Određivanje životnog vijeka prometnih znakova primjenom metode preživljavanja

Patrlj, Milan

Master's thesis / Diplomski 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:119:839282

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

Milan Patrlj

ODREĐIVANJE ŽIVOTNOG VIJEKA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM METODE PREŽIVLJAVANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ODREĐIVANJE ŽIVOTNOG VIJEKA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM METODE PREŽIVLJAVANJA

DETERMINATION OF ROAD SIGNS LIFETIME USING THE SURVIVAL ANALYSIS METHOD

Mentor: prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Milan Patrlj, 0135224450

Zagreb, rujan 2017.

SAŽETAK

Prometni znakovi, kao dio sustava prometne signalizacije, predstavljaju sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu. Da bi prometni znakovi kvalitetno izvršavali svoje zadatke oni moraju biti vidljivi u svim prometnim i vremenskim uvjetima te moraju prenositi jasnu i na vrijeme razumljivu poruku. S vremenom retroreflektirajuća svojstva prometnih znakova degradiraju te znakovi gube na kvaliteti, čime se smanjuje i vozačeva udaljenost percepcije znakova što može utjecati na njegovo ponašanje te opću sigurnost cestovnog prometa. Primjenom metode preživljavanja moguće je, na temelju baze podatak o prometnim znakovima, modelirati, odnosno predvidjeti funkcionalni životni vijek prometnih znakova, što je od iznimne važnosti za uspostavljanje kvalitetnog sustava održavanja i zamjene prometne signalizacije, osiguranje zadovoljavajuće razine sigurnosti, te dugoročno smanjenje troškova.

Ključne riječi: prometni znakovi, retrorefleksija, metoda preživljavanja, životni vijek.

SUMMARY

Traffic signs, as part of a traffic signaling system, represent the means of communication between the road transport operators and traffic participants. In order for the traffic signs to perform their duties well, they must be visible in all traffic and weather conditions and must convey a clear and timely understandable message. Over time, the retroreflective properties of traffic signs degrade and signs loose their quality thus reducing the drivers distance to perceived signs, which can affect their behavior and overall road traffic safety. Using the survival method, it is possible to model or predict the functional lifespan of traffic signs based on the traffic information base, which is of utmost importance for the establishment of a high quality maintenance and replacement of the signaling system, ensuring a satisfactory level of safety and a long-term reduction in costs.

Keywords: traffic signs, retroreflection, survival method, lifetime.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OPĆENITO O PROMETNIM ZNAKOVIMA 3
2.1. Pregled povijesnog razvoja prometnih znakova 4
2.2. Podjela prometnih znakova 6
3. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA 15
3.1. Refleksija i retrorefleksija 15
3.2. Vrste i karakteristike materijala za izradu prometnih znakova 19
3.3. Izrada i postavljanje prometnih znakova 23
4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST 26
4.1. Vizualna percepcija kao osnova sigurnosti 26
4.2. Pregled stanja sigurnosti u cestovnom prometu 27
5. OPĆENITO O SURVIVAL ANALYSIS METODI 33
6. ODREĐIVANJE ŽIVOTNOG VIJEKA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM SURVIVAL ANALYSIS METODE 35
6.1. Metodologija prikupljanja podataka o prometnim znakovima 35
6.2. Korigirani rezultati za znakove Klase II 41
7. ZAKLJUČAK 44

1. UVOD

Razvoj suvremenog cestovnog prometa zahtijeva unaprjeđenja u području prometne signalizacije koja će omogućiti sudionicima u prometu pravovremeno donošenje ispravnih odluka u cilju sigurnog odvijanja prometa. Kvalitetno dizajniranje i implementiranje prometne signalizacije može imati značajan kvalitativni utjecaj na protočnost cjelokupne prometne mreže, povećanje sigurnosti u užoj i široj zoni i motiviranost sudionika u prometu na suradnju. Prometni znakovi, kao dio sustava prometne signalizacije, predstavljaju sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu. Da bi kvalitetno izvršavali svoje zadatke, znakovi moraju biti vidljivi u svim prometnim i vremenskim uvjetima te moraju prenositi jasnu i na vrijeme razumljivu poruku. Pravovremenost i razumljivost poruke uvelike ovisi o postavi znaka, dizajnu te njegovim retroreflektirajućim svojstvima, naročito u uvjetima smanjene vidljivosti. Tijekom životnog vijeka, njihova retroreflektirajuća svojstva degradiraju te znakovi gube na kvaliteti što može utjecati na vozačev proces percepcije i reakcije.

Svrha istraživanja je predvidjeti funkcionalni životni vijek prometnih znakova primjenom metode preživljavanja. Cilj istraživanja je, na temelju baze podataka o prometnim znakovima na državnim cestama RH, predvidjeti životni vijek prometnih znakova te time optimizirati aktivnosti održavanja i zamjene prometnih znakova osiguravajući tako zadovoljavanje minimalnih propisanih zahtjeva za vidljivošću.

Ovaj diplomski rad pod naslovom „**Određivanje životnog vijeka prometnih znakova primjenom metode preživljavanja“,** podijeljen je u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o prometnim znakovima
3. Materijali za izradu prometnih znakova
4. Utjecaj prometnih znakova na sigurnost prometa
5. Općenito o „Survival Analysis“ metodi
6. Određivanje životnog vijeka prometnih znakova primjenom „Survival Analysis“ metode
7. Zaključak

U drugom poglavlju „Općenito o prometnim znakovima“, prikazan je pregled povijesnog razvoja, te osnovna podjela prometnih znakova prema obliku, boji, veličini i značenju.

Treće poglavlje nosi naziv „Materijali za izradu prometnih znakova“, no da bi se moglo dobro razumjeti osnovne razlike između materijala za izradu prometnih znakova najprije je definiran pojam i vrste refleksije, te retrorefleksija. Zatim slijedi podjela materijala prema vrsti i karakteristikama, a u okviru ovog poglavlja opisan je i sam proces izrade i postavljanja prometnih znakova.

U poglavlju četiri „Utjecaj prometnih znakova na sigurnost prometa“ definirana je vizualna percepcija, te proces uočavanja prometnih znakova kao osnove sigurnog odvijanja prometa. Zatim je dan pregled stanja sigurnosti s posebnim naglaskom na prometne znakove.

U poglavlju pet opisana je teoretska osnova „Survival Analysis“ metode s primjenom na inženjerstvo, dok je u šestom poglavlju opisana metodologija prikupljanja podataka korištenih u ovom diplomskom radu te su prikazani rezultati provedene analize.

U posljednjem poglavlju rada iznesena su završna razmatranja s kritičkim osvrtom na dobivene rezultate.

2. OPĆENITO O PROMETNIM ZNAKOVIMA

Prometna signalizacije predstavlja pojam koji obuhvaća horizontalnu i vertikalnu signalizaciju. Horizontalna signalizacija je naziv za skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju i definiraju površine na prometnoj infrastrukturi, dok vertikalnu signalizaciju čine prometni znakovi različitih funkcija odnosno značenja.

Prometni znakovi mogu se definirati kao elementi, odnosno tehnička sredstva putem kojih sudionici u prometu dobivaju vizualne informacije. Osnovna zadaća prometnih znakova očituje se kroz pružanje informacija sudionicima u prometu o stanju i uvjetima koji vladaju u prometnom toku na određenoj dionici ceste, prometni znakovi također pružaju obavijesti o zabranama, obvezama, ograničenjima, te sve informacije relevantne za pravovremenu percepciju moguće neposredne opasnosti i načine izbjegavanja te opasnosti [1].

Uzimajući u obzir činjenicu da prilikom sudjelovanja u prometu vozač prima gotovo 90% informacija potrebnih za pravovremeno donošenje odluka o postupcima i načinu kretanja vozila putem osjeta vida nameće se zaključak kako kvalitetno dizajniranje i implementiranje prometne signalizacije može imati značajan kvalitativni utjecaj na protočnost cjelokupne prometne mreže i povećanje sigurnosti sudionika u prometu. Upravo iz navedenih razloga, prometni znakovi moraju osigurati prijenos kvalitetne, jasne i nedvosmislene informacije krajnjim korisnicima, u cilju pravovremene vizualizacije i najave potencijalnih opasnosti i događaja na samoj prometnici i uz nju. Da bi se to ostvarilo prometni znakovi moraju zadovoljiti određene zahtjeve, a to su [2]:

- čitljivost,
- razumljivost,
- uniformiranost,
- kontinuiranost,
- konstantnost
- uočljivost,
- jednostavnost i
- jednoobraznost.

Pod tim se zahtjevima podrazumijeva da svi elementi prometnog znaka moraju biti čitljivi, koncipirani i prezentirani na način da su podjednako razumljivi svim sudionicima u prometu, da sva mjesta istih funkcija i karakteristika trebaju na isti način biti opremljena prometnim

znakovima, da je sudionik u prometu na svim dijelovima prometne mreže kontinuirano obaviješten, da prometni znakovi zadrže isti oblik, boju i veličinu danju i noću, da moraju biti uočljivi u svim vremenskim uvjetima i različitim uvjetima okoline, da su na onoj razini detaljnosti koja osigurava njezinu punu učinkovitost, da budu jednoobrazni neovisno na kojem dijelu prometne mreže trebaju djelovati [2].

2.1. Pregled povijesnog razvoja prometnih znakova

Cestovni propisi i prometni znakovi, kakvi se danas sreću, nisu stariji od stotinu godina. Međunarodnim konvencijama koje su se pozabavile 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. Njihova prednost u odnosu na konjske zaprege bila je udobnost i redovitost prijevoza [1].

Prva prometna nesreća parnih omnibusa 1831. godine u Londonu, i nije bila teška, ali su se ljudi ipak prestrašili. Ubrzo se i u Glasgowu dogodila prometna nesreća u kojoj je parni omnibus s 18 putnika oborio seljačka kola i pregazio jednog seljaka. Pitanje uporabe parnih omnibusa došlo je i pred parlament. Poslije mnogo prepirki izglasan je 1836. godine zakon naziva "Locomotive Acts", koji je 1865. dopunjen. Taj zakon može se smatrati prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. On je ograničavao brzinu svakoga parnog vozila (ograničenje se nije odnosilo i na zaprežna vozila) na 3,2 km/h u naseljima i na 6,5 km/h izvan naseljenih mjesta. Osim toga, obvezivao je svakog vozača da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i upozoravati prolaznike na dolazeću opasnost. Bilo je dovoljno da kočijaš digne ruku i vozilo se moralo zaustaviti. Zakon je predviđao da u slučaju bilo kakve nesreće odgovornost snosi vozač parnog vozila. Taj zakon, poznat i pod nazivom "Red Flag Acts" ili "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 [1].

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 [1].

Te su konvencije preporučivale da sve države propisuju jednake prometne znakove, zatim da na prometnim znakovima ne bude riječima ispisanih naredaba ili obavijesti jer ih stranci i nepismeni ne razumiju. U vrijeme kad su se ti propisi donosili bilo je podosta dobrih ali nepismenih vozača pa se i stoga težilo slikovitom znaku. Oblici prometnih znakova određeni su već prvom Pariškom konvencijom. Znakovi opasnosti su dobili oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredaba 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 osmerokatni 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 druge znakove. Zanimljivo je pitanje boje prometne signalizacije. Razvidno je da je crvena boja prevladavajuća, to je boja opasnosti. Nije stoga neobično što su znak “stop” ali i svjetlo za zaustavljanje na semaforu crvene boje [1].

Sve dok čovjek nije postao ovisan o automobilu kao sredstvu putovanja, nije ni bilo potrebno proučavati prometne znakove. Prijašnja su putovanja često bila determinirana topografskim pojavama i tijekom putovanja trebalo je donositi vrlo malo odluka. Smjerovi, udaljenosti i sigurnost na cestama označivali su se prometnim oznakama različitog oblika, veličine, boje i dizajna. Vozači koji su putovali po drugim zemljama susretali su se sa znakovima koje nisu prije poznavali. U SAD-u taj se problem pojavljivao i između raznih saveznih država. U istraživanjima i traženju odgovora na takve dvojbe, velike su države po cijelom svijetu počele zajednička istraživanja radi rješavanja tog problema [1].

Već 1909. godine delegati Međunarodne konvencije u Europi potpisali su savez koji je trebao pružiti pomoć u označivanju autocesta. Godine 1931. potpisana je u Parizu Konvencija o unifikaciji prometnih znakova i signala na cestama. Prvi i najvažniji sporazum o prometnim znakovima, koji čini osnovicu europskog sustava o prometnim znakovima, objavljen je pod okriljem Ujedinjenih naroda 1949. godine u Ženevi. Taj je protokol temeljen na simbolima, bez uporabe riječi. Kao dopuna tog protokola, 1953. godine je načinjen Nacrt konvencije kojim se nastojalo upotrijebiti postojeći sustav s dopunom koja potječe iz američkog sustava. U

međuvremenu, ustanovljeno je još nekoliko sporazuma, tako da je do kraja sedamdesetih godina postojalo više sustava [1].

Danas je u svijetu u uporabi nekoliko sustava znakova [1]:

- U SAD-u, u Australiji i Novom Zelandu u uporabi je sustav koji je najviše utemeljen na uporabi pisanih riječi.
- Sustav u Europi, utvrđen Protokolom, uglavnom je utemeljen na simbolima bez uporabe riječi.
- Latinska Amerika, države Srednje Amerike i neke zemlje u Aziji poštuju Nacrt konvencije iz 1953. godine. Također se upotrebljavaju simboli, ali na različite načine. Znakovi upozorenja su u obliku romba umjesto trokuta, crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se upotrebljava za zabranu. Znakovi zabrane i dozvole ne mogu se razlikovati na osnovi boje.
- Kanadski sustav najviše koristi simbole, a zasnovan je na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine i američkom sustavu s nekim novim znakovima.
- U nekom dijelovima istočne i južne Afrike koristi se neka varijanta staroga britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanih tekstova. Inače su britanski znakovi u velikom dijelu kombinacija riječi i simbola.

Da bi se unificirali i normizirali prometni znakovi na međunarodnoj razini, donesen je novi sporazum na Konferenciji cestovnog prometa u Beču 1968. godine, također pod okriljem Ujedinjenih naroda. U toj Bečkoj konvenciji iz 1968. nastojalo se što više uključiti najrašireniji sustav iz Nacrta konvencije iz 1953. i Protokola koji upotrebljava Europa. Ta konvencija je osnova i za prometne znakove u RH. Kasnije je bilo još sporazuma kojima je cilj lakše komuniciranje među narodima i državama.

2.2. Podjela prometnih znakova

Podjelu prometnih znakova moguće je napraviti prema različitim kriterijima, najčešća podjela je prema obliku, veličini, boji, značenju, te načinu izrade. Upotreba prometnih znakova različitih oblika omogućuje lakše uočavanje i prepoznavanje vrste informacije prikazane znakom, tri osnovna geometrijska oblika prometnih znakova su: Jednakostranični trokut (znakovi opasnosti), Krug (znakovi izričitih naredbi), te Kvadrat ili Pravokutnik (znakovi obavijesti).

Osim gore navedenih osnovnih oblika, postoje određene iznimke glede geometrijskog oblika znakova (slika 1) a to su [2]:

- oblik osmerokuta za znak „obavezno zaustavljanje“,
- oblik obrnuto okrenutog trokuta za znak „križanje s cestom s prednošću prolaza“,
- oblik pravokutnika u obliku slova X - označava znak „Andrijin križ“,
- oblik romba - znak „cesta s prednošću prolaza“ i završetak ceste s prednošću prolaza,
- te oblik pravokutnika s završetkom u obliku strelice koji predstavlja znak „putokaz“



Slika 1. Posebni oblici prometnih znakova

Izvor:[3]

Osim po obliku prometni znakovi razlikuju se i po bojama te veličinama, ovisno o tome gdje se primjenjuju, o čemu će više riječi biti u nastavku.

Prilikom izrade prometnih znakova koriste se slijedeće boje: bijela, crvena, crna, plava, zelena, žuta, te za posebne uvjete narančasta i smeđa. Svaka boja nosi posebno značenje i rezervirana je za pojedinu grupu prometnih znakova.

Podjelu prometnih znakova prema značenju u Republici Hrvatskoj definira Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11) te se sukladno tome znakovi dijele na [3]:

a) Znakove opasnosti;
b) Znakove izričitih naredbi;
c) Znakove obavijesti;
d) Znakove obavijesti za vođenje prometa;
e) Dopunske ploče;
f) Promjenjivi prometni znakovi.

a) Znakovi opasnosti

Znakovima opasnosti obilježavaju se mjesta na cestovnoj mreži na kojima postoje potencijalne opasnosti za sigurnost sudionika u prometu te time omogućuju pravovremenu vizualizaciju i najavu mjesta na cesti, ili kraće dionice ceste koja zahtijeva aktivniji način vožnje za siguran prolazak iste, što uključuje prilagodbu načina kretanja vozila, odnosno smanjenje brzine kretanja i povećanje opreza.

Znakovi opasnosti se postavljaju, u pravilu, izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti, mogu se postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ispred opasnog mjesta, ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste na kojemu se znak postavlja. Isto tako, ako sigurnost prometa zahtijeva, osobito brzina kojom se vozila kreću ili nepreglednost ceste, znakovi opasnosti mogu se 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].

Kod prometni znakova opasnosti kao što su prometni znak koji upozorava na prijelaz ceste preko željezničke pruge A47 (Andrijin križ), znak promet u oba smjera A26, te znak koji označava radove na cesti A25, postoje iznimke kod postavljanja, tj. prometni znak A26 se postavlja upravo na mjestu na kojem počinje promet u oba smjera, a prema potrebi, postavlja se i na dijelu ceste na kojem se odvija promet u oba smjera, dok se znak za radove na cesti A25 postavlja se neposredno ispred mjesta na kojem se izvode radovi [3]. Osnovna boja znakova opasnosti je bijela, a rubovi trokuta su crveni (osim znaka A25, čija je osnovna boja žuta), a simboli na znakovima su crne boje. Također postoje određeni znakovi opasnosti koji odstupaju od uobičajenog oblika jednakostraničnog trokuta, kao što je vidljivo na slici 2.



Slika 2. Znakovi opasnosti

Izvor:[4]

b) Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze. Znakovi izričitih naredbi imaju oblik kruga, osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje) [3].

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. 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. Ova naredba odnosi se i na prometne cestovne građevine (tuneli, mostovi i sl.). 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. Ploče na kojima su umetnuti znakovi zabrane i ograničenja, u pravilu, imaju podlogu bijele boje [3]. Primjeri znakova izričitih naredbi prikazani su na slici 3.



Slika 3. Znakovi izričitih naredbi

Izvor:[4]

c) Znakovi obavijesti

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**.** Znakovi obavijesti 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 [3].

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.

Iznimno, narančasta boja može biti upotrijebljena kod privremenog usmjeravanja prometa na znakovima C108 (putokaz obilaska), C109 (traka za prekrivanje znakova) koja služi za privremeno prekrivanje prometnog znaka ili za privremeno prekrivanje nekog naziva naseljenog mjesta na prometnim znakovima obavijesti za vođenje prometa kad nisu u funkciji [3]. Primjeri znakova obavijesti prikazani su na slici 4.



Slika 4. Znakovi obavijesti

Izvor:[4]

d) Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavješćuju 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. Osnovne boje znakova obavijesti za vođenje prometa ovise o vrsti ceste, te je tako na autocestama osnovna boja zelena sa simbolima i natpisima bijele boje, na brzim cestama plava boja također s bijelim simbolima i natpisima, državnim i ostalim cestama osnovna boja je žuta sa simbolima i natpisima crne boje, te za dijelove gradova, naselja bijela sa simbolima i natpisima crne boje [3].

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

I. stupanj – prethodno obavještavanje

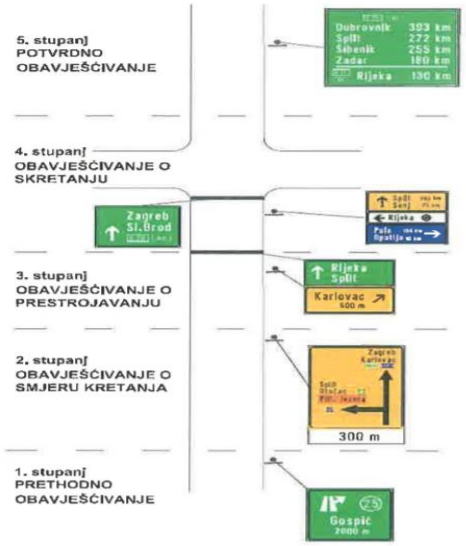
II. stupanj – obavještavanje o smjeru kretanja

III. stupanj – obavještavanje o prestrojavanju

IV. stupanj – obavještavanje o skretanju

V. stupanj – potvrda smjera

Primjer postavljana znakova obavijesti za vođenje prometa u zoni raskrižja prikazan je na slici 5.



Slika 5. Prikaz vođenja prometa u zoni raskrižja

Izvor:[5]

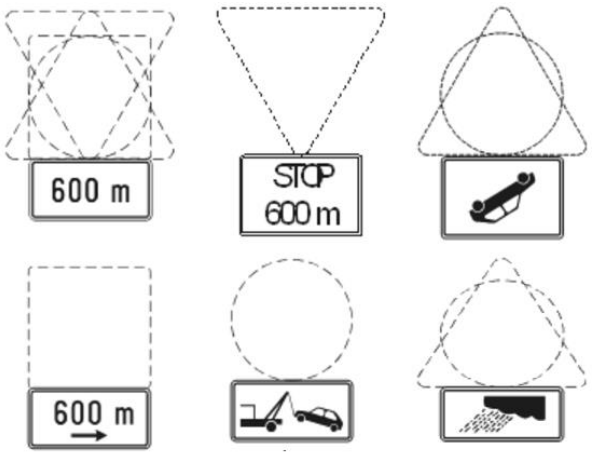
Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina moraju se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti. Na državnim cestama moraju se postaviti drugi, četvrti i peti stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka. Na županijskim cestama moraju se postaviti drugi i četvrti, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti [5].

Ovisno o vrsti i kategoriji ceste, geometrijskom oblikovanju raskrižja te o udaljenosti dvaju susjednih raskrižja, može se izostaviti ili dodati jedan od stupnjeva obavijesti, osim četvrtog stupnja obavijesti koji je obvezan [3].

Svrha i ciljevi vođenja prometa su: utvrđivanje optimalne trase i cestovnog pravca, pronalaženje željenog odredišta, određivanje položaja vozača na mreži cesta i prostoru, osiguranje ravnomjernog i sigurnog toka prometa, usmjeravanje prometa i željena distribucija prometnog toka na određenoj razini mreže, sigurnost u prometu.

e) Dopunske ploče

Dopunske ploče (slika 6) postavljaju se uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti s ciljem pobližeg određivanja značenja prometnog znaka. Dopunske ploče izrađuju se u obliku pravokutnika, osnovna boja dopunske ploče je bijela, su natpisi i simboli na ploči crne boje. Postavljaju se zajedno s prometnim znakovima na koje se odnose, i to ispod donjeg ruba prometnog znaka. Iznimno na autocestama i brzim cestama, dopunske ploče mogu biti postavljene i iznad gornjeg ruba prometnog znaka. Širina dopunske ploče postavljene uz određeni znak ne smije biti veća od dužine stranice znaka uz koju je dopunska ploča postavljena, dok visina dopunske ploče ne smije, u pravilu, iznositi više od polovice njezine dužine [3].



Slika 6. Dopunske ploče

Izvor:[3]

f) *Promjenjivi prometni znakovi*

Promjenjivi prometni znakovi predstavljaju suvremeni vid prometnih znakova koji imaju mogućnost prijenosa promjenjivih poruka ovisno o prometno – tehničkim zahtjevima, odnosno ovisno o uvjetima prometnog toka na određenoj dionici ceste.

Prometni promjenljivi znakovi prema izvedbi mogu biti kontinuirani i nekontinuirani. Kontinuirani su znakovi oni znakovi koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina je razlika da uporabom elektromehaničkih sredstava mogu prikazivati različite poruke. Nekontinuirani 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]

Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji [3]:

- optičkih vlakana (fiber-optics);
- svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove;
- svjetlećih dioda (LED),
- tekućih kristala (LCD)

Kad se svjetlosni prometni znakovi izvode u tehnologiji optičkih vlakana (fiber-optics), svjetlosnih polja, svjetlećih dioda (LED) i tekućih kristala (LCD) moraju zadovoljiti određene uvjete [3]:

- značenje simbola mora biti jasno s udaljenosti najmanje 150 m;
- simbol mora biti u cijelosti čitljiv na udaljenosti manjoj od 150 m;
- svjetlosni intenzitet svjetlosnoga prometnog znaka mora se prilagoditi svjetlosnim uvjetima okoliša i mora biti omogućen noćni model rada.

Ako tehnologija izvedbe promjenljivog prometnog znaka ne omogućuje propisanu boju, upotrebljava se [3]:

- umjesto osnovne bijele i plave boje znaka – crna boja bez refleksije;
- umjesto crnih i bijelih simbola – bijeli (žuti) simboli znaka;
- umjesto crnih rubova znaka – bijeli (žuti) rub znaka.

Primjer promjenjivih prometnih znakova prikazan je na slici 7.



Slika 7. Promjenjivi prometni znakovi

Izvor:[6]

Veličina prometnih znakova određena je kategorijom ceste na kojoj je prometni znak postavljen. Pravilnikom o prometnim znakovima signalizaciji i opremi na cestama propisane su dimenzije znakova s obzirom na mjesto njihova postavljanja. Veličine prometnih znakova su definirane dužinom, širinom i polumjerom (tablica 1).

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova

Mjesto postavljanja	**OBLIK**		
	Istostraničan trokut [cm]	**Krug ili osmerokut [cm]**	**Kvadrat ili pravokutnik [cm]**
Autocesta i cesta rezervirana za promet motornih vozila, 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:[2]

3. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

Prometni znakovi predstavljaju važan način komunikacije sa sudionicima u prometu, te kako bi efikasno prenijeli poruku sudionicima u prometu, moraju biti lako i pravovremeno vidljivi. Vidljivost prometnih znakova u noćnim uvjetima osigurava se upotrebom retroreflektirajućih materijala, koji usmjeravaju svjetlosni trak natrag ka izvoru, odnosno vozilu, čime se znatno povećava učinkovitost prometnih znakova.

3.1. Refleksija i retrorefleksija

Pravovremeno uočavanje svih sudionika i situacija u prometu na cestama predstavlja osnovni preduvjet sigurnosti. Općenito, vidljivost određenog predmeta danju određuju jačina i boja svjetla kojim zrači u usporedbi s jačinom i bojom svjetla kojom zrači njegova okolina. To svjetlo može zračiti iz samog predmeta ili se reflektirati od njega.

U uvjetima smanjene vidljivosti s obzirom na manjak vizualnih informacija, vidljivost prometnih znakova, u najvećoj mjeri, ovisi o retroreflektirajućim svojstvima materijala od kojih je izrađen prometni znak.

Općenito, refleksija se može definirati kao odnos svjetlosti koja pada na neku površinu u odnosu na udio svjetlosti koji se odbija - reflektira - od te površine, mjerna jedinica za refleksiju je stupanj refleksije. Refleksija ne stvara vlastito svjetlo, već posuđuje svjetlo iz drugog izvora, a posuđen svjetlosni trak udara u predmet i "odbija" se od njega. Reflektivno svojstvo predmeta – tj. koliko je sjajan – ovisi o intenzitetu ulazećeg svjetlosnog traka, kao i o materijalu iz kojega je izrađen [2].

Kao prirodna pojava koja omogućuje vidljivost predmeta koji nas okružuju, refleksija se dijeli na [2]:

a) zrcalnu,
b) difuznu i
c) retrorefleksiju.

a) Zrcalna refleksija

Osnovna značajka zrcalne refleksije jest ta da se upadna zraka svjetlosti od površine reflektira pod istim upadnim kutom u suprotnom smjeru uz jednak ulazni i izlazni kut svjetlosti. Zrcalna refleksija događa se kad se svjetlost odrazi na glatkim, sjajnim površinama, u prometu do takve pojave dolazi u slučaju mokrog kolnika ili poledice, a posljedica te pojave je

zasljepljivanje vozača iz suprotnog smjera [2]. Fizičari takvu refleksiju nazivaju i spekularna refleksija, no u prometnom smislu ova pojava smatra se nepoželjnom (slika 8).



Slika 8. Zrcalna refleksija

Izvor:[7]

b) Difuzna refleksija

Difuzna refleksija nastaje kada svjetlo obasja grube površine te se od tih površina reflektira u svim smjerovima. Difuzna refleksija je svakodnevna pojava koja omogućuje dnevnu vidljivost – ulazna svjetlost odbija se od hrapavih površina u različitim smjerovima, zahvaljujući tome mi vidimo predmete u našem okruženju. Iz razloga što se svjetlost reflektira u svim smjerovima samo manji dio svjetlosti se vraća prema svom izvoru zbog čega ova vrsta refleksija ne osigurava adekvatnu vidljivost u uvjetima smanjene vidljivosti, primjer difuzne refleksije prikazan je na slici 9.

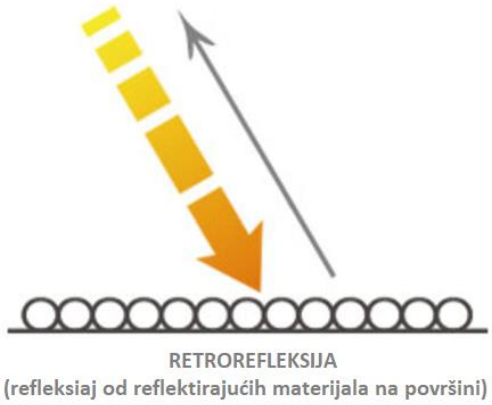


Slika 9. Difuzna refleksija

Izvor:[7]

c) Retrorefleksija

Retrorefleksija je vrsta refleksije najznačajnija za prometnu signalizaciju, a osnovna joj je značajka ta da se bez obzira na kut ulaza, svjetlosni trak uvijek vraća u smjeru svog izvora pod istim upadnim kutom. S obzirom da se kod idealne retrorefleksije u prometu svjetlost vraća nazad prema izvor (farovima), idealna retrorefleksija u prometu nije poželjna već je blago odstupanje dobrodošlo (slika 10).



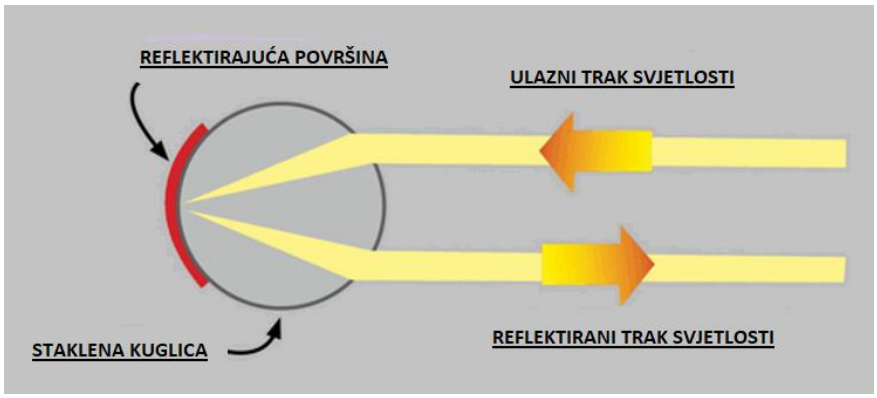
Slika 10. Retrorefleksija

Izvor:[7]

S obzirom na vrste retroreflektirajućih materijala, koji će biti detaljnije opisani u nastavku rada, u primjeni postoje dvije vrste retrorefleksije, a to su [2]:

- Sferična
- Prizmatična

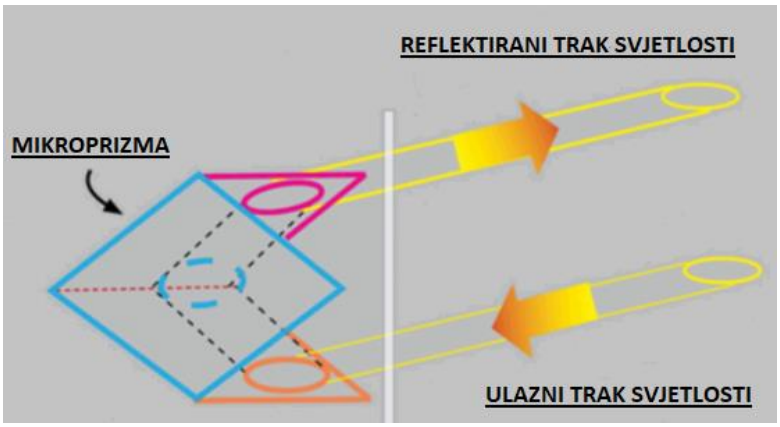
Kod sferične retrorefleksije staklena kuglica lomi ulazni svjetlosni trak pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice. Svjetlost se zatim reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice, svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora kao što je prikazano na slici 11.



Slika 11. Sferična retrorefleksija

Izvor:[8]

Kod prizmatične retrorefleksije 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. Primjer retrorefleksije traka svjetlosti uz pomoć mikroprizme prikazan je na slici 12.



Slika 12. Prizmatična retrorefleksija

Izvor:[8]

3.2. Vrste i karakteristike materijala za izradu prometnih znakova

Osnovno svojstvo retroreflektirajućih materijala temelji se na svojstvima ugrađenih elemenata, a to mogu biti [2]:

- staklene kuglice ili
- prizme vrlo malih dimenzija.

Koristeći svojstvo sferične i prizmatične retrorefleksije, tj. mikro staklenih kuglica i mikroprizmi nastali su retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova [5]. Prvi retroreflektirajući materijali izrađeni su 1937. godine u firmi 3M u Minnesoti u SAD-u. Danas se u primjeni nalaze tri tipa retroreflektirajućih materijala [9]:

a) materijal Klase I – Engineer Grade
b) materijal Klase II – High Intensity Grade
c) materijal Klase III – Diamond Grade

a) Materijal Klase I – Engineer Grade

Reflektirajuće folije izrađene su od trajnog materijala s uvezanim staklenim mikrokuglicama i uspješno se koriste za izradu prometnih znakova od 1959. godine. Ove folije primjenjuju se i danas u područjima gdje je promet slabijeg intenziteta s manjim brzinama vožnje. Tanki prozirni gornji sloj sprječava kontakt zraka i atmosferlija sa staklenim mikrokuglicama, štiti od utjecaja sunčevih zraka na smanjenje refleksije i predstavlja dio optičkog sustava materijala. Sjaj reflektirajuće folije Klase I je 70 cd $lx^{-1}m^{-2}$, jamstvo trajnosti refleksije je sedam godina [2]. Primjer retroreflektirajuće folije Klase I prikazanje na slici 13.



Slika 13. Materijal klase I

Izvor:[9]

b) Materijal Klase II – ***High Intensity Grade***

Ove reflektirajuće folije sadrže učahurene staklene mikrokuglice koje su trostruko sjajnije od novih reflektirajućih folija Klase I. Štoviše, za ovu foliju se daje jamstvo da će i nakon deset godina uporabe na prometnicama još uvijek zadržati najmanje 80 posto prvotne sjajnosti. Znakovi izrađeni od folije Klase II jasno su vidljivi, čak iz širokoga kuta gledanja, te u osvijetljenoj okolini, učinkovito upozoravaju vozače na nadolazeće opasnosti na prometnicama. Ovdje kuglice nisu ulijevane u plastiku, već su nalijepljene na plastični nosivi sloj, a njihov gornji dio nalazi se u zrakom napunjenoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem. Pripada materijalima visokog sjaja. Struktura površine folije je u obliku saća, a to su noseće stranice koje osiguravaju bezzračni prostor ispod površinskog sloja, sjaj ove reflektirajuće folije je 250 cd $lx^{-1}m^{-2}$[9]. Primjer retroreflektirajuće folije Klase II prikazanje na slici 14.

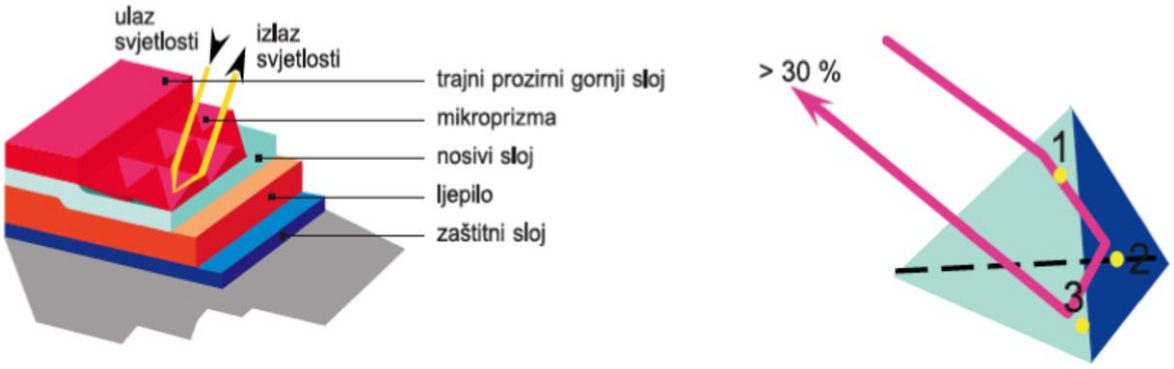


Slika 14. Materijal klase II

Izvor:[9]

c) Materijal Klase III – Diamond Grade

Materijal Klase III izrađen je od vrlo učinkovitih mikroprizama 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 [9]. Primjer retroreflektirajuće folije Klase III prikazanje na slici 15.



Slika 15. Materijal klase III

Izvor:[9]

Postoji više tipova ove reflektirajuće folije [9]:

V.I.P. (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.

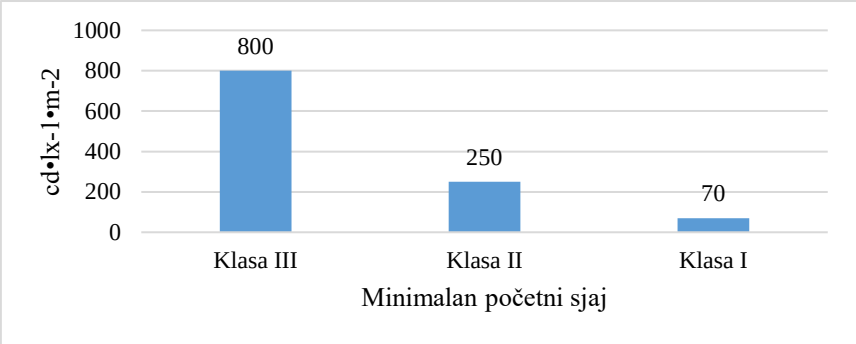
L.D.P. (Long Distance Performance) – razvijena je specijalno za primjenu na autocestama i magistralnim cestama. Stoga se znakovi izrađeni od ovih folija uočavaju i prepoznaju i s velikih udaljenosti.

Fluorescent – omogućuje povećanu vidljivost danju, a ne samo noću, s pomoću korištenja fluorescentnih boja.

Diamond Grade Cubed – "Kombinira najbolje osobine VIP i LDP DG folija stoga se upotrebljava kako u gradskim uvjetima, tako i na autoputevima i magistralama. Nova mikrokubična struktura omogućava pojačanu vidljivost na svim udaljenostima te će ova folija vrlo brzo potpuno zamijeniti VIP i LDP verzije."

Međusobna usporedba retroreflektirajućih materijala vrši se uglavnom preko sljedeće tri karakteristike [2]:

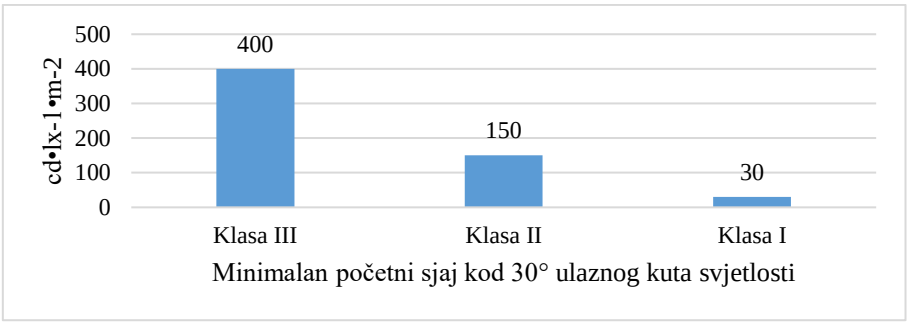
- *Sjaj ili snaga retrorefleksije;* predstavlja jačinu odbijene svjetlosti koja se vraća prema izvoru svjetlosti ili ono što vozač vidi. To je pojam koji opisuje količinu svjetla koja se reflektira s retroreflektirajućeg materijala. Ta količina svjetla mjeri se u jačini reflektiranog svjetla u odnosu na ulazno svjetlo po m^2 reflektirajućeg materijala (cd $lx^{-1}m^{-2}$). Grafikon 1. prikazuje odnos minimalnog početnog sjaja retroreflektirajućih folija za izradu prometnih znakova.



Grafikon 1. Minimalni početni sjaj retroreflektirajućih folija

Izvor: Prilagođeno prema [2]

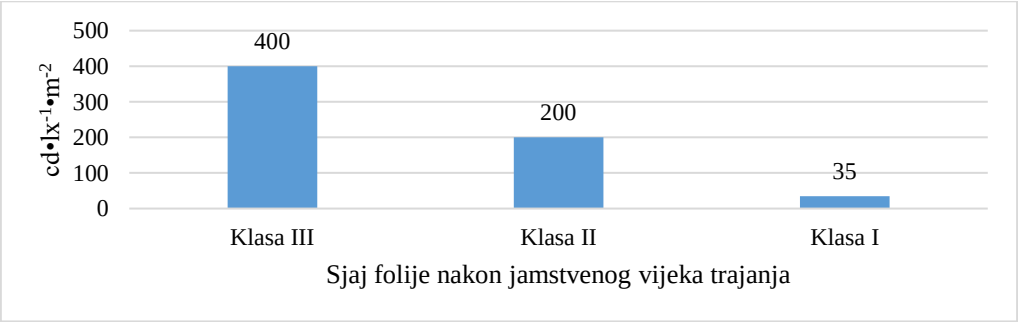
- *Kutnost;* predstavlja vrijednost refleksije kod većeg kuta ulaznog svjetla, ova veličina je značajna kada su znakovi postavljeni na lijevoj strani ceste ili daleko na desnoj bankini. Grafikon 2. prikazuje minimalan početni sjaj folija kod ulaznog kuta svjetlosti od 30°.



Grafikon 2. Minimalni početni sjaj kod 30˚ ulaznog kuta svjetlosti

Izvor: Prilagođeno prema [2]

- *Trajnost;* prikazuje vrijednost kvalitete refleksije kroz određen broj godina Trajnost materijala ima značajnu ulogu u održavanju početnih parametara, Grafikon 3. prikazuje sjaj folije nakon isteka jamstvenog vijeka.



Grafikon 3. Sjaj folije nakon jamstvenog roka trajanja

Izvor: Prilagođeno prema [2]

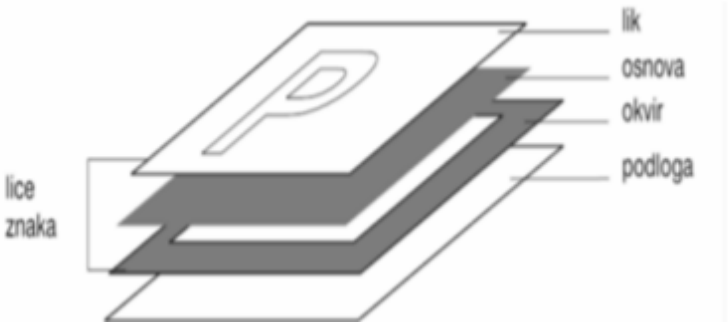
3.3. Izrada i postavljanje prometnih znakova

Prometni znakovi svojom vrstom, značenjem, oblikom, bojom, veličinom i načinom postavljanja trebaju biti u skladu s sa važećim zakonskim i podzakonskim odredbama te hrvatskim i europskim normama.

Općenito prema [2], osnovni elementi vertikalne signalizacije su:

- prometni znak,
- nosač prometnog znaka i
- dijelovi za pričvršćivanje znaka na nosač.

Prometni znak sastoji se od lica znaka i podloge, a lice znaka predstavlja njegovu prednja stranu, onu koju korisnik vidi kada nailazi na znak, dok podloga predstavlja dio znaka na kome se nalazi osnova znaka sa svim elementima. Lice znaka se sastoji od lika, osnove i okvira. Lik znaka čine simboli i/ili natpisi, osnovu znaka element na kome je upisan lik i nalazi se neposredno ispod simbola i teksta, dok je okvir onaj dio znaka koji uokviruje ili zatvara simbol odnosno natpis [2]. (Slika 16).



Slika 16. Sastavni dijelovi prometnog znaka

Izvor: [2]

S obzirom da je lice znaka ono što sudionici u prometu vide, nužno je da je ono izrađeno od retroreflektirajućih materijala, odnosno folija na koje se oslikavaju simboli i okvir znaka. Dva su osnovna načina izrade, odnosno oslikavanja simbola i okvira znaka [2]:

1) Ispisivanje prometnih znakova na folije vrši se pomoću računala i printera velikih dimenzija (ploteri). Nakon što se prometni znakovi ispišu na folije potrebno ih je izrezati te laminiratikako bi se zaštitilo foliju od oštećenja i UV zračenja.
2) Oslikavanja folije za prometne znakove metodom sitotiska. Postupak sitotiska sastoji se od štampanja simbola na foliju pri čemu se koriste odgovarajući uređaji i boja za sitotisak kako bi se postigla maksimalna trajnost, postojanost boje. Okvir

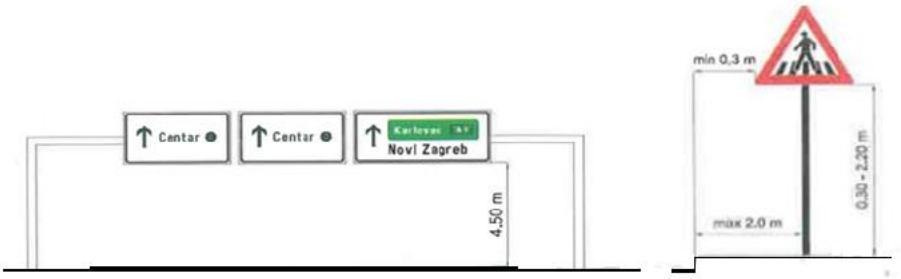
sita izrađuje se od tvrdog drva ili metala, te mora biti dovoljno velik, kako bi omogućio potreban prostor između okvira i površine za nacrt-štampanje (15 - 20 cm). Tkanina sita mora biti čvrsto i ravnomjerno napeta i učvršćena na okvir. Rakel (guma) treba biti dovoljno dugačak da potpuno pokrije površinu za tisak uz 5 cm preklopne dužine na svakom kraju. Nakon što su folije gotove slijedi njihovo lijepljenje na prednju stranu prometnog znaka. Trajnost znaka neposredno ovisi o pravilnom lijepljenju folije na podlogu. Vrlo je važna priprema podloge za postupak lijepljenja, tj. površina na koju se lijepi ne smije sadržavati prašinu, masnoću, ostatke ulja, hrđu ili mehaničke ogrebotine.

Prometni znakovi postavljaju se s desne strane ceste uz kolnik u smjeru kretanja vozila. Ako na mjestu na kojem se postavlja prometni znak postoji opasnost da ga sudionici u prometu neće na vrijeme primijetiti zbog gustoće prometa ili zbog drugih razloga, prometni se znak postavlja i na suprotnoj, lijevoj strani ceste ili iznad kolnika. Postavljaju se tako da ne ometaju kretanje vozila i pješaka [2].

Prometni se znakovi na cestama izvan naselja postavljaju na visini 1,2 do 1,4 m, osim znakova B59, B60 i B61 (obvezno obilaženje) kad se postavljaju na razdjelni otok, C74 (planinski prijevoj), C75 (rijeka), C76 i C77 (cestovna građevina), C127 (broj međunarodne ceste), C128 (broj autoceste ili brze ceste), C129 (broj državne ceste), C130 (broj županijske ceste), C131 (kilometarska oznaka za autocestu ili brzu cestu), C132 (oznaka dionice državne ceste) i C133 (oznaka dionice županijske ceste) koji se postavljaju na visini 0,8 do 1,2 m [3].

Prometni znakovi u naseljima smješteni uz kolnik postavljaju se na visini 0,3 do 2,2 m, a prometni znakovi smješteni iznad kolnika postavljaju se na visini 4,5 m, iznimno i na većoj. Visina se računa od površine kolnika do donjeg ruba prometnog znaka, a ako se prometni znak postavlja zajedno s dopunskom pločom, računa se do donjeg ruba dopunske ploče.

Visina i položaj prometnog znaka moraju biti takvi da ne ugrožavaju kretanje pješaka i da ih pješaci i vozila ne zaklanjaju. Stup prometnog znaka, u pravilu, se postavlja najviše 2 m od kolničkog ruba, a vodoravni razmak između ruba kolnika i najbližeg ruba prometnog znaka mora iznositi najmanje 0,3 m [2]. Primjeri postavljanja prometnih znakova prikazan je na slici 17.



Slika 17. Primjer postavljanja prometnih znakova

Izvor: [5]

Na isti se stup mogu postaviti najviše dva prometna znaka te oni moraju biti istih reflektirajućih svojstava. Kako je dopunska ploča sastavni dio prometnog znaka, maksimalno na jedan stup mogu se postaviti dva znaka i dvije dopunske ploče. Također, prilikom postavljanja prometni znak treba zakrenuti za 3-5° u odnosu na os prometnice da se izbjegne intenzivna refleksija i smanji kontrast oznaka, znaka i pozadine koja je osvijetljena. Pričvršćivanje prometnih znakova mora biti izvedeno na način da s prednje strane znaka nema vidljivog mjesta pričvršćivanja. Elementi za pričvršćivanje moraju biti izvedeni tako da se onemogući okretanje prometnog znaka oko osi stupca [2].

4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST

Razvoj suvremenog društva u znatnoj mjeri temelji se na razvoju prometa roba i putnika. Prometni sustav mora zadovoljiti određene zahtjeve koji su usmjereni ka povećanju brzine, udobnosti te najvažnije, sigurnosti sudionika u prometu. Pod utjecajem modernih tehnologija te znanstvenih spoznaja i dostignuća sam prometni sustav postaje složeniji, što zahtijeva ulaganje znatnih napora cjelokupne društvene zajednice kako bi se zadovoljili prethodno navedeni zahtjevi.

4.1. Vizualna percepcija kao osnova sigurnosti

Jedan od ključnih čimbenika za ostvarenje prethodno navedenih zahtijeva, osobito sigurnosti u cestovnom prometu jesu vizualne informacije za sudionike u prometu. Temelj vizualnim informacijama u prometu je vizualna percepcija koja uvelike utječe na ponašanje vozača i upravljanje vozilom. Općenito, upravljanje vozilom uključuje kompleksnu interakciju perceptualnih, kongitivnih i psihomotornih procesa, te na njega utječe i ovisi o čovjekovim sposobnostima za učenje, pamćenje, donošenje odluka i selektivnu pažnju. Uloga vizualne percepcije u vožnji mora se razmatrati u kontekstu tih međusobno povezanih procesa [1].

Percepcija podrazumijeva složeni nesvjesni proces doživljavanja predmeta i pojava u cjelini. Podaci koji se svim osjetilima (vid, sluh, dodir, okus, miris) primaju iz okruženja predstavljaju jedinstven doživljaj. Na percepciju utječu karakteristike podražaja (intenzitet, kontrast, grupiranje) i psihofizičko stanje organizma (alkohol, umor, bolest, glad…), te psihološko stanje sudionika u prometu (motivacija, emocije, iskustvo, interes, očekivanje, stavovi i kultura) [10].

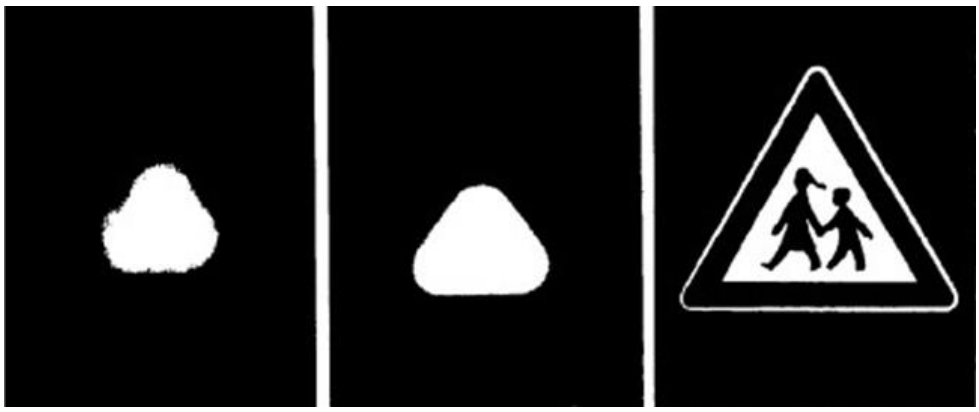
Tijekom vožnje za sigurnost je najvažnija točna i pravodobna percepcija prometnih znakova i brzine vožnje. Prometni znakovi i simboli prometnih znakova sadrže velike količine informacija zato njihovo pravodobno uočavanje, identifikacija i razumijevanje njihovog značenja ima posebnu važnost za sigurno odvijanje prometa.

Uočavanje prometne situacije tijekom vožnje ovisi o vozačevim senzornim sposobnostima, prije svega organa vida. To su [10]:

- *Oštrina vida;* podrazumijeva uočavanje malih razlika u obliku i veličini elemenata koji određuju prometu situaciju.
- *Širina vidnog polja;* predstavlja prostor koji čovjek gleda bez pomicanja glave i očiju, ovisi o brzini vožnje, što je brzina vožnje veća vidno polje se sužava.
- *Razlikovanje boja;* značajno je za uočavanje prometnih znakova i svjetala,

- *Prilagodba na svjetlost i tamu;* iznimno je važna u noćnoj vožnji, prilagodba kod prijelaza iz tame u svjetlo relativno je kratka, dok je prilagodba na tamu mnogo dulja npr. ulazak u tunel.
- *Dubinsko uočavanje;* podrazumijeva mogućnost procjene udaljenosti i uočavanje određenih prostornih odnosa

Proces percepcije prometnog znaka (slika 18) sastoji se od tri faze, prva faza, odnosno *Uočavanje* obuhvaća otkrivanje i registriranje najmanje površine koju ljudsko oko može otkriti u kontaktu s okolinom. Druga faza procesa percepcije je *Prepoznavanje*, a predstavlja raspoznavanje znaka po boji i obliku, što omogućava prepoznavanje vrste poruke prikazane znakom. Ova faza je direktna posljedica oblika znaka, boje njegove osnove, kontrasta sa okruženjem i osvijetljenosti znaka. Treća faza procesa percepcije je *Čitanje*, predstavlja najvažniju faza jer tijekom ove faze vozač prepoznaje poruku. To je najkompliciranija faza jer do izražaja dolazi oblik i veličina simbola i slova, međusobni raspored i kontrast između podloge, simbola i slova.



Slika 18. Proces percepcije prometnih znakova

Izvor: [11]

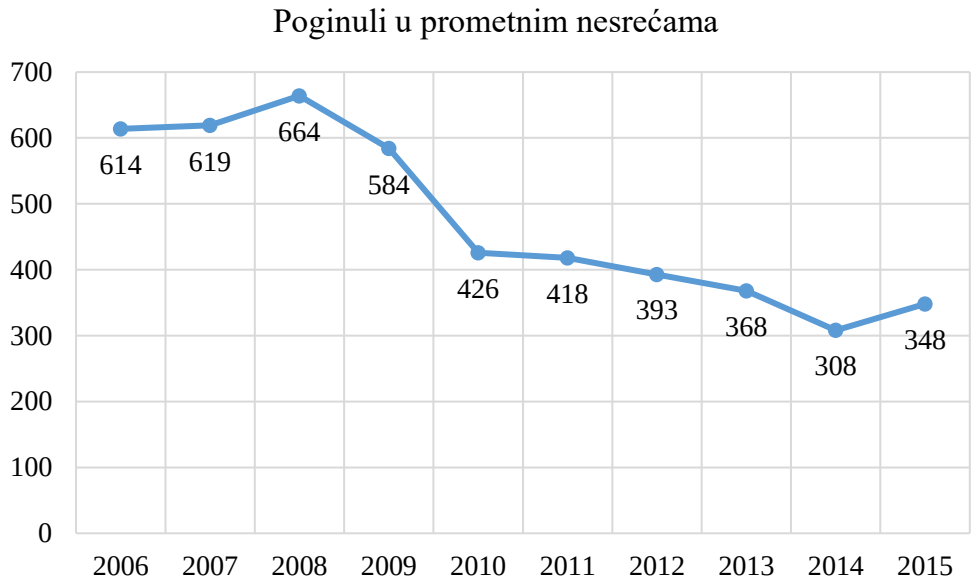
4.2. Pregled stanja sigurnosti u cestovnom prometu

Stanje sigurnosti cestovnog prometa neke zemlje promatra se kroz stradavanja ljudi u prometnim nesrećama. Glavni pokazatelj je broj smrtno stradalih osoba na 100.000 stanovnika i bez obzira što ovaj pokazatelj može biti nerealna slika stvarnog stanja, njegov broj simbolizira (ne)uspješnost ukupnih aktivnosti neke zemlje u provođenju politike sigurnosti cestovnog prometa. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, u cestovnim prometnim nesrećama svake godine pogine oko 1,24 milijuna ljudi. Predviđa se da će se godišnji broj prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama u svijetu do 2030. godine povećati na 2,4 milijuna.

Na području Europske unije, godišnje pogine više od 30.000 osoba, dok 1,5 milijuna osoba zadobije teške tjelesne ozlijede u oko 1,1 milijuna prometnih nesreća [12].

Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske, temeljni je dokument i platforma za podizanje razine sigurnosti cestovnog prometa u našoj državi na višu, prihvatljiviju razinu od sadašnje. Nacionalni program na području naše države postoji od 1994. godine, a aktualni, za razdoblje od 2011. - 2020. godine, donijela je Vlada RH u travnju 2011. godine. Usklađen je s 4. Akcijskim programom za sigurnost cestovnog prometa zemalja članica EU i Desetljećem akcije Ujedinjenih naroda, te su u njega implementirana svjetska i europska kretanja u području sigurnosti cestovnog prometa [13].

Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama u razdoblju od 2006. do 2015. godine na cestama RH prikazan je na grafikonu 4 iz kojeg je razvidno da je broj poginulih u prometnim nesrećama rastao od 2006. godine (614) do 2008. godine (664), od tada se bilježi konstantni pad sve do 2014. godine (308), što znači 7,2 na 100.000 stanovnika, zatim u 2015. godine bilježimo porast broja poginulih (348) što iznosi 8,2 poginula na100.000 stanovnika.



Grafikon 4. Broj poginulih u prometnim nesrećama 2006. – 20115.

Izvor: Prilagođeno prema [14]

Sa aspekta prometnih znakova, značajno je sagledati okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama (tablica 2), u tablici je prikazan i odnos nesreća s nastradalim osobama, ukupno gledano broj nesreća u 2016. godini (10.352), je 2% manji u odnosu na 2015. (10.561).

Tablica 2. Okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama – pogreške vozača

Pogreške vozača	Nesreće s nastradalim osobama			Poginuli		Ozlijeđeni	
	2015.	**2016.**	**+ - %**	**2015.**	**2016.**	**2015.**	**2016.**
Nepropisna brzina	338	382	+13,0	19	18	480	513
Brzina neprimjerena uvjetima	3.294	3.229	-2,0	140	120	4.577	4.471
Vožnja na nedovoljnoj udaljenosti	859	929	+8,1	4	11	1.265	1.327
Zakašnjelo uočavanje opasnosti	75	70	-6,7	2	5	81	75
Nepropisno pretjecanje	291	284	-2,4	14	15	430	394
Nepropisno obilaženje	84	92	+9,5	2	3	93	108
Nepropisno mimoilaženje	88	64	-27,3	4	2	138	96
Nepropisno uključivanje u promet	529	495	-6,4	16	4	657	603
Nepropisno skretanje	446	465	+4,3	4	9	570	586
Nepropisno okretanje	39	47	+20,5	1		51	57
Nepropisna vožnja unazad	191	183	-4,2	4	1	206	193
Nepropisno prestrojavanje	128	104	-18,8	1	1	170	144
Nepoštivanje prednosti prolaza	1.744	1.710	-1,9	33	20	2.588	2.530
Nepropisno parkiranje	8	9	+12,5			8	11
Naglo usporavanje - kočenje	24	20	-16,7			26	24
Nepoštivanje svjetlosnog znaka	218	205	-6,0	4		349	325
Neosiguran teret na vozilu	9	9	0,0			9	10
Nemarno postupanje s vozilom	83	69	-16,9	2		93	80
Ostale pogreške vozača	1.390	1.205	-13,3	58	50	1.664	1.441
Nepropisno kretanje voz. na kolniku	723	781	+8,0	25	35	1.048	1.157
UKUPNO	**10.561**	**10.352**	**-2,0**	**333**	**294**	**14.503**	**14.145**

Izvor: [14]

Također u tablici su crvenom bojom označene određene okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama, a koje su prema mišljenju autora u direktnoj vezi s nepoštivanjem prometnih znakova. Iz te pretpostavke proizlazi da je broj prometnih nesreća uzrokovanih nepoštivanjem prometnih znakova u 2016. godini 3.197, što je gotovo 31% od ukupnog broja nesreće 10.325. Od izdvojenih okolnosti iz prethodne tablice vidljivo je da je broj nesreća za tri okolnosti od ukupnih sedam u porastu, u odnosu na 2015. godinu, i to za slijedeće okolnosti: Nepropisna brzina (+ 13%), Nepropisno skretanje (+ 4%), Nepropisno okretanje (+ 20,5%).

U tablici 3 je prikazan broj nesreća s nastradalima uzrokovanih pogreškama pješaka. Iz tablice se može vidjeti da je broj nesreća uzrokovanih nepoštivanjem svjetlosnih znakova u porastu za 5,7% u odnosu na 2015. godinu što pobija stajalište da su za prometne nesreću gotovo uvijek krivi vozači.

Tablica 3. Okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama – pogreške pješaka

Pogreške pješaka	**Nesreće s nastradalima**			**Poginuli**		**Ozlijeđeni**	
	2015.	**2016.**	**+ - %**	**2015.**	**2016.**	**2015.**	**2016.**
Nepoštivanje svjetlosnog znaka	53	56	+5,7	2	2	59	60
Nekorištenje obilježenog pješ. prijel.	87	72	-17,2	1	3	92	71
Nekorištenje pothodnika	4					4	
Ostale pogreške pješaka	220	200	-9,1	10	8	228	205
UKUPNO	**364**	**328**	**-9,9**	**13**	**13**	**383**	**336**

Izvor: [14]

S obzirom na navedene statistike, jasno je da je glavni cilj provedbe Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa smanjenje svih oblika stradavanja sudionika u prometu, odnosno konkretno smanjenje broja poginulih za 50% do 2020. godine (213), u odnosu na 2010. godinu (426).

Mjere koje treba provoditi da bi se postigli zacrtani ciljevi mogu se podijeliti u pet područja djelovanja [13]:

- Promjena ponašanja sudionika u prometu,
- Bolja cestovna infrastruktura,
- Sigurnija vozila,
- Učinkovita medicinska skrb nakon prometne nesreće,
- Ostala područja djelovanja.

Za svako područje djelovanja navode se specifični segmenti na koje se treba usmjeriti, primjerice, promjena ponašanja sudionika u prometu može se postići kroz sustav obrazovanja, ponajprije kroz edukaciju o prometnoj kulturi, te strože provođenje zakona. U području poboljšanja cestove infrastrukture postoji segment detekcije i sanacije opasnih mjesta, odnosno tzv. „Crnih točka“ – mjesto na određenoj prometnici, ili dionica najveće dužine do 300 metara gdje se u razdoblju od 3-5 godina dogodilo više od 12 prometnih nesreća u kojima je bilo poginulih i ozlijeđenih osoba.

Konkretene mjere u okviru Nacionalnog programa sigurnosti cestovnog prometa obuhvaćaju razvijanje sustava geografskog pozicioniranja mjesta na kojima postoje statistički izglednije šanse za nastanak prometne nesreće u odnosu na ostatak prometnice.

Detektiranje opasnih mjesta obično se postiže statističkom analizom podataka o nesrećama. Osim određivanja kritičnih lokacija na cestovnoj mreži, cilj je utvrditi karakterističan tip nesreće te osnovni razlog pojave same nesreće. Na temelju rezultata analize definiraju se prioriteti i mjere za sanaciju.

Sanacija opasnih mjesta obuhvaća dvije skupine mjera. Prva skupina mjera (privremene mjere, najčešće prometno tehnička svojstva) - one koje su posljedica povremenog ili periodičnog stanja na određenom mjestu (poledica, preusmjeravanje prometa, privremene blokade itd.) ili posljedica raznih drugih uzroka (neizbježnost poduzimanja mjera, dodatni otkup zemljišta, nedostatak financijskih sredstava, itd.). Ove mjere karakteristične su za mjesta koja su opasna zbog neadekvatne ili nedovoljne prometne signalizacije koja umanjuje sigurnost prometa i doprinosi događanju prometnih nesreća. Intervencijom na prometnoj signalizaciji i dovođenjem prometne signalizacije u ispravno stanje (semafor, zamjena postojeće signalizacije novom, promjena prometne signalizacije, obilježavanje zavoja, ograničenje brzina u njima, ograničenja pretjecanja u nepreglednim zavojima i na prilazima zavoja i sl.), relativno malim novčanim sredstvima koja se ulože u proces sanacije opasnog mjesta, mogu postići veliki rezultati [2].

Druga skupina mjera (trajne mjere) - mjere koje bi trebale u potpunosti eliminirati mjesta zgusnuća prometnih nesreća. To su najčešće građevinsko-tehničke mjere [2]:

- proširenje kolnika,
- korekcija poprečnog nagiba,
- otvaranje preglednosti u zavojima,
- izgradnja rotora,
- postavljanje dodatne zaštitne ograde,
- „presvlačenje“ kolnika novim asfaltnim slojem
- „frezanje“ asfaltne površine radi povećanja trenja površine kolnika itd.

Jedan od najčešćih uzrok prometnih nesreća je ljudska pogreška, no s obzirom da je ljudske pogreške još uvijek vrlo teško izbjeći, nužno je dizajnirati sustav koji će u što većoj mjeri „praštati“ te pogreške, odnosno spriječiti teže posljedice tih pogrešaka.

Uloga prometne signalizacije je upravo da pravovremeno upozori te pruži informacije sudionicima u prometu o stanju ispred njih. Poznato je i dokazano da prometni znakovi mogu utjecati na smanjenje broja prometnih nesreća, na načina da vozači postanu svjesni opasnosti ispred njih. Učinkovitost prometnih znakova ovisi o mnogo čimbenika i to objektivno mjerljivih, ali i subjektivnih, primjerice pretjerano korištenje prometnih znakova može rezultirati zbunjivanjem vozača, time se samnjuje sigurnost a učinkovitost prometnih znakova dolazi u pitanje [2].

Vrlo važnu ulogu ima i održavanje prometne signalizacije koje je ključno za osiguravanje zadovoljavajuće razine kvalitete prometnih znakova. Održavanje se provodi vizualnom inspekcijom, mjerenjem retrorefleksije te redovnim pranjem. Vizualna inspekcija u prvom redu služi kako bi se otkrila fizička oštećenja na znaku. Mjerenje retrorefleksije izvodi se posebnim uređajem u vremenskim razmacima od jedne ili dvije godine. Mjerenjem se određuje trenutno stanje retrorefleksije znaka i uspoređuje s minimalnim dopuštenim vrijednostima za svaku boju prema hrvatskim normama. Redovito pranje i održavanje je najvažnija mjera u svrhu održavanja dobre vidljivosti i čitljivosti znakova i najčešće se provodi jednom godišnje u proljetnim mjesecima [5].

5. OPĆENITO O „SURVIVAL ANALYSIS“ METODI

Statistika je grana primijenjene matematike koja proučava načine sakupljanja, sažimanja i prikazivanja zaključaka iz nekih podataka. U današnje vrijeme statistika kao znanost ima sve veći značaj, iz razloga sveobuhvatnosti primjene iste u svakodnevnom životu. Danas statistika prelazi svoje nekadašnje okvire - opisivanje pojava, i koristi se za davanje procjena, odmjeravanje rizika, istraživanje tendencije, analizu odnosa i faktora koji određuju neku pojavu, uz pomoć određenih statističkih metoda. Neke od tih metoda su matematički veoma složene, ali razvojem računala i stvaranjem programskih paketa koji imaju ugrađene funkcije za određene postupke, to više nije problem. Predmet statističkog istraživanja su masovne pojave koje su po svojoj prirodi promjenjive i nastaju pod utjecajem nekih faktora. [15]

Analiza preživljavanja općenito se može definirati kao skup metoda odnosno tehnika za analizu podataka gdje je varijabla ishoda vrijeme do pojave događaja od interesa. Ova metoda prvenstveno se razvila za potrebe medicine i biologije, iz kojeg područja dolazi i sam naziv „Analiza preživljavanja“ gdje je događaj od interesa uglavnom bila smrt. Obično je vrijednost slučajne varijable vrijeme do smrti kod bioloških organizama (ljudi, životinja, stanica…), ili vrijeme do pojave kvara određenih komponenti mehaničkih sustava. Vrijeme do događaja ili vrijeme preživljavanja može se mjeriti u danima, tjednima, godinama itd.[16]. Na primjer, ako je događaj od interesa srčani udar, onda vrijeme preživljavanja može biti vrijeme u godinama dok osoba ne doživi srčani udar.

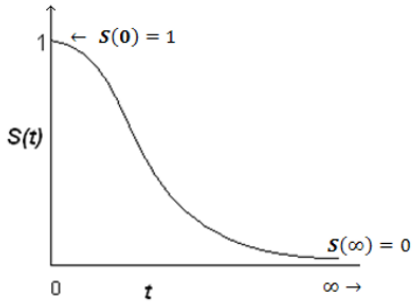
Dok se početci analize preživljavanja mogu pripisati ranijim radovima na tablicama smrtnosti stoljećima prije, modernije doba počelo je prije pola stoljeća s primjenom na inženjerstvo. Drugi svjetski rat potaknuo je zanimanje za pouzdanost vojne opreme, a interes za pouzdanost prenesena je u poslijeratno doba na vojne i komercijalne proizvode.

Funkcija preživljavanja slučajne varijable T definirana je sljedećim izrazom [16] :

$$S(t) = P(T > t) \tag{1}$$

Gdje t je neko vrijeme, T je slučajna varijabla koja označava vrijeme pojave događaja od interesa, a "P" označava vjerojatnost. To jest, funkcija preživljavanja je vjerojatnost da je događaj od interesa nastupio kasnije od nekog određenog vremena t. Funkcija preživljavanja također se naziva funkcija pouzdanosti, kod mehaničkih problema preživljavanja. Pojednostavljeno, funkcija preživljavanja je vjerojatnost da slučajna varijabla T postigne vrijednost veću od t, na primjer, to može biti vjerojatnost da osoba živi duže od t godina.

Zajedničko svojstvo svim funkcijama preživljavanja je da su monotone i nerastuće, te u nuli postižu vrijednost jedan, a za $x \to \infty$, postižu vrijednost nula. Prethodnu rečenicu najlakše bi bilo pojasniti na primjeru ljudskog života, tj. vjerojatnost „preživljavanja“ konstantno opada s protokom vremena, kako čovjek stari vjerojatnost preživljavanja pada (slika 19).



Slika 19. Funkcija preživljavanja

Izvor: [15]

Funkcija distribucije životnog vijeka, konvencionalno označena sa F, definirana je kao komplement funkcije preživljavanja, odnosno funkcija distribucije predstavlja inverz funkcije preživljavanja, kao što je prikazano sljedećim izrazom [16]:

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - S(t) \tag{2}$$

Derivacijom prethodne funkcije dobiva se Funkcija gustoće distribucije životnog vijeka, konvencionalno je označena sa f. Funkcija f se zove gustoća događaja; to je stopa smrti ili pojave kvarova po jedinici vremena [16]:

$$f(t) = F'(t) = \frac{d}{dt}F(t) \tag{3}$$

Funkcija rizika ima veoma važnu ulogu u analizi preživljavanja, a predstavlja trenutni potencijal po jedinici vremena da se neki događaj pojavi. Funkcija rizika, koju ćemo označavati s $\lambda(t)$, a dana je formulom [16]:

$$\lambda(t) = \lim_{dt \to 0} \frac{P(t \leq T < t+dt)}{dt * S(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{f(t)}{S(t)} \tag{4}$$

Funkcija rizika i funkcija preživljavanja su suprotne funkcije, tj. kada funkcija preživljavanja raste, funkcija rizika pada.

6. ODREĐIVANJE ŽIVOTNOG VIJEKA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM SURVIVAL ANALYSIS METODE

Osnovni cilj izrade ovog rada je prikazati važnosti sustavnog prikupljanja podataka o prometnim znakovima na temelju kojih je moguće određivanja funkcionalnog životnog vijeka. Temeljem predviđanja životnog vijeka znakova pojedine klase bilo bi moguće optimizirati aktivnosti održavanja i zamjene prometnih znakova, što bi za posljedicu imalo pozitivan utjecaj, prije svega na povećanje sigurnosti cestovnog prometa te smanjenje financijskih izdataka za održavanje. U ovom poglavlju bit će prikazan način prikupljanja i obrade podataka te interpretacija rezultata istraživanja.

6.1. Metodologija prikupljanja podataka o prometnim znakovima

Podaci o prometnim znakovima, korišteni u ovom radu, prikupljeni su od strane Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Ukupno je analizirano 18 državnih cesta u 11 županija. Za svaki od analiziranih znakova prikupljaju se slijedeći podaci [2] :

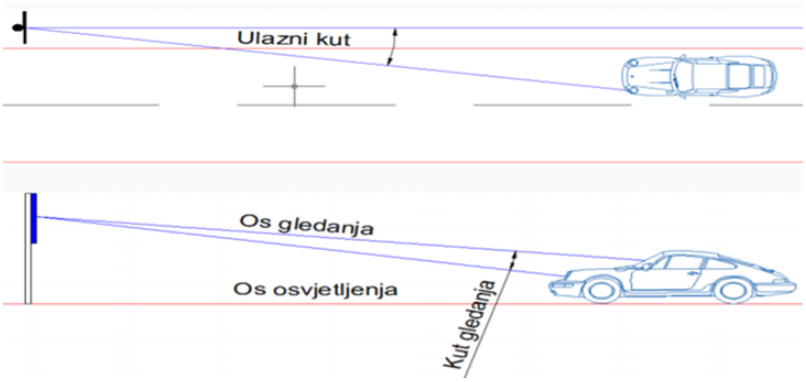
- Vrsta znaka
- Naziv znaka
- Šifra znaka
- Grafički prikaz
- Oblik znaka
- Dimenzije znaka i odstupanje
- Boja (podloge, ruba i simbola)
- Način postave
- Način pričvršćivanja
- Visina znaka
- Udaljenost od ruba
- Vrsta podloge
- Način konstrukcije
- Datum postave
- Podaci o proizvođaču znaka
- Podaci o postavljaču znaka
- Klasa retroreflektirajuće folije te
- Podaci o proizvođaču retroreflektirajuće folije.

Ukupno je analizirano 6.585 prometnih znakova od kojih je njih 4.295 izrađeno od retroreflektirajućeg materijala klase I, njih 1.600 od materijala klase II te njih 690 od materijala klase III kao što je prikazano u tablici 4.

Tablica 4. Popis analiziranih znakova po županijama

Županija	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Ukupno
Brodsko-posavska	213	49	18	280
Istarska	180	67	9	256
Karlovačka	328	109	65	502
Ličko-senjska	1.271	162	386	1.819
Osječko-baranjska	281	237	50	568
Primorsko-goranska	272	91	2	365
Splitsko-dalmatinska	458	206	43	707
Šibensko-Kninska	121	17	23	161
Virovitičko-podravska	230	45	11	286
Vukovarsko-srijemska	599	326	73	998
Zadarska	342	291	10	643
Ukupno	**4.295**	**1.600**	**690**	**6.585**

U svrhu provedbe statističke analize, odnosno predviđanja funkcionalnog životnog vijeka prometnih znakova nužno je bilo ispitati, odnosno izmjeriti njihovu retrorefleksiju. Mjerenje retrorefleksije izvodi se sukladno normi HRN 12899-1:2008 ručnim retroreflektometrom (u ovom slučaju Zehntner ZRS 6060), što podrazumijeva ispitivanje pod kutom gledanja od 0,33° (20') i ulaznim kutom svjetla od 5° kao što je prikazano na slici 20.



Slika 20. Ulazni kut i Kut gledanja

Izvor: [2]

Ulazni kut se prvenstveno određuje položajem znaka na rubu ceste i geometrijom položaja nadolazećeg vozila te on predstavlja kut koji se formira između ulazne zrake svjetlosti i okomite osi usmjerene na ravninu na koju je položen znak, dok kut gledanja predstavlja kut

između ulazne zrake svjetlosti i reflektirane zrake svjetlosti te je funkcija visine oka vozača u odnosu na izvor svjetla na vozilu (farovi) [2].

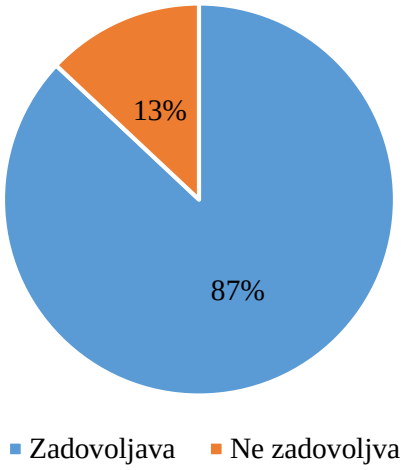
Za svaku klasu retroreflektirajućeg materijala, ali i boju propisane su minimalne razine retrorefleksije potrebite vozačima. Navedene vrijednosti prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Minimalni koeficijent retrorefleksije za različite boje

Koeficijent retrorefleksije RA: (cd $lx^{-1}m^{-2}$)										
	Geometrija mjerenja		Boja							
Klase	Kut gledanja α	Ulazni kut β	Bijela	Žuta	Crvena	Zelena	Plava	Smeđa	Narančasta	Siva
Klasa I	0.33°	5°	50	35	10	7	2	0.6	20	30
Klasa II	0.33°	5°	180	120	25	21	14	8	65	90
Klasa III	0.33°	5°	425	275	85	40	28	-	95	-

Izvor: [17]

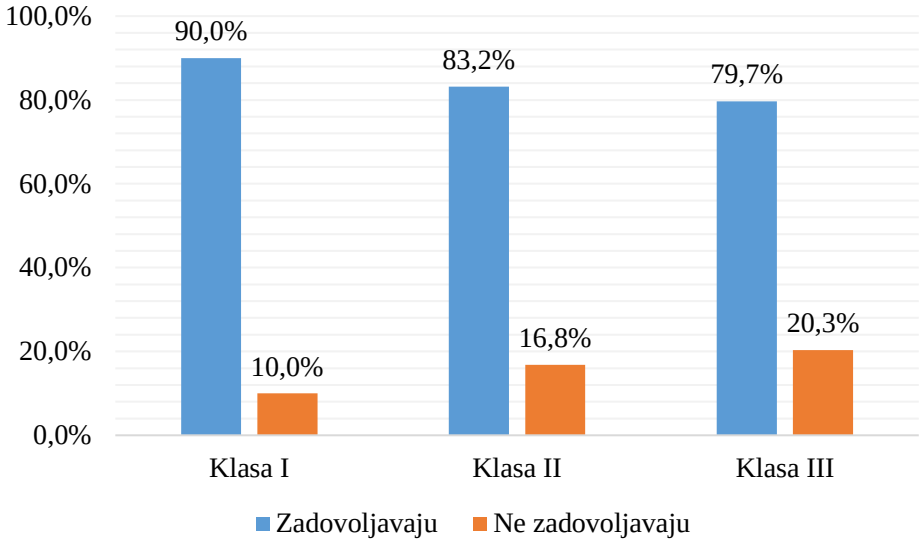
Iz prethodne analize kvalitete retrorefleksije prometnih znakova može se zaključiti da je na analiziranim cestama od ukupno 6.585 prometnih znakova njih 87% zadovoljilo propisane vrijednosti retrorefleksije, dok 13% znakova nije udovoljilo minimalne propisane zahtjeve (grafikon 5).



Grafikon 5. Udio prometnih znakova s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije

Udio prometnih znakova s obzirom na zadovoljavanje propisanih vrijednosti retrorefleksije, po klasama prometnih znakova prikazan je grafikonom 6. U promatranom uzorku, 10% znakova Klase I nije udovoljavalo propisanim vrijednostima retrorefleksije,

također kod Klase II 16,8% te kod Klase III 20,3% promatranih znakova nije zadovoljilo propisanim vrijednostima.



Grafikon 6. Udio prometnih znakova po klasama s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije

S obzirom na cilj diplomskog rada, prikupljeni podaci o prometnim znakovima statistički su analizirani primjenom „Survival metode“ korištenjem IBM SPSS statističkig alata. Iz tablice 6 se može uočiti da je prosječno trajanje znakova Klase I 6,595 godina, Klase II 7,044 godine, te 5,856 godina kod znakova Klase III. Procijenjen je i medijan kao srednja vrijednosti, te je srednja vrijednost trajanja 7 godina kod znakova Klase I, 8 godina kod znakova Klase II, te 6 godina kod znakova Klase III.

Tablica 6. Srednje vrijeme zadovoljavanja znakova

Klasa	Prosječna vrijednost				Medijan			
	Procjena	St. pogreška	95% Interval pouzdanosti		Procjena	St. pogreška	95% Interval pouzdanosti	
			Donja granica	Gornja granica			Donja granica	Gornja granica
I	6,595	0,058	6,482	6,709	7,000	0,091	6,822	7,178
II	7,044	0,089	6,870	7,219	8,000	0,099	7,805	8,195
III	5,856	0,157	5,549	6,163	6,000	0,363	5,288	6,712
Ukupno	**6,627**	**0,047**	**6,535**	**6,718**	**7,000**	**0,078**	**6,847**	**7,153**

Razlika u trajnosti znakova s obzirom na klasu testirana je Log Rank (Mantel-Cox), Breslow (Generalized Wilcoxon) i Tarone-Ware testom (tablica 7). Empirijska p vrijednosti < 5% upućuju na zaključak da je razlika među promatranim kategorijama statistički značajna.

Tablica 7. Ukupno - usporedba

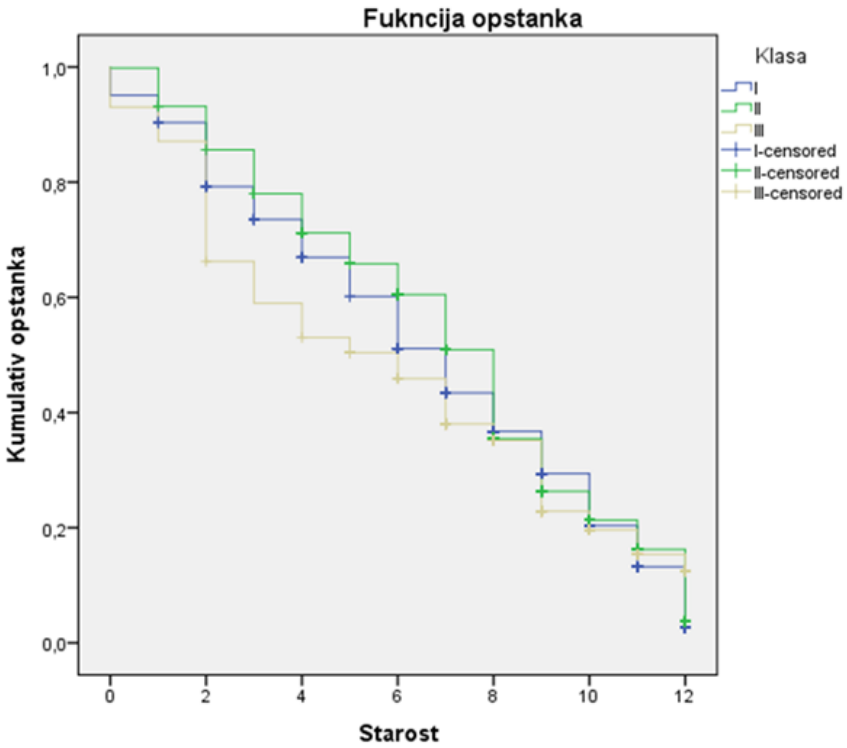
	Hi kvadrat	df	P-vrijednost
Log Rank (Mantel-Cox)	16,242	2	0,000
Breslow (Generalized Wilcoxon)	50,682	2	0,000
Tarone-Ware	33,704	2	0,000

Provedbom metode preživljavanja, dobivene su vjerojatnosti udovoljavanja standardima kvalitete po pitanju retrorefleksije za znakove pojedine klase. Primjerice, vjerojatnost da će određeni znak Klase I, starosti npr. četiri godina, zadovoljavati propisane vrijednosti retrorefleksije iznosi 67%, za znak Klase II iste starosti vjerojatnost iznosi 71,2%, dok za znak Klase III starosti četiri godine vjerojatnost zadovoljavanja retrorefleksije iznosi 53%. Rezultati provedenog istraživanja ukazuju da će 20,4% znakova Klase I preživjeti 10 godina, što znači da će petina znakova Klase I imati trajnost daleko iznad jamstvenog roka određenog od strane proizvođača (sedam godina), što je i u skladu s praktičnim spoznajama o životnom vijeku znakova Klase I. Također, 16,2% znakova Klase II će imati trajnost 11 godina, dok proizvođači garantiraju da će ove folije zadržati 80% početnog sjaja i nakon 10 godina starosti. Što se tiče znakova Klase III, tek 12,5% istih će preživjeti 12 godina, dok jamstvo trajnosti za ovu klasu materijala iznosi 12 godina, prema tome tek jedna osmina znakova Klase III analiziranih u okviru ovog rada zadovoljava jamstveni rok trajnosti.

Tablica 8. Procjena vjerojatnosti zadovoljavanja

KLASA	Starost	Zadovoljava	Procjena	St. pogreška
I	0	1	0,951	0,003
	1	1	0,904	0,005
	2	1	0,792	0,006
	3	1	0,735	0,007
	4	1	0,670	0,007
	5	1	0,602	0,007
	6	1	0,511	0,008
	7	1	0,434	0,008
	8	1	0,367	0,007
	9	1	0,294	0,007
	10	1	0,204	0,006
	11	1	0,132	0,006
	12	1	0,027	0,003
II	0	1	0,998	0,001
	1	1	0,932	0,006
	2	1	0,856	0,009
	3	1	0,780	0,010
	4	1	0,712	0,011
	5	1	0,658	0,012
	6	1	0,605	0,012
	7	1	0,509	0,013
	8	1	0,355	0,012
	9	1	0,263	0,012
	10	1	0,213	0,011
	11	1	0,162	0,010
	12	1	0,037	0,006
III	0	1	0,930	0,010
	1	1	0,871	0,013
	2	1	0,662	0,018
	3	1	0,590	0,019
	4	1	0,530	0,019
	5	1	0,504	0,019
	6	1	0,459	0,019
	7	1	0,380	0,019
	8	1	0,351	0,018
	9	1	0,228	0,017
	10	1	0,196	0,016
	11	1	0,154	0,016
	12	1	0,125	0,017

Rezultati iz prethodne tablice, u nastavku su grafički prikazani funkcijom opstanka, odnosno funkcijom preživljavanja (slika 21).



Slika 21. Funkcija preživljavanja

Na trajnost prometnih znakova osim starosti utječu još mnogi čimbenici kao što su klimatski uvjeti na određenom zemljopisnom području (sunce, vjetar, oborine), održavanje prometnica u zimskim mjesecima itd. Jedan od važnih čimbenika koji može imati značajan utjecaj na trajnost znakova je visina postavljanja u odnosu na kolnik. Prosječne visine znakova analiziranih u okviru ovog rada, po klasama znakova, iznose: Klasa I - 164,00 cm, Klasa II - 132,96 cm, te Klasa III - 104,80 cm.

S obzirom da je analiza trajnosti prometnih znakova ograničena na razdoblje od 12 godina iz razloga ujednačenosti broja prometnih znakova kod sve tri klase, prema prethodnim rezultatima najveću vjerojatnost zadovoljavanja retrorefleksije na kraju razdoblja od 12 godina imaju znakovi Klase III bez obzira na to što imaju najmanju prosječnu visinu od 104,80 cm.

6.2. Korigirani rezultati za znakove Klase II

S obzirom da vjerojatnost zadovoljavanja retrorefleksije znakova Klase II starosti 12 godina iznosi 3,7% što je iznimno malo detaljnije su analizirani podaci te je zaključeno da se u uzorku nalazi 668 znakova koji prema Pravilniku spadaju u prometnu opremu. Navedeni znakovi postavljaju se iznimno nisko i blizu kolnika zbog čega su izloženi nečistoćama i čestim oštećenjima uslijed odvijanja prometa.

Upravo iz navedenog razloga izvršena je korekcija uzorka na način da su iz znakova klase II izbačeni svi znakovi koji spadaju u prometnu opremu. Nakon korigiranja uzorka broj znakova je smanjen s početnih 1.600 na 932 znaka, što čini razliku od 668 znakova. Prosječna visina znakova nakon korigiranja uzorka iznosi 175,39 cm, što je 42,43 cm više od visine znakova Klase II prije korigiranja. Na temelju deskriptivne analize (tablica 9.) može se zaključiti da među znakovima Klase II nakon korigiranja uzorka 15,5% znakova nije udovoljilo propisanoj vrijednosti retrorefleksije, za razliku od osnovnog uzorka (16,8% znakova nije zadovoljilo).

Tablica 9. Tablica deskriptivne analize – Korigirani znakovi Klase II

Klasa	Broj opažanja	Zadovoljili	Nije zadovoljio	
			Broj opažanja	%
I	4295	3864	431	10,0%
II	932	788	144	15,5%
III	690	550	140	20,3%
Ukupno	**5.917**	**5.202**	**715**	**12,1%**

Na temelju povone provedbe „Survival“ analize, može se zaključiti da je prosječno trajanje znakova, druge kategorije 7,006 godina (Tablica 10).

Tablica 10. Srednje vrijeme zadovoljenja znakova Korigirani znakovi Klase II

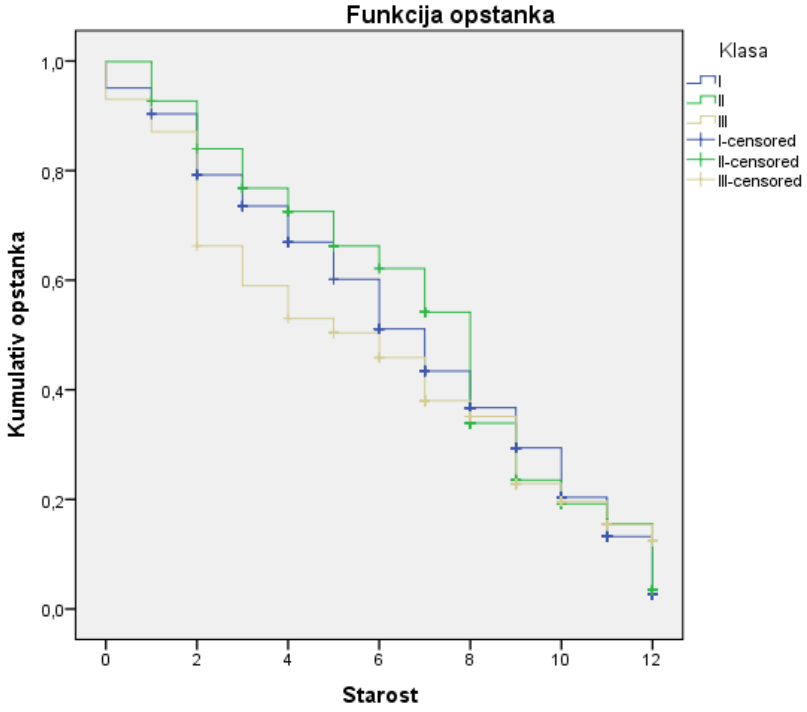
Klasa	Prosječna vrijednost[a]				Medijan			
	Procjena	St. pogreška	95% Interval pouzdanosti		Procjena	St. pogreška	95% Interval pouzdanosti	
			Donja granica	Gornja granica			Donja granica	Gornja granica
I	6,595	0,058	6,482	6,709	7,000	0,091	6,822	7,178
II	7,006	0,116	6,779	7,233	8,000	0,114	7,777	8,223
III	5,856	0,157	5,549	6,163	6,000	0,363	5,288	6,712
Ukupno	**6,573**	**0,049**	**6,476**	**6,670**	**7,000**	**0,084**	**6,836**	**7,164**

Procijenjen je i medijan kao srednja vrijednosti, te je srednja vrijednost trajanja 8 godina kod znakova Klase II. U tablici 11 prikazana je procijenjena vrijednost vjerojatnosti zadovoljavanja retrorefleksije za korigirani uzorak znakova Klase II.

Tablica 11. Procjena vjerojatnosti zadovoljavanja retrorefleksije znakova Klase II

Klasa	Starost	Zadovoljava	Procjena	St. pogreška
II	0	1	0,999	0,001
	1	1	0,927	0,009
	2	1	0,840	0,012
	3	1	0,768	0,014
	4	1	0,725	0,015
	5	1	0,662	0,016
	6	1	0,621	0,016
	7	1	0,542	0,017
	8	1	0,339	0,016
	9	1	0,235	0,015
	10	1	0,192	0,014
	11	1	0,155	0,013
	12	1	0,035	0,008

Rezultati iz prethodne tablice, u nastavku su grafički prikazani funkcijom opstanka, odnosno funkcijom preživljavanja, slika 22.



Slika 22. Funkcija preživljavanja – korigirani uzorak znakova Klase II

Iz svega navedenog može se zaključiti da uklanjanjem znakova koji spadaju u prometnu opremu dolazi do promjene u prosječnoj vrijednosti visine znakova, dok se vjerojatnost zadovoljavanja retrorefleksije za znakove starosti 11 godina smanjila za 0,7% u odnosu na osnovni uzorak.

7. ZAKLJUČAK

Jedan od osnovnih zadataka vozača je slijediti prometnicu i to na način da svojim postupcima ne ugrožava ostale sudionike u prometu. Za to mu je potrebno čitav niz informacija koje dobiva putem reakcije na podražaje okruženja u kojem se nalazi. Tijekom dana i uslijed dobrih vremenskih uvjeta donošenje pravilnih odluka u većini slučajeva nije značajno ugroženo. Međutim, noću i u uvjetima slabe vidljivosti, vozači moraju donositi iznimno važne odluke, ali na temelju znatno umanjenog broja informacija. Da bi im se i u takvim nepovoljnim uvjetima omogućilo lakše snalaženje, potrebna je dobra signalizacija čiji sastavni element čine prometni znakovi.

Prometni znakovi, kao dio sustava prometne signalizacije, predstavljaju „izvor“ informacija o stanju i uvjetima koji vladaju na cestovnoj mreži. Da bi kvalitetno izvršavali svoje zadatke, znakovi moraju biti vidljivi u svim prometnim i vremenskim uvjetima te moraju prenositi jasnu i na vrijeme razumljivu poruku. Pravovremenost i razumljivost poruke uvelike ovisi o postavi znaka, dizajnu te njegovim retroreflektirajućim svojstvima. Kvalitetno dizajniranje i implementiranje prometnih znakova te njihovo održavanje može imati značajan utjecaj na smanjenje broja prometnih nesreća te stradavanje sudionika u prometu na cestama. Održavanje prometnih znakova uglavnom je vezano uz njihovo čišćenje i zamjenu ukoliko isti ne zadovoljavaju tehničke zahtjeve. Za pravovremeni vizualni prijenos poruke vozačima, naročito u uvjetima smanjene vidljivosti, znakovi moraju zadovoljavati minimalne propisane uvjete retrorefleksije. S obzirom na to, nužno je periodičkim mjerenjem provjeravati zadovoljavaju li znakovi retrorefleksiju, kako bi se definirale aktivnosti zamjene znakova koji s tehničke strane ne zadovoljavaju minimalne uvjete. No kako je na državnim cestama RH trenutno postavljeno gotovo 150 000 znakova, periodička mjerenja bi iziskivala dodatne troškove zbog čega je poželjno primjenom matematičkih metoda predvidjeti životni vijek prometnih znakova kako bi se definirala lista prioriteta, odnosno potencijalno kritični znakovi čija bi se tehnička ispravnost dodatno provjeravala mjerenjem retrorefleksije.

Cilj ovog diplomskog rada je na temelju statističke analize prometnih znakova predvidjeti njihov funkcionalni životni vijek primjenom „Survival“ metode. U tu svrhu analizirano je ukupno 6.585 znakova na 18 državnih cesta u 11 županija.

Rezultati istraživanja, na uzorku od 6.585 znakova pokazali su da će nakon 11 godina znakovi Klase I prestati udovoljavati propisanim vrijednostima retrorefleksije, što je daleko

više od jamstvenog roka trajnosti, a u skladu je s iskustvenim spoznajama o trajnosti znakova ove klase.

S obzirom da vjerojatnost zadovoljavanja retrorefleksije znakova Klase II starosti 12 godina iznosi 3,7% što je iznimno malo, detaljnije su analizirani podaci te je zaključeno da se u uzorku nalazi 668 znakova koji prema Pravilniku spadaju u prometnu opremu, no pokazalo se da iako korekcija uzorka ima znatan utjecaj na povećanje prosječne visine znakova, to ipak ne utječe u znatnoj mjeri na povećanje vjerojatnosti zadovoljavanja propisanih vrijednosti retrorefleksije.

Znakovi Klase III imaju najveću vjerojatnost zadovoljavanja na kraju analiziranog razdoblja, a iznosi 12,5%, za razliku od znakova Klase II (3,7%), te Klase I (2,7%). Problem u određivanju točnog životnog vijeka prometnih znakova Klase III zapravo stvara premala zastupljenost znakova ove klase, što je i razlog ograničavanja vremenskog razdoblja analize na 12 godina, te bi prema mišljenju autora trebalo povesti računa ponajprije o promjenama zakonskih propisa, kako bi bili primorani na prometnice implementirati suvremenije prometne znakove, samim time bi povećali sigurnost cestovnog prometa, te dugoročno smanjili troškove održavanja i zamjene prometnih znakova.

LITERATURA

[1] Pašagić, S.: Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

[2] Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, FPZ, Zagreb, ak. god. 2016/2017

[3] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11).

[4] http://www.autoskola.com.hr/ucilica-prometni-znakovi-ob.shtml (Svibanj 2017.)

[5] Legac, I. i koautori: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

[6] http://www.prometna-signalizacija.com/vertikalna-signalizacija/promjenjiva-signalizacija/ (Svibanj 2017.)

[7] http://ninjaink.jp/reflection/index_eng.html (Svibanj 2017.)

[8]http://www.safetysigns-mn.com/traffic-control/work-zone-protection/permanent-signs/retroreflective-sheeting/ (Lipanj 2017.)

[9] http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/ (Lipanj 2017.)

[10] http://www.rally-dubrovnik.hr/files/pdf5.pdf (Lipanj 2017.)

[11] http://putprojekt.com/wp-content/uploads/2016/05/Vertikalna-signalizacija.pdf (Lipanj 2017.)

[12] http://static.1987.hr/media/sigurnost-u-prometu/medjunarodni-projekti/eurorap/izvjesce-o-razinama-rizika-na-dionicama-drzavne-ceste-D8-AP-v1.02.pdf (Lipanj 2017.)

[13] Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske 2011. – 2020. godine. (NN 59/2011)

[14] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2015., Dostupno na: https://www.mup.hr

[15] Ljiljak, N.: Primena analize preživljavanja u medicinskom istraživanju, Univerzitet u Novom Sadu, PMF, Novi Sad, 2011.

[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Survival_analysis#General_formulation (Kolovoz 2017.)

[17] http://www.afesp.pt/documentos/EN12899-1_-_Sinais_Fixos.pdf (Kolovoz 2017.)

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Slike:

Slika 1. Posebni oblici prometnih znakova 7
Slika 2. Znakovi opasnosti 8
Slika 3. Znakovi izričitih naredbi 9
Slika 4. Znakovi obavijesti 10
Slika 5. Prikaz vođenja prometa u zoni raskrižja 11
Slika 6. Dopunske ploče 12
Slika 7. Promjenjivi prometni znakovi 14
Slika 8. Zrcalna refleksija 16
Slika 9. Difuzna refleksija 16
Slika 10. Retrorefleksija 17
Slika 11. Sferična retrorefleksija 18
Slika 12. Prizmatična retrorefleksija 18
Slika 13. Materijal klase I 19
Slika 14. Materijal klase II 20
Slika 15. Materijal klase III 21
Slika 16. Sastavni dijelovi prometnog znaka 23
Slika 17. Primjer postavljanja prometnih znakova 25
Slika 18. Proces percepcije prometnih znakova 27
Slika 19. Funkcija preživljavanja 34
Slika 20. Ulazni kut i Kut gledanja 36
Slika 21. Funkcija preživljavanja 41
Slika 22. Funkcija preživljavanja – korigirani uzorak znakova Klase II 43

Tablice:

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova 14
Tablica 2. Okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama – pogreške vozača 29
Tablica 3. Okolnosti koje su prethodile prometnim nesrećama – pogreške pješaka 30
Tablica 4. Popis analiziranih znakova po županijama 36
Tablica 5. Minimalni koeficijent retrorefleksije za različite boje 37
Tablica 6. Srednje vrijeme zadovoljavanja znakova 38
Tablica 7. Ukupno - usporedba 39
Tablica 8. Procjena vjerojatnosti zadovoljavanja 40
Tablica 9. Tablica deskriptivne analize – Korigirani znakovi Klase II 42
Tablica 10. Srednje vrijeme zadovoljenja znakova Korigirani znakovi Klase II 42
Tablica 11. Procjena vjerojatnosti zadovoljavanja retrorefleksije znakova Klase II 43

Grafikoni:

Grafikon 1. Minimalni početni sjaj retroreflektirajućih folija 22
Grafikon 2. Minimalni početni sjaj kod 30˚ ulaznog kuta svjetlosti 22
Grafikon 3. Sjaj folije nakon jamstvenog roka trajanja 22

Grafikon 4. Broj poginulih u prometnim nesrećama 2006. – 20115. 28
Grafikon 5. Udio prometnih znakova s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije 37
Grafikon 6. Udio prometnih znakova po klasama s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije 38