

# Utvrđivanje veze između retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima

---

Dumbović, Nikola

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:462996>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-16**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Nikola Dumbović**

**UTVRĐIVANJE VEZE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA  
NA KOLNIKU I UČESTALOSTI NASTANKA PROMETNIH  
NESREĆA U NOĆNIM UVJETIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2021.**

Zagreb, 5. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**  
Predmet: **Prometna signalizacija**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 6403

Pristupnik: **Nikola Dumbović (0135246430)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

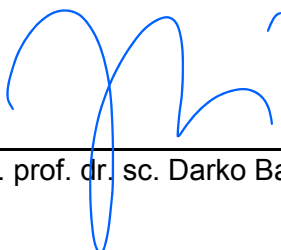
Zadatak: **Utvrđivanje veze između retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima**

### Opis zadatka:

Oznake na kolniku predstavljaju jedan od osnovnih elemenata cestovne infrastrukture. Osnovni cilj oznaka na kolniku usmjeren je na upozoravanje, vođenje i informiranje vozača te reguliranje prometa na optimalan način. No da bi oznake mogle izvršavati svoju funkciju, one moraju zadovoljavati minimalne propisane zahtjeve kvalitete koji se prvenstveno odnose na njihovu vidljivost u noćnim uvjetima. Naime, u noćnim uvjetima vozači imaju znatno manje dostupnih vizualnih informacija iz okoline zbog čega je njihovo vidno polje suženo i skraćeno, a percepcija boja, tekstura, oblika i pokreta umanjena. Upravo u navedenim uvjetima, oznake na kolniku ocrtavaju konture ceste te pružaju nužno vizualno vođenje sudionicima u prometu.

Kako kvaliteta oznaka na kolniku s vremenom degradira, odnosno njihova vidljivost se umanjuje, narušava se i kvaliteta vizualnog vođenja što može dovesti do povećanja broja prometnih nesreća. Zadatak diplomskog rada obuhvaća analizu prikupljenih podataka o vrijednostima retrorefleksije na pojedinim državnim cestama u Republici Hrvatskoj i broja prometnih nesreća s obzirom na posljedice i uvjete vidljivosti te njihovu međusobnu ovisnost. Analizom prikupljenih podataka utvrdit će se postojanje veze i utjecaja između retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti, odnosno broja prometnih nesreća.

Mentor:



---

izv. prof. dr. sc. Darko Babić

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

**Sveučilište u Zagrebu**  
**Fakultet prometnih znanosti**

**DIPLOMSKI RAD**

**UTVRĐIVANJE VEZE IZMEĐU RETROREFLEKSIJE OZNAKA  
NA KOLNIKU I UČESTALOSTI NASTANKA PROMETNIH  
NESREĆA U NOĆNIM UVJETIMA**

**DETERMINING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE  
RETROREFLECTION OF ROAD MARKINGS AND THE  
FREQUENCY OF TRAFFIC ACCIDENTS DURING NIGHT-  
TIME**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Darko Babić**

**Student: Nikola Dumbović**

**JMBAG: 0135246430**

**Zagreb, rujan 2021.**

## **SAŽETAK**

Oznake na kolniku predstavljaju horizontalnu prometnu signalizaciju koja korištenjem i kombinacijom crta, natpisa i simbola oblikuje prometnu površinu. Njihova je osnovna svrha vizualno vođenje i upozoravanje sudionika u prometu osiguravajući im pravovremeno uočavanje prometne situacije na svakom dijelu prometnice. Posebno je važno da su oznake na kolniku jasno i dovoljno vidljive u noćnim i uvjetima slabe vidljivosti što dodatno povećava razinu sigurnosti u prometu. Vidljivost oznaka na kolniku postiže se retroreflektirajućim materijalima, odnosno staklenim perlama. Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi vezu između kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima. U detaljnoj analizi obrađeni su podaci o prometnim nesrećama koje su se dogodile u noćnim uvjetima s vrstom i posljedicama prometnih nesreća, stanjem površine kolnika i retrorefleksijom oznaka na kolniku. Dobivenim rezultatima potvrđena je pretpostavka kako se smanjenjem vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku, ali i uz djelovanje drugih čimbenika smanjuje njihova vidljivost što u konačnici može dovesti do povećanja broja prometnih nesreća uzrokovanih slijetanjem vozila s kolnika i udarom vozila na/u objekt kraj/na cesti.

Ključne riječi: Oznake na kolniku, retrorefleksija, razina sigurnosti, prometne nesreće

## **SUMMARY**

Road markings represent horizontal signalling which by using and combining lines, inscriptions and symbols shape the traffic area. The main purpose is to visually guide and warn traffic participants ensuring them timely observation of the traffic situation on every part of the road. It is especially important that the road markings are clearly and sufficiently visible at night and in low visibility conditions which further increases the level of traffic safety. The visibility of the road markings is achieved by retroreflective materials, that is glass beads. The aim of this thesis is to determine the relationship between the quality of retroreflection of road markings and the frequency of traffic accidents during night-time. In a detailed analysis, the data of traffic accidents that occurred during night-time with the type and consequences of traffic accidents, the condition of the road surface and the retroreflection of road markings were processed. The obtained results confirmed the assumption that reducing the value of retroreflection of markings on the road, but also with the action of other factors reduces their visibility, which may ultimately lead to an increase in traffic accidents caused by vehicles landing from the road and hitting on/into the object near/on the road.

Keywords: Road markings, retroreflection, level of traffic safety, traffic accidents

## SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA.....	3
2.1.	Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa.....	4
2.2.	Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	5
2.3.	Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	6
2.4.	Promet na cesti kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	7
2.5.	Incidentni čimbenik kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	7
3.	OZNAKE NA KOLNIKU KAO ELEMENT CESTOVNE INFRASTRUKTURE .....	8
3.1.	Podjela oznaka na kolniku .....	8
3.1.1.	Uzdužne oznake na kolniku .....	9
3.1.2.	Poprečne oznake na kolniku .....	12
3.1.3.	Ostale oznake na kolniku.....	15
3.2.	Karakteristike oznaka na kolniku .....	17
3.3.	Materijali za izradu oznaka na kolniku.....	20
3.3.1.	Boje kao materijal za oznake na kolniku.....	20
3.3.2.	Plastični materijali za izvođenje oznaka na kolniku .....	20
3.3.2.1.	Termoplastika .....	21
3.3.2.2.	Hladna plastika.....	22
3.3.3.	Trake za izvođenje oznaka na kolniku .....	22
3.4.	Čimbenici koji utječu na vidljivost oznaka.....	23
3.4.1.	Dizajn oznaka na kolniku .....	23
3.4.2.	Vremenski uvjeti i uvjeti na cestama .....	24
3.4.3.	Tip vozila i kvaliteta svjetala .....	27
3.4.4.	Stanje vozača .....	27
3.4.5.	Kvaliteta retroreflektirajućeg materijala .....	28
3.4.6.	Način izvođenja oznaka.....	30
3.5.	Ispitivanje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku.....	31
3.5.1.	Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku .....	31
3.5.2.	Dinamičko ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku.....	32

4. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA VEZANIH UZ UTJECAJ RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA .....	33
5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA .....	36
6..... ANALIZA UTJECAJA RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I UČESTALOSTI NASTANKA PROMETNIH NESREĆA U NOĆNIM UVJETIMA .....	38
7. ZAKLJUČAK .....	47
LITERATURA.....	49
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA.....	52

## 1. UVOD

Cestovni promet predstavlja jedan od glavnih načina prijevoza ljudi i stvari. Svakodnevnim povećanjem broja vozila kao i sudionika u prometu, povećava se i mogućnost nastanka prometnih nesreća. Prometne nesreće predstavljaju jedan od deset glavnih uzroka smrti, u njima godišnje smrtno stradava 1,35 milijuna ljudi. Na cestama u Republici Hrvatskoj od 2015. - 2021. godine dogodilo se 190.577 prometnih nesreća od kojih je u 129.966 nastala samo materijalna šteta dok je u njih 60.611 nastradalo 82.974 osobe. Od nastradalih osoba u prometnim nesrećama je 1.837 poginulih, a 81.137 ozlijeđenih [1]. Najčešće vrste prometnih nesreća predstavljaju sudari iz suprotnih smjerova, slijetanje vozila s ceste, bočni sudari, nalet na pješaka, udar vozila na/u objekt kraj/na cesti i ostali. Od svih vrsta, najveći broj prometnih nesreća s poginulima i teže ozlijeđenim osobama čine slijetanja vozila s ceste, dok je udar vozila na/u objekt kraj/na cesti na osmom mjestu [2].

Sigurnost cestovnog prometa predstavlja globalni problem te iz tog razloga suvremene strategije sigurnosti cestovnog prometa podrazumijevaju interdisciplinarni i proaktivni pristup koji obuhvaća nekoliko glavnih segmenata. Neki od segmenata djelovanja su sigurna brzina, vožnja bez utjecaja alkohola, droga i lijekova, sigurna vožnja, zaštita u vozilu, prevencija distrakcije vozača, kao i sigurna prometna infrastruktura [2]. Prometna infrastruktura zauzima značajno mjesto u prevenciji nastanka prometnih nesreća, a značajno mjesto u njoj zauzima prometna signalizacija. Prometna signalizacija predstavlja prometne znakove, oznake na kolniku kao i svu ostalu opremu na cesti i uz cestu. Signalizacijom se sudionike u prometu obaviještava o stanju u prometu, zabranama, ograničenjima, obvezama, opasnostima, te informira o smjeru kretanja. Jedan od bitnih dijelova prometne signalizacije predstavljaju oznake na kolniku koje mogu biti izvedene kao crte, natpisi, simboli kojima se oblikuju i zatvaraju prometne površine. Njihova uloga najveća je u uvjetima slabije vidljivosti, odnosno u sumraku, noći te svitanju kada je vozačima vidno polje ograničeno svjetlima automobila. One vozača upozoravaju na opasna mjesta i vode ga duž prometnu mrežu stvarajući kontrast između kolnika i samih oznaka te tako jasno prikazuju prometnu situaciju. Da bi se promet odvijao što kvalitetnije, oznake moraju imati zadovoljavajuću kvalitetu retrorefleksije kojom se postiže bolja uočljivost samih oznaka, stoga je vrlo bitno ispitivanje oznaka na kolniku kao i njihovo obnavljanje ukoliko one ne zadovoljavaju propisane vrijednosti.

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi vezu između kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku i frekvencije nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima, odnosno utvrditi da li je kvaliteta retrorefleksije bitno utjecala na nastanak i broj prometnih nesreća na cestama Republike Hrvatske. Rad je podijeljen na sedam poglavlja koja obuhvaćaju:

### 1. Uvod



2. Čimbenike koji utječu na sigurnost cestovnog prometa
3. Oznake na kolniku kao element cestovne infrastrukture
4. Pregled dosadašnjih spoznaja vezanih uz utjecaj retrorefleksije oznaka na kolniku na sigurnost cestovnog prometa
5. Metodologiju istraživanja
6. Analizu utjecaja retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima
7. Zaključak

U drugom poglavlju opisani su čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa od kojih su glavna tri čovjek, vozilo i cesta. Oni bitno utječu na sigurnost prometa kako sami za sebe tako i u kombinaciji jedni sa drugima gdje se njihovim lošim karakteristikama povećava mogućnost nastanka, ali i posljedice prometnih nesreća.

U trećem poglavlju detaljnije su opisane oznake na kolniku od vrsta oznaka, materijala od kojih se izrađuju do načina njihove aplikacije na prometne površine. Njihova primjena u prometu bitno povećava sigurnost i bez njih bi se promet vrlo teško odvijao na nekoj sigurnoj razini.

Pregledom dosadašnjih istraživanja vezanih uz utjecaj retrorefleksije oznaka na kolniku na sigurnost cestovnog prometa utvrdilo se povećanje sigurnosti prometa. Same oznake bitno doprinose boljem uočavanju prometne situacije ispred vozila odnosno vozača što dovodi do pravovremenog i kvalitetnog reagiranja na novonastalu situaciju.

Metodologijom istraživanja prikazan je način prikupljanja podataka te obrade istih kako bi se dobila što bolja slika o važnosti oznaka na kolniku, odnosno njihovoj kvaliteti retrorefleksije. Retrorefleksijom se omogućava da oznake na kolniku budu uočljive i u uvjetima slabije vidljivosti gdje se uočljivost postiže korištenjem umjetnog izvora svjetlosti.

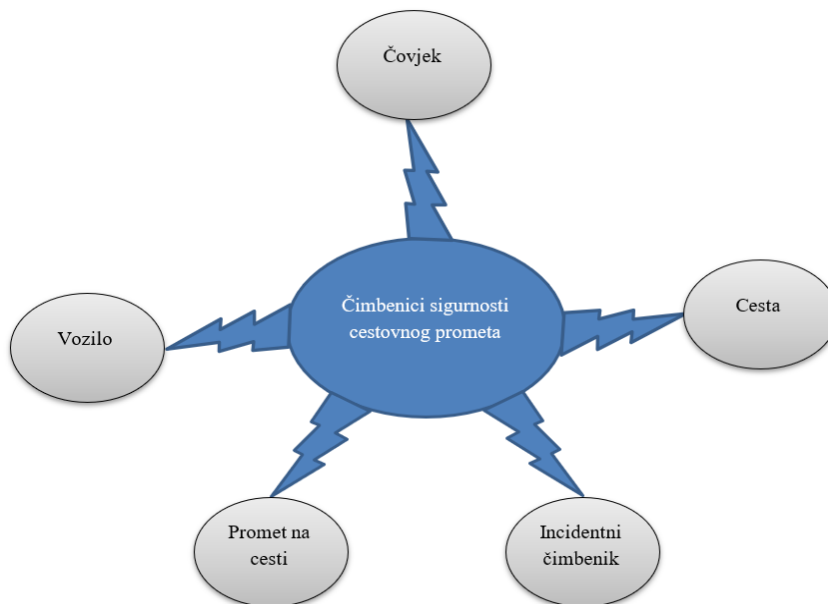
U analizi utjecaja retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima prikazan je detaljan utjecaj retrorefleksije na nastanak prometnih nesreća, u kojoj mjeri i koliko je bitna kvalitetna retrorefleksija te podaci koji prikazuju koliki se udio prometnih nesreća dogodio na mjestu gdje je oznaka na kolniku zadovoljavala koeficijent retrorefleksije, a koliki na mjestima gdje nije.

Zaključak ovog rada prikazuje detaljnu analizu cijelog istraživanja gdje su prikazane sve činjenice o važnosti kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku, odnosno koliko je i u kojoj mjeri retrorefleksija bitna vozaču u noćnim uvjetima vožnje.

## 2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Promet predstavlja kretanje osoba, vozila i drugih prijevoznih sredstava čijim sudjelovanjem u prometu dolazi do brojnih konfliktnih situacija prilikom kojih je moguć nastanak prometnih nesreća. One, nažalost dovode do brojnih neželjenih posljedica, društvenih ali i finansijskih gubitaka. Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta [3].

Na nastanak prometnih nesreća utječu brojni čimbenici zbog kojih se iste mogu dogoditi. Tako čovjek može uzrokovati prometnu nesreću svojim pogreškama i psihofizičkim stanjem. Vozilo svojom ispravnošću i tehničkim karakteristikama može utjecati na smanjenu mogućnost nastanka nesreća te ukoliko već dođe do prometne nesreće svojom konstrukcijom ublažiti njene posljedice. Cesta svojim nepravilno projektiranim i izvedenim elementima utječe na dinamiku kretanja u različitim uvjetima vožnje, dok promet na cesti može preventivno djelovati na nastanak prometnih nesreća. Incidentni čimbenik kao takav zbog svoje iznenadne pojave predstavlja rizik koji se ne može predvidjeti, a može uzrokovati prometnu nesreću [4].



Slika 1. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa

*Izvor: Prilagođeno prema [4]*

Djelovanjem jedog od čimbenika ili njihovim međusobnim preplitanjem dolazi do značajne mogućnosti nastanka prometne nesreće. Svaki od navedenih čimbenika zbog svojih mana u jednom trenutku može dovesti do prometne nesreće. Samim time što mogu dovesti do prometne nesreće ovi čimbenici direktno utječu na sigurnost cestovnog prometa.

## **2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa**

Čovjek je jedan od bitnih čimbenika sigurnosti cestovnog prometa. On svojim obrazovanjem, prometnom kulturom i postupcima u prometu direktno utječe na odvijanje prometnog toka. Ukoliko vozač ne poštuje prometna pravila i propise, namjerno izaziva štetne događaje svojim postupcima i nepoštivanjem drugih sudionika velika je vjerojatnost nastanka prometne nesreće te po imovinu i ljude štetnih događaja. Najveći problem čovjeka kao čimbenika je njegovo psihološko stanje, ono ovisi o tome hoće li se on pridržavati pravila i propisa. Usprkos kaznama čovjek i dalje krši ograničenja brzina, prednosti prolaska i ostale propise kojima se bitno narušava sigurnost cestovnog prometa. Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u cestovnom prometu utječu osobne značajke vozača, psihofizička svojstva te obrazovanje i kultura [4].

Osobne značajke vozača razlikuju se od osobe do osobe, to je ono što svakog čovjeka kao sudionika u prometu razlikuje jednog od drugog. Svaki čovjek kao vozač ima određeno znanje i vještine vožnje, kod nekih osoba ono je kvalitetnije i takve osobe se bolje snalaze u prometu, dok je kod nekih lošije i vrlo često svojim postupcima te osobe prouzroče neki neželjeni događaj. Vozač svojim postupcima u prometu može pridonijeti sigurnijem odvijanju prometnog toka pažljivim kretanjem i bez korištenja uređaja koji mu ometaju pažnju.

Psihofizička svojstva vozača utječu na njegove reakcije i ponašanje u prometu, organima osjeta koji podražuju živčani sustav nastaju osjeti vida, sluha, mirisa, ravnoteže koji vozaču pomažu prilikom kretanja u prometu. Svi ti osjeti bitni su za sigurno odvijanje prometa, osjetom vida vozač pravovremeno uočava prometnu situaciju ispred i oko sebe te na vrijeme može sigurno reagirati. Kod osjeta vida veoma je bitno razlikovanje boja, koje se u prometu koriste kako za upozoravanje tako i za obavješćavanje sudionika o opasnostima, smjeru kretanja i ostalim bitnim situacijama u prometu. Ostali osjeti su također veoma bitni jer informacijama koje prikupljaju pomažu vozaču kako bi njegove odluke i postupci bili najbolji mogući te kako bi se što sigurnije kretao u prometnom toku [5].

Psihomotoričke osobnosti vozača omogućuju uspješno izvođenje pokreta koji zahtijevaju brzinu, preciznost kao i usklađen rad raznih mišića. Prilikom upravljanja vozilom bitne su brzina reagiranja, izvođenja pokreta te sklad pokreta i opažanja kojima se pravovremeno može izbjeći neželjeni događaj i povećati sigurnost u prometu. Vrijeme reagiranja vozača je vrijeme od pojave neke iznenadne situacije u prometu do trenutka kada vozač na neki način reagira ono ovisi o starosti vozača, koncentraciji, umoru, brzini vožnje, složenosti prometne situacije, klimatskim uvjetima i drugim fizičkim i psihičkim osobinama vozača. Psihomotoričke sposobnosti vozača mogu biti

narušene zbog umora, konzumiranja alkohola, droga, lijekova kojima se povećava rizik od nastanka prometne nesreće [4].

## **2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa**

Drugi čimbenik sigurnosti cestovnog prometa je vozilo, ono svojom ispravnošću kao i tehničkim karakteristikama doprinosi sigurnosti prometa na cestama. Ispravni aktivni i pasivni elementi vozila u mogućnosti su preventivnog djelovanja protiv nastanka prometne nesreće koju je uzrokovalo vozilo.

Aktivni elementi sigurnosti vozila su oni elementi koji svojim djelovanjem i ispravnošću sprječavaju nastanak prometne nesreće, a u njih se mogu ubrojiti: upravljački mehanizam, kočnice, gume, svjetlosni i signalni uređaji, konstrukcija sjedala, uređaji za povećavanje vidnog polja vozača, uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila, spojleri, buka i vibracije. Svjetlosni i signalni uređaji na vozilu posebno su važni za sigurnost prometa u noćnim i uvjetima slabije vidljivosti, ne samo što vozaču osvijetljavaju put, nego služe i za označavanje vozila kao i davanje signala drugim vozačima o namjerama u prometu. Ispravnost upravljačkog mehanizma bitna je kako bi vozač svojim pokretima volanom precizno mogao kontrolirati vozilo, ono je jedan od najvažnijih mehanizama koji izravno utječu na mogućnost nastanka prometne nesreće. Kočnice su bitne kako za usporavanje tako i za zaustavljanje vozila u prometu, njihova je uloga u prometu veoma bitna i njihova ispravnost bitno povećava sigurnost prometa na cestama. Ostali uređaji kao što su uređaji za povećanje vidnog polja vozača su vjetrobranska stakla i retrovizori koja da bi služila svrsi moraju u svakom trenutku biti čista, uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila omogućuju vozaču ugodnu vožnju što također utječe na njegovo ponašanje i reakcije u vožnji.

Pasivni elementi sigurnosti vozila služe da ukoliko već dođe do prometne nesreće smanje posljedice istih, tu se ubrajaju karoserija vozila, vrata, nasloni za glavu, sigurnosni pojasevi, položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora, odbojnici te sigurnosni zračni jastuci [4]. Svi ovi elementi na svoj način pridonose ublažavanju posljedica prometnih nesreća preuzimanjem dijela energije koja se oslobađa u trenutku prometne nesreće. Uloga pasivnih elemenata sigurnosti u prometu je da povećaju sigurnost vozača i ostalih putnika u vozilu nakon što se već dogodila materijalna prometna nesreća kako ne bi došlo do teških tjelesnih ozlijeđa kao i smrtnih stradanja.

Loša vidljivost, sumrak i loši vremenski uvjeti smanjuju vidljivost ispred samog vozila što dovodi do prekasnog uočavanja drugih vozila. Posebnu opasnost predstavlja prekasno uočavanje teretnih odnosno dugih vozila, koje se može izbjeći konturnim markiranjem vozila te se tako povećati vidljivost vozila u svim vremenskim uvjetima [6]. Prema istraživanju Zavoda za prometno-tehnička vještačenja, Fakulteta prometnih znanosti utvrđeno je kako će vozilo koje ima retroreflektirajuće oznake visoke uočljivosti postati vidljivo na 225 m na cesti gdje ne postoji javna rasvjeta, dok će vozilo koje nema retroreflektirajuće oznake postati vidljivo vozaču tek na 125 m. Prema ovom istraživanju uz brzinu vožnje od 80 km/h vozač ne bi uspio zaustaviti vozilo prije

naleta na teretno vozilo koje nema retroreflektirajuće oznake, već bi na njega naletio s brzinom od 32 km/h [6].

### **2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa**

Cesta sa svojim popratnim elementima je jedan od značajnih uzročnika prometnih nesreća. Cestu kao čimbenika sigurnosti cestovnog prometa obilježavaju trasa ceste, tehnički elementi ceste, stanje kolnika, oprema ceste, rasvjeta ceste, križanja, utjecaj bočnih zapreka te održavanje ceste [4]. Nepravilno projektirana, neadekvatno održavana i opremljena cesta predstavlja veliki problem za sigurnost cestovnog prometa. Elementi ceste moraju biti zadovoljavajuće izvedeni kako bi se promet na njima odvijao bez velikih problema, njen nagib, horizontalni i vertikalni zavoji moraju biti pravilno izvedeni kako ne bi došlo do velikih problema prilikom kretanja istom. Nagib ceste mora biti kvalitetno izveden kako se prilikom kišnih oborina voda ne bi zadržavala na kolniku i prouzročila nastanak tzv. vodenog klina koji nastaje prilikom nailaska vozila na tanak sloj vode koju njegove gume ne mogu istisnuti pa dolazi do proklizavanja odnosno nekontroliranog kretanja vozila [7]. Mali radijus horizontalnih i vertikalnih zavoja smanjuju sigurnost vožnje i mogu dovesti do slijetanja vozila s kolnika odnosno iznenadne pojave opasnosti na kolniku.

Prometna signalizacija podrazumijeva prometne znakove, oznake na kolniku i ostalu opremu na cesti i uz cestu kojima se sudionika u prometu upozorava na moguće prepreke i opasna mjesta, obavještava o ograničenjima, obvezama i zabranama u prometu, informira o pojedinim mjestima te regulira promet uspostavljanjem harmoniziranog i kontinuiranog prometnog toka. Bitan dio prometne signalizacije predstavljaju oznake na kolniku koje se mogu definirati kao skup crta, natpisa i simbola za oblikovanje i zatvaranje prometne površine. Oznake na kolniku svoju najveću ulogu imaju tijekom noći i u uvjetima slabije vidljivosti davajući sudionicima u prometu informacije bitne za sigurno prometovanje. Kontinuirano i kvalitetno izvedene oznake pružaju vozačima povećanu sigurnost i pravovremeno prepoznavanje potencijalno opasnih situacija pred kojima se mogu iznenada naći, a posebno na onim prometnicama kojima se kreću rijetko ili po prvi put.

Oprema ceste i rasvjeta bitan su element sigurnosti prometa, one imaju funkciju vođenja i upozoravanja sudionika u prometu o pružanju cestovnog pravca, načinu kretanja i mogućim opasnostima prilikom vožnje. Kod opreme cesta veliku ulogu ima horizontalna signalizacija koja posebno u noćnim uvjetima povećava razinu sigurnosti, ovisno o vrsti oznaka na kolniku bitna je i kvaliteta retrorefleksije koja omogućava bolju vidljivost oznaka te tako doprinosi lakšem uočavanju istih od strane vozača. Križanja cesta trebala bi biti izvedena sa što manjim brojem konfliktnih točaka kako bi se smanjio broj mjesta na kojima može doći do određenog oblika prometne nesreće, odnosno smanjiti broj onih konfliktnih točaka na kojima se događaju prometne nesreće sa najtežim posljedicama kao što su frontalni i bočni sudari. Održavanje cesta podrazumijeva kontroliranje odnosno saniranje pukotina i jama na cesti, obnavljanje oznaka na kolniku, košnju trave i živice, promjenu prometnih znakova i opreme i mnoge druge radnje kojima se povećava pravovremeno uočavanje i prepoznavanje prometne situacije.

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

Čimbenik promet na cesti obuhvaća organizaciju, upravljanje i kontrolu prometa na cestama. Organizacijom se obuhvaćaju prometni propisi i tehnička sredstva za organizaciju prometa odnosno postavljaju se određena pravila po kojima se promet odvija. Upravljanje prometom obuhvaća način i tehniku upravljanja prometnicama odnosno određuje način odvijanja prometnih tokova na mreži. Kontrola prometa obuhvaća način na koji se kontrolira promet pomoću videonadzora kao i promjenjivih prometnih znakova te se provodi statistika prometnih nesreća [5]. Kontrolom prometa moguće je pravovremeno reagirati na novonastalu situaciju u prometu te brže reagirati prilikom nekog nesretnog događaja što je iznimno bitno u tunelima, na mostovima, nadvožnjacima i vijaduktima gdje se zbog manje preglednosti i težeg uočavanja opasnosti nastoji što prije upozoriti ostale sudionike u prometu.

## **2.5. Incidentni čimbenik kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa**

Incidentni čimbenik predstavlja one čimbenike koji se pojavljuju na neočekivan i neustavan način. Svi ostali čimbenici imaju neke pravilnosti nastanka koje se mogu predvidjeti dok se ovaj čimbenik ne može predvidjeti i predstavljaju ga atmosferske prilike, tragovi ulja na kolniku, nečistoće ili divljač na cesti koji predstavljaju veliki problem pri sigurnom odvijanju prometa na cestama [4]. U atmosferske prilike mogu se ubrojiti kiša, snijeg, poledica, magla, vjetar koji se iznenadno mogu pojaviti i direktno smanjiti razinu sigurnosti u prometu. Kiša, snijeg i magla smanjuju vidljivost vozača smanjenjem vidnog polja odnosno udaljenosti na koju vozač može vidjeti opasnost. Nailaskom na poledicu ili vjetar lako se može izgubiti kontrola nad vozilom. Svi ovi atmosferski čimbenici u kombinaciji sa nekim drugim nepredvidljivim čimbenicima mogu dodatno povećati mogućnost nastanka prometne nesreće.

### **3. OZNAKE NA KOLNIKU KAO ELEMENT CESTOVNE INFRASTRUKTURE**

Oznake na kolniku predstavljaju dio prometne signalizacije čijom se kombinacijom crta, natpisa i simbola oblikuje prometna površina te daju informacije vezane uz vizualno vođenje sudionika u prometu. Svojim značenjem pomažu cestovnim vlastima u upravljanju i reguliranju prometa, a sudionike u prometu informiraju o trasi ceste te ih vode prema odredištu njihovog putovanja. Kako bi se postiglo pravilno usmjeravanje i vođenje prometa, oznake na kolniku je potrebno primjenjivati u kombinaciji sa prometnim znakovima te tako dodatno naglasiti njihovo značenje [6].

Glavni cilj primjene oznaka na kolniku je sudionicima u prometu pružiti vizualno vođenje i orijentaciju na prometnici te ih upozoriti na moguću opasnost i stanje na prometnici na koje nailaze. One predstavljaju najvažniji dio prometne signalizacije jer znatno utječu na sigurnost prometa, svojim upozoravajućim djelovanjem ukazuju na potencijalnu opasnost u prometu te vozaču daju informacije o prometnici kojom se kreće. Osnovni razlozi primjene oznaka na kolniku su [6]:

- nadopuna informacija koje su dane pomoću prometnih znakova,
- definiranje namjene prometne površine,
- upozoravanje vozača na posebne ili opasne pojave ili mjesta na određenom dijelu prometnice,
- upućivanje vozača na tok ceste i označavanje ceste u odnosu na okruženje,
- ograničavanje pristupa određenim kolničkim trakama,
- osiguranje vođenja prometa na raskrižjima,
- prenošenje pisanih informacija.

Noću i u uvjetima slabije vidljivosti posebno je važna što bolja vidljivost oznaka na kolniku radi sigurnog odvijanja prometa. Kvalitetniju oznaku vozač će u takvim uvjetima bolje vidjeti i na vrijeme dobiti informaciju o geometriji prometnice što je posebno bitno za one vozače koji nekim dijelom prometnice prolaze po prvi put te im je jedina prava i točna informacija koju dobivaju značenjem i pružanjem oznaka na kolniku.

#### **3.1. Podjela oznaka na kolniku**

Osnovna podjela oznaka na kolniku proizlazi iz njihove funkcije, a dijele se na uzdužne, poprečne i ostale oznake na kolniku. Osim ove osnovne podjele one se mogu podijeliti prema njihovoj trajnosti, vrsti primijenjenog materijala, retroreflektivnim značajkama, načinu njihove aplikacije te koeficijentom trenja i ostalim osobinama [6].

### 3.1.1. Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake na kolniku čine crte koje su postavljene paralelno s uzdužnom osi ceste, a mogu biti izvedene kao pune, isprekidane i dvostruke. Puna uzdužna crta označava zabranu prelaska ili zabranu kretanja po toj crti, isprekidana crta označava prestanak zabrane prelaska ili zabrane kretanja po toj crti dok dvostruka crta može biti izvedena kao dvostruka puna, dvostruka isprekidana i dvostruka kombinirana. Širina uzdužnih crta na kolniku prikazanih u tablici 1 ne smije biti manja od 10 cm, dok je razmak između usporednih uzdužnih crta 10 cm [8].

Tablica 1. Širina razdjelne i rubne crte ovisno o kategoriji ceste

Kategorija ceste	Širina crte	
	Razdjelna crta (cm)	Rubna crta (cm)
Autoceste i brze ceste	20	20
Ostale javne ceste i glavne gradske prometnice	15 ili 12	15 ili 12
Ostale ceste	12 ili 10	12 ili 10

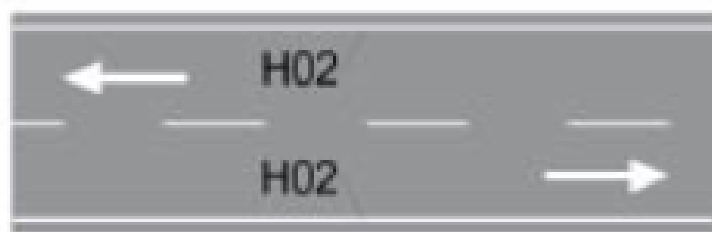
Izvor: [6]

Puna razdjelna uzdužna oznaka vidljiva na slici 2., dijeli kolničku površinu na prometne trake prema smjerovima kretanja te njihovoj namjeni, dok puna rubna crta (Slika 3.) označava rub kolnika i izvodi se samo ako na kolniku postoji rubni trak.



Slika 2. Puna razdjelna uzdužna crta

Izvor: [8]



Slika 3. Puna rubna uzdužna crta

Izvor: [8]



Isprekidana razdjelna uzdužna crta prikazana na slici 4., dijeli kolničku površinu na prometne trake prema smjerovima kretanja te njihovoj namjeni, duljina praznine između crta iznosi dvostruku duljinu crte izvan naseljenog mjesta te jednaka duljini crte u naseljenim mjestima. Isprekidana rubna uzdužna crta (Slika 5.) dijeli prometnu površinu na prometne trake te označava rub kolnika na mjestu priključka, prilaza i pristupa ostalim prometnim površinama.



Slika 4. Isprekidana razdjelna uzdužna crta

*Izvor: [8]*



Slika 5. Isprekidana rubna uzdužna crta

*Izvor: [8]*

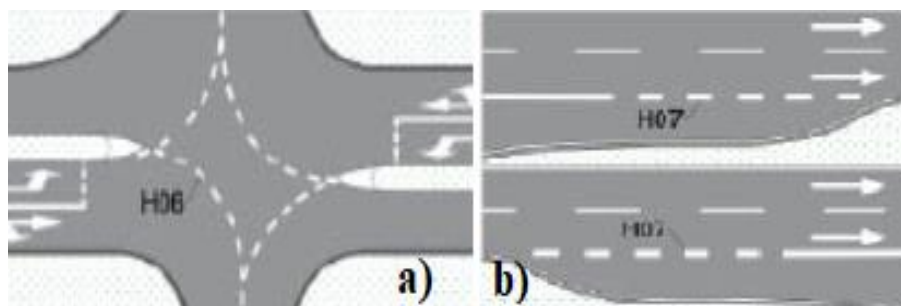
Crte upozorenja (Slika 6.) postavljaju se na mjestima gdje je potrebno naglasiti nadolazeću opasnost i nailazak na punu razdjelnu crtu. U pravilu se postavljaju na cestama koje karakteriziraju veće brzine vožnje (>80 km/h).



Slika 6. Crta upozorenja

*Izvor: [8]*

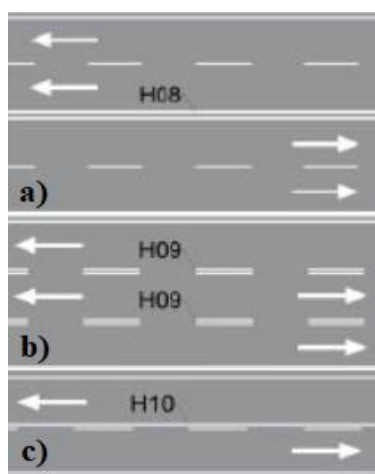
Kratka isprekidana crta (H06) prikazana na slici 7., služi kao razdjelna crta na prilaznim krakovima raskrižja kao crta vodilja u samom raskrižju, kao i za odvajanje prometnih traka za vozila javnog gradskog prijevoza putnika. Široka crta (H07) vidljiva na slici 7., služi kao rubna crta za razdvajanje tokova u raskrižju kao što su prometne trake za uključivanje i isključivanje u promet, ulaznih i izlaznih prometnih traka, ruba kolnika ceste s prednošću prolaska te posebnih prometnih površina.



Slika 7. a) Kratka isprekidana crta i b) široka crta

*Izvor: [8]*

Dvostruka uzdužna puna crta (H08) sa slike 8., služi za razdvajanje smjerova vožnje, a obavezno se izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet sa dvije i više prometne trake za jedan smjer, s neparnim brojem prometnih traka ako se preticanje zabranjuje u oba smjera, u tunnelima i prilazima tunelu, na objektima te ako to zahtjevaju prometni i sigurnosni uvjeti ceste ili okoliš ceste. Dvostruka isprekidana uzdužna crta (H09) vidljiva na slici 8., služi za obilježavanje prometnih traka s izmjenjivim smjerom kretanja na kojima je promet upravljani prometnim svjetlima, a obilježavaju se sa 5 metara crte, 5 metara praznine, 5 metara crte. Dvostruka kombinirana uzdužna crta (Slika 8. - H10) koristi se za razdvajanje prometnih traka na mjestima na kojima uvjeti preglednosti dopuštaju pretjecanje samo u jednom smjeru kretanja



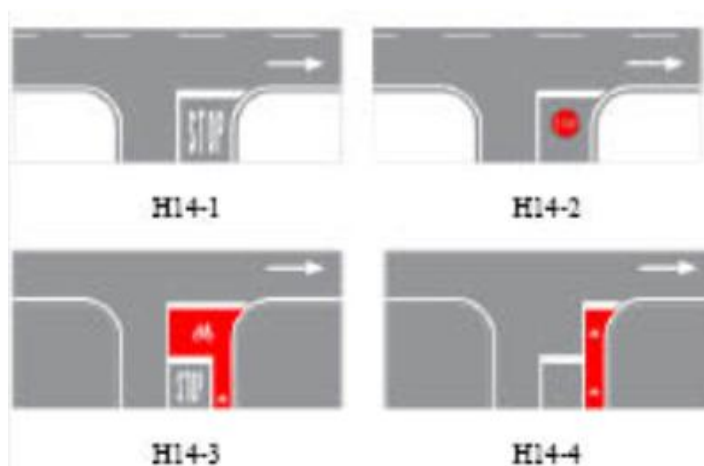
Slika 8. Kombinacije dvostrukih crta

*Izvor: [8]*

### 3.1.2. Poprečne oznake na kolniku

Poprečne oznake na kolniku postavljaju se okomito ili pod određenim kutom u odnosu na os pružanja ceste te su šire od uzdužnih oznaka. One mogu biti izvedene kao pune ili isprekidane crte te mogu zahvaćati jednu ili više prometnih traka. Poprečne oznake koje se koriste na prometnicama su crte zaustavljanja, kose i granične crte, pješački prijelazi i prijelazi biciklističke staze preko kolnika [8].

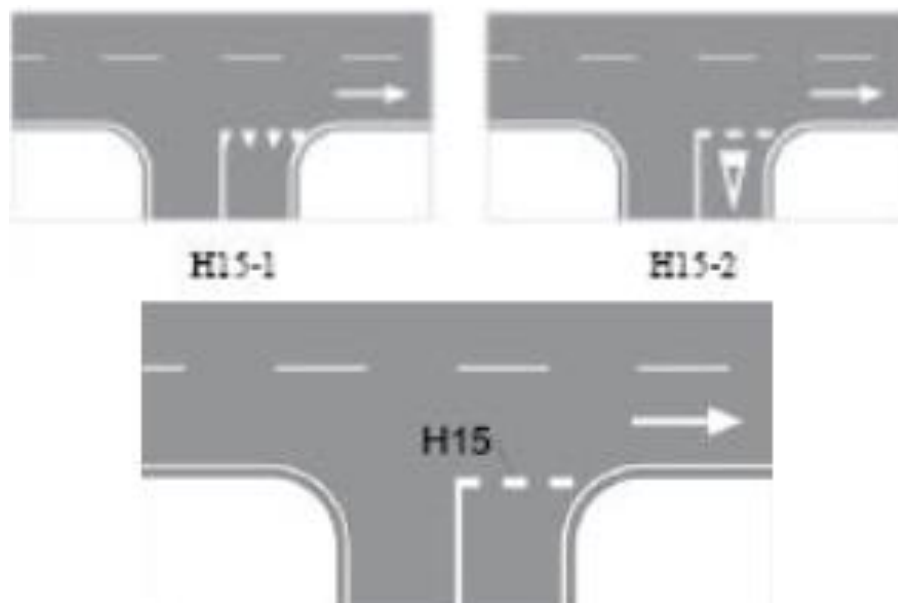
Crte zaustavljanja mogu biti izvedene kao puna i isprekidana crta zaustavljanja. Puna crta zaustavljanja označava mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo. Ispred crte zaustavljanja može se na kolniku ispisati riječ „STOP“ ili izvesti znak stop, a širina crte iznosi 50 cm. Položaj crte zaustavljanja mora biti takav da osigura preglednost raskrižja ili priključka. Dužina površine zaustavljanja biciklista iznosi najmanje 5 metara, a izvodi se na semaforiziranim raskrižjima kada se na privozu raskrižju u vršnom satu očekuje više od 200 biciklista. Kombinacije simbola, znakova i površina koje se mogu iscrtati uz punu zaustavnu crtu prikazane su na slici 9.



Slika 9. Simboli, znakovi i površine uz punu zaustavnu crtu

Izvor: [8]

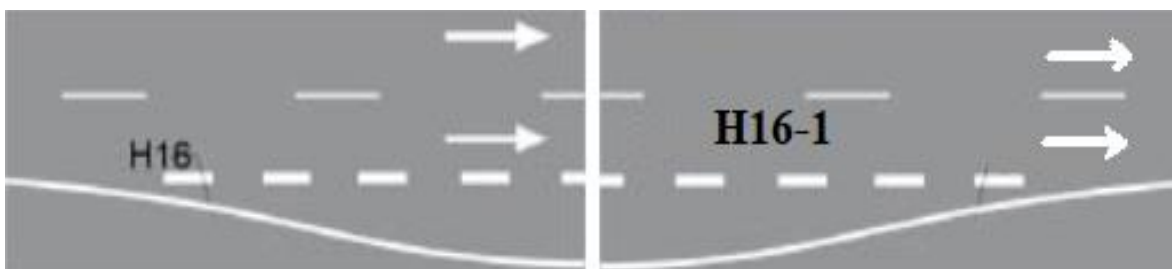
Isprekidana crta zaustavljanja (Slika 10. - H15) označava mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo ukoliko je potrebno propustiti vozila koja se kreću cestom s pravom prednosti prolaska. Umjesto isprekidane crte zaustavljanja, mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo ukoliko je potrebno propustiti vozila na glavnom prometnom toku, može se obilježiti trokutima vrhom okrenutim prema vozilu ili se ispred crte na udaljenosti od minimalno jednog metra može izvesti oznaka što je vidljivo na slici 10., (H15-1 i H15-2).



Slika 10. Kombinacije isprekidane zaustavne linije

Izvor: [8]

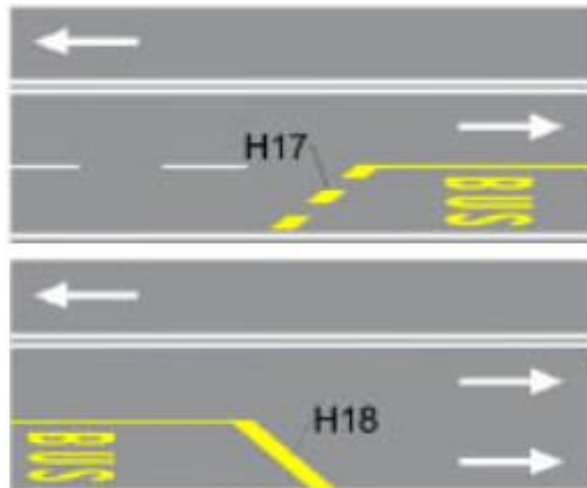
Kose i granične crte označavaju mjesto otvaranja ili zatvaranja raznih prometnih traka, kao što su izlazne i ulazne prometne trake, trake vozila javnog gradskog prijevoza i ostale. Kosa neprekinuta crta označava mjesto otvaranja izlazne prometne trake odnosno zatvaranja ulazne prometne trake na autocesti i brzjoj cesti, a prikazana je na slici 11.



Slika 11. Kosa neprekinuta izlazna i ulazna crta

Izvor: [8]

Kose široke isprekidane crte (Slika 12. - H17) označavaju mjesto početka prometne trake namijenjene za vozila javnog gradskog prijevoza putnika u dimenzijama od 1 metar x 0,50 metara. Dok kose široke pune crte (H18) označavaju mjesto završetka prometne trake namijenjene za vozila javnog gradskog prijevoza putnika i širine linije 1 metar.



Slika 12. Kombinacije širokih kosih crta

Izvor: [8]

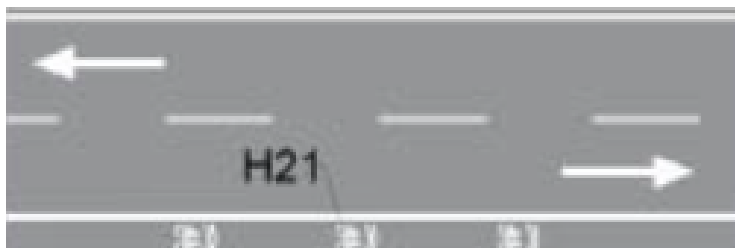
Pješački prijelaz označava dio površine koji je namijenjen za prijelaz pješaka preko kolnika. Širina pješačkog prijelaza ne smije biti manja od 3 metra, iznimno 2 m. Pješački prijelaz uz oznaku na kolniku mora biti obilježen prometnim znakom i znakom za približavanje pješačkom prijelazu osim na mjestima gdje se promet regulira semaforima. Biciklistički prijelaz označava dio površine kolnika namijenjenog za prijelaz biciklista. Površina kolnika na pješačko-biciklističkom prijelazu izvodi se crvenom bojom kroz raskrižje te 5 metara prije i poslije raskrižja. Pješačko-biciklistički prijelaz prikazan je na slici 13.



Slika 13. Pješačko-biciklistički prijelaz

Izvor: [8]

Biciklistička traka prikazana na slici 14., označava dio kolnika namijenjen isključivo kretanju biciklista. Izvodi se kada je osigurana propisana širina prometne trake za vozila, a širina biciklističke trake mora biti  $\geq 1$  metar.



Slika 14. Biciklistička traka

Izvor: [8]

### 3.1.3. Ostale oznake na kolniku

U ostale oznake na kolniku ubrajaju se strelice, polja za usmjeravanje prometa, crte usmjeravanja, natpisi, oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake, elemente konstrukcije i opreme javnih i drugih predmeta za označavanje mjera prometnog toka ili slobodnog profila te evakuacijske crte [6].

Strelice za označavanje obaveznog smjera kretanja pružaju vozačima informaciju o namjeni prometnih traka. Njima se označavaju smjerovi kretanja, namjene prometnih traka u zoni razdvajanja na autocestama i brzim cestama, skretanja prometa i najave završetka pretjecanja te prestrojavanje za drugo raskrižje koje se mora obaviti prije prolaska prvog raskrižja na kojem nije moguće obaviti skretanje u naznačenom smjeru. Dužina strelice ovisi o najvećoj dopuštenoj brzini na cesti i to za manje od 50 km/h iznosi 5,00 metara, za brzine od 50 do 90 km/h dužine od 7,50 metara, a za brzine preko 90 km/h iznose 12,00 metara dok su na biciklističkim i parkirališnim površinama dužine od 1,60 metara. Strelice koje označavaju dopuštene smjerove vozila javnog gradskog prijevoza putnika žute su boje [8].

Polja za usmjeravanje prometa označavaju površinu na kojoj je zabranjen promet i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila. To su mjesta između dva traka sa suprotnim smjerovima, između dva traka s istim smjerovima kretanja, na mjestima otvaranja posebne trake za skretanje, ispred otoka za razdvajanje prometnih tokova te na ulaznom i izlaznom kraku autoceste.

Crte usmjeravanja prometa označavaju mjesto promjene slobodne površine kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili uz njen rub, one mogu biti ispred otoka za prestrojavanje vozila javnog gradskog prijevoza putnika, zatim za oblikovanje prepreke na rubu ceste kao i za označavanje korisne površine kolnika.

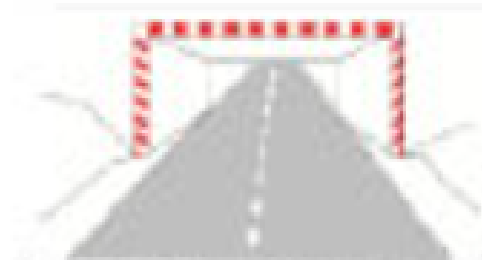
Prometne površine za posebne namjene služe za obilježavanje mjesta gdje je zabranjeno parkiranje, zatim parkiranje i zaustavljanje, autobusna stajališta, taxi stajališta i naprava za smirivanje prometa

Mjesta za parkiranje obilježavaju mjesta gde je dopušteno parkiranje vozila, mogu biti izvedena za posebne namjene kao što su parkirna mjesta za taxi vozila, osobe s invaliditetom, parkirna mjesta za parkiranje isključivo osoba koja prevoze djecu i zahtijevaju korištenje dječjih kolica, mjesta za parkiranje isključivo električnih vozila, vozila dostave i motocikala. Parkirališna mjesta mogu biti izvedena uzdužno, okomito i koso koje može biti izvedeno pod 30, 45 i 60 stupnjeva.

Natpisi na kolniku sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti kojima se nadopunjavaju značenja određenih prometnih znakova ili drugih oznaka na kolniku. Natpisi mogu biti izvedeni i kao umetnuti prometni znakovi. U prometu se najčešće koriste idući natpisi [8]:

- stop,
- oznaka biciklističke rute,
- škola,
- nacionalna autooznaka,
- vlak,
- prostor namijenjen za ADR vozila,
- autobusno stajalište,
- taxi stajalište,
- tramvajsko stajalište,
- prostor namijenjen za dostavna vozila,
- znak opasnosti,
- znak obaveze ili zabrane,
- zona smirenog prometa,
- raskrižje s cestom s prednošću prolaska,
- suženje kolnika,
- djeca na cesti,
- prometna traka namijenjena mješovitom prometu,
- prometna traka namijenjena određenoj vrsti vozila,
- biciklistička prometna površina,
- pješačka prometna površina,
- parkirališna mjesta za posebne namjene.

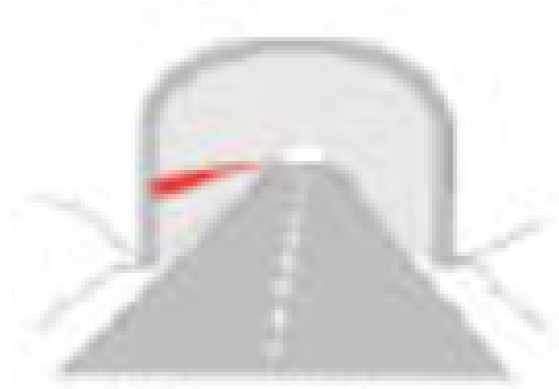
Elementi konstrukcije, opreme javnih cesta i drugih predmeta za označavanje mjera prometnog (Slika 15.) ili slobodnog profila označavaju stalne prepreke unutar mjera prometnog i slobodnog profila, a označavaju se crveno-bijelim oznakama za prometni profil te crno-bijelim oznakama za slobodni profil.



Slika 15. Označavanje prometnog profila ceste

*Izvor: [8]*

Evakuacijske crte kao na slici 16., označavaju stranu na kojoj se nalaze ulazi u evakuacijske prolaze, odnosno stranu na kojoj se nalaze sigurnosni izlazi iz tunela za slučaj nekog nesretnog događaja. Označava se cijelom dužinom tunela širinom crte od 50 centimetara u crvenoj boji, a donji rub crte nalazi se na visini od 90 centimetara od pješačkog hodnika.



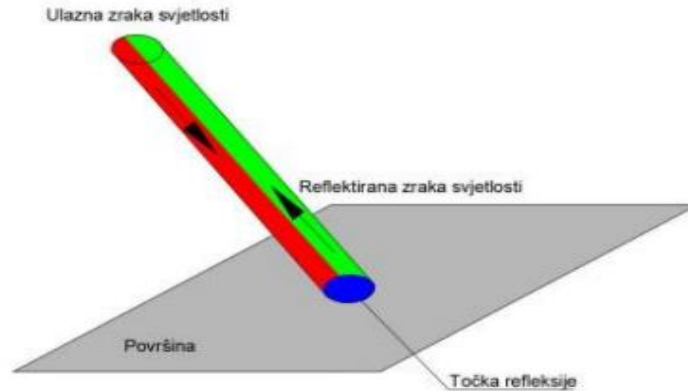
Slika 16. Evakuacijska crta u tunelu

*Izvor: [8]*

### 3.2. Karakteristike oznaka na kolniku

Najbitnija karakteristika oznaka na kolniku je njihova vidljivost. Vidljivost oznaka na kolniku ostvaruje se retrorefleksijom svjetlosti (Slika 17.) koja predstavlja odbijanje upadne zrake svjetlosti od površine pod istim kutem u smjeru izvora. Bez obzira na kut upada svjetlosti ona se uvijek vraća prema izvoru. Retrorefleksija omogućava odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti.

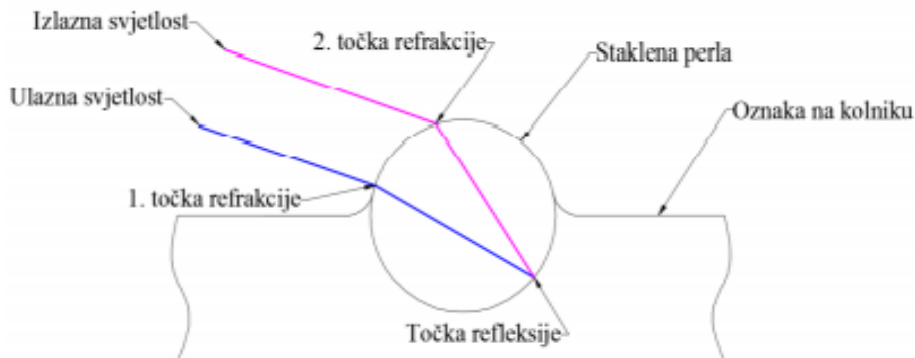




Slika 17. Retrorefleksija

Izvor: [6]

Većina materijala u prirodi ima svojstvo mješane refleksije koji kombiniraju značajke zrcalne i difuzne refleksije. S obzirom da takve vrste refleksije nisu povoljne u noćnim uvjetima u prometu se koristi retrorefleksija koja koristi posebne materijale kako bi se osigurala zadovoljavajuća vidljivost oznaka na kolniku u svim vremenskim uvjetima. Ovisno o vrsti upotrebljivanih materijala postoje sferična i prizmatična retrorefleksija od kojih se za oznake na kolniku koristi sferična retrorefleksija uporabom staklenih kuglica. Kod sferične retrorefleksije upadna zraka svjetlosti se lomi prilikom prolaska kroz prednju površinu kuglice, zatim se svjetlost reflektira od zrcalne površine iza kuglice i ponovo se prilikom prolaska kroz prednju površinu kuglice lomi i reflektira u smjeru izvora što je vidljivo na slici 18.



Slika 18. Prikaz sferične retrorefleksije

Izvor: [6]

Prilikom noći i u uvjetima slabije vidljivosti veoma je bitno da oznake na kolniku sadrže staklene kuglice koje omogućavaju retrorefleksiju oznaka na kolniku kako bi vozač pravovremeno dobio informaciju o smjeru pružanja ceste ali i mogućim opasnostima i preprekama na prometnici. Ukoliko u oznakama na kolniku nedostaje staklenih kuglica ili ih uopće nema svjetlost će se od

oznake reflektirati u svim smjerovima te će iste vozaču biti slabije uočljive što dovodi do slabije percepcije prometne situacije, a s time i smanjenja sigurnosti u prometu. Retrorefleksija se postiže sve dok su reflektirajući elementi pravilno ugrađeni, nakon nesavršenosti ugradnje ili njihovog nestajanja omogućena će biti samo dnevna vidljivost [9]. Kvaliteta, odnosno trajnost oznaka na kolniku ovisi o nizu čimbenika koji utječu na njihovu vidljivost [6]:

- kvaliteta retroreflektirajućih materijala,
- količina retroreflektirajućih materijala,
- stupnju utiskivanja retroreflektirajućih materijala,
- gustoći retroreflektirajućih materijala na površini materijala oznake,
- načinu raspodjele retroreflektirajućeg materijala po površini oznake,
- odnosu između veličine retroreflektirajućeg materijala i debljine sloja oznake,
- viskozitetu materijala oznake,
- uvjetima okoline.

Kvaliteta retroreflektirajućeg materijala, odnosno staklenih perli ovisi o indeksu loma, granulaciji, okruglosti, boji i čistoći te kemijskom premazu. Indeks loma određuje koliko će se svjetlosti lomiti i gdje će se ona fokusirati. Korištenjem raznih vrsta granulacije oznaka postiže se njihova bolja vidljivost u suhim i mokrim uvjetima te kako bi se retrorefleksija održavala što duže. Što je okruglost staklene kuglice veća to je veća i retrorefleksija oznaka na kolniku. Boja i čistoća staklenih kuglica ovise o kvaliteti sirovine, proizvodnji i tehnologiji prilikom proizvodnje, što je kuglica prozirnija retrorefleksija je bolja. Kemijskim premazima osigurava se bolje prijanjanje kuglica u materijal čime se povećava njihova trajnost retrorefleksije [6].

Stupanj utisnuća perli ovisi o trajnosti oznaka, njihovo je optimalno utisnuće od 50 do 60 % volumena kuglice. Nedovoljno utisnute kuglice ne postižu dovoljnu povezanost s materijalom, a preutisnute kuglice smanjuju vrijednost retrorefleksije ali duže traju. U praksi nikako nije moguće osigurati optimalno utisnuće kuglica u materijalu što dovodi do toga da će se one kuglice koje su manje utisnute u materijal trošiti brže pod utjecajem prometa i zimskog održavanja kolnika, dok će se one više utisnute duže zadržati u materijalu i pružati vidljivost oznaka na kolniku. Gustoća retroreflektirajućeg materijala ovisi o količini staklenih kuglica na oznaci, visini pištolja za nanošenje, razmaku između pištolja za nanošenje boja i kuglica, vanjski uvjeti kao i viskozitet materijala.

Smanjenje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku odgađa se zbog otpadanja staklenih kuglica s materijala oznake prilikom prelaska vozila preko njih, degradacije vezivnog sredstva zbog oksidacije i djelovanja ultraljubičastog zračenja, promjene u boji oznaka zbog izbljeđivanja pigmentata u boji tijekom vremena, utjecajem prljavština, masti i ulja te oštećenjem oznaka na kolniku u zimskim uvjetima prilikom djelovanja vozila zimskog održavanja posipnim materijalom i ralicama [10].

### 3.3. Materijali za izradu oznaka na kolniku

Oznake na kolniku predstavljaju cjeline vezane uz kolnički zastor, a sastavljene su od međusobno povezanih materijala kao što su pigmenti, punila, specijalne kemikalije, otapala i veziva. Razlike pojedinih materijala očituju se u načinu primjene, vijeku trajanja, cijeni, debljini nanosa i strukturalnim značajkama. Odgovarajući materijal za izradu oznaka na kolniku ovisi o prometnim, klimatskim i geografskim uvjetima na cesti gdje se materijal primjenjuje, a to su: učestalosti loših vremenskih prilika, protok vozila, preusmjeravanje vozila s drugih cesta, učestalost nanošenja asfaltnog sloja, interval trajanja zimskih uvjeta i mnogi drugi [6].

Osnovna podjela oznaka na kolniku prema vrsti materijala je na boje, plastične materijale i trake [6]. Svaki od navedenih materijala ima određene specifičnosti, prednosti i nedostatke ovisno o mjestu na kojem se primjenjuje. Kako bi vijek oznaka na kolniku bio što dulji potrebno je izabrati pravilan materijal koji će se primjeniti za izradu oznaka.

#### 3.3.1. Boje kao materijal za oznake na kolniku

Boje predstavljaju tankoslojni, tekući i najčešće jednokomponentni materijal kojem je debljina suhog sloja između 300 i 600  $\mu\text{m}$ . Boje mogu biti na bazi vode i na bazi otapala te se nakon primjene suše isparavanjem vode ili sušenjem otapala od 15 do 20 minuta [9]. One se sastoje od vezivnog elementa koji daje masu i predstavlja osnovni dio materijala, pigmenta koji omogućuju neprozirnost, daju boju i tvrdoću te otapala koja omogućuju razrjeđivanje, modificiranje viskoznosti i sušenje materijala. Dvokomponentne boje sastoje se od boje i učvršćivača, one su razdvojene sve do izvođenja kada se miješaju u propisanom omjeru. Zadaća učvršćivača je ubrzavanje sušenja i povećanje čvrstoće materijala. Dvokomponentne boje su rijetko u primjeni zbog veće cijene i kompliciranije izvedbe za razliku od jednokomponentnih [6].

Glavne karakteristike boja su [6]:

- kratak vijek trajanja,
- tekuće stanje, tankoslojnost i neprozirnost,
- slaba razina retrorefleksije,
- slaba vidljivost u kišnim i mokrim uvjetima,
- niska cijena i jednostavna primjena.

Prije nanošenja boje potrebno je pripremiti podlogu čišćenjem površine kolnika od prljavština, prašine i ostalih nečistoća, a boju je potrebno nanositi na suh kolnik uz temperaturu kolnika od najmanje 5°C. Za optimalno nanošenje oznaka na kolnik potrebno je pravilno postaviti visinu „pištolja“ za nanošenje boje, podesiti iznos tlaka u spremniku i podesiti odgovarajuću brzinu vozila [6].

#### 3.3.2. Plastični materijali za izvođenje oznaka na kolniku

Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku mogu biti izrađeni od tople i hladne plastike koje imaju različite karakteristike. One predstavljaju višekomponentni materijal koji se sastoji od

sintetičkih veziva, prirodnih i umjetnih smola, pigmentata, punila i staklenih kuglica. Za razliku od boja koje su tankoslojne, plastični materijali su debeloslojni, a debljina njihovog nanosa iznosi od 1 do 3 milimetra za neprofilirane oznake i maksimalno 6 milimetara za profilirane i strukturirane oznake [11].

Profilirane i strukturirane oznake imaju bolju vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima i funkciju upozoravanja vozača pomoću vibracija i zvučnog efekta kod prelaska preko njih, dok neprofilirane oznake imaju ravnu površinu (Slika 19.).



Slika 19. Profilirana, strukturirana i neprofilirana oznaka na kolniku

Izvor: [6]

#### 3.3.2.1. Termoplastika

Termoplastika predstavlja višekomponentni debeloslojni materijal koji se sastoji od veziva, pigmentata, punila i staklenih perli koje se ugrađuju u materijal tijekom pripreme materijala. Osnovu materijala čine veziva čija je funkcija da služe kao ljepilo koje povezuje sve dijelove materijala u jednu kompaktnu cjelinu pružajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu [6].

S obzirom na to da se termoplastika s kolnikom povezuje toplinskim vezama, ona se najčešće nanosi na novoasfaltirane kolnike, ukoliko se nanosi na postojeće kolnike potrebno je kolnik očistiti od postojećih oznaka i drugih nečistoća. Ukoliko je postojeća oznaka izvedena termoplastikom istu je moguće obnoviti termoplastikom vodeći računa o debljini postojeće oznake. Termoplastika se prije izvođenja kuha u specijaliziranim kotlovima na 180 do 200 °C u trajanju od oko 2 sata. Prije završetka kuhanja dodaju se učvršćivač čiji je zadatak polako učvrstiti termoplastiku te retroreflektirajući elementi, a za povećanje trenja klizanja oznaka dodaju se i protuklizne čestice [6].

Termoplastika se na kolnik nanosi strojno ili ručno. Ručno se izvode oznake manjih dimenzija, dok se strojno izrađuju oznake većih površina i to primjenom „extrudera“ ili špricanjem. Špricana termoplastika predstavlja poseban termoplastični materijal s manjom debljinom sloja od oko 2,2 milimetra. Zagrijana se termoplastika prilikom izvođenja miješa i kemijski povezuje s učvršćivačem te se na kolnik izvodi špricanjem uz pomoć mlaznice. Glavna prednost špricane termoplastike prema onoj izvedenom „ekstruzijom“ je manja cijena te brže i jednostavnije izvođenje, a u usporedbi sa bojom ima duži vijek trajanja i ekološki je prihvatljivija. Iza „extrudera“

ili mlaznice za termoplastiku se nalazi i mlaznica za nanošenje dodatnih staklenih kuglica kako bi se osigurala retrorefleksija oznaka na kolniku. Termoplastične oznake mogu biti izvedene kao i unaprijed pripremljene oznake na kolniku koje se postavljaju na unaprijed pripremljenu površinu [6].

#### 3.3.2.2. *Hladna plastika*

Hladna plastika predstavlja višekomponentni debeloslojni materijal koji nastaje miješanjem komponenti A i B. Komponenta A sastoji se od smole, punila, pigmenta, aditiva i retroreflektirajućih elemenata, dok komponenta B predstavlja učvršćivač. Osnovni element komponente A su smole čija je zadaća da služe kao ljepilo koje povezuje sve dijelove materijala u jednu kompaktnu cjelinu pružajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu. Komponenta B predstavlja učvršćivač koji dolazi u obliku tekućine ili praha, a dodaje se komponenti A i s njom se mješa prilikom čega se pokreće kemijska reakcija i materijal se počinje stvrdnjavati. Udio učvršćivača ovisi o proizvođaču i vremenskim uvjetima tijekom izvedbe oznaka na kolniku te ukoliko je temperatura viša potrebno ga je manje, a u pravilu njegov udio u materijalu iznosi od 2 do 7% [6].

Prije nanošenja hladne plastike potrebno je kao i kod drugih materijala osigurati da na kolniku ne bude nečistoća. S obzirom da se hladna plastika na kolnik veže mehaničkim vezama ona može biti postavljena i tijekom hladnijeg vremena, a isto tako može biti postavljena na novoasfaltirane kolnike kao i preko postojećih oznaka svih drugih materijala osim traka. Hladna plastika se na kolnik izvodi kao i termoplastika, ali ona ne zahtijeva kuhanje. Tri su načina izvođenja hladne plastike od kojih je prvi metodom „ekstruzije“, drugi ručnim izvlačenjem koje se koristi za oznake manjih površina i treći način predstavlja špricanje hladne plastike koje se izvodi samohodnim strojevima na kojima se komponente A i B mogu mješati unutar ili izvan mlaznice. Prilikom izvođenja oznaka na kolniku dodaju se dodatne staklene perle kojima se osigurava inicijalna retrorefleksija oznaka, a preko njih se može normalno voziti nakon 20 do 40 minuta [6].

#### 3.3.3. *Trake za izvođenje oznaka na kolniku*

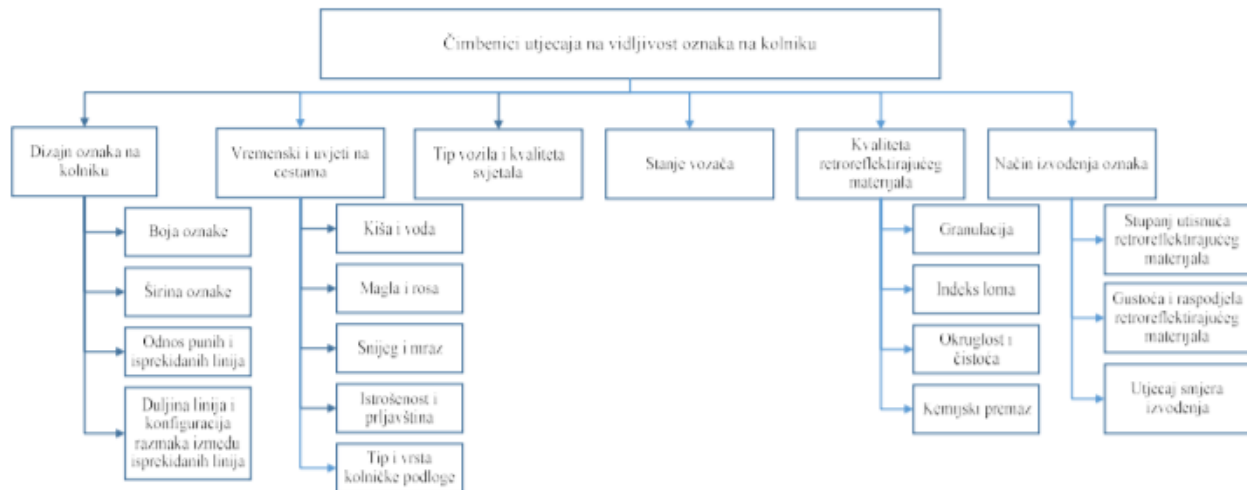
Trake predstavljaju tvornički proizvedene materijale oznaka na kolniku koje se sastoje od nosivog sloja, ljepila, prijanjajućih čestica i staklenih perli, a izvode valjanjem i utiskivanjem u vrući površinski sloj asfalta, ljepljenjem na površinu kolnika ili u posebno za to izglodane utore u kolniku. Trake kao takve mogu se podijeliti na trajne i privremene oznake na kolniku. Trake za trajne oznake na kolniku imaju vijek trajanja dulji od jedne godine i najčešće se postavljaju na novoasfaltirane kolnike, ali se korištenjem posebnog ljepila mogu postavljati i na stare asfaltne kao i betonske kolnike [6].

Trake kao privremene oznake na kolniku upotrebljavaju se za označavanje privremenih regulacija prometa, a izvode se overlay metodom. Ova vrsta traka sastoji se od nosivog sloja, ljepila, prijanjajućih čestica, staklenih kuglica i armaturne mrežice, a izvode se žutom i narančastom bojom.

### 3.4. Čimbenici koji utječu na vidljivost oznaka

Kvaliteta vidljivosti oznaka na kolniku tijekom noći i u uvjetima smanjene vidljivosti očituje se koeficijentom retrorefleksije ( $R_L$ ) koji se definira kao omjer izlazne sjajnosti površine ( $L$ ) i ulaznog osvjetljenja po toj površini ( $E$ ). Sjajnost se mjeri u kandelima po metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), a osvjetljenje u luksima ( $\text{lx}$ ), što definira mjernu jedinicu koeficijenta retrorefleksije u kandelima po luksu po metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ), dok je prikladnija jedinica za oznake milikandela po luksu po metru kvadratnom ( $\text{mcd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ). Koeficijent retrorefleksije opisuje koliki je potencijal materijala za vraćanje svjetla kako po danu stvaranjem većeg kontrasta, tako i po noći stvaranjem veće sjajnosti površine [12].

Na kvalitetu vidljivosti odnosno percepcije oznaka na kolniku utječe niz čimbenika koji su kategorizirani kao prema slici 20.



Slika 20. Shematski prikaz čimbenika utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku

Izvor: [12]

#### 3.4.1. Dizajn oznaka na kolniku

Karakteristike dizajna oznaka na kolniku vezane su uz boju i širinu oznake, odnos između punih i isprekidanih linija kao i uz duljinu linija i konfiguraciju razmaka između isprekidanih linija.

##### a) Boja oznake

Boja utječe na vidljivost oznake stvarajući kontrast između oznake i kolnika. Osnovne boje koje se koriste u prometu su bijela i žuta. Osim što povećavaju kontrast one služe i kao davatelj informacija u prometu. U Republici Hrvatskoj stalne oznake izvede se bijelom bojom, dok se mjesta privremene regulacije i ona za posebne namjene označavaju žutom bojom što sudioniku u prometu daje jasnu informaciju od situaciji u prometu. Žute oznake na kolniku imaju manju vrijednost retrorefleksije od bijelih te su stoga slabije uočljive kako u noćnim uvjetima tako i na većim udaljenostima [12].

b) Širina oznake

Širina oznaka pokazala se kao ključan čimbenik koji utječe na vozačevo ponašanje u prometu kako na udaljenost vozila od ruba ceste tako i na detekciju oznaka. Što je oznaka šira to više stvara kontrast između podloge i same oznake povećavajući njenu vidljivost. Osim većeg kontrasta u široj oznaci se nalazi više staklenih kuglica koje povećavaju kvalitetu retrorefleksije. Istraživanja su pokazala kako šire oznake utječu na vozače tako što oni mijenjaju bočni položaj vozila bliže rubu ceste povećavajući bočni razmak između vozila koja se mimoilaze što smanjuje rizik od nastanka frontalnih prometnih nesreća [12].

c) Odnos između punih i isprekidanih linija

Obzirom na veću površinu koju pokrivaju kao i veću količinu retroreflektirajućih kuglica, pune linije imaju i veću udaljenost uočavanja od isprekidanih linija. Zabilježeno je kako se vozači prilikom vožnje uz isprekidanu liniju približavaju sredini ceste dok se na mjestima gdje je puna linija voze bliže rubu ceste [12].

d) Duljina linija i konfiguracija razmaka isprekidanih linija

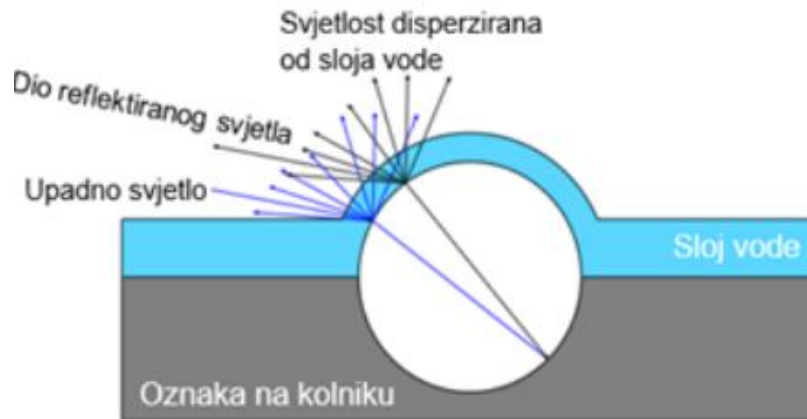
Duljina linija i konfiguracija razmaka isprekidanih linija utječe na vozačevo ponašanje. Tako su kod kraćih linija s većim razmacima zabilježeni učestaliji prelasci vozača preko središnje linije, dok su duže linije s kraćim razmacima između njih utjecale na povećanje brzine vožnje [12].

*3.4.2. Vremenski uvjeti i uvjeti na cestama*

Vremenski uvjeti na cestama koji su vezani uz kišu i vodu, maglu i rosu, snijeg i mraz, istrošenost i prljavštinu te tip i vrstu kolničke podloge bitno utječu na vidljivost oznaka na kolniku.

a) Kiša i voda

Kiša i voda na kolniku najčešći su uzrok smanjene vidljivosti oznaka na kolniku. Kiša prilikom padanja slojem vode prekriva vjetrobransko staklo i kapljicama ispred farova vozila raspršuje svjetlost koja tako ne dolazi do oznake i ne osigurava dovoljnu vidljivost iste. Osim što svojim djelovanjem kiša utječe na vidljivost vozačeve okoline isto tako stvara i vodeni sloj na cesti kojim se prekrivaju oznake. Voda na kolniku raspršuje svjetlost u svim smjerovima kako je prikazano na slici 21., te tako mala količina iste dolazi do oka vozača i umanjuje njenu vidljivost, a vozačima iz suprotnog smjera stvara odbljesak kojim ih zasljepljuje. Kako bi se omogućila kvalitetna retrorefleksija oznaka na kolniku u kišnim uvjetima oznake se izrađuju u većim debljinama nanosa kako bi oznaka ostala iznad razine vode na kolniku.



Slika 21. Utjecaj vode na vidljivost oznaka na kolniku

Izvor: [6]

b) Magla i rosa

Magla i rosa kao i kiša sitnim česticama vode u zraku ili na kolniku raspršuju svjetlost koja dolazi iz farova vozila te tako manje svjetlosti dolazi do retroreflektirajućeg materijala pa se isto tako manje svjetlosti vraća vozaču

c) Snijeg i mraz

Snijeg zbog svoje karakteristične čiste bijele boje uzrokuje blještavilo površine što uzrokuje zaslepljivanje vozača. Kod velikih nanosa snijega gube se konture kolničke konstrukcije pa tako dolazi do gubitka orijentacije vozača unutar voznih traka (Slika 22.). Mraz može prouzročiti pojavu zrcalne retrorefleksije što dovodi do zaslepljivanja vozača iz suprotnog smjera.



Slika 22. Snijegom prekrivene oznake na kolniku

Izvor: [13]



#### d) Istrošenost i prljavština

Svaka oznaka na kolniku ima određen vijek trajanja koji može biti smanjen utjecajem različitih faktora. Faktori koji najčešće utječu na trošenje oznaka su utjecaj vremena, ultraljubičastog zračenja, količina prometa, djelovanje zimskog održavanja kolnika i druga mehanička djelovanja. Svi ti faktori smanjuju retrorefleksiju oznaka na kolniku u manjoj ili većoj mjeri dok prljavština prekriva sloj oznake i onemogućuje dolazak svjetlosti do samog retroreflektirajućeg materijala oznake. Prljavštinu na kolnik najčešće nanose poljoprivredni strojevi, kamioni i druga vozila koja prilikom uključivanja u promet ne očiste pneumatike ili priključke vozila na kojima se nalaze zemlja, prašina i ostale nečistoće. U zoni nekih radova pored ili na kolniku također je moguća pojava prljavštine koju je potrebno ukloniti nakon izvedenih radova.

#### e) Tip i vrsta kolničke konstrukcije

Tip i vrsta kolnika u određenoj mjeri može utjecati na vidljivost oznaka na kolniku. Asfaltne podloge stvaraju bolji kontrast sa oznakama za razliku od betonske podloge koja je svjetlija, stoga će oznake na asfaltnoj podlozi biti prije i jasnije vidljive što je posebno bitno u noćnim uvjetima vožnje. Tri glavne karakteristike koje utječu na vidljivost i trajnost oznaka na kolniku su hrapavost, osjetljivost na toplinu i poroznost. Retrorefleksija oznaka na kolniku kod hrapavijih podloga obično je manja za razliku od oznaka izvedenih na glatkoj površini zato što na hrapavoj podlozi materijal dovoljno ne pokrije svaku neravninu i tako dijelovi podloge ostanu bez retroreflektirajućih elemenata što je vidljivo na slici 23., [12].



Slika 23. Nepokrivenost hrapave podloge materijalom

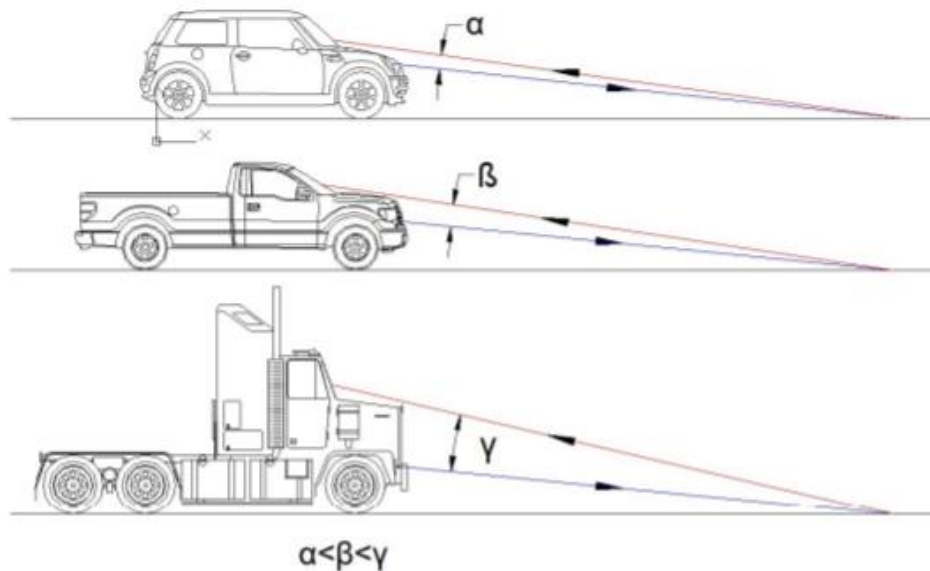
*Izvor: [12]*

Toplinska osjetljivost utječe na povezivanje materijala s kolničkom površinom. Što je asfaltni kolnik topliji povezanost s materijalom će biti veća čime se produljuje trajnost oznake. Isto kako toplinska osjetljivost, tako i poroznost utječu na bolje povezivanje materijala sa kolnikom čime

materijal prodire kroz sve moguće šupljine u podlozi i tako tvori jaču vezu i omogućuju dulje trajanje oznake.

### 3.4.3. Tip vozila i kvaliteta svjetala

Tip vozila i kvaliteta svjetala također utječu na vidljivost oznaka, ovisno o geometriji gledanja iz pojedine vrste vozila vidljivost će biti različita. Upadni kut svjetla na oznaku ovisi o visini svjetala na vozilu, dok kut promatranja ovisi i o visini sjedišta vozača [9]. Vozači koji sjede niže imati će bolju vidljivost oznaka na kolniku zbog manjeg kuta promatranja što je vidljivo na slici 24.



Slika 24. Kutovi promatranja iz različitih tipova vozila

Izvor: [9]

### 3.4.4. Stanje vozača

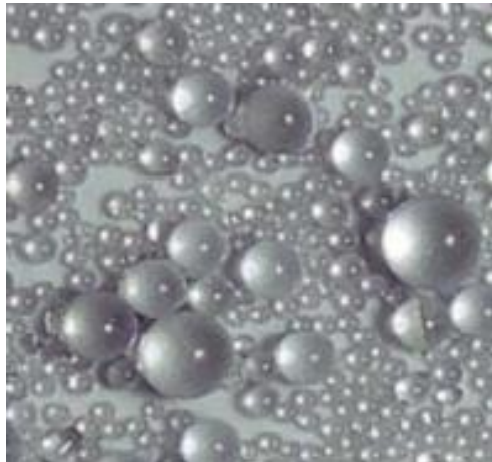
Stanje vozača vezano je uz njegovu dob te određene privremene ili stalne utjecaje koji utječu na njegovu sposobnost percepcije. Stariji vozači sporije uočavaju određene promjene u prometu i skloniji su sudjelovanju u prometnim nesrećama. Mlađi vozači ukoliko nemaju nikakvih smetnji, puno prije i brže reagiraju na novonastalu situaciju što im omogućuje izbjegavanje neželjenog događaja. S druge strane kod mlađih vozača problem predstavljaju određeni privremeni utjecaji od kojih su neki vožnja pod utjecajem alkohola i drugih opijata, veće brzine vožnje, kao i korištenje mobitela prilikom vožnje. Alkohol i drugi opijati umanjuju sposobnost vizualne percepcije što dovodi do duljeg vremena reakcije, umanjuju koncentraciju i pozornost te povećavaju samopouzdanje što dovodi do rizične vožnje i ugrožavanja njih kao i ostalih sudionika u prometu. Uz ove navedene uzročnike nesreća, još jedan važan uzrok predstavlja umor. Umor smanjuje pozornost, percepciju i motoričke sposobnosti vozača te dovodi do iznenadnog stanja u kojem je vozač budan ali ne percipira okolinu i tako povećava rizik od nastanka prometne nesreće.

#### 3.4.5. Kvaliteta retroreflektirajućega materijala

Kvaliteta retroreflektirajućeg materijala izravno utječe na vidljivost oznaka, a posebno u uvjetima smanjene vidljivosti. Kako bi se oznaka što bolje vidjela mora imati kvalitetne i u dovoljnoj količini raspodijeljene staklene kuglice. Kvaliteta staklenih kuglica ovisi o njihovoj granulaciji, indeksu loma, okruglosti i čistoći te kemijskom premazu.

##### a) Granulacija

Granulacija staklenih kuglica odnosi se na raspon veličina kuglica koje se koriste kod izvođenja oznaka kako je prikazano na slici 25. Kako bi se postigla zadovoljavajuća retrorefleksija koriste se različite veličine staklenih kuglica. One veće bolje će vraćati svjetlost u mokrim i kišnim uvjetima samim time što su iznad površine vode, dok će u suhim uvjetima zajedno sa onim manjim kuglicama osiguravati kvalitetniju retrorefleksiju [14]. Kuglice veće granulacije omogućavaju retrorefleksiju tijekom duljeg perioda jer je vrijeme njihovog trošenja, zbog njihove veličine dulje, dok će se one male brzo istrošiti djelovanjem vanjskih utjecaja.

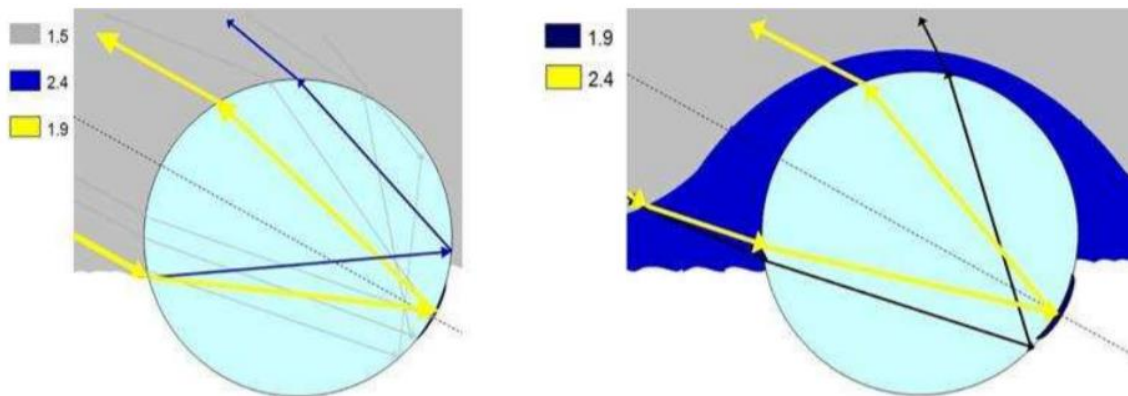


Slika 25. Različite granulacije staklenih kuglica

*Izvor: [6]*

##### b) Indeks loma

Indeks loma (RI) predstavlja omjer brzine svjetlosti u vakuumu i brzine svjetlosti u tvari. On određuje koliko će se svjetlosti slomiti i gdje će se ona fokusirati. Što je indeks loma veći u mokrim i kišnim uvjetima, vraćati će više svjetlosti prema izvoru, dok se kod suhih uvjeta najveća optička učinkovitost postiže indeksom loma od 1,9 [14]. Staklene se perle kuglice dijele u tri klase, klasa A indeksa loma većeg ili jednakog 1,5; klasa B sa indeksom loma većeg ili jednakog 1,7 i klasa C indeksa loma većeg ili jednakog 1,9. Ovisno o indeksu loma (Slika 26.) vozaču će se vraćati više ili manje svjetla što je za suhe uvjete prikazano s lijeve strane, dok je za mokre i kišne uvjete prikazano na desnoj strani.



Slika 26. Vraćanje svjetlosti u ovisnosti o indeksu loma za suhe i mokre uvjete

Izvor: [12]

#### c) Okruglost i čistoća

Zaobljenost i čistoća dva su važna čimbenika koji određuju koliko će dobro staklene kuglice reflektirati svjetlost. Kuglice koje su savršeno zaobljene i bistre odražavati će više svjetlosti za razliku od nesavršenih i mutnih kuglica. Okruglost staklenih kuglica iznosi od 70 - 80%, a uvelike ovisi o postupku proizvodnje i tehnologiji izrade od strane proizvođača. Prilikom proizvodnje nastaju kuglice ovalnog oblika, dok se neke međusobno prilijepe tijekom skrućivanja materijala. Čistoću predstavljaju mjehurići zraka ili druge čestice u kuglici, površinske ogrebotine kao i boje. Sve te nesavršenosti u kuglici utječu na količinu svjetlosti koju će kuglica vratiti prema svome izvoru. Na čistoću znatno utječu proces proizvodnje i vrsta korištene sirovine [14].

#### d) Kemijski premaz

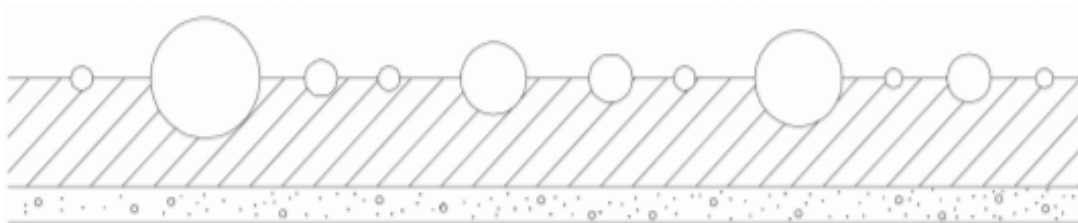
Retroreflektirajući materijali za izradu oznaka na kolniku premazuju se različitim premazima kako bi što duže i što bolje služili svojoj svrsi. Tri osnovna premaza za retroreflektirajuće materijale su [14]: premaz za povećanje otpornosti na vlagu, premaz za osiguranje optimalno osiguranje utiskivanja staklenih kuglica u materijal i premaz koji sprječava potonuće kuglica u materijal oznake na kolniku.

Staklene kuglice koje omogućavaju retrorefleksiju oznaka na kolniku mogu biti učinkovita i bez korištenja premaza, ali zbog prisutnosti vlage u transportu kuglica kao i u tijeku procesa nanošenja oznaka na kolniku, koristi se kemijski premaz za povećanje otpornosti na vlagu kako ne bi došlo do lijepljenja kulica i njihove otežane ili čak nemoguće aplikacije. Ovaj premaz ne služi za povećanje retrorefleksije, već za smanjenje problema prilikom izvedbe oznaka na kolniku [14].

Prilikom nanošenja kuglica na materijal otežano je optimalno nanošenje istih zbog različitih razloga. Neki od tih razloga su razlika u materijalu i granulaciji istog, različita debljina materijala oznake vremenski uvjeti, iskustvo izvođača i ispravnost opreme za izvođenje oznaka. Upravo iz tog razloga postoji premaz za optimalno utiskivanje kuglica u materijal. Ti premazi ne dopuštaju

potpuno utonuće perle u materijal i omogućuju bolju fizičku vezu između kuglice i materijala što je bitno za dulju trajnost oznake [14].

Treći premaz koji ne dopušta potonuće kuglica u materijal omogućuje da kuglice ostanu na površini oznake i tako dalju veću vrijednost retrorefleksije i oznake su svjetlije. Iako navedeni premaz osigurava da staklene kuglice ne potonu u materijal i time poveća retrorefleksiju oznaka, isto tako utječe i na kraći vijek trajanja oznake zbog toga što sve kuglice ostanu na površini, stoga nakon njihovog trošenja i trošenja same oznake u unutrašnjim dijelovima oznake nema kuglica koje omogućavaju retrorefleksiju (Slika 27.).



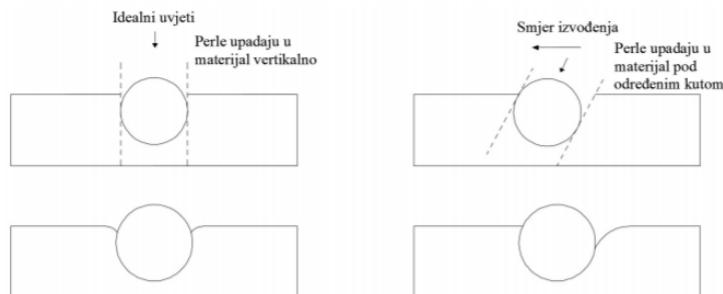
Slika 27. Raspored kuglica u materijalu korištenjem premaza protiv potonuća kuglica u materijal

*Izvor: [12]*

#### 3.4.6. Način izvođenja oznaka

Ovisno o načinu izvođenja oznaka na kolniku ovisi koliki će biti stupanj utisnuća retroreflektirajućeg materijala u oznaku, koja će biti gustoća i kako će biti raspoređen retroreflektirajući materijal u oznaci i koliki je utjecaj smjera izvođenja na retrorefleksiju oznaka na kolniku.

Stupanj utisnuća retroreflektirajućeg materijala u oznaku ovisi o kemijskom premazu koji je korišten, a bitno utječe na retrorefleksiju i trajnost oznake na kolniku. Ukoliko je kuglica previše utisnuta njena će inicijalna retrorefleksija biti mala dok će kod premalo utisnute kuglice svjetlost prolaziti kroz nju jer se nema od čega reflektirati izvoru. Gustoća predstavlja postotak staklenih kuglica po površini materijala oznake. Na gustoću i način raspodjele kuglica utječu brzina izvođenja, visina pištolja za nanošenje materijala i staklenih kuglica, razmak između pištolja, vanjski uvjeti, viskozitet materijala itd. [6]. Smjer izvođenja oznaka na kolniku utječe na vidljivost oznaka iz položaja vozača. Ukoliko se oznake postavljaju u smjeru kretanja vozača one će bolje vraćati svjetlost vozaču, dok će vozačima iz suprotnog smjera biti slabije vidljive. Sve to se događa zbog djelovanja horizontalne brzine gdje dolazi do određenog kuta pod kojim retroreflektirajući materijal upada u oznaku što je prikazano na slici 28.



Slika 28. Različiti kut utisnuća kuglica u oznaku

Izvor: [6]

### 3.5. Ispitivanje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku

Kvaliteta prometne signalizacije utječe na pravovremeno uočavanje kao i na reagiranje vozača. Ispitivanjem se nastoje utvrditi pogodnosti i kvaliteta materijala za izradu prometne signalizacije, usklađenost materijala zakonskim, podzakonskim i ostalim regulativnim propisima, kvaliteta proizvođača i izvođača prometne signalizacije, razina retrorefleksije i ostale bitne značajke kvalitete. Glavni cilj ispitivanja odnosi se na utvrđivanje trenutnog stanja i kvalitete signalizacije kao i kontroliranje proizvođača i izvođača [6]. Ispitivanje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku provodi se korištenjem dviju metoda: metoda statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku kojom se ispituju dnevna i noćna vidljivost, te metoda dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku kojom se ispituje samo noćna vidljivost.

#### 3.5.1. Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku

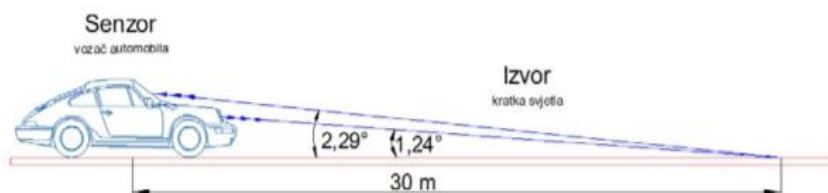
Statičko ispitivanje oznaka na kolniku predstavlja ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti primjenom ručnog mjernog uređaja koji se naziva reflektometar (Slika 29.). Dnevna vidljivost ( $Q_d$ ) predstavlja difuzno raspršeno svjetlo koje prima promatrač na udaljenosti od 30 m i pod kutom od  $2,29^\circ$ , mjernu jedinicu predstavlja milikandela po luksu po metru kvadratnom ( $\text{mcd/lx/m}^2$ ). Noćna vidljivost ( $R_L$ ) predstavlja retrorefleksiju svjetleće zrake reflektirane od ispitane površine pod kutom od  $2,29^\circ$  i kutom ulaznog svjetla od  $1,24^\circ$  na udaljenosti 30 m kod kratkih svjetala koja je izražena u milikandelima po luksu po metru kvadratnom ( $\text{mcd/lx/m}^2$ ) [6].



Slika 29. Reflektometar

Izvor: [6]

Statičko ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti moguće je provesti pomoću dvije metode, a to su „Kentucky“ metoda i ZTV M 02 metoda. ZTV M 02 metoda predstavlja smjernice i tehničke zahtjeve za provođenje ispitivanja, mjerenja i dodjeljivanja ocjena vrijednosti izvedenih oznaka. Prilikom mjerenja dnevne i noćne vidljivosti oznaka postavljene su određene veličine, tako je visina oka vozača postavljena na 1,2 metra, visina farova vozila na 0,65 metara dok kut promatranja iznosi  $2,29^\circ$  te kut osvjetljavanja  $1,24^\circ$ . Mjerenje se obavlja na dužini 30 metara između vozila i oznake na kolniku pod kratkim svjetlima vozila (Slika 30.).



Slika 30. Tehnički uvjeti ispitivanja oznaka na kolniku

Izvor: [15]

### 3.5.2. Dinamičko ispitivanje noćne vidljivosti oznaka na kolniku

Dinamičkim ispitivanjem mjeri se noćna vidljivost dinamičkim mjernim uređajem u cijeloj duljini oznaka na kolniku. Mjerni uređaj ugrađen je u mjerno vozilo (Slika 31.) kojim se omogućuje neprekidno mjerenje noćne vidljivosti ( $R_L$ ) oznake na kolniku. Dinamički reflektometar postavlja se s one strane vozila ovisno koja se oznaka želi mjeriti. Prije početka mjerenja postavlja se i pričvršćuje mjerna glava, kalibrira se uređaj i odabire duljina mjernog intervala. Prilikom vožnje vozila mjerna glava emitira zraku svjetlosti koja se tijekom vožnje kreće po oznaci te ju refleksijom zrake, senzor na mjernoj glavi pretvara u mjerljivi signal [6].



Slika 31. Mjerno vozilo za dinamičko ispitivanje oznaka na kolniku

Izvor: [15]

#### **4. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA VEZANIH UZ UTJECAJ RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

U cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa potrebno je obaviti što više i što kvalitetnija istraživanja kako bi se otkrili glavni uzročnici nastanka prometnih nesreća. Otkrivanjem uzročnika nesreća može se obratiti više pozornosti i preventivno djelovati na njih i njihovo pojavljivanje u prometu te na taj način smanjiti mogućnost nastanka i broj prometnih nesreća. Tako je od mnogih promatranih čimbenika koji utječu na sigurnost cestovnog prometa promatrana i retrorefleksija oznaka na kolniku kako u noćnim tako i u uvjetima slabije vidljivosti. Mnogim provedenim istraživanjima došlo se do različitih saznanja koja su opisana u daljnjem dijelu ovog rada, dok se nakon njih analizirao utjecaj same retrorefleksije oznaka na sigurnost cestovnog prometa.

Jedno od istraživanja drugih čimbenika provedeno je 1981. godine, cilj je bio analizirati utjecaj poboljšanja obilježavanja cesta na sigurnost u cestovnom prometu. Ono je podrazumijevalo dodavanje središnjih i rubnih linija na kolniku. Nakon uspoređenog broja prometnih nesreća koje su uključivale ozljede i smrtne slučajeve prije i poslije poboljšanja oznaka na cestama došlo se do zaključka da se njihov broj smanjio za 3 % do 16 % [16].

Godine 1994. Al-Masaeid i Sinha procijenili su sigurnosnu učinkovitost oznaka na cestama na 100 nasumice odabranih nerazvrstanih ruralnih cesta Indiane. Analiza je napravljena na temelju utvrđivanja udjela očekivane stope nesreća iz procjene i čimbenika smanjenja nesreća na razini pojedinačnog mjesta. Za eliminaciju učinka regresije na srednju vrijednost autori su koristili Bayesov pristup pri procjeni očekivane stope nesreća u razdobljima prije i poslije. Kada su se u obzir uzimale oznake na svim mjestima bez obzira na uzrok nesreće nije primjećen značajan statistički sigurnosni utjecaj, dok su s druge strane na opasnim mjestima, oznake na kolniku pružale značajnu razinu smanjenja nesreća [17]. Tsyganov je proveo procjenu utjecaja prije i poslije dodavanja rubnih linija na sigurnost cestovnog prometa dvotračne ceste u Teksasu. Prema rezultatima studije autori su zaključili da ceste bez rubnih linija imaju 11% veći rizik od nastanka prometnih nesreća u odnosu na one koje imaju rubne linije. Prisutnost rubnih linija imala je pozitivne učinke i na sigurnost prometa u uvjetima slabije vidljivosti [18]. Park je sa suradnicima analizirao utjecaj širine oznaka na kolniku na sigurnost cestovnog prometa na ruralnim autocestama s dva traka na području Michigana, Kansasa i Illinoisa. Studija se temeljila na analizi podataka o prometnim nesrećama prije i poslije, a rezultati su pokazali da su šire rubne linije smanjile nesreće vozila s najvećim postotkom smanjenja nesreća u kategoriji smrtno stradalih (Kansas: 36,5 %, Michigan: 15,4 % i Illinois: 37,7 %) [19].

Kako je prethodno navedeno, glavni čimbenik ovog rada je retrorefleksija, odnosno njen utjecaj na sigurnost cestovnog prometa. Godine 2002. kao dio Nacionalnog programa istraživanja na autocestama provedeno je istraživanje kako bi se utvrdio utjecaj retrorefleksije oznaka na kolniku na nastanak prometnih nesreća. Tijekom prve faze analiza je uključivala mjesta s oznakama



na bazi otapala (ukupno 48 mjesta) i oznake od epoksidnih boja (ukupno 7 mjesta). U drugoj fazi studije izvedene su nove oznake korištenjem dugotrajnijeg materijala na 55 lokacija. Za sva mjesta u obzir su uzeti: dužina ceste, vrijeme izvođenja studije, godišnji prosječni dnevni promet i udio godišnjeg dnevnog prometa u dnevnim, noćnim, suhim i mokrim uvjetima. Rezultati su pokazali da se broj prometnih nesreća u noćnim uvjetima smanjio za 6% nakon obnove oznaka na kolniku, odnosno povećanjem njihove retrorefleksije [20].

Istraživanjem sa Novog Zelanda iz 2006. godine analizirao se utjecaj retrorefleksije oznaka na kolniku na pojavu prometnih nesreća, a time i sigurnost cestovnog prometa. Ukupni je zaključak bio da ne postoji statistički značajna povezanost između broja prometnih nesreća i retrorefleksije oznaka na kolniku. Za ovu studiju autori su razmatrali samo ceste s povećanom retrorefleksijom oznaka na kolniku što u cijelini moguće dovodi do krivog zaključka [21]. Slična studija provedena je 2006. godine u okviru Nacionalnog programa istraživanja autocesta, gdje je zaključeno da je razlika u sigurnosti prometa na cestama u noćnim uvjetima na cestama s visokom razinom retrorefleksije i onima s niskom razinom retrorefleksije približno jednaka. Problem kod ove studije predstavlja podatak da retrorefleksija oznaka na kolniku korištenih u analizi nije mjerena, već modelirana [22]. Iste te, 2006. godine Horberry, Anderson i Regan su koristeći simulator vožnje dokazali da sudionici bolje održavaju poziciju i brzinu na cestama s većom razinom retrorefleksije oznaka na kolniku. Sudionici su sami izjavili kako je vožnja kod obnovljenih oznaka bila puno lakša te da su se osjećali sigurnije tijekom vožnje [23]. Isto kao i prethodno 2008. godine su donekle potvrdili Smadi i suradnici. Oni su zaključili kako oznake niske razine retrorefleksije nisu povezane s većim brojem prometnih nesreća, međutim, oznake na kolniku s retrorefleksijom većom od 200 mcd/lx/m<sup>2</sup> imaju negativnu korelaciju s brojem prometnih nesreća. Prema njima ova je povezanost još uvijek premala da bi imala bilo kakvog značaja u praksi [24]. Nastavak ove studije proveden je 2010. godine na temelju podataka o retrorefleksiji iz prethodnih pet godina i podataka o 1343 prometne nesreće. Na temelju analize zaključeno je da je retrorefleksija oznaka na kolniku značajan čimbenik koji utječe na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća kada se u obzir uzimaju samo podaci s međunarodnih cesta i kada su podaci podijeljeni u tri podskupa prema tipu linija: bijele rubne linije, žute rubne linije i žute središnje linije. U konačnici, analiza je pokazala kako se vjerojatnost nastanka prometnih nesreća povećavala smanjenjem retrorefleksije oznaka na kolniku [25].

Carlson i suradnici su proveli istraživanje koje je razmatralo samo prometne nesreće koje su se dogodile noću na dionicama cesta bez raskrižja i u suhim uvjetima. U analizi su autori uzeli u obzir nesreće koje su uključivale jedno vozilo bez ozljeda ili smrtnih slučajeva, one koje su uključivale ozljede ili smrtno slučajevima i one koje u kojima je sudjelovalo jedno vozilo sa ozljedama ili smrtnim slučajevima. Rezultati studije potkrijepili su pretpostavku da retrorefleksija oznaka na kolniku ima pozitivan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa [26].

Avelar i Carlson su 2014. godine utvrdili da postoji statistički značajna korelacija između retrorefleksije i prometnih nesreća u noćnim uvjetima te da su mjesta s većom razinom retrorefleksije povezana s manje prometnih nesreća u usporedbi s lokacijama s nižom razinom

retrorefleksije. Isto tako, mjesta s manjom razinom retrorefleksije središnjih linija u usporedbi s retrorefleksijom rubnih linija na istoj cesti, povezana su s češćom pojavom prometnih nesreća [27].

U studiji iz 2016. godine, Aldemir-Bektas istraživao je utjecaj duljine dionice ceste, vrstu oznake ceste i vrijednost njihove retrorefleksije na učestalost prometnih nesreća. Rezultati studije pokazali su da je analiza kraćih dionica ceste i stvarnih izmjerenih vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku dovela do statistički značajne korelacije između retrorefleksije i stope prometnih nesreća, te da se očekivana godišnja stopa prometnih nesreća značajno smanjuje povećanjem retrorefleksije bijelih i žutih rubnih linija. Rezultati su pokazali da održavanje oznaka na kolniku ima značajne pozitivne učinke na sigurnost cestovnog prometa [28].

Kako bi se dobio točan podatak o utjecaju retrorefleksije potrebno je provesti velik broj istraživanja koja uključuju što veći broj prometnih nesreća. Uz sve to potrebno je prikupiti stvarne i što preciznije podatke o retrorefleksiji oznaka na kolniku na točnom mjestu nesreće kao i uvjete na cesti i posljedice istih radi dobivanja idealne slike stanja. Ovisno o pristupu istraživanju dobiveni su različiti rezultati utjecaja retrorefleksije oznaka na kolniku na nastanak prometnih nesreća. Na temelju prethodno opisanih studija, vidljivo je kako retrorefleksija oznaka na kolniku ima određen utjecaj na nastanak prometnih nesreća, što u konačnici predstavlja veću sigurnost cestovnog prometa. Za ovu vrstu istraživanja koja su provedena za noćne uvjete i uvjete slabije vidljivosti kada je vjerojatnost nastanka nesreće veća treba veliku pozornost obratiti na točan uzrok nastanka prometne nesreće, tu u obzir mogu doći mnoge iznenadne situacije koje bi u dnevnim uvjetima vožnje bile prije uočene kao što su određene distrakcije, kvaliteta svjetala vozila, umor i mnogi drugi čimbenici.

## 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi vezu između kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima. Kako bi se utvrdilo postoji li povezanost između njih prikupljeni su podaci od prometnim nesrećama od 2017. do 2020. godine. Zbog točnosti analize u obzir su uzete prometne nesreće na državnim cestama u svim županijama Republike Hrvatske. Jedan od razloga analiziranja isključivo državnih cesta je postojanje baze podataka o mjerenjima retrorefleksije oznaka na kolniku u nazad deset godina. Također, temeljem sustavnog praćenja stanja sigurnosti i prikupljenih podataka uočava se pravilnost da na područjima s većom gustoćom prometa, raste i broj prometnih nesreća, ali su najteže posljedice, odnosno poginuli i teško ozlijeđeni povezani s manjom gustoćom prometa. Ta je pravilnost povezana s činjenicom da se prometne nesreće s poginulima i teško ozlijeđenima u više od pedeset posto slučajeva događaju zbog nepropisne ili neprimjerene brzine, a to se najčešće u odnosu na gustoću prometa, događa na prometnicama izvan naselja [29]. Za provođenje istraživanja obuhvaćene su one nesreće koje su se prema vidljivosti dogodile u sumrak, po noći i u svitanje te prema vrsti slijetanje vozila s kolnika i udar vozila na/u objekt na/kraj ceste. Navedene nesreće odabrane su jer u tim uvjetima na nastanak prometne nesreće postoji mogući utjecaj oznaka na kolniku [25, 26]. Analizirane nesreće mapirane su na karti Republike Hrvatske pomoću GIS alata, a svaka mapirana nesreća sadrži brojne podatke o prometnoj nesreći kao što su vrijeme, datum, oznaka ceste, vrsta nesreće, posljedice, stanje kolnika, broj vozila i sudionika, broj ozlijeđenih i poginulih, podatke o starosti vozila kao i koordinate mjesta prometne nesreće. Geografski informacijski sustav (GIS) je sustav koji stvara, upravlja, analizira i preslikava sve vrste podataka. On povezuje podatke s kartom integrirajući podatke o lokaciji sa svim vrstama opisnih informacija. To daje temelj za mapiranje i analizu koja se koristi u znanosti i gotovo svakoj industriji. Prednosti GIS-a uključuju poboljšanu komunikaciju i učinkovitost, kao i bolje upravljanje i donošenje odluka [30].

S ciljem utvrđivanja veze između retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća, u prvom koraku se vršilo predviđanje retrorefleksije oznaka na dan nesreće. Provedenim dinamičkim mjerenjima retrorefleksije dobivene su inicijalne vrijednosti retrorefleksije oznaka na mjestima nesreća. U tu svrhu korišten je programski alat Retrorefleksija koju koristi Zavod za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti u svrhu pohrane podataka o vrijednostima retrorefleksije oznaka na kolniku.. Redovitim mjerenjem oznaka postoje podaci o vrijednosti retrorefleksije oznaka prije i poslije zime te se na temelju tih podataka, za svaku cestu mogao izračunati prosječan pad retrorefleksije po danu. Navedene vrijednosti dobivene su tako što je za svaku cestu u županiji dobiven prosječan dnevni pad retrorefleksije oznaka na kolniku. Prosječan pad retrorefleksije dobiven je na način da se za svaku cestu uzela prosječna vrijednost obnovljene i postojeće oznake, zatim se njihova razlika podijelila sa brojem dana između ta dva mjerenja i dobili su se podaci o padu retrorefleksije za svaku cestu posebno (Tablica 2.).

Nakon što je izračunana prosječna vrijednost pada retrorefleksije po danu za svaku cestu bilo je potrebno izračunati najbitniji podatak za ovo istraživanje, a to je vrijednost retrorefleksije

oznake na kolniku na dan nesreće. Ona je za svaku nesreću izračunana na način da se od prosječne vrijednosti retrorefleksije oznaka ceste na kojoj se ta nesreća dogodila, oduzela vrijednost za koliko je ona u vremenu od mjerenja do trenutka nesreće smanjena. To smanjenje dobiveno je umnoškom prosječnog pada retrorefleksije po danu i razlikom u danima između mjerenja retrorefleksije oznaka na kolniku i dana kada se prometna nesreća dogodila (Tablica 3.).

Tablica 2. Primjer izračuna prosječnog pada retrorefleksije po danu

Cesta	Linija	Datum mjerenja obnovljene	Datum mjerenja postojeće	Razlika u danima	Vrijednost obnovljene linije	Vrijednost postojeće linije	Razlika vrijednosti retrorefleksije	Pad retrorefleksije po danu	Prosječan pad retrorefleksije po danu	Prosječan pad retrorefleksije po cesti
DC5	SR	5.10.2015.	16.5.2016.	224	272	178	94	0,42	0,47	0,48
		24.11.2017.	25.4.2018.	152	250	196	54	0,36		
		19.9.2019.	17.4.2020.	211	307	170	137	0,65		
	RD	9.11.2015.	9.5.2016.	182	259	175	84	0,46	0,46	
	RL	9.11.2015.	9.5.2016.	182	243	154	89	0,49	0,49	

Tablica 3. Primjer izračuna kvalitete retrorefleksije na dan prometne nesreće

Cesta	Datum mjerenja obnovljene	Datum nesreće	Vrijednost retrorefleksije oznake	Razlika u danima	Prosječan pad retrorefleksije po cesti	Vrijednost retrorefleksije na dan nesreće
DC5	20.9.2016.	7.5.2017.	345	229	0,48	236,20
	24.11.2017.	26.2.2018.	250	94	0,48	205,34
	24.11.2017.	2.5.2018.	250	159	0,48	174,46
	24.11.2017.	16.9.2018.	250	296	0,48	109,37

Za svaku prometnu nesreću postoji još niz podataka kao što su vrsta i posljedice nesreće, stanje površine kolnika te koliko je osoba sudjelovalo u svakoj pojedinoj nesreći što će detaljnije biti prikazano u završnoj analizi ovog rada kojom će se dobiti kako i u kojoj mjeri kvaliteta retrorefleksije oznaka na kolniku utječe na nastanak prometnih nesreća.

## 6. ANALIZA UTJECAJA RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU I UČESTALOSTI NASTANKA PROMETNIH NESREĆA U NOĆNIM UVJETIMA

Detaljnim uvidom u strukturu i karakteristike prometnih nesreća i njihovim istraživanjem dobili su se podaci bitni za utvrđivanje veze između retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća. Hipoteza ovog diplomskog rada temelji se na postojanju veze između razine retrorefleksije oznaka na kolniku i učestalosti nastanka prometnih nesreća.

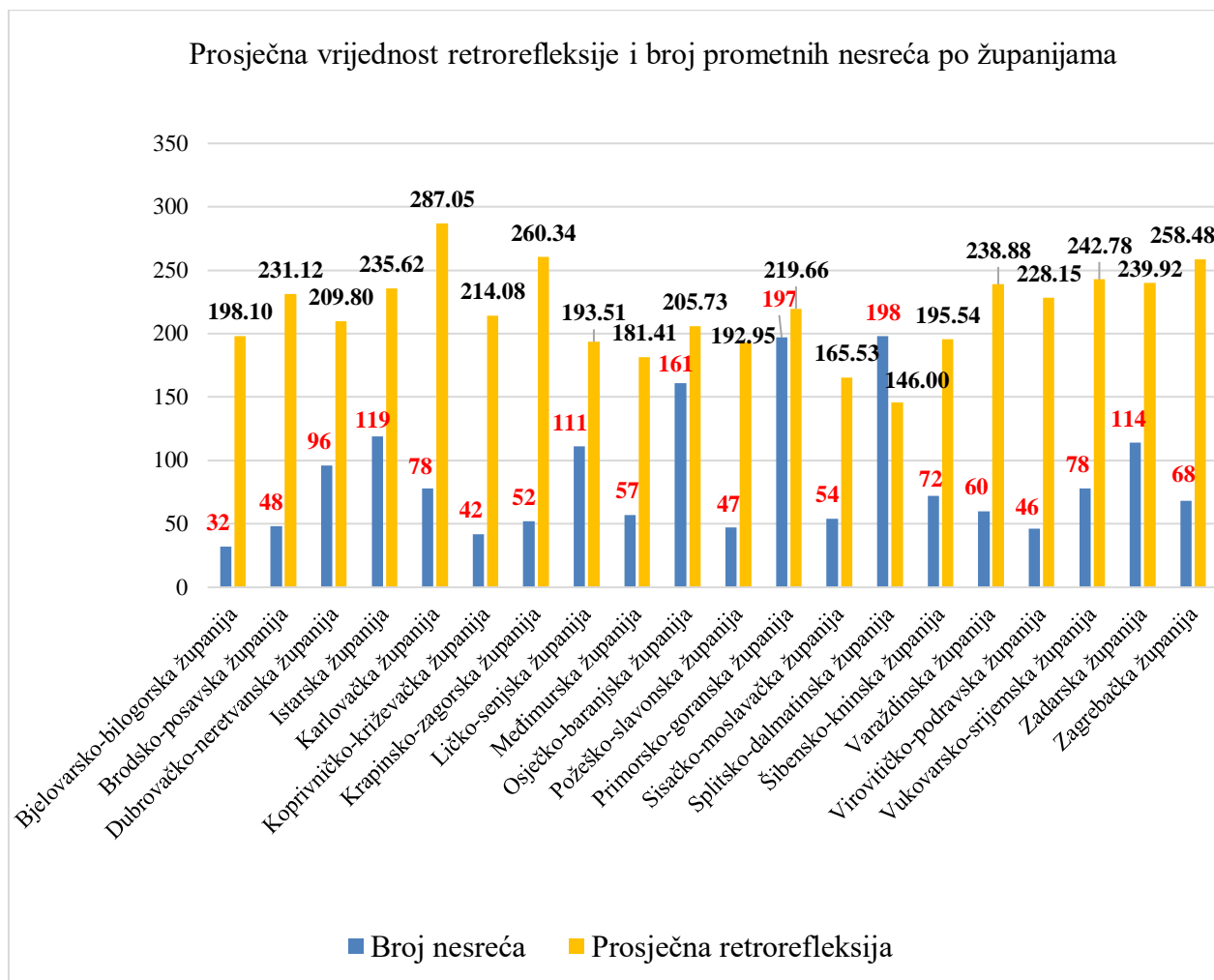
Prikupljanjem, obradom i grupiranjem podataka o prometnim nesrećama prikazanih u tablici 4., dobile su se vrijednosti broja prometnih nesreća za sve kategorije koje uključuju posljedice nesreće podijeljene na materijalnu štetu i nesreće sa poginulim i ozljeđenim osobama zatim prema vrsti nesreće na slijetanje s kolnika i udar na/u objekt na/kraj ceste. Uz podatke o nesrećama u tablici je prikazana i prosječna vrijednost retrorefleksije oznaka na kolniku. Podaci navedeni u tablici odnose se na prometne nesreće koje su se dogodile na svim cestama Republike Hrvatske od 2017. - 2020. godine u uvjetima slabije vidljivosti što uključuje sumrak, noć i svitanje. Svakoj nesreći je pridružena vrijednost retrorefleksije oznake na kolniku od dana kada se ista dogodila, čime se dobila prosječna vrijednost retrorefleksije svih prometnih nesreća u pojedinoj županiji. U promatranom periodu dogodilo se ukupno 1.729 prometnih nesreća, promatrajući prema posljedicama 1.102 nesreće, odnosno njih 64 % rezultirale su materijalnom štetom dok su kod njih 627, odnosno 36 % evidentirane ozlijeđene ili poginule osobe, promatrajući nesreće prema vrsti se dogodilo 1.256, odnosno 73 % nesreća slijetanja vozila s kolnika i 473, odnosno 27 % udara vozila na/u objekt na/kraj ceste. Prosječna vrijednost retrorefleksije oznaka iznosila je  $212,95 \text{ mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  (Minimalna vrijednost iznosila je  $6,39 \text{ mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , maksimalna vrijednost iznosila je  $486,51 \text{ mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , dok je standardna devijacija 79,39).

Tablica 4. Prikaz prometnih nesreća po županijama

Županija	Prometne nesreće	Materijalna šteta	Ozljeđeni i poginuli	Slijetanje s kolnika	Udar na/u objekt na/kraj ceste	Prosječna vrijednost retrorefleksije ( $\text{mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ )
Bjelovarsko-bilogorska	32	17	15	29	3	198,10
Brodsko-posavska	48	35	13	3	18	231,12
Dubrovačko-neretvanska	96	52	44	57	39	209,80
Istarska	119	70	49	96	23	235,62

Karlovačka	78	55	23	64	14	287,05
Koprivničko-križevačka	42	19	23	37	5	214,08
Krapinsko-zagorska	52	32	20	40	12	260,34
Ličko-senjska	111	78	33	82	29	193,51
Međimurska	57	41	16	45	12	181,41
Osječko-baranjska	161	110	51	131	30	205,73
Požeško-slavonska	47	33	14	39	8	192,95
Primorsko-goranska	197	134	63	81	116	219,66
Sisačko-moslavačka	54	38	16	48	6	165,53
Splitsko-dalmatinska	198	111	87	152	46	146,00
Šibensko-kninska	72	37	35	61	11	195,54
Varaždinska	60	43	17	55	5	238,88
Virovitičko-podravska	46	30	16	34	12	228,15
Vukovarsko-srijemska	77	52	25	47	30	242,78
Zadarska	114	76	38	84	30	239,92
Zagrebačka	68	39	29	44	24	258,48
<b>Ukupno</b>	<b>1729</b>	<b>1102</b>	<b>627</b>	<b>1256</b>	<b>473</b>	<b>212,95</b>

Usporedba podataka iz tablice 4., prikazana je u grafikonu 1., gdje je moguće usporediti prosječnu vrijednost retrorefleksije oznake sa brojem prometnih nesreća.



Grafikon 1. Odnos između prosječne retrorefleksije i broja prometnih nesreća po županijama

*Izvor: Izradio autor*

Kao što je ranije navedeno, vidljivost oznaka na kolniku tijekom noći kao i u uvjetima smanjene vidljivosti omogućuju staklene perle pomoću kojih se svjetlost vraća prema izvoru. Od obnavljanja oznake pa do njenog ponovnog obnavljanja, uslijed djelovanja niza čimbenika, vrijednost retrorefleksije se smanjuje što može uzrokovati slabije uočavanje kontura kolnika kao i pravovremeno prepoznavanje prometne situacije i mogućih opasnosti. Iz grafikona 1., vidljivo je kako u pojedinim županijama sa manjom prosječnom retrorefleksijom oznaka na kolniku dolazi do većeg broja prometnih nesreća, dok u onim županijama gdje je prosječna retrorefleksija veća dolazi do manjeg broja prometnih nesreća. Najznačajnije odstupanje vidljivo je kod Splitsko-dalmatinske županije gdje je prosječna vrijednost retrorefleksije najmanjeg iznosa za razliku od svih županija i iznosi  $146,00 \text{ mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , a uz to ima najveći broj zabilježenih prometnih nesreća, njih 198,

odnosno 11 % svih analiziranih nesreća. S druge strane Karlovačka županija ima najveću prosječnu vrijednost retrorefleksije koja iznosi  $287,05 \text{ mcd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ , te 78 prometnih nesreća što čini 4,5 % svih analiziranih nesreća.

Kako bi se utvrdilo da li postoji veza između razine retrorefleksije i prometnih nesreća provedena je korelacijska analiza. Korelacijskom analizom se utvrđuje utjecaj zavisne i nezavisne varijable te može biti pozitivna ili negativna. Pozitivna korelacija upućuje na to da porast jedne varijable predstavlja porast druge varijable, dok negativna korelacija nastaje ukoliko jedna varijabla raste, a druga istovremeno pada [31]. U ovom radu provedena je korelacijska analiza između vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće, vrste prometne nesreće i stanja površine kolnika.

S obzirom na to da su varijable vrsta prometnih nesreća i stanje površine kolnika dihotomne<sup>1</sup> varijable, za njih se može napraviti point-biserijalni koeficijent korelacije, to je u principu Pearsonov koeficijent korelacije samo što je jedna od varijabli dihotomna. Rezultati korelacijske analize prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati korelacijske analize

		Vrijednost retrorefleksije na dan nesreće	Vrsta prometne nesreće	Stanje površine kolnika
Vrijednost retrorefleksije na dan nesreće	Pearsonova korelacija	1	.019	-.092**
	Značajnost (2-tailed)		.424	.000
Vrsta prometne nesreće	Pearsonova korelacija	.019	1	.074**
	Značajnost (2-tailed)	.424		.002
Stanje površine kolnika	Pearsonova korelacija	-.092**	.074**	1
	Značajnost (2-tailed)	.000	.002	
**. Korelacija je značajna na razini 0.01 (2-tailed).				

U prikazanoj tablici 5., vidljive su vrijednosti dobivene provedbom Pearsonove korelacije između vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće, vrste prometnih nesreća i stanja površine kolnika. Temeljem obrađenih podataka može se zaključiti kako vrijednost retrorefleksije na dan nesreće nema statistički značajnu povezanost sa vrstom prometne nesreće, odnosno nema povezanost sa

<sup>1</sup> Uglavnom zavisna varijabla sa dvije moguće vrijednosti, često označene nulom i jedinicom. Npr. „Suh kolnik/Sklizak kolnik“.



činjenicom da li se radi o slijetanju vozila s ceste ili udaru na/u objekt kraj/na cesti. Nadalje ovom analizom dobivena je primjetna statistički značajna niska i negativna korelacija između vrijednosti retrorefleksije i stanja površine kolnika. Stanje površine kolnika koje je kategorizirano kao sklizak i suh kolnik, a analizom je utvrđeno kako je niska vrijednost retrorefleksije povezana sa suhim kolnikom, dok je visoka vrijednost retrorefleksije povezana sa skliskim kolnikom. Kako su podaci o stanju kolnika za vrijeme nesreće ispunjavani od strane policije tijekom očevida na temelju vizualnog pregleda, ovaj podatak ne mora predstavljati realno i objektivno stanje.

Nadalje, varijabla posljedice prometnih nesreća podijeljena je u tri kategorije, te za nju nije napravljen point-biserijalni koeficijent korelacije, nego je varijabla vrijednost retrorefleksije oznaka na kolniku na dan nesreće podijeljena na tri kategorije koje su određene vrijednostima retrorefleksije oznaka na kolniku. Tako prva kategorija predstavlja nisku vrijednost retrorefleksije i njen je raspon od 0 do  $150 \text{ mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , druga kategorija predstavlja srednju vrijednost retrorefleksije raspona od 150 do  $300 \text{ mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$  i treća kategorija koja predstavlja visoku vrijednost retrorefleksije raspona od 300-500  $\text{mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ . U tom slučaju vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće su distribuirane u navedene kategorije prikazane u tablici 6.

Tablica 6. Podjela prometnih nesreća po kategorijama

<b>Kategorije vrijednosti retrorefleksije</b>	<b>Frekvencija</b>	<b>Postotak</b>
Niska vrijednost retrorefleksije (0-150)	403	23.3
Srednja vrijednost retrorefleksije (150-300)	1079	62.4
Visoka vrijednost retrorefleksije (300-500)	247	14.3
<b>Ukupno</b>	<b>1729</b>	<b>100.0</b>

Pregledom podataka navedenih u tablici 6., uočava se kako se više od pola nesreća, odnosno 62,4 % nesreća dogodilo na mjestima koja su kategorizirana u srednju vrijednost retrorefleksije, što sa 23,3 % nesreća koje su se dogodile na mjestima gdje je izmjerena niska vrijednost retrorefleksije daje do znanja kako vrijednost retrorefleksije djelomično utječe na nastanak prometnih nesreća. Dakle, vrijednost retrorefleksije oznaka na kolniku u kombinaciji sa ostalim štetnim čimbenicima u prometu utječe na povećanu mogućnost nastanka prometne nesreće.

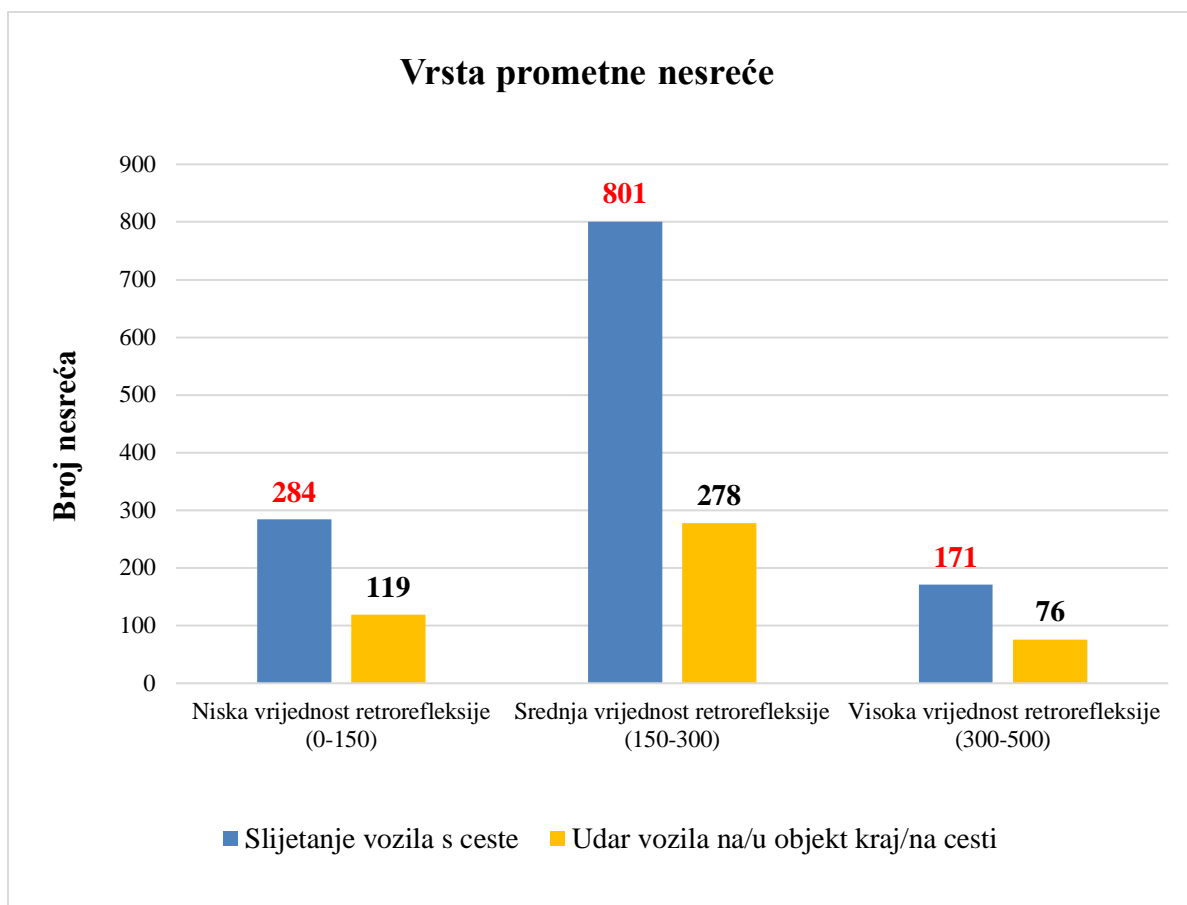
Kada se ovako kategorizirana varijabla vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće korelira sa tri također kategorijalne varijable koje predstavljaju vrste prometne nesreće, posljedice prometne nesreće i stanje površine kolnika dobivaju se podaci prikazani u daljnjem dijelu ovog rada.

Prva tablica, tablica 7., prikazuje rezultate korelacije između vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće i vrste prometnih nesreća koje su podijeljene na slijetanje vozila s kolnika i udar vozila na/u objekt kraj/na cesti.

Tablica 7. Rezultati korelacije vrijednosti retrorefleksije oznaka i vrste prometnih nesreća

Kategorije vrijednosti retrorefleksije		Vrsta prometne nesreće				
		Slijetanje vozila s ceste	Udar vozila na/u objekt kraj/na cesti	Ukupno	Hi-kvadrat test	C-koeficijent korelacije
Niska vrijednost retrorefleksije (0-150)	Izbrojeno	284	119	403	<b>3.870</b> p=.151	<b>.047</b>
	Očekivano	292.8	110.2	403.0		
Srednja vrijednost retrorefleksije (150-300)	Izbrojeno	801	278	1079		
	Očekivano	783.8	295.2	1079.0		
Visoka vrijednost retrorefleksije (300-500)	Izbrojeno	171	76	247		
	Očekivano	179.4	67.6	247.0		
<b>Ukupno</b>	<b>Izbrojeno</b>	<b>1256</b>	<b>473</b>	<b>1729</b>		
	<b>Očekivano</b>	<b>1256</b>	<b>473</b>	<b>1729</b>		

Vrijednost hi-kvadrata nije statistički značajna, samim time nije značajan ni C-koeficijent korelacije, što ukazuje na to da vrijednosti retrorefleksije oznaka na dan nesreće nisu statistički značajno povezane. Prema dobivenim podacima vidljivo je kako je kod niske i visoke vrijednosti retrorefleksije očekivan veći broj slijetanja vozila s ceste, dok je kod srednje vrijednosti retrorefleksije očekivano više udara vozila na/u objekt kraj/na cesti, nego što se zapravo dogodilo. U grafikonu 2., prikazana je raspodjela pojedine vrste prometne nesreće po kategorijama vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće.



Grafikon 2. Razdioba vrste prometnih nesreća po kategorijama vrijednosti retrorefleksije

*Izvor: Izradio autor*

Iz grafikona 2., vidljivo je kako najveći dio prometnih nesreća pripada kategoriji srednje vrijednosti retrorefleksije, od kojih njih 74 % odnosi na slijetanje vozila s ceste, a preostalih 26 % na udar vozila na/u objekt kraj/na cesti. Manji broj prometnih nesreća pripada kategoriji niske vrijednosti retrorefleksije kod kojih je 70,4 % slijetanja s kolnika i 29,6 % udara vozila na/u objekt kraj/na ceste. Kao što se i očekivalo najmanji broj prometnih nesreća nalazi se u kategoriji visoke vrijednosti retrorefleksije gdje 69,2 % čine slijetanja s kolnika, a 30,8 % udar vozila na/u objekt kraj/na cesti.

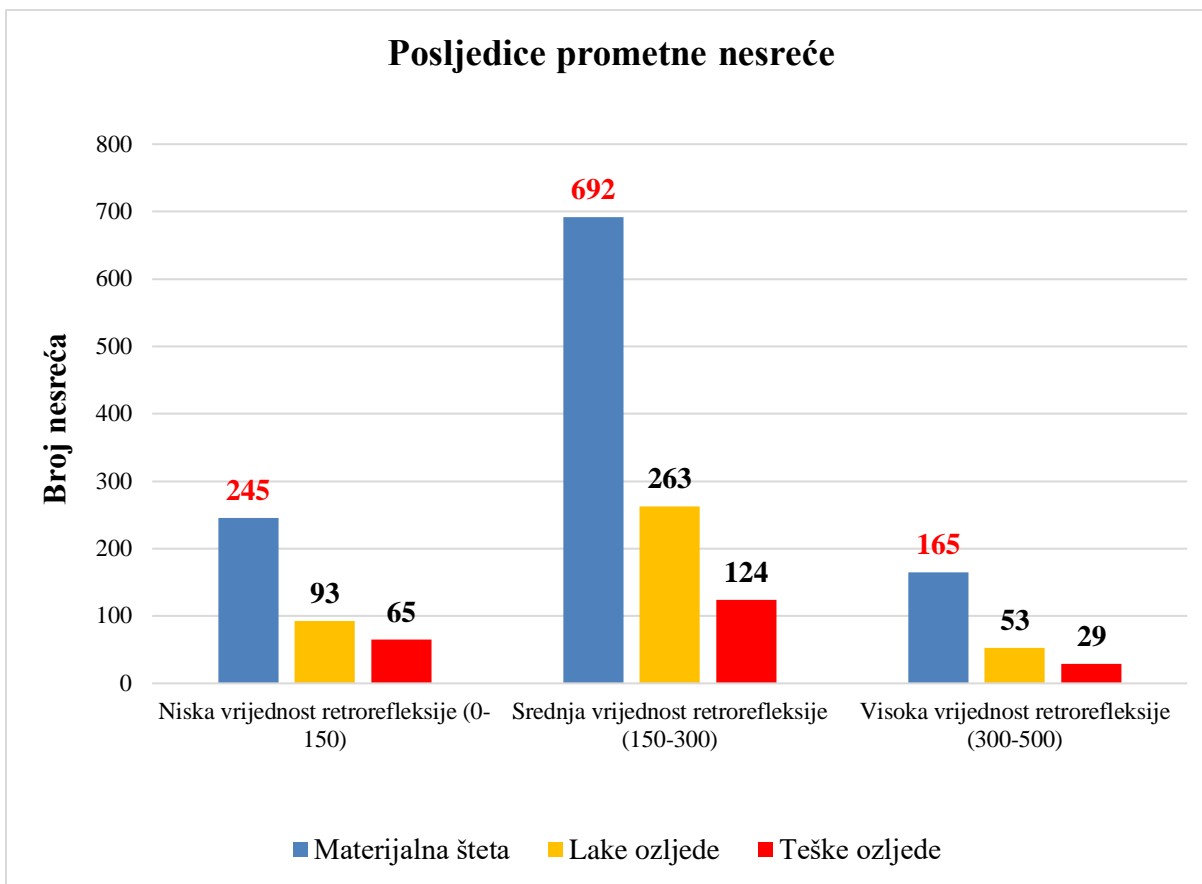
Druga tablica, tablica 8., prikazuje rezultate korelacije između vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće i posljedica prometnih nesreća. Posljedice prometnih nesreća podijeljene su na materijalnu štetu, lake ozljede i teške ozljede i poginule.

Tablica 8. Rezultati korelacije vrijednosti retrorefleksije oznaka i posljedica prometnih nesreća

Kategorije vrijednosti retrorefleksije		Posljedice prometne nesreće					
		Materijalna šteta	Lake ozljede	Teške ozljede i poginuli	Ukupno	Hi-kvadrat test	C-koeficijent korelacije
Niska vrijednost retrorefleksije (0-150)	Izbrojeno	245	93	65	403	<b>9.590</b> p=.048	<b>.075</b>
	Očekivano	257.9	95.7	49.4	403.0		
Srednja vrijednost retrorefleksije (150-300)	Izbrojeno	692	263	124	1079		
	Očekivano	688.4	255.5	135.1	1079.0		
Visoka vrijednost retrorefleksije (300-500)	Izbrojeno	165	53	29	247		
	Očekivano	155.7	57.8	33.6	247.0		
<b>Ukupno</b>	<b>Izbrojeno</b>	1102	409	218	1729		
	<b>Očekivano</b>	1102.0	409.0	218.0	1729.0		

Kada su u pitanju vrijednost retrorefleksije na dan nesreće i posljedice prometne nesreće, kako je vidljivo iz tablice 8., može se uočiti statistički značajan hi-kvadrat, pa samim time i koeficijent kontingencije koji upućuje na to da je viša vrijednost retrorefleksije povezana sa manjim brojem nesreća sa teškim ozljedama i poginulima, odnosno da je niska vrijednost retrorefleksije povezana sa većim brojem nesreća s teškim ozljedama i poginulim. Suprotno tome, viša vrijednost retrorefleksije povezana je s većim brojem nesreća koje za posljedicu imaju materijalnu štetu, odnosno niža vrijednost retrorefleksije je povezana s manjim brojem nesreća koje za posljedicu imaju materijalnu štetu. Iz toga se može zaključiti kako vrijednost retrorefleksije ima značajniji utjecaj na nastanak ozbiljnijih posljedica prometnih nesreća.

U grafikonu 3., prikazana je raspodjela posljedica prometnih nesreća po kategorijama vrijednosti retrorefleksije na dan nesreće.



Grafikon 3. Razdioba posljedica prometnih nesreća po kategorijama vrijednosti retrorefleksije

*Izvor: Izradio autor*

Iz grafikona 3., vidljivo je kako najveći dio prometnih nesreća pripada kategoriji srednje vrijednosti retrorefleksije, od kojih se njih 64 % odnosi na materijalnu štetu, 23 % na lake ozljede i 13 % na teške ozljede i poginule. Manji broj prometnih nesreća pripada kategoriji niske vrijednosti retrorefleksije kod kojih je 60,8 % materijalne štete, 23,1 % lakih ozljeda i 16,1 % teških ozljeda i poginulih. Kao što se moglo očekivati najmanji broj prometnih nesreća nalazi se u kategoriji visoke vrijednosti retrorefleksije gdje 66,8 % posljedica čini materijalna šteta, 21,5 % lake ozljede i 11,7 % teške ozljede i poginuli.

## 7. ZAKLJUČAK

Sigurnost cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj nije na zadovoljavajućoj razini. Svakodnevni broj prometnih nesreća ukazuje na loše stanje u prometu. Kako bi se postigla veća sigurnost u prometu potrebne su određene mjere, kao i kvalitetno održavanje prometnica i njihovog okoliša. Velik utjecaj na sigurnost prometa ima prometna signalizacija koja je neophodna za odvijanje prometa. Prometna signalizacija predstavlja osnovno sredstvo kojim se uspostavlja sigurno i precizno vođenje svih sudionika u prometu. Oznake na kolniku, koje predstavljaju horizontalnu prometnu signalizaciju, korištenjem i kombinacijom crta, natpisa i simbola oblikuju prometnu površinu. Njihova je osnovna svrha vizualno vođenje i upozoravanje svih sudionika u prometu, osiguravajući im pravovremeno uočavanje prometne situacije. Posebno je važno da su oznake na kolniku jasno i dovoljno vidljive u noćnim i uvjetima slabe vidljivosti. Vidljivost oznaka na kolniku postiže se zadovoljavajućom kvalitetom retrorefleksije oznaka na kolniku koja se vremenom smanjuje te je oznake potrebno obnoviti.

Kako bi se postigla veća sigurnost prometa na cestama potrebno je kvalitetno i kontinuirano postavljanje oznaka na kolniku koje svojim pristupom i značenjem osiguravaju bolje vizualno vođenje prometa posebno noću i u uvjetima slabije vidljivosti što doprinosi povećanju sigurnosti cestovnog prometa. Veličina, boja i dizajn oznaka uvelike utječu na vidljivost, a samim time i ranije uočavanje, prepoznavanje i pravovremeno reagiranje na novonastalu situaciju. Kvalitetno označavanje rubova kolnika veoma je važno kako bi se vozačima omogućilo bolje snalaženje na prometnici, posebice prilikom vožnje po njima nepoznatim prometnicama. Označavanjem rubova kolnika postiže se pravovremeno uočavanje potencijalno opasnih mjesta kao što su oštri zavoji, odroni, neutvrđene bankine i drugi objekti koji se nalaze uz cestu.

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi postoji li veza između retrorefleksije oznaka na kolniku i nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima vožnje. Prikupljanjem i obradom podataka za ukupno 1.729 prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj koje su se dogodile tijekom sumraka, noći i svitanja dobiveni su podaci o kvaliteti retrorefleksije oznaka na kolniku na dan nesreće, broj nesreća sa materijalnom štetom, ozljeđenim i poginulim osobama, broj nesreća prema vrsti nesreće i stanju kolnika u trenutku nesreće te se tako omogućila provedba korelacijske analize navedenih podataka. Usporedbom retrorefleksije oznaka na kolniku na dan nesreće i broja prometnih nesreća dobiven je zaključak kako se od ukupno 1.729 prometnih nesreća, njih 403, odnosno 23,3% dogodilo na mjestima gdje vrijednost retrorefleksije nije zadovoljavala minimalne vrijednosti, odnosno bila je istrošena i njena vidljivost je bila slaba dok je kod 1.326 nesreća što predstavlja 76,7% kvaliteta retrorefleksije bila zadovoljavajuća i oznake su bile dovoljno vidljive. Prema statistički obrađenim podacima nije utvrđen značajan utjecaj retrorefleksije oznaka na kolniku na nastanak prometnih nesreća, ali se prema drugim podacima može naslutiti kako vrijednost retrorefleksije ipak utječe na nastanak prometnih nesreća, naročito onih sa najtežim posljedicama. Tako se na mjestima sa slabijom retrorefleksijom oznaka na kolniku dogodio veći broj nesreća sa težim posljedicama i poginulim osobama, dok su se na onim mjestima gdje je

vrijednost retrorefleksije zadovoljavala svoju vrijednost, dogodile nesreće sa materijalnom štetom i lakšim ozljedama, odnosno sa manjim posljedicama. Prema ovim podacima može se zaključiti kako vrijednost retrorefleksije utječe na nastanak i posljedice prometnih nesreća ali ne u tako velikoj mjeri i ne sama za sebe. Na njihov nastanak uz samu retrorefleksiju utječu i drugi bitni čimbenici sigurnosti prometa kao što su prljavština na kolniku, vremenski uvjeti, stanje površine kolnika, stanje vozača kao i ostale distrakcije u prometu. Vrijednost retrorefleksije oznaka na kolniku bitno utječe na posljedice prometne nesreće kako je dobiveno korelacijskom analizom, veći broj prometnih nesreća sa materijalnom štetom odnosno manjim posljedicama nesreće vezan je uz visoku vrijednost retrorefleksije, dok je s druge strane veći broj prometnih nesreća s težim posljedicama vezan uz niske vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku. Korelacijskom analizom vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku i vrste prometnih nesreća nije dobivena statistički značajna povezanost, već se kod svih kategorija retrorefleksije u većini nesreća radi o slijetanju vozila s kolnika što se može shvatiti kao pokazatelj nedostatka nekih drugih elemenata sigurnosti prometa kao i stanju vozača. Za kraj, bitno je napomenuti kako su vrijednosti retrorefleksije oznaka na kolniku mjerene većinom u ljetnim mjesecima i bez prisutnosti čimbenika koji smanjuju njihovu vidljivost, te kako bi za točniju analizu utjecaja retrorefleksije oznaka na kolniku na nastanak prometnih nesreća u noćnim uvjetima bilo potrebno prikupiti podatke u realnom vremenu kada se prometna nesreća zapravo dogodila, što je u praksi gotovo pa nemoguće te tako ovoj analizi daje malo odstupanje od potpune točnosti provedenog istraživanja.

## LITERATURA

- [1] Hrvatske ceste d.o.o.: Brojanje prometa na cestama Republike Hrvatske 2020., Zagreb, 2021.
- [2] Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske, 29.srpanj, 2021.
- [3] Zakon o sigurnosti prometa na cestama, (NN 67/08, 48/10)
- [4] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Zagreb, 2001.
- [5] Luburić, G.: Nastavni materijali iz kolegija Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I, Zagreb, 2018.
- [6] Ščukanec, A., Babić, D., Babić, D., Fiolić, M.: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Zagreb, 2020./2021.
- [7] Lulić, Z., Šagi, G., Ormuž, K.: Nastavni materijali iz kolegija Teorija kretanja vozila, Zagreb, 2019./2020.
- [8] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, Zagreb, 2019.
- [9] Babić, D., Burghardt, T. E., Babić, D.: Application and characteristics of waterborne road marking paint, Zagreb, 2015.
- [10] Benz, R. J., Pike, A. M., Kuchangi, S. P., Brackett, Q.: Serviceable pavement marking retroreflectivity levels, Texas Transportation Institute, Texas, 2009.
- [11] Jang, Y.: Durability and retro-reflectivity of pavement markings, Indiana, 2008.
- [12] Babić, Dario. "Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku." Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, 2018. <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:894415>
- [13] Lidija Lolić Photography, 15 srpanj, 2021.  
<https://lidija-photo.com/hr/blog-hr/pejzazi/bijeli-krajolici-sinjaskog-polja/>
- [14] Smadi, O.; Hawkins, N.; Aldemir-Bektas, B.; Carlson, P.; Pike, A.; Davies, C. Predicting the Initial Retroreflectivity of Pavement Markings from Glass Bead Quality, Washington, D.C.,2013.
- [15] Babić, D., Fiolić, M., Prusa, P.: Evaluation of road markings retroreflection measuring methods, European Scientific Journal, 2014.
- [16] Federal Highway Administration, Department of Transportation, Highway Safety Stewardship Report, Washington DC, USA, 1981.



- [17] H. R. Al-Masaeid and K. C. Sinha, "Analysis of accident reduction potentials of pavement markings," *Journal of Transportation Engineering*, 1994.
- [18] A. R. Tsyganov, R. Machemehl, N. M. Warrenchuk, and Y. Wang, "Before-after comparison of edgeline effects on rural two-lane highways," Texas Department of Transportation, Austin, USA, 2006
- [19] E. S. Park, P. J. Carlson, R. J. Porter, and C. K. Andersen, "Safety effects of wider edge lines on rural, two-lane highways," *Accident Analysis & Prevention*, 2012.
- [20] National Cooperative Highway Research Program, "Longterm pavement marking practices chapter four: traffic crashes and pavement markings," Report, Washington DC, USA, 2002.
- [21] V. K. Dravitzki, T. Lester, and S. M. Wilkie, "The safety benefits of brighter road markings," Report, Land Transport, Wellington, New Zealand, 2006.
- [22] National Cooperative Highway Research Program, "Pavement marking materials and markers: real-world relationship between retroreflectivity and safety over time," Report, Toronto, Canada, 2006
- [23] T. Horberry, J. Anderson, and M. A. Regan, "The possible safety benefits of enhanced road markings: a driving simulator evaluation," *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2006
- [24] O. Smadi, R. R. Souleyrette, D. J. Ormand, and N. Hawkins, "Analysis of the safety effectiveness of pavement marking retroreflectivity," *Journal of the Transportation Research Board*, 2008
- [25] O. Smadi, "Pavement markings and safety," Center for Transportation Research and Education, IA, USA, 2010.
- [26] P. Carlson, E. S. Park, and D. H. Kang, "Investigation of longitudinal pavement marking retroreflectivity and safety," *Journal of the Transportation Research Board*, 2013.
- [27] R. E. Avelar and P. J. Carlson, "Characterizing the association between nighttime crashes and retroreflectivity of edgelines and centerlines on Michigan rural two-lane highways," in *Proceedings of the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Record*, Washington, DC, USA, 2014.
- [28] B. Aldemir-Bektas, K. Gkritza, and O. Smadi, "Pavement marking retroreflectivity and crash frequency: segmentation, line type, and imputation effects," *Journal of Transportation Engineering*, 2016.

- [29] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa u 2020., Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2021.
- [30] ESRI GIS, 24 kolovoz, 2021.  
<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>
- [31] Biljan-August M., Pivac, S., Štambuk, A.: Uporaba statistike u ekonomiji, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.

## POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

### *Popis slika*

Slika 1. Čimbenici sigurnosti cestovnog prometa.....	3
Slika 2. Puna razdjelna uzdužna crta.....	9
Slika 3. Puna rubna uzdužna crta.....	9
Slika 4. Isprekidana razdjelna uzdužna crta.....	10
Slika 5. Isprekidana rubna uzdužna crta.....	10
Slika 6. Crta upozorenja.....	10
Slika 7. a) Kratka isprekidana crta i b) široka crta.....	11
Slika 8. Kombinacije dvostrukih crta.....	11
Slika 9. Simboli, znakovi i površine uz punu zaustavnu crtu.....	12
Slika 10. Kombinacije isprekidane zaustavne linije.....	13
Slika 11. Kosa neprekinuta izlazna i ulazna crta.....	13
Slika 12. Kombinacije širokih kosih crta.....	14
Slika 13. Pješačko-biciklistički prijelaz.....	14
Slika 14. Biciklistička traka.....	15
Slika 15. Označavanje prometnog profila ceste.....	17
Slika 16. Evakuacijska crta u tunelu.....	17
Slika 17. Retrorefleksija.....	18
Slika 18. Prikaz sferične retrorefleksije.....	18
Slika 19. Profilirana, strukturirana i neprofilirana oznaka na kolniku.....	21
Slika 20. Shematski prikaz čimbenika utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku.....	23
Slika 21. Utjecaj vode na vidljivost oznaka na kolniku.....	25
Slika 22. Snijegom prekrivene oznake na kolniku.....	25
Slika 23. Nepokrivenost hrapave podloge materijalom.....	26
Slika 24. Kutovi promatranja iz različitih tipova vozila.....	27
Slika 25. Različite granulacije staklenih kuglica.....	28
Slika 26. Vraćanje svjetlosti u ovisnosti o indeksu loma za suhe i mokre uvjete.....	29
Slika 27. Raspored kuglica u materijalu korištenjem premaza protiv potonuća kuglica u materijal.....	30
Slika 28. Različiti kut utisnuća kuglica u oznaku.....	31
Slika 29. Reflektometar.....	31
Slika 30. Tehnički uvjeti ispitivanja oznaka na kolniku.....	32
Slika 31. Mjerno vozilo za dinamičko ispitivanje oznaka na kolniku.....	32

### ***Popis tablica***

Tablica 1. Širina razdjelne i rubne crte ovisno o kategoriji ceste .....	9
Tablica 2. Primjer izračuna prosječnog pada retrorefleksije po danu .....	37
Tablica 3. Primjer izračuna kvalitete retrorefleksije na dan prometne nesreće .....	37
Tablica 4. Prikaz prometnih nesreća po županijama .....	38
Tablica 5. Rezultati korelacijske analize .....	41
Tablica 6. Podjela prometnih nesreća po kategorijama .....	42
Tablica 7. Rezultati korelacije vrijednosti retrorefleksije oznaka i vrste prometnih nesreća .....	43
Tablica 8. Rezultati korelacije vrijednosti retrorefleksije oznaka i posljedica prometnih nesreća .....	45

### ***Popis grafikona***

Grafikon 1. Odnos između prosječne retrorefleksije i broja prometnih nesreća po županijama ...	40
Grafikon 2. Razdioba vrste prometnih nesreća po kategorijama vrijednosti retrorefleksije .....	44
Grafikon 3. Razdioba posljedica prometnih nesreća po kategorijama vrijednosti retrorefleksije .....	46



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada  
pod naslovom **Utvrđivanje veze između retrorefleksije oznaka na kolniku i**  
**učestalosti nastanka prometnih nesreća u noćnim uvjetima**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 05.09.2021

Nikola Dumbović  
(potpis)