

Analiza trajnosti prometnih znakova ovisno o utjecaju klimatskih uvjeta

Lovrić, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:119:547065>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb
Diplomski studij

P O T V R D A

kojom se potvrđuje da je student

Ivan Lovrić, 0135212650

izradio diplomski rad pod naslovom (naziv rada na hrv. i engl. jeziku)

Analiza trajnosti prometnih znakova ovisno o utjecaju klimatskih uvjeta

Analysis of Traffic Signs Sustainability Depending on Climate Influence

u skladu sa zadanim zadatkom, tezama i pravilima struke, te može pristupiti tiskanju rada.

Nadzorni nastavnik:

Zagreb, 04/09/19

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Ivan Lovrić

**ANALIZA TRAJNOSTI PROMETNIH ZNAKOVA
OVISNO O UTJECAJU KLIMATSKIH UVJETA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA TRAJNOSTI PROMETNIH ZNAKOVA
OVISNO O UTJECAJU KLIMATSKIH UVJETA**

**ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY OF TRAFFIC
SIGNS DEPENDING ON THE CLIMATE IMPACT**

Mentor: prof.dr.sc. Anđelko Ščukanec

Student: Ivan Lovrić

JMBAG: 0135212650

Zagreb, rujan 2019.

ANALIZA TRAJNOSTI PROMETNIH ZNAKOVA OVISNO O UTJECAJU KLIMATSKIH UVJETA

SAŽETAK

Kvalitetno dizajniranje i implementiranje prometne signalizacije ima značajan kvalitativni utjecaj na protočnost cjelokupne prometne mreže, povećanje sigurnosti u užoj i široj zoni te na ponašanje sudionika u prometu. Prometni znakovi, kao dio sustava prometne signalizacije, predstavljaju sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i svih sudionika prometnog sustava. Svrha i cilj istraživanja ovog diplomskog rada je, analizom kvalitete prometnih znakova iz različitih klimatskih područja Republike Hrvatske, ustanoviti postoje li razlike u njihovoj trajnosti. Istraživanje je rađeno na statističkoj bazi podataka o prometnim znakovima na državnim cestama RH koje je prikupio Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

KLJUČNE RIJEČI: retrorefleksija; klimatski uvjeti; trajnost prometnog znaka, prometna sigurnost

SUMMARY

Quality design and implementation of traffic signalization has a significant qualitative impact on the flow of the entire transport network, increased safety in the narrower and wider zone, and on the behavior of traffic participants. Traffic signs, as part of the traffic signalling system, are the means of communication between the authorities responsible for the roads and all participants in the transport system. The purpose and goal of this paper is to analyze the quality of traffic signs from different climatic areas of the Republic of Croatia to determine whether there are differences in their durability. The research was carried out on the statistical database of traffic signs on state roads in Croatia, collected by the Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb.

KEYWORDS: retroreflection; climate conditions; durability of a traffic sign; traffic safety

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNOJ SIGNALIZACIJI.....	3
2.1. Definicija prometne signalizacije	3
2.2. Povijesni razvoj prometne signalizacije	5
2.3. Podjela prometnih znakova.....	8
3. PREGLED MATERIJALA ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA.....	12
3.1. Refleksija i retrorefleksija.....	12
3.2. Vrste i karakteristike materijala za izradu prometnih znakova	14
3.3. Izrada i postavljanje prometnih znakova	21
4. DEFINIRANJE ČIMBENIKA KOJI UTJEČU NA VIDLJIVOST I TRAJNOST PROMETNIH ZNAKOVA.....	27
4.1. Čimbenici percepcije prometnog znaka.....	27
4.2. Vremenski uvjeti i njihov utjecaj na vidljivost prometnih znakova.....	31
5. OBRADA PRIKUPLJENIH PODATAKA O STANJU PROMETNIH ZNAKOVA	34
6. ANALIZA TRAJNOSTI PROMETNIH ZNAKOVA OVISNO O UTJECAJU KLIMATSKIH UVJETA	40
7. ZAKLJUČAK	43
LITERATURA	44
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA	46

1. UVOD

Povećanjem mobilnosti rastuće globalne populacije, prometnog zagušenja, ali i sve većih brzina prometovanja kao posljedice razvitka suvremenog cestovnog prometa, postavlja se zahtjev za kvalitetnim rješenjima na području prometne signalizacije, koja će omogućiti sudionicima prometnog sustava pravovremeno donošenje ispravnih odluka u cilju sigurnog i efikasnog odvijanja prometa. Kvalitetno dizajniranje i implementiranje prometne signalizacije ima značajan kvalitativni utjecaj na protočnost cjelokupne prometne mreže, povećanje sigurnosti u užoj i široj zoni te na ponašanje sudionika u prometu.

Prometni znakovi, kao dio sustava prometne signalizacije, predstavljaju sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i svih sudionika prometnog sustava, bilo da sudjeluju kao vozači ili pješaci. Vizualna informacija prometnih znakova daje sudionicima u prometu osnovne upute koje se tiču odabira rute, sigurnosti na raskrižjima, upozorenja vezana za fizičke zapreke na cesti, te označavanja sigurnog pravca putovanja koji najbrže i najsigurnije vodi cilju. Dakle, glavne i osnovne zadaće prometnih znakova su, prema tome, upravljanje, informiranje, upozoravanje, usmjeravanje i vođenje svih korisnika prometne površine, odnosno sudionika prometnog sustava. Kako bi prometni znakovi kvalitetno i efikasno izvršavali svoje zadatke, oni moraju biti vidljivi u svim prometnim i vremenskim uvjetima, te moraju prenositi razumljivu poruku jasno i na vrijeme, kako bi sudionik mogao na vrijeme reagirati.

Svrha i cilj istraživanja ovog diplomskog rada je, analizom kvalitete prometnih znakova iz različitih klimatskih područja Republike Hrvatske, ustanoviti postoje li razlike u njihovoj trajnosti. Naime, kako prometni znakovi moraju sudionicima u prometu prenositi informacije svakodnevno, izloženi su različitim vremenskim uvjetima. Promjene u vremenskim uvjetima utjecat će u određenoj mjeri na trajnost prometnih znakova, a time i na sigurnost sudionika u prometu. Istraživanje je rađeno na statističkoj bazi podataka o prometnim znakovima na državnim cestama RH koje je prikupio Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.

Diplomski rad je strukturiran u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Osnovni pojmovi o prometnoj signalizaciji
3. Pregled materijala za izradu prometnih znakova
4. Definiranje čimbenika koji utječu na vidljivost i trajnost prometnih znakova
5. Obrada prikupljenih podataka o stanju prometnih znakova

6. Analiza trajnosti prometnih znakova ovisno o utjecaju klimatskih uvjeta

7. Zaključak

Uvodno poglavlje iznosi svrhu i cilj rada, metodologiju i izvore podataka te strukturu rada, uz kratak pregled područja istraživanja. U drugom poglavlju definira se prometna signalizacija kao pojam i s gledišta pojedinačnih faktora i karakteristika, zatim se donosi pregled povijesnog razvoja prometne signalizacije, te se na kraju objašnjava podjela prometnih znakova po zakonskoj i značenjskoj osnovi.

U trećem poglavlju prvo se detaljno objašnjavaju pojmovi refleksije i retrorefleksije koji su ključni za funkcionalnost prometnih znakova. Zatim se iznosi pregled vrsta i karakteristika materijala od kojih se izrađuju prometni znakovi, s posebnim osvrtom na retroreflektirajuće folije. Na kraju se objašnjava način izrade i postavljanja prometnih znakova kako bi im se osigurala maksimalna vidljivost i trajnost. U četvrtom poglavlju definiraju se različiti čimbenici koji mogu utjecati na vidljivost i trajnost prometnih znakova, zatim se objašnjava tehnički način mjerenja retrorefleksije, te posebice način mjerenja u Republici Hrvatskoj, budući da je to izvor korištenih podataka u ovom istraživanju. Navode se mjerene karakteristike, te uvjeti koje prometni znak mora zakonski zadovoljiti kako bi prošao provjeru.

U posljednja dva poglavlja statistički se obrađuju i analiziraju navedeni podaci, kako bi se izolirale županije u kojima je najveći broj nezadovoljavajućih znakova, te se izolirali faktori zbog kojih je to tako. Na kraju rada iznesen je Zaključak u kojem se dobiveni podaci i nalazi sintetiziraju i uklapaju u širi znanstveni i stručni okvir.

2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNOJ SIGNALIZACIJI

Kako prometne signalizacija predstavlja neizostavne elemente suvremenih prometnica u ovom poglavlju će biti definiran pojam prometne signalizacije, opisan razvoj signalizacije kroz povijest, te ukratko objašnjena podjela prometnih znakova po relevantnim karakteristikama.

2.1. Definicija prometne signalizacije

Prometna signalizacija ključan je i neizostavan dio prometne komunikacije, te sigurnog i jasnog prometovanja svih korisnika prometnog sustava. Pojam obuhvaća horizontalnu i vertikalnu signalizaciju, pri čemu se horizontalna signalizacija odnosi na skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju i definiraju površine na prometnoj infrastrukturi, dok vertikalnu signalizaciju, u pravilu, čine prometni znakovi različitih funkcija i značenja.

Prometna signalizacija obavještava korisnika u prometu o trenutnom ili budućem stanju prometnog sustava, o brzini kretanja i položaju korisnika unutar prometnog sustava, sugerira mu ili određuje način kretanja i drugo. Korisniku se obavijest može prenijeti direktno, preko osjetila, ili preko uređaja u prometalu. Važnost prometne signalizacije leži u pravovremenom i kontinuiranom savjetovanju, upozoravanju i usmjeravanju korisnika prometne mreže. Njena svrha je da u svakom trenutku korisnicima jasno i nedvosmisleno pokazuje kojim se putem mogu ili moraju kretati prema određenom cilju, te koje naredbe moraju poštovati kako bi njihovo kretanje bilo efikasno i sigurno, kako za samog korisnika, tako i za ostale sudionike u prometu. Prema tome, prometna signalizacija ima četiri osnovne svrhe:

- omogućavanje ostvarivanja zahtjeva projektirane strategije reguliranja prometa
- ukazivanje sudionicima na postupke i način ponašanja u cilju sigurnog kretanja prometnim sustavom
- omogućavanje lake i pravovremene orijentacije, te lako utvrđivanje položaja u odnosu na željeni pravac kretanja
- doprinos stvaranju sigurnosti kretanja svih sudionika u prometu, te stvaranje povjerenja korisnika u regulaciju prometa.

Prometni znakovi su elementi, odnosno tehnička sredstva putem kojih sudionici u prometu dobivaju vizualne informacije. Osnovna zadaća prometnih znakova je pružanje informacija sudionicima u prometu o stanju i uvjetima u prometu na određenoj dionici ceste, te

informacija o zabranama, obavezama, ograničenjima i sve druge informacije relevantne za percepciju moguće neposredne opasnosti i načine izbjegavanja te opasnosti¹.

Proces kontakta vozača s elementima vertikalne signalizacije odvija se u nekoliko faza, koje rezultiraju razumijevanjem i prihvaćanjem poruke. Tri su osnovne faze: uočavanje, prepoznavanje i čitanje znaka. Faza uočavanja predstavlja otkrivanje i najmanje površine koju ljudsko oko može uočiti u kontaktu s okolinom. U sljedećoj, fazi prepoznavanja, osoba raspoznaje znak po obliku i boji, te prepoznaje vrstu poruke koju znak prenosi. Ova faza direktna je posljedica boje i oblika znaka, kontrasta s okruženjem i same osvijetljenosti. Faza čitanja predstavlja najznačajniji dio cijeloga procesa, budući da se tijekom nje prenosi unaprijed pripremljena poruka znaka. Čitanje znaka vremenski traje nešto dulje od prve dvije faze, budući da je mnogo složenije i kompliciranije. U ovoj fazi do izražaja najviše dolaze oblik, veličina oznaka, raspored elemenata znaka i kontrast između osnove znaka i elemenata na njemu.

Prilikom sudjelovanja u prometnom sustavu, korisnik prima gotovo 90 % informacija potrebnih za donošenje pravovremenih odluka o postupcima i načinu kretanja preko osjet vida². Zbog toga je ključno kvalitetno dizajniranje i implementacija prometne signalizacije, kako bi prometna mreža bila protočna i sigurna. Prometni znakovi, dakle, moraju osigurati prijenos kvalitetne, jasne i nedvosmislene informacije korisnicima, kako bi oni pravovremeno mogli uočiti potencijalnu opasnost i događaje na samoj prometnici i uz nju. Da bi se to postiglo, prometni znakovi moraju zadovoljiti određene preduvjete³:

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

Ovi preduvjeti podrazumijevaju da su svi elementi prometnog znaka čitljivi, koncipirani i prezentirani na način da ih svi prometni korisnici jednako razumiju, da su sve lokacije istih

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

² Ibidem

³ Ibidem

funkcija i karakteristika na isti način opremljene prometnim znakovima, da je sudionik u prometu na svim dijelovima prometne mreže kontinuirano obaviješten, da prometni znakovi zadržavaju oblik, boju i veličinu i danju i noću, te da su uočljivi u svim okolinskim i vremenskim uvjetima, da su na onoj razini detaljnosti koja osigurava punu učinkovitost znaka u odašiljanju poruke, te da su svi znakovi rađeni po istom obrascu neovisno na kojem su dijelu prometne mreže postavljeni.

Prema *Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama*⁴ (NN 33/2005) prometne znakove, signalizaciju i opremu cesta čine:

1. Prometni znakovi:

- Znakovi opasnosti
- Znakovi izričitih naredbi
- Znakovi obavijesti
- Znakovi obavijesti za vođenje prometa
- Dopunske ploče
- Promjenjivi prometni znakovi;

2. Prometna svjetla i svjetlosne oznake;

3. Oznake na kolniku i drugim površinama:

- Uzdužne oznake
- Poprečne oznake
- Ostale oznake;

4. Prometna oprema cesta;

5. Signalizacija i oprema za smirivanje prometa;

6. Turistička i ostala signalizacija propisana posebnim propisima.

2.2. Povijesni razvoj prometne signalizacije

Ljudi su oduvijek postavljali oznake na staze i puteve kojima su se kretali, kako bi se lakše orijentirali u prostoru, no današnji cestovni propisi i signalizacija stari su tek nešto više od stotinu godina. Začetak je predstavljalo razdoblje parnih omnibusa s početka 19. stoljeća, vrijeme kada se počeo razvijati željeznički promet umjesto dotadašnjih konjskih zaprega. Paralelno se razvijala i prva prometna signalizacija. Prva prometna nesreća parnih omnibusa dogodila se u 1831. godine u Londonu, u Engleskoj, koja je tada bila industrijski

⁴ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

najrazvijenija zemlja svijeta⁵. Nakon još jedne nesreće u Glasgowu, koja je za posljedicu imala i smrt jednog od sudionika, pitanje parnih omnibusa dovedeno je pred engleski Parlament, koji je 1836. godine izglasao takozvani *Locomotive Acts* zakon. Taj zakon smatra se prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. Prema tom zakonu, brzina svakog parnog vozila ograničena je na 3,2 km/h u naseljima i 6,5 km/h izvan naseljenih mjesta. Uz to, obavezivao je svakog vozača da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i tako upozoravati druge prometne sudionike na opasnost. Zakon je predviđao da u slučaju bilo kakve nesreće odgovornost snosi vozač parnog vozila⁶.

Razvojem automobilske industrije početkom 20. stoljeća značajno se povećala mobilnost građana, koji su počeli sve više putovati i prelaziti granice svojih država. Zbog toga postalo je nužno donijeti međunarodno usklađene prometne propise i pravila, te ujednačiti prilike na svim cestama. Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu donesena je 1909. godine u Parizu, dok se najvažnijom smatra Ženevska konvencija iz 1949. godine, koja je rezultirala Protokolom o signalizaciji na cestama. Protokol je izmijenjen i dopunjen 1968. godine na Međunarodnoj konferenciji OUN-a (Organizacija Ujedinjenih naroda) o prometu na cestama. Odluke donesene na konvencijama preporučivale su da države sudionice usklade izgled prometnih znakova, te da se pridržavaju slikovnih znakova naspram riječima pisanim uputa ili naredbi, budući da je velik dio populacije i dalje bio nepismen. Dakle, bilo je logično da se prometna signalizacija osniva na simbolima i znakovima koji će imati univerzalno značenje i biti prepoznatljivi u svim zemljama svijeta⁷.

Oblici prometnih znakova određeni su već prilikom prve Pariške konvencije, pa su tako znakovi opasnosti dobili oblik istostraničnog trokuta, znakovi izričitih naredbi su okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni. Vremenom se njihov broj povećavao, od početnih desetak, sve do današnjih dvjestotinjak znakova (ne ubrajajući dopunske ploče i ostale znakove i oznake), iako su neki izašli iz upotrebe. Primjeri zastarjelih znakova koji se više ne koriste su bijeli trokut u plavom pravokutniku, što je znak obavijesti koji sugerira opreznu vožnju, ili okrugli crveno-bijeli znak s dvije prekržiene strelice okrenute u suprotnim smjerovima, što je znak izričitih naredbi sa značenjem zabrane pretjecanja na raskrižjima. Posljednje izmjene i dopune Protokola o prometnoj signalizaciji iz 1968. godine uvele su u upotrebu osmerokutni znak obveznog zaustavljanja umjesto dotadašnjeg okruglog znaka s ucrtanim trokutom. Taj znak je jedini tog oblika, budući da se njegovim posebnim izgledom željela istaknuti njegova važnost

⁵ Pašagić, S.: Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

⁶ Pašagić, S.: Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.

⁷ Ibidem

među ostalim znakovima. Prevladavajuća boja prometnih znakova je crvena, boja opasnosti, što se vidi u crvenoj boji svjetla za zaustavljanje na semaforu i boji znaka „stop“.

Prvi cestovni semafor izumio je inženjer za željezničku signalizaciju J.P. Knight. Uređaj je bio nalik na željeznički semafor, s ručkom i crvenim i zelenim svjetlom za noćnu signalizaciju. Semafor je bio postavljen u Londonu 1868. godine u blizini Parlamenta. Imao je pokretne krakove koji su značili slobodno kretanje kada su bili postavljeni visoko, te pozornost tijekom kretanja kada su bili u spuštеноm položaju. Noću su odgovarajuće informacije davane pomoću već spomenute svjetiljke sa zelenim i crvenim svjetlom. Kao izvor svjetlosti služio je plin, koji je vjerojatno bio uzrokom eksplozije uređaja samo nekoliko dana nakon postavljanja, čime je semafor prestao biti u upotrebi.

Na Konferenciji cestovnog prometa u Beču 1968. godine, održanoj pod pokroviteljstvom Ujedinjenih naroda, donesen je novi sporazum kojim se nastojalo dodatno unificirati i normirati prometne znakove. Ideja vodilja Konferencije bila je što je više moguće uključiti najrašireniji sustav iz Nacrta konvencije iz 1953. godine i Protokola koji upotrebljava Europa. Tada su donesene odluke koje služe kao osnova i za prometne znakove Republike Hrvatske. Iako se ciljalo na što veću univerzalnost, pokazalo se da nije lako postići usuglašavanje u korištenju prometnih znakova, iz brojnih ekonomskih, političkih i tehničkih razloga, ali i zbog navika korisnika prometnog procesa. Najveću potrebu za unificiranjem i pojednostavljivanjem prometnih znakova imale su, dakako, zemlje s najvećom gustoćom prometa, odnosno industrijski najrazvijenije zemlje⁸.

U svijetu je trenutno u upotrebi nekoliko sustava znakova⁹:

- SAD, Australija i Novi Zeland – u upotrebi je sustav utemeljen na pisanim riječima;
- Europa – sustav utvrđen Protokolom utemeljen je na simbolima bez upotrebe riječi;
- Latinska Amerika, Srednja Amerika i neke azijske zemlje – znakovi se dizajniraju na temelju Nacrta konvencije iz 1953. godine. Upotrebljavaju se simboli, ali na različite načine; primjerice, znakovi upozorenja nisu trokutasti nego u obliku romba, znakovi zabrane i dozvole ne razlikuju se na temelju boje, a crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se koristi za zabranu;

⁸ Povijest prometnih znakova. <https://www.prometna-zona.com/povijest-prometnih-znakova/> (16.5.2019.)

⁹ Ibidem

- Kanada – u upotrebi su simboli zasnovani na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine;
- Dijelovi istočne i južne Afrike – u upotrebi je vrsta starog britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanog teksta, budući da su britanski znakovi u velikom broju kombinacija riječi i simbola.

2.3. Podjela prometnih znakova

Prometne znakove moguće je podijeliti prema više kriterija, no jedna od najčešćih podjela je prema obliku, veličini, boji, značenju i načinu izrade. Različiti oblici prometnih znakova omogućuju lakše prepoznavanje vrste informacije prikazane znakom, budući da se tri osnovna geometrijska oblika prometnih znakova odnose na potpuno različite vrste informacija. Tri osnovna geometrijska oblika prometnih znakova su: jednakostranični trokut za znakove opasnosti, krug za znakove izričitih naredbi te kvadrat ili pravokutnik za znakove obavijesti. Iznimke od standardnih geometrijskih oblika predstavljaju:

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

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

Podjelu prometnih znakova prema značenju u Republici Hrvatskoj definira *Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti* (NN 33/2005) i to na¹⁰:

- znakove opasnosti;
- znakove izričitih naredbi;
- znakove obavijesti;
- znakove obavijesti za vođenje prometa;

¹⁰ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

- dopunske ploče i
- promjenjive prometne znakove.

a) Znakovi opasnosti

Znakovima opasnosti obilježavaju se mjesta na cestovnoj mreži na kojima postoje potencijalne opasnosti za sigurnost sudionika u prometu, a služe pravovremenoj vizualizaciji i najavi mjesta ili dionice ceste koja zahtijeva aktivniji način vožnje za siguran prolazak. Aktivniji način vožnje odnosi se na prilagodbu načina kretanja vozila, odnosno smanjenje brzine kretanja i povećanje opreza. U pravilu se postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti, ali mogu se postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 metara ispred opasnog mjesta, ako to zahtijevaju okolnosti, kao što su brzina kojom se vozila kreću ili (ne)preglednost ceste. Znakovima koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 metara ili većoj od 250 metara moraju biti pridružene dopunske ploče, na kojima se označava udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se i postavljaju znakovi opasnosti¹¹.

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. Određeni znakovi opasnosti odstupaju od uobičajenog geometrijskog oblika jednakostraničnog trokuta.

b) Znakovi izričitih naredbi

Ovi znakovi informiraju sudionike u prometu o zabranama, ograničenjima i obavezama. Obično imaju oblik kruga, osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje)¹².

Znakovi izričitih naredbi postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obveza da se drže naredbe izražene prometnim znakom, no moguće ga je postaviti i na odgovarajućoj udaljenosti od tog mjesta, ako je zbog slabe preglednosti ceste ili drugih sigurnosnih razloga sudionike potrebno ranije obavijestiti. Znakovi izričitih naredbi moraju se ponovno postaviti nakon svakoga križanja s drugom cestom u slučaju da 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, osim ako na pojedinim cestama ili dijelovima ceste u naselju nije drugim prometnim znakom

¹¹ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

¹² Ibidem

izražena druga naredba. Isto vrijedi i za prometne cestovne građevine, kao što su tuneli, mostovi i slično.

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. Rubovi 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 boje¹³.

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 (obavijesti o prestrojavanju, o skretanju, o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose)¹⁴.

Osnovne boje znakova obavijesti su:

- 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.
- 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.¹⁵

d) Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Ova vrsta znakova obavještava sudionike prometa 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, na

¹³ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

¹⁴ Ibidem

¹⁵ Ibidem

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 boje¹⁶.

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, te sigurnost u prometu.

e) Dopunske ploče

Dopunske ploče postavljaju se uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti s ciljem bližeg određivanja značenja prometnog znaka. Dopunske ploče imaju oblik pravokutnika, a osnovna boja im je bijela, dok 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 i visina dopunske ploče određene su zakonski¹⁷.

f) Promjenjivi prometni znakovi

Promjenjivi prometni znakovi odnose se na one prometne znakove koji imaju mogućnost prijenosa promjenjivih poruka ovisno o prometno-tehničkim zahtjevima, to jest o uvjetima prometnog toka na određenoj cestovnoj dionici. Prema izvedbi mogu biti kontinuirani i nekontinuirani.

Kontinuirani promjenjivi znakovi su oni znakovi koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, s tom razlikom 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. Tehnologija kojom mogu biti izvedeni nekontinuirani znakovi može biti: tehnologija optičkih vlakana, dodavanje svjetlosnih polja na obične znakove, tehnologija svjetlećih dioda (LED) ili tehnologija tekućih kristala (LCD)¹⁸.

¹⁶ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

¹⁷ Ibidem

¹⁸ Ibidem

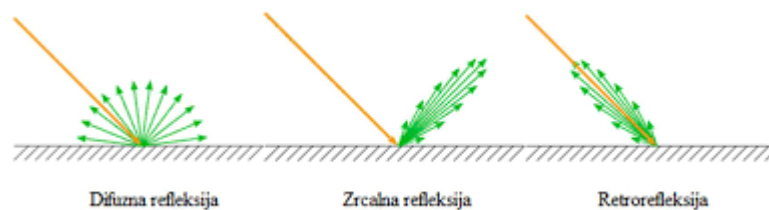
3. PREGLED MATERIJALA ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

Da bi prometni znakovi ispunili svoju funkciju, moraju biti pravovremeno vidljivi svim sudionicima u prometu u svim vremenskim i prometnim uvjetima, odnosno moraju imati zadovoljavajuća retroreflektirajuća svojstva¹⁹. Dakle, vidljivost prometnih znakova osigurava se upotrebom retroreflektirajućih materijala, koji usmjeravaju svjetlosni trak natrag ka izvoru, odnosno prometalu, čime se znatno povećava učinkovitost i sigurnost prometnih znakova.

3.1. Refleksija i retrorefleksija

Općenito, refleksija se definira kao promjena smjera širenja svjetlosne zrake, odnosno vala, na granici dvaju sredstava. Ako je granična ploha glatka, to jest zanemarivih neravnina prema valnoj duljini, nastaje takozvana regularna refleksija. Kod takve refleksije upadni kut valova jednak je kutu refleksije. U suprotnom slučaju dolazi do difuzne refleksije, pri čemu se valovi reflektiraju u svim smjerovima.

Refleksija je jedan od najčešćih primjera optičkih efekata u kojem svjetlost putuje zrakom, te se nakon nailaska na površinu nekog objekta odbija od njega mijenjajući smjer svog širenja. Prema načinu širenja svjetlosnih valova razlikuju se tri vrste refleksija: zrcalna, difuzna i retrorefleksija, kako je prikazano na slici 1.



Slika 1. Vrste retrorefleksije

Izvor: Prilagođeno prema: <http://bygzam.seesaa.net/article/134477830.html> (25.5.2019.)

Kod idealno zrcalne refleksije, savršeno glatko tijelo reflektira sve zrake u istom smjeru, dok kod idealno difuzne refleksije, savršeno difuzno tijelo reflektira zrake svjetlosti jednoliko u svim smjerovima, pri čemu se svjetlost širi iznad tijela u obliku polukugle. Kao primjer gotovo idealne zrcalne refleksije mogu se navesti ogledala, a kao primjer difuzne refleksije, primjerice kolnik, vozilo odnosno prometalo, lišće i slično.

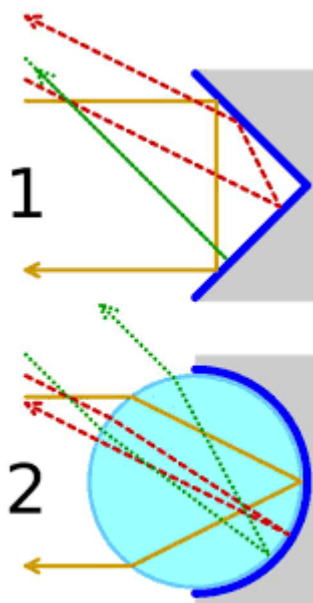
Najpogodnija vrsta refleksije za uvjete na cesti prilikom noćne vožnje i otežanih uvjeta jest retrorefleksija, kojoj je osnovna značajka da se bez obzira na kut ulaza, svjetlosni trak

¹⁹ Babić D, Babić D, Macura D. 2017. Model for Predicting Traffic Signs Functional Service Life – The Republic of Croatia Case Study. *Promet - Traffic&Transportation*. 29(3):343-349.

uvijek vraća u smjeru svog izvora pod istim upadnim kutom. S obzirom da se kod idealne retrorefleksije u prometu svjetlost vraća nazad prema izvoru (farovima vozila), idealna retrorefleksija u prometu nije poželjna već je blago odstupanje dobrodošlo. Budući da materijali koji se nalaze u prirodi uglavnom imaju svojstva miješane refleksije, odnosno kombinacije zrcalne i difuzne, retrorefleksija se u prometnoj signalizaciji osigurava proizvodnjom posebnih materijala. S obzirom na vrste retroreflektirajućih materijala, u primjeni postoje dvije vrste retrorefleksije: sferična i prizmatična.

Kod sferične retrorefleksije, staklo kuglica lomi ulazni svjetlosni trak pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice. Zatim se svjetlost reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora. Retrorefleksija sfernih leća postiže se kombinacijom staklene kugle odnosno kuglice i reflektirajuće površine (vrsta ogledala) smještene u fokusnoj točki. Upadna zraka se savija i usmjerava u unutrašnjost i prema stražnjem dijelu kugle, reflektirajući se od refleksivne površine te, nakon što se savija na vanjskom dijelu kugle, preusmjerava se prema izvoru svjetlosti.

Kod prizmatične retrorefleksije tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazni trak svjetlosti reflektira u smjeru svog izvora usporedno s ulaznim svjetlom. Prizmatični reflektori su bolji u odnosu na sferične, budući da posjeduju tri puta veći koeficijent retrorefleksije. U slučaju prizmatične retrorefleksije, retrorefleksija se postiže kroz ukupnu unutarnju refleksiju. Upadno svjetlo pada na prvu površinu i reflektira se na stražnju površinu, koja ga reflektira na zadnju površinu, a koja opet reflektira zrake svjetlosti nazad ka izvoru. Obje vrste retrorefleksije prikazane su na slici 2.



Slika 2. Prizmatična i sferična retrorefleksija

Izvor: <https://repositorij.fpz.unizg.hr/islandora/object/fpz%3A992/datastream/PDF/view> (25.5.2019.)

3.2. Vrste i karakteristike materijala za izradu prometnih znakova

Prema materijalu, odnosno karakteristikama materijala od kojeg je izrađeno lice prometnog znaka, prometni znakovi mogu se podijeliti u tri osnovne kategorije²⁰:

1. Obični prometni znakovi

- znakovi u ovoj kategoriji izrađeni su bojanjem podloge. Danas više nisu u upotrebi na prometnicama radi nepraktičnosti, zastarjelosti i slabe sigurnosti, budući da su slabo uočljivi na daljinu, u otežanim i lošim uvjetima vožnje, te posebno noću. Koriste se eventualno u zatvorenim prostorima, kao što su skladišta ili dvorišta.

2. Osvijetljeni prometni znakovi

- ovi znakovi izrađuju se s unutarnjim i vanjskim osvjetljenjem. Dobro su vidljivi, ali osjetljivi na fizička oštećenja. Nedostatak je skupa izrada i postava zbog velikog broja relativno skupih dijelova i zahtjevne tehnologije izrade, potrebe izvođenja priključka na stalan izvor električne energije, te drugih problema koji se mogu javiti. Održavanje je skupo, a potreban je i konstantan utrošak električne energije za vrijeme korištenja tih znakova noću i u uvjetima smanjene vidljivosti

²⁰ Stanić, B., Zdravković, P.S., Vukanović, S., Milosavljević, S.: Elementi saobraćajnog projektovanja – vertikalna signalizacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2003.

3. Reflektirajući prometni znakovi

- u ovoj skupini lice znaka izrađeno je od retroreflektirajućeg materijala. Najzastupljeniji su u prometnoj signalizaciji radi dobre vidljivosti, jednostavne konstrukcije, lakoće izrade i jednostavnog načina postavljanja i održavanja. Uporabom visokoreflektirajućih materijala, vidljivost im se približava osvijetljenim prometnim znakovima, a bez popratnih visokih troškova korištenja, postavljanja i održavanja.

Vidljivost određenog predmeta danju određuje 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. Refleksija ne stvara vlastito svjetlo, već posuđuje svjetlo od drugog izvora. Posuđeni svjetlosni trak udara od predmet i odbija se od njega. Reflektivno svojstvo predmeta ovisi o intenzitetu ulaznog svjetlosnog traka, te o materijalu od kojeg je izrađen. Način na koji predmet reflektira svjetlo izuzetno je važan tijekom noćne vožnje.

Snaga retrorefleksije je pojam koji opisuje količinu svjetla koja se reflektira s retroreflektirajućeg materijala. To svjetlo mjeri se u jačini reflektiranog svjetla u odnosu na ulazno svjetlo po četvornom metru reflektirajućeg materijala, odnosno kandela po luxu po četvornom metru.

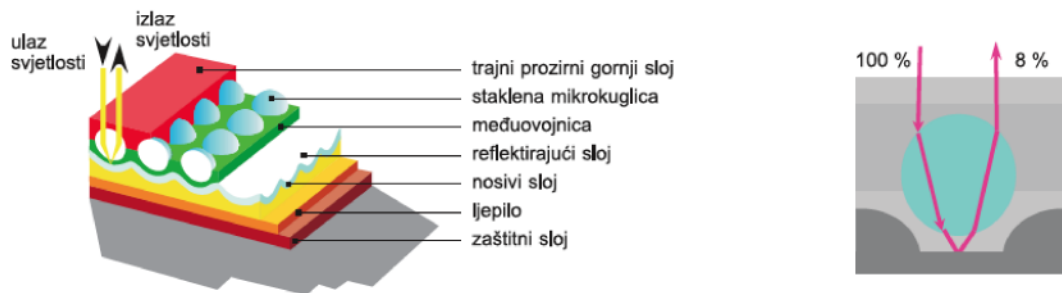
Na temelju svojstava sferične i prizmatične retrorefleksije nastaju retroreflektirajući materijali koji se koriste pri izradi prometnih znakova. Prvi retroreflektirajući materijali izrađeni su 1937. godine u firmi 3M u Minnesoti u SAD-u. Danas se u primjeni nalaze tri tipa retroreflektirajućih materijala²¹.

a) Materijal Klase I – Engineer Grade (folija prve generacije)

Kod ovog materijala reflektirajuće folije izrađene su od trajnog materijala s uvezanim staklenim mikrokuglicama. Tanki prozirni gornji sloj sprečava kontakt staklenih mikrokuglica sa zrakom i atmosferskim uvjetima koji bi ih mogle oštetiti, štiti ih od utjecaja sunčevih zraka na smanjenje refleksije i predstavlja dio optičkog sustava materijala. U izradi prometnih znakova koriste se od 1959. godine, te se i danas primjenjuju u područjima gdje je promet slabijeg intenziteta s manjim brzinama vožnje. Sjaj reflektirajuće folije Klase I je 70 cd/lx/m²,

²¹ Prometni znakovi. <http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/> (25.5.2019.)

a jamstvo trajnosti refleksije je sedam godina²². Primjer reflektirajuće folije Klase I prikazan je na slici 3.



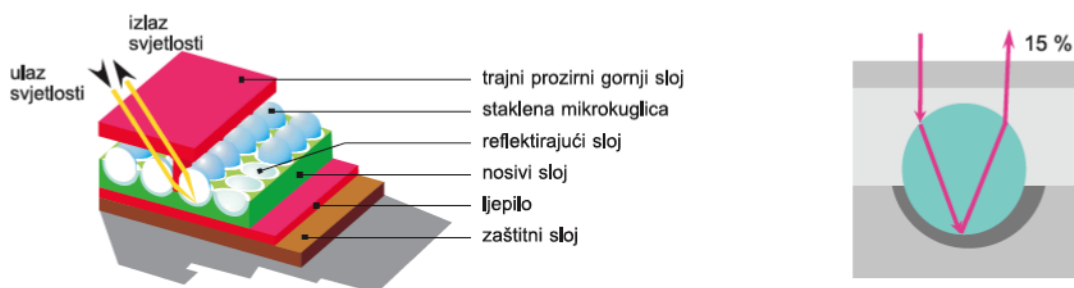
Slika 3. Struktura materijala Klase I

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/> (25.5.2019.)

b) Materijal Klase II – High Intensity Grade (folija druge generacije)

Ove reflektirajuće folije sadrže učahurene staklene mikrokuglice koje su trostruko sjajnije od novih reflektirajućih folija Klase I, dakle, pripadaju u materijale visokog sjaja. Znakovi izrađeni od folije Klase II jasno su vidljivi, čak iz širokoga kuta gledanja, te u osvijetljenoj okolini, učinkovito upozoravajući vozače na nadolazeće opasnosti na prometnicama. Kako je već ranije spomenuto, nakon deset godina korištenja na prometnicama, materijal Klase II zadržava 80 % svoje sjajnosti naspram 50 % sjajnosti koju zadržava materijal Klase I.

Kod ovog tipa reflektirajućih folija, mikrokuglice nisu ulijane u plastiku, već su nalijepljene na plastični nosač, a s gornje strane prekrivene zrakom napunjenom kapsulom, koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem. Struktura površine folije je u obliku saća, što su zapravo noseće stranice koje osiguravaju bezračni prostor ispod površinskog sloja. Sjaj ove reflektirajuće folije je 250 cd/lx/m^2 ²³. Primjer je prikazan na slici 4.



Slika 4. Struktura materijala Klase II

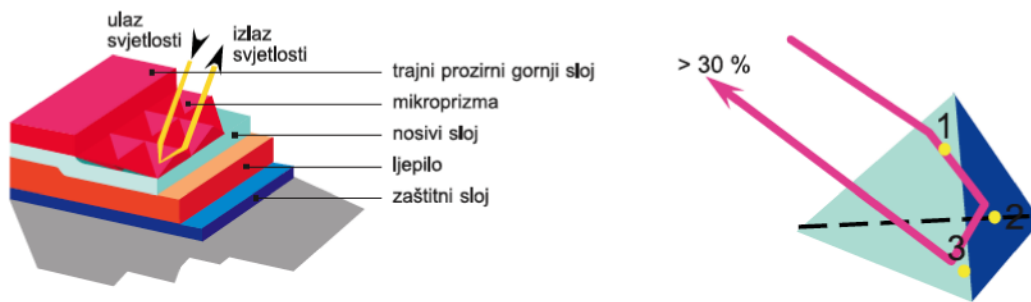
Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/> (25.5.2019.)

²² Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

²³ Ibidem

c) *Materijal Klase III – Diamond Grade (folija treće generacije)*

Materijal Klase III 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. Zbog toga vozačima na prometnicama omogućuju veću vidljivost u svim dnevnim, noćnim i različitim vremenskim uvjetima. Dopuštajući ulazne kutove svjetlosnog traka do 60 stupnjeva, ove folije pružaju veliku fleksibilnost u postavljanju znakova. Među svim trajnim folijama za izradu prometnih znakova ove folije raspolažu najsjajnijim reflektirajućim svojstvima. Primjer je prikazan na slici 5.



Slika 5. Struktura materijala Klase III

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/> (25.5.2019.)

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. Postoji više tipova ove reflektirajuće folije²⁴:

- **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, pa se zato 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, te se stoga se upotrebljava kako u gradskim uvjetima, tako i na autoputevima i magistralama. Nova mikrokubična struktura omogućava pojačanu vidljivost na svim

²⁴ Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

udaljenostima, pa se predviđa da će ova folija vrlo brzo potpuno zamijeniti VIP i LDP verzije.

Dvije su osnovne karakteristike koje se uzimaju u obzir kada se međusobno uspoređuju retroreflektirajući materijali: snaga retrorefleksije i trajnost.

a) *Snaga retrorefleksije*

Osvjetljenost odnosno retrorefleksija znaka odnosi se na jačinu odbijene svjetlosti koja se od površine vraća prema izvoru svjetlosti. Ova karakteristika se često poistovjećuje sa koeficijentom retrorefleksije. Koeficijent retrorefleksije (R_A) jest količnik dobiven dijeljenjem sjajnosti (L) s retroreflektirajućeg materijala u smjeru promatranja sa ostvarenim dolaznim osvjetljenjem (E). Koeficijent retrorefleksije izražava se u cd/lx/m^2 (kandela po luxu po metru kvadratnom)²⁵.

Formula za izračunavanje koeficijenta retrorefleksije R_A :

$$R_A = \frac{L}{E}$$

Minimalne propisane vrijednosti za pojedinu klasu materijala i boju, ovisno o ulaznom i kutu gledanja prikazane su u tablicama 1., 2. i 3.

Tablica 1. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase I (cd/lx/m^2)

Geometrija mjerenja		Boja							
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1 ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
0,2°	+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
0,33°	+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

Izvor: HRN EN 12899-1:2008, *Stalni okomiti cestovni prometni znakovi – 1. dio: Stalni znakovi (EN 12899-1:2007)*

²⁵ Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase II (cd/lx/m^2)

Geometrija mjerenja		Boja								
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1 ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zelena	tamno zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
0,2°	+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
0,33°	+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

Izvor: HRN EN 12899-1:2008, *Stalni okomiti cestovni prometni znakovi – 1. dio: Stalni znakovi (EN 12899-1:2007)*

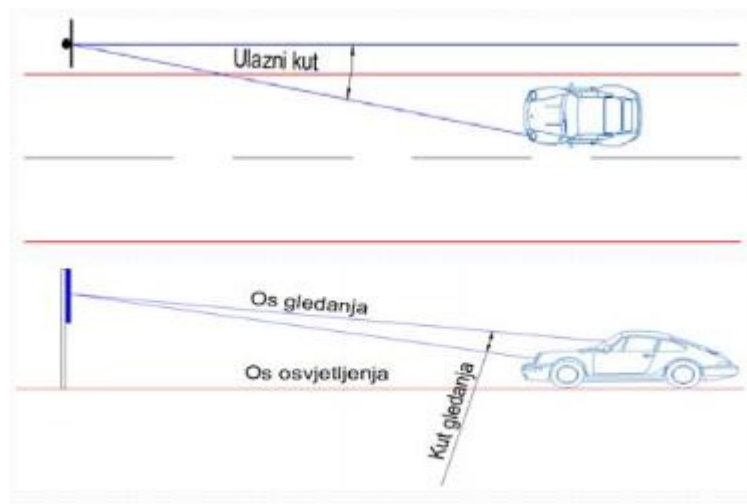
Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase III (cd/lx/m^2)

Geometrija mjerenja		Boja					
Kut gledanja α	Ulazni kut β_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: *Consiglio nazionale delle ricerche: Common understanding of assessment procedure (CUAP): Microprismatic retro-reflective sheetings, 2002.*

Snaga retrorefleksije, kao što je navedeno, ovisi i o kutu gledanja te ulaznom kutu svjetlosti. Geometrija mjerenja se donekle razlikuje ovisno o primijenjenom sustavu (europski ili američki). Američki standard propisuje mjerenja pod primjenom kuta promatranja od 0,2° i upadnog kuta od 4°, dakle, nešto manjih od europskog standarda, koji se temelji na primjeni kuta promatranja od 20' (0,33°), te upadnom kutu svjetla od 5°. Dakle, rezultate dobivene primjenom ove dvije metode nije moguće međusobno uspoređivati, pa je potrebno u praksi držati se jednog standarda i međusobno uspoređivati samo rezultate dobivene dosljednom primjenom jednog standarda.

Ulazni kut je kut između svjetlosne zrake površine znaka i linije koja se okomito odbija od površine, a određuje se geometrijom položaja vozila koje dolazi i položaja znaka uz rub ceste. S druge strane, kut gledanja je kut ulazne zrake svjetlosti i reflektirane zrake svjetlosti, odnosno kut koji se nalazi između visine očiju vozača i prednjeg svjetla vozila. Pretpostavka je da retroreflektirajući materijali reflektiranu svjetlost vraćaju prema njenom izvoru, pa bi stoga optimalni kut gledanja trebao biti nula. U praksi to nije tako zbog toga što je vozačevo oko redovito na višoj poziciji u odnosu na prednja svjetla vozila. Svjetlost koja se reflektira od retroreflektivnog materijala znaka smanjuje se povećanjem kuta gledanja, zbog toga što je kut gledanja proporcionalan udaljenosti vozila od znaka. U praksi to znači da, što je vozilo bliže prometnom znaku, to je kut gledanja veći, a povećanjem kuta gledanja se paralelno smanjuje količina reflektirane svjetlosti od retroreflektirajući prometni znak. S porastom visine vozila također raste kut gledanja, zbog toga što je položaj vozača povišen, primjerice ako se vozač nalazi u teretnom kamionu ili nekom drugom vozilu višem od osobnog automobila²⁶. Na slici 6. grafički su prikazani kut gledanja i ulazni kut u odnosu na prometni znak.



Slika 6. Ulazni kut u odnosu na prometni znak i kut gledanja

Izvor: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

b) Trajnost

Trajnost materijala igra značajnu ulogu pri odabiru materijala jer pridonosi njegovoj kvaliteti. Materijali s većim koeficijentom retrorefleksije i većom trajnošću su u početku skuplji, no dugoročno su isplativiji jer njihov dug vijek trajanja opravdava njihovo korištenje i

²⁶ Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti, Fakultet prometnih znanosti, Zgreb, 2003.

raspoređuje troškove na veći broj godina. Primjerice, materijal Klase I u jednakim uvjetima korištenja zadržava 50% svoje osvijetljenosti, naspram 80 % osvijetljenosti koju zadržava materijal Klase II pod istim uvjetima, u istom vremenskom razdoblju²⁷.

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. S funkcionalne strane, korisnik prometnog sustava bi trebao moći prepoznati informaciju koju prenosi signalizacija i prije nego sama poruka bude čitljiva, te dobivenu informaciju primijeniti na situaciju u kojoj se nalazi.

Kako je prethodno navedeno, zahtjevi koje funkcionalan prometni znak mora ispuniti su²⁸:

1. Zahtjev čitljivosti – primjenom projektiranih normativa, elementi prometnog znaka moraju biti dobro i lako čitljivi.
2. Zahtjev razumljivosti – znakovi moraju biti jednostavno prezentirani i koncipirani kako bi bili podjednako razumljivi svim kategorijama sudionika u prometu.
3. Zahtjev uniformnosti – prema ovom zahtjevu, očekuje se da će sva mjesta i funkcije sa sličnim obilježjima biti na isti način opremljena prometnom signalizacijom.
4. Zahtjev jednostavnosti – detalji prometne signalizacije trebali bi biti na onoj razini koja omogućava punu efikasnost signalizacije, što znači da u izradi treba izbjegavati poruke, odnosno simbole, koje sudionici prometnog sustava neće moći shvatiti u kratkom vremenu koje im je na raspolaganju za dekodiranje poruke.
5. Zahtjev kontinuiranosti – ovaj se zahtjev odnosi na kontinuiranu informiranost sudionika u prometu podjednako na svim dijelovima prometnice kojom se kreće.
6. Zahtjev uočljivosti – prometna signalizacija trebala bi biti jasno vidljiva u svim vremenskim uvjetima, te unutar svog neposrednog okruženja (drveće, rasvjetni stupovi, druga signalizacija). Ovaj zahtjev ovisi i o načinu samog održavanja signalizacije u razdoblju njenog korištenja.
7. Zahtjev konstantnosti – prometni znakovi trebali bi biti jednako dobro vidljivi kako danju, tako i noću, te bi trebali zadržati isti izgled što se tiče oblika, veličine i boje.

²⁷ Stanić, B., Zdravković, P.S., Vukanović, S., Milosavljević, S.: Elementi saobraćajnog projektovanja – vertikalna signalizacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2003.

²⁸ Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

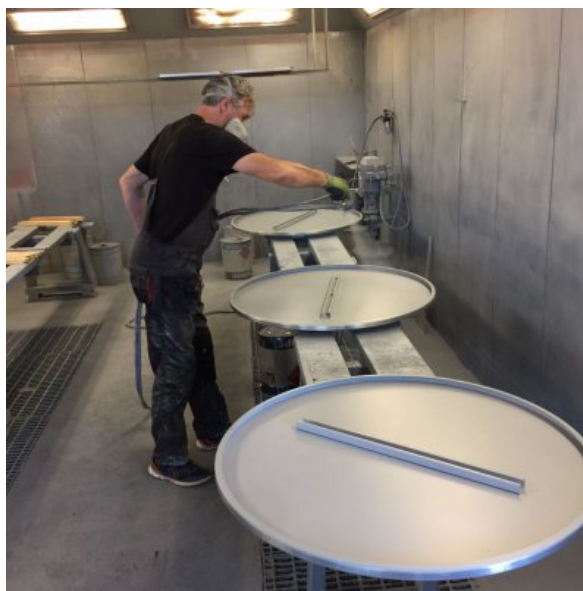
Da bi se zadovoljili svi ovi složeni zahtjevi u izradi prometnih znakova, potrebno je osigurati punu primjenu znanstvenih spoznaja iz područja prometa, te cijelog niza drugih znanstvenih disciplina, kako bi se ispunili osnovni estetski, ekonomski i ekološki zahtjevi, te standardizirali postupci projektiranja i izvođenja, odnosno izrade prometne signalizacije²⁹.

Izrada prometnih znakova je proces koji se sastoji od nekoliko nezavisnih aktivnosti. Pojedini elementi vertikalne signalizacije također moraju zadovoljavati određene tehničke uvjete. Za proizvodnju visokokvalitetnog prometnog znaka od izuzetne je važnosti što je više moguće slijediti propisane korake za svaki pojedini proces u proizvodnji. Kako bi prometni znakovi bili važeći, prilikom njihove izrade potrebno je poštivati zakonske odredbe, te hrvatske i europske norme o vrsti, značenju, obliku, boji, veličini i načinu postavljanja pojedinih znakova.

U procesu proizvodnje, jedan od najbitnijih koraka je priprema podloge. U taj korak spadaju aktivnosti rezanja aluminijske, čišćenje, bojanje poledine i priprema elemenata za ovjes. Neki proizvođači aluminijske isporučuju aluminijsku već izrezanu prema naručenim mjerama, dok neki proizvođači prometnih znakova rezanje obavljaju u vlastitom pogonu. Cilj rezanja aluminijske je odstraniti oštre rubove, te saviti rubne dijelove podloge. Nakon rezanja aluminijske, slijedi čišćenje znaka i bojanje njegove stražnje strane.

Prije lijepljenja retroreflektirajuće folije nužno je dobro očistiti znak, prvo kako bi folija dobro prijanjala i osigurao se kvalitetan proizvod, te drugo, kako bi se njegov životni vijek maksimalno produljio. Kako bi se izbjeglo blještanje aluminijske površine stražnjeg dijela znaka koje bi moglo smetati vozačima koji dolaze iz suprotnog smjera, stražnja strana znaka boja se u sivo (Slika 7.).

²⁹ Vertikalna signalizacija. <http://putprojekt.com/wp-content/uploads/2016/05/Vertikalna-signalizacija.pdf> (25.5.2019.)



Slika 7. Bojanje stražnje strane znaka

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/store/newsflash/proizvodnja> (25.5.2019.)

Nakon čišćenja i bojanja stražnje strane, prednja se strana znaka brusi, čime se ulazi u zadnju fazu pripreme podloge znaka. Hrapavost površine koja se dobiva brušenjem ključna je za kvalitetno lijepljenje reflektirajuće folije.

Prije samog lijepljenja, folija i podložni materijal moraju se kondicionirati na radnoj temperaturi najmanje 12 sati. Također je bitno obratiti pažnju na njeno pravilno skladištenje. Folija se treba čuvati u suhoj i hladnoj prostoriji, na temperaturi od 18 do 24° i 30 % do 50 % relativne vlage u zraku. Na folije je potrebno otisnuti odgovarajući prometni znak, što se vrši pomoću računala i printera velikih dimenzija. Nakon otiskivanja slijedi rezanje, metodom koja ovisi o veličini, količini, obliku i drugim parametrima. Općenito, postoje ručne (škare, žileti, noževi i rezači papira), te automatske ili računalne metode rezanja. Danas u proizvodnji prometnih znakova prevladavaju metode automatskog rezanja, zbog prednosti nad ručnim metodama u smislu povećanja produktivnosti, preciznosti, brzine, te uštede vremena i materijala. Bez obzira na metodu, foliju uvijek treba rezati s lica, te rezati jedan po jedan arak. Na kraju se isprintana folija laminira, odnosno plastificira. Zaštitna laminacija služi kao zaštita od oštećenja i UV zračenja, te omogućava lakše održavanje i čišćenje.

Kako bi se postigla dugotrajnost znaka, pri lijepljenju folije na prednju površinu prometnog znaka, potrebno je kvalitetno pripremiti površinu za lijepljenje. Površina ne smije sadržavati masnoću, prašinu, nepravilnu strukturu (ogrebotine), hrđu ili ostatke ulja.

Metode kojima se utvrđuje zadovoljava li podloga sve zahtjeve su:

1. Vizualna metoda – najnepouzdanija a ipak najčešće korištena metoda;
2. Test trganjem trake;
3. Test vodom.

Podloga se priprema za lijepljenje mehaničkim čišćenjem, brušenjem ostataka hrđe i korištenjem vodene otopine za otklanjanje prašine, masnoće i ulja. Potom se površina suši mekim krpama koje ne ostavljaju vlakna. Ovisno o veličini znaka, folija se na znak može lijepiti ručno i strojno. Manji znakovi, poput dopunskih ploča, lijepe se ručno, dok se veći znakovi lijepe strojno. Kod strojnog lijepljenja folije, znak se postavlja u plastičnu šablonu, nakon čega se stavlja folija kojoj se skida zaštitni sloj. Provlačenjem znaka i folije kroz stroj, uz pomoć temperature i prešanja postiže se kvalitetno prijanjanje folije na znak i njegova dugovječnost u upotrebi.

Veličina prometnih znakova određena je kategorijom ceste na kojoj je prometni znak postavljen. Pravilnikom o prometnim znakovima signalizaciji i opremi na cestama³⁰ propisane su dimenzije znakova s obzirom na mjesto njihova postavljanja. Veličine prometnih znakova definirane su, kako je vidljivo iz tablice 4., parametrima dužine, širine i polumjera.

Tablica 4. Osnovne dimenzije prometnih znakova

Mjesto postavljanja	OBLIK		
	Istostranični 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: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. god. 2014/2015.

Prometni znakovi postavljaju se obično s desne strane ceste, uz kolnik, u smjeru kretanja vozila, na način da ne ometaju kretanje vozila i pješaka. Mogu se postaviti i na lijevoj, suprotnoj strani ceste ili iznad kolnika ako postoji opasnost da ga sudionici prometnog sustava neće na vrijeme primijetiti radi nepreglednosti ceste, gustoće prometa ili drugih razloga.

³⁰ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

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 m³¹.

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. Točna visina i položaj prometnog znaka ovise o uvjetima na dionici ceste, ali pravilo je da se postavljaju tako da ne ugrožavaju kretanje pješaka i da ih prometala i pješaci 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 m³².

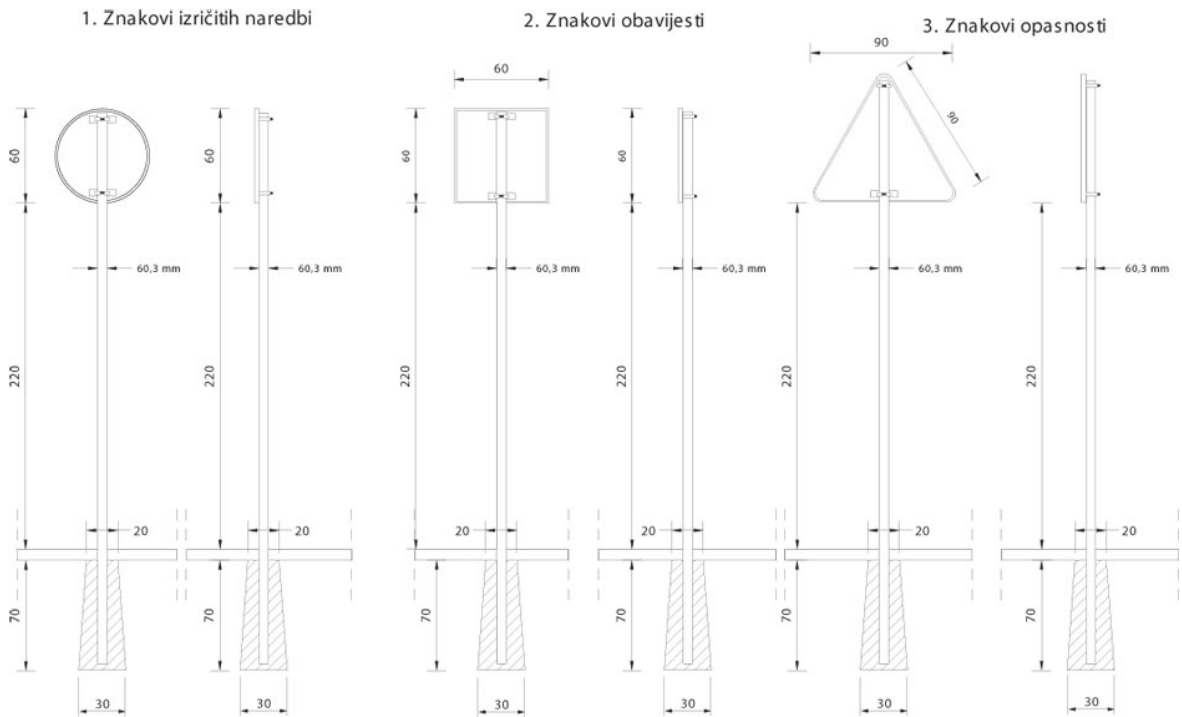
Na isti se stup mogu postaviti najviše dva prometna znaka, koji moraju biti istih reflektirajućih svojstava. Kako je dopunska ploča sastavni dio prometnog znaka, maksimalno na jedan stup mogu se postaviti dva znaka i dvije dopunske ploče. Prilikom postavljanja prometni znak treba zakrenuti za 3-5° u 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 stupca³³.

Primjer postavljanja prometnih znakova prikazan je na slici 8.

³¹ NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)

³² Ibidem

³³ Ibidem



Slika 8. Grafički prikaz pravilnog postavljanja prometnih znakova

Izvor: <http://www.signalizacija.hr/store/proizvodnja-i-usluge/vertikalna-prometna-signalizacija> (26.5.2019.)

4. DEFINIRANJE ČIMBENIKA KOJI UTJEČU NA VIDLJIVOST I TRAJNOST PROMETNIH ZNAKOVA

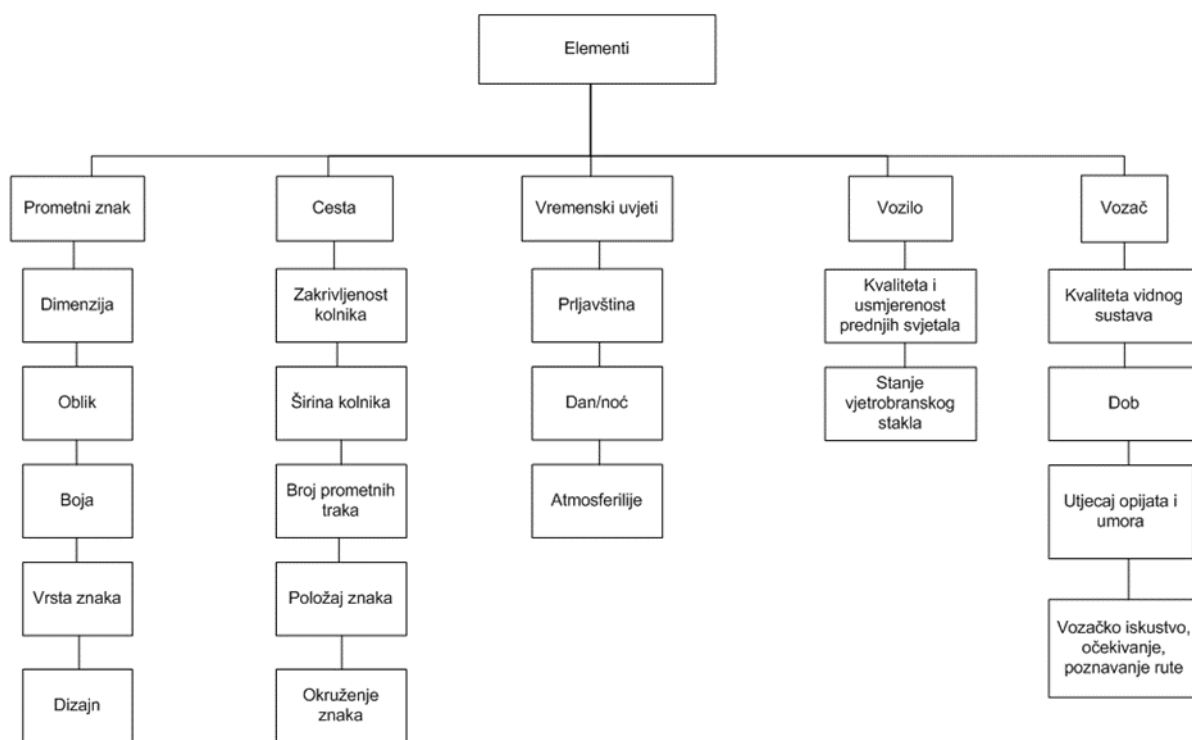
Kao što je već navedeno, prometni znakovi obavještavaju vozače o stanju na cestama, opasnostima, ograničenjima, te drugim informacijama potrebnim za njihovo sigurno kretanje cestama i sudjelovanje u prometnom sustavu. Vizualna informacija prometnih znakova daje sudionicima u prometu osnovne upute koje se tiču odabira rute, sigurnosti na raskrižjima, upozorenja vezanih uz fizičke zapreke na cesti i označavanja sigurnog pravca putovanja. Dokazano je da kvalitetna prometna signalizacija utječe na smanjenje broja prometnih nesreća, tako što čini sudionike svjesnima potencijalne opasnosti i upućuje ih na najbolji postupak u datoj situaciji.

Da bi prometni znakovi mogli izvršavati svoju informacijsku funkciju oni moraju biti vidljivi u svim prometnim i vremenskim uvjetima. Prijenos informacija sudionicima u prometu putem prometnih znakova ovisi o kvaliteti prometnog znaka, izraženoj putem snage retrorefleksije. Kod izrade prometnog znaka, ovisno za koju kategoriju cestovne prometnice je predviđen, treba primijeniti retroreflektirajuću foliju određenoga tipa i određene klase retrorefleksije koja mora imati propisanu jačinu retrorefleksije izražene u cd/lx/m^2 za pojedinu boju. Osim toga, važan je i položaj, odnosno lokacija znaka u odnosu na smjer kretanja vozila. Pravovremeno uočavanje prometnog znaka značajno utječe na sigurno odvijanje prometa. Minimalna vidljivost koja se očekuje od prometnog znaka uključuje minimalnu udaljenost s koje vozač može pročitati znak i još uvijek na vrijeme reagirati potrebnom akcijom.

4.1. Čimbenici percepcije prometnog znaka

Čimbenici koji utječu na percepciju znaka su: osobine prometnog znaka, osobine vozila, osobine vozača, osobine ceste i njene okoline, te vremenski uvjeti vidljivosti. 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 mjesecima³⁴. Grafički prikaz čimbenika vidljivosti prometnog znaka prikazan je na slici 9.



Slika 9. Elementi utjecaja na vidljivost prometnog znaka

Izvor: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. god. 2018/2019.

Čimbenici vezani uz prometni znak odnose se na dimenzije i oblik prometnog znaka, vrstu, boju, dizajn (jednostavnost upotrijebljenih simbola ili teksta) te kvalitetu retroreflektirajućih materijala od kojih je izrađen. Znakovi većih dimenzija nužno imaju bolju percepciju u dnevnim uvjetima jer su veće površine i uočljiviji s većih udaljenosti, ali i u uvjetima noćne vožnje, budući da su izrađeni od veće količine retroreflektirajućeg materijala. Vidljiviji su oni znakovi koji su svjetlije boje naspram tamnijih, što je posebno značajno tijekom noćne vožnje, budući da tamna boja znaka znači da manje svjetla dolazi do retroreflektirajućih elemenata, čime se smanjuje kontrast znaka s okolinom i njegova vidljivost. Što se tiče karakteristike vrste znaka, ona je važna u sprezi s ponašanjem vozača tijekom vožnje. Vozač fizički ne može biti u potpunosti koncentriran cijelo vrijeme vožnje te ulazi u određenoj mjeri u automatizirano stanje, posebno ako se nalazi na dionici puta koji mu je dobro poznat. U tim slučajevima, znakovi koji nisu od direktne važnosti se ne percipiraju ili se slabije percipiraju. Na pravovremeno i točno percipiranje prometnog znaka utječe i dizajn znaka. Povećanjem količine informacija na znaku, odnosno povećanjem kompleksnosti znaka,

³⁴ Legac, I. i sur.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

povećava se i vrijeme koje je vozačima potrebno da ga pravilno shvate. Veličina slova u tekstu znaka također je od značajnog utjecaja – premalena slova nisu čitljiva s veće udaljenosti, prevelika s manje. Ovi nalazi utjecali su na zakonsku regulativu postavljanja znakova u Hrvatskoj, pa prema tome, najmanje visine postavljanja prometnih znakova ovise o brzini vožnje (kategoriji ceste s određenim brzinskim ograničenjem) i mjestu postavljanja znaka, te iznose:

- a) za autoceste, brze ceste i ceste namijenjene isključivo za promet motornih vozila:
 - znak postavljen iznad kolnika 35 cm
 - znak postavljen sa strane kolnika 28 cm
- b) za priključne ceste na autoceste ili brze ceste: 21 cm (iznimno 17,5 cm)
- c) za državne i županijske ceste te višetrakne gradske ulice: 17,5 cm (iznimno 14,0 ili 10,5 cm)
- d) za sve ostale ceste i ulice: 10,5 cm.

U noćnim uvjetima, jednim od najtežih i najsloženijih uvjeta vožnje radi smanjene količine dostupnih vizualnih informacija i fizičkih ograničenja noćne percepcije sudionika u prometu, najvažniji čimbenik prometnog znaka je kvaliteta retroreflektirajućih materijala za izradu prometnog znaka. Kvalitetniji materijal, onaj više Klase, posjeduje veći koeficijent retrorefleksije i vraća veću količinu svjetlosti pri većim ulaznim kutovima, što u konačnici znači bolju i bržu percepciju znaka.

Pod čimbenicima ceste i njene okoline podrazumijeva se geometrija ceste – zakrivljenost kolnika, širina kolnika i broj prometnih traka – zatim pozicioniranje znaka i okruženje ceste. Veća zakrivljenost kolnika i zavoji na cesti smanjuju količinu vremena koja je vozačima potrebna za percepciju i razumijevanje znaka, budući da zakrivljenost ceste smanjuje udaljenost s koje se znak primjećuje. Širina kolnika i broj prometnih traka utječu na smještanje prometnog znaka u smislu udaljenosti od kolnika i strane kolnika na koju se znak postavlja. Pravilo je da se znak na užim cestama postavlja na većoj udaljenosti od prometne trake, dok se na cestama s više prometnih traka znakovi postavljaju s obje strane ceste, kako bi ih mogli uočiti svi sudionici, a ne da dođe do zaklanjanja radi prometa u drugim trakama. Okruženje ceste veoma je važno za percepciju znaka. Ceste u urbanim područjima nalaze se u visoko vizualno kompleksnim okruženjima, što znači da su okružene velikom količinom informacija na malom području (reklamni panoi, kompleksnost naselja i arhitekture, veće kretanje na kolniku i pločniku, i tako dalje). U tim uvjetima vozač je perceptivno preopterećen, te dio informacija iz okoline ne stigne ni percipirati ni obraditi, a ni zapaziti

značajan dio elemenata ceste, budući da mu je pažnja na distraktivnim elementima okoline. U takvim uvjetima od ključne je važnosti pravilna pozicija i isticanje prometnih znakova, kako bi ih vozači mogli uopće zapaziti. U ruralnim sredinama problem mogu predstavljati zarasli rubovi ceste, grane i drveće koji smetaju i zaklanjaju prometne znakove, te na taj način smanjuju njihovu pravovremenu percepciju.

Utjecaj čimbenika vozila na percepciju prometnih znakova odnosi se na kvalitetu i pravilno usmjerenje svjetala vozila te na čistoću vjetrobranskog stakla. Kvaliteta svjetala ovisi o snazi lampe mjerenoj u watima, tipu lampe, položaju spiralne niti u lampi u slučaju da postoji, konstrukciji i kvaliteti odraza reflektora, usmjerenosti svjetla i, na kraju, čistoći samog svjetlosnog elementa. Europska je praksa da intenzivno područje snopa u donjoj polovici kratkih svjetala ima oštru granicu po horizontalnoj osi u odnosu na gornji dio snopa koji daje mnogo manje svjetlosti, što osigurava osvjetljavanje prema cesti i izbjegavanje zaslepljivanja vozača iz suprotnog smjera i pješaka u dometu gornjeg dijela svjetlosnog snopa. U SAD-u je situacija drugačija i razina osvjetljenja u gornjem snopu je znatno veća, a razgraničenje mekše, pa je osvjetljenje u smjeru prometnog znaka mnogo veće. S druge strane, dolazi do jačeg zaslepljivanja drugih sudionika u prometu. Čistoća svjetala i vjetrobranskog stakla također utječu na vidljivost preko distribucije svjetla, odnosno utjecaja na retroreflektiranu svjetlost. Čestice nečistoće na vjetrobranskom staklu raspršuju svjetlost reflektiranu od prometnih znakova i time smanjuju njihovu vidljivost. Isti negativni utjecaj na prepoznatljivost i vidljivost prometnih znakova imaju i zatamnjena stakla. Na kraju, problem u percepciji mogu predstavljati i dodatni sadržaji unutar vozila, kao što su navigacija, radio, TV, mobilni i auto-telefoni i slično, tako što odvlače pažnju vozača s elemenata ceste.

Sam vozač je također bitan čimbenik u percepciji prometnog znaka. Psihofizičke karakteristike vozača koje igraju ulogu u percepciji elemenata ceste su: kvaliteta vidnog sustava osobe, dob, umor, korištenje lijekova ili zloupotreba opijata, vozačko iskustvo, poznatost rute kojom se vozač kreće i njegova očekivanja. Kvaliteta vidnog sustava vozača odnosi se na oštrinu vida, mogućnost adaptacije i akomodacije, raspoznavanja boja i kontrasta, percepciju dubine i brzine kretanja objekta te brzine reakcije vizualnog sustava. Oštrina vida je osnovni pokazatelj kvalitete vida, te je direktno povezana s udaljenošću s koje se može pročitati prometni znak, a nešto manje s udaljenošću uočavanja prometnog znaka. Oštrina vida se redovito testira na liječničkom pregledu za izdavanje ili produljivanje vozačke dozvole, i to obično jednostavnim testovima kao što je Snellenova ploča sa slovima. Dob vozača također utječe na kvalitetu vida, budući da čovjekov vidni sustav degradira sa

povećanjem životne dobi. Istraživanja pokazuju da nakon 20. godine života osoba svakih 13 godina zahtijeva dva puta više svjetlosti da bi jednako vidjela. S dobi se smanjuje oštrina vida vozača te mu se sužava i skraćuje vidno polje za oko 10 do 15°, a umanjuje se i kvaliteta percepcije boja, tekstura i kontrasta u svim uvjetima vožnje, a posebno u uvjetima smanjene vidljivosti jer je tada količina dostupnog svjetla značajno smanjena. Uz sve navedeno, s dobi degradiraju i druge osobine vidnog sustava, kao što su adaptacija, percepcija dubine, detekcija pokreta i procjena brzine kretanja objekata, brzina reakcije vizualnog sustava i slično. Stariji vozači te nedostatke u određenoj mjeri nadoknađuju iskustvom, tako što percipiraju elemente nužne za sigurnost unutar centralnog vidnog polja usmjerenog na što veću udaljenost i time rasterećuju svoj perceptivni sustav. Mladi i manjeiskusni vozači imaju aktivnije oko i percipiraju veći broj elemenata iz okoline, kako bi povećali točnost percepcije i sigurnost vožnje. Sa iskustvom je povezano i očekivanje vozača, odnosno motivacija. Ono utječe na smjer percepcije i filtriranje informacija koje vozač obrađuje. Što je ruta kojom se vozač kreće poznatija i učestalija, to se smanjuje percepcija pojedinih elemenata ceste, budući da su oni svi vozaču bar donekle poznati, te se vožnja više automatizira. Ako dođe do određenih trajnih ili privremenih promjena regulacije prometa na vozaču poznatim dionicama, veća je mogućnost za konfliktne i nesigurne situacije. Tijekom dugih i monotonih putovanja često dolazi do pojave umora kod vozača. Umor smanjuje koncentraciju, osviještenost i pažnju, te usporava kognitivne i motoričke funkcije, te aktivnost vidnog sustava vozača i produžuje ukupno vrijeme percepcije i reakcije, što sve negativno utječe na percepciju. Konzumacija lijekova, alkohola i opijata veoma negativno utječe na percepciju i sigurnost u prometu, budući da narušavaju funkcioniranje vidnog sustava. Porastom koncentracije alkohola u krvi vid postaje zamućeniji, vidno polje se skraćuje i sužuje, usporeniji su pokreti oka, slika se udvostručuje, teže se percipira dubina i razmak, smanjuje se koncentracija i pažnja i narušavaju motoričke funkcije, posebno koordinacija pokreta, a sve zajedno negativno utječe na cjelokupni proces percepcije okoline i brzinu reakcije u konfliktnim situacijama.

Vremenski uvjeti vidljivosti odnose se na utjecaj atmosferskih prilika, dana i noći te prljavštine na znaku. Svaki od ovih čimbenika bit će detaljnije objašnjen u narednom poglavlju.

4.2. Vremenski uvjeti i njihov utjecaj na vidljivost prometnih znakova

Vremenski uvjeti vidljivosti prometnih znakova odnose se na utjecaj atmosferilija, odnosno atmosferskih prilika, dana i noći te prljavštine na znaku, kako je već prethodno spomenuto. Atmosferilije su magla, kiša i rosa, što su uvjeti u kojima se svjetlo djelomično

apsorbira i raspršuje. U tom slučaju, manja količina svjetla se reflektira nazad prema vozaču jer te navedene pojave imaju učinak raspršivanja svjetlosti, zbog čega retroreflektirajući materijali primaju manje osvjetljenja nego u uvjetima kada je vedro i suho. Također, retroreflektirano svjetlo se vraća kroz iste atmosferske uvjete i ponovo dolazi do raspršivanja. U uvjetima kiše, magle i djelomično rose dolazi i do drugog negativnog učinka, a to je pojava zrcalne refleksije. U tom se, pak, slučaju, stvara bljesak vozačima i umanjuje njihova sposobnost percepcije elemenata ceste.

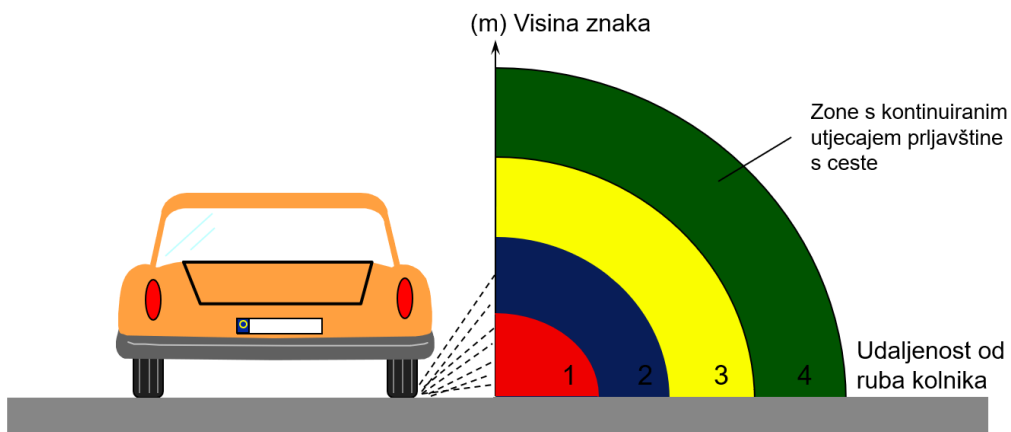
Promjena dana i noći također utječe na vidljivost prometnih znakova. Tijekom dana ima dovoljno sunčeve svjetlosti, te su vidna oštrina i jasnoća, percepcija boja, oblika i tekstura zadovoljavajuće, a vidno polje ima punu duljinu i širinu. Dakle, vidljivost je zadovoljavajuća i ne predstavlja problem. U uvjetima noćne vožnje, vidno polje vozača je skraćeno i suženo, te je smanjena mogućnost percepcije boja, oblika i tekstura. Vidljivost prometnih znakova u takvim uvjetima ovisi isključivo o njihovim retroreflektirajućim karakteristikama. Na slici 10. prikazano je kako se mijenja vidljivost prometnih znakova ovisno o danu i noći. Ako znak posjeduje zadovoljavajuće retroreflektirajuće karakteristike, njegova će vidljivost noću također biti zadovoljavajuća, te će kontrast s okolinom biti dovoljno velik da ga vozač pravovremeno uoči i pravilno razumije.



Slika 10. Vidljivost prometnih znakova po danu i noći

Izvor: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

Koliko će i kakvo biti onečišćenje prometnog znaka ovisi o mjestu postavljanja, uvjetima okoline u kojoj je znak postavljen, te visini i udaljenosti od kolnika. Onečišćenje prometnih znakova događa se zbog taloženja čestica iz zraka, ali i zapljuskivanjem vozilima. Niži znakovi i oni koji su postavljeni bliže rubu ceste bit će, dakako, izloženiji prljanju, udarima kamenja i ostalih nečistoća s ceste, a to ih može u određenoj mjeri oštetiti i smanjiti im retrorefleksiju, pa i smanjiti životni vijek. Kiša skida određenu količinu prljavštine sa znakova, a variranje stupnja onečišćenja znaka tijekom godine najveće je zimi, kada se izmjenjuju ciklusi smrzavanja (zadržavanja čestica prljavštine pod slojem leda) i otapanja (ispiranja prljavštine). Teoretske zone utjecaja prljavštine na prometni znak prikazane su na slici 11.



Slika 11. Prikaz teoretskih zona utjecaja prljavštine na prometni znak

Izvor: Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2018./2019.

Na kraju, važno je spomenuti utjecaj sunčeve svjetlosti i ultraljubičastog (UV) zračenja na degradaciju transparentnosti retroreflektirajućih materijala, te na izbljeđivanje pigmenta boja koje su korištene na znaku. To je također važan čimbenik koji smanjuje vidljivost znaka, a što je posebno značajno u uvjetima smanjene vidljivosti.

5. OBRADA PRIKUPLJENIH PODATAKA O STANJU PROMETNIH ZNAKOVA

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. Prikupljeni su podaci o sljedećim karakteristikama:

- Županija
- Šifra znaka
- Zadovoljava li znak ili ne
- Klasa retroreflektirajuće folije
- Vrsta retrorefleksije
- Dimenzije znaka
- Proizvođač znaka
- Godina proizvodnje
- Visina znaka
- Udaljenost od ruba
- Pozicija znaka
- Orijehtacija znaka
- Kut znaka
- Boja znaka (bijela, žuta, crvena, zelena, tamnozeleno, plava, smeđa)

Što se tiče mjerenja retrorefleksije prometnih znakova, ona se vrši ručnim retroreflektometrom tako da se ispita svaka boja zastupljena na znaku osim crne. Kriteriji koji spadaju u ispitivanje retrorefleksije su: uočljivost sa daljine s obzirom na okruženje znaka, boje znaka (jesu li nejasne, izbljeđene i nedvojbene), jasnoća i čitljivost simbola, mrlje ili druga oštećenja koja odvrataju pozornost s poruke i umanjuju reflektiranje svjetlosti od površine znaka s udaljenosti s koje se znak mora moći čitati. Sve navedene kriterije moguće je ispitati vizualnim pregledom noću, ali veoma je bitno također i izmjeriti retrorefleksivnost i odrediti vrstu i točnu lokaciju znaka. Nakon toga sastavlja se zapisnik na temelju koga se određuje da li je stanje znaka zadovoljavajuće ili ga je potrebno zamijeniti.

Kvalitetu znaka poželjno je provjeravati noću zbog vizualnih nedostataka koji danju možda ne bi bili vidljivi, osim u slučaju da se znakovi provjeravaju prijenosnim retroreflektometrima.

Instrumenti koji se koriste u terenskim mjerenjima retrorefleksivnosti su prijenosni retroreflektometri s vlastitim izvorom svjetlosti, te fotoreceptor. Kako bi se onemogućio utjecaj dnevne svjetlosti na rezultate mjerenja, pri mjerenju ti se instrumenti postavljaju na površinu znaka. Primjer načina ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova prikazan je na slici 12.

Mjerenja se, radi veće objektivnosti, vrše dva ili više puta posebno za svaki znak. Izvori svjetlosti takvih instrumenata trebali bi odgovarati Standardnom izvoru A prema CIE-u, a spektralna osjetljivost bi trebala odgovarati Standardnom fotooptičkom promatraču prema CIE-u. Geometrija bi trebala odgovarati prethodno navedenim vrijednostima europskog standarda mjerenja, citiranima u nacionalnim specifikacijama, odnosno kutom gledanja od $0,33^\circ$ i ulaznim kutom od 5° . Budući da instrumenti rade na metodi supstitucije kalibracije, potrebno ih je redovito recalibrirati da bi se osigurala pouzdanost i objektivnost izmjerenih rezultata. Pogodni su za terensku upotrebu, ali zbog opsežnosti ispitivanja i velikog broja znakova koje je potrebno pregledati, ispitivanja se uglavnom ne provode takvim instrumentima, već se koriste metode popisivanja znakova po geografskim lokalitetima ili nekim drugim karakteristikama, kao što su trasa, vrsta znaka i slično.



Slika 12. Ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova

Izvor: https://www.roadtraffic-technology.com/contractors/road_marking/deltaol/pressreleases/pressretrosign-grx-retroreflectometer/ (25.5.2019.)

Uz navedene parametre, prikupljeni su i podaci o klimatskim uvjetima u pojedinoj županiji, vezano uz cilj i svrhu rada. Ti parametri su sljedeći:

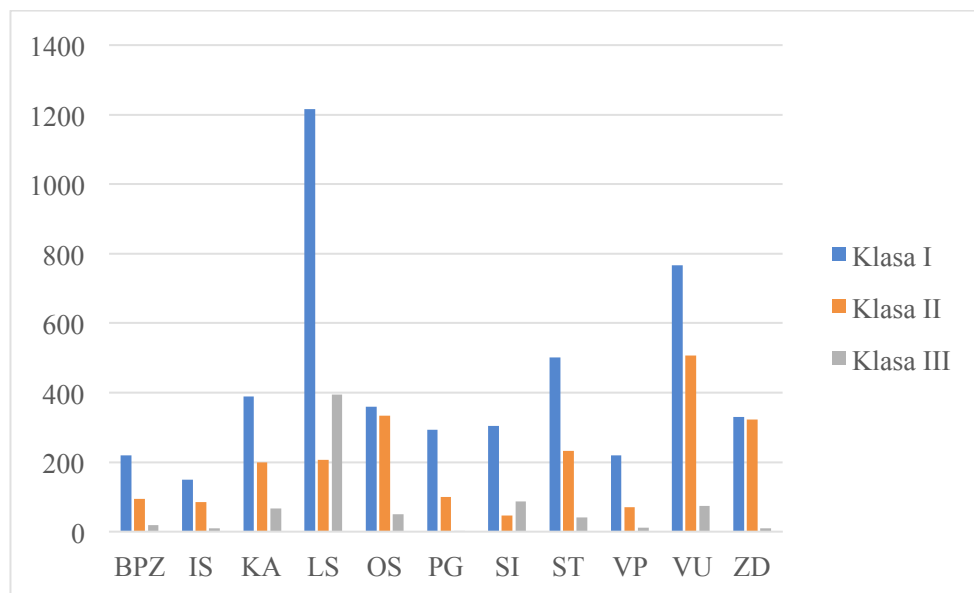
- središnja godišnja oblačnost
- srednji godišnji broj oblačnih dana
- srednji godišnji broj vedrih dana
- srednja godišnja količina oborina

- srednji godišnji broj dana s kišom
- srednji godišnji broj dana sa snijegom
- srednja godišnja temperatura zraka
- maksimalna godišnja temperatura
- minimalna godišnja temperatura
- globalno zračenje

Ukupno je analizirano 7 710 prometnih znakova od kojih je njih najviše, 4 749 izrađeno od retroreflektirajućeg materijala klase I, njih 2 199 od materijala klase II, te njih 762 od materijala klase III kao što je prikazano u tablici 5. Grafički su isti podaci prikazani u Grafikonu 1.

Tablica 5. Popis analiziranih znakova po klasama retroreflektirajuće folije i županijama

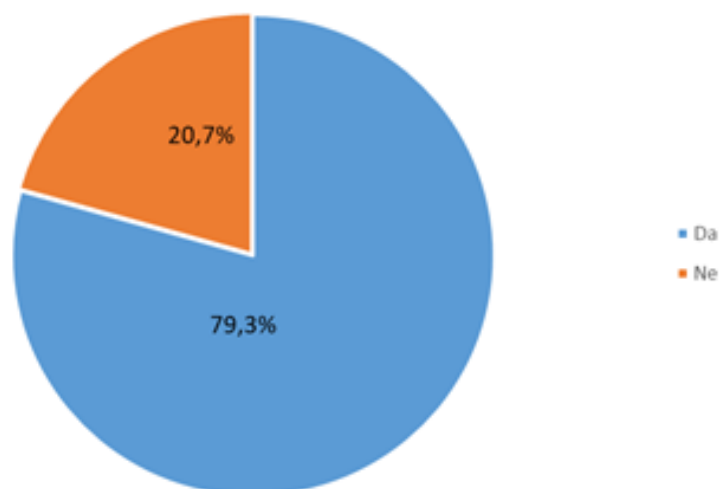
ŽUPANIJA	Klasa I	Klasa II	Klasa III	Ukupno
Brodsko - posavska	219	95	18	332
Istarska	149	86	9	244
Karlovačka	389	200	66	655
Ličko – senjska	1 216	207	394	1 817
Osječko - baranjska	360	333	50	743
Primorsko - goranska	294	100	2	396
Splitsko - dalmatinska	304	46	87	775
Šibensko - kninska	501	233	41	437
Virovitičko - podravska	219	70	11	300
Vukovarsko - srijemska	767	507	74	1 348
Zadarska	331	322	10	663
UKUPNO	4 749	2 199	762	7 710



Grafikon 1. Raspodjele prometnih znakova po klasama i županijama

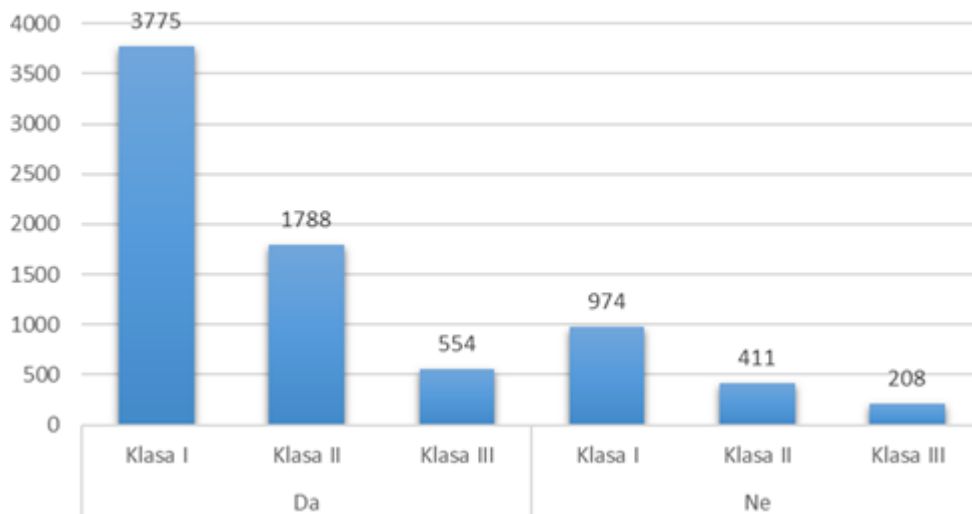
Mjerenje retrorefleksije obrađenih znakova izvedeno je sukladno normi HRN 12899-1 ručnim retroreflektometrom marke i tipa Zehntner ZRS 6060, prema europskom standardu, što podrazumijeva ispitivanje pod kutom gledanja od $0,33^\circ$ ($20'$) i ulaznim kutom svjetla od 5° .

Prema propisanim koeficijentima retrorefleksije, iz grafikona 2. vidi se da 79,3 % znakova zadovoljava provjeru, a 20,7 % ne zadovoljava, odnosno kako od 7 710 ukupno provjerenih znakova 6 117 zadovoljava propisane kriterije, a 1 593 ne zadovoljava minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije.



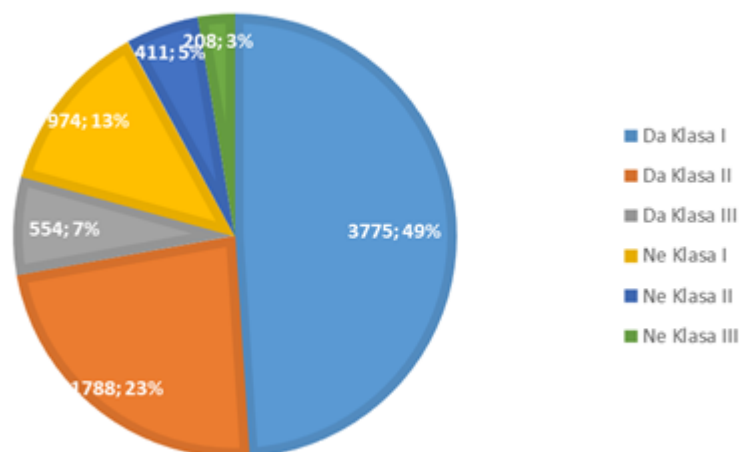
Grafikon 2. Broj znakova koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju provjeru sa pridruženim postotcima od ukupnog broja

Udio prometnih znakova s obzirom na zadovoljavanje propisanih vrijednosti retrorefleksije, po klasama prometnih znakova prikazan je grafikonom 3. U promatranom uzorku, 974 znakova Klase I nije udovoljavalo propisanim vrijednostima retrorefleksije, 411 Klase II te kod Klase III 208 promatranih znakova nije zadovoljilo propisane vrijednosti.



Grafikon 3. Broj znakova koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju prema klasama retroreflektirajuće folije

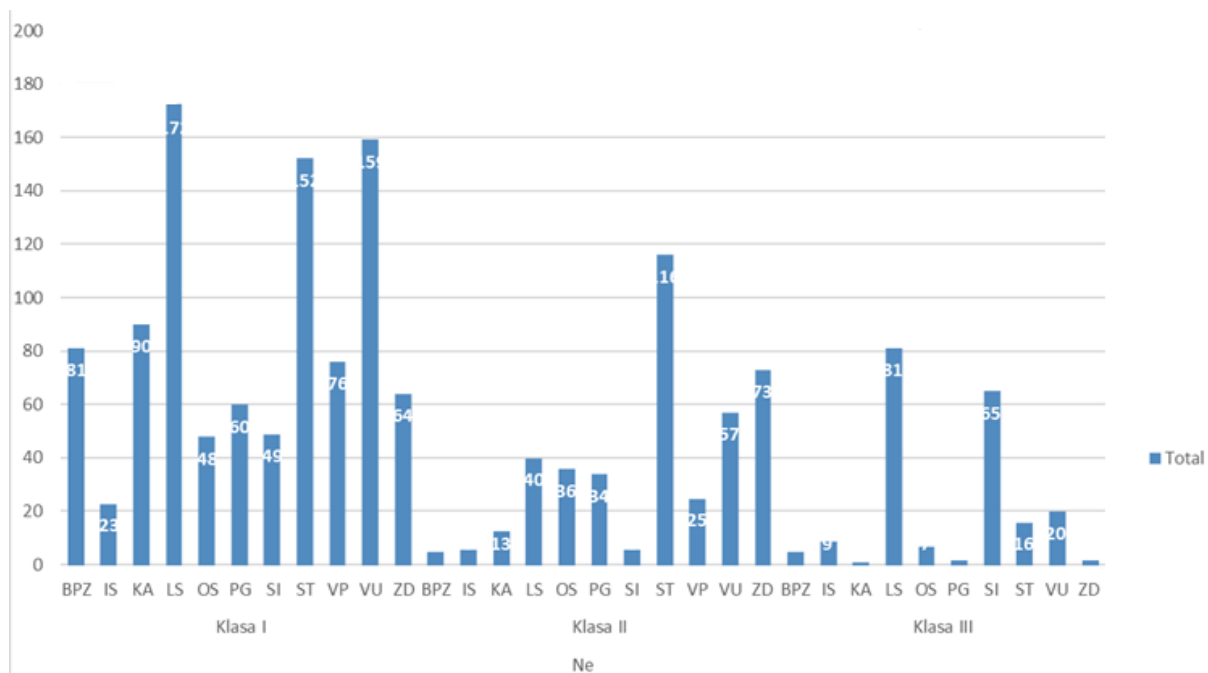
Udio znakova prema klasama koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju propisane kriterije prikazan je na Grafikonu 4, s tim da je nakon cijelog broja naveden postotak.



Grafikon 4. Udio prometnih znakova po klasama s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije

Cilj diplomskog rada je utvrditi utjecaj klimatskih uvjeta na trajnost prometnih znakova. Dakle, potrebno je prvo utvrditi broj znakova, prema klasama retroreflektirajuće

folije koja je korištena za njihovu izradu, koji ne zadovoljavaju kriterije u pojedinoj županiji. Ti su podaci grafički prikazani na Grafikonu 5.



Grafikon 5. Broj znakova koji ne zadovoljavaju u pojedinoj županiji prema klasi retroreflektirajuće folije

Nakon toga izračunat je broj znakova koji ne zadovoljavaju u pojedinoj županiji po klasi i starosti, pod pretpostavkom da je starost znakova i, prema tome, dulja izloženost vremenskim uvjetima, povezana s većim brojem znakova koji ne zadovoljavaju. Na kraju su tablično (Tablica 6.) prikazani podaci o postotcima znakova koji ne zadovoljavaju u pojedinoj županiji, prema klasama i starosti znaka, kako bi se mogle bolje uočiti povezanosti između starosti znaka, klimatskih uvjeta u pojedinim županijama i klase kojoj znak pripada.

Tablica 6. Postotak znakova koji ne zadovoljavaju po županijama i klasama i prosječna starost znakova po klasama i županijama

Županija	Ne zadovoljava						Ukupno	Uk. Starost znaka
	Klasa I	Starost Klasa I	Klasa II	Starost Klasa II	Klasa III	Starost Klasa III		
BP	23,21%	11,13	3,41%	13,67	27,78%	11,00	17,15%	11,28
IS	13,67%	12,05	6,98%	9,83	100,00%	12,00	14,53%	11,65
KA	4,78%	11,36	6,47%	12,18	1,52%	13,00	4,91%	11,77
LS	6,72%	12,59	16,94%	13,84	20,56%	12,37	11,28%	12,71
OS	3,37%	11,00	8,71%	12,57	14,00%	11,71	7,09%	12,11
PG	3,88%	13,38	27,50%	12,77	100,00%	8,00	11,11%	12,63
SI	11,24%	11,46	11,11%	13,40	74,71%	13,54	25,72%	12,94
ST	22,70%	12,65	49,79%	9,69	39,02%	12,13	33,18%	11,06
VP	30,21%	12,45	31,82%	10,43	0,00%	0	29,37%	11,91
VU	4,66%	14,17	5,45%	13,32	25,00%	13,39	6,49%	13,65
ZD	10,88%	12,94	20,71%	10,08	20,00%	11,50	16,06%	11,02

6. ANALIZA TRAJNOSTI PROMETNIH ZNAKOVA OVISNO O UTJECAJU KLIMATSKIH UVJETA

Ukupno je analizirano 7 710 prometnih znakova od kojih je njih najviše, 4 749, izrađeno od retroreflektirajućeg materijala klase I, njih 2 199 od materijala klase II, te njih 762 od materijala klase III. Najviše znakova analizirano je u Ličko-senjskoj županiji, njih 1 817, dok je najmanje analizirano u Istarskoj, i to 244 prometna znaka.

Najviše znakova izrađenih od materijala Klase I ima Ličko-senjska županija, i to 1216 (gotovo dvije trećine ukupnog broja analiziranih znakova), dok je najmanje znakova od materijala Klase I u Istarskoj županiji, njih 149 (također većina znakova). Znakove izrađene od materijala Klase II najviše se nalazi u Vukovarsko-srijemskoj županiji (507), a najmanje u Splitsko-dalmatinskoj, gdje ih ima samo 46. Znakova izrađenih od materijala Klase III najviše ima u Ličko-senjskoj županiji, i to 394 (oko 60% ukupnog broja takvih znakova), a najmanje, samo dva, se nalazi u Primorsko-goranskoj županiji.

Nakon mjerenja retrorefleksije i drugih relevantnih karakteristika, zaključeno je da 79,3 % analiziranih prometnih znakova zadovoljava propisane kriterije, a 20,7 % ne zadovoljava, te ih je potrebno popraviti, otkloniti nedostatke, očistiti ih ili zamijeniti.

Najviše prometnih znakova koji su prošli provjeru i zadovoljavaju propisane kriterije ima Ličko-senjska županija, zatim Vukovarsko-srijemska pa Osječko-baranjska, a najmanje znakova koji su prošli provjeru ima Istarska, te Virovitičko-podravska županija. Najveći broj znakova koji nisu prošli provjeru, odnosno ne zadovoljavaju zakonski propisanim kriterijima ima također Ličko-senjska županija, a nakon nje Splitsko-dalmatinska i Vukovarska županija, a najmanje nezadovoljavajućih prometnih znakova ima Istarska županija. Ti podaci vezani su uz ukupan broj analiziranih znakova, te je za očekivati da će županija u kojoj je izmjereno značajno više znakova nego u bilo kojoj drugoj, imati visok postotak i zadovoljavajućih i nezadovoljavajućih znakova.

Kada se analiziraju znakovi prema klasama retroreflektirajućih materijala, može se uočiti da je kod svake klase podjednak postotak nezadovoljavajućih znakova. Kod materijala Klase I, 3775 znakova zadovoljava, a 974 ne zadovoljava, što znači da 80 % tih znakova prolazi provjeru. Kod materijala Klase II, 1 788 zadovoljava, a 411 zadovoljava, što se može preračunati u 82 % zadovoljavajućih znakova. Sličan odnos se uočava i kod znakova od materijala Klase III – 554 prolazi provjeru, dok 208 ne prolazi. Preračunato u postotke, oko 27 % znakova rađenih od materijala Klase III ne prolazi provjeru. Budući da su drugi znakovi

podjednaki u trajnosti, može se zaključiti da klimatski uvjeti i uvjeti na cestama najviše negativno djeluju na znakove izrađene od materijala Klase III.

Najveći postotak nezadovoljavajućih znakova od materijala Klase I ima Virovitičko-podravska županija (30 %), zatim Brodsko-posavska (23 %), pa Splitsko-dalmatinska županija (22 %). Prosječna starost znakova koji ne zadovoljavaju u tim županijama kreće se od 11 do 14 godina. Za znakove od materijala Klase II, najveći broj onih koji nisu prošli provjeru ima Splitsko-dalmatinska županija (50 %), zatim Virovitičko-podravska (32 %), te Primorsko-goranska (27,5 %). Prosječna starost znakova Klase II u tim županijama kreće se od 9 do 14 godina. Znakova izrađenih od materijala Klase III, a koji nisu zadovoljili kriterije, najviše ima u Istarskoj županiji (100 %), Primorsko-goranskoj (100 %), pa na kraju u Šibensko-kninskoj (75 %), dok je prosječna starost znakova od 8 do 14 godina. Prema ovim podacima, znakovi Klase I najviše propadaju u Slavoniji pa Dalmaciji, te su prosječno oko četiri godine stariji od znakova koji su prošli provjeru, a čija se starost kreće od 7 do 11 godina. Znakovi Klase II najviše propadaju u Središnjoj Hrvatskoj, Gorskom kotaru i Dalmaciji, a stariji su u prosjeku samo dvije godine od znakova koji su prošli provjeru, a čija se starost kreće od 7 do 12 godina. Znakovi Klase III u najvećem postotku propadaju u Istri i Gorskom kotaru, s tim da u Istarskoj i Primorsko-goranskoj županiji nijedan znak Klase III nije zadovoljio provjeru. Starost znakova koji jesu prošli provjeru kreće se od 8 do 11 godina. U svim županijama maksimalna starost znakova koji zadovoljavaju je do 12 godina.

Klimatski parametri koji su se analizirali na datom uzorku su, kako je već navedeno: središnja godišnja oblačnost, srednji godišnji broj oblačnih dana, srednji godišnji broj vedrih dana, srednja godišnja količina oborina, srednji godišnji broj dana s kišom, srednji godišnji broj dana sa snijegom, srednja godišnja temperatura zraka, maksimalna godišnja temperatura, minimalna godišnja temperatura i globalno zračenje. Posljednji parametar nije izmjeren za Ličko-senjsku i Šibensko-kninsku županiju. Analizom dobivenih vrijednosti vidi se da izabrane županije imaju prosječno malu godišnju oblačnost i srednji godišnji broj oblačnih dana. Dapače, Šibensko-kninska i Zadarska županija imaju najmanje izmjerene vrijednosti oblačnih dana na godinu, što znači da je u tim županijama uglavnom vedro i sunčano. To se vidi iz srednjeg godišnjeg broja vedrih dana, gdje najveću vrijednost ima Šibensko-kninska županija. Ličko-senjska i Vukovarsko-srijemska županija imaju nešto veći broj oblačnih dana i nešto veću prosječnu oblačnost od 9,395 za Vukovarsko-srijemsku i 8,969 za Ličko-senjsku županiju. Po količini oborina Ličko-senjska županija ima najveću vrijednost od 109,184, a Vukovarsko-srijemska najmanju od 57,595. Po broju kišnih dana sve navedene županije su po

sredini od svih promatranih županija. Po broju dana sa snježnim oborinama, Zadarska županija je posljednja s najmanjom izmjerenom vrijednošću od 0,196. Sve navedene županije su pri vrhu prema srednjoj godišnjoj i maksimalnoj godišnjoj temperaturi zraka, s najvećom izmjerenom vrijednosti u Ličko-senjskoj županiji, koja ima maksimalnu temperaturu zraka od 36,864 stupnja. Najmanju izmjerenu godišnju temperaturu od izabranih županija ima Vukovarsko-srijemska županija (-12,809 stupnjeva), dok su ostale županije pri dnu ljestvice. Prema vrijednostima globalnog zračenja, koje su izmjerene za tri od pet navedenih županija, Splitsko-dalmatinska i Vukovarsko-srijemska imaju jako visoke vrijednosti od 116,105 i 109,599.

Iz ovih se podataka može zaključiti da različiti faktori djeluju na trajnost prometnih znakova. U Vukovarsko-srijemskoj županiji, koja se nalazi na krajnjem istoku države, glavni faktor koji negativno utječe na trajnost prometnih znakova je globalno zračenje te vrlo visoka prosječna godišnja temperatura zraka. U ostalim županijama, koje su uglavnom u Dalmaciji i Lici, dakle na obali države, faktori koji najnegativnije utječu na deterioraciju prometnih znakova su također globalno zračenje, odnosno utjecaj sunčeve svjetlosti te visoka temperatura zraka,. U Ličko-senjskoj županiji značajnu ulogu igra i velika količina oborina svake godine, koje, jednako kao i snažna sunčeva svjetlost, utječu negativno na trajnost prometnog znaka.

7. ZAKLJUČAK

Prometna signalizacija ključan je i neizostavan dio prometne komunikacije, te sigurnog i efikasnog prometovanja svih sudionika u prometu. Pojam prometne signalizacije obuhvaća horizontalnu i vertikalnu signalizaciju, pri čemu se horizontalna signalizacija odnosi na skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju i definiraju površine na prometnoj infrastrukturi, dok vertikalnu signalizaciju čine prometni znakovi različitih funkcija i značenja. Kako bi prometni znakovi ispunili svoju funkciju, moraju biti pravovremeno vidljivi svim sudionicima u prometu u svim vremenskim i prometnim uvjetima, odnosno moraju imati zadovoljavajuća retrorefleksivna svojstva. Dakle, vidljivost prometnih znakova osigurava se upotrebom retroreflektirajućih materijala, koji usmjeravaju svjetlosni trak natrag ka izvoru, odnosno prometalu, čime se znatno povećava učinkovitost i sigurnost prometnih znakova.

Postoje brojni čimbenici koji mogu negativno utjecati na vidljivost i trajnost prometnih znakova. U ovom diplomskom radu na statističkoj bazi podataka o prometnim znakovima Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu izvršena je statistička analiza kojom se nastojalo ustanoviti postoji li razlika u broju znakova koji nemaju zadovoljavajuća retrorefleksivna svojstva, ovisno o županiji u kojoj su postavljeni. Ukupno je analizirano 7710 prometnih znakova od kojih je njih najviše, 4749, izrađeno od retroreflektirajućeg materijala klase I, njih 2199 od materijala klase II, te njih 762 od materijala klase III. Najviše znakova analizirano je u Ličko-senjskoj županiji, njih 1817, dok je najmanje analizirano u Istarskoj, i to 244 prometna znaka.

Prema rezultatima, šest hrvatskih županija ima najveći postotak nezadovoljavajućih prometnih znakova: Virovitičko-podravska, Brodsko-posavska, Splitsko-dalmatinska, Primorsko-goranska, Istarska i Šibensko-kninska županija. Analizom klimatskih uvjeta u tim županijama, zaključeno je kako na deterioraciju i smanjenu trajnost prometnih znakova utječu klimatski faktori prosječne godišnje temperature zraka, prosječnog godišnjeg broja vedrih dana, prosječne godišnje količine oborina i globalnog zračenja. Zbog toga, znakovima u tim županijama potrebno je posvetiti dodatnu pozornost, vršiti češće preglede i svakako na vrijeme zamijeniti dotrajale znakove i one sa nezadovoljavajućim retrorefleksivnim svojstvima, kako bi se sudionici u prometu na cestama u tim županijama mogli kretati sa sigurnošću i efikasno stići do cilja svog putovanja.

LITERATURA

a) Knjige

1. Pašagić, S.: Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
2. Stanić, B., Zdravković, P.S., Vukanović, S., Milosavljević, S.: Elementi saobraćajnog projektovanja – vertikalna signalizacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2003.
3. Legac, I. i sur.: Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

b) Članci i disertacije

1. Ščukanec A, Babić D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb. 2013:373-407.
2. Babić D, Babić D, Macura D. 2017. Model for Predicting Traffic Signs Functional Service Life – The Republic of Croatia Case Study. *Promet - Traffic&Transportation*. 29(3):343-349.
3. Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003.

c) Ostali izvori

1. Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. god. 2014/2015.
2. HRN EN 12899-1:2008, Stalni okomiti cestovni prometni znakovi – 1. dio: Stalni znakovi (EN 12899-1:2007)
3. Consiglio nazionale delle ricerche: Common understanding of assessment procedure (CUAP): Microprismatic retro-reflective sheetings, 2002.
4. Prometna signalizacija. <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=50639> (13.5.2019.)
5. NN 33/2005 https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html (16.5.2019.)
6. Povijest prometnih znakova. <https://www.prometna-zona.com/povijest-prometnih-znakova/> (16.5.2019.)
7. <http://shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/> (17.5.2019.)
8. What is retroreflection? http://ninjaink.jp/reflection/index_eng.html (25.5.2019.)

9. <http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/> (25.5.2019.)

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Popis slika:

Slika 1. Vrste retrorefleksije.....	12
Slika 2. Prizmatična i sferična retrorefleksija	14
Slika 3. Struktura materijala Klase I	16
Slika 4. Struktura materijala Klase II	16
Slika 5. Struktura materijala Klase III.....	17
Slika 6. Ulazni kut u odnosu na prometni znak i kut gledanja.....	20
Slika 7. Bojanje stražnje strane znaka	23
Slika 8. Grafički prikaz pravilnog postavljanja prometnih znakova.....	26
Slika 9. Elementi utjecaja na vidljivost prometnog znaka	28
Slika 10. Vidljivost prometnih znakova po danu i noći	33
Slika 11. Prikaz teoretskih zona utjecaja prljavštine na prometni znak.....	33
Slika 12. Ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova.....	35

Popis tablica:

Tablica 1. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase I (cd/lx/m^2)	18
Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase II (cd/lx/m^2)	19
Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije (R_A) klase III (cd/lx/m^2).....	19
Tablica 4. Osnovne dimenzije prometnih znakova	24
Tablica 5. Popis analiziranih znakova po klasama retroreflektirajuće folije i županijama.....	36
Tablica 6. Postotak znakova koji ne zadovoljavaju po županijama i klasama i prosječna starost znakova po klasama i županijama	39

Popis grafikona:

Grafikon 1. Raspodjele prometnih znakova po klasama i županijama	37
Grafikon 2. Broj znakova koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju provjeru sa pridruženim postotcima od ukupnog broja.....	37
Grafikon 3. Broj znakova koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju prema klasama retroreflektirajuće folije.....	38
Grafikon 4. Udio prometnih znakova po klasama s obzirom na zadovoljavanje propisanih standarda retrorefleksije	38
Grafikon 5. Broj znakova koji ne zadovoljavaju u pojedinoj županiji prema klasi retroreflektirajuće folije.....	39



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Analiza trajnosti prometnih znakova ovisno o utjecaju klimatskih
uvjeta**

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

U Zagrebu, _____ 12.09.19 _____

Student/ica:

(potpis)