Utjecaj vremenskih uvjeta na sigurnost u cestovnom prometu s aspekta prometne signalizacije

Marić, Igor

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:106475

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Igor Marić

UTJECAJ VREMENSKIH UVJETA NA SIGURNOST U CESTOVNOM PROMETU S ASPEKTA PROMETNE SIGNALIZACIJE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, srpanj 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

UTJECAJ VREMENSKIH UVJETA NA SIGURNOST U CESTOVNOM PROMETU S ASPEKTA PROMETNE SIGNALIZACIJE

THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON TRAFFIC SAFETY FROM THE ASPECT OF TRAFFIC SIGNALIZATION

Mentor: Dario Babić, mag. ing. traff.

Student: Igor Marić

JMBAG: 0135232587

Zagreb, srpanj 2017.

SAŽETAK

Prometni znakovi su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih cestovnih vlasti i sudionika u prometu te služe za upravljanje prometnim tokovima i kretanjem po cestama. Prometni znakovi daju do znanja sudionicima u prometu o ograničenjima, zabranama, obavezama i potrebnim obavijestima kojih se sudionici moraju pridržavati kako bi se osiguralo sigurno i nesmetano odvijanje prometa. U kojoj mjeri će prometni znak kvalitetno informirati sudionike u prometu ovisi o njegovim tehničkim značajkama (položaju u odnosu na smjer kretanja vozila) te retroreflektirajućim svojstvima. U uvjetima smanjene vidljivosti, u koje se ubrajaju i loši vremenski uvjeti, zadovoljavajuća snaga retrorefleksije doprinosi pravovremenom uočavanju prometnih znakova te njihovom tumačenju i razumijevanju. Cilj ovog završnog rada je ustanoviti u kojoj mjeri prometna signalizacija utječe na stvaranje nesreća u uvjetima smanjene vidljivosti i u lošim atmosferskim prilikama. Prema podacima o kvaliteti znakova na državnim cestama Republike hrvatske iz Zavoda za prometnu signalizaciju odredit će se korelacija između prometnih nesreća i prometnih znakova.

KLJUČNE RIJEČI: prometna signalizacija; sigurnost cestovnog prometa; vremenski uvjeti; retrorefleksija; prometna nesreća

SUMMARY

Traffic signs are medium that warn participants in traffic of all potential dangers on certain road or road section. They provide participants with informations about speed restrictions, bans, obligations and necessary notices that traffic participants must comply to in order to ensure safe and uninterrupted traffic flow. To what extent the traffic sign will provide good information depends on its technical characteristics (position relative to the direction of motion of the vehicle) and retroreflection. Satisfaying intensity of retroreflection contributes to timely noticing of the traffic signs and its interpretation and understanding. The task of this work is to determine the extent to with traffic signalization affects the occurrence of accidents under reduced visibility conditions and in poor weather conditions. The correlation between traffic accidents and traffic signs will be determined according to the data on the quality of signs on the state roads of the Republic of Croatia from the Traffic Signal Bureau.

KEY WORDS: traffic signalization; traffic safety; weather conditions; retroreflection; traffic accident

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆENITO O PROMETNOJ SIGNALIZACIJI 3
2.1. Povijesni razvoj prometne signalizacije 3
2.2. Podjela prometne signalizacije 4
2.2.1. Vertikalna prometna signalizacija 5
2.2.2 Horizontalna prometna signalizacija- oznake na kolniku 10
3. VIDLJIVOST PROMETNE SIGNALIZACIJE U UVJETIMA SMANJENE VIDLJIVOSTI 13
3.1. Refleksija 15
3.1.1. Zrcalna refleksija 15
3.1.2. Difuzna refleksija 15
3.1.3. Retrorefleksija 16
3.2. Materijali za izradu prometnih znakova kao utjecajni čimbenik na vidljivost signalizacije 17
3.2.1. Materijal klase I-Engineer Grade 18
3.2.2. Materijal klase II-High Intensity Grade 18
3.2.3. Materijal klase III-Diamond Grade 19
4. UTJECAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA 20
5. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA UZROKOVANIH LOŠIM VREMENSKIM UVJETIMA 23
6. ODREĐIVANJE POVEZANOSTI KVALITETE PROMETNE SIGNALIZACIJE I UČESTALOSTI PROMETNIH NESREĆA U LOŠIM VREMENSKIM UVJETIMA 28
6.1. Kvaliteta znakova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj 30
6.2. Korelacija između kvalitete znakova i nastanka prometnih nesreća 2015. godine 32
7. ZAKLJUČAK 35
Literatura 36
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA 37

1. UVOD

Na sigurnost u cestovnom prometu utječe mnogo različitih čimbenika, međutim, najznačajniji čimbenici su čovjek, vozilo i okolina [1]. Čovjek kao vozač u prometu, svojim osjetilima prima obavijesti vezane za prilike na cesti te, uzevši u obzir vozilo i prometne propise, određuje način kretanja vozila. U 3-5% prometnih nesreća smatra se da je uzrok tehnički nedostatak vozila, koje nizom svojih konstruktivnih, proizvodnih i eksploatacijskih parametara utječe na sigurnost cestovnog prometa. Vozilo mora biti tako konstruirano da mogućnost pojave ili izazivanje prometne nezgode svede na minimum, a kad do nesreće dođe da osigura maksimalnu moguću zaštitu sudionika u prometu [1]. Okolina kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa, podrazumijeva elemente ceste te elemente u neposrednoj blizini ceste u koje spadaju prometni znakovi, sva ostala signalizacija te prometna oprema koja utječe na stvaranje prometnih nesreća. Kako prometni znakovi predstavljaju osnovne sredstva komunikacije između cestovnih vlasti i sudionika u prometu, nužno je osigurati njihovo pravovremeno i točno percipiranje. Općenito, percepcija predstavlja složeni nesvjesni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih informacija i već postojećih informacija koji omogućuje pojedincu upoznavanje i prepoznavanje značenja predmeta, pojava i događaja u okolini, a sastoji se od dva međusobno povezana procesa: obrade postojećih informacija i obrade trenutno dobivenih informacija. S obzirom kako su ključni elementi vizualne percepcije vizualna jasnoća, periferni vid, percepcija dubine, noćni vid i razlikovanje boja, jasno je da na cjelokupni proces percepcije, a time i na sigurnost prometa značaj utjecaj imaju vremenski uvjeti.

Atmosferske prilike kao skup meteoroloških pojava koje u najvećoj mjeri utječu na vidljivost, a time i sigurnost prometa su kiša, magla, rosa i snijeg. Kiša ima izrazito negativan utjecaj na promet, što za posljedicu daje stvaranje tankog sloja između pneumatika i kolnika koji smanjuje koeficijent prianjanja te može doći do proklizavanja. Negativan utjecaj magle se najviše očituje u smanjenoj vidljivosti prometa te u zamagljivanju vjetrobranskog stakla. Snijeg ima više negativnih učinaka kao što su otežavanje kočenja vozila, smanjena vidljivost, otežan rad brisača vjetrobranskog stakla, odbijanje svjetla koje utječe na umor vozača i sl.[2] Na bolju vidljivost pri uvjetima smanjene vidljivosti i loših atmosferskih prilika može se utjecati postavljanjem kvalitetne prometne signalizacije, znakova i opreme ceste.

Cilj ovog završnog rada je analizirati u kojoj mjeri prometni znakovi utječu na sigurnost cestovnog prometa, promatrajući prometne nesreće koje su se dogodile u različitim atmosferskim prilikama (oblačno, kiša, magla snijeg).

Rad je podijeljen u 7 cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o prometnoj signalizaciji
3. Vidljivost prometne signalizacije u uvjetima smanjene vidljivosti
4. Utjecaj prometne signalizacije na sigurnost cestovnog prometa
5. Analiza prometnih nezgoda uzrokovanih lošim vremenskim uvjetima

6. Određivanje povezanosti kvalitete prometne signalizacije i učestalosti prometnih nesreća u lošim vremenskim uvjetima
7. Zaključak

U drugom poglavlju rada govorit će se općenito o prometnoj signalizaciji, svrsi, služenju, povijesnom razvitku te o podjeli prometne signalizacije.

Materijali od kojih se izrađuju prometni znakovi su veoma važan čimbenik jer od njihove kvalitete ovisi hoće li određeni znak biti dovoljno jasan i vidljiv. Stoga postoji više klasa materijala od kojih se izrađuju znakovi, a o njihovim svojstvima će se više govoriti u trećem poglavlju završnog rada.

Jedan od glavnih problema koji se susreću na cesti su dotrajalost prometnih znakova. Znakovi imaju svoj vijek trajanja te ih je stoga potrebno pravovremeno mijenjati jer se veliki broj nesreća dogodi zbog nedovoljne vidljivosti prometnog znaka. O tome će se više govoriti u četvrtom poglavlju završnog rada, a kod statističke analize koristit će se podaci o 130 državnih cesta od ukupno 181 u RH, što uključuje 139 773 prometna znaka. Veliki uzorak bit će odabran u svrhu postizanja što veće točnosti i reprezentativnosti provedene analize.

U petom dijelu rada analizirat će se podaci o prometnim nesrećama, njihovim uzrocima, povezanosti sa atmosferskim prilikama i uvjetima vidljivosti, koje su se dogodile na državnim cestama u Republici Hrvatskoj.

U završnom dijelu ovog rada odredit će se korelacija između prometnih znakova i prometnih nesreća koje su se dogodile u periodu 2013., 2014. i 2015. godine. Podatke o broju nesreća, posljedicama, uvjetima vidljivosti i atmosferskim prilikama koje su prethodile prometnim nesrećama uzet će se iz Biltena o sigurnosti cestovnog prometa. Podaci o ukupnom broju znakova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj te broju znakova koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju propisane uvjete, uzet će se od Zavoda za prometnu signalizaciju na Fakultetu prometnih znanosti u Zagrebu, Sveučilišta u Zagrebu, koji su prikupljeni u sklopu projekta „Kontrolna ispitivanja retrorefleksije horizontalne i vertikalne prometne signalizacije na državnim cestama s prikupljanjem podataka za ažuriranje Baze cestovnih podataka“.

2. OPĆENITO O PROMETNOJ SIGNALIZACIJI

Prometna signalizacija predstavlja skup znakova i oznaka čija je zadaća upravljati i regulirati odvijanje prometa na prometnoj mreži te informirati i upozoriti sudionike u prometu na trenutačno stanje na određenoj dionici ceste. S obzirom da je signalizacija neizostavni dio svake ceste bez koje je nemoguće zamisliti sigurno odvijanje prometa na cestama, nužno je da je ona jednostavna, jasna, čitljiva, vidljiva, istoznačna, univerzalna, kontinuirana, odgovarajućeg dizajna te postavljena u odgovarajućem opsegu [3]. Kontakt vozača i prometne signalizaciju u toku vožnje događa se u nekoliko sekundi, a samo vrijeme trajanja percepcije poruke koju signalizacija nosi ovisi o nizu čimbenika među kojima je brzina vožnje najznačajniji. Općenito, kontakt vozača i prometnog znaka događa se u tri faze [4]:

1) uočavanje
2) prepoznavanje
3) čitanje.

U prvoj fazi (uočavanje) vozač percipira postojanje određenog objekta za koji, ne može sa sigurnošću zaključiti što je, no s obzirom na njegovu poziciju, pretpostavlja da je element prometne signalizacije. Drugim riječima, vozač otkriva i registrira najmanju površinu koju ljudsko oko može otkriti u kontaktu s okolinom. U drugoj fazi (prepoznavanje) vozač raspoznaje boju i obliku signalizacije, a time automatski i vrstu poruke koju signalizacija nosi. Iako, vozač percipira oblik i boje što mu omogućava generalno prepoznavanje vrste poruke, u fazi prepoznavanja vozač ne percipira točno značenje poruke. U zadnjoj fazi (čitanje) vozač percipira poruku te sukladno njoj prilagođava svoje ponašanje.

Da bi prometna signalizacija, naročito prometni znakovi, mogla efikasno izvršavati svoje zadaće, ona mora ispunjavati sljedeće [4]:

1) zadovoljavati potrebe sudionika u prometu
2) privući pozornost vozača
3) prenositi jednostavne i jasne informacije
4) pobuđivati respekt vozača i pješaka
5) biti smještena tako da sudionicima u prometu daje dovoljno vremena za pravilnu reakciju.

2.1. Povijesni razvoj prometne signalizacije

Cestovni propisi i prometni znakovi, kakvi se danas sreću, nisu stariji od stotinu godina. Međunarodnim konvencijama koje su se bavile ovom problematikom prethodilo je razdoblje parnih omnibusa s početka 19. stoljeća. To je vrijeme kad se željeznički promet potvrdio kao jeftiniji, brži i udobniji od konjskih zaprega. Istodobno se razvijala i željeznička prometna signalizacija koja je stoga starija od signalizacije u cestovnom prometu. U to vrijeme, u najrazvijenijoj industrijskoj zemlji svijeta, u Engleskoj, na cestama se sve češće susreću vozila pogonjena parom, tzv. parni omnibusi, koji su prevozili i do dvadesetak putnika. Godine 1836. izglasan je zakon naziva „Locomotive Acts“, koji je 1865. dopunjen. Taj zakon može se smatrati prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. Obvezivao je svakog vozača

da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i upozoravati prolaznike na dolazeću opasnost kao što je prikazano na slici 1. [5].



Slika 1. Zakon crvene zastave

Izvor: [5]

Taj zakon, poznat i pod nazivom "Zakon crvene zastave", ukinut je tek 1896. godine, a imao je za posljedicu zaostajanje Engleske za drugim razvijenim industrijskim državama u gradnji svih vrsta vozila na mehanički pogon. Pravilo o strani kretanja temeljeno je na starim običajima koje su vozači naslijedili od kočijaša. Engleski su kočijaši vozili kolima uz lijevi rub ceste, pa su i prvi propisi ozakonili taj običaj, proširen i po engleskim kolonijama. Svi ostali narodi slijedili su francuske običaje i zakone te se pri vožnji držali desne strane ceste. Kad su se na cestama pojavila prva motorna vozila koja su sve češće i lakše prelazila državne granice, a to je vrijeme početka 20. stoljeća, iskrsnula je i potreba da se utvrde međunarodni propisi koji bi ujednačivali prilike na svim cestama. Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu sklopljena je 1909. godine u Parizu. Slijedile su kasnije konvencije u drugim gradovima, a najvažnija je Ženevska iz 1949. godine kada je donesen Protokol o signalizaciji na cestama, te potom njegove izmjene i dopune iz 1968. godine koje je donijela Međunarodna konferencija Organizacije ujedinjenih naroda o prometu na cestama. Oblici prometnih znakova određeni su već prvom Pariškom konvencijom. Znakovi opasnosti su dobili oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredbi su okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni. Vremenom se mijenjao njihov broj – od početnih desetak do današnjih dvjestotinjak (bez dopunskih ploča i ostalih znakova i oznaka). Posljednje izmjene i dopune Protokola o prometnoj signalizaciji iz 1968. godine uvele su u uporabu osmerokutni znak obveznog zaustavljanja umjesto dotadašnjeg okruglog znaka s ucrtanim trokutom. To je jedini znak takvog oblika, a posebnim izgledom tog znaka željela se istaknuti njegova važnost u odnosu na ostale znakove [5].

2.2. Podjela prometne signalizacije

Prometna signalizacija se dijeli na vertikalnu i horizontalnu prometnu signalizaciju. U vertikalnu prometnu signalizaciju se ubrajaju znakovi opasnosti, znakovi izričitih naredbi, znakovi obavijesti, znakovi obavijesti za vođenje prometa, dopunske ploče i promjenjivi

prometni znakovi. Horizontalna prometna signalizacija obuhvaća uzdužne, poprečne i ostale oznake na kolniku [3].

2.2.1. Vertikalna prometna signalizacija

Pojam vertikalne signalizacije najčešće se poistovjećuje sa prometnim znakovima. Šire gledano, vertikalna signalizacija može se definirati kao skup posebno kodiranih oznaka namijenjenih učesnicima u prometu, koje se, u odnosu na prometne površine nalazi u vertikalnoj ravnini. Kao što je već ranije navedeno, glavne funkcije prometne signalizacije pa tako i vertikalne su upravljanje, reguliranje, orijentiranje odnosno usmjeravanje te informiranje [6].

Općenito, prometni znakovi mogu se podijeliti prema nizu čimbenika kao što su: oblik, boja, dimenzije, značenje, načinu izrade, razini retrorefleksije itd. Prema obliku, znakovi se dijele na četiri osnovna oblika: trokut, krug, kvadrat i pravokutnik. Boje, sukladno zakonskoj regulativi u Republici Hrvatskoj (RH), koje se koriste kod izrade prometnih znakova su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i crna, te za posebne uvjete narančasta i smeđa. Dimenzije znakova određene su prema kategoriji ceste na kojoj se znak nalazi, kao što je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova prema mjestu postavljanja

MJESTO POSTAVLJANJA	ISTOSTRANIČNI TROKUT [cm]	KRUG ILI OSMEROKUT [cm]	KVADRAT ILI PRAVOKUTNIK [cm]
Autoceste i državne ceste	120	90	90x90 90x135
Županijske ceste i glavne gradske prometnice	90	60	60x60 60x90
Ostale ceste	60	40	40x40 40x60
Umetnuti znakovi	40	30	-

Izvor: [4]

Međutim, od svih podjela, najznačajnija je ona prema značenju. Sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 64/2015) prometni znakovi se prema značenju ili funkciji dijele na [3]:

a) znakovi opasnosti
b) znakovi izričitih naredbi
c) znakovi obavijesti
d) znakovi obavijesti za vođenje prometa
e) dopunske ploče
f) promjenjivi prometni znakovi

a) Znakovi opasnosti

Sudionicima u prometu označuju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost (Slika 2.). Osnovna boja znakova opasnosti je bijela boja, a rubovi

trokuta su crveni, osim znaka A25 (označava radove na cesti), čija je osnovna boja žuta. Simboli na znakovima opasnosti crne su boje. Znakovi opasnosti, u pravilu, se postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Znakovi opasnosti mogu se postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ispred opasnog mjesta na cesti, ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste na kojemu se znak postavlja. Ako sigurnost prometa zahtijeva, osobito brzina kojom se vozila kreću ili nepreglednost ceste, ti će se znakovi opasnosti postaviti i na udaljenosti većoj od 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Znakovima opasnosti, koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, moraju biti pridružene i dopunske ploče na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju [3].



Slika 2. Znakovi opasnosti

Izvor: [7]

b) Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi (Slika 3.) stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze. Njihov oblik je krug, osim znakova B01 i B02 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska i obavezno zaustavljanje). Osnovna boja znakova zabrane, odnosno ograničenja, je bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane, odnosno ograničenja, crne su boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte na znakovima izričitih naredbi na kojima postoje crvene su boje. Znakovi izričitih naredbi postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obveza da se drže naredbe izražene prometnim znakom. Ako je zbog slabe preglednosti ceste ili zbog drugih razloga sigurnosti sudionike u prometu potrebno unaprijed obavijestiti o izričitoj naredbi, znak izričite naredbe može biti postavljen i na odgovarajućoj udaljenosti od mjesta od kojega naredba vrijedi. Znak B08 (zabrana prometa za cisterne), B09 (zabrana prometa za vozila koja prevoze eksploziv ili neke lakozapaljive tvari) i B10 (zabrana prometa za vozila koja prevoze opasne tvari), postavlja se u skladu s odredbama posebnih propisa. Znakovi izričitih naredbi moraju se ponovno postaviti nakon svakoga križanja s drugom cestom ako izričita naredba vrijedi i poslije takvog križanja. Izričita naredba izražena znakom zabrane i ograničenja ili znakom obveze postavljenim na ulazu u naselje na istom stupu na kojem je postavljen i znak

za obilježavanje naseljenog mjesta vrijedi na području cijelog naselja ako na pojedinim cestama ili dijelovima ceste u naselju nije drugim prometnim znakom izražena druga naredba [3].



Slika 3. Znakovi izričitih naredbi

Izvor: [7]

c) Znakovi obavijesti

Sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Oblik znakova obavijesti je kvadrat, pravokutnik ili krug. Osnovna boja znakova obavijesti je [3]:

- žuta sa simbolima i natpisima crne boje;
- plava sa simbolima i natpisima bijele, crne, crvene ili zelene boje;
- zelena sa simbolima i natpisima bijele boje;
- bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje.

Znakovi obavijesti (Slika 4.) postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose. Ako se objekt ili teren na koji se znak obavijesti odnosi ne nalazi na cesti na kojoj je znak postavljen, potrebna obavijest može biti postavljena na dopunskoj ploči ili na samom znaku tako da se sudionicima u prometu omogući lak i brz pronalazak objekata, odnosno terena na koji se znak odnos [3].



Slika 4. Znakovi obavijesti

Izvor: [7]

d) Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Osnovna zadaća ovih znakova je da obavještavaju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta (Slika 5.).

Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa je [3]:

- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje
- za dijelove gradova i naselja bijela sa simbolima i natpisima crne boje.

Obavješćivanje sudionika u prometu znakovima obavijesti za vođenje prometa u zoni raskrižja provodi se u pet stupnjeva [3]:

1) Prethodno obavješćivanje
2) Obavješćivanje o smjeru kretanja
3) Obavješćivanje o prestrojavanju
4) Obavješćivanje o skretanju
5) Potvrdno obavješćivanje.

Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina moraju se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti. Na državnim cestama moraju se postaviti drugi, četvrti i peti

stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka. Na županijskim cestama moraju se postaviti drugi i četvrti, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti [3].

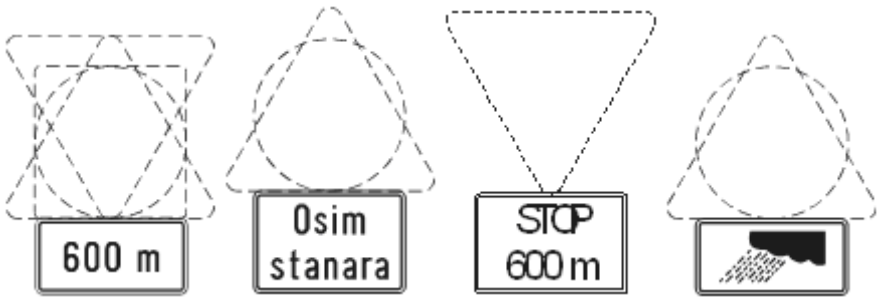


Slika 5. Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Izvor: [7]

e) Dopunske ploče

Uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti mogu biti istaknute i dopunske ploče. Dopunske ploče (Slika 6.) pobliže određuju značenje prometnog znaka. Osnovna boja dopunske ploče je bijela, a boja natpisa i simbola na dopunskoj ploči je crna. Dopunske ploče postavljaju se zajedno s prometnim znakovima na koje se odnose, i to ispod donjeg ruba prometnog znaka. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka. Dopunsku ploču postavlja pravna osoba koja održava cestu ili prometna policija za vrijeme obavljanja policijskog ili sudbenog očevida. Dopunske ploče moraju se ukloniti nakon što prestanu razlozi zbog kojih su postavljene [3].



Slika 6. Dopunske ploče

Izvor: [7]

f) Promjenjivi prometni znakovi

Kad je zbog prometne sigurnosti ili prometno-tehničkih zahtjeva potrebno, prometni znakovi u cijelosti ili djelomice mogu biti izvedeni kao promjenjivi znakovi (Slika 7.). Prema izvedbi mogu biti kontinuirani ili ne kontinuirani. Kontinuirani su znakovi oni znakovi koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina je razlika da uporabom elektromehaničkih sredstava mogu prikazivati različite poruke. Ne kontinuirani znakovi su oni znakovi kod kojih je moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove. Ti znakovi oblikuju poruke uporabom pojedinačnih elemenata koji mogu biti u jednome od dva stanja (ili više), čime mogu oblikovati različite poruke na istoj prednjoj površini znaka[3]. Promjenjivi prometni znakovi ne smiju se razlikovati od prometnih znakova stalnog značenja i u slučaju kvara jednog dijela znaka ili pregaranja izvora svjetlosti ne smije promijeniti svoje značenje. Tijekom normalnih uvjeta vožnje na cesti, signalni pojmovi na promjenljivim prometnim ne kontinuiranim znakovima moraju biti ugašeni. Kad se predviđa ili nastane promjena normalnih uvjeta vožnje na cesti, ovisno o nastalim promjenama, automatski se uključuje za to predviđeni signalni pojam koji mora biti u funkciji do ponovne uspostave normalnih uvjeta vožnje. Kad se odnosi na ograničenje brzine, promjenljiv prometni ne kontinuirani znak uvijek se postavlja iza statičnog prometnog znaka ograničenja brzine, gledano u smjeru vožnje [3].



Slika 7. Promjenjiva prometna signalizacija

Izvor: [7]

2.2.2 Horizontalna prometna signalizacija- oznake na kolniku

Oznake na kolniku predstavljaju dio cjelokupne prometne signalizacije koji se ne može nadomjestiti drugim znakovima ili propisima te se mogu definirati kao skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi [8].

Sukladno RH regulativi, oznake na kolniku imaju jednaku pravnu vrijednost kao i prometni znakovi i prometna svjetlosna signalizacija te se mogu postavljati samostalno ili u kombinaciji s njima ako je potrebno da se značenje tih znakova jače istakne, odnosno potpunije odredi ili objasni. Ako se postavljaju u kombinaciji s prometnim znakovima ili prometnom svjetlosnom signalizacijom, moraju s istima biti potpuno usklađene kako ne bi bespotrebno zbunjivale vozače [8].

Oznake na kolniku se ucrtavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor. Ne smiju biti više od 0,6 cm iznad razine kolnika i moraju imati retroreflektirajuća svojstva. Kao i kod prometnih znakova, osnovni zadaci oznaka na kolniku su upozoravanje (na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtijeva osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnog upravljanja vozilom), vođenje (vozača do njihova cilja putovanja identificirajući im sigurnu putanju vožnje), informiranje (vozača o zakonskim ograničenjima) te reguliranje prometa [8].

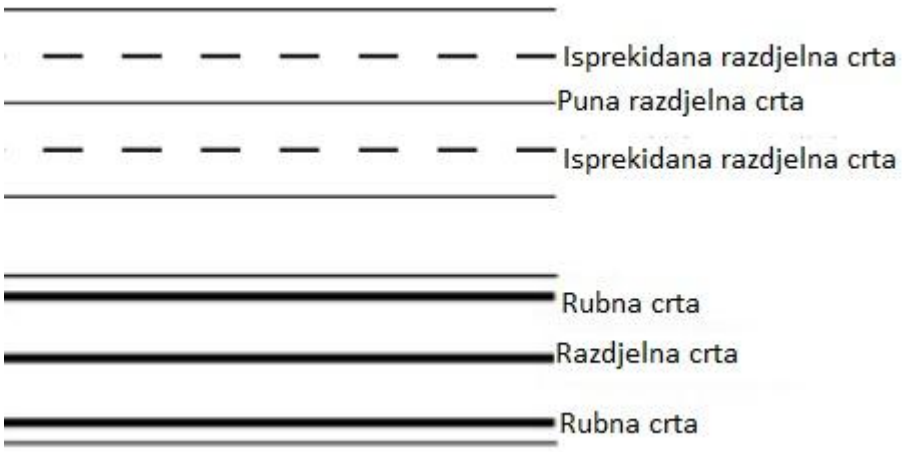
Iako se podjela oznaka na kolniku može izvesti prema raznim kriterijima (boja, trajnost, retroreflektirajuća svojstva, vrsti materijala itd.), njihova osnovna podjela proizlazi iz njihove funkcije namjene, te se u tom smislu oznake na kolniku dijele na [8]:

a) uzdužne oznake na kolniku
b) poprečne oznake na kolniku
c) ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

a) Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake na kolniku mogu biti pune, isprekidane i dvostruke crte. Širina uzdužnih crta na kolniku iznosi najmanje 10 cm, a razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta je 10 cm. Pod uzdužnim oznakama na kolniku podrazumijevaju se sve one koje su paralelne s osi kolnika, a to su: razdjelne, rubne i crte vodilje (slika 8.) [8].

Razdjelna crta služi za razdvajanje dvosmjernih kolničkih površina prema smjerovima kretanja vozila, dok rubna crta služi za označavanje ruba vozne površine kolnika. Crte vodilje se koriste kao pomoćne crte pri prolasku kroz raskrižje, osobito kod većih raskrižja.



Slika 8. Primjer uzdužne horizontalne signalizacije

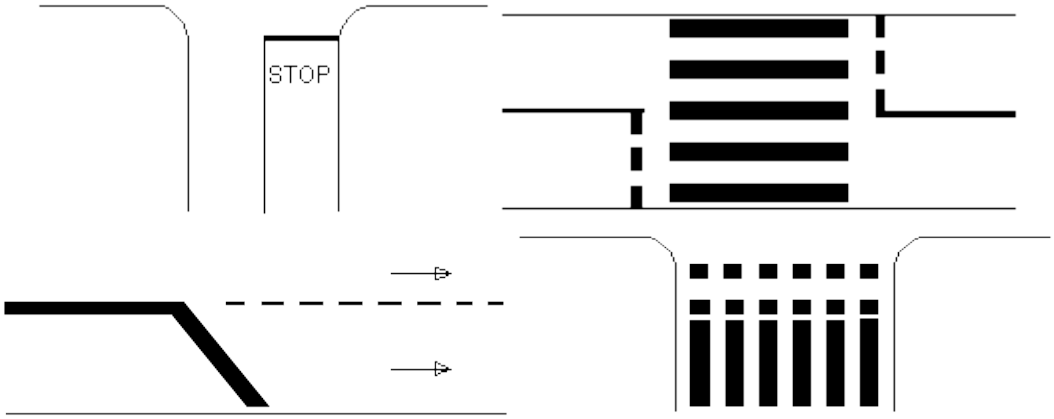
Izvor: [7]

b) Poprečne oznake na kolniku

Poprečne oznake na kolniku obilježavaju se punim ili isprekidanim crtama i mogu biti povučene na kolniku tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova. Poprečne su oznake, s obzirom na kut pod kojima ih vozač vidi, šire od uzdužnih oznaka, a dijele se na: crte

zaustavljanja, crte kojima se obilježavaju mjesta na kojima vozači moraju dati prednost prolaza, pješačke prijelaze, prijelaze biciklističke staze preko kolnika te kose crte [3].

Crta zaustavljanja može biti puna ili isprekidana. Na mjestima na kojima se pješački prijelaz ne može obilježiti bojom, prijelaz se može obilježiti čeličnim ili plastičnim elementima, klinovima ili reflektirajućim oznakama. Primjer poprečnih oznaka prikazan je na slici 9.



Slika 9. Označavanje poprečne i kose signalizacije na kolniku

Izvor: [3]

c) Ostale oznake na kolniku

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su [3]: strelice, polja za usmjeravanje prometa, crte usmjeravanja, natpisi na kolniku, oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje, obilježavanje bijelih točaka za ocjenu vidljivosti u magli, obilježavanje naprava za smirivanje prometa, elementi konstrukcije i opreme javnih cesta, evakuacijske crte u tunelima [7].

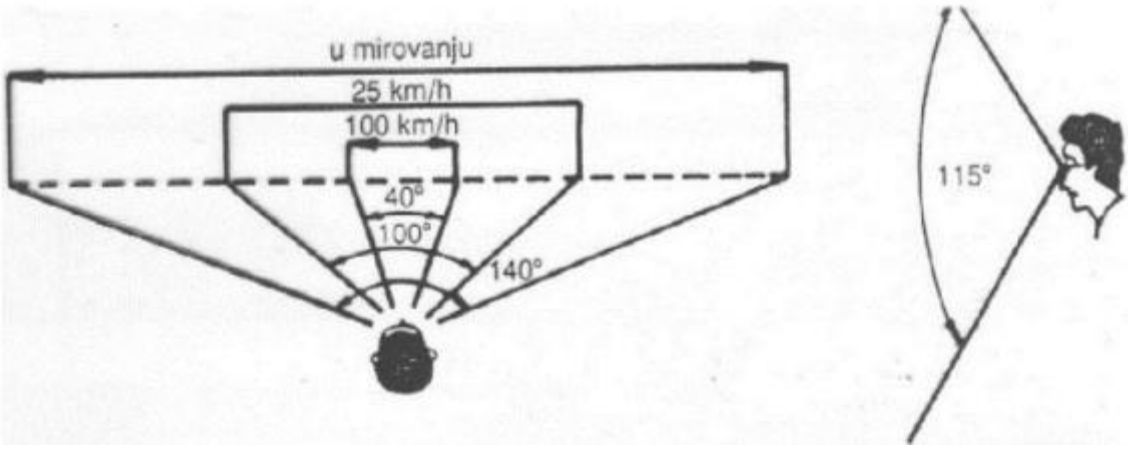
3. VIDLJIVOST PROMETNE SIGNALIZACIJE U UVJETIMA SMANJENE VIDLJIVOSTI

S obzirom da sudionici u prometu preko 90% informacija dobivaju putem vida, vidljivost prometne signalizacije je osnova odvijanja sigurnog prometa [4]. Kao što je ranije navedeno, na sigurnost prometa utječu tri skupine [1]:

a) Čovjek
b) Vozilo
c) Okolina

a) Čovjek kao čimbenik utjecaja na vidljivost prometne signalizacije

Čovjek kao vozač u prometu svojim osjetilima prima obavijesti vezane za prilike na cesti i na osnovu tih informacija određuje način kretanja vozila. Za sigurno sudjelovanje u prometu nužno je korištenje osjeta vida, sluha, ravnoteže, mirisa i mišića. Od svih navedenih osjeta, osjet vida je najvažniji. Čovjek u prometu preko organa vida prima više od 90% informacija. Noću i u uvjetima smanjene vidljivosti ljudsko oko registrira tek oko 5% svih informacija o prometu. Vidno polje vozača je prostor u kojem čovjek uočava predmete, a može biti horizontalno i vertikalno [1]. Horizontalno vidno polje iznosi između 40° i 140° i dijeli se na: oštro (3° od simetrale), jasno (10° od simetrale), dovoljno jasno (20° od simetrale) te periferno (20° + od simetrale) dok vertikalno vidno polje iznosi oko 115° kao što je prikazano na slici 10. [1].



Slika 10. Vertikalno i horizontalno vidno polje

Izvor: [1]

Veliki utjecaj na sigurnost cestovnog prometa ima i starosna dob vozača. Kod starijih dolazi do smanjenja oštrine vida te usporavanja motoričkih funkcija zbog čega sporije percipiraju i reagiraju u određenim situacijama na cesti. Kod osoba starije dobi postoji i problem kod prepoznavanja boja. To se događa iz razloga što leća u oku žuti, zjenica se stišće te leća postaje manje propusna. Manje svjetlosti dolazi do mrežnice i iz tog razloga im boje postaju tamnije kao što je prikazano na slici 11. [9].



Slika 11. Kako istu sliku vidi čovjek od 20, 60 i 75 godina.
Izvor: [9]

b) Vozilo kao čimbenik sigurnosti u cestovnom prometu

Prema statističkim podacima, 3-5% prometnih nesreća se dogodi zbog tehničkih nedostataka na vozilu [1]. Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa dijele se na aktivne i pasivne. U aktivne elemente sigurnosti vozila ubrajamo kočnice, upravljački mehanizam, gume, svjetlosni i signalni uređaji, uređaji koji povećavaju vidno polje vozača, konstrukcija sjedala, spojleri, uređaji za grijanje i hlađenje, vibracije vozila itd. U pasivne elemente sigurnosti vozila ubrajamo karoseriju, vrata, sigurnosne pojaseve, naslone za glavu, vjetrobranska stakla i zrcala, položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora, odbojnike [1].

c) Okolina kao čimbenik sigurnosti u cestovnom prometu

Atmosferske prilike su zasigurno jedan od glavnih razloga zbog kojih prometna signalizacija može biti nedovoljno vidljiva. Kiša, snijeg, magla, imaju važan značaj kod vidljivosti prometne signalizacije. Uvjeti vidljivosti u prometu na cestama su ključni za procjenu i donošenje kvalitetne odluke kod vozača motornih vozila. Smanjena vidljivost je prisutna ako zbog nepovoljnih atmosferskih prilika (kiša, magla, snijeg) ili drugih prilika (dim, prašina) vozač ne može jasno uočiti druge sudionike u prometu ili prometni znak na udaljenosti od najmanje 200 m izvan naseljenog mjesta, odnosno najviše 100 m u naseljenom području [3].

Da bi prometna signalizacija bila vidljiva u uvjetima smanjene vidljivosti u koje spadaju i loši vremenski uvjeti ona mora imati dobra retroreflektirajuća svojstva. Vidljivost određenog objekta određuje jačina i boja svjetla kojim zrači u usporedbi sa jačinom i bojom svjetla kojom zrači njegova okolina. Znakovi moraju imati do deset puta veću jačinu osvijetljenosti u područjima velike kompleksnosti, a da imaju isti učinak kao i znakovi koji se nalaze u području male kompleksnosti[4]. Refleksija ne stvara vlastito svjetlo, već „posuđuje“ svjetlo iz drugog izvora. „Posuđeni“ svjetlosni trak dolazi do objekta te se reflektira od njega. Reflektivno svojstvo predmeta ovisi o intenzitetu ulaznog svjetlosnog traka kao i o retroreflektivnom materijalu od kojeg je izrađen [10]. Uočljivost određenog objekta mogu umanjiti loši atmosferski uvjeti kao i problemi uzrokovani vozilom. Pod probleme s vozilom u ovom slučaju podrazumijevamo probleme sa vjetrobranskim staklom gdje površinske rupice i ogrebotine raspršuju svjetlo koje prolazi kroz staklo smanjujući vidljivost i povećavajući bljesak te neispravnost farova.

Loši atmosferski utjecaji imaju dva učinka [9]:

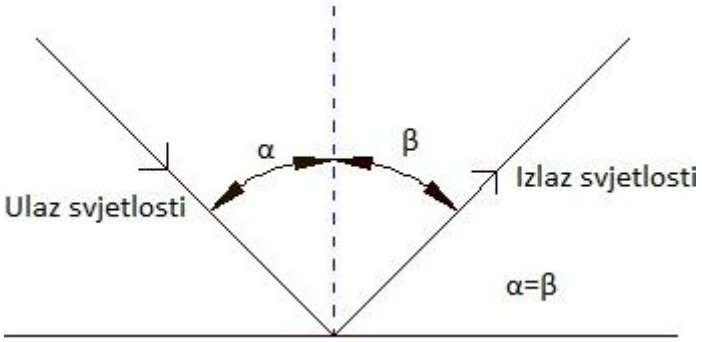
1) Prvi učinak je da manja količina svjetla s vozila dopire do objekta, a time se i manja količina svjetla reflektira s objekta i vraća do vozačevog oka.
2) Drugi učinak je da se dio raspršenog svjetla vraća natrag u vozačevo oko, što uzrokuje da se atmosfera čini svjetlijom što smanjuje kontrast objekta i otežava njegovo uočavanje.

3.1. Refleksija

Refleksija ili refleksija valova (odbijanje valova), u fizici, je odbijanje ravnih valova na graničnoj površini dvaju sredstava (medija). Ako je granična ploha glatka, to jest neravnine su prema valnoj duljini zanemarive, nastaje takozvana zrcalna refleksija, kod koje je upadni kut valova jednak kutu refleksije; u suprotnom slučaju nastaje difuzna refleksija (valovi se reflektiraju u svim smjerovima). Treći oblik refleksije je retrorefleksija koja je u prometu i najpotrebnija s obzirom da ona neovisno o upadnom kutu zraku svjetlosti vraća prema izvoru [11].

3.1.1. Zrcalna refleksija

Zrcalna refleksija je vrsta refleksije kod koje se svjetlost reflektira pod istim upadnim kutom u suprotnom smjeru (slika 13.). Nastaje na glatkim i sjajnim površinama, u prometu, najčešće kada je kolnik mokar ili zaleđen te predstavlja negativnu pojavu s obzirom da uzrokuje potencijalno zasljepljivanje vozača iz suprotnog smjera [12].

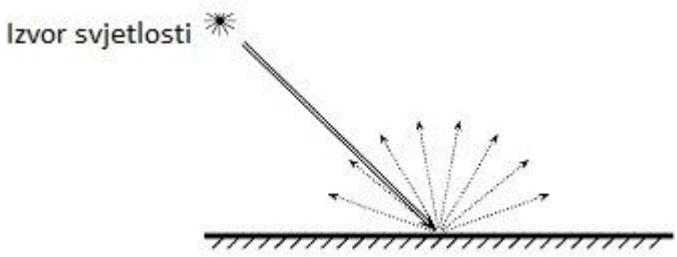


Slika 12. Zrcalna refleksija

Izvor: [13]

3.1.2. Difuzna refleksija

Difuzna refleksija je refleksija kod koje svjetlost ulazi pod jednim kutom, a reflektirane zrake šire se u različitim smjerovima, a ne samo u jednom kao kod zrcalne refleksije kao što je prikazano na slici 14. Nastaje kada svjetlost pada na hrapave površine. Iz razloga što se svjetlost reflektira u svim smjerovima samo manji dio svjetlosti se vraća prema svom izvoru zbog čega je vidljivost u noćnim uvjetima slaba [11].

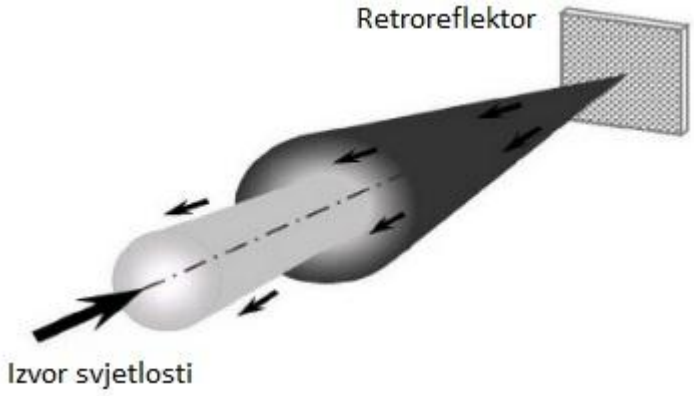


Slika 13. Difuzna refleksija

Izvor: [13]

3.1.3. Retrorefleksija

Od sve tri vrste refleksije koje poznajemo, za prometnu signalizaciju najinteresantnija je retrorefleksija. Kod retrorefleksije svjetlosni trak se uvijek vraća prema svom izvoru bez obzira na kut ulaza. Retrorefleksija omogućuje odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti. U prirodi je relativno malo retroreflektora te da se iz tog razloga u prometnoj signalizaciji koriste umjetni retroreflektori koji omogućuju vraćanje ulazne zrake svjetlosti nazad prema svom izvoru [4]. Retrorefleksija u odnosu na zrcalnu i difuznu refleksiju ima najbolja svojstva za upotrebu u prometu.



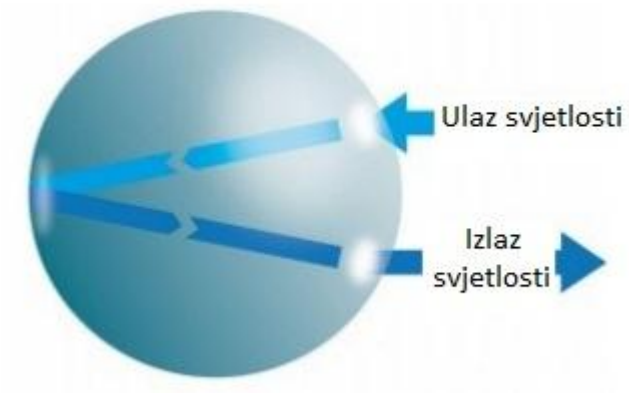
Slika 14. Retrorefleksija

Izvor: [12]

S obzirom na vrstu materijala kojim se ostvaruje, retrorefleksija se dijeli na [4]:

1) Sferičnu
2) Prizmatičnu

Kod sferične retrorefleksije (Slika 16.) staklena kuglica lomi ulazni svjetlosni trak pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice. Svjetlost se zatim reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice, svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvor [4].



Slika 15. Sferična retrorefleksija

Izvor: [14]

Kod prizmatične retrorefleksije (Slika 17.) tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazni trak svjetlosti reflektira u smjeru svog izvora usporedo s ulaznim svjetlom. Sa optičke točke gledišta, prizmatični reflektori su daleko savršeniji u odnosu na sferične i posjeduju vrlo veliki koeficijent retrorefleksije [4].



Slika 16. Prizmatična retrorefleksija

Izvor: [14]

3.2. Materijali za izradu prometnih znakova kao utjecajni čimbenik na vidljivost signalizacije

Vidljivost prometnih znakova u uvjetima smanjene vidljivosti uvelike ovisi o materijalima od kojih se signalizacija izrađuje. Razlog iz kojeg vozači u uvjetima smanjene vidljivosti ne vide dobro prometne znakove je taj što znakovi ne reflektiraju dovoljnu količinu svjetlosti prema vozaču. Stoga je jako važno koristiti dobre materijale, sa dobrim svojstvom retrorefleksije.

Retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova koriste mikro staklene kuglice ili mikroprizme odnosno sferičnu i prizmatičnu retrorefleksiju. U RH se u najvećoj mjeri koristi sferična retrorefleksija pri izradi prometnih znakova. Staklene kuglice su promjera od 0,01 do 0,1mm i ima ih oko 80 milijuna na jednom četvornom metru materijala. Takve prozirne

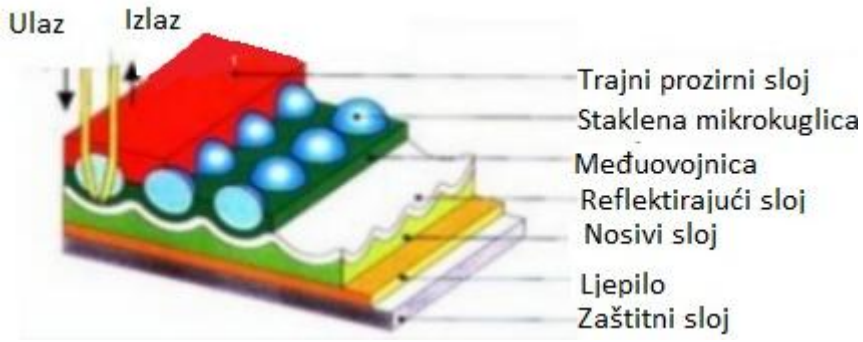
kuglice zalivene su tankim, trajnim i zaštitnim prozirnim materijalom koji je debljine od 0,14 do 0,22mm[4].

Danas se primjenjuju tri tipa retroreflektirajućih materijala [15]:

1) Materijal klase I
2) Materijal klase II
3) Materijal klase III

3.2.1. Materijal klase I-Engineer Grade

Materijal Klase I, poznat i kao folija prve generacije, izrađen je od od trajnog materijala s uvezanim staklenim mikrokuglicama (Slika 18.) ili mikroprizmama koje se koriste i danas na područjima gdje je promet slabijeg intenziteta i s manjim brzinama vožnje. Tanki porozni sloj štiti od utjecaja sunčevih zraka na smanjenje refleksije i predstavlja dio optičkog sustava materijala. Sjaj retroreflektirajuće folije je 70 cd/lx/m^2. Jamstvo trajnosti refleksije je 7 godina [15].



Slika 17. Sastav materijala klase I

Izvor: [15]

3.2.2. Materijal klase II-High Intensity Grade

Materijal klase II (Slika 19.) radi se od reflektirajuće folije koja sadrži učahurene staklene mikrokuglice ili mikroprizme koje su trostruko sjajnije od novih reflektirajućih folija klase I. Za ovu foliju se daje jamstvo da će i nakon 10 godina uporabe na prometnicama još uvijek zadržati najmanje 80% prvotne sjajnosti. Znakovi koji su izrađeni od folije klase II su jasno vidljivi, čak iz širokog kuta gledanja, te u osvijetljenoj okolini učinkovito upozoravaju vozače na nadolazeće opasnosti na cesti. Kod materijala klase II, kuglice su nalijepljene na plastični nosač, a njihov gornji dio nalazi se u zrakom napunjenoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem. Pripada materijalima visokog sjaja. Sjajnost ove reflektirajuće folije je 250 cd/lx/m^2 [15].



Slika 18. Sastav materijala klase II

Izvor: [15]

3.2.3. Materijal klase III-Diamond Grade

Materijal Klase III (Slika 20.) izrađen je od vrlo učinkovitih mikroprizmi zahvaljujući kojima su više nego trostruko sjajnije od folija s učahurenim staklenim mikrokuglicama i čak deseterostruko sjajnije od folija s uvezanim staklenim mikrokuglicama. Stoga vozačima na prometnicama omogućuju veću vidljivost u svim dnevnim, noćnim i lošim vremenskim uvjetima. Dopuštajući ulazne kutove svjetlosnog traka do 60 stupnjeva, ove folije pružaju veliku fleksibilnost u postavljanju znakova. Među svim trajnim folijama za izradbu znakova ove folije raspolažu najsjajnijim reflektirajućim svojstvima. Sjaj ove reflektirajuće folije je 800 cd/lx/m^2, što je tri puta više od folije Klase II i deset puta više od folije Klase I [15]. Postoji više tipova ove reflektirajuće folije [15]:

1) VIP (Visual Impact Performance) – omogućuje maksimalnu učinkovitost na kratkim udaljenostima i idealno je rješenje za signalizaciju u gradskom prometu. Ova folija namijenjena je za veliku gustoću osvjetljenja na kratkoj udaljenosti.
2) LDP (Long Distance Performance) – razvijena je specijalno za primjenu na autocestama i magistralnim cestama. Stoga se znakovi izrađeni od ovih folija uočavaju i prepoznaju i s velikih udaljenosti.
3) Flourescent - omogućuje povećanu vidljivost danju, a ne samo noću, uz pomoć korištenja flourescentnih boja.
4) Diamond Grade Cubed –"Kombinira najbolje osobine VIP i LDP. DG folija stoga se upotrebljava kako u gradskim uvjetima, tako i na autoputovima i magistralama. Nova mikrokubična struktura omogućava pojačanu vidljivost na svim udaljenostima te će ova folija vrlo brzo potpuno zamijeniti VIP i LDP verzije.



Slika 19. Sastav materijala klase III

Izvor: [15]

4. UTJECAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Niz je razloga i uvjeta na cesti, stalnih ili povremenih, zbog kojih je potrebno postaviti odgovarajuće prometne znakove radi upozorenja sudionika u prometu. Sudionici u prometu uz pomoć prometne signalizacije dobivaju najviše značajnih informacija od kojih ovisi sigurnost cestovnog prometa.

Uz pravilno postavljanje prometne signalizacije, u odvijanju sigurnog prometa veoma je važan i ljudski faktor. Osobe koje su odmorne i koncentrirane na vožnju mogu uočiti gotovo sve znakove bez poteškoća, dok osobe koje nisu u potpunosti spremne za sudjelovanje u prometu mogu uočiti znatno manje znakova. Čovjek ima ograničen sustav percepcije pa istovremeno može opaziti samo 2 znaka. Na mjestima gdje imamo više znakova, znakove koji su postavljeni s lijeve strane ćemo lakše uočiti od znakova koji su nam s desna, a gornje lakše uočimo od donjih [16]. Veoma je važno da su znakovi postavljeni u vidnom polju vozača, da su uočljivi i u kontrastu sa okolinom. U gradovima je česta pojava da se zbog prevelike koncentracije reklama, natpisa i ostalih stvari koje odvlače pozornost, znakovi mnogo teže uočavaju.

Veliki utjecaj na sigurnost ima i sam čovjek. Gledano na europskoj razini, populacija postaje sve starija, što znači da se i prometna infrastruktura mora adaptirati potrebama rastućeg segmenta korisnika ceste, kod kojih dolazi do smanjenih vizualnih sposobnosti i sporijeg reagiranja, odnosno produženog vremena reakcije. Procijenjeno je da će postotak starijih vozača (iznad 65 godina) narasti s 17,5% u ukupnoj populaciji u 2011. godini, na 23,6% u 2020. godini, odnosno progresivno se povećavati do 2050. godine u kojoj se očekuje porast na 28,6% [17]. U pravilu, vozači iznad šezdesete godine života pokazuju sporije vrijeme reagiranja u usporedbi s mlađim vozačima, što je rezultat postupnog slabljenja preciznosti i oštrine vida, poteškoće kod gledanja na blizu, promjene u percepciji boja, problemi uočavanja pri slabom svjetlu ili noću.

Ceste ne mogu biti sigurne dugoročno, osim ako se ne osigura njihovo redovito održavanje. Ulaganja u prometnu infrastrukturu u zadnjem desetljeću, zajedno s napretkom u tehnologiji proizvodnje vozila i obuke vozača, doprinijela su padu broja prometnih nesreća za više od 50% [17]. Iz Slike 22., koja prikazuje liniju trenda kretanja broja smrtno stradalih osoba na cestama Europske Unije za razdoblje 2001.-2020. godine, jasno je vidljiv značajan pad broja poginulih 2010. godine u odnosu na 2001. godinu.



Slika 20.Trend kretanja smrtnog stradavanja na cestama EU

Izvor: [18]

Nakon 2009. godine i vrhunca ekonomske krize, došlo je do značajnog smanjenja sredstava koja su ulagana u cestovnu infrastrukturu. Prema Međunarodnom transportnom forumu, u ukupnom iznosu uloženom u cestovnu infrastrukturu, udio ulaganja u održavanje cesta se smanjuje, pogotovo u nekoliko posljednjih godina. Postotak sredstava uloženih u održavanje cesta pao je ispod 30% od ukupnih ulaganja u ceste s visokih 36% u ranim 2000-tima[19]. Padajući trend u ulaganja u održavanje cesta također ima utjecaj na održavanje prometnih znakova, što rezultira time da se znakovi koji više tehnički nisu ispravni ne zamjenjuju novima.

U Njemačkoj je na cestama 25 milijuna prometnih znakova. Uslijed kroničnog nedostatka održavanja, procijenjeno je da oko 8 milijuna prometnih znakova više ne ispunjava svoju zadaću (33% od ukupnog broja znakova), s time da je 25% znakova starijih od 15 godina. Prosječna starost prometnih znakova u Francuskoj je 17 godina, dok je njihov funkcionalni vijek trajanja 8-12 godina [17]. Na državnim cestama u Republici Hrvatskoj, od 149 435 prometnih znakova, njih 28,88% ne zadovoljava tehničku ispravnost te prosječna starost prometnog znaka koji ne zadovoljava iznosi 8,5 godina [20]. Prosječna starost je relativno mala u odnosu na zabilježenu istu u Francuskoj zbog većeg broja novoizgrađenih cesta. Posljedica navedenog je da 40-50% znakova nema zadovoljavajući prometni učinak i nije u skladu s nacionalnim zakonodavnim zahtjevima. Iako znakovi predstavljaju osnovna sredstva komunikacije između sudionika u prometu i cestovnih vlasti, zbog kompleksnosti prometnih nesreća utjecaj prometnih znakova na sigurnost vrlo je teško istražiti. Usprkos tome, niz studija je pokazalo pozitivan učinak kvalitetnog održavanja prometnih znakova na opću sigurnost cestovnog prometa.

Zaklada za sigurnost u prometu u Ujedinjenom Kraljevstvu je 2013. godine izdala izvješće o praćenju stanja sigurnosti na britanskim glavnim mrežama cestovnih prometnica. Referenta razdoblja bila su 2002.-2006. i 2007.-2011., a u izvješću su izneseni podaci analize prije-poslije na određenim dionicama cesta na kojima se pokazao najveći napredak u

sigurnosti kroz ova dva perioda. Analiza je pokazala kako su prometni znakovi (bilo kao zamjena i poboljšanje postojećih znakova ili postavljanje novih) jedan od faktora koji doprinosi sigurnosti na sedam od deset analiziranih prometnica, što je dovelo do čak 87% smanjenja sveukupnog broja stradalih [21].

U Australiji je 2012. godine Ministarstvo prometa provelo naknadnu analizu svog Nacionalnog programa o crnim točkama. Evaluacija je obuhvatila 1 599 projekata s crnim točkama tijekom sedam godina, od 1996. do 2003. godine. Procijenjeno je kako je program smanjio smrtna stradavanja i broj ozlijeđenih na tretiranim lokacijama za 30% te broj prometnih nesreća s materijalnom štetom za 26%. Od različitih mjera koje su provedene, prometni znakovi su se pokazali kao najpovoljniji, odnosno s najboljim odnosnom troškova i koristi. Preciznije, za znakove koji označavaju prednost prolaska te za znakove vođenja prometa procijenjen je odnos troškova i koristi između 15:1 i 20:1, ovisno o financijskoj postavi projekta. Ostali zahvati vezani za prometne znakove s visokom stopom povrata su postavljanje znakova opasnosti i promjenjivih prometnih znakova, za koje je određen omjer troškova i koristi od 14 ili 9 s odgovarajućom diskontnom stopom [21].

Iz prethodno navedenog može se zaključiti da znakovi pozitivno utječu na sigurnost prometa, ali i da je nužna daljnja evaluacija njihovog učinka i povezanosti s prometnim nesrećama, posebno u uvjetima smanjene vidljivosti. S obzirom na navedeno, u ovom radu se detaljnije analizira kvaliteta prometnih znakova s ciljem utvrđivanja odnosa između broja prometnih nesreća u uvjetima smanjene vidljivosti i prometnih znakova koji ne zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije.

5. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA UZROKOVANIH LOŠIM VREMENSKIM UVJETIMA

Gledajući broj vozila koja sudjeluju u prometu, cestovni promet je najzastupljenija grana prometa u Republici Hrvatskoj. Kao posljedica velike koncentracije motornih vozila koja se kreću na cestama pojavljuju se prometne nesreće. U posljednjih deset godina na hrvatskim se cestama prosječno dogodilo 45 000 prometnih nesreća. U 30% od ukupnog broja nesreća došlo je do ozljeđivanja sudionika, odnosno prosječno je godišnje stradalo 19 000 osoba. Od tog broja 80% prošlo je s lakšim tjelesnim ozljedama, 18% ih je teško ozlijeđeno, dok je 2% osoba godišnje smrtno nastradalo [22].

Iako je troškove prometnih nesreća vrlo teško procijeniti iz razloga jer ona ne obuhvaća samo troškove liječenja i materijalnu štetu, već uključuje i neizravnu štetu u vidu: smanjenja mogućnosti privređivanja, gubitka radne sposobnosti, nemogućnosti obavljanja svakodnevnih aktivnosti, izravnih reprodukcijski troškovi medicinske ili profesionalne rehabilitacije, neizravnih reprodukcijskih troškova policije, sudskih procesa, osiguravajućih društava itd., procjenjuje se da, ovisno o državama, izravni gubici iznose u visini od 1% pa sve do 3% bruto domaćeg proizvoda, dok su posredni višestruki. Od ukupnog broja teško ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama oko 5% osoba ostaju trajni stopostotni invalidi, što je godišnje više od 100 ljudi. 10% njih trpi trajne posljedice, a najčešće je riječ o osobama mlađe životne dobi. Jedan od bitnih pokazatelja sigurnosti cestovnog prometa jest broj poginulih osoba na 100 000 stanovnika. Broj poginulih osoba na 100 000 stanovnika pokazao se pouzdanim mjerilom stupnja sigurnosti prometa na cestama. 1979 godine u Hrvatskoj je na cestama poginulo 1605 osoba, što je iznosilo 34 poginula na 100 000 stanovnika. Danas je taj broj smanjen na 7 poginula na 100 000 stanovnika [22]. Navedeni podaci prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Pregled osnovnih pokazatelja sigurnosti cestovnog prometa na 100 000 stanovnika od 2006. do 2015. godine

Osnovni pokazatelji	Godina									
	2006	**2007**	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
PROMETNE NESREĆE:	1 312	1 373	1 205	1 136	1001	989	865	794	738	770
Nastradale osobe	376	405	367	354	299	308	274	262	249	261
Poginuli	12	12	13	11	9	9	8	7	6	7
Ozlijeđeni	363	393	353	343	290	299	266	254	242	253
Materijalna šteta	936	968	838	781	701	680	590	532	489	509

Izvor:[22]

Od 2006. do 2015. godine na hrvatskim se cestama dogodilo oko 445 000 prometnih nesreća. U tim je nesrećama nastradalo 194 000 osoba, poginulo je 4 706, teško je ozlijeđeno 34 574, a 154 720 osoba je lakše ozlijeđeno. U proteklom desetljeću broj prometnih nesreća s nastradalim osobama smanjio se sa 16 706 na 11 038 (33,9%), lakše ozlijeđenih osoba s 18 828 na 12 202 (35,2%), teško ozlijeđenih osoba sa 4 308 na 2 822 (34,5%) i broj poginulih u prometnim nesrećama sa 614 na 348 (43,3%). Unatoč dugoročnom ulaganju u sigurnost prometa, broj poginulih u prometnim nesrećama u posljednjih deset godina rastao je sa 614 u 2006. godini do 664 u 2008., otkad se bilježi stalan pad do 308 u 2014. godini, da bi se trend pada zaustavio u 2015. godini [22].

Cilj rada je analizirati nastanak prometnih nesreća za period od 2013. do 2015. godine koje su se dogodile u vrijeme različitih uvjeta vidljivosti (dan, noć, sumrak i svitanje) te nesreća koje su se dogodile pod utjecajem različitih atmosferskih uvjeta (vedro, oblačno, kiša, magla, snijeg). Glavni pokazatelj sigurnosti prometa je broj nesreća koji se dogodio te posljedice nesreća istih koje će u ovom radu predstavljati: broj poginulih i ozlijeđenih osoba. U ovom poglavlju korišteni su službeni podaci o prometnim nesrećama na državnim cestama (državna cesta-DC) dobiveni od strane Ministarstva Unutarnjih Poslova (MUP) za 2013., 2014. i 2015. godinu.

Nesreće prema uvjetima vidljivosti u periodu 2013., 2014. i 2015. godine

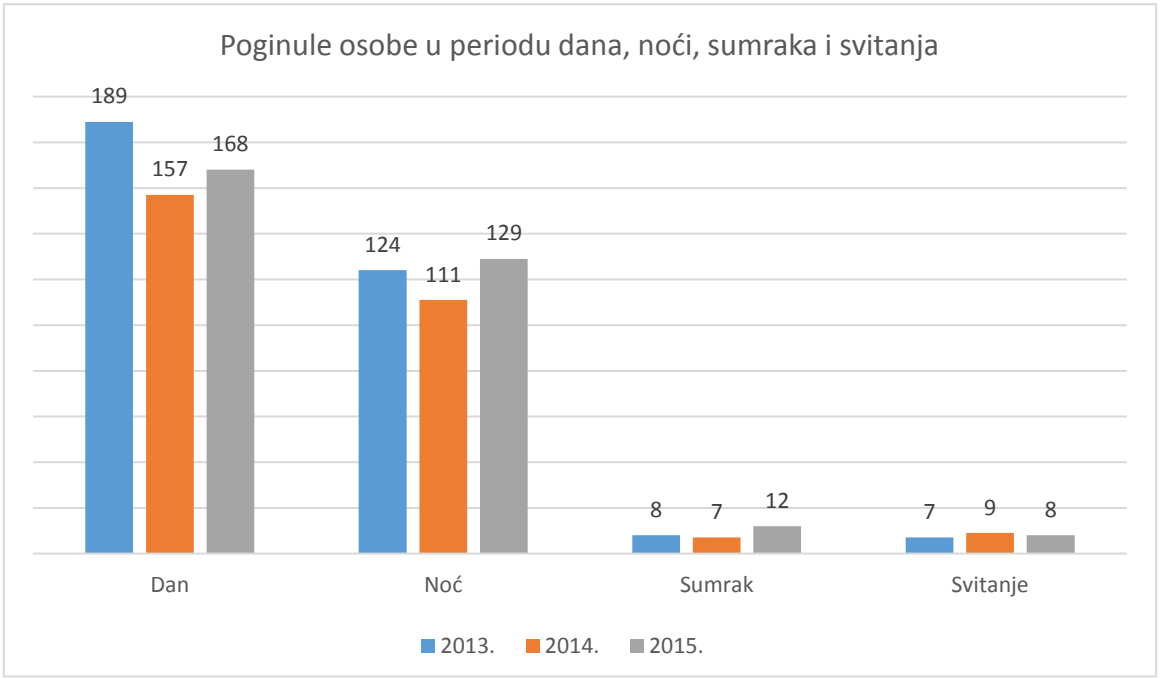
Tablica 3. Nesreće i njihove posljedice prema uvjetima vidljivosti

UVJETI VIDLJIVOSTI	UKUPAN BROJ NESREĆA			POGINULI			OZLIJEĐENI		
	2013.	2014.	2015.	2013.	2014.	2015.	2013.	2014.	2015.
DAN	23 650	21 932	22 564	189	157	168	7 769	7 469	7 698
NOĆ	9 428	8 659	9 090	124	111	129	2 793	2 532	2 700
SUMRAK	549	472	521	8	7	12	190	174	179
SVITANJE	394	369	396	7	9	8	145	148	144
UKUPNO	**34 021**	**31 432**	**32 571**	**328**	**284**	**317**	**10 897**	**10 323**	**10 721**

Izvor:[22]

U Tablici 3. uspoređeni su podaci o prometnim nesrećama za 2013., 2014. i 2015. godinu u različitim uvjetima vidljivosti (dan, noć, sumrak, svitanje) na državnim cestama u Republici Hrvatskoj. Kao glavni parametri usporedbe uzet je ukupan broj nesreća, broj poginulih i broj ozlijeđenih. 2013. godine u 34 021 nesreće poginulo je 328 osoba, 2014. u 31 432 nesreće poginulo je 284 osoba. 2015. godine, broj poginulih je porastao na 317 u 32 571 nesreći.

Gledajući uvjete vidljivosti, može se primijetiti da se najveći broj nesreća događa u periodu dana. To se događa iz razloga što se u periodu dana odvija promet sa najvećim brojem vozila. Nakon nesreća koje su se dogodile u periodu dana, najveći broj nesreća se dogodio po noći. Razlog tome je upravo slaba vidljivost koja sudionicima u prometu otežava uočavanje i prepoznavanje signalizacije i drugih sudionika u prometu. Ukupno se u 2013. godini dogodilo 34 021 prometna nesreća, od toga je po danu bilo 23 650 nesreća, u periodu noći 9 428 nesreća, u vrijeme sumraka 549 te u vrijeme svitanja 394 nesreće. Najviše poginulih je u periodu dana (189) i po noći (124). 2014. godine od ukupno 31 432 nesreće, po danu se dogodile 21 932 nesreće, u periodu noći 8 659, za vrijeme sumraka 472 te za vrijeme svitanja 369. Najviše osoba je poginulo u periodu dana (157), a najmanje u svitanje (9). 2015. godine ukupno su se dogodile 32 571 nesreće, po danu 22 564, u sumraku 521 te za vrijeme svitanja 396. Za vrijeme dana poginulo je 168 osoba, u uvjetima noćne vožnje poginulo je 129 osoba, u sumraku 12, te u za vrijeme svitanja 8 osoba kao što je prikazano na grafu 1.



Graf 1. Poginule osobe u periodu dana, noći, sumraka i svitanja za 2013., 2014. i 2015. godinu

Iz Grafa 1. vidljiv je pad broja poginulih u periodu dana, noći i sumraka, u 2013. godini u odnosu na 2014. godinu. Pad nije zabilježen samo u nesrećama koje su se dogodile za vrijeme svitanja, gdje je zabilježen rast. U 2015. godini broj poginulih je porastao u svim uvjetima vidljivosti osim u periodu svitanja, gdje je zabilježen pad broja poginulih.

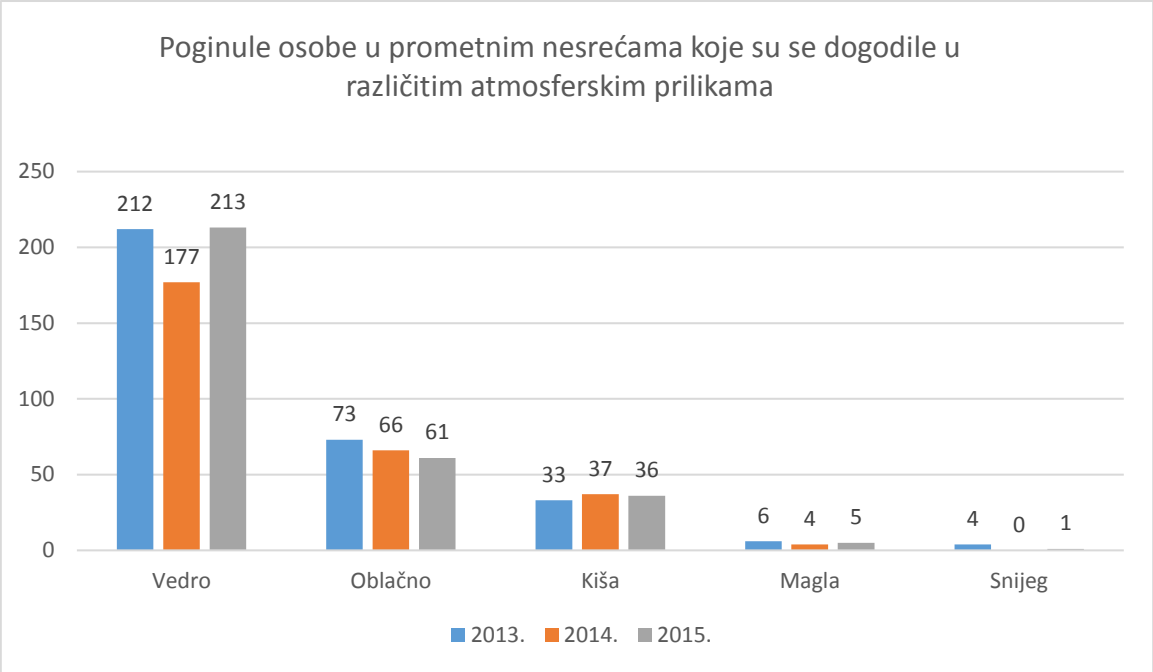
Nesreće u različitim atmosferskim prilikama u 2013., 2014. i 2015. godini

Tablica 4. Nesreće u različitim atmosferskim prilikama

METEOROLOŠKI UVJETI	BROJ PROMETNIH NESREĆA			POGINULI			OZLIJEĐENI		
	2013.	**2014.**	**2015.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**
VEDRO	20 544	18 169	21 454	212	177	213	6 914	6 173	7 228
OBLAČNO	8 204	8 376	6 808	73	66	61	2 358	2 634	2 045
KIŠA	3 619	4 265	3 230	33	37	36	1 191	1 348	1 102
MAGLA	390	245	625	6	4	5	139	87	230
SNIJEG	1 170	303	374	4	0	1	266	59	99
OSTALO	94	74	80	0	0	1	29	22	17
UKUPNO	**34 021**	**31 432**	**3 257**	**328**	**284**	**317**	**10 897**	**10 323**	**10 721**

Izvor:[22]

Atmosferske prilike koje utječu na odvijanje prometa mogu biti različite, a u Tablici 4. prikazane su nesreće koje su se dogodile dok je vrijeme bilo vedro, oblačno, kiša, magla i snijeg. Iz priložene Tablice 4. je vidljivo da se pod različitim vremenskim uvjetima, 2013. godine, dogodila 34 021 prometna nesreća. Od ukupnog broja prometnih nesreća, 20 544 nesreća se dogodila pod vedrim vremenskim uvjetima, a poginulo je 212 osoba. Razlog tome je što se uvjeti za vožnju čine dobrima za vozače, pa ih samim time više izlazi na cestu i odlučuju se na putovanja. Po oblačnom vremenu se dogodilo 8 204 nesreće, pri čemu su poginule 73 osobe. Zanimljivo je da se po snijegu događa najmanji broj nesreća, a mogući razlog za to je veća pažnja koju vozači imaju pri takvim teškim uvjetima za vožnju. U 2014. godini se po vedrim meteorološkim uvjetima dogodilo 18 169 nesreća, od čega je sa smrtno stradalo 177 osoba. 390 prometnih nesreća se dogodilo dok je na cesti bila prisutna magla, koja jako utječe na vidljivost prometne signalizacije i drugih sudionika u prometu, a 2014. godine su pod tim uvjetima poginule 4 osobe. Od tri godine koje se promatraju, najveći broj prometnih nesreća dogodio se 2015. godine, čak 21 454. kao što je prikazano u grafu 2.



Graf 2. Poginule osobe u prometnim nesrećama koje su se dogodile u različitim atmosferskim prilikama

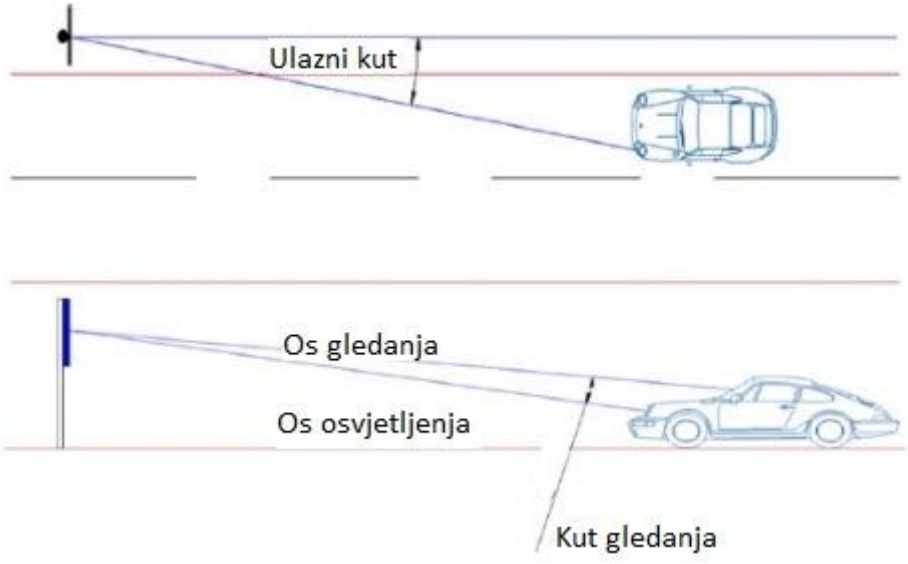
U Grafu 2. primjetan je veliki broj poginulih osoba u prometnim nesrećama koje su se dogodile pod vedrim i oblačnim atmosferskim prilikama. 2013. godine, pod vedrim atmosferskim prilikama u prometnim nesrećama poginulo je 212 osoba. Vidljiv je pad broja poginulih pod istim uvjetima 2014. godine, kada je poginulo 177 osoba. 2015. zabilježen je porast poginulih osoba pod vedrim atmosferskim prilikama, poginulo je 213 osoba. Trend pada broja poginulih osoba zabilježen je pri oblačnim prilikama, u tri godine broj mrtvih je smanjen za 12 osoba. Kiša je bila uzrok nesreća u kojima je u 2013. godini poginulo 33 osoba, a taj broj je do 2015. godine porastao za 3 osobe. Nesreće koje su se dogodile po magli, odnijele su u 3 godine 15 života, 6 u 2013., 4 u 2014. i 5 u 2015. godini.

6. ODREĐIVANJE POVEZANOSTI KVALITETE PROMETNE SIGNALIZACIJE I UČESTALOSTI PROMETNIH NESREĆA U LOŠIM VREMENSKIM UVJETIMA

Cilj završnog rada je analiza utjecaja vremenskih uvjeta na sigurnost cestovnog prometa s aspekta prometne signalizacije, pa će se stoga razmatrati kvaliteta prometne signalizacije na državnim cestama Republike Hrvatske te će se odrediti u kojoj mjeri vertikalna signalizacija zadovoljava minimalne propisane koeficijente retrorefleksije. Kvaliteta prometnih znakova najviše dolazi do izražaja i ima najveće značenje u uvjetima smanjene vidljivosti pa će se iz tog razloga analizirati samo prometne nesreće koje su se dogodile upravo u tim uvjetima.

Podaci korišteni za potrebe ovog rada prikupljeni su od strane Zavoda za prometnu signalizaciju na Fakultetu prometnih znanosti u Zagrebu, Sveučilišta u Zagrebu u sklopu projekta „Kontrolna ispitivanja retrorefleksije horizontalne i vertikalne prometne signalizacije na državnim cestama s prikupljanjem podataka za ažuriranje Baze cestovnih podataka“. Tehnički podaci o znakovima koji su se prikupili prilikom testiranja su dimenzije, kod znaka, stacionaža, način postave, godina proizvodnje, proizvođač te klasa retroreflektirajućeg materijala od kojega je znak izrađen.

Pomoću uređaja Zehntner ZRS 6060 izmjeren je koeficijent retrorefleksije svake boje koja je zastupljena na određenom znaku. U tablicama 5, 6, i 7 prikazane su minimalne vrijednosti koeficijenata retrorefleksije za Klasu I (Tablica 5.), Klasu II(Tablica 6.) i Klasu III (Tablica 7.). Prilikom mjerenja vrijednosti koeficijenta retrorefleksije znakova, kut gledanja (α) iznosio je 0,33°, a ulazni kut (β) 5°. Ulazni kut formira se između ulaznog traka svjetlosti i okomite osi usmjerene na ravninu na koju je položen znak, dok kut gledanja predstavlja kut između ulazne i reflektirane zrake svjetlosti kao što je prikazano na slici 22. [4].



Slika 21. Ulazni kut i kut gledanja

Izvor: [4]

Tablica 5. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu I

Geometrija		Boja							
α	$\beta 1$ (β_2=0)	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
12′	+5°	70	50	14.5	9	4	1	25	42
	+30°	30	22	6	3.5	1.7	0.3	10	18
	+40°	10	7	2	1.5	0.5	#	2.2	6
20′	+5°	50	35	10	7	2	0.6	20	30
	+30°	24	16	4	3	1	0.2	8	14.4
	+40°	9	6	1.8	1.2	#	#	2.2	5.4
2°	+5°	5	3	1	0.5	#	#	1.2	3
	+30°	2.5	1.5	0.5	0.3	#	#	0.5	1.5
	+40°	1.5	1.0	0.5	0.2	#	#	#	0.9
# označava "Vrijednost veća od nule ali nije značajna ili nije primjenjiva"									

Izvor:[20]

Tablica 6. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu II

Geometrija mjerenja		Boja								
α	$\beta 1$ (β_2=0)	bijela	žuta	crvena	zelena	tamno zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
12′	+5°	250	170	45	45	20	20	12	100	125
	+30°	150	100	25	25	15	11	8,5	60	75
	+40°	110	70	15	12	6	8	5,0	29	55
20′	+5°	180	120	25	21	14	14	8	65	90
	+30°	100	70	14	12	11	8	5	40	50
	+40°	95	60	13	11	5	7	3	20	47
2°	+5°	5	3	1	0,5	0,5	0,2	0,2	1,5	2,5
	+30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,3	#	#	1	1,2
	+40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,2	#	#	#	0,7
# označava "Vrijednost veća od nule ali nije značajna ili nije primjenjiva"										

Izvor: [20]

Tablica 7. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu III

Geometrija		Boja					
α	$\beta 1$ ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	narančasta
0.1°	+5°	850	550	170	85	55	260
	+20°	600	390	120	60	40	130
	+30°	425	275	85	40	28	95
0.2°	+5°	625	400	125	60	40	140
	+20°	450	290	90	45	30	100
	+30°	325	210	65	30	20	70
0.33°	+5°	425	275	85	40	28	95
	+20°	300	195	60	30	20	65
	+30°	225	145	45	20	15	49

Izvor: [20]

6.1. Kvaliteta znakova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj

Za potrebe analize kvalitete prometnih znakova uzeti su podaci o svim prometnim znakovima s ukupno 130 državnih cesta, odnosno s ukupno 6 468,5 km cesta. Ukupno je prikupljeno 139 773 prometnih znakova različitih klasa. Od ukupnog broja znakova, njih 111 995 zadovoljava sve propisane uvjete, a 27 778 znakova ima određene nedostatke. Preračunato u postotke, gotovo 20% znakova ne zadovoljava kriterije (Tablica 8.).

Tablica 8. Ukupan broj znakova po klasama

Ukupan broj znakova	139 773	
Zadovoljava	111 995	**80,13%**
Ne zadovoljava	27 778	**19,87%**
Znakovi klase I	91 047	
Zadovoljava	71 278	**78,29%**
Ne zadovoljava	19 769	**21,71%**
Znakovi klase II	38 315	
Zadovoljava	32 768	**85,52%**
Ne zadovoljava	5 547	**14,48%**
Znakovi klase III	10 111	
Zadovoljava	7 899	**78,12%**
Ne zadovoljava	2 212	**21,88%**

Izvor: [20]

Gledajući po klasama, klasa II ima najveći postotak znakova koji zadovoljava propisane tehničke uvjete. Budući da je klasa I minimalna propisana klasa retroreflektirajućeg materijala za izradu prometnih znakova, očekivano je najveći broj znakova izrađen upravo tom vrstom materijala. Samo je za neke znakove propisana viša klasa materijala (npr. znak za obavezno zaustavljanje, znak obilježavanja pješačkog i biciklističkog prijelaza, ploče za obilježavanje zapreka ili oštrih zavoja na cesti i sl.) te je zbog toga broj ovih znakova manji. Daleko je najmanje znakova klase III, budući da je ta klasa propisana samo za četiri znaka. Od ukupnog broja znakova (139 773), njih 111 995 zadovoljava propisane norme, a 27 778 ne zadovoljava te se može zaključiti da je generalna kvaliteta prometnih znakova na državnim cestama zadovoljavajuća.

Od ukupnog broja znakova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj, najviše ima znakova obavijesti (39 160), zatim izričitih naredbi (35 893) te znakova opasnosti (25 370) [20]. Ukupan omjer svih izmjerenih znakova prikazan je u Tablici 9.

Tablica 9. Broj znakova po značenju

Vrsta znaka prema značenju	Ukupan broj znakova
Znakovi opasnosti-A	25 370
Znakovi izričitih naredbi-B	35 893
Znakovi opasnosti-C	39 160
Znakovi obavijesti za vođenje prometa-D	7 192
Dopunske ploče-E	8 497
Prometna svjetla-D	156
Prometna oprema ceste-K	22 435
Bez šifre	1 030
UKUPNO	**139 733**

Izvor: [20]

U ranijim poglavljima spomenuto je da je osnovni cilj završnog rada odrediti u kojoj mjeri kvaliteta prometne signalizacije utječe na stvaranje prometnih nesreća u uvjetima smanjene vidljivosti. U te svrhe, analizirat će se državne ceste u pet županija (Sisačko-moslavačka županija, Bjelovarsko-bilogorska, Virovitičko-podravska, Karlovačka i Ličko-senjska županija), odnosno sve državne ceste koje prolaze kroz te županije.

U Tablici 10. prikazano je stanje vertikalne prometne signalizacije u analiziranim županijama, odnosno u kojoj mjeri vertikalna prometna signalizacija zadovoljava i ne zadovoljava minimalne propisane koeficijente retrorefleksije. Razlog zbog kojeg će se analizirati zadovoljava li pojedini prometni znak koeficijente retrorefleksije, a ne ostale tehničke uvjete, je taj što upravo retrorefleksija pojedinog znaka najviše utječe na njegovu vidljivost u lošim atmosferskim prilikama.

Tablica 10. Prikaz broja znakova koji zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije po pojedinim županijama

ŽUPANIJA	ZADOVOLJAVA		NE ZADOVOLJAVA	
	BROJ ZNAKOVA	UDIO (%)	BROJ ZNAKOVA	UDIO (%)
Sisačko-moslavačka	5653	76,64%	1921	25,36%
Bjelovarsko-bilogorska	4612	82,42%	984	17,58%
Virovitičko-podravska	3270	82,12%	834	20,94%
Karlovačka	5960	78,95%	1589	21,05%
Ličko-senjska	6687	83,04%	1366	16,96%

Iz Tablice 10., od navedenih županija, najveći broj znakova koji zadovoljavaju minimalne koeficijente retrorefleksije ima u Ličko-senjskoj županiji (6 687), zatim u Karlovačkoj županiji (5 960) te u Sisačko-moslavačkoj (5 653). U Virovitičko-podravskoj zadovoljava 3 270 znakova, a u Bjelovarsko-bilogorskoj 4 612 znaka. Najveći broj znakova koji ne zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije ima Sisačko-moslovačka županija, čak 1921 od ukupno 7 574 znakova. U Karlovačkoj županiji, od ukupnih 7 549, njih 21,05% ne zadovoljava minimalne koeficijente retrorefleksije, u Virovitičko-podravskoj 20,94% ne zadovoljava [20].

6.2. Korelacija između kvalitete znakova i nastanka prometnih nesreća 2015. godine

Cilj završnog rada je statističkom analizom utvrditi koja je povezanost između broja prometnih nesreća i kvalitete znakova na promatranim cestama. Za određivanje korelacije uzimaju se u obzir prometne nesreće koje su se dogodile pri različitim atmosferskim prilikama (oblačno, kiša, magla, snijeg), odnosno u uvjetima kada retrorefleksija znaka najviše dolazi do izražaja tijekom 2015. godine. U tablici 11. prikazan je broj nesreća koje su se dogodile na državnim cestama u analiziranim županijama pod različitim atmosferskim prilikama.

Tablica 11. Prikaz broja nesreća pod utjecajem različitih atmosferskih prilika

ŽUPANIJA	BROJ NESREĆA			
	Oblačno	Kiša	Magla	Snijeg
Sisačko-moslavačka	18	12	2	5
Bjelovarsko-bilogorska	4	1	0	1
Virovitičko-podravska	10	3	0	1
Karlovačka	85	50	17	7
Ličko senjska	42	21	7	13

Iz tablice 11. vidljivo je koliko broj nesreća u istom vremenskom periodu može biti različit. Najmanje nesreća pri već ranije navedenim uvjetima dogodilo se u Bjelovarsko-

bilogorskoj županiji, pri oblačnom vremenu dogodilo su se 4 prometne nesreće, po kiši 1 i po snijegu samo 1 prometna nesreća. Od promatranih nesreća koje su se dogodile na državnim cestama u navedenim županijama, najveći broj nesreća se dogodio u Karlovačkoj županiji, po oblačnom vremenu čak 85, po kiši 50, magli 17 i po snijegu 7 nesreća. Po broju prometnih nesreća Karlovačku županiju prati Ličko-senjska. U Ličko-senjskoj županiji su se dogodile 42 nesreće po oblačnom vremenu, 21 po kiši, 7 po magli i 13 kada je bio snijeg[22].

Da bi se statistički ispitala povezanost kvalitete prometnih znakova i broja prometnih nesreća provest će se korelacijska analiza. Općenito, koeficijent korelacije tumači se tako da što je on veći, veća je povezanost između varijabli. Po smjeru korelacija može biti pozitivna ili negativna. Pozitivna korelacija prisutna je kada rast jedne varijable prati rast druge varijable, odnosno kada pad jedne prati pad druge varijable. Negativna korelacija je kada rast jedne varijable prati pad druge varijable i obratno [23]. Pearsonov koeficijent korelacije može biti između 0 i 1 gdje 1 predstavlja potpunu korelaciju, a 0 potpunu odsutnost korelacije kao što je prikazano u Tablici 12.

Tablica 12. Jačina povezanosti između varijabli

APSOLUTNA VRIJEDNOST KOEFICIJENTA KORELACIJE	JAČINA POVEZANOSTI IZMEĐU VARIJABLI
r=1	Potpuna korelacija
0,8 ≤ r < 1	Jaka korelacija
0,5 ≤ r < 0,8	Srednje jaka korelacija
0,2 ≤ r < 0,5	Relativno slaba korelacija
0 < r < 0,2	Neznatna korelacija
r=1	Potpuna odsutnost korelacije

Izvor:[24]

Kao glavni kriterij sigurnosti koristit će se broj nesreća koje su se dogodile u različitim atmosferskim prilikama (oblačno, kiša, magla, snijeg). Ovaj pokazatelj je odabran budući da se u lošim atmosferskim prilikama kvaliteta prometne signalizacije posebno ističe te se na taj način može odrediti povezanost između kvalitete znakova i broja prometnih nesreća. Kao prediktor broja nesreća u daljnjoj analizi poslužit će broj znakova na cesti koji ne zadovoljavaju propisane minimalne koeficijente retrorefleksije.

U tablici 13. prikazan je broj znakova koji ne zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije koji će biti jedna od varijabli prilikom izračuna Pearsonovog koeficijenta korelacije. Kao druga varijabla koristit će se broj nesreća na državnim cestama u analiziranih pet županija.

Tablica 13. Određivanje korelacije znakova koji ne zadovoljavaju min.koef. retrorefleksije i broja nesreća po županijama

ŽUPANIJA	ZNAKOVI KOJI NE ZADOVOLJAVAJU MIN.KOEF.RETROREFLEKSIJE	BROJ NESREĆA
Sisačko-moslavačka	1 921	37
Bjelovarsko-bilogorska	984	6
Virovitičko-podravska	834	14
Karlovačka	1 589	159
Ličko-senjska	1 366	83

Izračunom Pearsonovog koeficijenta između ove dvije varijable, dobije se vrijednost r=0,5. Iz Tablice 12. može se iščitati da vrijednost r=0,5 odgovara srednje jakoj povezanosti između varijabli iz čega se može zaključiti da kvaliteta prometne signalizacije pri lošim atmosferskim prilikama djelomično ima utjecaj na nastanak prometnih nesreća. Utjecaj na broj prometnih nesreća na državnim cestama imaju i mnogi drugi faktori, kao što su brzina kretanja vozila, duljina ceste, PGDP (prosječni godišnji dnevni promet), prosječna starost vozača itd., a jačinu njihovog utjecaja valjalo bi ispitati da bi se točno odredilo koji čimbenik u kojoj mjeri utječe na sigurnost prometa.

7. ZAKLJUČAK

Iz obrađenih cjelina ovog završnog rada može se ustanoviti kako je sigurnost sudionika u prometu jedna od glavnih ciljeva EU pa tako i RH. Najbolji pokazatelj stupnja sigurnosti prometa je broj prometnih nesreća koji se dogodio u određenom periodu. S obzirom da čovjek 90% informacija u prometu dobiva putem vida logično je da su uvjeti smanjene vidljivosti izrazito rizični te da se tijekom istih učestalo događaju prometne nesreće. U uvjete smanjene vidljivosti ubraja se period noć, sumrak, svitanje te period kada su prisutne atmosferske prilike kao što su kiša, magla, snijeg i oblačno vrijeme.

Prometni znakovi kao dio sustava prometne signalizacije koriste boje, oblike, tekst i simbole kako bi upozorili i informirali sudionike u prometu te kako bi upravljali i regulirali samo odvijanje prometa. Da bi efikasno izvršavali svoju zadaću znakovi moraju jednostavni, jasni, čitljivi, vidljivi, istoznačni, univerzalni, kontinuirani, odgovarajućeg dizajna i postavljeni u odgovarajućem opsegu. Upravo u uvjetima smanjene vidljivosti njihova utjecaj na sigurnost prometa je značajan.

Obradom podataka vezanih uz kvalitetu prometnih znakova na 130 državnih cesta, zaključeno je da je od ukupno 139 773 znakova njih 111 995 koji zadovoljavaju propisane uvjete dok 27 778 znakova imaju određene nedostatke s aspekta vidljivosti. Također, promatrajući po klasama retroreflektirajućeg materijala, na državnim cestama duž RH, najviše ima znakova klase I, njih 91 047, od kojih 78,29% zadovoljava propisane norme. Znakovi klase II su po brojnosti iza materijala klase I te ih ima 38 315 od kojih 85,52% zadovoljava propisane uvjete. Klase III, koja je ujedno predstavlja i najbolji materijal, ali i najskupljim ima 10 111, od koji 78,12% zadovoljava propisane zahtjeve. Od ukupnog broja znakova na državnim cestama u Republici Hrvatskoj, prema značenju, najviše ima znakova obavijesti (39 160), zatim izričitih naredbi (35 893) te znakova opasnosti (25 370).

Cilj ovog završnog rada bio je analizirati utjecaj kvalitete prometnih znakova, s aspekta njihove razine retrorefleksije, na učestalost nastanka prometnih nesreća tijekom loših vremenskih uvjeta. U tu svrhu provedena je korelacijska analiza broja prometnih nesreća, koje su se dogodile po različitim atmosferskim uvjetima, i kvalitete prometnih znakova na državnim cestama u pet županija (Sisačko-moslavačka, Bjelovarsko-bilogorska, Virovitičko-podravska, Karlovačka i Ličko-senjska). Koristeći Pearsonov koeficijent izračunata je korelacija između varijabli: broja prometnih nesreća po oblačnom vremenu, kiši, magli i po snijegu te broja prometnih znakova koji ne zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije. Sukladno rezultatu, može se zaključiti da dobiveni Pearsonov koeficijent ($r = 0,5$) predstavlja srednje jaku korelaciju između varijabli iz čega se može zaključiti da kvaliteta prometne signalizacije pri lošim atmosferskim prilikama djelomično ima utjecaj na nastanak prometnih nesreća.

Utjecaj na broj prometnih nesreća na državnim cestama imaju i mnogi drugi faktori, kao što su brzina kretanja vozila, duljina ceste, PGDP (prosječni godišnji dnevni promet), prosječna starost vozača itd., a jačinu njihovog utjecaja valjalo bi ispitati da bi se točno odredilo koji čimbenik u kojoj mjeri utječe na sigurnost prometa.

Literatura

[1] Luburić G. Radni materijali za predavanje. Sigurnost cestovnog i gradskog prometa, 2010.
[2] Cerovac V. Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
[3] Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (NN 64/2015)
[4] Zavod za prometnu signalizaciju: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Zagreb, 2016./2017.
[5] http://www.prometna-zona.com/povijest-prometnih-znakova/ (Lipanj, 2017.)
[6] Zavod za prometnu signalizaciju: Vertikalna signalizacija, skripta iz kolegija Prometna signalizacija
[7] http://www.autoskola.com.hr (Lipanj, 2017.)
[8] Zavod za prometnu signalizaciju: Oznake na kolniku, skripta iz kolegija Vizualne informacije u prometu
[9] http://estudent.fpz.hr/ Vizualne informacije u prometu/ (Lipanj, 2017.)
[10] http://www.chemosignal.hr/3m/teorija/ (Lipanj, 2017.)
[11] https://hr.wikipedia.org/wiki/Refleksija (Lipanj, 2017.)
[12] http://www.estudent.fpz.hr Osnove prometne signalizacije. (Lipanj, 2017.)
[13] http://www.atssa.com/Retroreflectivity (Lipanj, 2017.)
[14] http://www.enciklopedija.hr (Lipanj, 2017.)
[15] http://www.chemosignal.hr (Lipanj, 2017.)
[16] http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr Prometna kultura. (Lipanj, 2017.)
[17] European Union Road Federation. Improved Signage for Better Roads, Bruxelles, 2015.
[18] Dijanić, H., Ferko, M., Modrić, M.: Određivanje utjecaja kvalitete prometnih znakova na učestalost nastanka prometnih nesreća, rad za Rektorovu nagradu, Zagreb, 2017.
[19] OECD/ITF. Spending on Transport Infrastructure: Trends, Policies, Data. 2013.
[20] Fakultet prometnih znanosti. Zavod za prometnu signalizaciju: Kontrola kvalitete retrorefleksije horizontalne i vertikalne signalizacije na državnim cestama s prikupljanjem podataka za ažuriranje baze cestovnih podataka, Zagreb, 2013.-2015.
[21] Department of Infrastructure and Transport. BITRE Evaluation of the National Black Spot Program. Canberra, 2012.
[22] https://www.mup.hr/publikacije/2016/ (Lipanj, 2017.)
[23] Biljan-August M., Pivac S., Štambuk A.: Uporaba statistike u ekonomiji, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 2009.
[24]https://www.tonimilun.com/statistika/koeficijent-korelacije-pearsonov-i-spearmanov/ (Lipanj, 2017.)

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Slike:

Slika 1. Zakon crvene zastave 4
Slika 2. Znakovi opasnosti 6
Slika 3. Znakovi izričitih naredbi 7
Slika 4. Znakovi obavijesti 8
Slika 5. Znakovi obavijesti za vođenje prometa 9
Slika 6. Dopunske ploče 9
Slika 7. Promjenjiva prometna signalizacija 10
Slika 8. Primjer uzdužne horizontalne signalizacije 11
Slika 9. Označavanje poprečne i kose signalizacije na kolniku 12
Slika 10. Vertikalno i horizontalno vidno polje 13
Slika 11. Kako istu sliku vidi čovjek od 20, 60 i 75 godina. 14
Slika 13. Zrcalna refleksija 15
Slika 14. Difuzna refleksija 16
Slika 15. Retrorefleksija 16
Slika 16. Sferična retrorefleksija 17
Slika 17. Prizmatična retrorefleksija 17
Slika 18. Sastav materijala klase I 18
Slika 19. Sastav materijala klase II 19
Slika 20. Sastav materijala klase III 19
Slika 21.Trend kretanja smrtnog stradavanja na cestama EU 21
Slika 22. Ulazni kut i kut gledanja 28

Tablice:

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova prema mjestu postavljanja 5
Tablica 2. Pregled osnovnih pokazatelja sigurnosti cestovnog prometa na 100 000 stanovnika od 2006. do 2015. godine 23
Tablica 3. Nesreće i njihove posljedice prema uvjetima vidljivosti 24
Tablica 4. Nesreće u različitim atmosferskim prilikama 26
Tablica 5. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu I 29

Tablica 6. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu II 29

Tablica 7. Minimalna vrijednosti koeficijanata za Klasu III 30

Tablica 8. Ukupan broj znakova po klasama 30

Tablica 9. Broj znakova po značenju 31

Tablica 10. Prikaz broja znakova koji zadovoljavaju minimalni koeficijent retrorefleksije po pojedinim županijama 32

Tablica 11. Prikaz broja nesreća pod utjecajem različitih atmosferskih prilika 32

Tablica 12. Jačina povezanosti između varijabli 33

Tablica 13. Određivanje korelacije znakova koji ne zadovoljavaju min.koef. retrorefleksije i broja nesreća po županijama 34

Grafikoni:

Grafikon 1. Poginule osobe u periodu dana, noći, sumraka i svitanja za 2013., 2014. i 2015. godinu……27

Grafikon 2. Poginule osobe u prometnim nesrećama koje su se dogodile u različitim atmosferskim prilikama……..29