

Analiza vertikalne preglednosti ceste D50 na dionici Perušić - Žuta Lokva u funkciji sigurnosti cestovnog prometa

Hećimović, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:665888>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Ivan Hećimović

**ANALIZA VERTIKALNE PREGLEDNOSTI CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ – ŽUTA
LOKVA U FUNKCIJI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2020.

Zagreb, 10. ožujka 2020.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa II**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5497

Pristupnik: **Ivan Hećimović (0135230860)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza vertikalne preglednosti ceste D50 na dionici Perušić - Žuta Lokva u funkciji sigurnosti cestovnog prometa**

Opis zadatka:

Kompleksnost međusobne interakcije između osnovnih čimbenika podsustava cestovnog prometa može biti uzrokom nastanka prometnih nesreća. Cesta i cestovna infrastruktura, kao dio podsustava sigurnosti zbog nepravilno primijenjenih prometno-oblikovnih elemenata uzdužnog ili poprečnog profila dodatno može jednako tako utjecati na sigurnost. Preglednost ceste u vertikalnom smjeru uvjetovana je polumjerom zakrivljenosti zavoja. Pravilnim zaobljenjem konveksnog prijeloma nivelete ceste omogućava se sigurno kretanje vozila kao i preglednost koja treba biti jednaka duljini zaustavnog puta u slučaju potrebe zaustavljanja vozila pred nepomičnom preprekom. U diplomskom radu potrebno je obaviti analizu vertikalne preglednosti državne ceste D50, dionice Perušić - Žuta Lokva, te predložiti mjera za poboljšanje u funkciji povećanja sigurnosti prometa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Rajko Horvat

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA VERTIKALNE PREGLEDNOSTI CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ – ŽUTA
LOKVA U FUNKCIJI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

**VERTICAL VISIBILITY ANALYSIS ROAD D50 ON THE SHARE PERUŠIĆ – ŽUTA LOKVA
IN CONTEXT OF SAFETY**

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Ivan Hećimović
JMBAG: 0135230860

Zagreb, lipanj 2020.

Sažetak

U diplomskom radu obavljena je analiza čimbenika sigurnosti u cestovnom prometu, s posebnim osvrtom na cestu kao čimbenika podsustava sigurnosti. Predmet istraživanja bio je vertikalni tok trase i preglednost državne ceste D50 u Ličko – senjskoj županiji, na dionici od mjesta Perušić do mjesta Žuta Lokva. Nakon obavljene analize uočene su i posebno izdvojene četiri potencijalno opasne dionice ceste. Na temelju analize vertikalne preglednosti te podataka o stanju sigurnosti prometa predložene su mjere poboljšanja u cilju ujednačavanja primjene optimalnih zaobljenja konveksnog prijeloma nivelete prema standardiziranoj visini oka vozača na cestama na kojima se odvija dvosmjerni promet. Ujedno, cilj istraživanja bio je usmjeren prema optimizaciji troškova rekonstrukcije postojećih ili izgradnje novih dionica cesta u svrhu povećanja sigurnosti odvijanja prometa.

Ključne riječi: horizontalna preglednost u zavoju, duljina horizontalne preglednost; sigurnost cestovnog prometa

Summary

In the thesis, an analysis of road safety factors was performed, with special reference to the road as a factor of safety subsystems. The subject of the research was the vertical course of the route and the visibility of the state road D50 in Lika - Senj County, on the section from Perušić to Žuta Lokva. After the analysis, four potentially dangerous sections of the road were noticed and singled out. Based on the analysis of vertical visibility and data on the state of traffic safety, improvement measures are proposed in order to harmonize the application of optimal rounding of the convex level break according to the standardized driver's eye height on roads on two-way traffic. At the same time, the aim of the research was aimed at optimizing the costs of reconstruction of existing or construction of new road sections in order to increase traffic safety.

Keywords: horizontal visibility in the bend, length of horizontal visibility, road safety

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA.....	3
2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	4
2.1.1. Osobne značajke čovjeka	5
2.1.2. Psihofizičke značajke čovjeka	7
2.1.3. Obrazovanje i kultura	10
2.2. Značajke vozila kao čimbenika sigurnosti prometa	10
2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti.....	10
2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti	12
2.3. Značajke ceste kao čimbenika sigurnosti	13
2.4. Promet na cesti.....	16
2.5. Incidentni čimbenici	16
3. PROMETNO OBLIKOVNI ELEMENTI CESTE KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA.....	17
3.1. Elementi poprečnog presjeka.....	17
3.2. Tlocrtni elementi	18
3.3. Vertikalni elementi ceste.....	19
4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA NA CESTI D50 NA DIONICI PERUŠIĆ – ŽUTA LOKVA	21
4.1. Prometne nesreće na dionici ceste Perušić.....	22
4.2. Prometne nesreće na dionici ceste Čovići.....	22
4.3. Prometne nesreće na dionici ceste Otočac.....	23
4.4. Prometne nesreće na lokaciji Rapain Klanac	23
5. ANALIZA PROMETNO–OBLIKOVNIH ELEMENATA VERTIKALNE PREGLEDNOSTI CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ–ŽUTA LOKVA.....	24
5.1. Analiza dionice ceste u Perušiću	25
5.2. Analiza dionice ceste u Čovićima	28
5.3. Analiza dionice ceste u Otočcu.....	32
5.4. Potencijalno opasna situacija kod mjesta Rapain Klanac.....	37
6. PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ–ŽUTA LOKVA.....	40
6.1. Prijedlog mjera sanacije za dionicu ceste u Perušiću	40
6.2. Prijedlog mjera sanacije za lokaciju u Čovićima	41

6.3. Prijedlog mjera sanacije za dionicu u Otočcu.....	42
6.4. Prijedlog mjera za dionicu ceste Rapain Klanac	43
7. ZAKLJUČAK.....	44
LITERATURA.....	45
Ostali izvori	45
Popis priloga	46
Popis slika	46
Popis tablica	47

1. UVOD

Cestovni promet moguće je definirati kao sustav koji se sastoji od elemenata, odnosno komponenata i podsustava. Njihovo međusobno djelovanje čini sustav funkcionalnim, učinkovitim i sigurnim. S obzirom da je cestovni sustav dinamičan, stohastičan, otvoren i kompleksan, nepravilno primijenjeni prometno-oblikovni elementi uzdužnog ili poprečnog profila ceste mogu imati negativne posljedice na funkcionalnost i sigurnost sustava. Navedeno je hipoteza diplomskog rada u sklopu kojeg je obavljeno istraživanje utjecaja ceste i prometno-oblikovnih elemenata kao čimbenika sigurnosti s posebnim osvrtom na problem preglednosti kod vertikalnih zaobljenja ceste. Istraživanje je obavljeno na državnoj cesti D50 u Ličko–senjskoj županiji, čija je duljina oko 105 km, a koja prometno povezuje mjesta Gračac, Lovinac, Gospić, Perušić, Ličko Lešće, Otočac i Žutu Lokvu. U prometnom smislu, navedena dionica ceste veoma je značajna za gospodarsko–ekonomski razvoj lokalnog područja. Navedeno potkrepljuje činjenica da glavni razvojni resurs županije predstavljaju prirodni prostori obalnog primorskog ambijenta, odnosno gorsko–planinskog prirodnog okruženja. Dobro očuvana kvaliteta okoliša, kao i značajne prirodne ljepote ovog područja (park prirode, nacionalni parkovi, značajne kvalitete krajolika, spomenici kulturne baštine i slično) omogućavaju posebne mogućnosti razvoja gospodarstva upravo na osnovama ekološke očuvanosti prirode i prirodnih ljepota.

Kako je sigurnost cestovnog prometa jedan od čimbenika koji može utjecati i na društveno–gospodarski razvoj pojedinog područja, određivanje opasnih mjesta na cestama jedan je od elemenata koji može doprinijeti povećanju sigurnosti sudionika u prometu. Zbog navedenog, analiza spomenute dionice ceste obuhvaća provjeru njezinih vertikalnih elemenata s osnova udovoljavanja zahtjevima sigurnosti na dionici od Perušića do Žute Lokve, u duljini od 52 km. Na dionici je obavljen pregled potencijalno opasnih lokacija, u smislu loše vertikalne preglednosti, te su se izuzele četiri potencijalno opasne dionice na kojima su potom obavljena potrebna mjerenja. Analizom prikupljenih podataka dobiven je uvid u postojeće stanje te je donesen prijedlog mjera za otklanjanje potencijalno opasnih situacija u vidu određenih prometno–građevinskih zahvata.

Diplomski rad sastoji se od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
3. Prometno–oblikovni elementi ceste kao čimbenik sigurnosti prometa
4. Analiza prometnih nesreća na cesti D50 na dionici Perušić–Žuta Lokva
5. Analiza prometno–oblikovnih elemenata vertikalne preglednosti ceste D50 na dionici Perušić–Žuta Lokva
6. Prijedlog mjera za poboljšanje prometno–oblikovnih elemenata ceste D50 na dionici Perušić–Žuta Lokva
7. Zaključak

U drugom poglavlju su analizirani čimbenici koji zbog svojih elemenata i značajki predstavljaju ugrozu za sigurnost odvijanja cestovnog prometa.

U trećem poglavlju definirani su prometno–oblikovni elementi ceste koji se odnose na sigurnost prometa.

U četvrtom poglavlju prikazani su rezultati analize broja i posljedica prometnih nesreća koje su se dogodile na predmetnim dionicama ceste. Osim statističkih pokazatelja temeljenih na izvješćima policije nakon obavljenih očevida prometnih nesreća, prikazani su i rezultati prikupljeni na temelju ankete stanovništva.

U petom poglavlju prikazani su rezultati analize realnog stanja prometnih i oblikovnih elemenata predmetne dionice ceste. Analiza je obavljena neposrednim mjerenjem oblikovnih elemenata ceste te snimanjem prometnog opterećenja i načina odvijanja prometa.

U šestom poglavlju predložene su mjere sanacije. Iznosi se prijedlog mjera za rješavanje problema sigurnosti koji su prethodno izneseni i analizirani.

U završnom, sedmom poglavlju na temelju istraživanja, mjerenja na terenu, prikupljanja i analize podataka iznosi se zaključak.

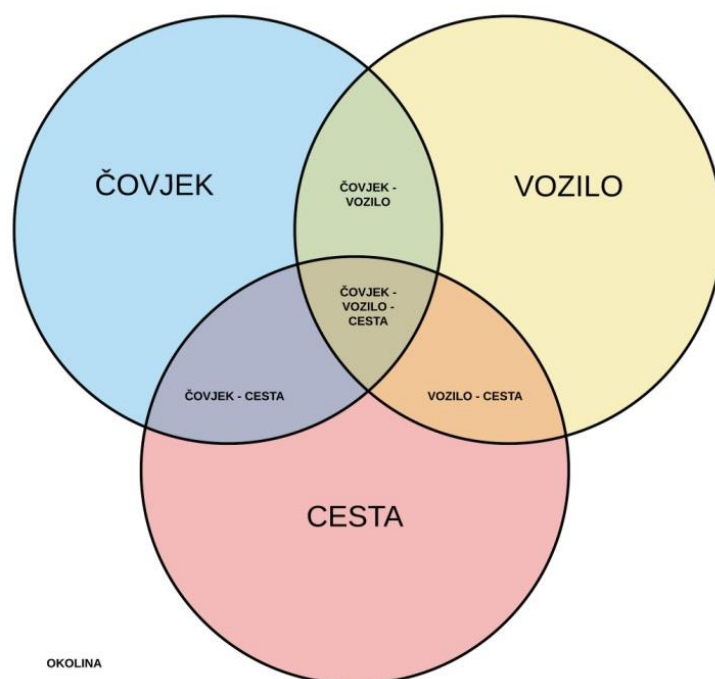
2. ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Cestovni promet kompleksan je sustav prijevoza i transporta ljudi i roba, koji je u ovisnosti od broja elemenata, broja njihovih uzajamnih veza i pravilima međusobne interakcije. Poremećaj jednog od elemenata podsustava može biti uzrokom za nastanak prometnih nesreća. Kako bi se sigurnost odvijanja prometa povećala potrebno je planiranje mjera za smanjenje rizika za nastanak opasnosti. Uzročnici opasnosti prilikom kretanja mogu biti čovjek, vozilo i cesta na kojoj se odvija promet. Pomoću Vennovog dijagrama (slika 1.), prikazana je struktura cestovnog prometa te njeno djelovanje na sigurnost prometa, a sastoji se od:

- Mehaničkog sustava, odnosno veze vozilo–cesta
- Biomehaničkog sustava, odnosno veza čovjek–vozilo i čovjek–cesta

Uz pomoć dijagrama moguće je spoznati međudjelovanje pojedinih podsustava, kao i njihovo međudjelovanje s okolinom koja je također bitan faktor za sigurnost cestovnog prometa, a predstavlja okruženje koje utječe na ponašanje sudionika u prometu.

Slika 1: Vennov dijagram



Izvor: [1]

Navedeni čimbenici ne predstavljaju sve elemente koji utječu na stanje prometnog sustava. Potrebno je odrediti pravila i kontrolu kretanja prometa te se pritom izdvaja i četvrti čimbenik, odnosno promet na cesti.

Uz promet na cesti, čimbenici sigurnosti kao što su vozač, vozilo i cesta, pojavljuju se čim se pojavi kretanje, odnosno promet vozila i pješaka na prometnicama. Oni sami po sebi podliježu određenim pravilnostima i zakonima, ali ne utječu na pojavu iznenadnih utjecaja na sustav, poput atmosferskih prilika, pojava opasnosti na cestama u obliku kamenja, životinja, ulja itd. Zbog toga se uvodi dodatan čimbenik koji objedinjuje takve iznenadne događaje, a naziva se – incidentni čimbenik.

Navedenih pet čimbenika zajedno čine sustav koji utječe na sigurnost odvijanja prometa, te su prema statističkim podacima izdvojena tri najčešća uzročnika prometnih nesreća. A to su:

- čovjek – oko 88%
- vozilo – 3 do 4%
- cesta – 7 do 9%

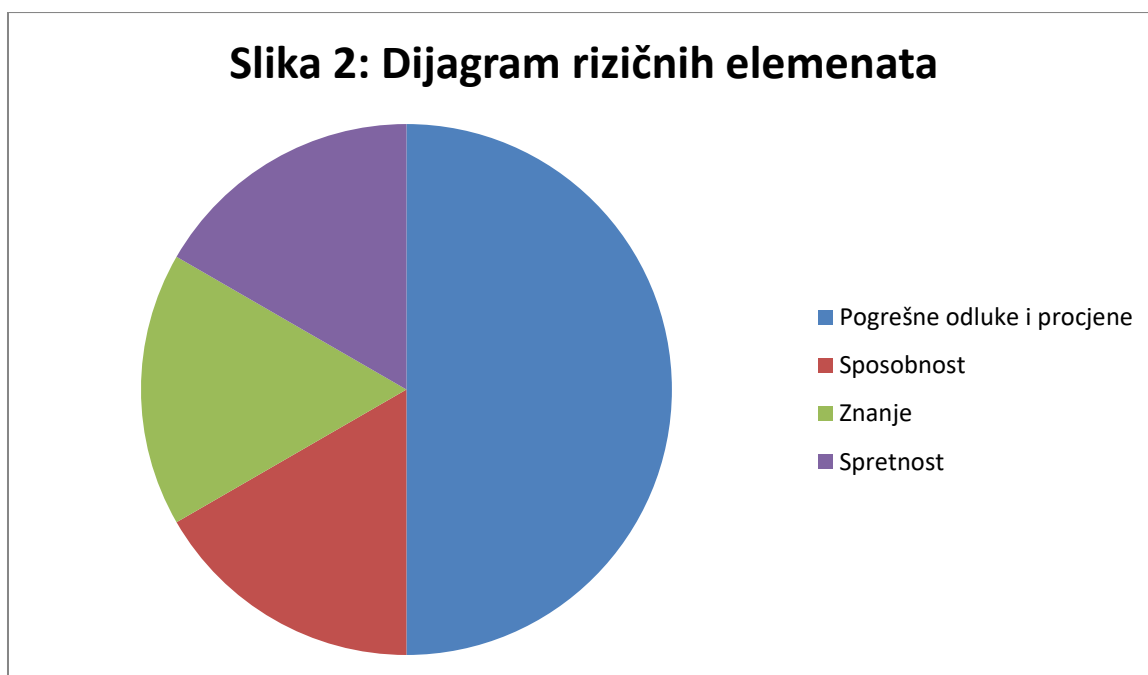
Zbog lošije kvalitete cestovne mreže u RH, u odnosu na razvijenije europske države, čimbenik cesta u RH može uzrokovati i do 37% prometnih nesreća. [1]

2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Čovjek kao pješak ili kao vozač vozila pomoću svojih osjetila prima informacije iz okoline te, uzevši u obzir prometne propise, određuje kretanje vozila kojim upravlja. Način na koji čovjek upravlja motornim vozilom ovisi o njegovim osobnim značajkama, psihofizičkim svojstvima te obrazovanju i kulturi.

Glavni element za nastanak prometnih nesreća kod čovjeka predstavljaju pogrešne odluke i procjene, i to u razini od 50% u odnosu na preostale elemente, poput sposobnosti. A to se odnosi na: sposobnost osjetilnih organa, psihomotoričke sposobnosti, složene mentalne sposobnosti, znanja (poznavanja prometnih znakova i propisa te poznavanja vlastitih sposobnosti) i spretnosti (koordinacija tjelesnih pokreta, procjena udaljenosti i brzine, kao i procjena širina i visina prolaza). Elementi poput sposobnosti, znanja i spretnosti podjednako utječu na čovjeka u razini od oko 33.3%, (slika 2).

Slika 2: Dijagram rizičnih elemenata



Izvor: [1]

2.1.1. Osobne značajke čovjeka

Jedan od najvažnijih utjecaja na čovjeka njegova je osobnost, odnosno organizirana cjelina svih svojstava, ponašanja i osobina koje su karakteristične za svakog pojedinca iz određene društvene zajednice. Preduvjet za sigurnije odvijanje prometa psihički je stabilna osoba koja će se prilagoditi uvjetima prometa, što također ovisi o postojanju usklađenosti između sposobnosti i osobina.

U užem smislu, pojam „osoba“ može obuhvaćati psihičke osobine poput:

- Sposobnosti – cjelina prirođenih i naknadno stečenih uvjeta za obavljanje određene aktivnosti. Uz pravilno razvijene prirodene uvjete, poput anatomske građe organizma, živčanog sustava te fiziološka i instinktivna reagiranja, čovjek je u mogućnosti uz pomoć okoline biti osposobljen za nove i kompliciranije aktivnosti. Kod čovjeka, kao vozača, bitne su brzine reagiranja i zapažanja zbivanja u okolini te uspješno otklanjanje nastalih negativnih okolnosti.
- Stajalište – način čovjekova upravljanja vozilom također ovisi o odgoju i obrazovanju. Ono može biti privremeno (kao posljedica alkoholiziranosti, ljutnje itd.) i stalno (kao posljedica odgoja). Oba nekritična i samouvjerena stajališta najčešće dovode do prometnih nesreća.
- Temperament – predstavlja osobinu koja se opisuje kao način (brzina, intenzitet i trajanje) reagiranja na određene aktivnosti. Obuhvaćaju se osobine koje su povezane

s emocijama. Prema temperamentu ljudi se dijele na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike.

- Osobne crte – značajke pojedinaca zbog kojih je reakcija ista u različitim situacijama. Osobne crte mogu biti u obliku odnosa pojedinca prema sebi, prema drugima i prema radu.
- Karakter – predstavlja moral čovjeka i njegov odnos prema drugima, kao i poštivanje društvenih normi i radnih aktivnosti. Očituju se u obliku zadanih ciljeva te čovjekova načina na koji te ciljeve ostvaruje. Ljudi s negativnim karakternim osobinama češće izazivaju prometne nesreće.

Sve sposobnosti kod čovjeka razvijaju se do otprilike osamnaeste godine života, te se ne mijenjaju do tridesete. Od tridesete do pedesete godine sposobnosti kod čovjeka u blagom su opadanju, a nakon pedesete godine života u znatnom su padu. Posljedice starenja su smanjenje mentalne i fizičke sposobnosti kod vozača, što predstavlja važan sigurnosni rizik. Kontradiktorno, vozači između 15 i 25 godina života uzročnici su najvećeg broja nesreća, što se objašnjava manjkom iskustva, odgovornosti i sposobnosti realnog procjenjivanja.

Jedan od najznačajnijih negativnih utjecaja na sposobnost je alkohol, čijom se konzumacijom znatno smanjuju razne pozitivne mogućnosti, poput mogućnosti prosuđivanja. Također se znatno produžuje vrijeme reagiranja. Alkoholizirani vozači nisu svjesni svojeg stanja opijenosti. Također, u većini slučajeva precjenjuju vlastite sposobnosti i sposobnosti vozila. S povećanjem koncentracije alkohola u krvi ponašanje čovjeka znatno se mijenja. Stanja alkoholiziranosti mogu se opisati kao:

- Stanje prolazne opijenosti – 0.1 do 0.49‰
- Stanje lakše pripitosti – 0.5 do 0.99‰
- Stanje teže pripitosti – 1.00 do 1.49‰
- Pijano stanje – 1.5 do 2.49‰
- Teži oblik pijanstva – 2.5 do 3.49‰

Prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, članak 199. stavak 2., vozač ne smije početi niti upravljati vozilom ako u krvi ima više od 0.5‰

Također, jedan od najznačajnijih negativnih utjecaja na vozača je umor, čije su posljedice smanjena koncentracija, pogrešno reagiranje, smanjena oštrina vida, pospanost, razdražljivost i neraspoloženost. Sve to može dovesti do prometnih nesreća. Kako bi se smanjio umor potrebne su pravilna prehrana, stanke na putovanjima (uz malo tjelovježbe i boravka na svježem zraku) te prvenstveno dug i kvalitetan san. Kava može kratkoročno smanjiti umor. [1]

2.1.2. Psihofizičke značajke čovjeka

Psihofizičke značajke uvelike utječu na sigurnost prometa, a do posebnog izražaja dolaze:

- funkcije organa osjeta
- psihomotoričke sposobnosti
- mentalne sposobnosti

2.1.2.1. Organi osjeta

Pomoću organa osjeta dolazi do podraživanja živčanog sustava koji predstavlja sustav organa koji upravlja organizmom i njegovim funkcijama. Organi se usklađuju međusobno, kao i prema okolini. Vanjski podražaj pokreće psihički proces koji dovodi do donošenja odluke i akcije. Centar živčanog sustava je mozak koji se sastoji od pet blokova: opažanja, pamćenja, odluke, akcije i povratne kontrole. Pomoću navedenih pet blokova čovjeku se omogućuju sposobnosti opažanja, prepoznavanja, donošenja odluke, poduzimanja i kontroliranja akcije.

Kako bi čovjek mogao zamijetiti okolinu potrebni su mu organi osjeta koji ga obavještavaju o okolini i promjenama unutar tijela putem fizikalnih i kemijskih procesa.

Da bi čovjek mogao upravljati vozilom potrebni su mu osjeti vida, sluha, ravnoteže, mirisa, kao i mišićni osjet.

Za upravljanje vozilom najvažniji je dobro razvijen i ispravan osjet vida. Njime čovjek donosi više od 95% svih svojih odluka.

Najvažnije značajke dobrog vida su:

- Prilagođavanje oka na tamu i svjetlo – predstavlja sposobnost brzog zamjećivanja nakon promjene jakosti svjetla, što je osobito važno za vozača prilikom prolaska kroz tunel po danu, prilikom zasljepljivanja od strane vozila iz suprotnog smjera, itd. Brzina prilagođavanja oka ovisi o jačini i duljini trajanja svjetla koje je obasjalo oko, gdje prilagođavanje na tamu može trajati od 40 do 60 minuta, dok prilagodba oka na svjetlo traje otprilike 10 minuta.
- Vidno polje – prostor u kojem čovjek zamjećuje razne predmete bez okretanja glave i očiju. Vidno polje može se podijeliti na horizontalno, koje može biti širine od 40 do 140° ovisno o brzini vožnje, te na vertikalno, čija je širina oko 115°. Također, vidno se polje može podijeliti na: 1) oštro - u kojem čovjek uočava sve predmete te njihove značajke, a nalazi se na 3° sa svake strane od simetrale. Kako bi se oštro vidno polje povećalo koriste se unutarnji i vanjski retrovizori, kao i pokreti vozača. 2) jasno vidno polje koje se nalazi do 10° od simetrale. 3) dovoljno jasno vidno polje – nalazi se do

20° od simetrale. 4) periferno vidno polje – polje u kojem čovjek uočava predmete poput kuća, drveća, itd. Da bi čovjek prebacio pogled na drugi predmet potrebno je vrijeme od oko 0.7 sekunda unutar kojih se odvijaju tri faze: prebacivanje pogleda na drugi objekt, fiksiranje objekta i biokularne koordinacije.

- Razlikovanje boja – da bi čovjek mogao brže prepoznavati prometne znakove potrebna mu je sposobnost razlikovanja boja koja je također osobito važna u uvjetima smanjene vidljivosti, poput vožnje noću ili u magli. Radi lakšeg uočavanja prometni su znakovi obojani kombiniranjem kontrastnih boja, poput: crvena-bijela, plava-bijela, zelena-bijela, žuta-crvena i plava-žuta.
- Oštrina vida - predstavlja sposobnost uočavanja sitnih detalja te ovisi o skupljanju i širenju zjenice oka, kao i o akomodaciji leće te o fotokemijskim procesima mrežnice. Lošija oštrina vida ublažava se nošenjem dioptrijskih naočala ili kontaktnih leća.
- Sposobnost stereoskopskog zamjećivanja – predstavlja sposobnost određivanja međusobne udaljenosti između predmeta. Kako bi čovjek uspješno odredio međusobnu udaljenost između određenih predmeta potrebna su mu oba oka i dobra oštrina vida.

Čovjek se služi osjetom sluha kako bi mogao odrediti smjer dolaska određenog zvuka, poput proklizavanja pneumatika drugog vozila, pratiti rad motora i ostalih komponenti vozila. Osjet sluha može negativno utjecati na sigurnost prometa jer se putem organa sluha prenosi buka koja negativno djeluje na vozača, te izaziva umor i slabiju koncentraciju.

Osjet ravnoteže predstavlja važan osjet prvenstveno za vozače motora koji se naginju prema bočnim stranama za vrijeme prolaska kroz horizontalnu krivinu. Također, pomoću osjeta ravnoteže mogu se osjetiti promjene u nagibu ceste, ubrzanje i usporavanje vozila te bočni pritisak u horizontalnoj krivini.

Mišićni osjet obavještava vozača o djelovanju mehaničkih sila na upravljač te papučice kočnice i spojke zbog promjene režima vožnje. Čovjek dobiva podražaj pomoću osjetilnih stanica u mišiću.

Pomoću osjeta mirisa čovjek može primjetiti pregaranje instalacija, preveliku temperaturu motora, itd. [1]

2.1.2.2. Psihomotoričke sposobnosti

Da bi čovjek mogao upravljati vozilom potrebno je organizirano izvođenje raznih pokreta koji moraju biti brzi, precizni i međusobno usklađeni. Sposobnost izvođenja takvih pokreta naziva se psihomotorička sposobnost. Dobro razvijena navedena sposobnost smanjuje vrijeme između zapažanja nekog predmeta i reagiranja u obliku manipulacije

određenom komandom vozila kako bi se izbjegao negativan događaj. To vrijeme između zapažanja i reagiranja naziva se vrijeme reagiranja, te se može podijeliti na:

- vrijeme zamjećivanja – vrijeme unutar kojeg se primaju vanjski podražaji
- vrijeme prepoznavanja – vrijeme unutar kojeg se donose odluke na temelju primljenih vanjskih podražaja
- vrijeme procjene – vrijeme unutar kojeg se donose odluke o poduzimanju određene radnje
- vrijeme akcije – provođenje odlučениh postupaka

Vrijeme reagiranja ovisi o:

- osobinama vozača
- godinama starosti
- jačini podražaja
- složenosti prometne situacije
- fizičkoj i psihičkoj kondiciji te stabilnosti vozača
- koncentraciji i umoru
- potrebnom ekstremitetu i strani tijela
- brzini vožnje
- preglednosti ceste

Dobra usklađenost pokreta i opažanja uvelike olakšava vožnju u uvjetima velike zagušenosti prometa na malom prostoru i pri parkiranju vozila na malom prostoru.[1]

2.1.2.3. Mentalne sposobnosti

Mentalne sposobnosti predstavljaju sposobnosti pomoću kojih čovjek puno lakše savladava novonastale situacije te bolje upoznaje svoju okolinu i lakše se prilagođava. Takve sposobnosti su: mišljenje, pamćenje, učenje, inteligencija, itd.

Inteligencija predstavlja jednu od najvažnijih mentalnih sposobnosti pomoću koje će vozač puno brže uočiti ključne detalje u kompliciranoj i dinamičnoj prometnoj situaciji, te predvidjeti odluke i ponašanja drugih sudionika u prometu. [1]

2.1.3. Obrazovanje i kultura

Obrazovan i kulturan vozač predstavlja značajan čimbenik za sigurno odvijanje prometa. Čovjek učenjem upoznaje prometne zakone i propise, te ih poštuje. Također, čovjek tijekom vremena nauči kako se kretati vozilom te dolazi do spoznaje vlastitih sposobnosti. Takav čovjek ozbiljno se odnosi prema drugim sudionicima u prometu te im nastoji pomoći kako bi se rizik od nastajanja prometne nesreće sveo na minimum.[1]

2.2. Značajke vozila kao čimbenika sigurnosti prometa

Vozilo predstavlja transportno sredstvo čija je namjena transport ljudi i robe te svojim konstrukcijskim i eksploatacijskim značajkama u znatnoj mjeri utječe na sigurnost prometa. Za utjecaj na sigurnost prometa zaduženi su aktivni i pasivni elementi sigurnosti. U aktivne elemente spadaju uređaji i dijelovi vozila, čija je zadaća sprečavanje nastajanja prometne nesreće, a u pasivne elemente spadaju oni uređaji i dijelovi koji moraju ublažiti posljedice prilikom nastanka prometne nesreće.[1]

2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti

Aktivnim elementima sigurnosti koji nastoje spriječiti nastanak prometne nesreće pripadaju sljedeći uređaji i dijelovi:

- uređaj za kočenje – svrha uređaja za kočenje je kontrolirano i pouzdano usporavanje ili zaustavljanje vozila. On predstavlja jedan od najvažnijih aktivnih elementata sigurnosti prometa. Uređaj za kočenje koristi trenje za pretvaranje mehaničke energije u toplinsku koristeći u današnje vrijeme pretežno disk kočnice. Kako bi se otklonila opasnost od blokiranja kotača prilikom prevelike sile kočenja u današnja se vozila, u standardnoj opremi, ugrađuje ABS (Anti Blocking System), tj. uređaj koji ograničava silu kočenja kako ne bi došlo do proklizavanja i gubitka upravljivosti vozila. Također, uz ABS se danas u vozila ugrađuju sustavi za kontrolu zanošenja u zavoju koji apliciranjem sile kočenja na određeni kotač ili kotače sprečavaju proklizavanje vozila u horizontalnoj krivini.
- pneumatici – uz uređaj za kočenje, najvažniji element aktivne sigurnosti vozila koji postizanjem optimalnog prijanjanja između pneumatika i ceste smanjuje mogućnost proklizavanja vozila. Da bi pneumatici imali čim bolje prijanjanje za cestu važni su faktori poput starosti pneumatika i dubina nareza radi optimalne odvodnje vode i sprečavanja nastanka vodenog klina koji uzrokuje gubitak kontrole nad vozilom.

Pretežno se koriste niskoprofilne radijalne gume radi svojih performansi i ekonomičnosti.

- uređaj za upravljanje – uz uređaj za kočenje i pneumatike, također jedan od najvažnijih sustava aktivne sigurnosti jer omogućuje vozaču promjenu smjera kretanja vozila i eventualno izbjegavanje nastanka prometne nesreće.
- svjetlosne i signalne komponente – komponente koje predstavljaju izvore svjetlosti na vozilu. Služe za osvjetljavanje ceste, označavanje položaja i davanje odgovarajućih svjetlosnih signala ostalim sudionicima u prometu. Prednja svjetla, koja su pretežno bijele boje, moraju biti dovoljne jačine da mogu osvjetljavati cestu na udaljenosti od 40 do 100 metara od vozila. Stražnja svjetla, koja su crvene boje, služe za označavanje položaja vozila. Moraju biti takve jačine da su vidljiva i do 300 metara od vozila. Također, na vozilu moraju biti ugrađena signalna treptajuća svjetla koja su narančaste boje. Sa stajališta sigurnosti, svjetlosni uređaj mora za vrijeme noći rasvjetljavati cestu i bližu okolicu ispred vozila, te omogućiti vožnju u uvjetima slabe vidljivosti (kiša, magla itd.)
- elementi za povećanje vidnog polja vozača – u te elemente spadaju retrovizori, vjetrobranska i bočna stakla, te brisači i perači. Retrovizori služe za uvid u situaciju iza vozila bez okretanja glave što može izazvati udaranje u objekt ispred vozila. Retrovizori se sastoje od zrcala i njihovih nosača, a postoje dva vanjska i jedan unutarnji retrovizor. Vjetrobranska stakla moraju biti prozirna i ne smiju iskrivljavati sliku. Kako bi se postigla optimalna vidljivost za vrijeme kiše koriste se brisači koji čiste vanjsku površinu vjetrobranskog stakla. Perači se koriste za pranje vjetrobranskog stakla u slučaju njegove zaprljanosti.
- klimatizacija vozila – optimalnom klimatizacijom i provjetravanjem unutrašnjosti vozila postiže se optimalna temperatura za funkcioniranje vozača i putnika. Optimalne temperature zimi su između 17 i 22°C, a ljeti do 28°C. Dodatna funkcija klimatizacijskog uređaja je odmrzavanje i odmagljivanje stakala čime se osigurava vidljivost.
- konstrukcijska rješenja za smanjenje vibracija i buke – vozilo pomoću ovjesa, konstrukcije školjke i sjedala mora ublažiti vibracije koje negativno djeluju na čovjeka. Vibracije su najjače prilikom ubrzavanja i usporavanja. Buka djeluje negativno na čovjeka te se smatra da buka iznad 80dB štetno djeluje za organe sluha. Buka smanjuje radnu sposobnost čovjeka te ga čini razdražljivim. Vozilo mora biti tako konstruirano da u kabini vozila buka ne prelazi 70dB.
- konstrukcija sjedala – sjedalo mora omogućiti udobno sjedenje. Ono se mora moći namještavati u horizontalnom i vertikalnom smjeru kako bi čovjek bio na optimalnoj udaljenosti od komandi vozila. Također, sjedalo mora moći prizržavati čovjeka kod djelovanja centrifugalne sile u horizontalnoj krivini.
- usmjerivači zraka – predstavljaju dijelove karoserije čija je svrha smanjivanje otpora strujanja zraka, kao i povećanje stabilnosti vozila pri višim brzinama.[1]

- autonomno kočenje – je sustav koji pomaže vozaču izbjeći udar u prednje vozilo ili pješaka prilikom njegove nepažnje. Djelovanje ovog sustava najistaknutije je u urbanim sredinama gdje postoji puno vozila na prometnicama. Koriste se lidar ili neki drugi senzori koji se ugrađuju ispod vjetrobranskog stakla ili u prednji odbojnik. Sustav pregledava područje ispred vozila te u slučaju potencijalne opasnosti prvo upozorava vozača, a u slučaju odsutnosti vozačeve reakcije izbjegavanja sustav samostalno usporava vozilo do zaustavljanja. [2]

2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti

Pasivni elementi, kao što je i navedeno, služe za ublažavanje posljedica prometne nesreće pomoću dodatnih sigurnosnih dijelova, posebnom izvedbom karoserije i njezinih elemenata. U pasivne elemente se ubrajaju:

- karoserija – u današnje vrijeme se izvodi kao samonosiva konstrukcija vozila koja mora biti čvrsta, otporna na udar, savijanje i lomljenje. Sastoji se od: prednjeg dijela (gdje se smješta motor), srednjeg dijela (gdje se smještaju putnici) i od stražnjeg dijela (namjenjenog za smještaj prtljage). Prednji i stražnji dijelovi moraju moći prihvatiti veći dio kinetičke energije prilikom sudara kako bi se čim manje energije prenijelo na središnji dio i putnike. Također, krov mora biti posebno ojačan radi zaštite putnika prilikom prevrtanja.
- položaj motora – motor radi svoje veličine i robusnosti najbolje je smjestiti u prednji dio radi preuzimanja najvećeg dijela kinetičke energije prilikom sudara, čime on predstavlja zaštitu srednjem dijelu i putnicima.
- položaj spremnika goriva i akumulatora – spremnik goriva i akumulator ne smiju biti blizu jedno drugoga zbog samozapaljivosti akumulatora. Vozila se uglavnom izrađuju tako da je akumulator u prednjem dijelu, a spremnik u stražnjem.
- odbojnik – u današnje vrijeme izvode se odbojnici od plastike zbog antikorozivnih svojstava, te se prilikom sudara pri malim brzinama ne deformiraju. Također su relativno lagani u odnosu na čelične, što pospješuje ekonomičnost vozila. Nalaze se na najudaljenijim prednjim i stražnjim dijelovima vozila te prilikom sudara upijaju dio kinetičke energije.
- vjetrobransko staklo – zbog učestalih ozljeda glave vjetrobransko staklo je potrebno odmaknuti od putnika. Također, kako bi se spriječile moguće porezotine, vjetrobransko staklo mora biti izvedeno kao laminirano staklo, dok stražnje i bočna stakla moraju biti kaljena.
- vrata - elementi vozila koji omogućavaju putnicima ulazak i izlazak iz vozila te im za vrijeme boravka u vozilu pružaju zaštitu od vanjskih utjecaja i bočnih udara. Vrata moraju biti konstruirana tako da se ne mogu otvoriti u trenutku sudara. No nakon sudara njihovo je otvaranje od velike važnosti kako bi se izvukli putnici.
- sigurnosni pojas – predstavlja najvažniji element pasivne sigurnosti. Njegova je uloga sprečavanje nastavljanja gibanja putnika u trenutku sudara, tj. kada vozilo naglo

uspori. Time se sprečava udaranje čovjeka u upravljač, instrument ploču, vjetrobransko staklo, te eventualno izlijetanje iz vozila. Suvremeni pojasevi pružaju zaštitu putnika na brzinama do 80km/h. Sigurnosni pojas omogućuje malo pomicanje prema naprijed. Nije elastičan jer bi tako došlo do odbacivanja putnika natrag u sjedalo i do eventualnih ozlijeđa vrata i kralježnice. Pojasevi su u većini vozila izvedeni s tri fiksne točke.

- zračni jastuci – uloga im je da se prilikom sudara napuhnu kako bi dočekali tijelo putnika te tako usporili i zaustavili čovjekovo daljnje gibanje prema naprijed. Zračni jastuk puni se pomoću malog eksplozivnog sredstva koje prilikom detonacije naglo izbacuje zračni jastuk iz upravljača i prednje police. Cijeli se proces odvija u vremenu od oko 0.03 sekunde. Zračni jastuk ostaje napunjen oko pola sekunde nakon čega plin (najčešće dušik) iz njega izlazi kroz otvore. [1]

2.3. Značajke ceste kao čimbenika sigurnosti

Cesta zbog svojih tehničkih i konstruktivnih nedostataka te nedostataka prilikom izvedbe može predstavljati sigurnosni problem u prometu. Značajke koje obilježavaju cestu kao čimbenika sigurnosti u prometu su:

- trasa ceste – predstavlja visinski položaj i smjer ceste, a sastoji se od pravaca, horizontalnih i vertikalnih zavoja te prijelaznih krivulja. Pravilnim odabirom tih elemenata omogućava se sigurno kretanje po cesti. Cilj je jednolična brzina vožnje, jer svako naglo usporavanje ili ubrzanje može predstavljati sigurnosni rizik. Da bi trasa ceste bila optimalna potrebno je uskladiti duljine pravaca u odnosu na horizontalne krivine. Odnosno, smatra se nepovoljnim ako je pravac između horizontalnih krivina kratak i ako su horizontalne krivine oštre nakon dugih pravaca. Također, radi postizanja veće sigurnosti prometa potrebno je pravilno optičko vođenje trase ceste, što predstavlja jasan vizualni dojam o daljnjem toku ceste, čak i tamo gdje to nije jasno uočljivo.
- tehnički elementi ceste – pod tehničke elemente, koji predstavljaju važan sigurnosni čimbenik, spadaju značajke poput širine kolnika, gdje je dokazano da premala širina kolnika predstavlja veliki sigurnosni rizik, osobito na cestama gdje je veći udio teretnih vozila. Smatra se da je optimalna širina kolnika s dvije trake s bankinama od 7 do 8.7 metara. Na sigurnost odvijanja prometa značajno utječu biciklisti, te bi njih trebalo odvojiti od prometa motornih vozila. Zato je potrebno izgraditi biciklističke staze kako bi se na siguran način zadovoljila potražnja prometa bicikala. Radi daljnjeg povećanja sigurnosti prometa i boljeg psihološkog djelovanja potrebno je izgraditi rubne trakove, gdje bi se zaustavljala vozila u slučaju kvara. No ako to nije moguće, potrebno je iscrtati rubne trake koje ujedno pomažu pri optičkom vođenju. Također je potrebno uz kolnik izraditi bankinu optimalne širine jer je dokazano da s

povećanjem širine bankine dolazi do smanjenja broja prometnih nesreća. Značajan problem predstavljaju veliki usponi i teretna vozila. Na usponima većim od 4% dolazi do značajnog usporavanja teških teretnih vozila te se s time povećava rizik od nastajanja prometne nesreće. Općenito se s povećanjem udjela teretnih vozila značajno povećava rizik od nastajanja prometne nesreće jer će brži automobili i motocikli učestalije pretjecati sporija teretna vozila. Da bi se smanjile opasnosti od prometnih nesreća potrebno je na mjestima, gdje je cesta u značajnom uzdužnom nagibu, izgraditi dodatni prometni trak za spora vozila. Dodatan rizik čine oštre horizontalne krivine za koje su istraživanja dokazala da je broj prometnih nesreća znatno veći kod horizontalnih zavoja čiji je polumjer zakrivljenosti manji od 150 metara. Uz takve horizontalne krivine dodatan rizik čini cesta čija je duljina u pravcu veća od 4 km. Cesta u pravcu omogućava pretjecanje i odmaranje vozača, no nakon određenog vremena postane monotona, što može uzrokovati pospanost vozača. Također dolazi do povećanja brzine, te noću nasuprotna vozila mogu izazvati zaslepljivanje vozača. Uz sve navedeno dodatni tehnički element s aspekta sigurnosti čine horizontalna i vertikalna preglednost. Horizontalna preglednost ovisi o polumjerima horizontalnih zavoja, položaju ceste u odnosu na teren, kao i o preprekama koje se nalaze uz slobodni profil ceste (raslinje, ograde, cesta u usjeku ili zasjeku, itd). Duljina horizontale preglednosti računa se kao put koji vozilo prijeđe prilikom slobodnog kočenja. Vertikalna preglednost ovisi isključivo o polumjeru konveksnog prijeloma nivelete koja se također izračunava kao put koji vozilo prijeđe prilikom slobodnog kočenja.

- stanje kolnika – na sigurnost prometa u velikoj mjeri utječe stanje kolnika. Veliki broj prometnih nesreća izaziva izbjegavanje i neposredno udaranje udarnih rupa i ostalih oštećenja na površini kolnika. Takva oštećenja također znatno smanjuju koeficijent prijanjanja kotača uz površinu kolnika. Da bi koeficijent prijanjanja bio na optimalnoj razini neophodan je čist kolnik bez oštećenja. Svaka pojava i zadržavanje vode, ulja, blata, snijega, leda i predmeta znatno narušava sigurnost prometa te ih je potrebno hitno ukloniti. Udarne rupe obično nastaju u proljeće nakon jačih zima, gdje asfalt nakon naglog odleđivanja puca te ti dijelovi nakon prolaska teretnih vozila polako propadaju. Neovisno o tome, potrebno je redovno održavanje kako bi se spriječilo nastajanje opasnih situacija.
- oprema ceste – pod opremu ceste spadaju elementi koji informiraju vozače o nadolazećim situacijama na cesti, te elementi koji štite promet na cesti od nastajanja opasnosti uzrokovanih gubitkom kontrole nad vozilom, kao i opasnosti uzrokovane vanjskim utjecajima. Prometni znakovi koji spadaju pod opremu ceste predstavljaju najvažnije elemente sigurnosti koji služe za informiranje vozača o nadolazećim situacijama na cesti. Postavljaju se prema elaboratu o opremi i signalizaciji ceste. Moraju biti jednostavni, čitljivi, razumljivi i uočljivi kako bi vozač na vrijeme prilagodio parametre vožnje na nadolazeću promjenu. Kod ceste u zasjeku ili nasipu postavljaju se elastične metalne ograde čija je uloga ublažavanje udara i zadržavanje vozila na kolniku u slučaju gubitka kontrole. Na starim cestama ulogu zadržavanja vozila na

kolnicima činili su kolobrani tj. mali kameni ili betonski stupovi u razmaku od 5 do 10 metara. Za bolje označavanje smjera ceste i optičko vođenje noću, uz pomoć reflektirajućih stakala, koriste se smjerokazi koji se postavljaju na razmacima od 50 metara, a u horizontalnim zavojima od 20 do 50 metara. Uz smjerokaze na cestama viših razina postavljaju se kilometarske oznake koje obavještavaju vozača o njegovom položaju. Uz ceste se, u svrhu zaštite prometa od vjetra i snijega, postavljaju vjetrobрани i snjegobрани. Vjetrobрани predstavljaju zatvorene brane koje se postavljaju na područjima gdje je moguć jak vjetar, a njihova uloga je preusmjeravanje vjetra iznad slobodnog profila ceste. Snjegobrane predstavljaju poluzatvorene brane koje propuštaju dio vjetra i snijega.

- cestovna rasvjeta – neophodan element za sigurnije odvijanje prometa noću. Dobrom rasvjetom smanjuje se broj prometnih nesreća po noći u odnosu na neosvijetljene ili slabo osvijetljene prometnice za oko 30%. Potrebno je osvijetliti sve ceste unutar gradova, a unutar naselja samo one prometnice čiji noćni promet iznosi preko 200 vozila po satu. Izvan naselja potrebno je osvijetliti pješačke prijelaze, križanja, prilaze tunelima itd. Da bi ceste bile pravilno osvijetljene svjetlosna razina mora biti visoka i jednolična. Lampe moraju biti postavljane iznad kolnika na odgovarajućim razmacima i izvan vidnog polja vozača. Žarulje ne smiju treperiti niti zabljeskivati vozače. Dobro konstruirana rasvjeta smanjuje umor vozača te povećava udobnost vožnje noću i tako doprinosi sigurnijem prometu na toj dionici.
- raskrižja u razini - raskrižja predstavljaju sjecišta dvaju ili više cestovnih pravaca ili sjecište ceste i željezničke pruge. Prema istraživanjima, smanjena preglednost na raskrižjima drastično utječe na mogućnost nastajanja prometne nesreće. Najsigurnija je izvedba raskrižja u dvije ili više razina, što zahtjeva puno mjesta i značajne financijske izdatke, a to u mnogo slučajeva nije moguće. Radi postizanja veće sigurnosti na raskrižjima u razini potrebna je prometna regulacija koja će na efikasan i siguran način voditi promet kroz raskrižje. Križanja sa željezničkom prugom potrebno je izvesti u više razina ako je veliki intezitet željezničkog ili cestovnog prometa. Ako to nije slučaj, onda je potrebno rješenje u obliku automatskih branika uz popratne svjetlosne i zvučne signale te postavljanje odgovarajuće prometne signalizacije i osiguravanje optimalne preglednosti.
- utjecaj bočne zapreke – stalne ili povremene bočne zapreke poput ograda, stupova, reklamnih ploča, drveća, itd. predstavljaju značajan sigurnosni rizik za odvijanje prometa s potencijalnim smrtnim posljedicama. Zato se zabranjuje postavljanje objekata na udaljenosti od 0.5 do 0.9 m od ruba kolnika. U slučaju da je oko ceste blaga padina ili polje zemlje ne preferira se postavljanje zaštitne ograde kako vozila u slučaju slijetanja s ceste ne bi udarila u istu nego bi postepeno usporavala kretanje po zemlji bez velikih posljedica. Drvoredi se ne preferiraju uz cestu zbog mogućih teških posljedica od udaranja vozila prilikom slijetanja s ceste. Također, zbog lišća dolazi do brzog izmjenjivanja svjetlosti što može zabljesnuti vozače. Isto tako, lišće koje pada sa stabala smanjuje kontakt pneumatika s asfaltom.

- održavanje ceste – u održavanje ceste pripadaju radovi na popravljanju zemljanog trupa i kolničkog zastora ceste, potpornih i obložnih zidova. Također je potrebno popravljati nedostatke na tlocrtnoj i vertikalnoj signalizaciji. Uz radove na sanaciji potrebno je i redovno čišćenje kolnika od raznih nečistoća, kao i čišćenje odvodnih kanala kako bi se postigla efikasna odvodnja vode s kolnika. Za vrijeme zimskih mjeseci potrebno je konstantno posipanje kolnika na svim mjestima, a osobito na većim nagibima, oštrim horizontalnim zavojima i na mostovima. [1]

2.4. Promet na cesti

Čimbenik „promet na cesti“ obuhvaća organizaciju, upravljanje i kontrolu prometa. Organizacija obuhvaća prometne propise i tehničke elemente u svrhu efikasnog i sigurnog odvijanja prometa. Efikasno upravljanje prometom postiže se izradom i uporabom optimalne tehnike upravljanja prometom. U današnje vrijeme upravljanje prometom uglavnom je automatizirano te se provodi na razini grada. Uz pomoć prometnih stručnjaka i statistika promet se kontrolira temeljem Zakona o sigurnosti prometa na cestama koji se konstantno prilagođava i nadopunjuje proporcionalno s razvojem prometa i tehnologija vezanih uz prometni sektor. Provedbu i kontrolu poštivanja Zakona o sigurnosti prometa na cestama nadzire prometna policija. Uz provedbu Zakona, policija također može kontrolirati promet u slučaju potrebe ili u izvanrednim okolnostima. [1]

2.5. Incidentni čimbenici

Svi navedeni čimbenici podliježu određenim zakonitostima te se uz pomoć raznih modela, postupaka i simulacija može predvidjeti njihovo ponašanje. Problem predstavljaju iznenadni elementi čija je pojava nepredvidiva, poput pojave divljači na cesti, odrona kamenja, pojava vjetra, poledica, itd. Zbog takvih iznenadnih te nesustavnih okolnosti i događaja uveo se incidentni čimbenik. [1]

3. PROMETNO OBLIKOVNI ELEMENTI CESTE KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

U prometno oblikovne elemente vezane za sigurnost prometa spadaju:

- elementi poprečnog presjeka
- tlocrtni elementi
- vertikalni elementi

3.1. Elementi poprečnog presjeka

U svrhu sigurnosti prometa znatnu ulogu čine elementi poprečnog presjeka čiji parametri ovise o terenskim uvjetima, rangu ceste i o eksploatacijskim značajkama, poput gustoće prometa. U te elemente pripadaju:

- prometni trak – površina kolnika namijenjena za kretanje vozila. Cesta se sastoji od jednog ili više prometnih trakova, te je najčešće izvedena kao cesta za dvosmjerni promet s dvije prometne trake. Širina i broj prometnih trakova značajno utječu na sigurnost odvijanja prometa. Broj prometnih trakova određuje se prema rangu ceste, gustoći prometa te potrebnoj propusnoj moći ceste. A širina prometnih trakova, uz rang ceste i konfiguracije terena, ovisi i o računskoj brzini. Širine prometnih trakova u ovisnosti o brzini i terenskim uvjetima prikazane su u tablici 1.

Tablica 1: Ovisnost širine prometnog traka o računskoj brzini i terenskim uvjetima

Razred ceste	Računska brzina (km/h)					
	100	80	70	60	50	40
1.	(I,II) 3.50	(III) 3.25	(IV) 3.25			
2.	(I) 3.50	(II) 3.25	(III) 3.00	(IV) 3.00		
3.		(I) 3.25	(II) 3.00	(III) 3.00	(IV) 3.00	
4.			(I) 3.00	(II) 3.00	(III) 2.75	(IV) 2.75
5.				(I) 3.00	(II) 2.75	(III, IV) 2.75

Izvor: [3]

Legenda:

I – Nizinski terenski uvjeti

II – Brežuljkasti terenski uvjeti

III – Brdoviti terenski uvjeti

IV – Planinski terenski uvjeti

- rubni trak – predstavlja trak na površini kolnika koji se nalazi između prometnog traka i bankine, odnosno staze za bicikle, pješake ili mopede. Svrha rubnog traka je jasno označavanje desnog ruba prometnog traka i osiguravanje ruba kolnika od oštećenja. Rubne trakove označavaju rubne crte čija širina ovisi o računskoj brzini i iznosi 0.15 metara za računsku brzinu višu od 100 km/h, te 0.10 metara ili manje za računске brzine ispod 100 km/h. Širine rubnih trakova variraju od 0.2 do 0.5 metara u ovisnosti o širini prometnog traka.
- bankina – rubni dio profila ceste koji je izgrađen od zemljanog ili kamenog materijala. Pojavljuje se kada je cesta u nasipu ili s vanjske strane zasjeke. Namjena bankine je smještanje prometnih znakova, zaštitnih ograda, zaustavljanje vozila u kvaru te, iznimno, prometu pješaka. Tvrdoća bankine mora biti dovoljna da može bez promjena preuzeti opterećenje kotača teretnog vozila. Širina bankine ovisi o širini prometnog traka i može iznositi 1.00, 1.20 i 1.50 metara.
- trak za spora vozila – trak koji je potreban na većim i duljim usponima zbog značajnog gubitka brzine kod teretnih vozila. Trak omogućava nesmetano prometovanje bržih vozila, doprinoseći tako sigurnosti odvijanja prometa i propusnoj moći ceste. Širina trake za spora vozila iznosi od 3.00 do 3.25 metara.
- biciklističke i pješačke staze – u slučaju razvijenog biciklističkog i pješačkog prometa potrebno je voditi računa o njihovoj sigurnosti. U tom se slučaju, pomoću staza, biciklisti i pješaci visinski odvajaju od prometnog traka, a njihove širine ne smiju biti manje od jednog metra. Zajednički promet bicikala i pješaka najčešće se odvija na jednoj stazi, no međusobno su odvojeni trakama za promet bicikala i za promet pješaka. [3]

3.2. Tlocrtni elementi

U tlocrtnom smislu cesta se prikazuje pomoću pravaca i krivulja koje opisuju prethodno navedene poprečne elemente, te ih se prikazuje u horizontalnoj ravnini. Pravci prikazuju ravne dijelove ceste, a krivulje horizontalne krivine, odnosno zavoje. Za postizanje optimalne sigurnosti prometa najpoželjnija je ispružena situacija ceste koja se sastoji od duljih pravaca (koji omogućavaju pretjecanje) i kružnih lukova velikih polumjera zakrivljenosti (kako bi se povećala preglednost i smanjio utjecaj centrifugalne sile).

- cesta u pravcu – primjenjivanje pravca je poželjno u širim dolinama, na ulazu u gradove, na prilazima i izlazima iz cestovnih čvorišta kao i na željezničkim prijelazima. Prema hrvatskim tehničkim propisima, primjena pravca mora se ograničiti na duljinu prema sljedećoj formuli: $2V_r \leq L_{pr} \leq 20V_r$ za međupravce između dvije protusmjerne horizontalne krivine i $4V_r \leq L_{pr} \leq 20V_r$ za međupravce između dvije istosmjerne krivine. V_r predstavlja računsku brzinu, L_{pr} duljinu pravca između zavoja. Formula je izražena u metrima.

- poprečni nagib kolnika – poprečni nagib kolnika mora biti stalno postojan. U pravcu iznosi 2.5% radi odvodnje vode, dok u horizontalnoj krivini iznos poprečnog nagiba varira od 2.5 do 7% u ovisnosti o polumjeru horizontalne krivine. Razlog povećanju poprečnog nagiba smanjenje je bočnog utjecaja centrifugalne sile na vozilo. Poprečni nagib u pravcu može se izgraditi u obliku jednostranog, dvostranog, dvostranog sa zaobljenom trećinom ili u obliku dvostranog s paraboličnim nagibom. Danas se najviše primjenjuje jednostrani nagib za ceste širine do 11 metara.
- kružni lukovi – horizontalne krivine koje značajno utječu na odvijanje i sigurnost prometa. Vožnja postaje teža sa smanjenjem polumjera krivine. Potrebno je konstruirati cestu tako da postoji mala razlika u polumjerima kod dvije susjedne krivine kako bi se spriječila nesigurna vožnja, zanošenje vozila, prelazak na suprotnu stranu i eventualno izazivanje prometnih nesreća s teškim posljedicama. Minimalni polumjeri koji se trebaju koristiti iznimno ovise o uvjetima stabilnosti vozila na prevrtanje i otklizavanje pri određenoj računskoj brzini i poprečnom nagibu u krivini.
- Prijelaznice – zbog pojave brzog prometa nastala je potreba za izgradnjom prijelaznica neposredno ispred i iza kružnog luka. Njihova uloga je postepeno povećanje i smanjivanje djelovanja centrifugalne sile što se bez prijelaznica manifestira kao bočni udar, odnosno trzaj. Postepena promjena centrifugalne sile postiže se postupnim prijelazom iz pravca u kružni luk. Duljina prijelaznica određuje se prema vozno-dinamičkim, konstruktivnim i estetsko-vizualnim elementima. Vozno-dinamički uvjeti određuju duljinu prijelaznice u ovisnosti o dopustivim bočnim udarima. Konstruktivne elemente predstavlja promjena poprečnog nagiba iz nagiba u pravcu u nagib u horizontalnoj krivini, što se naziva vitoperenje plohe kolnika. Vitoperenje se odvija oko osi kolnika ili oko unutarnjeg ruba. Estetsko-vizualnim elementima ublažava se dojam oštine horizontalne krivine iz položaja vozača. Prijelaz iz pravca u kružni luk može se koristiti u slučaju vrlo velikog polumjera kružnog luka, odnosno većeg od 1500 metara.
- Serpentine – cestovna situacija koja se primjenjuje u brdovitim i planinskim terenima gdje je nemoguće položiti trasu ceste bez prekoračenja dopuštenog uzdužnog nagiba. Točnije, primjenjuje se na dijelovima koji trebaju savladati veliku visinsku razliku na relativno maloj duljini. Odvijanje prometa u ovakvim slučajevima dosta je otežano, osobito za teretna vozila zbog djelovanja velikih uzdužnih nagiba, promjena smjera trase za 180° i malih polumjera horizontalnih zavoja. [3]

3.3. Vertikalni elementi ceste

Uz definiran poprečni presjek i oblikovane tlocrtne elemente potrebni su elementi s kojima će se definirati i oblikovati visinski tok trase ceste. Prilikom definiranja visinskog toka trase ceste najvažniju ulogu imaju niveleta, vertikalna zaobljenja i poprečni nagibi ceste. Vertikalni tok trase ceste prikazuje se pomoću uzdužnog profila koji predstavlja projektni

prilog s prikazom terena, nivelete ceste i zaobljenja u pravokutnom koordinatnom sustavu gdje se na apscisnoj osi nalaze stacionaže, a na ordinati nadmorske visine kota.

- uzdužni nagib – predstavlja nagib nivelete koji može biti u usponu ili padu. Niveleta se sastoji od pravaca koji predstavljaju nagibe i kružnice na mjestima sjecišta, odnosno prijeloma nagibnih pravaca. Uzdužni nagibi se izražavaju u postocima, a u metrima se izražavaju polumjeri kružnica koje predstavljaju vertikalna zaobljenja. Nagibi ceste su uvjetovani prometno-ekonomskim i pogonsko-tehničkim ograničenjima, a maksimalni iznos uzdužnog nagiba može biti 12%. Maksimalni uzdužni nagib prvenstveno ovisi o razredu ceste i o konfiguraciji terena, što je prikazano u tablici 2. Minimalni uzdužni nagib u većini je slučajeva 0%. Iznimno, minimalni nagib iznosi do 0.5% u duljim usjecima i zasjecima zbog poboljšane odvodnje oborinske vode.

Tablica 2. Maksimalni uzdužni nagibi u ovisnosti o razredu ceste i terenu

Razred ceste	Vrsta terena			
	Nizinski	Brežuljkasti	Brdoviti	Planinski
Autoceste	-	4%	5%	7%
Ceste 1. razreda	-	5%	6%	7%
Ceste 2. razreda	-	6%	7%	8%
Ceste 3. razreda	-	7%	8%	10%
Ceste 4. razreda	-	8%	10%	11%
Ceste 5. razreda	-	10%	11%	12%

Izvor: [3]

- vertikalna zaobljenja – zaobljivanjem prijeloma nivelete postiže se ublaženi prijelaz iz uspona u pad i obrnuto. Zaobljivanje se izvodi pomoću kružnog luka bez prijelaznica. S aspekta sigurnosti poželjno je da kružni luk bude čim većeg polumjera zakrivljenosti. Zaobljenje može biti konveksno ili konkavno, gdje konveksno zaobljenje predstavlja zaobljenje iz uspona u pad nivelete. Problem kod konveksnog zaobljenja predstavlja smanjena vertikalna preglednost, te se za određivanje minimalnog polumjera konveksnog zaobljenja koristi duljina za sigurno zaustavljanje vozila pred nepomičnom zaprekom. Kod konkavnog zaobljenja, točnije prelaska nivelete iz pada u uspon, problem predstavlja pojava centrifugalne sile koja djeluje prema dolje. Za određivanje minimalnog polumjera konkavnog zaobljenja mora se voditi računa o mjerilima udobnosti i vidljivosti pri vožnji noću. Uzima se da je vrijednost minimalnog polumjera konkavnog zaobljenja jednaka 2/3 polumjera konveksnog zaobljenja.[3]

4. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA NA CESTI D50 NA DIONICI PERUŠIĆ – ŽUTA LOKVA

Prema općoj definiciji opasnog mjesta u cestovnom prometu, koje se upotrebljava u većini država u svijetu, opasno mjesto predstavlja mjesto na cesti ili dio ceste na kojem se događa natprosječan broj prometnih nesreća. U pojedinim državama upotrebljava se više različitih izvedenica tog pojma. Međutim, u međunarodnoj znanstveno–stručnoj literaturi tri su opće prihvaćene vrste definicija opasnih mjesta, a koje se mogu poistovjetiti i s metodologijama identifikacije opasnih mjesta.

Prema [4], to su:

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

Brojčane definicije predstavljaju najjednostavniji oblik identifikacije opasnih mjesta u kojem se definira nepromjenjivi kriterij broja prometnih nesreća koji, ukoliko se poveća, identificira određenu lokaciju kao opasno mjesto.

Statistička definicija opasnih mjesta pretežno uzima u obzir usporedbu registriranog i uobičajenog broja nesreća. Prema toj definiciji određena će lokacija biti klasificirana kao opasno mjesto ukoliko je registrirani broj prometnih nesreća veći od kritične razine broja prometnih nesreća.

Definicije temeljene na predviđanjima prometnih nesreća obuhvaćaju razne modele predviđanja nastanka prometnih nesreća. Takvi modeli zahtijevaju velike količine podataka o karakteristikama lokacija koje se promatraju te se na temelju očekivanog broja nesreća pokušavaju identificirati opasna mjesta. Trenutačno najpouzdanija metoda predviđanja opasnih mjesta je Empirijska Bayes metoda. Međutim, za primjenu iste potrebna je velika količina točnih podataka kako bi se dobila zadovoljavajuća preciznost predviđanja opasnih mjesta.

Analizom statističkih pokazatelja o broju i posljedicama prometnih nesreća na dionici ceste od Perušića do Žute Lokve, prema podacima policijske postaje Otočac, u 2016. godini dogodile su se 243 prometne nesreće, od kojih su 203 samo s materijalnom štetom. U 2017. dogodile su se 223 prometne nesreće, od kojih su 182 samo s materijalnom štetom. U 2018. dogodilo se 280 prometnih nesreća, od kojih je 233 samo s materijalnom štetom. A tijekom 2019. dogodila se 261 prometna nesreća, od čega je 221 samo s materijalnom štetom. [5]

Jedan od razloga za tako mali broj prometnih nesreća sadržan je u zakonskoj definiciji prometne nesreće u Republici Hrvatskoj. Naime, prema toj definiciji prometna nesreća je događaj na cesti u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena, ili poginula, ili je preminula 30 dana nakon nesreće zbog zadobivenih ozljeda, ili je, u najpovoljnijem slučaju, izazvana samo materijalna šteta. Međutim, ako se u prometnoj nesreći dogodila samo manja materijalna šteta, a vozila su i dalje pokretna, u tom slučaju sudionici su dužni samo popuniti i potpisati Europsko izvješće o nesreći ili na drugi način razmijeniti osobne podatke i podatke o vozilima. [6].

4.1. Prometne nesreće na dionici ceste Perušić

Prema službenim policijskim podacima, na dionici ceste Perušić tijekom 2016. godine, zbog nepropisnog uključivanja na cestu D50, došlo je do prometne nesreće s teškim tjelesnim ozljedama koje je zadobio vozač motocikla koji se propisno kretao po glavnoj cesti. Prometnu nesreću prouzročio je vozač automobila, star 51 godinu, koji se uključivao sa sporedne ceste te je zbog nepreglednog dijela na glavnoj cesti oduzeo prednost vozaču motocikla. Nitko od sudionika nije bio pod utjecajem opijata. [7]

Anketiranjem stanovništva potvrđeno je da se na predmetnoj lokaciji tijekom posljednjih 5 godina dogodilo između 20 i 40 lakših prometnih nesreća s materijalnom štetom. Glavni razlog događanja prometnih nesreća nedovoljna je vertikalna preglednost kod nagiba nivelete ceste, zbog čega dolazi do bočnih sudara vozila koja obavljaju pretjecanje.

4.2. Prometne nesreće na dionici ceste Čovići

U razdoblju od 2015. do 2019. godine nema službenih zapisa o prometnim nesrećama na predmetnoj dionici. Međutim, na temelju ankete stanovništva potvrđeno je da se na navedenoj lokaciji dogodilo niz prometnih nesreća kod kojih nije pozivana policija nego su se sudionici dogovorili oko sanacija štete na vozilima. Kao glavne razloge za nesreće navodi se nepropisna i neprilagođena brzina i obijesna vožnja. Prema podacima ankete stanovništva, u svibnju 2019. godine zbog nepropisne brzine kretanja prilikom ulaska u raskrižje, vozač je izgubio nadzor nad vozilom te je tom prilikom došlo do udara u metalnu ogradu. U nesreći je nastala samo materijalna šteta. Ostale prometne nesreće događaju se uglavnom zbog oduzimanja prednosti prolaska i nepropisne brzine, a u njima nastaje samo manja materijalna šteta.

4.3. Prometne nesreće na dionici ceste Otočac

Prema evidenciji PU Ličko-senjske o prometnim nesrećama i njihovim posljedicama u razdoblju od 2015. do 2019. godine nije zabilježena niti jedna prometna nesreća na navodnoj dionici ceste. Jedan od razloga za to je zakonska odredba prema kojoj vozači, sudionici prometne nesreće u kojoj je uzrokovana samo materijalna šteta na vozilima, mogu popuniti i potpisati Europsko izvješće o nesreći ili na drugi način razmijeniti osobne podatke i podatke o vozilima bez da o tome obavijeste policiju. Naime, policijski službenik dužan je uvijek obaviti očevid prometne nesreće s materijalnom štetom, ukoliko je o njoj obaviješten. Međutim, obavljenom anketom lokalnog stanovništva, na navedenoj dionici ceste događaju se prometne nesreće u kojima nastaje samo materijalna šteta. Kao uzrok navodi se oduzimanje prednosti prolaska zbog nedovoljnog trokuta preglednosti i slijetanje vozila zbog neprilagođene brzine te nedovoljne vertikalne preglednosti ceste. Iako nema službenih podataka policije o broju i posljedicama prometnih nesreća, razvidno je da se na navedenom mjestu događaju prometne nesreće.

4.4. Prometne nesreće na lokaciji Rapain Klanac

Prema službenim podacima PU Ličko-senjske na navedenoj dionici ceste u razdoblju od 2015. do 2019. godine dogodile su se tri prometne nesreće i to:

- 2018. godine dogodila se prometna nesreća zbog nepropisnog mimoilaženja i tom je prilikom nastala samo materijalna šteta koju je izazvao vozač od 23 godine.
- 2019. godine dogodila se jedna prometna nesreća s materijalnom štetom. Nesreća je izazvana uslijed neočekivane pojave opasnosti na cesti, a izazvao ju je 49-godišnji vozač koji nije bio pod utjecajem alkohola.
- 2019. godine dogodila se prometna nesreća s ozlijeđenim osobama. U nesreći koju je izazvao vozač u dobi od 82 godine jedna je osoba zadobila teške tjelesne ozljede, a druga lake tjelesne ozljede. Uzrok prometne nesreće bila je neprilagođena brzina kretanja prema stanju i uvjetima na cesti. [7]

5. ANALIZA PROMETNO–OBLIKOVNIH ELEMENATA VERTIKALNE PREGLEDNOSTI CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ–ŽUTA LOKVA

Analizom stanja sigurnosti i izmjerenim elementima uzdužnog i poprečnog profila dionice ceste D50 između Perušića i Žute Lokve, kao opasna mjesta izdvajaju se četiri lokacije. To su :

1. Dionica ceste u naselju Perušić
2. Dionica ceste na izlazu iz mjesta Čovići
3. Dionica ceste kod naplatne postaje Otočac
4. Dionica ceste kod mjesta Rapain Klanac

Na predmetnim lokacijama mjereni su uzdužni nagibi, širine prometnih traka, preglednost i stanje prometnih znakova, opreme i signalizacije ceste, te horizontalna preglednost ceste. S obzirom da na preglednost utječe polumjer konveksnog prijeloma nivelete ceste, za duljinu preglednosti mjerodavna je duljina zaustavnog puta pred nepomičnom zaprekom. Poznavanjem polumjera vertikalnog prijeloma nivelete R_v , visine oka vozača h_1 i visine nepomične prepreke h_2 , pomoću definirane matematičke jednadžbe moguće je odrediti duljinu vertikalne preglednosti. Duljinu vertikalne preglednosti L_{pv} može se izračunati pomoću formule:

$$L_{pv} = \sqrt{R_v} \times (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})$$

Prema opće definiranim veličinama, visina oka vozača je $h_1=1.2\text{m}$ od vrha kolnika, a visina nepomične zapreke $h_2=0.1\text{m}$ od vrha kolnika. Za lokacije u Perušiću i kod Rapainog Klanca potrebno je izračunati pretjecanju preglednost. U tom slučaju, za vrijednost h_2 uzima se visina pomične zapreke $h_2=1\text{m}$.

Sve fotografije koje su prikazane u ovom poglavlju fotografirane su s približnih visina oka vozača u vozilu, te iznose od 1 do 1.2 metra od površine kolnika.

5.1. Analiza dionice ceste u Perušiću

Prema izmjerenim elementima navedena dionica ceste u konstantnom je uzdužnom nagibu od 1,5 do 3,5%, što je najveći nagib na prijelomnici nivelete. Lom nivelete nalazi se u neposrednoj blizini križanja. GPS koordinate navedene lokacije su: 44.654800 - 15.381751. Pregledom dionice nisu uočeni prometni znakovi vezani uz predmetnu lokaciju. Na slikama 3. i 4. je prikazana problematična lokacija.

Slika 3. Pogled na prijevoj s jugoistočne strane



Izvor: Izradio autor

Na slici 3. moguće je uočiti da se na 15 metara od prijevoja s lijeve strane nalazi raskrižje s lokalnom cestom. Na sporednoj cesti postavljen je znak „STOP“ dok na cesti s prednošću prolaska nije postavljen prometni znak nailaska na raskrižje sa sporednom cestom. Također, na istoj udaljenosti od prijevoja nastaje srednji trak čija je uloga odvajanje vozila koja skreću lijevo prema autocesti A1.

Slika 4. Pogled na prijevoj sa sjeverozapadne strane



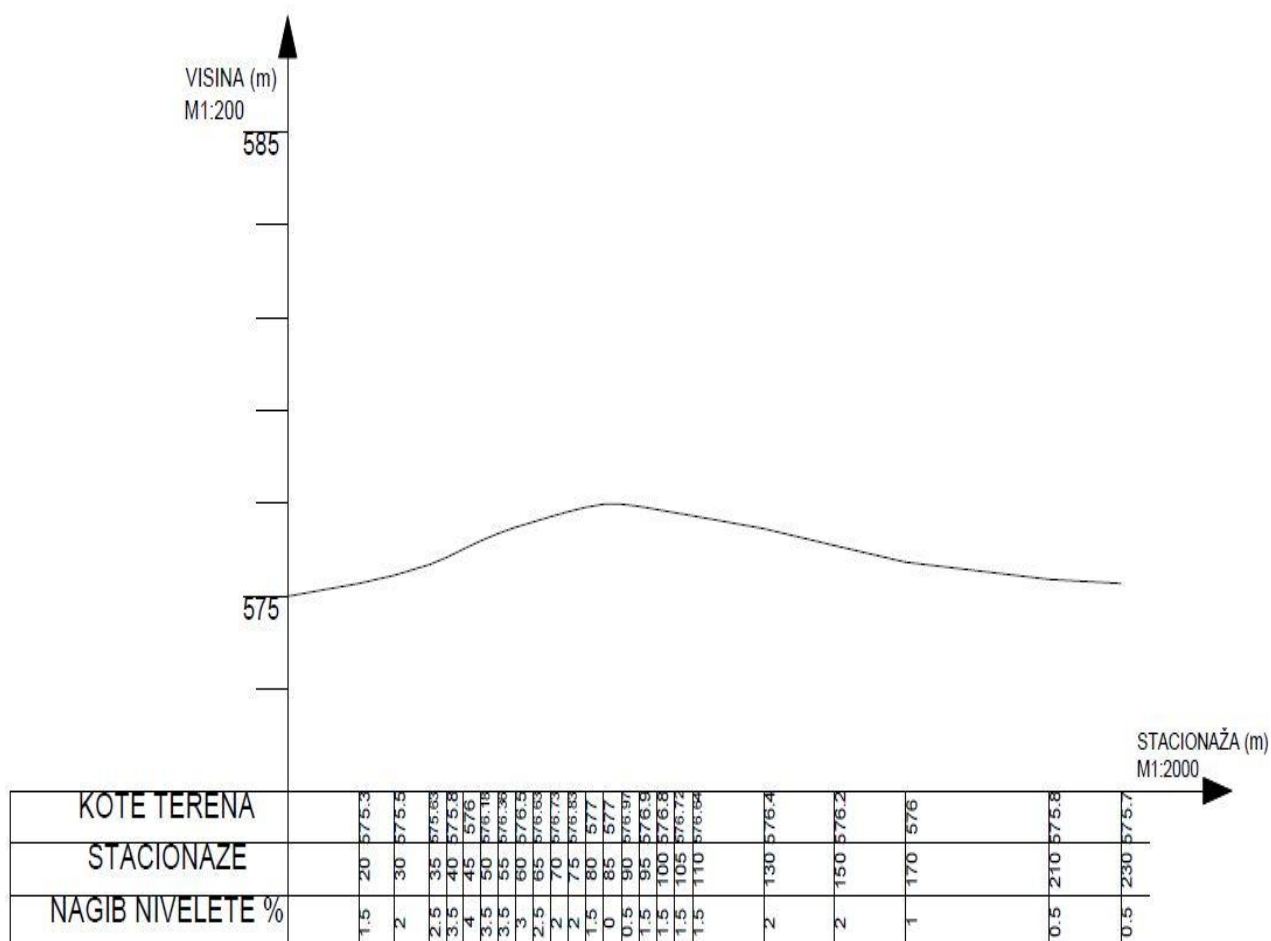
Izvor: Izradio autor

Na slici 4. vidi se da je središnja traka isprekidana, što znači da je pretjecanje dozvoljeno. Naime, osvrtom na okolinu vidljivo je da se cesta nalazi u naselju te je najveća dopuštena brzina vožnje ograničena na 50km/h. Također, isprekidana traka proteže se sve do vrha prijevoja, što predstavlja sigurnosni rizik zbog umanjene pretjecajne preglednosti.

Polumjer zakrivljenosti u ovoj situaciji iznosi $R_v=90\text{m}$. Uvrštavanjem izmjerenog polumjera zakrivljenosti u formulu za proračun pretjecajne preglednosti dobiva se iznos preglednosti $L_{pv} = 28\text{m}$.

Na slici 5. prikazan je uzdužni profil ceste izrađen u programskom alatu AutoCAD gdje je prikazana promjena u nadmorskoj visini na kojoj je cesta položena i njezine stacionaže.

Slika 5: Uzdužni profil - Perušić



Vidljiv je uspon ceste u iznosu od 2 metra na duljini od 80 metara, što predstavlja prosječni uspon od 2.5%, te potom postepeno spuštanje ceste od oko 1.5 metar na duljini od 150 metara, gdje je prosječni uzdužni nagib 1%. Najveći uzdužni nagib od 4% djeluje na duljini od oko 5 metara.

Glavni sigurnosni problem u ovom slučaju predstavlja isprekidana crta (koja omogućava pretjecanje vozila), kao i nepostojeći prometni znakovi (koji bi ukazali nadolazećim vozačima iz smjera sjeverozapada na nepregledno raskrižje neposredno nakon jugoistočne strane prijevoja, kao i na traku za odvajanje vozila koja skreću lijevo na raskrižju za autocestu A1).

5.2. Analiza dionice ceste u Čovićima

Problem kod ove lokacije predstavlja nepregledno raskrižje, kao i nepregledno postavljen pješački prijelaz. Prijelom nivelete nalazi se neposredno nakon raskrižja i pješačkog prijelaza. GPS koordinate ove lokacije su: 44.836557, 15.293332

Na slici 6. prikazana je prometnica iz smjera jugoistoka na kojoj je vidljivo da je daljnji tok ceste relativno pregledan. Također, na udaljenosti od 90m prije raskrižja vidljiv je znak upozorenja o nadolazećem raskrižju.

Slika 6: Pogled iz smjera jugoistoka



Izvor: Izradio autor

Slika 7: Pogled iz smjera sjeverozapada



Izvor: Izradio autor

Na slici je prikazan ulazak u naselje Čovići iz smjera Otočca. Ulazak se odvija nakon dugog pravca bez uzdužnog nagiba. Na udaljenosti od 180 metara prije križanja postavljen je znak za zabranu pretjecanja, gdje završava isprekidana središnja traka. Nakon 40 metara postavljen je znak za početak naselja Čovići, što podrazumijeva ograničenje brzine 50km/h. Na 100 metara od raskrižja postavljen je znak upozorenja za nadolazeće raskrižje. Promatranjem je utvrđena slaba vidljivost znaka za pješački prijelaz na udaljenosti od 100 metara. Na toj udaljenosti križanje nije vidljivo zbog blagog usjeka i vegetacije. Dovoljna vidljivost raskrižja je na otprilike 30 metara.

Dodatni problem predstavljaju vozila koja sa sporednog privoza skreću lijevo prema sjeverozapadu, gdje je preglednost nedovoljna zbog blagog nagiba i usjeka. Da bi preglednost bila dovoljna vozač mora s prednjim krajem vozila zauzeti znatnu površinu desne prometne trake. Takva situacija je prikazana na slici 8.

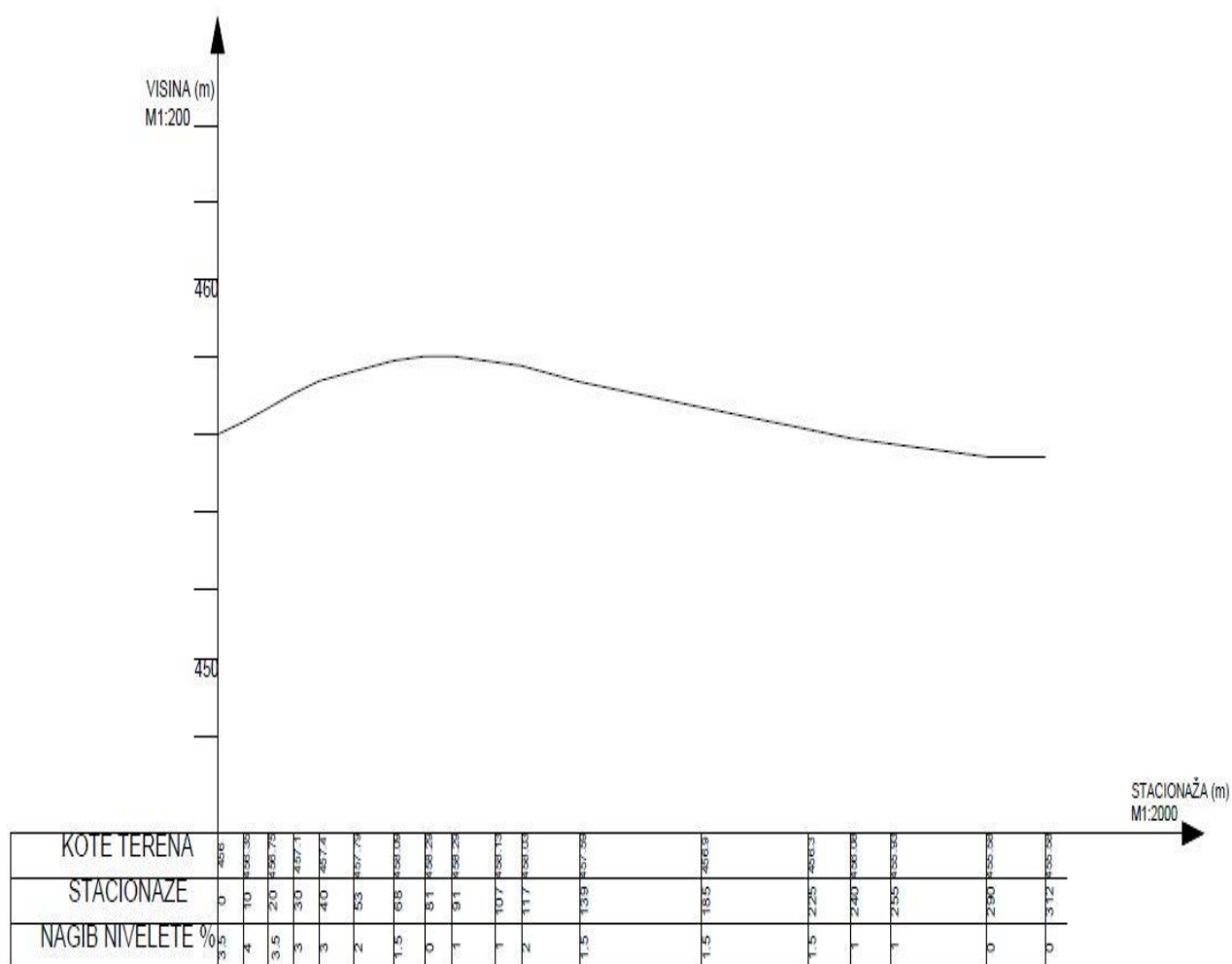
Slika 8: Nedovoljna preglednost sa sporednog privoza



Izvor: Izradio autor

Polumjer vertikalne zakrivljenosti iznosi $R_v = 190$ metara. Prema formuli za duljinu vertikalne preglednosti ispred nepomične zapreke dolazi se do duljine preglednosti $L_{pv} = 27.5$ metara.

Slika 9: Uzdužni profil – Čovići



Na prikazu uzdužnog profila (slika 9), vidljivo je povećanje visine sa 456 na 458.3 metara nadmorske visine, što predstavlja promjenu od 2.3 metra na 81 metar duljine, a to čini prosječni uzdužni nagib u iznosu od 2.8%. Nakon prijevoja cesta je u blagom padu sljedećih 210 metara. Promjena visine iznosi 2.7 metara, što čini prosječni uzdužni nagib od 1.3%. Vidljivo je djelovanje najvećeg uzdužnog nagiba u iznosu od 4% na 10 metara duljine.

5.3. Analiza dionice ceste u Otočcu

Na navedenoj dionici ceste osnovni problem sigurnosti povezan je uz nepovoljne vertikalne preglednosti te raskrižja koje se nalazi u neposrednoj blizini vrha vertikalnog zaobljenja ceste. Naime, nakon uzdužnog nagiba nivelete ista prelazi u pad gdje se ujedno nalazi i raskrižje (slika 10). GPS koordinate predmetne lokacije su: 44.890286, 15.190908.

Slika 10: Dionica ceste iz smjera juga



Izvor: Izradio autor

Posebna opasnost na navedenoj dionici je i nedostatak prometne signalizacija koja bi upozorila vozače na iznenadnu pojavu horizontalne krivine i samog raskrižja.

Promatrano iz smjera juga jednako tako je razvidna nedovoljna horizontalna preglednost (slika 11).

Slika 11: Dionica ceste iz smjera juga



Izvor: Izradio autor

Slika 12: Prikaz dionice ceste iz smjera juga



Izvor: Izradio autor

Analizom navedene dionice ceste uočena je nedostatna horizontalna preglednost, a posebnu opasnost predstavlja nedovoljna vidljivost raskrižja koje se nalazi s desne strane (slika 12). Raskrižje je uočljivo tek dolaskom u neposrednu blizinu, što nije dovoljno za osiguranje zaustavnog puta kočenja vozila (slika 13). Jednako tako nije postavljen prometni znak opasnosti za raskrižje sa sporednom cestom.

Slika 13: Dionica ceste u smjeru sjeverozapada



Izvor: Izradio autor

Problem nemogućnosti pravovremenog uočavanja raskrižja jednak je i iz smjera sjeverozapada (slika 14). Naime, osim nedostatka prometnog znaka opasnosti za raskrižje sa sporednom cestom, iz navedenog smjera omogućeno je skretanje ulijevo zbog čega može doći do naleta vozila na vozilo koje obavlja radnju skretanja ulijevo.

Slika 14: Prikaz dionice ceste iz smjera sjeverozapada



Izvor: Izradio autor

Analizom preglednosti iz sporednog smjera na raskrižju na navedenoj dionici ceste jednako tako nije osiguran dovoljan trokut preglednosti, što je dodatna opasnost za vozače koji se uključuju na glavni prometni tok (slika 15).

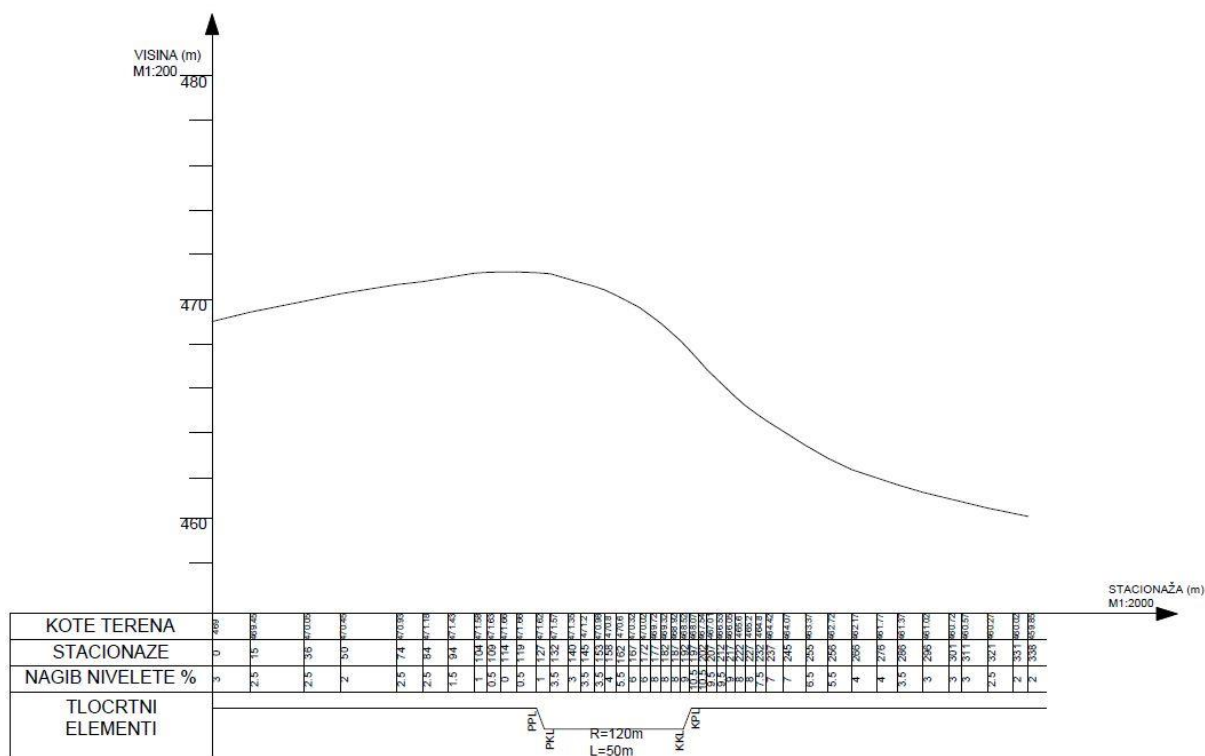
Slika 15: Preglednost na glavni privoz iz smjera juga



Izvor: Izradio autor

Iz uzdužnog profila može se primijetiti uspon ceste u iznosu od 2.63 metra na duljini od 114 metara, što čini prosječni uzdužni nagib od 2.3%. Nakon prijevoja vidljiv je značajan nagib gdje je cesta u padu. Od prijevoja koji je na stacionaži 114 pa do zadnje točke mjerenja, duljina je od 224 metra, a promjena visine iznosi 11.8 metara. Točnije, s visine od 471.63m na kojoj je prijevoj do visine krajnje točke mjerenja koja je na 459.85 metara nadmorske visine. Prosječni uzdužni nagib iznosi 5.25%, dok maksimalni uzdužni nagib iznosi 10.5%.

Slika 16: Uzdužni profil – Otočac



Na udaljenosti 13 metara nakon prijevoja nalazi se horizontalni zavoj. Izmjerena duljina vanjskog luka horizontalnog zavoja je 50 metara. Izračunom se dolazi do polumjera zakrivljenosti horizontalne krivine koji u ovom slučaju iznosi $R = 120$ metara. Polumjer vertikalnog zavoja iznosi $R_v = 100$ metara, što je jako loša vertikalna preglednost kod zaustavljanja pred nepomičnom zaprekom koja iznosi $L_{pv} = 6$ metara.

5.4. Potencijalno opasna situacija kod mjesta Rapain Klanac

Navedena dionica ceste nalazi se u usjeku, a njezina uzdužna niveleta u rasponu je od 5 – 7%. Osnovni problem na navedenoj dionici ceste je povećanje brzine kretanja na dužini od 230 metara na kojoj je dozvoljeno pretjecanje, a dolaskom do horizontalnog zavoja pretjecajna preglednost je znatno smanjena. Jednako tako, na navedenoj dionici nisu postavljeni prometni znakovi ograničenja brzine, a prema općem propisu o ograničenju brzine kretanja vozila u naselju dopuštena brzina je 50 km/h.

Slika 17: Dionica ceste iz smjera zapada



Izvor: Izradio autor

Na navedenoj dionici ceste dopušteno je pretjecanje. Obavljenom analizom i mjerenjem iz smjera zapada razvidno je da nije osigurana dovoljna horizontalna preglednost (slika 17).

Slika 18: Dionica ceste iz smjera istoka



Izvor: Izradio autor

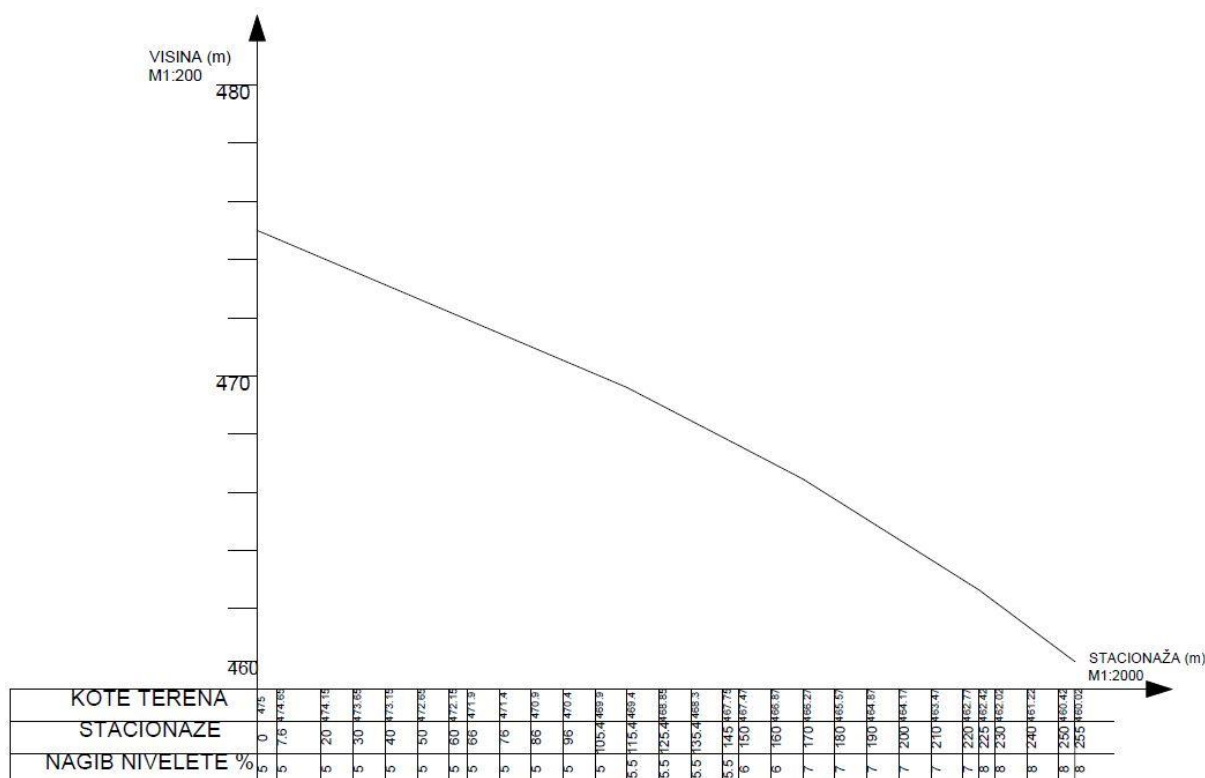
Obavljenim mjerenjem horizontalne preglednosti navedene dionice ceste iz smjera istoka, jednako tako je utvrđena nedovoljna pretjecajna preglednost. Navedeno potvrđuje postavljenu hipotezu prema kojoj je na dionici ceste od 230 metara, a na kojoj je dozvoljeno pretjecanje, potrebno osigurati dovoljnu pretjecajnu preglednost (slika 18.). Dodatni problem predstavlja i položaj trase ceste koja se nalazi u usjeku, zbog čega osim smanjenja vidnog polja postoji opasnost od pojave bočnih zapreka, poput odrona kamenja i slično (slika 19).

Slika 19. Odron kamenja na sjevernom prometnom traku



Izvor: Izradio autor

Slika 20: Uzdužni profil – Rapain Klanac



Uzdužni nagib dionice ceste Rapain Klanac u rasponu je od 5 do 8%. Na udaljenosti od 105 metara od početka mjerenja nema promjene u uzdužnom nagibu koji iznosi 5%. Povećanje nagiba za 1%, točnije sa 5 na 6%, na udaljenosti je od 45 metara od početne točke mjerenja i povećanje sa 6 na 7%, na udaljenosti od 20 metara. Sljedećih 70 metara prevladava nagib od 7% koji se potom povećava za 1% sljedećih 25 metara, odnosno do završne točke mjerenja. Ukupna razlika u nadmorskoj visini na 255 metara duljine iznosi 15 metara. Polumjer vertikalne zaobljenosti je $R_v = 750$ metara. Vertikalna preglednost kod zaustavljanja pred nepomičnom zaprekom u ovom slučaju je $L_{vp} = 55$ metara, što osigurava optimalnu sigurnost kada se poštuje ograničenje brzine.

Veliki problem u ovom slučaju je mogućnost razvijanja velikih brzina. Analizom načina odvijanja prometa i mjerenjem prolaznih vremena na uzorku od 30 vozila izračunata je prosječna brzina u iznosu za smjer zapad-istok u iznosu od 75 km/h (maksimalna zabilježena brzina iznosila je 105 km/h), dok je za smjer istok-zapad prosječna brzina 63 km/h (maksimalna brzina iznosila je 84 km/h). Razlog ovakvim brzinama je djelovanje uzdužnog nagiba i položaja ceste u pravcu.

6. PRIJEDLOG MJERA ZA POBOLJŠANJE PROMETNO OBLIKOVNIH ELEMENATA CESTE D50 NA DIONICI PERUŠIĆ–ŽUTA LOKVA

Prema uočenim nedostacima prometno-oblikovnih elemenata navedenih dionica ceste potrebno je poduzeti niz mjera koje su uglavnom usmjerene na promjenu prometne signalizacije, rekonstrukciju pojedinih elemenata ceste te izmjene građevinskih elemenata trase ceste.

6.1. Prijedlog mjera sanacije za dionicu ceste u Perušiću

Prema podacima nakon obavljene analize na navedenoj dionici ceste predlaže se obilježavanje ceste s punom uzdužnom crtom na duljini od 40 metara od prijevoja u smjeru sjeverozapada. Kao dodatna mjera s kojom bi se povećala sigurnost prometa na tom dijelu ceste predlaže se postavljanje prometnog znaka zabrana (slika 21). Također, potrebno je postaviti prometni znak nailaska na raskrižje sa sporednom cestom.

U drugoj fazi predlaže se građevinski zahvat saniranja uzdužne nivelete kako bi se osigurala horizontalna preglednost ceste, čime bi se omogućila i vidljivost raskrižja.

Slika 21: Prijedlog obilježavanja ceste s prometnim znakom i oznakom na kolniku



Izvor: izradio autor

6.2. Prijedlog mjera sanacije za lokaciju u Čovićima

Prema podacima nakon obavljene analize navedene dionice ceste o količini prometa, prometnim i oblikovnim elementima ceste i stanju sigurnosti prometa, kao jedno od rješenja predlaže se postavljanje prometnog svjetla za motorni promet, odnosno semafora. Postavljanjem prometnog svjetla značajno bi se zaštitili pješaci te bi se omogućilo i neometano skretanje vozila koja se iz sporednog privoza uključuju u glavni prometni tok. Kao dodatnu mjeru predlaže se opremanje semafora radarskim sustavom detekcije dopuštene brzine kretanja vozila, detektorom vozila na sporednom smjeru i detektorom najave za prolaz pješaka preko pješačkog prijelaza. Takvom dodatnom mjerom na semaforu bi se upalilo crveno svjetlo u slučaju da vozač ne poštuje propisano ograničenje brzine, što bi znatno povećalo sigurnost svih sudionika u prometu. Ujedno, uz pomoć detektora vozila na sporednom smjeru omogućilo bi se skraćivanje vremena ciklusa na glavnom smjeru i time se smanjilo vrijeme čekanja ako na glavnom smjeru nema vozila. Jednako tako i pješacima bi se omogućila detektorska najava njihove želje za slobodnim prolaskom kroz raskrižje (slika 22).

Slika 22: Prijedlog rješenja raskrižja u Čovićima



Izvor: izradio autor

6.3. Prijedlog mjera sanacije za dionicu u Otočcu

Na dionici ceste u mjestu Otočac, prema obavljenoj analizi i izmjerenoj horizontalnoj preglednosti, predlaže se postavljanje prometnog znaka opasnosti nailaska na opasan zavoj, obilježavanje pune uzdužne crte te ploča za označavanje zavoja (slika 23).

Takvim rješenjem povećala bi se vizualizacija ceste prije zavoja kao i sam zavoj, odnosno smjer horizontalne zakrivljenosti ceste, što bi za učinak imalo smanjenje brzine kretanja vozila prije zavoja. Predloženo poboljšanje dokazano bi imalo veliki učinka na povećanje sigurnosti cestovnog prometa.

Slika 23: Prijedlog rješenja horizontalnog zavoja u Otočcu



Izvor: izradio autor

Međutim, kao trajno rješenje predlaže se obavljanje građevinskog zahvata povećanja horizontalne preglednosti. Povećanjem horizontalne preglednosti, osim osiguranja dovoljne zaustavne preglednosti pred nepomičnom zaprekom, povećala bi se vidljivost raskrižja koje se nalazi u neposrednoj blizini prijeloma nivelete ceste.

6.4. Prijedlog mjera za dionicu ceste Rapain Klanac

Analizom načina odvijanja prometa i uzdužnog nagiba nivelete ceste, koji je u rasponu od 5 do 8%, uočeno je da je osnovni problem povezan uz sigurnost prometa povećana brzina kretanja vozila na južnom prometnom traku. Naime, zbog mogućnosti obavljanja radnje pretjecanja na dužini od oko 230 metara, nedovoljne horizontalne preglednosti zavoja te duže pune uzdužne crte dolazi do prometnih nesreća sudara vozila iz suprotnih smjerova. Jedna od mjera koja bi umanjila opasnost od takvih vrsta prometnih nesreća je prilagođavanje oznaka na kolniku u skladu s horizontalnom preglednošću.

Dodavanjem isprekidane uzdužne crte uz punu omogućuje vozilima raniji početak pretjecanja nakon izlaska iz horizontalne krivine. Takva mjera osigurala bi dodatnih 50 metara pretjecajne duljine.

7. ZAKLJUČAK

Sigurnost svih sudionika u cestovnom prometu sve je više u fokusu svih država u svijetu. Smrtno stradavanje, ozljeđivanje sudionika u prometu te velike materijalne štete koje nastaju kao posljedica prometnih nesreća, dokazano su uzročna poveznica smanjenja društvenog i ekonomskog razvoja države. Navedeno potvrđuje činjenica da svake godine u svijetu oko 1,2 milijuna osoba smrtno nastrada u prometnim nesrećama, oko 10 milijuna zadobije teške ozlijede, a ukupni izravni i neizravni troškovi prometnih nesreća procjenjuju se na oko 1-3% ukupnog bruto domaćeg proizvoda u većini država u svijetu.

S obzirom da su osnovni čimbenici sigurnosti cestovnog prometa čovjek, cesta i vozilo, svaki od navedenih čimbenika može posredno ili neposredno utjecati na sustav sigurnosti. S obzirom na činjenicu da je osnovni pokazatelj stanja sigurnosti u cestovnoj prometnoj mreži broj prometnih nesreća te njihove posljedice, a da su u tim pokazateljima cesta i prometno oblikovni elementi cesta u vrlo malom postotku, istraživanje vertikalne preglednosti državne ceste D50 u Ličko-senjskoj županiji bila je osnova istraživanja u diplomskom radu.

Prema općoj definiciji opasnog mjesta u cestovnom prometu, koje se upotrebljava u većini država u svijetu, opasno mjesto predstavlja mjesto na cesti ili dijelu ceste na kojem se događa natprosječan broj prometnih nesreća. U pojedinim državama upotrebljava se više različitih izvedenica tog pojma. Međutim, u međunarodnoj znanstveno-stručnoj literaturi opće prihvaćene su tri vrste definicija opasnih mjesta koje se mogu poistovjetiti i s metodologijama identifikacije opasnih mjesta. To su brojčane definicije, statističke definicije i definicije temeljene na predviđanju prometnih nesreća. S obzirom da se u navedenim definicijama primjenjuju druge metode, trenutačno najpouzdanija metoda predviđanja opasnih mjesta je Empirijska Bayes metoda. Važno je naglasiti da je za primjenu navedene metode potrebna velika količina točnih podataka kako bi se dobila zadovoljavajuća preciznost predviđanja opasnih mjesta.

Iako prema predloženim metodama i analizi stanja sigurnosti cestovnog prometa na navedenim dionicama ceste, odnosno prema broju i posljedicama prometnih nesreća na navedenim dionicama ceste, iste ne udovoljavaju definiranim kriterijima, prema anketama stanovništva i izmjerenim prometnim i oblikovnim elementima vertikalne preglednosti cesta, postoji opravdanost da se one saniraju.

Jednako tako, važno je napomenuti da za poboljšanje prometnih i oblikovnih elemenata analiziranih dionica cesta nije potrebno izdvajati znatna financijska sredstva. Primjenom predloženih mjera omogućilo bi se postizanje optimalnog izdvajanja financijskih sredstva uz optimalnu sigurnost, što bi minimiziralo generirane troškove uslijed prometnih nesreća i ostalih incidentnih situacija u cestovnom prometnom sustavu na navedenoj dionici ceste.

LITERATURA

- [1] Cerovac V.: Tehnika i sigurnost prometa. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2001.
- [2] <https://cdn.euroncap.com/media/2076/2010-volvo-city-safety.pdf>
pristupljeno: lipanj, 2020.
- [3] Božičević J., Legac I.: Cestovne prometnice. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2001.
- [4] Metodologija za identifikaciju opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži, Hrvatske autoceste, 2016.
- [5] licko-senjska-policija.gov.hr/statistika/81 Pristupljeno: srpanj, 2020.
- [6] <https://www.zakon.hr/z/78/Zakon-o-sigurnosti-prometa-na-cestama> Pristupljeno: srpanj, 2020.

Ostali izvori

- [7] Dopis na zahtjev, Policijska uprava Ličko-senjska: „Statistički podaci o prometnim nesrećama od 2015-2019. godine“

Popis priloga

Popis slika

Slika 1: Vennov dijagram	3
Slika 2: Dijagram rizičnih elemenata	5
Slika 3. Pogled iz smjera jugoistoka	25
Slika 4. Pogled iz smjera sjeverozapada	26
Slika 5: Uzdužni profil – Perušić	27
Slika 6: Pogled iz smjera jugoistoka	28
Slika 7: Pogled iz smjera sjeverozapada	29
Slika 8: Nedovoljna preglednost sa sporednog privoza	30
Slika 9: Uzdužni profil – Čovići	31
Slika 10: Dionica ceste iz smjera juga	32
Slika 11: Dionica ceste iz smjera juga	33
Slika 12: Prikaz dionice ceste iz smjera juga	34
Slika 13: Pogled s prijevoja prema sjeverozapadu	34
Slika 14: Prikaz dionice ceste iz smjera sjeverozapada	35
Slika 15: Preglednost na glavni privoz iz smjera juga	35
Slika 16: Uzdužni profil – Otočac	36
Slika 17: Dionica ceste iz smjera zapada	37
Slika 18: Dionica ceste iz smjera istoka	38
Slika 19. Odron kamenja na sjevernom traku	38
Slika 20: Uzdužni profil – Rapain Klanac	39
Slika 21: Prijedlog obilježavanja ceste s prometnim znakom i oznakom na kolniku	40
Slika 22: Prijedlog rješenja raskrižja u Čovićima	41
Slika 23: Prijedlog rješenja horizontalnog zavoja u Otočcu	42

Popis tablica

Tablica 1: Ovisnost širine prometnog traka o računskoj brzini i terenskim uvjetima	17
Tablica 2. Maksimalni uzdužni nagibi u ovisnosti o razredu ceste i terenu	20



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Analiza vertikalne preglednosti ceste D50 na dionici Perušić - Žuta
Lokva u funkciji sigurnosti cestovnog prometa**
na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 24.07.2020.

Student/ica:

I. Hećimović
(potpis)