

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF TRANSPORT AND TRAFFIC SCIENCES

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb, p.p. 170, Croatia

METODOLOGIJA ZA IDENTIFIKACIJU OPASNIH MJESTA U CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI



Zagreb, studeni 2016.

Naziv projekta:

**METODOLOGIJA ZA IDENTIFIKACIJU OPASNIH MJESTA U
CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI**

Naručitelj:



Hrvatske ceste d.o.o.
Vončinina 3, 10 000 Zagreb

Izrađivač:



**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ZAVOD ZA PROMETNO – TEHNIČKA
VJEŠTAČENJA
Vukelićeva 4
HR 10 000 Zagreb**

Voditelj projekta:

Dr. sc. Željko Šarić, dipl. ing. prom.

Autori i suradnici:

**Dr. sc. Željko Šarić, dipl. ing. prom.
Prof. dr. sc. Goran Zovak, dipl. ing. stroj.
Andrej Kunštek, mag. ing. traff.
Tomislav Kučinić, mag. ing. traff.**

**Predstojnik Zavoda za pro-
metno – tehnička vještače-
nja**

Prof. dr. sc. Goran Zovak

Dekan:

Prof. dr. sc. Hrvoje Gold

Sadržaj

1. Uvod	3
2. Opasna mjesta u cestovnoj prometnoj mreži	4
2.1. Općenito o opasnim mjestima.....	4
2.2. Preporuke i međunarodna iskustva u identifikaciji opasnih mjesta.....	5
3. Prikupljanje podataka o prometnim nesrećama	8
4. Identifikacija opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži	11
4.1. Duljina promatrane dionice prilikom identifikacije opasnih mjesta	12
4.2. Vremenski period prilikom identifikacije opasnih mjesta	13
4.3. Broj prometnih nesreća kao kriterij identifikacije opasnih mjesta	13
5. Proces identifikacije potencijalnih opasnih mjesta	14
6. Analiza i rangiranje potencijalno opasnih mjesta	17
6.1. Parametri istraživanja i analize opasnih mjesta	17
6.1.1. Rangiranje prema broju prometnih nesreća	18
6.1.2. Rangiranje prema posljedicama prometnih nesreća	18
6.1.3. Rangiranje prema učestalost prometnih nesreća	19
6.1.4. Rangiranje prema gustoći prometnih nesreća	20
6.1.5. Rangiranje prema stopi prometnih nesreća na križanjima – Relativni broj nesreća	20
6.1.6. Rangiranje prema stopi prometnih nesreća na ravnim dionicama ceste– Relativni broj nesreća	21
6.1.7. Rangiranje prema relativnom stupnju opasnosti.....	21
6.1.8. Rangiranje prema troškovima prometnih nesreća	21
6.2. Kolizijski dijagrami	23
7. Pregled identificiranih potencijalno opasnih mjesta na terenu	26
8. Potvrđivanje opasnog mjesta	33
9. Predlaganje i rangiranje mjera sanacije za identificirana opasna mjesta	34
9.1. Isplativost mjera smanjenja broja prometnih nesreća.....	38
9.2. Procjena gospodarskih troškova.....	40
10. Evaluacija i praćenje učinaka sanacije	43
11. Naputak o primjeni metodologije identifikacije opasnih mjesta na cestovnoj prometnoj mreži	47
12. Osnovne preporuke programskog rješenja za implementaciju metodologije identifikacije opasnih mjesta	53
13. Zaključak	55
Literatura	56
Prilozi	57

1. Uvod

Prema domaćim i međunarodnim iskustvima jedan od najučinkovitijih načina povećanja sigurnosti cestovnog prometa je identifikacija i sanacija opasnih mjesta. U Republici Hrvatskoj trenutno se za identifikaciju opasnih mjesta koristi „Metodologija pristupa sigurnosti prometa“ koju su 2004. godine izradile Hrvatske ceste d.o.o. i Institut građevinarstva Hrvatske d.d. Prema navedenoj metodologiji, opasnim mjestom može se nazvati raskrižje ili odsječak ceste duljine do 300 [m], odnosno opasnom dionicom može se nazvati dio ceste duljine od 300 do 1000 [m], uz uvjet da udovoljavaju jednom od sljedeća tri kriterija:

- ako se na kritičnoj lokaciji u prethodne 3 godine dogodilo 12 ili više prometnih nesreća s ozlijeđenim osobama;
- ako je u prethodne tri godine na promatranj lokaciji evidentirano 15 ili više prometnih nesreća, bez obzira na posljedice i
- ako su se na kritičnoj lokaciji, u prethodne 3 godine, dogodile tri ili više istovrsnih prometnih nesreća, u kojima su sudjelovale iste skupine sudionika, s istim pravcima kretanja, na istim konfliktnim površinama i dr.

Analizirajući postojeću metodologiju identifikacije „područja s uočljivim brojem nezgoda“ za kratke odsječke cesta do 300 m dužine, može se utvrditi kako navedeni postojeći kriteriji utvrđivanja opasnih mjesta na mreži državnih cesta ne uzimaju u obzir ni jedan drugi podatak, osim broja prometnih nesreća. Takav način identifikacije opasnih mjesta rezultira nerelevantnim rezultatima budući da se ne koriste metode i kriteriji koji su zasnovani na statističkom ispitivanju lokacija prometnih nesreća te nisu uzeti u obzir i drugi dostupni parametri poput prometnog opterećenja cestovnih dionica. Također, analizirajući međunarodna iskustva u identifikaciji opasnih mjesta može se zaključiti da Republika Hrvatska trenutno ima jedan od najviše postavljenih kriterija zbog čega se identificira manji broj opasnih mjesta što može negativno utjecati na sigurnost u cestovnoj prometnoj mreži.

Sukladno navedenom, na temelju pozitivnih međunarodnih iskustava izrađena je nova metodologija koja je usklađena sa trenutnim zakonskim regulativama, smjericama i preporukama Europske unije. Cilj metodologije je prije svega identificirati opasna mjesta na kojima je uzrok nastanka prometnih nesreća bio nedostatak na prometno – tehničkim karakteristikama ceste.

2. Opasna mjesta u cestovnoj prometnoj mreži

Identifikacija opasnih mjesta te upravljanje opasnim lokacijama imaju dugu tradiciju u prometnom inženjerstvu u mnogim državama i smatraju se osnovnim dijelom sigurnosti prometa na pojedinim mjestima. Kako ne postoji standardna definicija opasnog mjesta, može se sa teoretskog gledišta, definirati da su opasna mjesta ili tzv. crne točke, lokacije koje imaju statistički veći broj prometnih nesreća u usporedbi sa lokacijama sličnih prometno – tehničkih karakteristika.

2.1. Općenito o opasnim mjestima

Opasno mjesto u cestovnom prometu predstavlja mjesto na cesti ili dijelu ceste na kojoj se događa natprosječan broj prometnih nesreća. Budući da pojam opasno mjesto nije zakonski reguliran pojam, kao u pojedinim zemljama, postoji i više različitih izvedenica tog pojma. U domaćoj literaturi takva mjesta nazivaju se i opasna cestovna lokacija ili „crne točke“ cestovnog prometa. Domaći autori različito interpretiraju pojam opasnih mjesta pa tako pojedini autori definiraju opasno mjesto kao dijelove ceste na kojima se događa veći broj prometnih nesreća, s ljudskim žrtvama i većom materijalnom štetom, dok drugi autori navode da su opasne cestovne lokacije ili „crne točke“ mjesta na cesti na kojima je rizik od prometnih nesreća (statistički) značajno veći nego na drugim cestovnim lokacijama. Ovakve podjele su vidljive i u međunarodnoj znanstveno – stručnoj literaturi pa su općeprihvaćene tri vrste definicija opasnih mjesta, a koje se mogu poistovjetiti i sa metodologijama identifikacije opasnih mjesta [1]:

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

Brojčane definicije predstavljaju najjednostavniji oblik identifikacije opasnih mjesta u kojem se definira fiksni kriterij broja prometnih nesreća koji, ukoliko se premaši, identificira određenu lokaciju kao opasno mjesto. Primjer takve definicije je nekadašnja Norveška metodologija koja glasi: „*Opasno mjesto je bilo koja lokacija maksimalne dužine od 100 metara na kojoj su zabilježene barem četiri nesreće s ozlijeđenim osobama u periodu od pet godina*“. Ovakva jednostavna definicija ne uzima u obzir prometno opterećenje niti specificira tip same lokacije. Primjer definicije prema stopi prometnih nesreća jest: „*Opasno mjesto je bilo koja lokacija, raskrižje, dionica ili zavoj, gdje broj nesreća s ozlijeđenima, na milijun vozila ili kilometar vozila, u periodu od četiri godine, prelazi vrijednost od primjerice 1.5*“. Nedostatak ove metode/definicije je što, osim u slučajevima izračuna stope prometnih nesreća, ne uzima u obzir prometno opterećenje lokacije te statistički kroz kritičnu razinu nastanka broja prometnih nesreća ne uspoređuje promatranu lokaciju sa drugim lokacijama istih prometno – tehničkih karakteristika. Također, nedostatak ove metode prilikom izračuna stope prometnih nesreća je što pretpostavlja linearan odnos između prometnog opterećenja i broja prometnih

nesreća, iako je odnos nelinearan, te što je pristrana prema dionicama manje duljine i s manjim prometnim opterećenjem. Ovoj vrsti identifikacije odgovara i postojeća metodologija identifikacije opasnih mjesta koju koristi tvrtka Hrvatske ceste d.o.o. na svim državnim cestama Republike Hrvatske [2].

Statistička definicija opasnih mjesta oslanja se na usporedbu registriranog i uobičajenog broja nesreća. Na primjer, određena lokacija će biti klasificirana kao opasno mjesto ako je registrirani broj prometnih nesreća veći od kritične razine broja prometnih nesreća. Kritična vrijednost nastanka prometnih nesreća dobiva se statističkim ispitivanjem svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika, a opasno mjesto se identificira ukoliko stopa prometnih nesreća, koja uzima u obzir prometno opterećenje, duljinu lokacije i vremenski period, prelazi definiranu kritičnu razinu. Definicije na temelju predviđanja obuhvaćaju razne modele predviđanja nastanka prometnih nesreća. Ovakvi modeli zahtijevaju velike količine podataka o karakteristikama lokacija koje se promatraju te se na temelju očekivanog broja nesreća pokušavaju identificirati opasna mjesta. Trenutno najpouzdanija metoda predviđanja opasnih mjesta je Empirijska Bayes metoda, koja zahtjeva veliku količinu podataka koje moraju biti u potpunosti točni jer jedino na taj način omogućavaju zadovoljavajuću točnost predviđanja opasnih mjesta. Sve tri definicije prikazuju načine identifikacije opasnih mjesta koje se mogu promatrati kronološki kao stupnjevi identifikacije opasnih mjesta jer su većine drugih zemalja kretala od najjednostavnije brojčane definicije/metode da bi nakon provedene sanacije većine identificiranih opasnih mjesta prešle na statističke definicije/metode te u konačnici implementirale određene metode predviđanja opasnih mjesta [2].

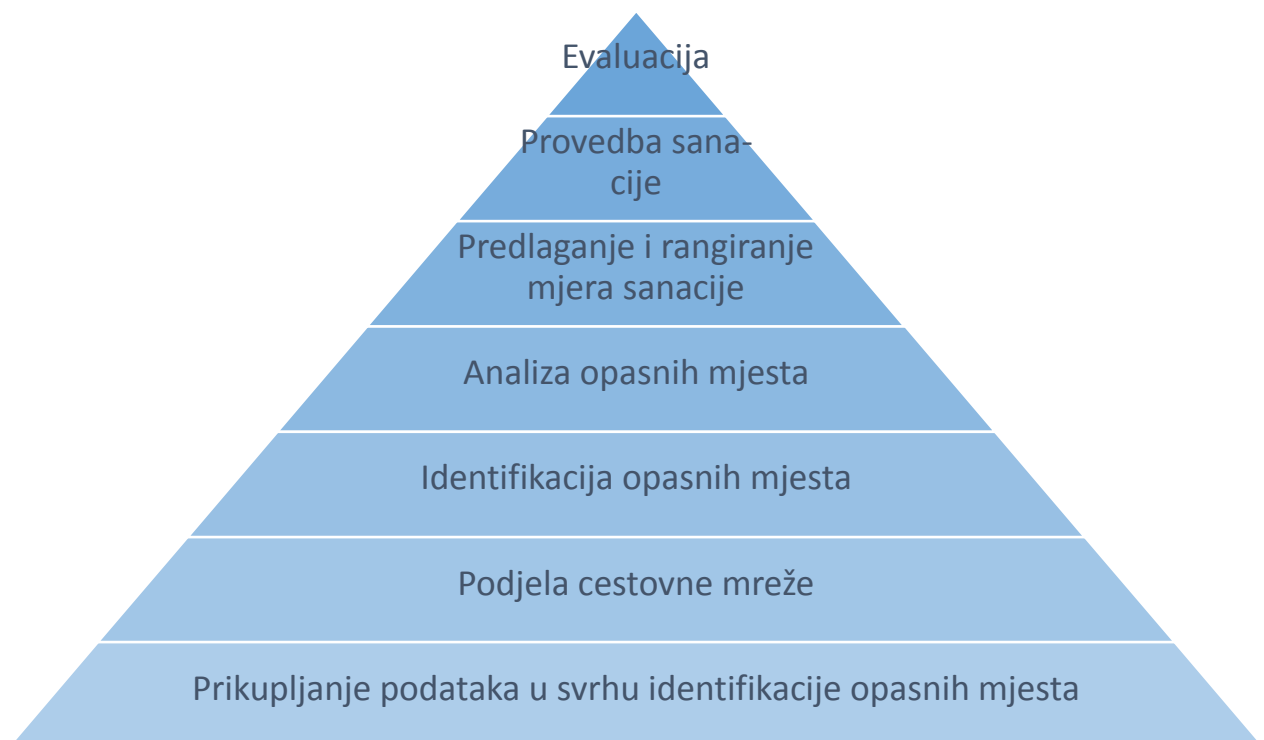
Promatrajući na ovaj način postojeću metodologiju koja se koristi u Republici Hrvatskoj za državne ceste te uzimajući u obzir podatak da su Hrvatske ceste u posljednjih desetak godina sanirale više od 250 opasnih mjesta može se zaključiti da postojeća metodologija identifikacije opasnih mjesta u potpunosti odgovara provedenoj brojčanoj metodi te je potrebno implementirati novu metodologiju koja će se temeljiti na statističkim metodama čime bi se efikasnije provodila identifikacija opasnih mjesta.

2.2. Preporuke i međunarodna iskustva u identifikaciji opasnih mjesta

Iz međunarodnih iskustava vidljivo je da se minimalan broj prometnih nesreća ne može standardizirati te da je on ovisan o drugim elementima poput vrste prometnih nesreća, duljine dionice, vremenskog perioda i sl. Većina istraživanja navodi da je nemoguće standardizirati minimalan broj prometnih nesreća, već ga je potrebno promatrati u kontekstu općeg stanja sigurnosti te u komparaciji prometnih nesreća na sličnim lokacijama. Upravo iz tog razloga, je nužno definirati model identifikacije koji neće definirati fiksni kriterij broja prometnih nesreća, već će se kritična granica za identifikaciju opasnih mjesta definirati varijabilno ovisno o prometno - tehničkim karakteristikama ceste na kojoj se provodi identifikacija. Model mora

funkcionirati dinamički kako bi se svi kriteriji identifikacije mogli prilagođavati željama korisnika te mora uzimati u obzir sve dostupne parametre za uspješnu identifikaciju opasnih mjesta

Jedna od pouzdanijih metoda koja zadovoljava ove uvjete je *Rate Quality Control* (RQC) metoda identifikacije opasnih mjesta koju koriste mnoge institucije u svijetu koje se bave problematikom opasnih mjesta. Pokazuje visoku točnost jer je bazirana direktno na statističkom testiranju opasnosti svake lokacije u usporedbi s drugom lokacijom sličnih karakteristika. Statističko ispitivanje svake lokacije temelji se na pretpostavci da su prometne nesreće rijetki događaji čija se vjerojatnost pojavljivanja može aproksimirati prema *Poissonovoj* distribuciji. Dinamičko funkcioniranje modela omogućuje identificiranje opasnih mjesta i prema drugim parametrima, npr. opasna mjesta za teretna vozila, ali za to moraju biti dostupni podaci u bazi podataka [2].



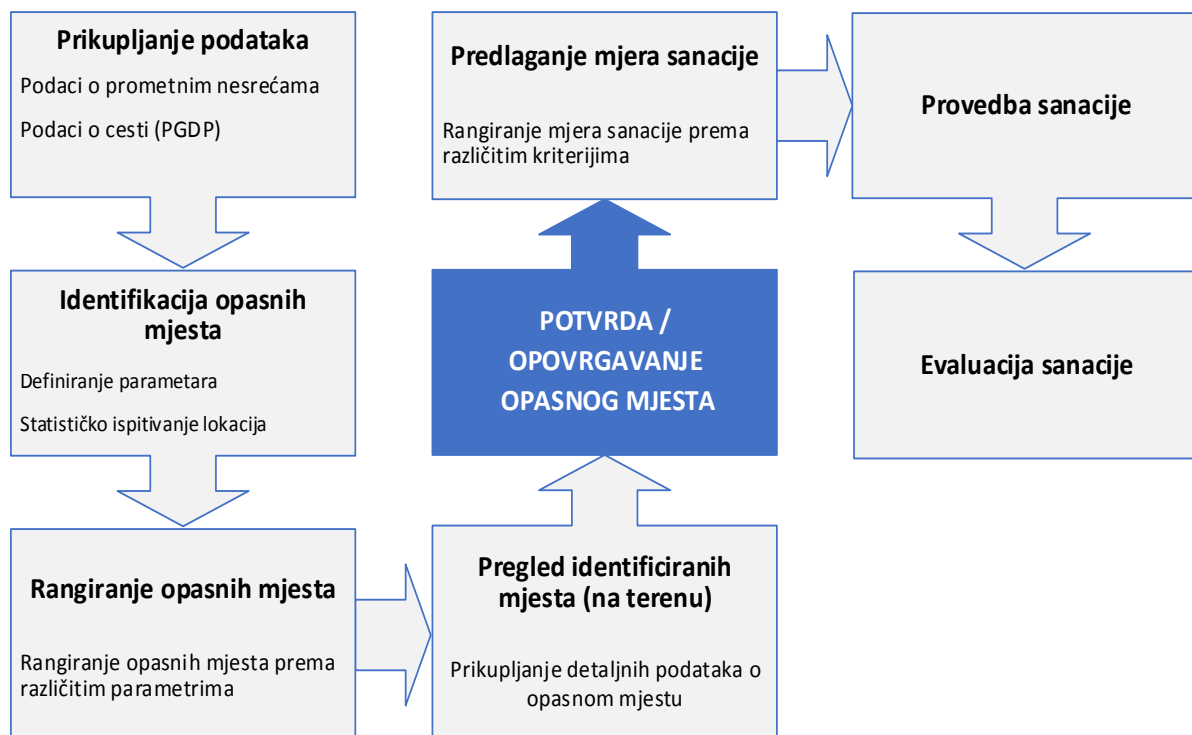
SLIKA 1. FAZE PROCESA UPRAVLJANJA OPASNIM MJESTIMA

Identifikacija opasnih mjesta pomoću *Rate Quality Control* metode provodi se na način da se na temelju broja prometnih nesreća te prometnog opterećenja na promatranom lokaciji odredi kritična razina nastanka prometnih nesreća. Ukoliko stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu definiranu ovom metodom, smatra se da se prometne nesreće, statistički, ne događaju slučajno, već se radi o identificiranom opasnom mjestu.

Ovakva vrsta modela temelji se na statističkom ispitivanju lokacija prometnih nesreća čime predstavlja i prirodan nastavak brojčane definicije/metoda koja se do sada koristila u Republici Hrvatskoj, a ujedno odgovara i preporukama međunarodnih istraživanja i iskustava.

Znanstveno stručna literatura [1], [2] [3], [4] i međunarodna iskustva razvijenih zemalja, predlažu proces identifikacije kroz više faza procesa upravljanja opasnim mjestima prikazanim na slici 1. Budući da ne postoje standardne metode identifikacije primjenjive za sve zemlje, svaka država može preraspodijeliti proces identifikacije i razviti svoj model uvažavajući prikazane korake identifikacije.

Uvažavajući međunarodne preporuke kroz faze procesa upravljanja opasnim mjestima, predložen je i model identifikacije, primjenjiv za Republiku Hrvatsku, čiji koraci su grafički prikazani na slici 2. te su kroz potpoglavlja objašnjeni u nastavku ove metodologije.



SLIKA 2. PROCES UPRAVLJANJA OPASNIM MJESTIMA PRIMJENJIV ZA REPUBLIKU HRVATSKU

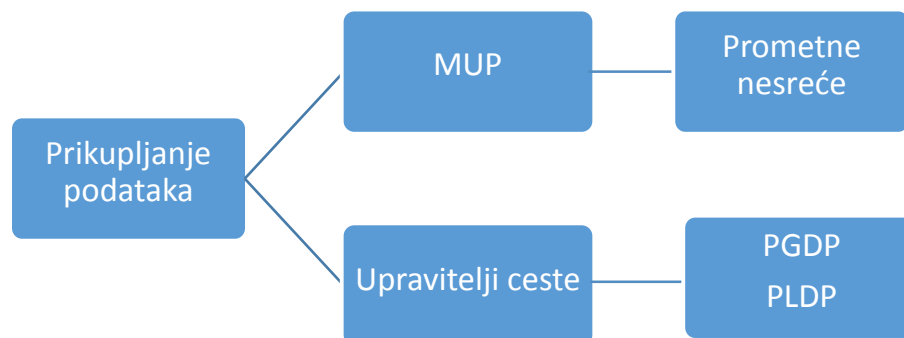
Početak sustavnog upravljanja opasnim mjestima temelji se na prikupljenim podacima o prometnim nesrećama kako bi se na relevantan način utvrdile lokacije s lokalnim faktorom rizika, ali i ostali podaci o karakteristikama lokacija na kojima se događaju prometne nesreće.

3. Prikupljanje podataka o prometnim nesrećama

Prva faza upravljanja opasnim mjestima započinje sustavnim prikupljanjem podataka na temelju kojih se mogu identificirati lokacije opasnih mjesta. Prometne nesreće koje su se dogodile na određenoj lokaciji analiziraju se kako bi se utvrdili uzroci prometnih nesreća, isto kao i čimbenici koji su pridonijeli nastanku prometne nesreće.

Cilj detaljne analize prometnih nesreća, kao i ostalih relevantnih podataka je identificirati uzroke koji su pridonijeli nastanku prometne nesreće i spriječiti da se takve prometne nesreće dogode u budućnosti. U slučaju da se ne provodi detaljna analiza prometne nesreće, neće se moći utvrditi opasno mjesto na dionici ceste, a samim time se moći provesti sanacije toga dijela dionice ceste.

Osim podataka o prometnim nesrećama, za uspješnu identifikaciju opasnih mjesta nužno je poznavati i podatke o prosječnom godišnjem dnevnom prometu na promatranj lokaciji (PGDP), a u slučaju identifikacije opasnih mjesta samo u ljetnim periodima potrebno je poznavati i podatak o prosječnom ljetnom dnevnom prometu (PLDP).



SLIKA 3. INSTITUCIJE ZADUŽENE ZA PRIKUPLJANJE PODATAKA POTREBNIH ZA IDENTIFIKACIJU OPASNIH MJESTA

Potrebno je naglasiti da se navedeni podaci prikupljaju u svrhu analize svih lokacija na kojima se dogodila bar jedna prometna nesreća.

U Republici Hrvatskoj, podatke o prometnim nesrećama prikuplja Ministarstvo unutarnjih poslova koje ih onda ustupa drugim institucijama pa tako i upraviteljima cesta na njihov zahtjev u svrhu identifikacije opasnih mjesta. Količina podataka koje Ministarstvo unutarnjih poslova prikuplja putem UPN obrasca je zadovoljavajuća za proces identifikacije opasnih mjesta, ali su nužna poboljšanja pri pozicioniranju prometnih nesreća a kao rješenje ovog problema mogu se navesti [5]:

- razvijanje sustava za pronalaženje, skupljanje, analiziranje i obradu prometnih nesreća baziranih na GIS (engl. *Geographic Information System*) platformi;

- primjena geokodiranja i geoverifikacije značajnih opisnih atributa. Geokodiranje predstavlja metodu kodiranja baziranu na tehnologiji prostornog pozicioniranja. Ovakva metoda nudi mogućnost konverzije geografskih prostornih informacija zabilježenih u formi adresa u geografskim koordinatama koje mogu biti korištene u geografskim informacijskim sustavima;
- primjena pokretnog podatkovnog terminala za točno geopozicioniranje nastalih prometnih nesreća;
- primjena fiksnih GPS prijamnika koji imaju mogućnost prikaza pozicije vozila u stvarnom vremenu na GIS karti sadržanoj u pokretnom podatkovnom terminalu i
- poboljšanja u edukaciji policijskih službenika.

U cilju relevantne identifikacije opasnih mjesta, osnovni podaci potrebni za pozicioniranje lokacija prometnih nesreća trebaju obuhvaćati parametre navedene u tablici 1.

TABLICA 1. PODACI POTREBNI ZA POZICIONIRANJE NESREĆA

LOKACIJA	
1.	Županija
2.	Grad
3.	Općina
4.	Naselje
5.	Ulica
6.	Kućni broj
7.	GNSS
8.	Kategorija ceste
9.	Broj ceste
10.	Dionica (opcionalno)
11.	Stacionaža (opcionalno)

Osim podataka o lokacijama prometnih nesreća za detaljnu analizu opasnih mjesta potrebno je prikupljati i ostale podatke o karakteristikama cesta, ali i ostalih čimbenika sigurnosti prometa na cestama (sudionici, vozilo).

Trenutno, na razini zemalja Europske unije postoji preporuka korištenja CADaS (*engl. Common Accident Data Set*) protokola koji omogućava korištenje standardiziranih setova podataka zapisanih u skraćenim oznakama (kodovima) koji su standardizirani na razini zemalja Europske unije.

TABLICA 2. PRIKAZ STRUKTURE CADAS VARIJABLI I VRIJEDNOSTI

	Kod	Broj varijabli			Broj vrijednosti		
		Visoke važnosti (H)	Niske važnosti (L)	Ukupno	Detaljne varijable	Alternativne varijable	Ukupno
Prometna nesreća	A	7	5	12	76	15	91
Cesta	R	16	21	37	151	15	166
Vozila	V	7	10	17	110	7	117
Sudionici	P	15	7	22	96	11	107
Ukupno		45	43	88	433	48	481

IZVOR: [6]

CADAS protokol je izradila stručna skupina Europske komisije kako bi se harmonizirali načini prikupljanja i zapisa podataka o prometnim nesrećama. CADaS protokol preporuča prikupljanje ukupno 88 varijabli te 481 vrijednost prije analiziranja podataka o prometnim nesrećama. Varijable, prikazane u tablici 2., mogu se podijeliti na 4 osnovne grupe podataka koje je potrebno prikupljati [6]:

- opći podaci o prometnoj nesreći te podaci o vremenu, lokaciji i okolišu prometne nesreće;
- podaci o vrsti sudara, poduzimanju očevida, postupcima nakon prometne nesreće i sl.;
- podaci o vozilima koja su sudjelovala u prometnoj nesreći i
- podaci o osobama koje su sudjelovale u prometnoj nesreći.

Predložene varijable su međusobno podijeljene ovisno o njihovoj važnosti za analizu, dok su vrijednosti podijeljene ovisno o razini detalja kojima se predmetni podaci mogu prikupiti. Svaka od kategorija se identificira pomoću jedinstvenog koda (A, R, U, P) na početku svake od varijabli (Tablica 2.).

Budući da Republika Hrvatska još uvijek ne koristi CADaS, do implementacije navedenog protokola, nužno je i dalje koristi UPN obrazac.

4. Identifikacija opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži

Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu započinje sa određivanjem lokacije s natprosječnim brojem prometnih nesreća. Lokacije koje se uspoređuju moraju biti tehnički usporedive jer je u svrhu dobivanja relevantnih podataka potrebno uspoređivati samo lokacije sličnih karakteristika. Na primjeru Republike Hrvatske to bi značilo da se ceste prije svega trebaju klasificirati u skladu s razvrstavanjem cesta u RH na:

- autoceste;
- državne ceste;
- županijske ceste;
- lokalne ceste i
- nerazvrstane ceste.

Potrebno je po mogućnosti, podijeliti cestu na segmente istih karakteristika i uspoređivati međusobno samo iste elemente ceste kao npr. zavoje sa zavojima, mostove sa mostovima, tunele sa tunelima, ravne cestovne dijelove sa ravnim cestovnim dijelovima i sl.

Raskrižja i križanja

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

Spajanje s poljskim putovima ili cestama od manjeg značaja mogu se pronaći putem podataka o kilometrima i/ili koordinatama. U naseljenim mjestima točkama raskrižja/križanja pridružuju se one nesreće koje se događaju do 20 m prije raskrižja. Na otvorenoj cesti važno je provjeriti nije li područje utjecaja raskrižja veće. Na raskrižjima izvan razine (RiR) uzimaju se u obzir sve prometne nesreće koje su se dogodile i na ulaznim/izlaznim rampama.

Dionica ceste

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

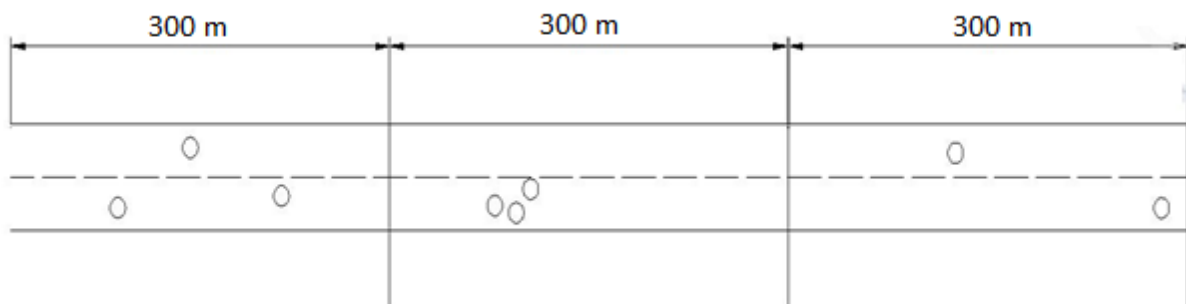
Kod ruralnih područja, također je potrebno podijeliti cestovne pravce koji se razvrstavaju na ravne dijelove, zavoje sličnih polumjera, mostove, tunele i sl. U ruralnim područjima, podatke o lokaciji nesreće potrebno je bilježiti putem adresa, stacionaža te koordinata u odgovarajućim prozorima za pretraživanje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

4.1. Duljina promatrane dionice prilikom identifikacije opasnih mjesta

Koncentraciju prometnih nesreća te identifikaciju opasnih mjesta na određenoj duljini promatrane dionice moguće je promatrati na dva načina [2]:

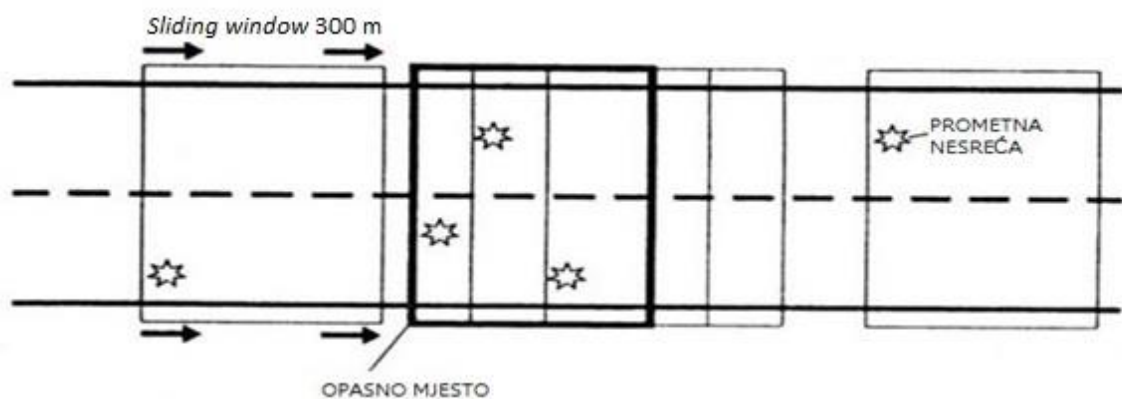
- segmentiranjem dionice na fiksne dijelove određene dužine, unutar kojih se identificiraju opasna mjesta i
- segmentiranje dionice metodom „Sliding window“.

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



SLIKA 4. PRIKAZ SEGMENTIRANJA CESTE NA FIKSNE DIJELOVE

Segmentiranje dionice metodom „Sliding window“ podrazumijeva da će se na promatranoj dionici odrediti okvir određene dužine koji će grupirati dionice, u rasponu svog okvira, na kojima postoji koncentracija prometnih nesreća. Važno je naglasiti da „Sliding window“ metoda ne uzima u obzir lokacije bez prometnih nesreća, već lokacije sa minimalno jednom prometnom nesrećom.



SLIKA 5. PRIKAZ NAČINA RADA "SLIDING WINDOW" METODE

„Sliding window“ metoda koristi se u sljedećim europskim državama: Austrija, Danska, Portugal, Mađarska, Norveška, Slovenija te Belgija. Pojedini autori u svojim radovima naglašavaju da ova metoda nije u potpunosti relevantna za korištenje budući da uvijek ima tendenciju grupiranja što većeg broja prometnih nesreća čime povećava broj opasnih mjesta zbog čega postoji opasnost od identificiranja tzv. lažnih opasnih mjesta.

Ako se u blizini identificiranih opasnih mjesta nalaze druga opasna mjesta u okviru definiranog prozora za promatranje, ona se uključuju u identifikaciju, što znači da se kod preklapanja prozora za promatranje čitavo područje smatra područjem jednog opasnog mjesta.

Uvažavajući navedene preporuke te na temelju međunarodnih iskustava za identifikaciju opasnih mjesta u Republici Hrvatskoj potrebno je koristiti „Sliding window“ metodu na način da se oko svake lokacije prometne nesreće definira okvir u radijusu od 300 metara. Ako ispred ili iza okvira postoji još koja lokacija prometnih nesreća, okvir se može produžiti do maksimalnih 1000 m kako bi se i te lokacije pridodale primarno definiranom opasnom mjestu.

4.2. Vremenski period prilikom identifikacije opasnih mjesta

Važan kriterij za stvaranje pouzdane identifikacije cestovne dionice, koja ima statistički značajan stupanj nesreća, je utvrđivanje vremenskog razdoblja u kojem će se provoditi analiza i identifikacija opasnih mjesta. Međunarodna iskustva pokazuju da većina europskih zemalja uzima period od tri do pet godina (osim Njemačke i Portugala), ali je i taj kriterij podložan drugim utjecajima poput duljine dionice te minimalnog broja prometnih nesreća.

Podaci potrebni za relevantnu identifikaciju opasnih mjesta u Republici Hrvatskoj, koji uključuju i GPS pozicioniranje, se prikupljaju tek od 2009. godine pa je u cilju dobivanja više različitih setova podataka potrebno koristiti period od tri godine, kao i do sada.

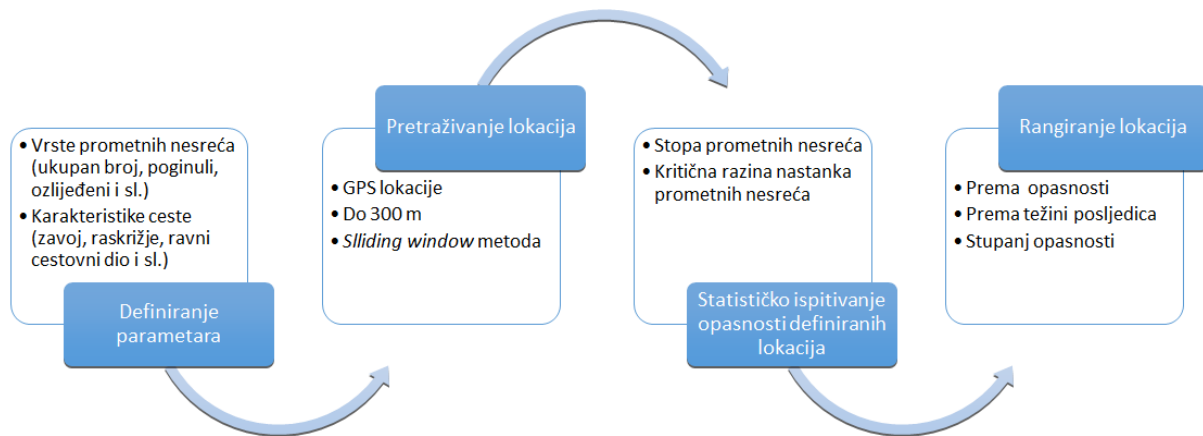
Period od tri godine je u skladu s međunarodnim iskustvima, ali i sa sadašnjom metodologijom identifikacije opasnih mjesta u Republici Hrvatskoj, ali kao i u slučaju kriterija *Duljina dionice* i kod ovog kriterija je prilikom definiranja programskih rješenja za identifikaciju opasnih mjesta, nužno omogućiti varijabilno definiranje samog kriterija.

4.3. Broj prometnih nesreća kao kriterij identifikacije opasnih mjesta

Broj prometnih nesreća je kriterij koji najviše varira te je usko povezan s parametrom duljine dionice te periodom promatranja. Osnovni uvjet kod ovog kriterija je utemeljenost na statističkim podacima te, korištenje neke od statističkih metoda da bi kriterij bio relevantan i znanstveno utemeljen. Sukladno tome, u nastavku je objašnjen proces izračuna nadprosječnog broja prometnih nesreća kao temelja za identifikaciju potencijalnih opasnih mjesta.

5. Proces identifikacije potencijalnih opasnih mjesta

Identifikacija opasnih mjesta u cestovnom prometu započinje sa određivanjem lokacije sa natprosječnim brojem prometnih nesreća. Proces i način ovog izračuna prikazani su kroz pet koraka prikazanih u nastavku.



SLIKA 6. PROCES PROVEDBE IDENTIFIKACIJE OPASNOG MJESTA

Korak 1. Na početku identifikacije opasnih mjesta nužno je prvo definirati na temelju kojih parametara će se identificirati opasna mjesta. Ako se opasna mjesta pretražuju samo na temelju, npr. prometnih nesreća sa poginulim osobama, potrebno je na definiranoj cesti izdvojiti sve lokacije na kojima se dogodila prometna nesreća sa bar jednom poginulom osobom u posljednje tri godine. Osim vrste prometnih nesreća s obzirom na posljedice, potrebno je definirati i ostale karakteristike opasnih mjesta, npr. da li se pretražuju samo ravni dijelovi ceste, zavoji, raskrižja i sl.

Korak 2. Sukladno definiranim parametrima, izdvoje se tražene lokacije prometnih nesreća. Ukoliko se koristi metoda segmentiranja dionice na fiksne dijelove, potrebno je dodatno analizirati svaku granicu između dva susjedna segmenta te u slučaju postojanja lokacija prometnih nesreća ispred ili iza pojedinog segmenta potrebno ih je također pridružiti primarnom segmentu, ali opet do maksimalnih 1000 m.

Ukoliko se identifikacija vrši na raskrižjima, u obzir se uzima i zona oko raskrižja/križanja. Zona raskrižja/križanja je određena na osnovi prometne signalizacije koja upozorava na raskrižje/križanje, a ako nema signalizacije onda se koristi vrijednost do 20 m od sljedeće točke sjecišta rubova ceste koje se međusobno križaju. Isto se odnosi i na druge elemente ceste poput tunela, zavoja i sl.

Korak 3. Sljedeći korak u radu modela odnosi se na statističko ispitivanje opasnosti svake lokacije na kojoj su se događale prometne nesreće prema zadanim parametrima. U prvom koraku statističko ispitivanje podrazumijeva definiranje stope prometnih nesreća na svakoj lokaciji promatrane ceste gdje su se dogodile prometne nesreće.

Stopa prometnih nesreća može se definirati kao omjer između broja prometnih nesreća i mjere izloženosti na promatranom području. U analizama razine sigurnosti i rizika, kao mjera izloženosti, najčešće se primjenjuje prometno opterećenje pri čemu se na raskrižjima razmatra zbroj vozila koja ulaze na križanje, dok se na ostalim dijelovima ceste (dionicama) razmatra zbroj vozila koja prolaze kroz promatrani poprečni presjek u oba smjera u promatranom razdoblju pri čemu je potrebno uzeti u obzir i duljinu promatrane dionice ceste.

Stopa prometnih nesreća na dionici državne ceste, prikazuje broj nesreća u odnosu na prometno opterećenje na odsječku ceste, u jedinicama:

$$C_R = \frac{PN}{M} \quad (1)$$

Gdje je:

C_R – stopa prometnih nesreća

PN - ukupan broj prometnih nesreća

M – prosječna količina prometa na lokaciji u promatranom intervalu

Prosječna količina prometa u razdoblju jedne godine na promatranoj lokaciji koja se u pojedinoj međunarodnoj literaturi naziva i izloženost lokacije računa se prema izrazu:

$$M = \frac{Q \cdot 365 \cdot d}{1.000000} \quad (2)$$

Gdje je:

Q – PGDP

d – duljina promatrane dionice [km]

Ukoliko se stopa prometnih nesreća računa za raskrižja, onda se pri izračunu prosječne količine prometa u jednoj godini na promatranoj lokaciji, koristi formula:

$$M = \frac{Q \cdot 365}{1.000000} \quad (3)$$

Stope prometnih nesreća definirane na ovaj način izražavaju se u milijun vozilo-km.

Korak 4. Slijedeći korak statističkog ispitivanja podrazumijeva izračun kritične razine nastanka prometnih nesreća za svaku lokaciju na temelju prosječne stope prometnih nesreća svih lokacija.

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

$$C_{CR} = CR_A + k \cdot \sqrt{\frac{CR_A}{M}} + \frac{1}{2 \cdot M} \quad (4)$$

Gdje je:

C_{CR} – kritična razina prometnih nesreća

CR_A – prosječna vrijednost stope prometnih nesreća

k – koeficijent statističke razine značajnosti (Tablica 3.)

TABLICA 3. VRIJEDNOSTI KOEFICIJENTA K ZA RAZLIČITE RAZINE ZNAČAJNOSTI:

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

Ukoliko stopa prometnih nesreća prelazi kritičnu razinu definiranu ovom metodom, smatra se da se prometne nesreće, statistički, ne događaju slučajno, već se radi o potencijalnom opasnom mjestu. U slučaju da stopa prometnih nesreća ne prelazi kritičnu razinu, lokacija statistički nije potencijalno opasno mjesto.

Korak 5. U posljednjem dijelu rada modela, identificirana potencijalna opasna mjesta se rangiraju prema omjeru između stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometne nesreće. Potencijalna opasna mjesta se rangiraju od najveće razlike omjera prema najmanjoj pa će tako lokacija s najvećim omjerom razlike identificirati kao potencijalno najopasnije mjesto dok će se lokacija s najmanjim omjerom razlike identificirati kao najmanje opasno u odnosu na druga opasna mjesta.

6. Analiza i rangiranje potencijalno opasnih mjesta

Analiza prometnih nesreća te identificiranih lokacija potencijalno opasnih mjesta mora omogućiti rangiranje, ali i provjeru lokacije na način da se utvrdi da li je identificirano opasno mjesto uistinu opasno ili se radi o tzv. lažnom opasnom mjestu. Tzv. lažna opasna mjesta su mjesta koja se ne pojavljuju u dužim vremenskim periodima i na kojima cesta i pripadajući infrastrukturni elementi, kao čimbenik sigurnosti, nisu odgovorni za nastanak prometnih nesreća. Za potpuno utvrđivanje da li je opasno mjesto uistinu opasno ili nije, potrebno je napraviti procjenu koja se temelji na usporedbi rezultata iz opće analize prometnih nesreća i pregleda lokacije na samom licu mjesta. Stoga se analiza lokacija opasnih mjesta provodi u dvije faze [1], [4]:

- Prva faza sastoji se od detaljnih statističkih procjena, po potrebi izrada kolizijskih dijagrama te sveobuhvatnih dubinskih analiza na temelju kojih se provodi rangiranje lokacija. Osnovna značajka ove analize je da se ne provodi na terenu već se sukladno definiranim parametrima rangiraju opasna mjesta. U ovoj fazi analize, podaci o registriranim prometnim nesrećama trebaju biti posloženi na jednostavan način kako bi se mogli identificirati različiti uzroci prometnih nesreća. Filozofija ove analize je da česte situacije i okolnosti prometnih nesreća ukazuju na probleme te će se prometne nesreće dogoditi opet ukoliko se ne poduzmu određene mjere sanacije.
- Na temelju donesenih odluka u prvoj fazi analize, počinje druga faza u kojoj se identificirana i prioritetna opasna mjesta analiziraju na terenu, tj. na samoj lokaciji opasnog mjesta. Ova vrsta analize, uključuje provjeru svih elemenata ceste sukladno donesenim zaključcima u prvoj fazi analize te se na licu mjesta razmatraju mogući pravci sanacije opasnog mjesta.

U svrhu definiranja donesenih zaključaka, potrebno je definirati obrasce koji će se koristiti prilikom provedbi navedenih faza. Završetkom ove dvije faze analize, može se sa sigurnošću utvrditi da li je određena lokacija, opasna ili nije.

6.1. Parametri istraživanja i analize opasnih mjesta

Prilikom istraživanja i analize opasnih mjesta u prvoj fazi analize preporučaju se slijedeći parametri u cilju definiranja redoslijeda prioriteta sanacije opasnih mjesta. Parametri su preuzeti sukladno smjernicama Republike Austrije za identifikaciju i sanaciju opasnih mjesta (RVS 02.02.21) [11] te Smjernicama za razvrstavanje cestovne mreže s obzirom na sigurnost [12].

6.1.1. Rangiranje prema broju prometnih nesreća

Broj prometnih nesreća na ravnoj dionici ceste odsječka do 300 m ili na raskrižjima izračunava se prema izrazu:

$$PN = N_M + N_L + N_T + N_P \quad (5)$$

Gdje je:

PN : ukupan broj prometnih nesreća na promatranj dionici ceste

N_M : broj prometnih nesreća s materijalnom štetom

N_L : broj prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama

N_T : broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim osobama

N_P : broj prometnih nesreća s poginulim osobama

Broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim ili poginulim osobama na ravnoj dionici ceste odsječka do 300 m ili na raskrižjima izračunava se prema izrazu:

$$PN_{TP} = N_T + N_P \quad (6)$$

Gdje je:

PN_{TP} : broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim ili poginulim osobama

N_T : broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim osobama

N_P : broj prometnih nesreća sa poginulim osobama

Pri utvrđivanju opasnih mjesta na cestovnoj mreži vrlo je važan način valorizacije težine ozljeda, kao i troškova nastalih u prometnoj nesreći. Stoga je sve elemente navedenih izraza potrebno svesti „na isti nazivnik“ te na temelju tako dobivenih podataka utvrditi ponderirani broj prometnih nesreća na promatranj dionici ceste.

6.1.2. Rangiranje prema posljedicama prometnih nesreća

Rangiranje prometnih nesreća provodi se na temelju izračuna težine posljedica prometnih nesreća. Svako prometnoj nesreći se iz tog razloga dodjeljuje odgovarajući težinski indeks (ponder) u zavisnosti od vrste posljedica, pri čemu se mogu koristiti vrijednosti indeksa zasnovane na troškovima nesreća koje se koristi u izvoru [7].

Ponderirani broj prometnih nesreća na dionici izračunava se prema formuli:

$$PN_P = P_1 \times N_M + P_2 \times N_L + P_3 \times N_T + P_4 \times N_P \quad (7)$$

Gdje je:

- PN_P : ponderirani broj prometnih nesreća na promatranj lokaciji (odsječku) ceste

- N_M : broj prometnih nesreća s materijalnom štetom
- N_L : broj prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama
- N_T : broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim osobama
- N_P : broj prometnih nesreća s poginulim osobama
- P_1 : ponder za broj prometnih nesreća s materijalnom štetom
- P_2 : ponder za broj prometnih nesreća s lakše ozlijeđenim osobama
- P_3 : ponder za broj prometnih nesreća s teško ozlijeđenim osobama
- P_4 : ponder za broj prometnih nesreća s poginulim osobama

Pri proračunu indeksa ekvivalentne materijalne štete obično se uzimaju sljedeće vrijednosti težinskih koeficijenata:

- za prometne nesreće s materijalnom štetom $P_1 = 1$
- za prometne nesreće s lakše ozlijeđenim osobama $P_2 = 3.5$
- za prometne nesreće s teško ozlijeđenim osobama $P_3 = 7$
- za prometne nesreće s poginulim osobama $P_4 = 9$.

Rangiranje posljedica prometnih nesreća, moguće je i prema srednjoj težini prometnih nesreća. Računa se na način da se broj nesreće podijeli sa ukupnim brojem prometnih nesreća:

$$STP = \frac{PNP}{N_c} \quad (8)$$

Gdje je:

TPN – težina prometnih nesreća

PN - ukupan broj prometnih nesreća

6.1.3. Rangiranje prema učestalost prometnih nesreća

Metoda učestalosti prometnih nesreća predstavlja najjednostavniji oblik identifikacije opasnih mjesta. Na temelju broja prometnih nesreća na određenoj lokaciji ili dionici određuje se parametar učestalosti prometnih nesreća u određenom vremenskom periodu. Učestalost prometnih nesreća može se računati za bilo koju vrstu prometnih nesreća s obzirom na posljedice, a računa se prema izrazu:

$$C_f = \frac{PN}{t} \quad (9)$$

Gdje je:

C_f – Učestalost prometnih nesreća

PN – ukupan broj prometnih nesreća

t – vremenski period u godinama

Rezultati dobiveni na temelju izraza (9) se rangiraju po svojim vrijednostima te se lokacija s najvišom vrijednosti identificira kao najopasnije mjesto. Prednost ove metode je njena jednostavnost izračuna te vrlo mali broj podataka potreban za njenu provedbu. Nedostaci ove metode su što se ne uzima u obzir težina nesreća, duljina promatrane dionice te prometno opterećenje na promatranoj lokaciji. Zbog navedenih nedostataka, metoda je pristrana prema lokacijama s većim prometnim opterećenjem i većom duljinom jer ih u slučaju istog broja prometnih nesreća u odnosu na manju dionicu ili dionicu s manjim prometnim opterećenjem, identificira kao jednako opasne. Zbog bitnih nedostataka metoda ne prikazuje dobre rezultate, već može dati samo orijentacijske podatke koje je potrebno dodatno analizirati primjenom drugih podataka poput prometnog opterećenja i sl.

6.1.4. Rangiranje prema gustoći prometnih nesreća

Gustoća prometnih nesreća, kao i učestalost prometnih nesreća predstavlja jedan od jednostavnijih pokazatelja za identifikaciju opasnih mjesta na cestovnoj mreži. Prilikom utvrđivanja gustoće prometnih nesreća definira se broj prometnih nesreća koje su se dogodile po kilometru promatranih dionica cestovne mreže duljine do 300 m. Na temelju utvrđenih gustoća prometnih nesreća, pojedini dijelovi cestovne mreže mogu se rangirati od najopasnijeg mjesta s najvećom gustoćom prometnih nesreća do najmanje opasnog mjesta na promatranoj cestovnoj mreži.

Gustoća prometnih nesreća pokazuje prostorni raspored prometnih nesreća uzduž promatrane dionice ceste u jedinicama do 300 m, računa se prema izrazu:

$$G = \frac{PN_R}{d} \quad (10)$$

Gdje je:

G - prosječna gustoća prometnih nesreća na kilometar promatrane dionice ceste
[PN/km]

PN_R - broj prometnih nesreća u promatranom razdoblju, pri čemu se može razmatrati ukupan broj nesreća (PN), broj nesreća s teško ozlijeđenim i poginulim osobama (PN_{TP}) ili ponderirani broj prometnih nesreća (PN_p)

d - duljina promatrane dionice ceste u [km]

6.1.5. Rangiranje prema stopi prometnih nesreća na križanjima – Relativni broj nesreća

Ova vrsta rangiranja je već provedena prilikom identifikacije opasnih mjesta, a kao što je već ranije opisana, može se izračunati u odnosu na milijun-vozila-km prema izrazu:

$$C_R = \frac{PN \times 10^6}{Q \times 365} \quad (11)$$

Gdje je:

Q – PGDP

PN - ukupan broj prometnih nesreća

6.1.6. Rangiranje prema stopi prometnih nesreća na ravnim dionicama ceste– Relativni broj nesreća

Za razliku od računanja stope prometnih nesreća na križanjima, kod ravnih dionica ceste, stopa prometnih nesreća u periodu jedne godine, može se izračunati u odnosu na milijun-vozila-km prema izrazu:

$$C_R = \frac{PN \times 10^6}{Q \times 365 \times d} \quad (12)$$

Gdje je:

Q – PGDP

PN - ukupan broj prometnih nesreća

d – duljina promatrane dionice (km)

6.1.7. Rangiranje prema relativnom stupnju opasnosti

Za relativni stupanj opasnosti nužno je odrediti ovisnost broja težine nesreće o intenzitetu prometa (težina prometnih nesreća po milijun vozila), računa se prema izrazu:

$$C_R = \frac{TPN \times 10^6}{Q \times 365} \quad (13)$$

6.1.8. Rangiranje prema troškovima prometnih nesreća

Osnovni parametar prilikom rangiranja lokacija prema troškovima prometnih nesreća je financijski gubitak društva uslijed prometnih nesreća. Iako Direktiva 2008/96/EC Europskog parlamenta i Vijeća Europe nalaže da države članice Europske unije moraju izračunati prosječni društveni trošak smrtne nesreće i prosječni društveni trošak nesreće s teškim posljedicama u Republici Hrvatskoj to, nažalost, još uvijek nije provedeno.

Budući da je podatak o troškovima prometnih nesreća za društvo osobito bitan pri rangiranju lokacija za sanaciju opasnih mjesta, u nastavku će se preporučiti vrijednosti koje se koriste u referentnim dokumentima Europske unije. Posljednji takav dokument u kojem se spominje izračun društvenog gubitka uslijed prometnih nesreća za Republiku Hrvatsku je Izvještaj iz 2014. godine *Update of the Handbook on External Costs of Transport* [14] napravljen za potrebe Europske komisije u kojem su, na temelju podataka iz 2010. godine, ažurirani iznosi opće prihvaćenog projekta HEATCO (*Harmonised European Approaches for Transport Costing*) [15], kojem je cilj bio definirati usklađene smjernice za izračun troškova u području prometa. Vrijednosti navedenog dokumenta prikazani su u Tablici 4.

TABLICA 4. PROSJEČNI FINANCIJSKI GUBITAK DRUŠTVA USLIJED PROMETNIH NESREĆA

Država	Poginula osoba	Teško ozlijeđena osoba	Lakše ozlijeđena osoba
Austrija	2,395,000	327,000	25,800
Belgija	2,178,000	330,400	21,300
Bugarska	984,000	127,900	9,800
HRVATSKA	1,333,000	173,300	13,300
Cipar	1,234,000	163,100	11,900
Češka	1,446,000	194,300	14,100
Danska	2,364,000	292,600	22,900
Estonija	1,163,000	155,800	11,200
Finska	2,213,000	294,300	22,000
Francuska	2,070,000	289,200	21,600
Njemačka	2,220,000	307,100	24,800
Grčka	1,518,000	198,400	15,100
Mađarska	1,225,000	164,400	11,900
Irska	2,412,000	305,600	23,300
Italija	1,916,000	246,200	18,800
Latvija	1,034,000	140,000	10,000
Litva	1,061,000	144,900	10,500
Luxemburg	3,323,000	517,700	31,200
Malta	2,122,000	269,500	20,100
Nizozemska	2,388,000	316,400	25,500
Poljska	1,168,000	156,700	11,300
Portugal	1,505,000	201,100	13,800
Rumunjska	1,048,000	136,200	10,400
Slovačka	1,593,000	219,700	15,700
Slovenija	1,989,000	258,300	18,900
Španjolska	1,913,000	237,800	17,900
Švedska	2,240,000	328,700	23,500
Velika Britanija	2,170,000	280,300	22,200
EU prosjek	1,870,000	243,100	18,700

IZVOR: [14]

Osim navedenih dokumenata, poznata je i metodologija autora [16] koja se koristi za potrebe programa *International Road Assessment Programme (iRAP)*. Navedena metodologija navodi da se ekonomska korist vrednuje prema broju smrtnih i teških ozljeda uslijed prometnih nesreća koje se mogu spriječiti a temelji se na slijedećim pravilima:

- statistička vrijednost života je 60-80 puta veća od BDP-a po stanovniku;
- 8-12 teških ozljeda događa se za svaki smrtni slučaj i
- vrijednost teških ozljeda je jednaka 20 -30% od vrijednosti statističkog života.

Koristeći srednju vrijednost troška za izgubljeni život pojedine osobe u prometnoj nesreći te uzimajući u obzir procijenjeni Bruto domaći proizvod Republike Hrvatske za 2015. godinu¹ srednja vrijednost ukupnog troška za društvo, uslijed poginule osobe u prometnoj nesreći, iznosila bi prema iRAP metodologiji oko 1 372 000,00 € što se približno podudara sa vrijednostima troška za Republiku Hrvatsku prikazanim u Tablici 4.

Prema metodologiji *International Road Assessment Programme (iRAP)* programa vrijednost financijskih gubitaka za društvo uslijed teških ozljeda jednaka je 20-30% od vrijednosti za poginulu osobu dok druga istraživanja [14], [15] navode da se radi o manjoj vrijednosti, tj. 13% od vrijednosti troška za poginulu osobu.

Vrijednost od 13% za teže ozljede te 1% za lakše ozljede od vrijednosti troška za poginulu osobu prihvaćena je još 1998. godine na konferenciji *European Conference of Ministers of Transport* a ukoliko se analiziraju međunarodna iskustva vrijednosti drugih zemalja prikazani u Izvještaju *Road Safety Annual Report 2016* [17] može se zaključiti da za teško ozlijeđene osobe iznos od 13% vrijednosti troška poginule osobe više odgovara te će stoga i preporučiti za korištenje u ovoj metodologiji.

Sukladno navedenom, financijski gubitak društva uslijed prometnih nesreća za Republiku Hrvatsku iznosi:

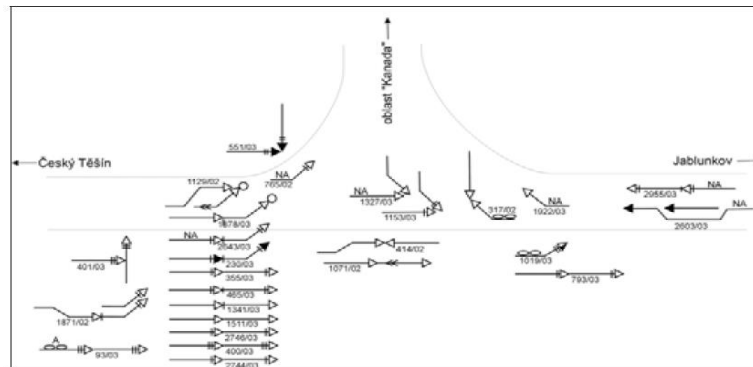
- Ukupni trošak društva za poginulu osobu u prometnoj nesreći – 1 333 000,00 €.
- Ukupni trošak društva za teško ozlijeđenu osobu u prometnoj nesreći – 173 300,00 €.
- Ukupni trošak društva za lakše ozlijeđenu osobu u prometnoj nesreći – 13 300,00 €.

Međutim, potrebno je naglasiti da se navedeni iznosi mogu koristiti samo okvirno budući da nisu temeljeni na provedenim istraživanjima za Republiku Hrvatsku već su produkt primjene drugih metodologija i međunarodnih iskustava. Nakon što se provede relevantno istraživanje za Republiku Hrvatsku, sukladno Direktivi 2008/96/EC [13], navedene iznose je potrebno zamijeniti novim vrijednostima.

6.2. Kolizijski dijagrami

Kolizijski dijagrami upotrebljavaju se za ilustrirano prikazivanje sličnih prometnih nesreća nastalih na određenoj lokaciji ceste. Na shemi prometnice su grafički prikazane prometne nesreće te za svaku se može očitati tip, vrsta i težina prometne nesreće.

¹ Prema Državnom Zavodu za statistiku procijenjeni Bruto domaći proizvod za 2015. godinu je iznosio ukupno 89.76 milijardi \$ ili 20,873\$ po glavi stanovnika.



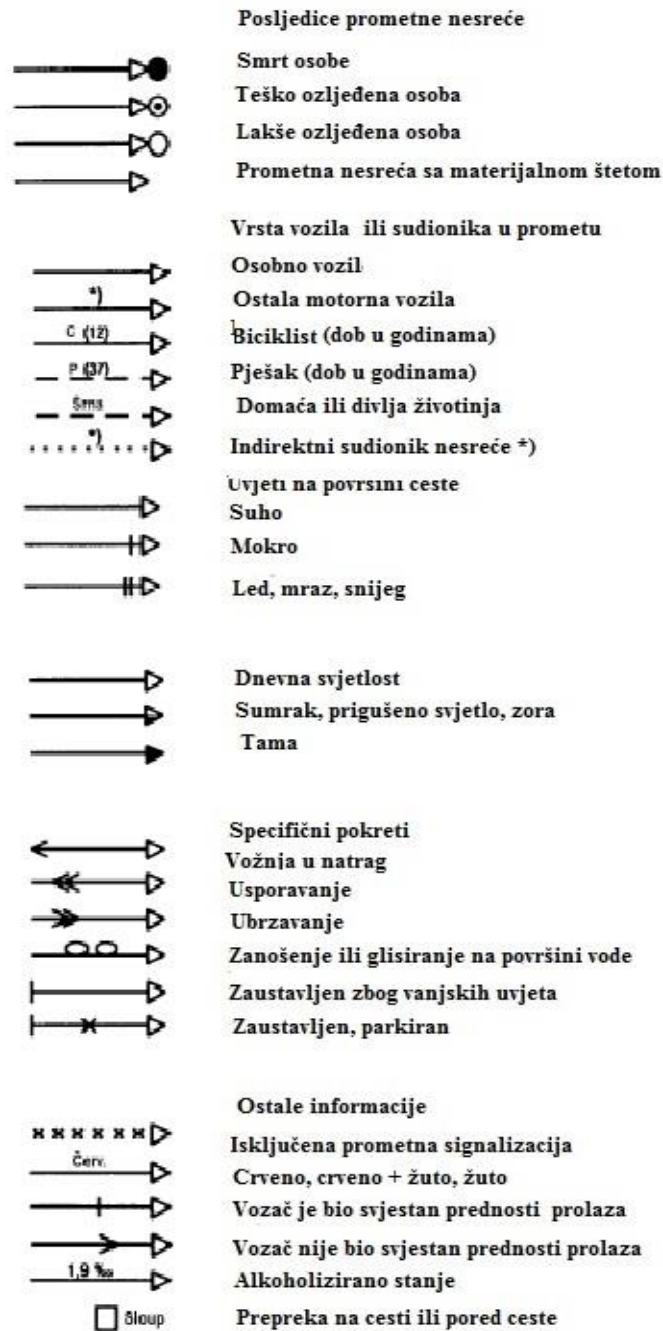
SLIKA 7. PRIMJER IZRADE KOLIZIJSKOG DIJAGRAMA [1]

Kolizijskim dijagramom lako se utvrđuje uzrok nastanka sličnih prometnih nesreća. Omogućuju bolje razumijevanje sličnih nesreća i faktora koji su utjecali na njihov nastanak bez upotrebe opsežnih tekstualnih komentara. Sve prometne nesreće koje su se dogodile na promatranom dijelu prometnice se unose putem grafičkih simbola na prometnu shemu kao što je prikazano na slici 7. Ukoliko su uočeni slični uzroci prometnih nesreća pomoću kolizijskog dijagrama, moguće je utvrditi potrebne mjere za sprečavanje nastanka prometnih nesreća sa istim uzrokom. Kolizijski dijagrami su korisni za ispitivanje frekvencije nastanka nesreća prije i poslije provedenih mjera za povećanje sigurnosti na prometnici. [7]

Kolizijski dijagrami najbolje se prikazuju u shematskom obliku u mjerilu 1:200 (ili 1:500), ali ako je potrebno nije nužno da budu u odrađenom mjerilu. Shema bi trebala sadržavati sva važna lokalna obilježja koja utječu na kretanje i manevre pješaka i vozača. Ukoliko je postojala promjena u geometriji ceste, organizaciji prometa ili upravljanju na promatranom dijelu, potrebno je to prikazati u dijagramu. Simboli pomoću kojih se prikazuju prometne nesreće su specifični za određenu vrstu nesreće i potrebno ih je jasno definirati. Mogućnosti izgleda i značenja pojedinih strelica prikazana je na slici 8.

Pri izradi kolizijskih dijagrama, ako je moguće mogu se kao podloge koristiti i satelitske snimke lokacija, budući da takav prikaz sadrži cjelokupan pregled situacije na mjestu nesreće.

Prometne nesreće bi trebalo numerirati kronološki i te brojeve bi trebalo prikazati na kolizijskom dijagramu kao i na kopijama izvješća o prometnoj nesreći što omogućuje lakše pronalaženje dodatnih informacija u određenom izvješću. Ponavljanjem uzoraka u kolizijskom dijagramu veća je vjerojatnost identifikacije problema ili nedostatka u infrastrukturi što je ključno za smanjenje nastanka novih nesreća.



Slika 8. Primjer izgleda simbola za izradu kolizijskih dijagrama [10]

Ukoliko su nesreće raznolike, odnosno ne može se pronaći uzorak, manja je vjerojatnost smanjenja nastanka prometnih nesreća samo sa prometno tehničkim mjerama. Ako se iz dijagrama sudara ne razaznaju jasno uzroci nesreće (popratne okolnosti pojedinačne nesreće nisu dovoljno jasne), onda se treba dodatno konzultirati policijska izvješća kako bi se razjasnile dodatne okolnosti koje su prethodile nesreći.

7. Pregled identificiranih potencijalno opasnih mjesta na terenu

Nakon procesa provođenja identifikacije opasnih mjesta prikazanog u poglavlju 5, lokacije prometnih nesreća se na temelju rangiranja analiziraju na samom terenu (*In situ* analiza). Osnovni cilj ovog pregleda je utvrditi da li su prometne nesreće na promatranj lokaciji uzrokovane prometno – tehničkim nedostacima ceste.

U ovoj vrsti pregleda, prikupljaju se detaljne informacije o samoj lokaciji kako bi se utvrdilo da li se uistinu radi o opasnoj lokaciji na kojoj se određenim prometno – tehničkim zahvatima mogu otkloniti opasnosti koje uzrokuju nastanak prometnih nesreća. U tu svrhu pregled lokacije koje je potencijalno opasno svojim sadržajem mora dati informacije o slijedećim elementima [8]:

- kvaliteti prometnih znakova, opravdanost postavljanja i njihovoj vidljivosti;
- kvaliteti oznaka na cesti te njihovoj korelaciji sa prometnim znakovima;
- kvaliteti kolničkog zastora i vrijednosti koeficijenta trenja;
- preglednosti ceste te utjecaju eventualnih prepreka na vozača;
- utjecaj okolne infrastrukture i okoliša na vidljivost vozača i
- adekvatnosti ograničenja brzine u odnosu na mogućnosti ceste.

Prije izlaska na lokaciju identificiranog potencijalnog opasnog mjesta, potrebno je u obrazac upisati sve raspoložive podatke o cesti te broju i posljedicama prometnih nesreća kako bi se sukladno Direktivi 2008/96/EC mogle ocijeniti slijedeći elementi ceste:

- opis cestovne dionice;
- konzultiranje ranijih izvještaja (ako ih ima) o dotičnoj dionici;
- analiza izvještaja o nesrećama i
- broj nesreća, broj poginulih i broj teško ozlijeđenih osoba u razdoblju od protekle tri godine.

Opis cestovne dionice mora sadržavati detaljne informacije o lokaciji od kojih se manji dio prikuplja iz izvještaja o registriranim nesrećama a drugi dio na temelju pregleda lokacije. Osnovni podaci o lokaciji stoga moraju omogućiti potvrđivanje ili opovrgavanje teze da je promatrana lokacija uistinu opasno mjesto a moraju sadržavati slijedeće informacije:

- a) Osnovni podaci o promatranj lokaciji
 - pozicioniranost lokacije;
 - vrsta i struktura prometa;
 - vrsta regulacije prometa;
 - propisano ograničenje brzine;

- prosječna brzina prometnog toka (po mogućnosti provoditi i mjerenje prometnog toka) i
 - prometno opterećenje.
- b) Geometrijske karakteristike ceste
- vrsta raskrižja;
 - radijus zavoja;
 - duljina preglednosti;
 - uzdužni nagib;
 - poprečni nagib;
 - širina ceste;
 - broj traka;
 - privozi i
 - odvodnja.
- c) Prometna signalizacija i oprema ceste
- vrsta regulacije prometa (ovlaštena osoba, semafori, znakovi, pravila prometa);
 - vertikalna signalizacija (znakovi, putokazi, strelice, stupići, signalizacija s unutar-njim osvjetljenjem (svjetlosni stupovi), betonske ograde, vodilice, oznake za snijeg itd.);
 - stanje vertikalne regulacije (dobro, loše, manja oštećenja);
 - horizontalna signalizacija (oznake na kolniku, zaštitni pojas, rubna linija) i
 - stanje horizontalne regulacije (dobro, loše, manja oštećenja).
- d) Površina kolnika (zastor)
- koeficijent trenja (po mogućnosti izmjeriti);
 - vrsta kolničkog zatora (asfalt, beton, makadam, zemlja itd.) i
 - stanje kolničkog zatora (nema, pukotine, deformacije, udarne rupe).
- e) Okoliš
- utjecaj okolnih zgrada na preglednost;
 - utjecaj drveća i okolnog bilja na preglednost i
 - utjecaj ostalih popratnih elemenata na preglednost (reklame i sl.).
- f) Rasvjeta
- osvjetljenje ceste.
- g) Fotografiska i video dokumentacija
- fotografije ceste iz različitih perspektiva (obavezno i iz vozačeve perspektive);
 - fotografije oštećenja kolnika, oštećenja signalizacije, okoliša, rasvjete i njihovog utjecaja na preglednost vozača. pri fotografiranju različitih oštećenja prisloniti mjernu traku kako bi bile vidljive dimenzije oštećenja i
 - video zapis.

Opis cestovne lokacije mora se temeljiti na što je više moguće objektivnim egzaktnim pokazateljima koji će pružiti relevantne informacije o stanju promatrane lokacije. Međutim, pojedine podatke o lokaciji moguće je dobiti jedino na temelju subjektivne procjene osobe (npr. stanje kolničke površine) koja vrši pregled lokacije pa zbog toga poželjno da osobe uključene u ovaj proces budu stručne. Jedan od načina smanjenja subjektivnosti određenih procjena lokacije je da analizu na terenu provodi više osoba koja imaju znanja iz različitih struka, npr. prometne struke i građevinske struke.

Prilikom analize potencijalno opasnog mjesta, međunarodna iskustva preporučuju korištenje obrasca koji je sastavni dio Izvještaja o analizi lokacije a popunjava se temeljem određivanja stupnja funkcionalnosti cestovne infrastrukture i utjecaja različitih faktora na ponašanje vozača. Za ovu vrstu obrasca se obično koristi tzv. *Check lista* u kojoj osobe zadužene za analizu lokacije ocjenjuju pojedine elemente ceste kroz dva stupnja (niski i visoki) putem kojih određeni nedostatak ceste može utjecati na sigurnost cestovnog prometa. Prijedlog navedenog obrasca prikazan je u prilogu 2. a budući da dodjeljivanje određenog stupnja pojedinom elementu ceste ovisi o subjektivnoj procjeni osobe koja provodi analizu, u nastavku su prikazani primjeri nedostataka na cesti i pripadajući stupanj kojim nedostatak utječe na sigurnost prometa [9].

Na slici 9. je prikazan element ceste, odnosno zavoj kojem je dodijeljen visoki stupanj zbog nedostatka ploča za označavanje oštrog zavoja. Visoki stupanj može biti i dodijeljen ako su ploče postavljene samo u jednom smjeru, ako su ploče okrenute u krivom smjeru, ako su ploče nevidljive zbog okoliša i sl.



SLIKA 9. NEDOSTATAK PLOČA ZA OZNAČAVANJE OŠTROG ZAVOJA (VISOKI STUPANJ)



SLIKA 10. NEVIDLJIVOST PROMETNOG ZNAKA (VISOKI STUPANJ)

Mali stupanj bio bi dodijeljen u slučaju da nedostaje jedna ploča u nizu, da je različiti razmak između ploča, da je ploča/ploče djelomično nevidljive zbog vegetacije i sl. Visoki stupanj dodijeljen je elementu ceste prikazanom na slici 10. zbog drveća koje zaklanjaju pogled na prometni znak. Kao mali stupanj nedostatka može biti dodijeljen npr. ako prometni znakovi nisu postavljeni na odgovarajućoj visini, ako su prometni znakovi izblijedili ili su slabe vidljivosti, ako su reklamni panoi postavljeni tako da smanjuju koncentraciju vozača tijekom vožnje i sl.



SLIKA 11. ŠIRINA PROMETNE TRAKE NA DRŽAVNIM CESTAMA MANJA OD 2.75 M (VISOKI STUPANJ)

Prometnoj traci čija je širina manja od 2.75 m (slika 11), dodjeljuje se visoki stupanj opasnosti. Prilikom ocjenjivanja preglednosti zavoja vrlo bitna stvar su zapreke koje smanjuju preglednost zavoja, a da bi on bio pregledan potrebna je duljina od oko 50 m bez zapreka s unutarnje strane zavoja, što na slici 12. nije ispunjeno te je njemu dodijeljen visok stupanj.



SLIKA 12. NEDOVOLJNA PREGLEDNOST ZAVOJA (VISOKI STUPANJ)

Rubnim crtama dodjeljuje se mali stupanj ukoliko su malo izbljedile (slika 13.) ili djelomično prekrivene vegetacijom, a visoki stupanj ako nedostaju rubne crte ili su jako izbljedile.



SLIKA 13. IZBLIJEĐENE RUBNE CRTE KOLNIKA (MALI STUPANJ)

Ukoliko su na kolniku uočene veće neravnine (prije zavoja ili u blizini raskrižja), kolotečine, rupe ili oštećenja na spojevima mosta i kolnika, tome dijelu ceste se dodjeljuje visok stupanj (slika 14.)



SLIKA 14. OŠTEĆENI SPOJ NA MOSTU (VISOK STUPANJ)

Mali stupanj se dodjeljuje ukoliko su na kolniku uočene manje rupe, kolotečine ili neravnine kao na slici 15.



SLIKA 15. MANJA RUPA NA KOLNIKU (MALI STUPANJ)



SLIKA 16. NEUSKLAĐENOST ZAŠTITNE OGRADA UZ KOLNIK I NA MOSTU - BEZ SPOJA
(VISOKI STUPANJ)

Dijelu ceste koji sadrži zaštitne ograde dodjeljuje se visoki stupanj ukoliko one nisu međusobno spojene, nisu spojene na betonski ili kameni zid, ako zaštitna ograda uz kolnik i ona na mostu nisu spojene (slika 16.), ako nedostaju reflektirajuće oznake na zaštitnoj ogradi i sl.

8. Potvrđivanje opasnog mjesta

Na temelju provedenog statističkog ispitivanja, identifikacije i pregleda opasnog mjesta, donosi se konačna odluka da li je potencijalno mjesto uistinu opasno ili se radi o tzv. lažnom opasnom mjestu. Ukoliko je utvrđen određeni nedostatak ceste ili njene infrastrukture koji je uzrokovao nastanak prometnih nesreća ili je doprinio težim posljedicama prometnih nesreća, identificirano opasno mjesto se potvrđuje kao stvarno opasno mjesto te se pristupa slijedećoj fazi upravljanja opasnim mjestima.

Općenito govoreći, opasno mjesto će biti potvrđeno ukoliko neka od ovih pitanja će imati potvrđan odgovor:

- Da li su uzrok nastanka prometnih nesreća tehničke karakteristike ceste, opreme ili okolina?
- Da li se mjerama sanacije na cesti može smanjiti broj prometnih nesreća.
- Da li postoje ozbiljni nedostaci na horizontalnoj, vertikalnoj ili svjetlosnoj signalizaciji?
- Da li je preglednost ceste uzrok prometnih nesreća?
- Da li preusmjeravanje prometnog toka može doprinijeti povećanju sigurnosti?

Ako se prilikom pregleda lokacija prometnih nesreća sa sigurnošću utvrdi da nema prometno – tehničkih nedostataka na cesti koji uzrokuju nastanak prometnih nesreća smatra se da to, sa stajališta upravitelja ceste, nije opasno mjesto već se uzroci nastanka prometnih nesreća moraju otklanjati preventivno – represivnim metodama drugih nadležnih institucija.

9. Predlaganje i rangiranje mjera sanacije za identificirana opasna mjesta

Osnovni i primarni cilj sanacije je spriječiti nastanak novih prometnih nesreća te postizanje zadovoljavajuće razine prometne sigurnosti. Kod učestalog pojavljivanja istovrsnog uzroka prometnih nesreća, mogu se već u preliminarnim planovima za sanaciju pretpostaviti određena rješenja. Prijedlozi pojedinih karakterističnih uzroka prometnih nesreća te pripadajući prijedlozi mjera za sanaciju prikazani su u tablicama u nastavku.

TABLICA 5. UZROCI I PRIPADAJUĆI PRIJEDLOZI RJEŠENJA MJERA SANACIJE U OPĆENITIM SITUACIJAMA

UZROK PROMETNE NESREĆE	PRIJEDLOG SANACIJE
KLIZAV KOLNIK	<ul style="list-style-type: none"> • novi kolnički zastor • ohrapljivanje kolničkog zastora • ako je u pitanju zavoj potrebno provjeriti poprečni nagib kolnika
AQUAPLANING	<ul style="list-style-type: none"> • popravak kolničkog zastora • sprječavanje zadržavanja vode na kolniku • odvodnja
LOŠA HORIZONTALNA SIGNALIZACIJA	<ul style="list-style-type: none"> • popravak kolničkog zastora • iscrtavanjem hrapavim bojama
SLABO OSVJETLJENJE KOLNIKA	<ul style="list-style-type: none"> • obnova/zamjena rasvjetne infrastrukture
NEODGOVARAJUĆA RASVJETA	<ul style="list-style-type: none"> • zamjena rasvjetne infrastrukture
LOŠA VERTIKALNA SIGNALIZACIJA	<ul style="list-style-type: none"> • zamjena/postavljanje nove vertikalne signalizacije
ODRON KAMENJA	<ul style="list-style-type: none"> • prometni znakovi • zaštita kako do odrona ne bi došla
GUBITAK KONTROLE NAD VOZILOM	<ul style="list-style-type: none"> • postavljanje zaštitne ograde • uklanjanje zapreka uz prometnicu • uklanjanje drvoreda uz prometnice van grada i uz ceste bez nogostupa • postavljanje zaštitne ograde za pješake u gradskim područjima
CESTOVNO ŽELJEZNIČKI PRIJELAZ	<ul style="list-style-type: none"> • fizičke zapreke • signalizacije • prometni znakovi • povećanje preglednosti
ČVRSTI OBJEKTI NA PROMETNICI I U NEPOSREDNOJ BLIZINI ISTE	<ul style="list-style-type: none"> • deformacijski ublaživači i usmjerivači kod tunela, nadvožnjaka
VOŽNJA U SUPROTNOM SMJERU	<ul style="list-style-type: none"> • Prometni znakovi • Svjetlosna signalizacija • Horizontalna signalizacija

TABLICA 6. UZROCI I PRIPADAJUĆI PRIJEDLOZI RJEŠENJA MJERA SANACIJE U NASELJENIM MJESTIMA

U RASKRIŽJU	
UZROK PROMETNE NESREĆE	PRIJEDLOG SANACIJE
NEDOPUŠTENO SKRETANJE	<ul style="list-style-type: none"> • izgradnja raskrižja s kružnim tokom prometa • postavljanje semafora • snimanje prometa • postavljanje prometnih znakova
NALET S SPOREDNE CESTE	<ul style="list-style-type: none"> • postavljanje prometnih znakova
PJEŠACI	<ul style="list-style-type: none"> • svjetlo za pješake na semaforu • postavljanje ograde za pješake • postavljanje zvučnih signala na semafore za slijepo i slabovidne osobe • uklanjanje zapreka koje smanjuju preglednost u blizini pješačkih prijelaza
SMANJENJE PREGLEDNOSTI	<ul style="list-style-type: none"> • uklanjanje zapreka
BRZINA	<ul style="list-style-type: none"> • prometni znakovi • usporivači prometa • smirivanje promete tzv. <i>ležećim policajcima</i> • raskrižje s kružnim tokom prometa
IZVAN RASKRIŽJA	
UZROK PROMETNE NESREĆE	PRIJEDLOG SANACIJE
PJEŠACI	<ul style="list-style-type: none"> • pješački prijelazi • pješački prijelazi s svjetlosnim upozorenjem na pješački prijelaz • zaštitna čelična ograda • usporivači prometa • nogostup • sprječavanje pristupa
PARKIRANA VOZILA	<ul style="list-style-type: none"> • zabrana parkiranja
BICIKLISTI	<ul style="list-style-type: none"> • biciklističke staze van kolnika
BRZINA	<ul style="list-style-type: none"> • kontrola brzine prometa • usporivači prometa • mjerači brzine kao upozorenje vozaču • semafori koje upale crveno svjetlo ako je brzina vozila iznad dopuštene

TABLICA 7. UZROCI I PRIPADAJUĆI PRIJEDLOZI RJEŠENJA MJERA SANACIJE IZVAN NASELJENIH MJESTA

U RASKRIŽJU	
UZROK PROMETNE NESREĆE	PRIJEDLOG SANACIJE
NEDOPUŠTENI SKRETANJE	<ul style="list-style-type: none"> • usmjeravanje prometa • prometne trake za ubrzanje/usporenje • prometni otoci • prometni znakovi • raskrižje s kružnim tokom prometa • semafor
NALET SA SPOREDNE CESTE	<ul style="list-style-type: none"> • prometni otoci • prometni znakovi • usporivači prometa
NALET U KRUŽNOM TOKU	<ul style="list-style-type: none"> • poboljšana horizontalna signalizacija • prometni znakovi • uklanjanje objekata koji smanjuju preglednost kružnog toka
NALET NA ZAUSTAVLJENA VOZILA	<ul style="list-style-type: none"> • prometni otoci • povećanje preglednosti • hrapaviji kolnički zastor • treptavo zeleno svjetlo
SMANJENA PREGLEDNOST	<ul style="list-style-type: none"> • premještanje prilaza • uklanjanje objekata koji smanjuju preglednost • uređenje prilaznih prometnica • postavljanje zrcala u svrhu povećanja preglednosti
IZVAN RASKRIŽJA	
UZROK PROMETNE NESREĆE	PRIJEDLOG SANACIJE
PRETJECANJE	<ul style="list-style-type: none"> • dvostruka puna linija • prometni znakovi • horizontalna signalizacija za obavještanje vozača za povratak u svoju prometnu traku
GUBITAK KONTROLE NAD VOZILOM	<ul style="list-style-type: none"> • poprečni nagib kolnika • horizontalna signalizacija • izmjena trase prometnice • novi kolnički zastor • zaštitna ograda • odvodnja vode s kolnika • uklanjanje drveća pored prometnice • prometni znakovi
SPORA VOZILA U USPONU	<ul style="list-style-type: none"> • prometne trake za spora vozila

	<ul style="list-style-type: none"> • ugibališta • prometni znakovi • hrapavi kolnički zastor
VOZILA NA PRIJEVOJU	<ul style="list-style-type: none"> • dvostruka puna linija • horizontalna signalizacija za obavještanje vozača za povratak u svoju prometnu traku • prometni znakovi
BRZINA	<ul style="list-style-type: none"> • kontrola brzine • mjerači brzine kao upozorenje vozaču • prometni znakovi
DIVLJE ŽIVOTINJE	<ul style="list-style-type: none"> • prometni znakovi • postavljanje ograda za životinje

Prije provođenja sanacije, potrebno je vrednovati i rangirati predložene mjere sanacije kako bi izabrani prijedlog mjera sanacije bio ujedno i najisplativiji u sigurnosnom ali i financijskom smislu. U tom smislu je potrebno valorizirati pojedine rezultate mjera sanacije kroz dosadašnja istraživanja koja su prikazana u tablici 8.

TABLICA 8. REZULTATI POJEDINIH MJERA SANACIJE PREMA RAZLIČITIM ISTRAŽIVANJIMA

Mjera	Rezultati mjera	Izvor
Sanacija i nanošenje novog sloja asfalta cesta	Smanjenje ozljeda sudionika za 20% u nenaseljenim područjima. Smanjenje ozljeda sudionika za 10% u naseljenim područjima. Bolje prianjanje smanjuje broj prometnih nesreća za 40% na mokrom kolniku.	Elvik and Vaa (2004)
Povećanje širine prometnih traka	Smanjenje broja prometnih nesreća za 10%. Smanjenje broja prometnih nesreća motocikla za 5-6% (povećanje prometne trake za 0.5 m).	Elvik and Vaa (2004) Harnen et al.(2003)
Kvalitetnije označavanje ceste i područja uz ceste	Smanjenje broja frontalnih sudara za 20%. Smanjenje broja prometnih nesreća za 40% ukoliko su znakovi označavanje oštrog zavoja pravilno postavljeni. Smanjenje broja prometnih nesreća za 20 % zbog pravilno ocrtanih rubnih crta te 30% zbog središnje linije.	Lynam (2012) Austoads (2004)
Smanjenje radijusa zavoja	Zavoj radijusa 200 m povećan na 200-400 m – 50 % manje prometnih nesreća. 200-400 m na 600m – 33 % manje prometnih nesreća. 400-600 m na 600-1000 m – 23 % manje prometnih nesreća. 600-1000 m na 1000-2000m – 18% manje prometnih nesreća.	Elvik and Vaa (2004)
Smanjenje ograničenja brzine	Smanjenje ograničenja brzine za 10 km/h – smanjenje broja prometnih nesreća za 25-33% .	Elvik and Vaa (2004)

Povećanje koeficijenta trenja	Smanjenje broja prometnih nesreća za 37,5 % u naseljenim područjima. Smanjenje broja prometnih nesreća za 26,7 % u ne naseljenim područjima.	BTE (2001)
Postavljanje osvjettljenja na dio ceste gdje ne postoji	Smanjenje broja prometnih nesreća za 35 % .	Turner et al. (2012)
Poboljšanje preglednosti ceste	Smanjenje broja prometnih nesreća za 30 %.	Turner et al. (2012)
Pravilno označavanje raskrižja	Smanjenje broja prometnih nesreća za 30 %.	Turner et al. (2009)
Sigurnosna zona između ceste i cestovnih objekata	Smanjenje broja prometnih nesreća za 22 % - sigurnosna zona 1-5 m. Smanjenje broja prometnih nesreća za 44 % - sigurnosna zona 5 - 9 m.	Elvik and Vaa (2004)
Ocrtavanje središnje linije sa izbočicama	Smanjenje broja prometnih nesreća za 14 %.	Persaud et al. (2003)
Postavljanje zaštitne ograde na razdjelni pojas	Smanjenje broja prometnih nesreća za 30 %.	Elvik and Vaa (2004)
Kvalitetnije obilježavanje pješačkog prijelaza	Smanjenje broja prometnih nesreća za 20 %.	Lynam (2010)
Izrada pješačkih staza	Smanjenje broja prometnih nesreća s pješacima za 35 %.	Elvik and Vaa (2004)

Postupak vrednovanja mjera sanacije, bio je sastavni dio prethodne metodologije a budući da se radi o dobrim praksama vrednovanja koje su do sada pokazala zadovoljavajuće rezultate, isti princip će se koristiti i u ovoj metodologiji [10].

9.1. Isplativost mjera smanjenja broja prometnih nesreća

Na početku vrednovanja mjera sanacije osnovno je izračunati koliko će se novca potrošiti na mjere smanjenja prometnih nesreća što se postiže određivanjem ciljne stope povrata prve godine (SPPG). Prethodno objašnjenim koracima, utvrđuju se i definiraju opasna mjesta na kojima će se provoditi mjere sanacije te se smanjenje broja prometnih nesreća prikaže gospodarski kao moguća ušteda. SPPG se može koristiti i za određivanje najviše cijene predviđenih mjera uz postizanje određene SPPG. SPPG se izračunava prema izrazu:

$$\text{SPPG} [\%] = \frac{\text{Godišnja ušteda} \times 100}{\text{Cijena mjera} [\%]} \quad (14)$$

Određivanje najviše cijene predviđenih mjera uz postizanje određene SPPG, prikazan je u primjeru koji se nalazi i u postojećoj metodologiji. Za primjer [10] se uzima jedno raskrižje sa 14 prometnih nesreća u 3 godine. Očekuje se smanjenje 8 prometnih nesreća. Ako je cilj SPPG 50%, i prosjek troška po prometnoj nesreći 60.000 kn, tada se najviši iznos cijene može izračunati na slijedeći način:

$$SPPG [\%] = \frac{\left(\frac{8 \times 60.000}{3}\right) \times 100}{Cijena mjera [\%]}$$

$$50 = \frac{160.000 kn \times 100}{Cijena mjera [\%]}$$

$$Cijena mjera = \frac{160.000 kn \times 100}{50} = 320.000 kn$$

Prema tome, cijena mjera može biti 320.000,00 kn, u postizanju stope povrata prve godine 50%. Određivanje najviše moguće cijene je grubo određivanje prije nego se provedu ispitivanja na licu mjesta. Često će tako određena najviša cijena koštanja biti pretjerana za ono što se mjerama predviđa posebno za slučajeve kada je SPPG manji od 100%.

Osim navedenih mjera kao orijentacijska vrijednost se može koristiti i metodologija koja se primjenjuje u programu *International Road Assessment Programme (iRAP)* a prema kojem se ekonomska korist računa prema izrazu:

$$E_k = N_{PS} \times 70 \times BDP_S + N_{TS} \times 0,25 \times 70 \times BDP_S \quad (15)$$

gdje je:

E_k - ekonomska korist

N_{PS} - broj poginulih osoba koje se mogu spriječiti

BDP_S – bruto domaći proizvod po glavi stanovnika

N_{TS} – broj teško ozlijeđenih osoba koje su se mogle spriječiti

Sadašnja vrijednost ekonomske koristi za dionicu ceste u duljini od 100 m za danu godinu računa se:

$$E_{sk} = \frac{E_k}{(1+r)^n} \quad (16)$$

gdje je:

E_{sk} - sadašnja vrijednost ekonomske koristi za dionicu ceste u duljini od 100 m

r - diskontna stopa²

n – godina

Sadašnja vrijednost ekonomske koristi za dionicu ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju računa se:

$$\sum_i^n \text{Sadašnja vrijednost ekonomske koristi za dionicu ceste u duljini od 100 m za danu godinu}$$

Gdje je:

n = broj godina u analiziranom razdoblju (najčešće 20 godina)

Sadašnja vrijednost ekonomske koristi za sve dionice ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju računa se:

$$\sum_i^n \text{Sadašnja vrijednost ekonomske koristi za dionicu ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju}$$

Gdje je:

n = broj dionica ceste u duljini od 100 m

Pri korištenju izraza (15) potrebno je koristiti vrijednosti iz Tablice 8 kako bi se mogao procijeniti broj preveniranih prometnih nesreća sa poginulim i teško ozlijeđenim osobama.

9.2. Procjena gospodarskih troškova

Prije provođenja mjera sanacije, potrebno je predvidjeti troškove, prije svega građevinske i prometne zahvate. Međutim, ukoliko postoje i ostali troškovi potrebno ih je predvidjeti.

Preliminarne procjene moraju biti mogu biti zasnovane na skicama, mjerama, predviđenim količinama i cijenama ali moraju uključivati i uštedu nastalu pretpostavljenim manjim brojem prometnih nesreća nakon sanacije. Novčana vrijednost spriječenih nesreća uključuje osim izravnih i druge koristi (uštede u trajanju putovanja, manje obilaženja). Na temelju dobivenih vrijednosti, može se procijeniti gospodarska vrijednost uspoređivanjem ušteta sa troškovima provedbe.

Najizravniji način određivanja gospodarske vrijednosti provedenih mjera je također Stopa povrata prve godine (SPPG), (engl. *First Year Rate of Return*). Drugim riječima, to je novčana vrijednost ušteta i povrata koji se očekuju tijekom prve godine provedbe mjera, izražena kao postotak ukupnog koštanja mjera.

² Odlukom Hrvatske narodne banke (NN 115/15) od 31.10.2015. godine diskontna stopa iznosi 3% godišnje

Ukupna vrijednost ušteta računa se kao i kod određivanja najviše cijene predviđenih mjera ali se prilikom definiranja *Koristi* u prvoj godini uzima u obzir zbroj ušteta spriječenih prometnih nesreća, promjena troškova održavanja i promjena u vremenu putovanja.

$$\text{SPPG} [\%] = \frac{\text{Koristi (prva godina)} \times 100}{\text{Cijena mjera}} \quad (17)$$

Međutim, ukoliko se zanemare manji iznosi poput promjena troškova održavanja i promjena u vremenu putovanja, dobiva se izraz:

$$\text{SPPG} [\%] = \frac{\text{Ušteta (korist) spriječenih nesreća (prva godina)} \times 100}{\text{Cijena mjera}} \quad (18)$$

Potrebno je napomenuti da je SPPG kod jednostavnijih slučajeva ili u početnim fazama provedbe pokazao odgovarajuće vrijednosti mjera ali se kod zahtjevnijih mjera u kojima se očekuje izrazita godišnja promjena razine prometa i uštede mora provoditi detaljna ekonomska provjera.

Ukoliko postoji potreba za definiranjem prioriteta provedbe mjera sanacije za više različitih opasnih mjesta odjednom, moguće ih je definirati pomoću stope povrata prve godine (SPPG). Za jednostavne mjere, mjere sa najvećom SPPG dati će najveće koristi po jedinici utrošenog novca. Prilikom definiranja prioriteta, također je potrebno uzeti u obzir razlike između jednostavnijih i složenijih mjera sanacije opasnih mjesta. Kod jednostavnijih mjera sanacije, uočene nedostatke je moguće otkloniti financijski jeftinije i u kraćem vremenskom roku dok je kod složenijih mjera sanacije potrebno izdvojiti veća financijska sredstva te izraditi i detaljnije studije i analize.

Kao i kod isplativosti mjera sanacije, prilikom procjene gospodarskih troškova moguće je koristiti metodologiju koja se primjenjuje u programu *International Road Assessment Programme (iRAP)* a prema kojem se sadašnji ekonomski troškovi računaju prema izrazu:

$$E_{st} = \frac{U_{tr}}{(1+r)^{n-1}} \quad (19)$$

Gdje je:

U_{tr} – ukupni troškovi mjera sanacije/rekonstrukcije za dionicu ceste u duljini od 100 m za danu godinu

r - diskontna stopa

n – godina

Treba napomenuti da troškovi sanacije u prvoj godini ne podliježu diskontnoj stopi.

Sadašnja vrijednost ekonomskih troškova za dionicu ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju računa se:

\sum_i^n Sadašnja vrijednost ekonomskih troškova za dionicu ceste u duljini od 100 m za danu godinu

Gdje je:

n = broj godina u analiziranom razdoblju (najčešće 20 godina)

Sadašnja vrijednost ekonomskih troškova za sve dionice ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju računa se:

\sum_i^n Sadašnja vrijednost ekonomskih troškova za dionicu ceste u duljini od 100 m u analiziranom razdoblju

Gdje je:

n = broj dionica ceste u duljini od 100 m

Temeljem izračunatih vrijednosti moguće je dobiti omjer između ekonomske koristi i troškova pomoću izraza:

$$E_{cb} = \frac{E_{sk}}{E_t} \quad (20)$$

10. Evaluacija i praćenje učinaka sanacije

Poslije sanacije opasnog mjesta potrebno je provesti analizu koliko je sanacija opasnog mjesta utjecala na smanjenje broja prometnih nesreća. Kao i kod gospodarskih procjena mjera sanacije, praćenje učinaka sanacije bilo je dio prošle metodologije koja je također još uvijek aktualna pa će se najbolje smjernice iz prošle metodologije koristiti i u ovoj metodologiji.

Osnovni indikator uspješnosti provedene sanacije je promjena učestalosti nastanka prometnih nesreća, tj. usporedba broja prometnih nesreća prije i poslije sanacije. Praćenje učinkovitosti mjera za smanjivanje broja prometnih nesreća može se provoditi na dva načina:

- za šire područje gdje se poduzima više različitih mjera (npr. više lokacija unutar jedne županije) i
- za pojedinu poduzetu mjeru na jednoj lokaciji.

Ako se praćenje učinka sanacije primjenjuje na šire područje, rezultati će prikazati promjenu učestalosti broja prometnih nesreća i težinu ozljeda u određenom vremenskom intervalu. Primjenom navedene metode praćenja potrebno je također odgovoriti na bitne elemente a to su:

- Gdje se dogodila prometna nesreća (cesta, raskrižje, tunel)?
- Tko su sudionici prometne nesreće - po kategorijama?
- Koje vrste vozila su sudjelovale u prometnoj nesreći?
- Kada se dogodila prometna nesreća?
- Uvjeti okoline u vrijeme nastanka prometne nesreće?

Praćenje učinka sanacije važnoj je iz tri osnovna razloga:

1. Osiguranje brze i efikasne izmjene sanacije ukoliko je izvedena sanacija pogoršala stanje sigurnosti u prometu.
2. Utvrđivanje broja izbjegnutih prometnih nesreća i učinkovitost provedene sanacije.
3. Ekonomski izračun postignutih ušteda s sanacijom opasnog mjesta te usporedba istih s troškom sanacije.

Osnovno vrednovanje je usporedba stanja „prije – poslije“ ili „sa mjerom-bez mjere“ ili primjenom obje vrste usporedbi. Pomoću lokacija za usporedbu rješava se problem predviđanja što bi bilo da sanacija nije provedena. Također potrebo je potvrditi da je izvršenje sanacije rezultiralo smanjenjem broja prometnih nesreća a ne mogući drugi utjecaji.

Budući da su prometne nesreće slučajni i rijetki događaji i na njihovo nastajanje utječu mnogi čimbenici moguće je da uz sanaciju na broj prometnih nesreća imaju utjecaj druge okolnosti koje nisu povezane s sanacijom opasnog mjesta.

Optimalan test koji se može primijeniti je „*Hi-kvadrat*“ test koji se može koristiti za usporedbu:

- dva identično duga vremenska razdoblja;
- dva različito dugačka vremenska razdoblja i
- dva identično duga vremenska razdoblja na dvjema različitim vrstama lokacija-eksperimentalnoj i kontrolnoj lokaciji.

Hi kvadrat test za dva identično duga vremenska razdoblja

„Hi-kvadrat“ test za dva identično duga vremenska razdoblja računa se prema izrazu:

$$\chi^2 = \frac{[(B-A)-1]^2}{B+A} \quad (21)$$

ili

$$\chi^2 = \frac{(B-A)^2}{B+A} \quad (22)$$

Gdje je:

- B - broj prometnih nesreća na lokaciji prije sanacije
- A - broj prometnih nesreća nakon sanacije
- $(B - A)$ – apsolutna razlika broja prometnih nesreća u razdobljima „prije“ i „poslije“

Izračunatu vrijednost Hi kvadrat potrebno je usporediti s graničnom vrijednošću Hi-kvadrat za odabranu razinu osjetljivosti. Najčešće korištene razine osjetljivost su 1%, 5%, i 10%. To znači da zaključak koji je donesen na nekoj od navedenih razina može biti 1%, 5% ili 10 % pogrešan odnosno 99%, 95% ili 90% točan.

Što je razina osjetljivosti viša to je kriterij detaljniji. Granične vrijednosti za Hi kvadrat test pri ovim razinama osjetljivosti su sljedeće:

- 1% - 6,65
- 5% - 3,84
- 10% - 2,69

Ako je izračunata vrijednost Hi kvadrata veća od granične vrijednosti tada je sanacija bila učinkovita.

Hi kvadrat test za dva različito dugačka vremenska razdoblja

Za usporedbu dva različito dugačka vremenska razdoblja „Hi – kvadrat“ test računa se prema izrazu:

$$\chi^2 = \frac{(n_1 \cdot t_2 - n_2 \cdot t_1)^2}{t_1 \cdot t_2 \cdot (n_1 + n_2)} \quad (23)$$

Gdje je:

- t_1 - duljina razdoblja prije sanacije
- t_2 - duljina razdoblja poslije sanacije

- n_1 - broj prometnih nesreća prije sanacije
- n_2 - broj prometnih nesreća poslije sanacije

Postupak usporedbe i zaključivanja s граниčnom vrijednošću identičan je kao u prethodnom slučaju.

Hi kvadrat test za dva identično dugačka vremenska razdoblja u odnosu na „Kontrolnu lokaciju“

U slučaju dva identično dugačka vremenska razdoblja ali uz praćenje prometnih nesreća i na „kontrolnoj lokaciji“ Hi-kvadrat se računa prema izrazu:

$$\chi^2 = \frac{[(a \cdot d - b \cdot c) - \frac{n}{2}]^2 \cdot n}{e \cdot f \cdot g \cdot h} \quad (24)$$

pri čemu su:

- a – broj prometnih nesreća prije sanacije na saniranoj lokaciji
- b – broj prometnih nesreća nakon sanacije na saniranoj lokaciji
- c – broj prometnih nesreća prije sanacije na kontrolnom mjestu
- d – broj prometnih nesreća nakon sanacije na kontrolnom mjestu
- e – ukupan broj prometnih nesreća prije i nakon sanacije na saniranoj lokaciji
- f – ukupan broj prometnih nesreća prije i nakon sanacije na kontrolnom mjestu
- g - ukupan broj prometnih nesreća prije sanacije na sanacijskoj i kontrolnoj lokaciji
- h – ukupan broj prometnih nesreća nakon sanacije na saniranoj i kontrolnoj lokaciji
- n - ukupan broj prometnih nesreća prije i poslije sanacije na saniranoj i kontrolnoj lokaciji

Paralelno praćenje broja prometnih nesreća na „kontrolnoj lokaciji“ uzima u obzir moguću utjecaj drugih faktora na događanje prometnih nesreća. Prilikom odabira vremenskog razdoblja za koje će se izračunavati vrijednost promjena broja prometnih nesreća treba se pridržavati određenih pravila:

- vremenska razdoblja prije i poslije sanacije za sanirano i kontrolno mjesto moraju biti ista;
- vremenski period izvođenja radova na sanaciji ne koristi se za proračunsko razdoblje, ako se navedeno razdoblje ne može sa sigurnošću utvrditi potrebno je uzeti dulji vremenski period;
- vremensko razdoblje prije sanacije mora biti dovoljno dugo da se osigura dovoljan broj podataka o prometnim nesrećama ali ne smije obuhvaćati vremensko razdoblje sa drugačijim značajkama i
- vremensko razdoblje nakon sanacije mora biti toliko dugo da se osigura dovoljan broj podataka o prometnim nesrećama. Tri godine je optimalno razdoblje a ako se koristi

kraće razdoblje, prije će se dobiti rezultati o uspješnosti sanacije. Kao posljedica korištenja kraćeg vremenskog razdoblja u izračunu, pokazat će se manja osjetljivosti rezultata.

Lokacije za usporedbu odabiru se kao odgovarajući par saniranoj lokaciji ili kao geoprometno slična lokacija. Lokacija koja se za usporedbu odabire kao odgovarajući par mora zadovoljavati određene uvijete kako bi se mogla koristiti. Mora odgovarati saniranoj lokaciji po općim značajkama te se mora nalaziti u blizini sanirane lokacije. Na lokaciju za usporedbu i saniranu lokaciju moraju djelovati isti faktori koji značajno utječu na sigurnost prometa (atmosferski uvjeti, vrsta i količina prometa). Odabirom lokacije za usporedbu prema geoprometno sličnoj lokaciji omogućava kvalitetne rezultate prilikom uspoređivanja. Osnovne smjernice prilikom izbora slične lokacije koje se moraju poštovati:

- kontrolne lokacije moraju biti što sličnije saniranim lokacijama;
- kontrolne lokacije ne smiju biti pod utjecajem sanacije i
- broj prometnih nesreća na kontrolnim lokacijama mora biti minimalno 10 puta veći od broja prometnih nesreća na saniranoj lokaciji.

Prilikom odabira sličnih lokacija za usporedbu s saniranom lokacijom potrebno je odabrati sličnu lokaciju po jednoj od osnova:

- oblik;
- položaj u cestovnoj mreži;
- PGDP i
- vrsta prometnih nesreća.

Jedino na ovaj način moguće je dobivene rezultate komparirati te dobiti detaljan uvid u uspješnost provedenih mjera.

11. Naputak o primjeni metodologije identifikacije opasnih mjesta na cestovnoj prometnoj mreži

Preduvjet za uspješnu identifikaciju opasnih mjesta su relevantni podaci o karakteristikama prometnih nesreća, ali i jasno definirani kriteriji na temelju kojih će se provoditi proces identifikacije. Sukladno svojim zakonskim ovlastima, djelatnici Ministarstva unutarnjih poslova, nakon prometnih nesreća prikupljaju podatke o prometnim nesrećama putem UPN obrasca te ih unose u glavnu bazu podataka svih prometnih nesreća. Iako UPN obrazac sadrži dovoljno podataka za karakteristike identificiranog opasnog mjesta, problem se javlja jer pojedini podaci o lokacijama prometnih nesreća utvrđeni putem GPS uređaja, nisu točni.

U cilju otklanjanja ovih nedostataka, u metodologiji su dane preporuke za poboljšanje sustava prikupljanja podataka o lokacijama prometnih nesreća. Uspješno pozicioniranje lokacija prometnih nesreća na adresne sustave upravitelja cesta, osnovni je preduvjet za relevantnu identifikaciju opasnih mjesta.

Osim podataka o prometnim nesrećama, za relevantnu identifikaciju opasnih mjesta potrebno je implementirati i podatke o prometnom opterećenju kroz Prosječni godišnji dnevni promet. Ukoliko ne postoje podaci o prometnom opterećenju na samoj lokaciji potencijalnog opasnog mjesta, potrebno je uzeti podatke o PGDP-u sa najbližeg brojačkog mjesta tj. sukladno procjeni između dva brojačka mjesta.

Ukoliko set prikupljenih podataka posjeduje podatke o karakteristikama prometnica, proces identifikacije potrebno je provoditi zasebno za različite segmente ceste pa je tako na početku procesa identifikacije potrebno izdvojiti na kojim segmentima ceste će se provoditi identifikacija opasnih mjesta. U tablici 9 prikazani su mogući segmenti ceste koje je potrebno koristiti prilikom procesa identifikacije opasnih mjesta.

TABLICA 9. VRSTE SEGMENTATA CESTE PRI IDENTIFIKACIJI I PRIPADAJUĆE DULJINE PRIDRUŽIVANJA NESREĆA

SEGMENT	OBRAZLOŽENJE
Raskrižja³	Sve nesreće u raskrižju te one koje se događaju do 20 [m] prije raskrižja i/ili do prometnih znakova koji upozoravaju na križanje
Ceste u pravcu	Prometne nesreće duljine okvira do 300 [m]
Mostove	Sve prometne nesreće na mostu + 20 [m] prije i poslije mosta
Kružni tokovi	Sve nesreće koje se događaju u kružnom toku te one koje se događaju do 20 [m] od ulaza u kružni tok i/ili do prometnih znakova koji upozoravaju na kružni tok .
Ceste u zavoju	Prometne nesreće duljine okvira do 300 [m]
Tunele	Sve prometne nesreće unutar tunela + 20 [m] prije i poslije tunela

³ Ako postoji dodatna klasifikacija raskrižja (T-raskrižje, Y – raskrižje, četverokrako raskrižje) poželjno je identifikaciju provoditi za svaku kategoriju raskrižja zasebno.

Ukoliko zbog određenih razloga (kvalitete prikupljenih podataka i sl.), nije moguće cestu podijeliti na različite segmente, moguće je identifikaciju provoditi i na kompletnoj duljini ceste ali je onda u naknadnom postupku analize i pregleda ceste nužno evidentirati o kojoj vrsti segmenta ceste se radi. U ovom slučaju identifikacije potrebno je koristiti duljine okvira od 1 do 50 [m] i od 50 do 300 [m] kako bi se izbjegle nekonzistentnosti u rezultatima. Proces identifikacije opasnih mjesta počinje sa statističkim ispitivanjem opasnosti svake lokacije na kojoj su se događale prometne nesreće kao što je to prikazano u poglavlju 5. Iako prikazani model omogućuje identifikaciju opasnih mjesta prema različitim parametrima⁴, četiri su osnovna kriterija prema kojima je potrebno provoditi proces identifikacije opasnih mjesta:

- Ukoliko je stopa ukupnog broja prometnih nesreća veća od kritične razine nastanka prometnih nesreća i/ili
- Ukoliko je stopa prometnih nesreća sa lako ozlijeđenim osobama veća od kritične razine nastanka prometnih nesreća i/ili
- Ukoliko je stopa prometnih nesreća sa teško ozlijeđenim osobama veća od kritične razine nastanka prometnih nesreća i/ili
- Ukoliko je stopa prometnih nesreća sa poginulim osobama veća od kritične razine nastanka prometnih nesreća.

S obzirom na način funkcioniranja modela te četiri osnovna kriterija identifikacije, potrebno je generirati parametre identifikacije kako je to prikazano u Tablicama 10, 11, 12 i 13.

TABLICA 10. PRIKAZ PODATAKA POTREBNIH ZA PROCES IDENTIFIKACIJE POTENCIJALNO OPASNIH MJESTA PREMA KRITERIJU *UKUPAN BROJ PROMETNIH NESREĆA*

Rb	Oznaka ceste	Lokacija	Stacionaža od	Stacionaža do	Duljina	Ukupno prometnih nesreća	C_R	C_{CR}	C_R / C_{CR}	Opasno mjesto DA/NE
1										
2										
3										
4										
...										

TABLICA 11. PRIKAZ PODATAKA POTREBNIH ZA PROCES IDENTIFIKACIJE POTENCIJALNO OPASNIH MJESTA PREMA KRITERIJU *PROMETNE NESREĆE S LAKO OZLIJEĐENIM OSOBAMA*

Rb	Oznaka ceste	Lokacija	Stacionaža od	Stacionaža do	Duljina	Prometne nesreće s lako ozlijeđenim osobama	C_R	C_{CR}	C_R / C_{CR}	Opasno mjesto DA/NE
1										
2										
3										
4										
...										

⁴ Prikazanim modelom moguće je identificirati npr. opasna mjesta samo za određenu skupinu vozila (motocikle, teretna vozila i sl.) ili opasna mjesta samo za vrijeme mokrog kolnika ukoliko postoje potrebni podaci.

TABLICA 12. PRIKAZ PODATAKA POTREBNIH ZA PROCES IDENTIFIKACIJE POTENCIJALNO OPASNIH MJESTA PREMA KRITERIJU *PROMETNE NESREĆE S TEŠKO OZLIJEĐENIM OSOBAMA*

Rb	Oznaka ce- ste	Lokacija	Stacionaža od	Stacionaža do	Duljina	Prometne nesreće s teško ozli- jeđenim o- sobama	C _R	C _{CR}	C _R / C _{CR}	Opasno mjesto DA/NE
1										
2										
3										
4										
...										

TABLICA 13. PRIKAZ PODATAKA POTREBNIH ZA PROCES IDENTIFIKACIJE POTENCIJALNO OPASNIH MJESTA PREMA KRITERIJU *POGINULE OSOBE*

Rb	Oznaka ce- ste	Lokacija	Stacionaža od	Stacionaža do	Duljina	Prometne nesreće s poginulim osobama	C _R	C _{CR}	C _R / C _{CR}	Opasno mjesto DA/NE
1										
2										
3										
4										
...										

Radi preglednosti i usporedbe dobivenih rezultata, kriterije se može prikazati i u jednoj tablici u koju će biti implementirani svi podaci prikazani u Tablicama 10, 11, 12 i 13.

Osnovni parametar pri rangiranju lokacije će biti broj kriterija prema kojima je pojedina lokacija zadovoljila i omjer stope prometnih nesreća i kritične razine nastanka prometnih nesreća. Budući da pojedine lokacije mogu zadovoljavati po sva tri kriterija dok druge lokacije mogu zadovoljavati po samo jednom kriteriju potrebno je dobivene omjere identificiranih opasnih mjesta svakog kriterija ponderirati prema posljedicama prometnih nesreća kako je to prikazano u Tablici 14.

TABLICA 14. RANGIRANJE POTENCIJALNO OPASNIH MJESTA

Rb	Oznaka ceste	Lokacija	A	B	C	D	P _A (x1)	P _B (x3,5)	P _C (x7)	P _D (x9)	UKUPNO
			C _R / C _{CR} U- kupno	C _R / C _{CR} Lako ozlije- đeni	C _R / C _{CR} Te- ško ozlije- đeni	C _R / C _{CR} Poginuli					
1											
2											
3											
4											
...											

Omjer dobivenih vrijednosti za ukupan broj prometnih nesreća (A) ponderira se brojem 1, omjer dobivenih vrijednosti za broj prometnih nesreća sa lako ozlijeđenim osobama (B) ponderira se brojem 3,5, omjer dobivenih vrijednosti za broj prometnih nesreća sa teško ozlijeđenim osobama (C) ponderira se brojem 7 dok se omjer dobivenih vrijednosti za prometne nesreće sa poginulim osobama (D) ponderira sa brojem 9.

Zbroj dobivenih vrijednosti (A+B+C+D) predstavlja ukupnu vrijednost prema kojoj se identificirane lokacije rangiraju. Lokacije sa najvećom dobivenom vrijednošću predstavljaju najopasnija mjesta dok ona sa najmanjom vrijednošću predstavljaju najmanje opasna mjesta.

Prikazani proces predstavlja prvi dio procesa identifikacije opasnih mjesta budući da samo statistički izdvaja lokacije sa nadprosječnim brojem prometnih nesreća te je za konačnu potvrdu identificiranog opasnog mjesta nužno obaviti pregled identificiranih lokacija. Prikazano rangiranje ujedno će omogućiti određivanje prioriteta prilikom pregleda lokacija a eventualna dodatna rangiranja moguće je provesti prema parametrima istraživanja prikazanim u poglavlju 6.1.

Prilikom pregleda identificiranih opasnih mjesta potrebno je pripremiti podatke o cesti i posljedicama prometnih nesreća, kako je to objašnjeno u poglavlju 7, te sve raspoložive podatke upisati u obrazac za pregled potencijalno opasnih mjesta.

TABLICA 15. OSNOVNI PODACI O CESTI NA PROMATRANOJ LOKACIJI

OSNOVNI PODACI O CESTI			
Kategorija ceste	ODABRATI	Broj ceste	UPISATI
Dionica	UPISATI	PGDP	UPISATI
Početa stacionaža	UPISATI	Završna stacionaža	UPISATI
Duljina lokacije	UPISATI	U naselju/ Izvan naselja	ODABRATI
Geografska širina	UPISATI	Geografska dužina	UPISATI
Karakteristika ceste	ODABRATI	Željezničko-cestovni prijelaz	ODABRATI
Regulacija prometa	ODABRATI	Rasvjeta ceste	ODABRATI
Ograničenje brzine	UPISATI	Brzina prometnog toka	UPISATI
Broj traka	UPISATI	Širina prometne trake	UPISATI
Radius zavoja	UPISATI	Širina ceste	UPISATI
Poprečni nagib	UPISATI	Uzdužni nagib	UPISATI
Okoliš	UPISATI	Koeficijent trenja	UPISATI
Vrsta habajućeg sloja	ODABRATI	Oštećenja teksture površine	ODABRATI
Oštećenja završnog sloja:	ODABRATI	Deformacije površine	ODABRATI
Pukotine	ODABRATI	Popravci	ODABRATI
Vertikalna signalizacija	ODABRATI	Horizontalna signalizacija	ODABRATI
Prometna oprema	UPISATI	Oprema za smirivanje prometa	UPISATI

Na samoj lokaciji tokom pregleda ceste potrebno je provjeriti podatke o točnoj pozicioniranosti te o karakteristikama lokacije sukladno parametrima u Tablici 15.

Prilikom popunjavanja Tablice 15, pojedini parametri zahtijevaju upis vrijednosti (PGDP, Duljina lokacije, stacionaže, širina ceste itd.) dok pojedini parametri se odabiru na temelju ponuđenih odgovora. Sukladno navedenom, u Prilogu 1 je prikazan šifarnik mogućih odgovora za parametre kod kojih se odabire jedan od ponuđenih odgovora. Osim podataka o karakteristikama lokacije koja se pregledava, potrebno je popuniti i obrazac o utjecaju pojedinih čimbenika (indikatora) na cesti i u njenom okruženju na stupanj sigurnosti cestovnog prometa.

Stupnjevi sigurnosti ocjenjuju se kroz dvije ocjene:

- Niski stupanj opasnosti – indikator nema utjecaja na stanje sigurnosti
- Visoki stupanj opasnosti – indikator potencijalno ili sigurno utječe na nastanak prometnih nesreća

TABLICA 16. INDIKATORI ZA OCJENJIVANJE STANJA SIGURNOSTI PRILIKOM PREGLEDA LOKACIJA

INDIKATOR	UTJECAJ NA SIGURNOST		OBJAŠNENJE
	NIZAK	VISOK	
Radius zavoja			Visok stupanj- nepostojanje znakova za označavanje oštrog zavoja, nije zadovoljena duljina od oko 50 m bez zapreka s unutarnje strane zavoja, neravnine i rupe na kolniku u zavoju ili njegovoj blizini
Poprečni nagib			Visok stupanj -nagib u suprotnom smjeru
Preglednost			Visok stupanj - nije zadovoljena duljina od oko 50 m bez zapreka s unutarnje strane zavoja, objekti koji zaklanjaju preglednost
Širina ceste			Visok stupanj – širina prometne trake manja od 2.75 ili veća 4.5 m, bankina nedostaje ili je manja 0.3 m
Kolnički zastor			Visok stupanj – duboke rupe na kolniku, oštećen spoj na mostu, neravnine na horizontalnim dionicama, rupe ispred zavoja isl.
Ograda			Visok stupanj – ograde bez međusobnog spoja, bez spoja sa mostom ili betonskom ogradom, bez adekvatnih završetaka i sl.
Prometni znakovi			Visok stupanj – nepostojanje prometnih znakova u opasnim situacija, nevidljivost zbog prepreka, postavljanje na neadekvatnoj visini i sl.
Oznake na kolniku			Visok stupanj – nepostojanje središnje linije i rubnih linija
Odvodnja vode			Visok stupanj – neadekvatno postavljena drenaža ceste
Putokazi			Visok stupanj – postavljanje na neadekvatnoj visini
Okoliš			Visok stupanj – raslinje zaklanja pogled na prometne znakove
Osvjetljenje			Visok stupanj – nepostojanje rasvjetnih stupova na raskrižju
Odron kamenja			Visok stupanj – nepostojanje zaštitne žičane mreže
Parkirana vozila			Visok stupanj - vozila nepropisno parkirana uz cestu

Indikatori koji su nužni za ocjenjivanje prilikom pregleda lokacije prikazani su u Tablici 16 uz popratna objašnjenja dodjeljivanja stupnjeva opasnosti koja su objašnjena u poglavlju 7. Uz navedene obrasce prilikom pregleda lokacije potrebno je istu fotografirati, prikazati lokaciju kartografskim prikazom te opisati uočene nedostatke na cesti, prometnim znakovima, opremi i signalizaciji. Budući da ova vrsta pregleda zahtijeva detaljnu analizu, potrebno je koristiti obrazac koji će obuhvatiti sve potrebne aktivnosti pri pregledu lokacije opasnog mjesta. U tu svrhu u Prilogu 2 je prikazan cjelokupan Obrazac za pregled opasnog mjesta.

Ukoliko se poslije pregleda utvrdi da će se broj prometnih nesreća smanjiti određenim prometno – tehničkim zahtjevima, lokacija se potvrđuje kao identificirano opasno mjesto.

Nakon potvrde identifikacije opasnog mjesta, slijedeći korak je definiranje mjera sanacije koje će maksimalno smanjiti broj prometnih nesreća i povećati razinu prometne sigurnosti. U cilju valoriziranja mjera sanacije, potrebno je provesti analizu koliko će provedene mjere biti isplative. Analiza mora obuhvatiti izračune prikazane u poglavlju 9 na temelju kojih će mjere sanacije sa najvećim omjerom između ekonomske koristi i troškova predstavljati i najpovoljnije rješenje.

Nakon procesa sanacije potrebno je provesti evaluaciju u kojoj se, pomoću ispitivanja prikazanih u poglavlju 10, procjenjuje uspješnost poduzetih mjera sanacije.

12. Osnovne preporuke programskog rješenja za implementaciju metodologije identifikacije opasnih mjesta

Obzirom na princip rada, za identifikaciju opasnih mjesta putem definirane metodologije potrebno je koristiti programsko rješenje koje će omogućiti jednostavniji i kvalitetniji način rada.

Osnovne preporuke za programsko rješenje su:

1. Mogućnost implementacije podataka iz baze podataka o prometnim nesrećama koju posjeduje Ministarstvo unutarnjih poslova.
2. Posjedovanje detaljne karte sa svim cestama na kojima upravitelj ceste želi provoditi identifikaciju opasnih mjesta.
3. Posjedovanje podataka o karakteristikama cesta (PGDP, PLDP...) na navedenoj karti.
4. Mogućnost pozicioniranja lokacije prometne nesreće u programu, ukoliko se utvrdi da lokacija iz baze podataka nije točna.
5. Osigurati točnu pozicioniranost lokacija prometnih nesreća prema različitim kategorijama posljedica prometnih nesreća (npr. crvena točka za prometnu nesreću sa poginulom osobom, plava točka za prometnu nesreću sa teško ozlijeđenom osobom, zelena točka za prometnu nesreću sa lako ozlijeđenom osobom i žuta točka za prometnu nesreću sa materijalnom štetom)
6. Definirati modul u kojem će biti moguće:
 - Pregled podataka prema različitim cestama i dionicama.
 - Odabir vrste segmenta ceste (raskrižje, cesta u pravcu, mostovi, kružni tokovi, cesta u zavoju, tuneli). Ponuditi i opciju za kompletnu cestu bez obzira na različite segmente.
 - Za opciju cesta u pravcu, zavoj i kompletna cesta ponuditi opciju dužine odsječka u metrima (od-do).
 - Unos vremenskog razdoblja (omogućiti odabir između 3, 4 ili 5 godina)
 - Odabir kategorije vozila sukladno kategorijama vozila za koje Upravitelj ceste posjeduje podatke o PGDP-u i prometnim nesrećama (Opcionalno)

Implementirati izračun Stope prometnih nesreća i Kritične razine nastanka prometnih nesreća sukladno poglavlju 5. za:

- Ukupan broj prometnih nesreća
- Broj prometnih nesreća sa ozlijeđenim osobama

- Broj prometnih nesreća sa poginulim osobama

Rezultate identifikacije opasnih mjesta prikazati sukladno parametrima prikazanim u tablicama 10, 11 i 12.

7. Omogućiti rangiranje identificiranih opasnih mjesta prema posljedicama kako je to prikazano u Tablici 13. i popratnom objašnjenju.
8. Mogućnost rangiranja identificiranih opasnih mjesta prema drugim parametrima prikazanim u poglavlju 6.1.
9. Generiranje obrasca za pregled opasnog mjesta (prilog 2.) sa popunjenim podacima poznatim u trenutku generiranja obrasca.
10. Popunjavanje obrasca na samoj lokaciji opasnog mjesta putem aplikacije te implementacija fotografija i video zapisa sa pregledane lokacije.

Program osim navedenih preporuka mora sadržavati detaljnu bazu podataka svih implementiranih prometnih nesreća ali i opasnih mjesta sa mogućnošću njihovog prikaza na karti prema različitim parametrima

13. Zaključak

Sigurnost korisnika u cestovnoj prometnoj mreži, jedan je od osnovnih zahtjeva prometnog sustava. Osnovni pokazatelj stanja sigurnosti u cestovnoj prometnoj mreži je broj prometnih nesreća te njihove posljedice. Prema domaćim i međunarodnim iskustvima, proces identifikacije i sanacija opasnih mjesta jedan je od najučinkovitijih načina povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

U svrhu pozicioniranja postojeće metodologije, detaljno su opisane najbolje smjernice u procesu upravljanja opasnim mjestima te je postojeća metodologija Republike Hrvatske prikazana u odnosu na preporuke znanstveno – stručne literature. Analizirane su metodologije drugih europskih zemalja te su objašnjeni kriteriji i njihov način funkcioniranja pri identifikaciji opasnih mjesta.

Na temelju provedenih analiza, predložen je cjeloviti model identifikacije opasnih mjesta temeljen na međunarodnom iskustvu i znanstveno – stručnoj literaturi primjenjiv za Republiku Hrvatsku koji bi trebao omogućiti identifikaciju stvarnih opasnih mjesta i njihovo rangiranje prema različitim parametrima. Cilj ovako postavljenog modela je omogućiti uvid u stvarna opasna mjesta te anulirati ona lažna ali i racionalizirati troškove sanacije relevantnom identifikacijom i rangiranjem opasnih mjesta.

Osnovna prednost navedenog modela je što ima dinamički postavljene kriterije koji djeluju ovisno o stanju sigurnosti i opterećenosti promatrane ceste. Na takav način omogućeno je statističko ispitivanje svake lokacije na kojoj se dogodila bar jedna prometna nesreća u odnosu na duljinu ceste, ukupan broj prometnih nesreća i prometno opterećenje. Navedenim procesom, opasna mjesta se rangiraju s obzirom na kritičnu razinu nastanka prometnih nesreće čime se omogućuje relevantniji uvid u stanje na terenu te se lakše donosi odluka o prioritetima pri pregledu opasnih mjesta.

Konačna potvrda identifikacije opasnog mjesta donosi se tek nakon pregleda identificiranog mjesta čime se smanjuje mogućnost od identificiranja tzv. lažnih opasnih mjesta. U cilju jasnijeg i lakšeg pregleda opasnih mjesta u sklopu ove metodologije napravljen je i kontrolni obrazac koji se može koristiti prilikom pregleda potencijalno opasnih mjesta.

Kroz procjenu gospodarskih učinaka različitih mjera sanacije, omogućeno je vrednovanje različitih mjera sanacije čime se upravitelju ceste omogućuje odabir najpovoljnijeg rješenja koje bi ujedno omogućilo najveće moguće povećanje sigurnosti u cestovnoj prometnoj mreži.

Na kraju, opisani su postupci pri evaluaciji i praćenju učinaka sanacije kako bi se mogla analizirati uspješnost provedenog procesa identifikacije i sanacije.

Literatura

1. Sørensen, M., Elvik, R.: *Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks – Best Practice Guidelines and Implementation Steps*, Oslo, Norway (2008)
2. Šarić, Ž.: *Model identifikacije opasnih mjesta u cestovnoj prometnoj mreži*, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti (2014)
3. Sørensen, M.: *Best Practice Guidelines on Black Spot Management and Safety Analysis of Road Networks*, Oslo, Norway (2007)
4. Elvik, R.: *State-of-the-art approaches to road accident black spot management and safety analysis of road networks*, Oslo (2007)
5. Dadić, I., Horvat, R., Ševrović, M., Jovanović, B.: *Problems and Solutions in Logging of Traffic Accidents Location Data*, Road Accidents Prevention 2012, Faculty of Technical Sciences Novi Sad, Novi Sad, Srbija (2012)
6. Way, H., Yannis, G., Evgenikos, P., Ntua, A.C., Broughton, J., Lawton, B., Trl, L.W., Hoeglinger, S., Leitner, T., Kfv, A.A., Swov, N.B.: *D.1.14 CADaS - The Common Accident Data Set* (2008)
7. Piarc: *Road accident investigation guidelines for road engineers*, dostupno na: http://www.who.int/roadsafety/news/piarc_manual.pdf
8. Cardoso, J., Stefan, C., Elvik, R., Sorensen, M.: *Road Safety Inspections : best practice and implementation plan* (2008)
9. Cafiso S., Cava G. La, Montella A., P.G.: *Operative Procedures for Safety Inspections on Two-Lane Rural Roads*, str. 61 (2006)
10. Hrvatske ceste: *Metodologija pristupa sigurnosti prometa* (2004)
11. Smjernice Republike Austrije za identifikaciju i sanaciju opasnih mjesta (RVS 02.02.21)
12. Smjernica za razvrstavanje cestovne mreže s obzirom na sigurnost (NSM), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015
13. Direktiva 2008/96 EC Europskog parlamenta i Vijeća, o sigurnosti cestovne infrastrukture, Službeni list EU, L 319/61, od 19.11.2008
14. Korzhenevych, A. et al: *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, European Commission – DG Mobility and Transport, Final Report Ricardo-AEA, 2014.
15. Bickel, P. et al.: *Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment – HEATCO Deliverable 5*, European Commission, 2006.
16. McMahon, K., Dahdah, S.: *The true cost of road crashes valuing life and the cost of a serious injury*, International Road Road Assessment Programme, 2008
17. International Transport Forum: *IRTAD Road Safety Annual Report 2016*, OECD Publishing, Paris, 2016.

Prilozi

PRIOLOG 1. ŠIFRARNIK ZA UPIS OSNOVNIH PODATAKA O CESTI

Kategorija ceste	Vrsta raskrižja
1. Autocesta	1. T - raskrižje
2. Državna cesta	2. Y - raskrižje
3. Županijska cesta	3. Četverokrako raskrižje
4. Lokalna cesta	4. Kružni tok
5. Nerazvrstana cesta	5. Raskrižje izvan razina (čvorište)
Regulacija Prometa	6. Zavoj
1. Prometni znakovi	7. Ravni cestovni potez
2. Ovlaštena službena osoba	8. Pješački prijelaz
3. Pravila prometa	9. Most
4. Semafor – uključen	10. Podvožnjak
5. Semafor – treptavo žuto	11. Nadvožnjak
6. Semafor - isključen	12. Tunel
Rasvjeta ceste	13. Ostalo
1. Nema	Vertikalna/horizontalna signalizacija
2. Ima – u funkciji	1. Dobra
3. Ima – nije u funkciji	2. Oštećena
Oštećenja završnog sloja	3. Loša
1. Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja	4. Nema je
2. Udarne rupe/zakrpe	5. Zaklonjena
3. Nema	Popravci
Deformacije površine	1. Mjestimično uklanjanje i zamjena slojeva kolničke konstrukcije
1. Valovanje	2. Nema
2. Boranje	Pukotine
3. Kolotraženje	1. Mrežaste
4. Klizanje	2. Uzdignute
5. Bočno istiskivanje	3. Poprečne
6. Lokalna uleknuća	4. U tragovima kotača
7. Slijeganje ruba kolnika	5. Otvoreni radni spojevi
8. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja	6. Uslijed slijeganja
9. Nema	7. Uz rub kolnika
Željezničko cestovni prijelaz	8. Nema
1. Ne	Oštećenja teksture površine
2. Fizički zaštićen - otvoren	1. Zaglađena (polirana) površina
3. Fizički zaštićen - zatvoren	2. Izbijanje bitumenskog veziva
4. Svjetlosna signalizacija ispravna	3. Trošenje
5. Svjetlosna signalizacija neispravna	4. Nema

PRILOG 2. OBRAZAC PRILIKOM PREGLEDA OPASNOG MJESTA

Poslovna jedinica					
Tehnička ispostava		Datum pregleda			
1. OSNOVNI PODACI O CESTI					
Kategorija ceste					
Broj ceste		Dionica			
Početna stacionaža		Završna stacionaža			
Duljina lokacije		U naselju/ Izvan naselja			
Geografska širina		Geografska dužina			
Vrsta raskrižja		PGDP			
Regulacija prometa		Osvjetljenje ceste			
Ograničenje brzine		Brzina prometnog toka			
Broj traka		Širina prometne trake			
Radijus zavoja		Širina ceste			
Poprečni nagib		Uzdužni nagib			
Klasa zaštitne ograde		Koeficijent trenja			
Vrsta kolničkog zatora		Stanje kolničkog zatora			
2. PODACI O PROMETNIM NESREĆAMA					
Godina		2013	2014	2015	Ukupno
Broj prometnih nesreća	S poginulim osobama				
	S ozlijeđenim osobama				
	S materijalnom štetom				
	Ukupno				
Broj nastradalih osoba	Lako ozlijeđenih osoba				
	Teško ozlijeđenih osoba				
	Poginulih osoba				
	Ukupno				
3. KARTOGRAFSKI PRIKAZ LOKACIJE					

4. KOLIZIJSKI DIJAGRAM

--

5. UTJECAJ POJEDINIH ELEMENATA NA SIGURNOST ODVIJANJA PROMETA

INDIKATOR	UTJECAJ NA SIGURNOST		NAPOMENA
	NIZAK	VISOK	
Radijus zavoja			
Poprečni nagib			
Preglednost			
Širina ceste			
Kolnički zastor			
Ograda			
Prometni znakovi			
Oznake na kolniku			
Odvodnja vode			
Putokazi			
Okoliš			
Osvjetljenje			
Odron kamenja			
Parkirana vozila			

6. OPIS UOČENIH NEDOSTATAKA NA CESTI, ZNAKOVIMA, SIGNALIZACIJI I OPREMI CESTE

--

7. FOTOGRAFIJE LOKACIJE

--	--

--	--

--	--

8. PRIJEDLOG MJERA ZA SANACIJU

--

9. NAPOMENA

--

Opasno mjesto potvrđeno: **DA** **NE**

Procijenjena vrijednost sanacije (bez PDV-a)

kuna

Izradio

Potpis