
7. VERTIKALNA I PUTOKAZNA SIGNALIZACIJA

SADRŽAJ

7.	VERTIKALNA I PUTOKAZNA SIGNALIZACIJA	1
7.1	Pojam vertikalne signalizacije.....	1
7.2	Podela vertikalne signalizacije.....	1
7.3	Osnovni principi i zahtevi vezani za saobraćajnu signalizaciju.....	4
7.3.1	"ČITANJE" saobraćajnih znakova.....	6
7.4	Reflektujući saobraćajni znakovi	8
7.4.1	Princip delovanja retroreflektujućih materijala	8
7.4.2	Osobine retroreflektujućih materijala	10
7.4.3	Vrste retroreflektujućih materijala	12
7.4.4	Osnovne karakteristike retroreflektujućih materijala	13
7.5	Putokazna signalizacija	16
7.5.1	Sistem vođenja saobraćaja.....	17
7.5.2	Vođenje saobraćaja	19
7.5.2.1	Vođenje saobraćaja na putevima	19
7.5.2.2	Vođenje saobraćaja na autoputevima	22
7.5.3	Primena znakova putokazne signalizacije	24
7.5.4	Boja osnove znakova putokazne signalizacije.....	25
7.5.5	Određivanje veličine slova	25
7.5.6	Razmak između slova.....	28
7.6	Signalizacija na saobraćajnim terminalima i u sportskim objektima	29
7.7	Primer poštovanje propisa i saobraćajne signalizacije.....	34

7. VERTIKALNA I PUTOKAZNA SIGNALIZACIJA¹

7.1 Pojam vertikalne signalizacije

Vertikalna signalizacije se može definisati kao skup posebno kodiranih oznaka namenjenih učesnicima u saobraćaju, koje se, u odnosu na saobraćajne površine, lociraju u vertikalnoj ravni. Tako formiran skup oznaka prezentiran je učesnicima u saobraćaju pomoću različitih saobraćajnih znakova. Njihova osnovna namena proistekla je iz potrebe da se upravlja kretanjem po mreži. Drugim rečima, saobraćajni znakovi se mogu tretirati kao jedno od tehničkih sredstava za regulisanje i upravljanje saobraćajnim tokovima. Posmatrano sa aspekta upravljačkog sistema, saobraćajni znakovi predstavljaju tzv. spoljne elemente sistema, a posmatrano sa aspekta korisnika saobraćajnog sistema, vertikalna signalizacija može da se tretira kao sredstvo lokalnog regulisanja saobraćaja za kretanje po saobraćajnoj mreži.

S obzirom da je namena vertikalne signalizacije proistekla iz potrebe da se upravlja kretanjem po saobraćajnoj mreži, ona je, prema lokaciji, jedno od najviše eksponiranih sredstava za regulisanje i upravljanje saobraćajem. Posmatrano sa aspekta regulisanja saobraćaja, njen značaj ogleda se u činjenici da korisnicima prenosi neophodne informacije o dozvoljenim brzinama, uslovima prioriteta i režimu kretanja na saobraćajnoj mreži. Drugim rečima, ona omogućava da se kretanje kanališe i usmerava prema unapred definisanom režimu saobraćaja odnosno da se dinamički, pešački i stacionarni režimi saobraćaja definišu i sprovedu i u praksi. S druge strane, pojedine grupe saobraćajnih znakova omogućavaju orijentisanje na mreži, što je posebno značajno u velikim gradovima i vangradskim deonicama puteva.

7.2 Podela vertikalne signalizacije

Vertikalna signalizacija se može razvrstati odnosno podeliti na više načina, zavisno od karakteristika koje posmatramo. Najčešće, vertikalnu signalizaciju² delimo prema funkciji znakova, njihovom značenju, stepenu standardizacije i načinu izrade, kao i prema stalnosti informacija na znakovima.

¹ Knjiga **Vertikalna signalizacija** autora Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., u izdanju Saobraćajnog fakulteta u Beogradu 2003.god. je poslužila kao osnov u pripremi ovog teksta. Naredni tekst je nastao kao rezultat sažimanja originalnog teksta i dopune pojedinih tačaka sa novim saznanjima. Određene korekcije u pojedinim iskazima su izvršene da bi se broj strana sveo na predviđenu meru a da se time suština ne izmeni.

² Prva Konferencija evropskih ministara transporta ustanovila je protokol koji je potpisan u Briselu 17. oktobra 1953. Potpisalo ga je 18 zemalja (među njima i Jugoslavija). Kasnije su održane još dve. U Beču 1968. i Ženevi 1973.

a. Funkcionalna podela određena je evropskom konvencijom o putnoj signalizaciji, a slična podela prihvaćena je i u srpskim standardima.

Osnovu ove podele čine funkcionalne karakteristike pojedinih znakova odnosno grupa znakova u okviru vertikalne signalizacije. Na taj način dolazimo do sledeće podele znakova vertikalne signalizacije:

- znakovi opasnosti,
- znakovi za regulisanje prvenstva prolaza,
- znakovi za obeležavanje prelaza saobraćajnica i pruga u nivou,
- znakovi zabrane (ograničenja),
- znakovi obaveza,
- znakovi obaveštenja,
- znakovi zaustavljanja i parkiranja, i
- dopunske table.

b. Podela prema značenju sigurno je najpoznatija i najraširenija, a često se označava i kao osnovna podela znakova vertikalne signalizacije. Podela je u skladu sa našim Zakonom o osnovama bezbednosti saobraćaja na putevima i Pravilnikom o saobraćajnoj signalizaciji na putevima:

- znakovi opasnosti,
- znakovi izričitih naredbi (zabrane, ograničenja, obaveza),
- znakovi obaveštenja, i
- dopunske table.

Već na prvi pogled može se uočiti da između funkcionalne podele i podele prema značenju nema bitnih razlika i da je funkcionalna podela detaljnija, jer izdvaja u posebne celine znakove za regulisanje prvenstva prolaza, ukrštanje saobraćajnica i pruga u nivou i znakove za regulisanje zaustavljanja i parkiranja.

Podela znakova vertikalne signalizacije prema značenju grupiše sve znakove u četiri grupe, povezujući značenje i oblik znakova (znakovi opasnosti su trouglastog oblika, izričitih naredbi kružnog oblika, obaveštenja kružnog, kvadratnog i pravougaonog i sl.). Iako te razlike formalno nisu uočljive iz same podele, one su veoma značajne, jer između značenja znakova i njihovog oblika postoji direktna veza odnosno, bolje rečeno, oblik pojedinih grupa znakova bliže određuje vrstu poruke koju prenose korisnicima.

c. Podela prema stepenu standardizacije grupiše znakove u tri celine, zavisno od stepena standardizacije geometrijskog oblika znakova, njihove veličine, simbola, natpisa i boje. Ta podela izgleda ovako:

- znakovi sa potpuno standardizovanim geometrijskim oblikom, veličinom, simbolima, natpisima i bojama (ova grupa znakova uvek ima tačno utvrđen grafički sadržaj),
- znakovi sa delimično standardizovanim geometrijskim oblikom i bojom. Simboli i natpisi se projektuju prema potrebi i mogu da budu standardizovani, ali se po pravilu izrađuju prema posebnim projektima i ne mogu se naručivati po

unapred pripremljenom katalogu. Tipičan predstavnik ove grupe znakova su znakovi putokazne signalizacije,

- znakovi sa nestandardizovanim geometrijskim oblikom, veličinom, simbolima, natpisima i bojom. Ova grupa znakova je karakteristična za tzv. pešačku signalizaciju i druge specifične oblike signalizacije.

d. Podela prema načinu izrade je podela koja u sebi sadrži karakteristike materijala od kojih su znakovi izrađeni. Tako, na ovaj način znakove možemo svrstati u tri grupe:

- Obični saobraćajni znakovi nemaju nikakav izvor svetlosti i obično se koriste samo za signalizaciju u zatvorenim prostorima (fabričke hale, dvorišta i slično). Što se tiče njihovih karakteristika (rade se isključivo bojenjem podloge), one su vrlo skromne i, prema važećim propisima, ne mogu da se primenjuju na putevima i gradskim saobraćajnicama, jer su nedovoljno uočljivi sa daljine, posebno u nepovoljnim vremenskim uslovima i noću.
- Osvetljeni saobraćajni znakovi mogu da budu sa unutrašnjim ili spoljašnjim svetlosnim izvorom. Vrlo dobro su uočljivi i vidljivi, ali zahtevaju posebnu tehnologiju izrade i posebne instalacije prilikom postavljanja, što znatno utiče na njihovu cenu odnosno cenu postavljanja i održavanja. Poseban problem je njihova osetljivost na mehanička oštećenja i neophodnost redovnog i detaljnog održavanja.
- Reflektujući saobraćajni znakovi najčešće se koriste kako zbog izuzetne uočljivosti i vidljivosti kao i efekata koje postižu na putu i lakog i jednostavnog postavljanja, tako i zbog jednostavne tehnologije proizvodnje. Kod ovih znakova lice znaka izrađuje se od retroreflektujućih materijala čija svetloodbojnost dostiže takav nivo da se približava čak i osvetljenim znakovima.

e. Podela prema stalnosti informacija je sledeća:

- vertikalna signalizacija sa stalnim sadržajem znakova, i
- vertikalna signalizacija sa izmenjivim sadržajem znakova koja je danas sastavni deo ITS sistema.

Vertikalnu signalizaciju sa stalnim sadržajem karakteriše činjenica da se na jednoj signalnoj poziciji nalazi znak čije je značenje konstantno od trenutka postavljanja do uklanjanja. Može se reći da je to najčešći slučaj primene elemenata saobraćajne signalizacije.

Kod vertikalne signalizacije sa izmenjivim sadržajem, na jednoj signalnoj poziciji moguće je menjati značenje znaka u zavisnosti od zahteva saobraćaja i izabrane strategije upravljanja saobraćajem. Ova vrsta signalizacije tek stiže svoje mesto u primeni i već se pokazuje potreba da se na pojedinim tačkama saobraćajne mreže, gde je korisnicima potrebno u različita vremena ponuditi različite informacije, postavljaju znakovi sa izmenjivim sadržajem.

7.3 Osnovni principi i zahtevi vezani za saobraćajnu signalizaciju

a. Osnovni principi

Signalizacija³ treba pravovremeno i kontinuirano da savetuje, upozorava i usmerava učesnike u saobraćaju. Ona mora u svakom trenutku jasno i nedvosmisleno da ukaže korisnicima sistema kojim delom saobraćajne mreže mogu ili treba da se kreću kako bi došli do željenog cilja, koje manevre treba da izvrše da bi njihovo kretanje bilo efikasno i bezbedno, kako za njih same, tako i za ostale učesnike u saobraćaju. Iz toga sledi da se osnovna namena signalizacije ogleda u sledećem:

- signalizacija omogućava da se ostvare zahtevi projektovane strategije regulisanja i upravljanja saobraćajem,
- signalizacija ukazuje učesnicima u saobraćaju na postupke i način ponašanja u cilju obavljanja bezbednog kretanja,
- signalizacija treba da omogući laku i pravovremenu orijentaciju na mreži i svim manevarskim površinama, kao i lako utvrđivanje položaja u odnosu na željeni pravac kretanja,
- signalizacija treba da doprinese stvaranju sigurnosti kretanja svih učesnika u saobraćaju i stvaranje poverenja u sistem regulisanja saobraćaja.

Nužno je da signalizacija, najšire posmatrano, bude što kvalitetnija pa, s toga, mora biti realizovana prema sledećim principima i zahtevima:

- **PRINCIP VREDNOVANJA** - proces kontakta korisnika i saobraćajne signalizacije je kratkotrajan i realizuje se u samo nekoliko sekundi. Iako je tako kratkotrajan, to je, u suštini, vrlo složen proces koji, pored ostalog, uključuje i vrednovanje svrsishodnosti ponuđenih informacija i naredbi. To nas obavezuje da korisnike oslobodimo svih suvišnih ili loše koncipiranih informacija.
- **PRINCIP KONCENTRACIJE** - sve informacije koje nosi signalizacija moraju biti funkcionalno razdvojene kako bi korisnik mogao da se koncentriše na poruku koja je za njega relevantna. U slučaju istovremene potrebe za više informacija, signalizacija mora biti izvedena tako da se to postigne bez izlaganja korisnika posebnim naporima.
- **PRINCIP SELEKCIJE** - efikasnost pojedinih podсистема, kao i celokupnog sistema saobraćajne signalizacije, zavisi od selektivnosti. Selektivnost ponuđenih informacija značajno utiče na njihovo brzo, pravovremeno i pravilno razumevanje. To se mora postići pravilnim projektovanjem, izvođenjem i brižljivim postavljanjem svakog elementa, nosioca informacije.

b. Osnovni zahtevi

Osnovni zahtevi koje vertikalna signalizacija treba da ispuni mogu se sagledati ako

³ Pojam kojim opisujemo sve vrste znakova i oznaka u drumskom saobraćaju.

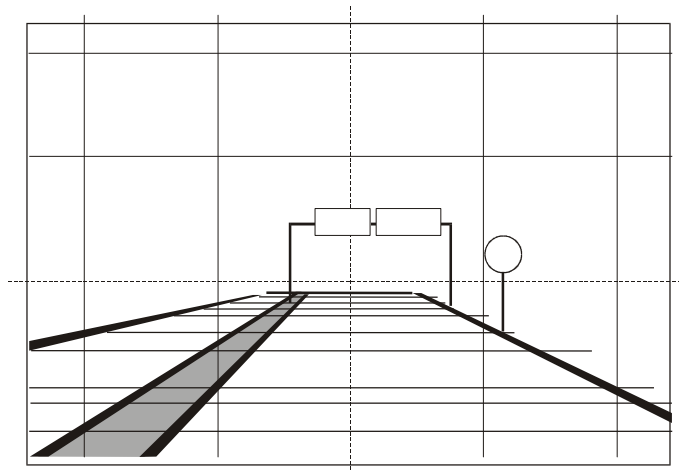
analiziramo proces kroz koji korisnik prolazi dok je u kontaktu sa porukama koje signalizacija prenosi. Ukratko, korisnik koji prilazi nekom od znakova vertikalne signalizacije trebalo bi, bez smanjenja brzine kretanja, da prepozna informaciju pre no što bude u stanju da pročita njenu poruku, da je zatim shvati i sa poverenjem prihvati i, najzad, da ima dovoljno vremena da donese odgovarajuću odluku i preduzme akciju pre no što stigne do mesta na koje se poruka odnosi. Vreme koje je vozaču potrebno za svaku od ovih faza zavisi od brojnih subjektivnih i spoljašnjih uticaja, kao na primer atmosferskih, saobraćajnih ili uslova okruženja, ali i od kvaliteta, načina postavljanja i složenosti poruke svakog znaka posebno. Ovi zahtevi mogu se definisati kao:

- **ZAHTEV ČITLJIVOSTI** - svi elementi vertikalne signalizacije moraju biti dobro i lako čitljivi, što se ostvaruje primenom adekvatnih projektantskih normativa,
- **ZAHTEV RAZUMLJIVOSTI** - saobraćajni znakovi treba da budu tako koncipirani i prezentirani učesnicima u saobraćaju da su podjednako razumljivi svim kategorijama učesnika u saobraćaju,
- **ZAHTEV JEDNOOBRAZNOSTI** - signalizacija treba da bude jednobrazna, bez obzira na kom delu saobraćajne mreže treba da funkcioniše,
- **ZAHTEV UNIFORMNOSTI** - sva mesta koja imaju slična obeležja i funkcije moraju da budu na isti način opremljena signalizacijom,
- **ZAHTEV JEDNOSTAVNOSTI** - signalizacija treba da bude na onom nivou detaljnosti koji obezbeđuje njenu punu efikasnost. Treba izbegavati suptilne projektantske finese, jer ih korisnici u većini slučajeva ne mogu ni uočiti niti razumeti. Zadovoljenje zahteva jednostavnosti omogućice i viši kvalitet realizacije u proizvodnji signalizacije,
- **ZAHTEV KONTINUITETA** - podrazumeva da učesnik u saobraćaju mora biti kontinuirano informisan na svim delovima mreže po kojoj se kreće,
- **ZAHTEV UOČLJIVOSTI** - signalizacija mora da bude uočljiva ne samo u svim vremenskim uslovima, već i u uslovima svog neposrednog okruženja (drveće, stubovi rasvete, razni objekti, druga signalizacija i sl.). Ispunjenje ovog zahteva zavisi u velikoj meri i od načina održavanja signalizacije u periodu njene eksploatacije.
- **ZAHTEV KONSTANTNOSTI** - sigurno je da je najznačajniji zahtev koji se postavlja pred saobraćajnu signalizaciju da saobraćajni znakovi moraju da zadrže potpuno isti izgled što se tiče oblika, veličine i boje u dnevnim i noćnim uslovima. Drugim rečima, svaki saobraćajni znak mora potpuno identično da se vidi u noćnim i dnevnim uslovima.

Složene zahteve koje upravljanje saobraćajem postavlja pred saobraćajnu signalizaciju moguće je u velikoj meri zadovoljiti ako se obezbedi puna primena naučnih saznanja iz čitavog niza disciplina da bi se ispunili osnovni estetski, ekološki, ekonomski i drugi zahtevi. Pored toga, nužni su i naponi da se standardizuju postupci projektovanja i izvođenja odnosno izrade signalizacije.

7.3.1 "ČITANJE" saobraćajnih znakova

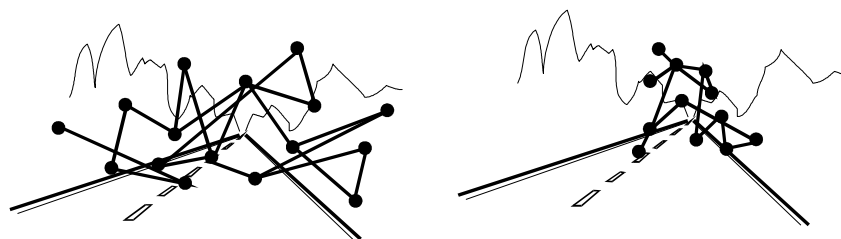
U toku vožnje, kada je jedan od osnovnih elemenata dinamički aspekt doživljavanja signalizacije, ispred vozača je zaštitno staklo na vozilu, koje je istovremeno i ograničavajući element percepcije saobraćajne signalizacije. U ukupnom vremenu vožnje, koje se uglavnom sastoji u kontrolisanju putanje kretanja vozila, signalizacija zauzima samo oko 10% ukupne aktivnosti vozača. Zbog toga je vrlo važno da se ostvari kvalitetan kontakt između vozača i poruka koje prenosi signalizacija.



Slika 7.1

Kontakt između vozača i vertikalne signalizacije, u toku vožnje, realizuje se u nekoliko sekundi. Ako posmatramo ponašanje vozača na jednom delu saobraćajne mreže, može se konstatovati da se "slika" ispred njega menja svakog trenutka, a da su u vidnom polju vozača u svakom trenutku osnovni objekti pažnje pojedini elementi saobraćajnice i signalizacije. Izgled vidno polje vozača prikazan je na Slika 7.1.

Vidno polje vozača formira se na osnovu mreže fiksacionih tačaka i osnovna karakteristika mu je da se sa povećanjem brzine sužava, što znači da je sa većom brzinom pažnja vozača skoncentrisanija na uže polje (Slika 7.2).



Slika 7.2

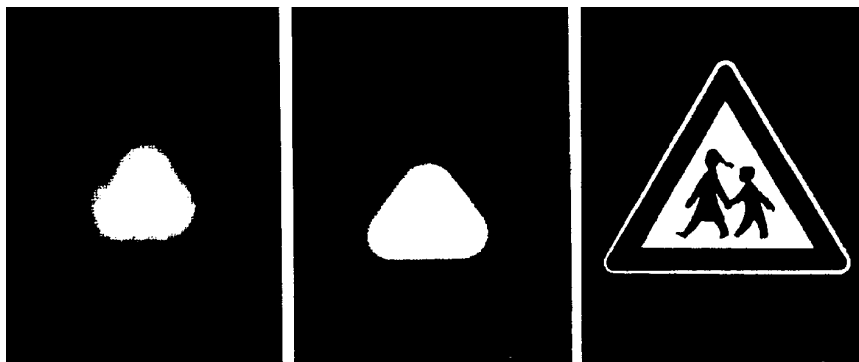
Istraživanja polja pažnje pokazala su da se unutar polja pažnje mogu pojaviti zone sa gušćim rasporedom fiksacionih tačaka, čemu je sigurno uzrok neki saobraćajni znak ili neki neuobičajeni element puta.

Ako se analizira kontakt vozača i elemenata vertikalne signalizacije, može se uočiti da je to proces koji se sastoji od tri faze (Slika 7.3):

- **UOČAVANJE** predstavlja otkrivanje i najmanje površine koje ljudsko oko može da otkrije u kontaktu sa okolinom.
- **PREPOZNAVANJE** predstavlja raspoznavanje znaka po boji i obliku, što

omogućava da se prepozna vrstu poruke na koju se nailazi. Ova faza je direktna posledica oblika znaka, boje njegove osnove, kontrasti sa okruženjem i osvetljenosti znaka.

- ČITANJE predstavlja najznačajniji deo čitavog procesa, jer u tom periodu saobraćajni znak mora svojim azbučno-numeričkim oznakama da vozaču prenese unapred pripremljenu poruku. Ova faza procesa traje samo neznatno duže od prve dve, ali je znatno komplikovanija od njih. U ovoj fazi do izražaja dolaze oblik i veličina azbučno-numeričkih oznaka, međusobni raspored i oblik elemenata znaka, kao i kontrast između osnove znaka i elemenata na njemu.



Slika 7.3

a. Čitljivost saobraćajnog znaka

Na čitljivost saobraćajnih znakova, kao što se vidi, utiče veliki broj faktora. Njih je lako svrstati u nekoliko grupa, zavisno od uticaja na čitljivost znaka. Naravno, njihov uticaj je različit i često može skoro potpuno da umanjuje efikasnost znaka, onemogućavajući njegovu čitljivost.

Pored opštih faktora koji utiču na čitljivost saobraćajnog znaka, ostaje veliki broj propratnih, svakodnevnih uticaja na vozača, a koji mogu znatno da smanje kvalitet, a time i efikasnost signalizacije kao što su: umor, stres pa i alkohol, zaprljano zaštitno staklo ili zaprljana svetla, položaj i stanje znaka.

Efikasnost saobraćajnog znaka može da se posmatra kroz ispunjenje nekoliko osnovnih zahteva. To su:

- Odgovarajuća veličina znaka i simbola u direktnoj su zavisnosti od značaja puta i brzine koje se ostvaruju na njemu.
- Boja znaka je bitna, jer se i njome definiše vrsta poruke koja se prenosi korisnicima. Pored toga, vrlo je bitno da se koriste uvek iste, odgovarajućim standardima, definisane boje.
- Svetlosni kontrast direktno utiče na čitljivost znaka, pa je neophodno da se uvek ostvaruje maksimalna kontrast između boje podloge i boje elemenata na njoj. Međutim, to nije dovoljno, pa je potrebno voditi računa da se obezbedi i kontrast između boje osnove i boje okruženja, kako bi znak bio jasno uočljiv.
- Visina slova i simbola i razmak između njih imaju poseban uticaj na čitljivost znaka. Jasno je da se manja slova mogu teže čitati od većih, ali ni veličina slova ne može da ide u nedogled, jer direktno utiče na veličinu znaka. Zato je ovaj element predmet proračuna na bazi brzine kretanja vozila i uslova

čitljivosti. Pored toga, na čitljivost znaka može da utiče i razmak između slova odnosno simbola.

- Broj informacija posebno utiče na čitljivost znaka. Vozaču nije moguće preneti veliki broj informacija u kratkom periodu koliko traje čitanje znaka. Znakovi sa velikim brojem informacija postaju nečitljivi, a time i nerazumljivi. Kao optimalan broj obično se uzima 5 - 6 informacionih jedinica, s tim što se kod putokaznih znakova strelica i, eventualno, rastojanje do odredišta, uzimaju kao informacione jedinice⁴.
- Osvetljenost znaka direktno utiče na vidljivost znaka, posebno u noćnim uslovima. Ostvaruje se ili ugradnjom svetla na znaku ili primenom visokokvalitetnih reflektujućih materijala. Naravno, primena svetla ili drugih materijala mora da bude pažljivo odabrana kako ne bi dolazilo do preosvetljenosti i potpune nečitljivosti znaka.
- Održavanje saobraćajnog znaka mora da se vrši redovno i kvalitetno i vrlo je bitno iz dva razloga. Najpre, dobrim i redovnim održavanjem znakova obezbeđuje se uvek dobra vidljivost znaka. Pored toga, redovno održavanje značajno utiče na vek trajanja saobraćajnog znaka, što, sa ekonomske tačke gledišta, nikako ne može da bude zanemareno.

7.4 Reflektujući saobraćajni znakovi

Reflektujući saobraćajni znakovi čine grupu znakova kod kojih je lice znaka izrađeno od posebnih, reflektujućih ili, da budemo precizniji, retroreflektujućih materijala.

7.4.1 Princip delovanja retroreflektujućih materijala

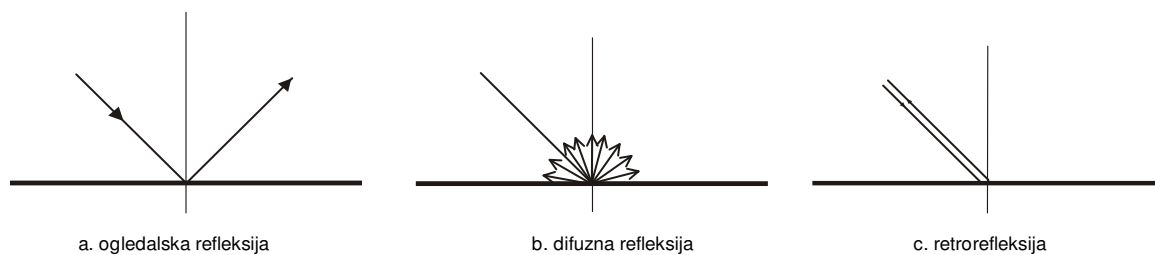
Noću se predmeti mogu videti ukoliko emituju ili reflektuju veću količinu svetlosti i boje u odnosu na okruženje. Za reflektujuće materijale interesantniji je ovaj drugi fenomen.

Refleksija je fizička pojava zasnovana na fenomenu da svetlost dolazi sa nekog izvora na predmet, ne izazivajući nikakve hemijske ili fizičke promene na njemu, i odbija se od njega. Jačina svetlosti koja se odbija zavisice od jačine svetlosti koja pada na predmet, ali i od vrste materijala od koga se odbija. Od sve tri vrste refleksije koje poznajemo: ogledalska, difuzna i retrorefleksija (Slika 7.4), za saobraćajnu signalizaciju najinteresantniji je slučaj retrorefleksije. To je fenomen čija je osnovna karakteristika da se odbijena svetlost vraća prema izvoru svetlosti, upadni i izlazni uglovi su identični. Na taj način se ostvaruje i osvetljenje znaka.

Da bi se ostvario efekat retrorefleksije, koriste se sferični (sitne staklene kuglice) ili

⁴ Informacionu jedinicu predstavlja svaka informacija koja se daje vozaču (strelica, natpis, broj puta...)

prizmatični reflektori. Inače, princip retrorefleksije vrlo je jednostavan. Posle dvostrukog prelamanja sa ogledalske površine, zrak se vraća u istom smeru odakle je došao tj. prema izvoru svetlosti.



Slika 7.4

a. Sferični reflektori

Sferični reflektori (Slika 7.5 a i b) su staklene kuglice vrlo malog prečnika, koje imaju svojstvo da usmeravaju zrake u istu tačku, dok je položaj žiže određen indeksom prelamanja stakla. Ukoliko materijal ima indeks prelamanja dvostruko veći od indeksa okruženja, dolazeće svetlo biće fokusirano na površinu kuglice.

Optički centar odgovara centru kuglice. Žižna daljina zavisi od prečnika kuglice i odnosa prelamanja materijala od koga je kuglica izrađena, u ovom slučaju stakla, i izračunava se prema sledećem izrazu:

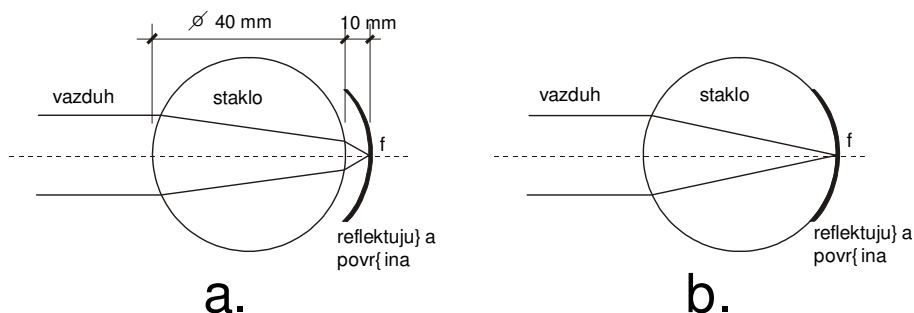
$$f = \frac{n \cdot r}{2(n - 1)}$$

gde je : f - žižna daljina merena od centra kuglice,

n - indeks prelamanja materijala u odnosu na vazduh, i

r - poluprečnik kuglice.

Na primer, sa indeksom prelamanja 1,5 za obično staklo, jednačina pokazuje da je izračunato da f bude 1,5 puta r odnosno rastojanje jednako 0,5 r iza kuglice (Slika 7.5a). Ukoliko je indeks prelamanja 2,0, žiža upadnog svetla nalazi se tačno na zadnjoj površini kuglice. Da bi se dobila ogledalska refleksija, reflektujuća površina morala bi da bude postavljena u žižu (Slika 7.5b). Tada se svetlost odbija ponovo kroz kuglicu i vraća se paralelno sa upadnim zrakom.



Slika 7.5

Ako je indeks refleksije 2,0, upadni zrak svetlosti pada tačno na zadnju ivicu kuglice,

kao što je prikazano na Slika 7.5b.

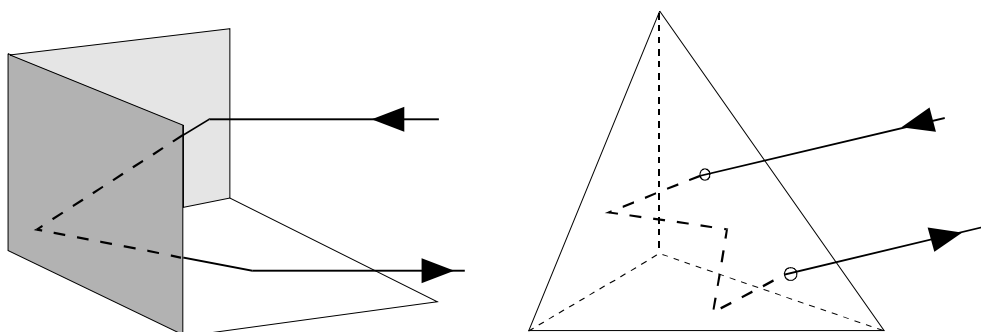
Sferični reflektori mogu biti svrstani u dve kategorije:

- veliki sferični retroreflektori ("mačije oči"), i
- mikro retroreflektori (retroreflektujuća folija).

Reflektujući elementi mogu biti raspoređeni jedan do drugog, formirajući na taj način veću reflektujuću površinu. Inače, sferični reflektori su najstariji reflektori korišćeni za izradu materijala za saobraćajnu signalizaciju. U kasnijoj produkciji pojavljuju se prizmatični reflektori, koji imaju veći koeficijent retrorefleksije.

b. Prizmatični reflektori

Princip rada prizmatičnih reflektora prikazan je na slici 6. Oni se često nazivaju i kubični ili "ugao kocke".



Slika 7.6

Svetlosni zrak sukcesivno pada na tri površine, postavljene jedna prema drugoj pod uglom od 90° , i vraća se paralelno upadnom zraku. Pojedini prizmatični reflektori naslanjaju se jedni na druge, formirajući na taj način veće jedinice.

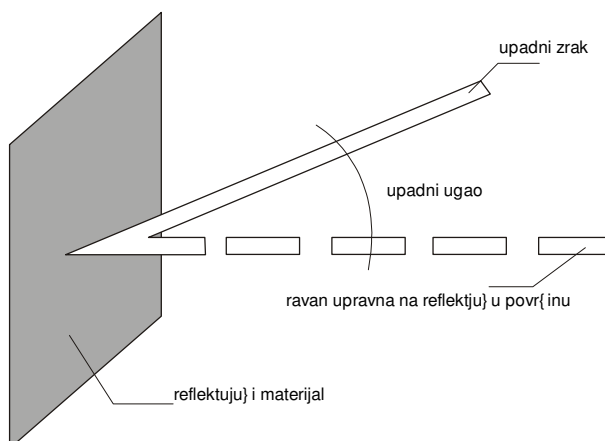
Sa optičke tačke gledišta, prizmatični reflektori su savršeniji u odnosu na sferične i poseduju vrlo veliki koeficijent retrorefleksije. Prizmatični reflektori se danas izrađuju od plastičnih materijala (akril, polikarbonati, alhidi). Koriste se na kolima, smerokazima, za "mačije oči", viseći elementi za zaštitu pešaka, na markerima, itd.

Za izradu materijala za saobraćajne znakove koristi se i svetlosni sjaj koji kod materijala sa ovim reflektorima daleko nadmašuje materijale sa sferičnim kuglicama i približava se sa karakteristikama osvetljenim saobraćajnim znakovima.

7.4.2 Osobine retroreflektujućih materijala

Retrorefleksiju karakterišu određene karakteristike kojima se definiše kvalitet materijala za saobraćajne znakove, a samim tim i kvalitet znakova. Osim toga, one pomažu da se razume i objasni delovanje retroreflektujućeg materijala i da omogući da se međusobno upoređuju.

- UPADNI UGAO koji se formira između upadnog zraka i ose upravne na ravan na koju znak pada (Slika 7.7).

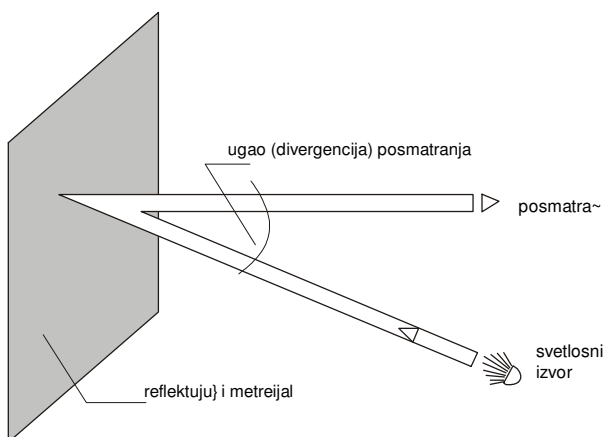


Slika 7.7

Ovaj elemenat je vrlo značajan kada se govori o "uglovnosti" reflektujućih materijala. Posebno je značajan za slučajeve kada je znak postavljen visoko iznad kolovoza, na desnoj bankini dalje od ivice kolovoza ili na levoj strani kolovoza kod višetravnih puteva.

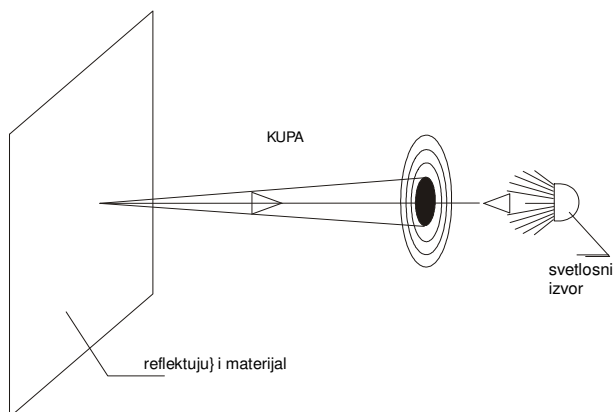
- UGAO OSMATRANJA je ugao koji nastaje između upadnog i odbijenog zraka do posmatračevog oka. Ovaj ugao naziva se još i "divergentni ugao" (Slika 7.8).

Za ovaj ugao je značajno da treba da bude što manji, jer dobar retroreflektujući materijal mora da odbije zrake direktno prema izvoru svetlosti u obliku kupe.



Slika 7.8

- KUPA REFLEKTOVANE SVETLOSTI je praktično snop reflektovane svetlosti koja dolazi do posmatrača (Slika 7.9). Ova kupa mora da ima vrlo mali ugao i on se kreće oko 3° .



Slika 7.9

- **JACHINA RETROREFLEKSIJE (RETROREFLEKTIVNOST)** označava količinu reflektovane svetlosti. Ova svetlost se meri kandelima (reflektovanim) po luksu (upadnog svetla) na kvadratni metar (reflektujućeg materijala) i označava se sa cd/lux/m^2 .

Pored ovih fotometrijskih karakteristika, važno je da postoje i odgovarajuće kolorimetrijske karakteristike, odnosno da se koordinate boja na materijalu nalaze u kolorimetrijskom opsegu za tu boju⁵.

7.4.3 Vrste retroreflektujućih materijala

Retroreflektujući materijali koji se koriste za izradu saobraćajnih znakova u najvećoj meri izrađuju se sa sferičnim reflektorima (staklene kuglice).

Staklene kuglice su izuzetno malog prečnika (od 0,01 do 0,1 mm) i ima ih oko 80 miliona na jednom kvadratnom metru materijala. Savršeno prozirne staklene kuglice zalivene su u postojan i transparentni materijal koji može da bude bezbojan (srebrno beo) ili obojen. Ovako dobijeni materijali imaju debljinu između 0,14 i 0,22 mm i proizvode se u svim bojama koje se koriste u saobraćajnoj signalizaciji⁶.

U ovom trenutku u primeni se nalaze tri tipa retroreflektujućih materijala:

- Materijal Klase I,
- Materijal Klase II, i
- Materijal Klase III.

Međunarodna komisija za osvetljenje (CIE) i Komitet 80 Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) sankcionisali su za sada samo dva tipa retroreflektujućeg

⁵ SRPS Z.S2. 330 - Boja za saobraćajne znakove. Boje za saobraćajne znakove su definisane posebno za sve vrste znakova i to tako da su data polja (zone) određene boje u kojoj mora da se nalazi boja na znaku. Svako definisanje boje u tačku (dve koordinate) nema smisla, jer je izuzetno teško pogoditi baš tu boju.

⁶ U praksi se ovakav materijal naziva folija.

materijala. Materijali klase III još nisu klasifikovani, ali je njihova klasifikacija u toku⁷. Ista nomenklatura materijala prihvaćena je i u SRP standardima⁸. Treba napomenuti da se često, u praksi, ovi isti materijali pojavljuju pod svojim komercijalnim nazivima. Tako se često, Materijal klase I naziva "Inženjering folija" (Engineering Grade), Materijal klase II "Haj intenziti folija" (HI Intensity Grade), a Materijal klase III "Dajamond folija" (Diamond Grade).⁹

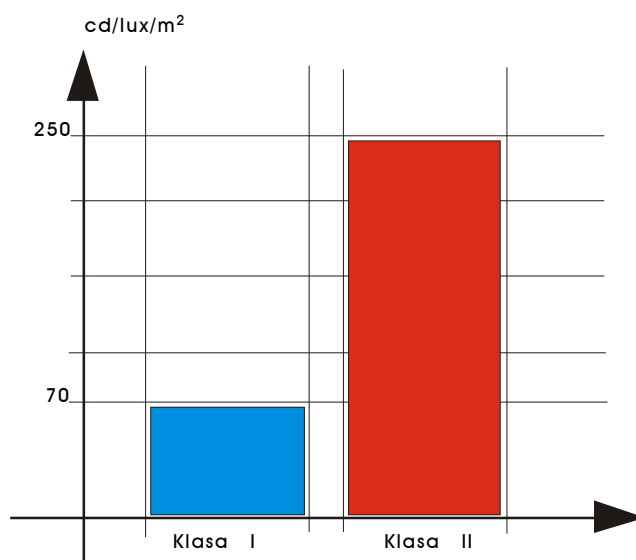
7.4.4 Osnovne karakteristike retroreflektujućih materijala

Retroreflektujući materijali se upoređuju uglavnom preko tri osnovne karakteristike. To su:

- Osvetljenost - retrorefleksija
- Trajnost, i
- Uglovnost

a. Osvetljenost - Retrorefleksija

Osvetljenost znaka predstavlja jačinu odbijene svetlosti koja se vraća prema izvoru svetlosti.



Slika 7.10

Upoređujući materijal Klase I i Materijal Klase II može se videti da je osvetljenost

⁷ Materijal klase III je 2009 godine ušao i u naše standarde (SRP standardi).

⁸ SRP standard Z.S2 330 - Boje za saobraćajne znakove.

⁹ Detaljnije u knjizi **Vertikalna signalizacija** autora Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., u izdanju Saobraćajnog fakulteta u Beogradu 2003.god

Materijala Klase II skoro 3,5 puta veća od osvetljenosti materijala Klase I (Slika 7.10). Sa starenjem, ta razlika postaje još veća.

Ova karakteristika retroreflektujućih materijala vrlo često se poistovećuje sa koeficijentom retrorefleksije. Posebno zato što se iskazuju u istim jedinicama.

Koeficijent retrorefleksije **R'** predstavlja količnik dobijen deljenjem svetlosne jačine (J) retroreflektujućeg materijala u smeru posmatranja, proizvodom ostvarene osvetljenosti (E) na reflektujuću površinu, a na ravni upravnoj na pravac upadne svetlosti i njene površine (A)¹⁰.

$$R' = \frac{J}{E \cdot A}$$

Koeficijent retrorefleksije izražava se kao cd/lux/m² (kandela po luksu po metru kvadratnom).

Tabela 7.1 Vrednost koeficijenta retrorefleksije

Vrsta materijala	Ugao posmatranja	Upadn i ugao	Najmanja vrednost u cd/lux/m ² koeficijenta retrorefleksije za materijale za saobraćajne znakove, a merene pri svetlosnom izvoru A					
			Crvena	Naran	Žuta	Zelena	Plava	Bela
Klasa I	20'	5°	10	20	35	7	2	50
	2°	30°	0,4	0,8	1,5	0,3	0,1	2,5
Klasa II	20'	5°	25	65	122	21	14	180
	2°	30°	0,4	0,8	1,5	0,3	0,1	2,5
Klasa III	0,33	5°	94	206	312	63	50	625

Koeficijent retrorefleksije predstavlja značajnu karakteristiku svakog materijala koja definiše kvalitet materijala. U tabeli 1 prikazani su koeficijenti retrorefleksije materijala Klase I, Klase II i Klase III, merene po evropskim standardima, što znači da je ugao posmatranja 20' (0,33°) i upadni ugao svetla 5°.

Kada pominjemo merenje retrorefleksije, treba reći da postoji više načina merenja refleksije i najpoznatija su dva: američki i evropski. Razlika između njih je primena različitih uglova posmatranja i upadnog zraka svetlosti. Tako, merenje refleksije se vrši:

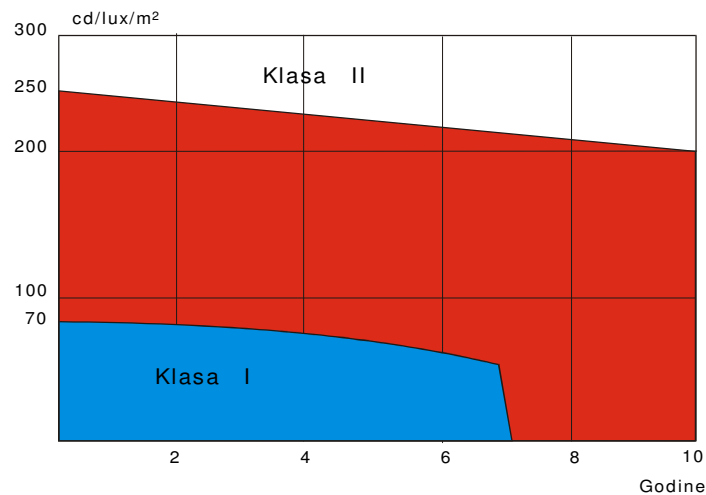
- primenom ugla posmatranja 0,2° i upadnog ugla -4° (američki standard), i
- primenom ugla posmatranja 0,33° i upadnog ugla 5° (evropski standard).

¹⁰ SRP standard Z.S2 330 - Boje za saobraćajne znakove.

Rezultate dobijene primenom ova dva metoda, nažalost, nije moguće direktno upoređivati. Preporuka je da se sva merenja vrše primenom istog metoda i da se rezultati prikazuju samo u jedinicama izmerenim po važećoj metodi merenja.

b. Trajnost

Trajnost materijala igra značajnu ulogu u održavanju početnih parametara.. Istraživanja su pokazala da je Materijal Klase II, nakon deset godina eksploatacije, skoro tri puta sjajniji od materijala sa ulivenim sočivima. U trenutku kada Materijal Klase I zadrži 50% svoje osvetljenosti, Materijal Klase II zadržava svih 80% pri jednakim uslovima eksploatacije (Slika 7.11).

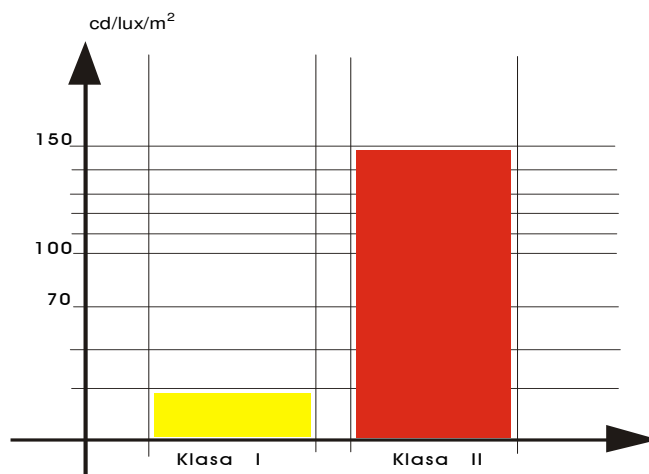


Slika 7.11

Rezultati trajnosti su prikazani za Materijal Klase I u punom obliku, dok je za Materijal Klase II trajnost data na osnovu laboratorijskih istraživanja, jer taj materijal i Materijal Klase III nisu dovoljno dugo u upotrebi da bi se trajnost bila prikazana na osnovu rezultata dobijenih na terenu.

c. Uglovnost

Uglovnost predstavlja karakteristiku koja često opredeljuje primenu jednog ili drugog materijala. Ova činjenica je vrlo značajna kada se radi o znakovima na levoj strani puta ili ukoliko znakovi moraju da budu postavljeni daleko na desnoj bankini. Istraživanja su pokazala da je ovde Materijal Klase II u dalekoj prednosti, jer pod istim uglom posmatranja od 30° Materijal Klase II ima osvetljenost od 150 kandela (cd), dok je osvetljenost Materijala Klase I samo 30 kandela (Slika 7.12).



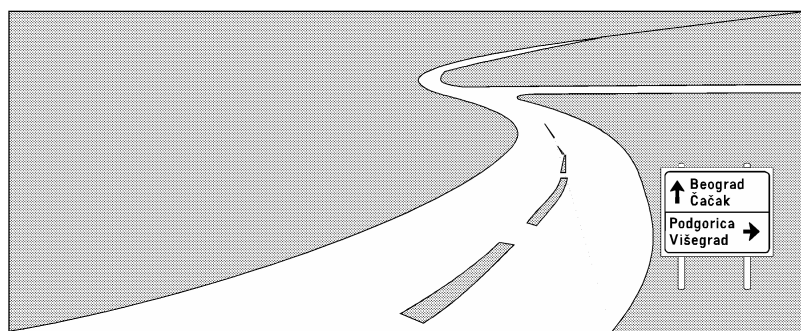
Slika 7.12

7.5 Putokazna signalizacija

Razvoj putokazne signalizacije bio je najbrži tamo gde se automobilska industrija najbrže razvijala.¹¹

Nacionalna zakonodavstva definišu oblik, veličinu i sadržaj znakova vertikalne signalizacije.

Na slici (Slika 7.13) prikazan je savremeni znak putokazne signalizacije, sa naših prostora, izrađen prema odredbama SRP standarda.



Slika 7.13

Danas je u stručnoj literaturi prisutna podela sistema za vođenje saobraćaja na tri

¹¹ Vrlo je teško precizno reći kada je započelo postavljanje putokaza ali dok se kretanje obavljalo jedino pešačenjem. Tada su to bile oznake na drveću, posebno raspoređeno kamenje ili neki drugi znakovi koji su ukazivali na pravac kretanja. Sa porastom broja kretanja, povećava se potreba i za upućivanje korisnika do određenih odredišta ili na ukazivanje korisnicima na mesta duž puteva, ali i za usmeravanje na neke od njih. Pojavljuju se i prvi znakovi putokazne signalizacije. Iako je i davno pre toga bilo pojedinih oznaka za kretanja kola, kočija i drugih prevoznih sredstava, za najstariji putokaz za koji se zna, smatra se putokaz namenjen biciklistima (slika 16). Udruženje holandskih biciklista postavilo je još daleke 1894. godine nekoliko drvenih stubova duž puta Rotterdam - Utreht, namenivši ih ljubiteljima biciklizma.

nivoa:

- I nivo: Standardna putokazna signalizacija,
- II nivo: Jednosmerni sistema za komunikaciju sa vozačem, i
- III nivo: Dvosmerni sistemi za komuniciranje sa vozačima.

U ovom poglavlju biće detaljno prikazan prvi nivo koji je i najzastupljeniji u praksi. Drugi i treći nivo prikazani su u delu "ITS".

7.5.1 Sistem vođenja saobraćaja

Vođenje saobraćaja moguće je ostvariti na više načina, gledano sa stanovišta elemenata kojima se korisnicima prenose potrebne informacije. U najvećem broju slučajeva, a tako je definisano i našim standardima, primenjuju se dva sistema:

- vođenje saobraćaja po nazivima odredišta, i
- vođenje saobraćaja po brojevima putnih pravaca.

U primeni je, najčešće, kombinacija ova dva sistema koji, po karakteristikama, praktično predstavljaju isti sistem, jer oba koriste nazive odredišta, brojeve puta i oznake putnih pravaca. Razlika nastaje samo u shvatanju šta je prioritarna informacija.

Osnovna karakteristika sistema vođenja po nazivima putnih pravaca su nazivi značajnih odredišta i administrativnih centara na putevima odnosno pogranična mesta, luke i slično, do kojih ovi putevi vode kao i popularni nazivi pojedinih puteva.

Brojevi putnih pravaca koji su vezani za važeću kategorizaciju putne mreže, ovde se javljaju samo kao dopunske informacije.

Razdvajanje putnih pravaca vrši se bojom osnove znaka, a osnovu čini kategorizacija puteva.

Vođenje saobraćaja u naseljenim mestima ima svoje osobenosti. U principu, uz korišćenje prethodna dva sistema, može da se izvede na tri načina, zavisno od veličine naseljenog mesta i položaja saobraćajne mreže, odnosno šta će biti prioritarna informacija koja će biti preneti korisniku. To su:

- vođenje po orijentirima, unutar naseljenih mesta (gradova)
- vođenje po izlaznim putnim pravcima, i
- kombinovano vođenje.

Vođenje saobraćaja po orijentirima unutar naseljenih mesta (gradova) primenjuje se, po pravilu, u velikim gradovima i pretpostavlja:

- postojanje većih izdvojenih gradskih celina ili čvorišta koja imaju opšte poznate obeležene nazive, i
- postojanje obilaznih saobraćajnica visokog ranga na kojima se vrši distribucija na gradsku i vangradsku saobraćajnu mrežu.

Unutar gradske teritorije, vođenje saobraćaja vrši se prema gradskim orijentirima, za potrebe orijentacije unutar grada, i prema obilaznim saobraćajnicama, za izlazak iz

grada. Obično se to radi primenom naziva izlazne saobraćajnice ili se koristi oznaka "svi pravci", a dalje se saobraćaj vodi jednim od usvojenih sistema. Da bi ovaj način vođenja bio svima jasan i razumljiv, neophodno je da budu jasno definisani unutargradski orijentiri.

Ovakav način vođenja saobraćaja je najkompleksniji, ali zato i najsadržajniji u pogledu količine informacija.

Vođenje saobraćaja po izlaznim pravcima primenjuje se u manjim gradovima, sa malim brojem izlaznih pravaca i pod uslovom da se njihovo povezivanje ostvaruje direktno posredstvom gradskih saobraćajnica. Naravno, i ovde postoji mogućnost označavanja pojedinih unutargradskih odredišta.

Kombinovani sistem primenjuje se obično u gradovima srednje veličine u koje se stiže više jasno formiranih ulazno-izlaznih pravaca, ali koji nemaju obilazne saobraćajnice. Način kombinovanja zavisi od specifičnih uslova koji vladaju u gradu odnosno od karaktera saobraćajne mreže i postojanja ili nepostojanja gradskih celina koje se mogu obuhvatiti posebnim pojmom.

Upoređivanjem dva osnovna sistema vođenja saobraćaja, možemo da zaključimo sledeće:

- sistem vođenja po nazivima putnih pravaca ima očigledne prednosti, jer se vođenje ostvaruje primenom opšte poznatih pojmova-naziva i za razumevanje informacija nije potrebno posebno poznavanje saobraćajne mreže,
- izdvajanje puteva različitih kategorija odgovarajućom bojom osnove saobraćajnog znaka predstavlja takođe značajnu prednost, jer je relativno jednostavan, jasan i razumljiv sistem označavanja. Osim toga, neposredno je vezan za primenu boja sa znakova za vođenje saobraćaja, što predstavlja sastavni deo poznavanja saobraćajnih propisa.

Nepogodnosti ovog sistema javljaju se prilikom primene u naseljenim mestima i, najčešće, to su:

- otežano snalaženje za korisnike koji ne poznaju uličnu mrežu odnosno tranzitne putnike čije poznavanje geografije šireg područja grada predstavlja problem,
- veliki broj informacija u gradovima gde se ukršta znatan broj putnih pravaca, pa se javlja "preopterećenost" znakova informacijama, što može da izazove teškoće u snalaženju.
- označavanje puteva nazivima, uz diferencijaciju bojama osnove znakova, zahteva povećane dimenzije znakova, što bitno utiče na cenu putokazne signalizacije.

Sistem vođenja saobraćaja po brojevima i oznakama putnih pravaca je ekonomičniji što se tiče veličine znakova, ali u slučajevima razgranate putne mreže javljaju se problemi razdvajanja putnih pravaca. Prednost ovog sistema leži u činjenici da je tesno povezan sa važećim sistemom označavanja putnih pravaca.

Prenošenje informacija pomoću saobraćajnih znakova

Prenošenje informacija korisnicima, tačnije izbor načina njihovog prenošenja, predstavlja ujedno i prvi korak u definisanju sistema i načina kontaktiranja sa

korisnicima, ali istovremeno i definisanje oblika i izgleda saobraćajnih znakova.

Prenošenje poruka korisnicima, kako je to definisano JU standardima, vrši se primenom sledećim elementima:

- naziv odredišta ili putnog pravca (natpis),
- simbol (strelica, piktogram), i
- boja osnove znaka.

Korišćenjem simbola i drugih elemenata koji se koriste i u drugim oblastima komuniciranja sa korisnicima postiže se veći stepen usaglašenosti u komuniciranju, pa se tako stvara jedinstven sistem korišćenja elemenata za komuniciranje sa korisnicima.

7.5.2 Vođenje saobraćaja

U praksi, a to je prihvaćeno i SRP standardima, poznata su dva sistema vođenja saobraćaja znakovima putokazne signalizacije:

- vođenje saobraćaja po smeru kretanja, i
- vođenje saobraćaja po saobraćajnim trakama.

Prvim načinom označava se samo smer kretanja, ne vodeći računa o korišćenju saobraćajnih traka (na višetraknim putevima). Naime, označava se samo način kretanja prema određenom odredištu.

Drugim načinom, pored smeru kretanja, označavaju se i saobraćajne trake koje treba koristiti za kretanje željenim smerom. Naravno, ovaj način vođenja namenjen je višetraknim putevima. Njime se korisnicima ukazuje, na prilazima raskrsnici ili na mestima gde se pojavljuje veći broj saobraćajnih traka (račvanje), na saobraćajne trake koje treba koristiti za kretanje do određenog odredišta.

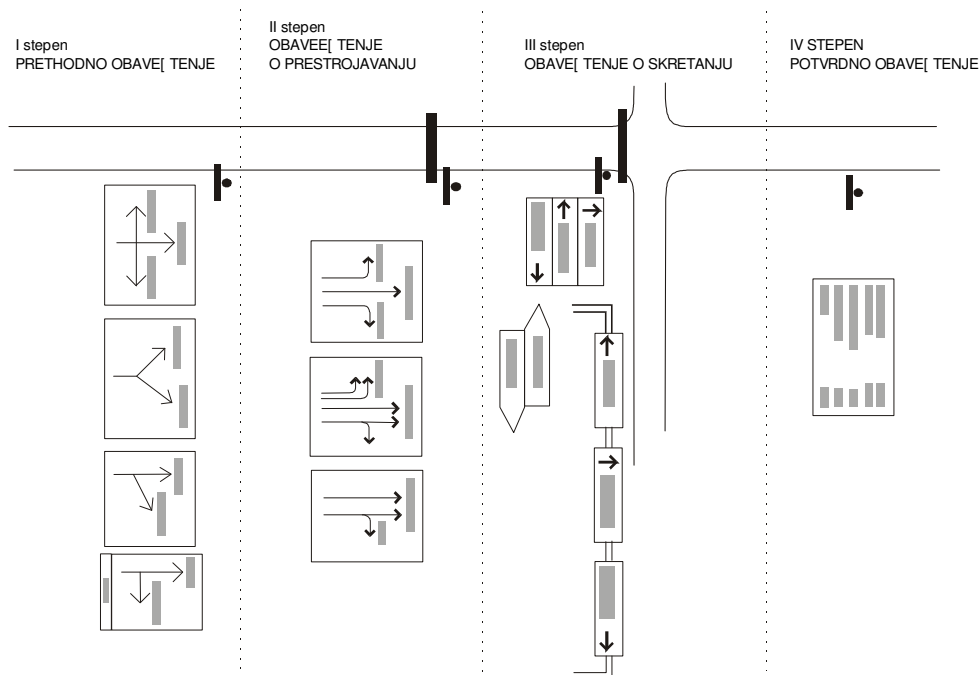
Međutim, uslovi koje nameće način regulisanja saobraćaja, slučaj regulisanja saobraćaja svetlosnim signalima, posebno ukoliko se ovi postavljaju iznad kolovoza, zahtevaju kombinovanje ova dva načina vođenja saobraćaja. Ipak, takve slučajeve trebalo bi svesti isključivo na uslove kada su saobraćajne trake mešovite (dozvoljeno kretanje pravo i skretanje iz iste saobraćajne trake) i kada su saobraćajni znakovi za vođenje saobraćaja kombinovani sa svetlosnim signalima.

7.5.2.1 Vođenje saobraćaja na putevima

Vođenje saobraćaja na putevima, predviđa četiri, odnosno tri stepena obaveštenja (zavisu od kategorije puta).

To su:

- | | |
|--------------------------------|------------|
| • prethodno obaveštenje | I stepen |
| • obaveštenje o prestrojavanju | II stepen |
| • obaveštenje o skretanju | III stepen |
| • potvrdno obaveštenje | IV stepen |

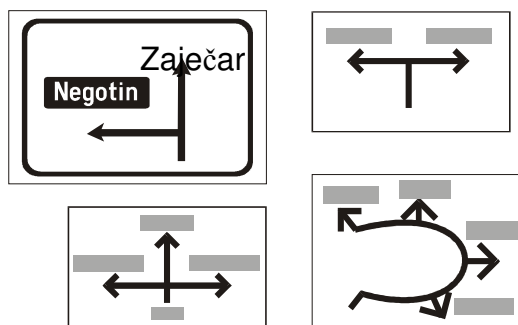


Slika 7.14

Svaki od stepena ima određenu funkciju u sistemu koja je, uglavnom, sadržana u njegovom nazivu, kao i određene grupe znakova koji su nosioci informacije za svaku od tih funkcija (Slika 7.14).

a. Prvi stepen obaveštenja

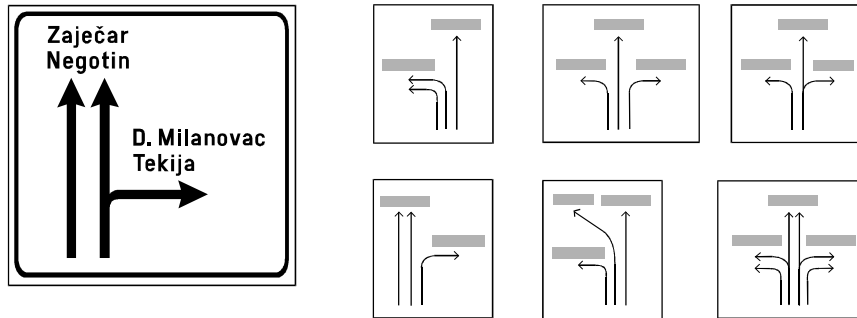
U prvom stepenu obaveštenja (Slika 7.15) koristi se znak "raskrsnica". Na znaku se označava i udaljenost do saobraćajnog čvora odnosno raskrsnice. To se upisuje, uvek u metrima, na dopunskoj tabli ili ispod prilaznog pravca, na samom znaku.



Slika 7.15

b. Drugi stepen obaveštenja

Drugim stepenom obaveštenja (obaveštenje o prestrojavanju) učesnici u saobraćaju dobijaju obaveštenja na prilazu raskrsnici o nameni pojedinih saobraćajnih traka (Slika 7.16).



Slika 7.16

Nazivi naseljenih mesta ili simboli vozila kojima je saobraćajna traka namenjena, ispisuju se uvek iznad strelice, a mogu da budu zajednički i za više strelica, prema nameni saobraćajnih traka.

c. Treći stepen obaveštenja

Trećim stepenom obaveštenja (obaveštenje o skretanju) učesnicima u saobraćaju direktno se ukazuje na mesto skretanja i smer kojim treba da se kreću do željenog odredišta. U ovom stepenu obaveštenja primenjuju se strelasti putokazi i putokazne table (Slika 7.17)



Slika 7.17



Slika 7.18

d. Četvrti stepen obaveštenja

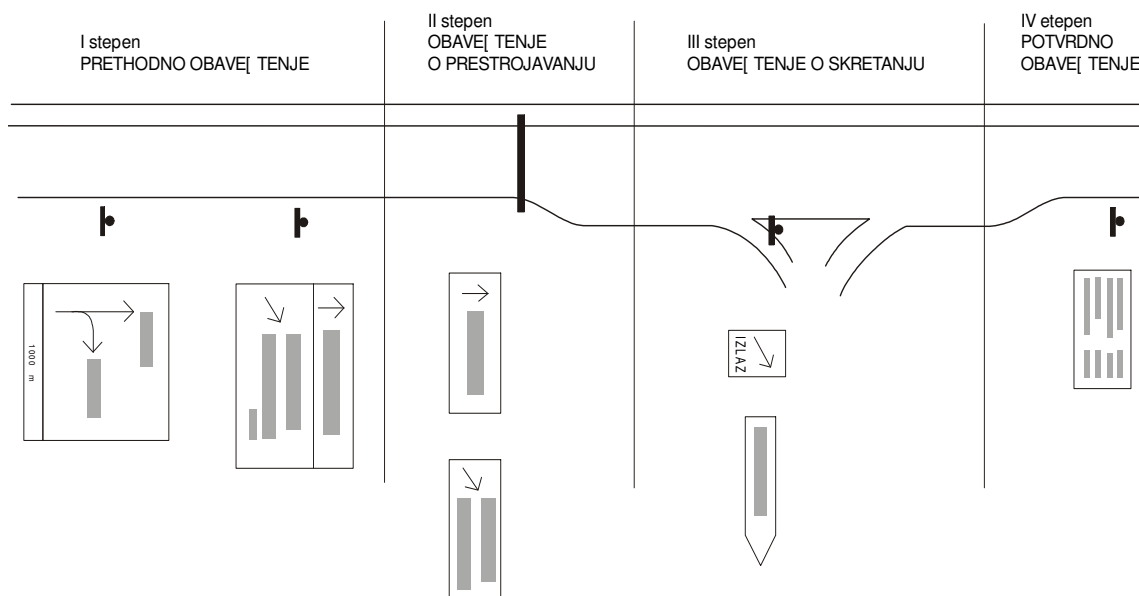
U ovom stepenu obaveštenja koristi se znak "potvrda pravca". To je znak pravougaonog oblika na koji se upisuje najviše četiri naziva odredišta kao i udaljenosti do njih, ali i broj puta. Ukoliko se upisuju nazivi odredišta i na putnom pravcu koji se odvaja od glavnog, nazivi tih odredišta upisuju se uvek iza mesta od koga se novi putni pravac odvaja (Slika 7.19).



Slika 7.19

7.5.2.2 Vođenje saobraćaja na autoputevima

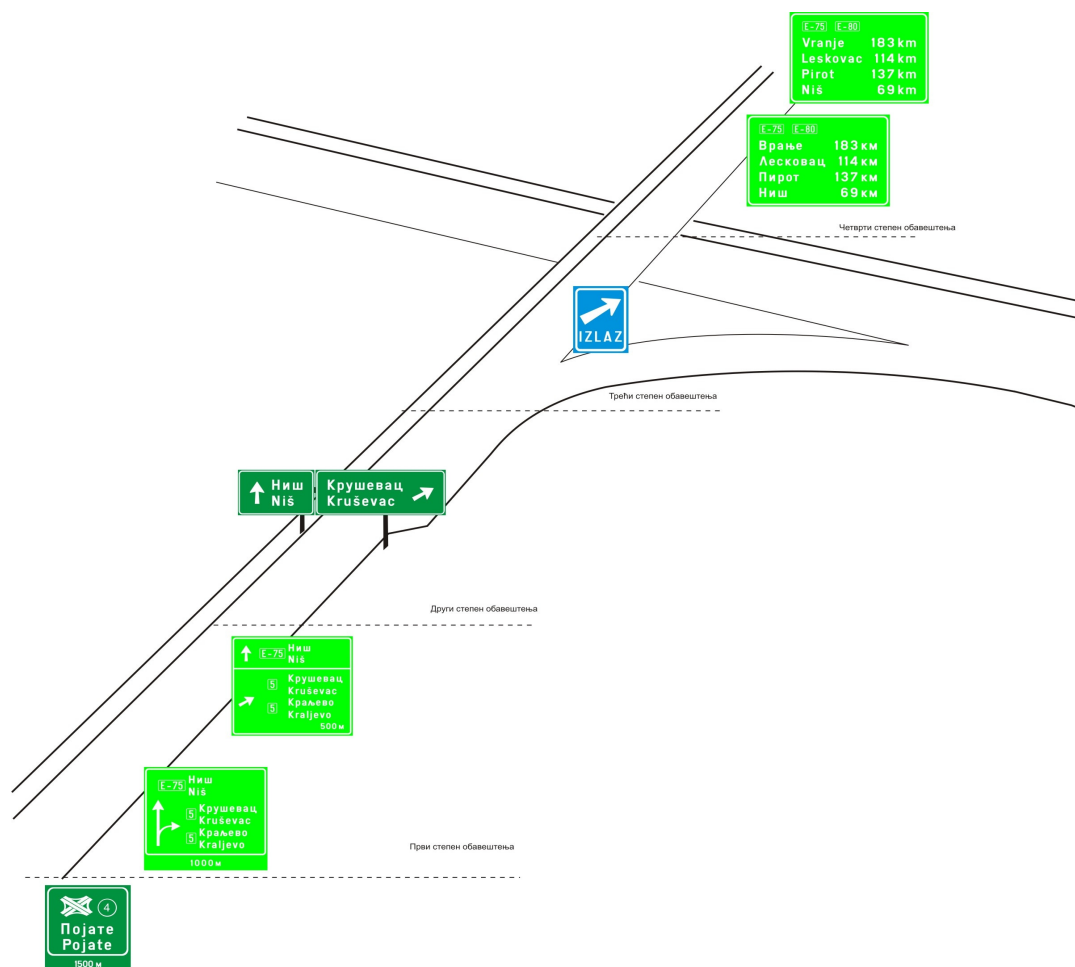
Za projektovanje znakova koji se koriste na autoputevima i putevima sa raskrsnicama u više nivoa primenjuju se drugačiji elementi za projektovanje u odnosu na ostale puteve. Razlog tome su elementi puta, dozvoljene maksimalne brzine i vrste poruka koje ovi znakovi moraju da prenesu učesnicima u saobraćaju.



Slika 7.20

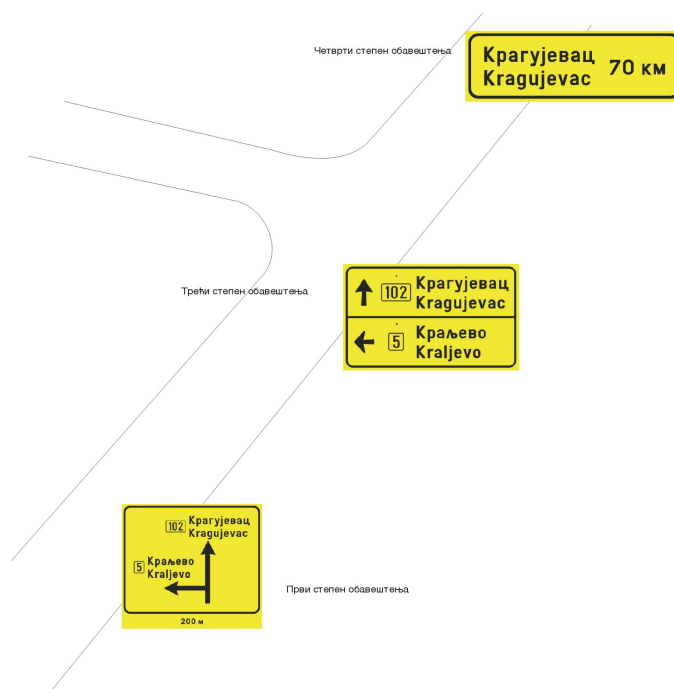
Pored toga, putokazna signalizacija za vođenje saobraćaja na autoputevima sa elementima za autoputsku signalizaciju, primenjuje se samo na trasi autoputa odnosno putevima sa raskrsnicama u više nivoa. Na svim prilazima autoputu (rampe, nadvožnjaci...) sa bočnih pravaca, primenjuje se signalizacija sa elementima za puteve sa raskrsnicama u nivou. Isti princip mogao bi da se primeni i na ostale

slučajeve gde na glavnim pravcima postoje raskrsnice u više nivoa. Pošto se ovde radi o saobraćajnicama visokih kategorija, sa elementima koji omogućavaju velike brzine, u sistemu vođenja saobraćaja na autoputevima obavezno je da se pojave sva četiri stepena a ponekad neki od njih i udvostruči¹².



Slika 7.21 Primer vođenja saobraćaja na autoputu

¹² Detaljnije u knjizi **Vertikalna signalizacija** autora Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., u izdanju Saobraćajnog fakulteta u Beogradu 2003.god



Slika 7.22 Primer vođenja saobraćaja na putu I reda gde su raskrsnice u nivou

7.5.3 Primena znakova putokazne signalizacije¹³

U principu, autoputevi i putevi sa raskrsnicama u više nivoa moraju uvek da imaju sva četiri stepena obaveštenja. Nešto drugačija situacija je na putevima sa raskrsnicama i više nivoa koji nemaju pun autoputski profil. Tada, u trećem stepenu obaveštenja može da se postavi samo znak za označavanje izlivanja (desno skretanje) i to na poluportaluu. Na takvim mestima ostavljena je mogućnost i da se znak postavi na bankini.

Na putevima sa raskrsnicama u više nivoa, ali samo sa jednom kolovoznom trakom, koristi se takođe autoputska signalizacija, ali sa skromnijim elementima znakova (visina slova). Na ovim putevima obavezno je da se postave I, II i IV stepena obaveštenja, dok u I stepenu može da bude samo jedan znak.

Putevi rezervisani za saobraćaj motornih vozila moraju da imaju uvek I, III i IV stepen obaveštenja, a II ukoliko ima više saobraćajnih traka.

Što se tiče raskrsnica u naseljenim mestima, na njima, u principu, mogu da se postave sva četiri stepena obaveštenja, ali zbog ograničenog prostora i same geometrije raskrsnica i njihovog okruženja, to nije moguće. Međutim, obavezno je da imaju III stepen. Pored toga, na njima se obavezno pojavljuje i drugi stepen ukoliko na prilazu raskrsnici ima više saobraćajnih traka.

¹³ U principu signalizacija se postavlja u odnosu na rang puta ali se poštuju I elementi puta(raskrsnice u nivou ili ne, više traka po smeru). U principu kod svih puteva višeg ranga treba primenjivati četvorostepeni način vođenja. Razlike su u veličini pisma I boji koja označava rang puta.

7.5.4 Boja osnove znakova putokazne signalizacije

Za saobraćajnu signalizaciju koriste se, kao osnovne boje: zelena, plava, žuta, braon (smeđa) i bela. Crvena boja se koristi za označavanje opasnosti, a crna za označavanje elemenata na znakovima gde su boje osnove svetle.

Posmatrajući sistem za vođenje saobraćaja koji je definisan standardima i primenjuje se u nas, boja osnove znakova putokazne signalizacije određuje se na sledeći način:

- boja osnove znakova "strelasti putokaz", "putokazna tabla", "putokaz za izlaz", "putokaz za preostrojanje iznad kolovoza" i "predputokaz za izlaz", određuju se prema kategoriji puta na kome se odredište nalazi,
- boja osnove znaka "raskrsnica", "preostrojanje vozila sa nazivima naseljenih mesta" i "potvrda pravca", prema kategoriji puta na kome se znakovi postavljaju, i
- boja osnove znaka "tabla za označavanje izlaza" uvek je plave boje.

Ukoliko se odredišta, koja se označavaju, nalaze na putevima različitih kategorija, a moraju da se nađu na istom polju putokazne table, koristi se umetnuta osnova (Slika 7.23) i to tako da će se nazivi odredišta biti ispisani na osnovama koje odgovaraju kategorijama puteva na kojima se ona nalaze. Za umetnutu osnovu uvek se koristi boja koja odgovara putu nižeg ranga.



Slika 7.23

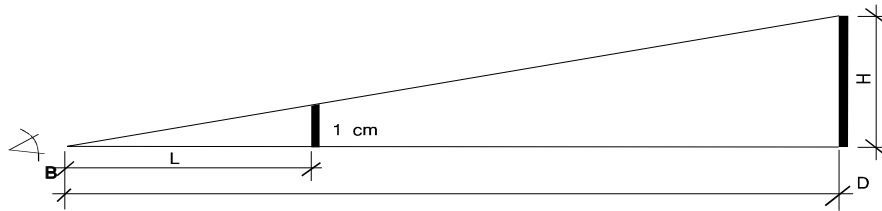
7.5.5 Određivanje veličine slova

Kao posebno značajan element čitljivosti na znakovima putokazne signalizacije je visina slova, koja istovremeno predstavlja i osnovni element na osnovu koga se određuju ostali elementi znaka. Posebno ukoliko se posmatra, a to je jedino ispravan put, dinamička komponenta odvijanja saobraćaja.

Visina slova se proračunava ili se, opet na osnovu proračuna, propisuje za određene situacije odgovarajućim standardima. Ukoliko se pogleda kako je u drugim zemljama Evrope urađeno, pronašli bismo vrlo različite vrednosti, mada se skoro svi slučajevi baziraju na sličnim polaznim elementima. Inače, postoji više načina proračuna visine

slova koji, više ili manje, koriste iste elemente i parametre za proračun.

U osnovi, proračun visine slova bazira na eksperimentalno dokazanoj činjenici da se slovo visine 1 cm vidi sa rastojanja od 6,2 m i na principu reagovanja ljudskog oka.



Slika 7.24

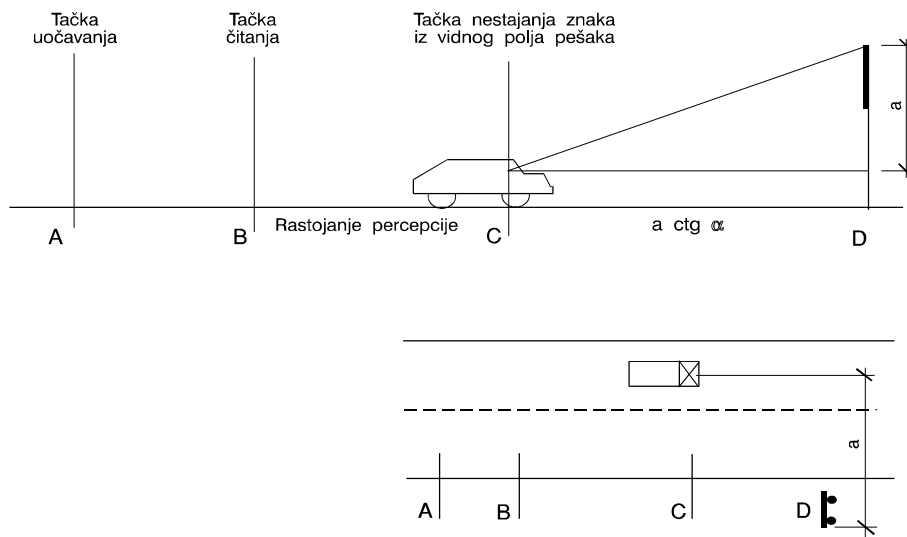
Na osnovu odnosa veličina iz Slika 7.24 možemo da formiramo sledeći izraz:

$$H:1 = BD:L \quad \text{odnosno} \quad H = \frac{BD}{L} \quad (1)$$

Drugi uslov dobijamo iz dinamike kretanja vozila pri nailasku na znak putokazne signalizacije i činjenice da se čitanje poruke odvija u tri faze: uočavanje znaka, identifikacija i čitanje.

Čitanje znaka, videli smo, predstavlja najznačajniji deo celog ciklusa i odvija se od trenutka kada čitanje postane moguće do trenutka kada znak (bilo da se nalazi na portalu iznad kolovoza ili na bankini) nestane iz vozačevog vidnog polja. Nama je u interesu da čitanje bude što duže, što se postiže većom visinom slova, ali se ne sme ići ni time u krajnost, jer visina slova direktno utiče na veličinu znaka.

Na Slika 7.25 šematski je prikazan slučaj kada se znak putokazne signalizacije nalazi iznad kolovoza (ispod je prikazan slučaj kada je znak na bankini).



Slika 7.25

Iz ovog odnosa dobijamo:

$$B = BC + CD$$

$$BD = t \cdot V + a \cdot \text{ctg} \alpha$$

Zamenom u obrascu (1), dobijamo:

$$H = \frac{t \cdot V + \text{ctg}\alpha}{L}$$

gde je:

L - rastojanje sa koga se vidi 1 cm visine slova,

V (m/s)- brzina vozila (obično se usvaja dozvoljena ili računska brzina),

t - vreme čitanja (izračunava se prema posebnom obrascu),

a - rastojanje od visine vozačevog oka (1,10 m) do vrha putokazne table, (ako se radi o znaku na bankini, ovo rastojanje se meri od položaja vozačevog oka do dalje ivice saobraćajnog znaka.)

α - ugao pod kojim putokazna tabla nestaje iz vidnog polja vozača. Za znakove iznad kolovoza iznosi oko 8° , a za znakove na bankini oko 10° .

Kao što je rečeno, vreme čitanja znaka, drugim rečima vreme koje vozač provede između tačaka A i B, izračunava se prema posebnom obrascu, razvijenom u Velikoj Britaniji¹⁴

$$t = 0,31N + 1,94$$

gde je N broj informacionih jedinica na saobraćajnom znaku.

Pod informacionom jedinicom podrazumevaju se nazivi odredišta, udaljenost do odredišta, strelice, broj puta, simboli... praktično sve oznake, nazivi i simboli koji se koriste za prenošenje poruka korisnicima sistema.

Kada se proračuna visina slova, svi ostali elementi slova, prema jasno utvrđenim pravilima i odnosima, lako se definišu. Naime, ljudsko oko normalne oštine vidi sa indeksom 1 i sposobno je da razlikuje predmete koji se vide pod uglom od 1° . Primera radi, slovo koje ima stub širine 1 cm odgovara visini slova od 5 cm i može se videti sa rastojanja od 30 m.

Ovde treba napomenuti da su slova i svi njihovi elementi, prema JU standardima, rađeni u odnosu na visinu $1/7 H$, pa ukupna visina slova uvek iznosi $7/7H$, a malih (osnovne linije) $5/7H$. Osnovni konstruktivni elementi slova definisani su u odnosu na $1/7H$ i $1/6H$.

Što se tiče visine slova za pojedine znakove putokazne signalizacije u sistemu za vođenje saobraćaja, JU standardima tačno su definisane njihove vrednosti na osnovu prethodno prikazanog proračuna. To je bilo potrebno da se uradi kako bi visina slova bila unificirana za pojedine kategorije puteva, jer bi nastalo opšte šarenilo ako bi se za svaku situaciju vršio proračun visine slova na bazi dozvoljene brzine.

¹⁴ Road Research Laboratory, Crowthorn, London, V. Britanija

7.5.6 Razmak između slova

Razmak između slova predstavlja vrlo značajan faktor, od koga u velikoj meri zavisi čitljivost znakova putokazne signalizacije.

U okviru standarda za saobraćajno pismo detaljno su date vrednosti proračunatih razmaka između slova i to za sve standardizovane visine slova.

Razmak između slova, kao što je rečeno, posebno se proračunava tako što su slova grupisana prema njihovom obliku leve i desne strane slova i uvek se posmatra odnos dodirnih strana dva susedna slova. Prilikom proračuna vodi se računa o najjisturenijim delovima slova.

a. Pismo

Za projektovanje znakova putokazne signalizacije koriste se četiri vrste pisma koja su detaljno definisana SRP standardima. To su:

- Ćirilično pismo normalne širine (SRPS.S4 203), i
- Ćirilično usko pismo (SRPS.S4 204).
- Latinično pismo normalne širine (SRPS.S4 201),
- Latinično usko pismo (SRPS S4 202),

U okviru pisma normalne širine standardizovano je sedam osnovnih grupa visina slova (70, 140, 210, 280, 350, 420 i 490 mm) i tri međuveličine (105, 175 i 245 mm), dok je za usko pismo standardizovano pet osnovnih grupa (70, 140, 210, 280 i 350 mm) i tri međuveličine (105, 175 i 245 mm). Slova koja se tretiraju kao međuveličine imaju isti tretman u primeni na saobraćajnim znakovima kao i ostala slova, a svrstana su u posebnu grupu samo zato što se njihova visina ne završava deseticom.

Odmah treba uočiti da su sve visine slova deljive sa 7. Tako, ukupna visina slova iznosi 7/7, a visina malih slova 5/7. Naravno, postoje izuzeci kao što su slova Ć, Č, p, g..., ali i tu je, sa izuzetkom velikih slova sa kvačicom, ukupna visina slova 7/7.

Standardima su definisane sve veličine neophodne za konstrukciju i izradu svakog slova, ali i za proračune razmaka između slova.

U tabeli 1 (u standardu za slova) definisane su širine svih slova i brojeva, a u tabeli 2 date su sve dimenzije za konstrukciju slova i brojeva. U tabelama 3, 4, 5 i 6 prikazani su koeficijenti pomoću kojih se izračunavaju razmaci između slova odnosno brojeva i to za različite kombinacije: samo mala slova, levo slovo veliko desno malo i samo velika slova. Ova poslednja kombinacija ne postoji kod uskog pisma, jer standardima nije predviđena mogućnost ispisivanja natpisa samo velikim slovima uskog pisma. Na kraju, u tabeli 7 (5 za uska slova) date su proračunate vrednosti koeficijenata iz tabela 3, 4, 5 i 6 za sve visine slova, s tim što su za pojedine visine slova izračunati razmaci između slova za slučaj da se znak postavlja na autoputu. Sve vrednosti prikazane su i proračunate u odnosu na visinu slova.

b. Strelice

Za sve strelice, a koristi se više tipova, zajedničko je da se svi njihovi elementi izračunavaju prema visini primenjenih slova.

Kod izbora i primene strelica za različite vrste znakova putokazne signalizacije vrlo je važno da njihova upotreba bude adekvatna tim znakovima, jer je to jedan od bitnih elemenata opredeljenja da li znakovi pripadaju autoputskoj signalizaciji ili signalizaciji na ostalim putevima.¹⁵

c. Ostali elementi¹⁶

U ovu grupu elemenata za projektovanje znakova putokazne signalizacije ubrajaju se:

- širina ivice,
- širina okvira,
- radijus okvira,
- umetnuta osnova,
- piktogrami, i
- širina ivice na mestu dodira osnova različitih boja.

7.6 Signalizacija na saobraćajnim terminalima i u sportskim objektima

Signalizacija namenjena pešacima može uslovno da se podeli na signalizaciju na otvorenim prostorima i na signalizaciju koja se koristi unutar objekata. U prvom slučaju može da se govori o parkovima, trgovima, poslovnim centrima otvorenog tipa i slično, dok bi u drugu grupu bili svrstani najpre terminali, garažni i parking prostori i sportski objekti.

Pod saobraćajnim terminalima podrazumevamo tzv. terminale daljinskog saobraćaja - aerodrome, železničke stanice, autobuske stanice, putničke luke i slično.

Informisanje putnika i ostalih korisnika na terminalima (pa i u nekim drugim javnim objektima) predstavlja značajan problem u komuniciranju pružaoca usluga, s jedne strane, i korisnika, sa druge strane. Neophodno je da se korisniku, od trenutka kada uđe na terminal ili dođe u zonu terminala, ponudi poseban sistem vođenja i informisanja kako bi bio blagovremeno i dobro informisan. To znači da će biti siguran i bezbedan, pošteđen svakog lutanja i frustracija na putu do željene tačke u terminalu ili u javnom objektu.

Sistem informisanja na terminalu sastoji se od nevizuelnog i vizuelnog komuniciranja

¹⁵ Detaljnije u knjizi **Vertikalna signalizacija** autora Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., u izdanju Saobraćajnog fakulteta u Beogradu 2003.god

¹⁶ Detaljnije u knjizi **Vertikalna signalizacija** autora Zdravković P., Stanić B., Vukanović S., i Milosavljević S., u izdanju Saobraćajnog fakulteta u Beogradu 2003.god

sa korisnicima. Nevizuelno komuniciranje obuhvata govorne informacije (razglas, informacioni punktovi sa unapred snimljenim informacijama koje putnik sam aktivira, informacioni telefoni) koje mogu da budu dopunjene pisanim informacijama postavljenim na vidna mesta radi podsećanja i smanjenja osećaja izgubljenosti koji se u ovakvim prilikama javlja kod korisnika. Ovako pisane informacije predstavljaju posebnu pomoć hendikepiranima sluhom, strancima i drugim korisnicima koji su hendikepirani u psihološkom i vizuelnom smislu.

Vizuelno informisanje korisnika, kako su ispitivanja pokazala, daleko je uspešnije od nevizuelnog, posebno govornog. Ova vrsta informisanja koristi fizičke i arhitektonske osobenosti objekta za orijentisanje korisnika i posetilaca.

Prilikom projektovanje vizuelnih informacija obavezno se vodi računa o tri osnovna parametra:

- **korisniku** odnosno posetiocu, sa svim njegovim osobenostima, uključujući njegove psihofizičke karakteristike i mentalne sposobnosti,
- **znaku**, ili nekom drugom sredstvu vizuelnog komuniciranja, i
- **položaju znaka**, uključujući fizičke karakteristike okruženja u kome se znak nalazi.

Parametar: korisnik

Faktor nespokojstva kod korisnika od nepoznatog pojavljuje se kao značajan činilac u formiranju sistema komuniciranja, pa ga treba maksimalno eliminisati uprošćavanjem načina komuniciranja između pružaoca usluga i korisnika, čime se povećava sigurnost korisnika i njihovo jednostavno upućivanje na organizovanu mrežu kretanja.

Parametar: znak

Što se tiče natpisa na znakovima, za dobru uočljivost i čitljivost poruka posebno su značajna tri uslova: odgovarajuća visina slova, razmak između slova i tip slova.

Visina slova direktno utiče na udaljenost sa koje se može pročitati poruka na znaku. Obično se visina slova određuje iz eksperimentalno dokazane činjenice da se 1 cm slova vidi sa udaljenosti od 6,2 m, ali se može i proračunati.

Razmak između slova nije uniforman i definiše se za svako slovo posebno, a zavisi od oblika susednih strana dva susedna slova. Neadekvatan razmak može bitno uticati na vizuelno smanjenje visine slova i, naravno, na čitljivost natpisa.

Izbor vrste slova vrlo često može da bude presudan za čitljivost informacije. Najčešće se koriste slova tipa UNIVERSE i HELVETICA (grupa GROTESK pisma) koja poseduju jednostavnost i dobru čitljivost. Međutim, treba znati da je prilikom istraživanja ustanovljeno da kod izvesnog broja slova i brojeva često dolazi do zamene i to obostrano ili u jednom smeru. To su:

Obostrano	Jednosmerno
-----------	-------------

O i Q	C	za	G
T i B	Y	za	D
S i 5	H	za	M ili N
I i L	J,T	za	I
X i K	K	za	R
I i 1*	B	za	R,S ili. B

Napomena: Slova označena zvezdicom čine 50 i više procenata ukupnih grešaka.

Ukoliko se za ispisivanje natpisa koristi ćirilčno pismo, broj zamena jednosmerno ili obostrano je znatno manji.

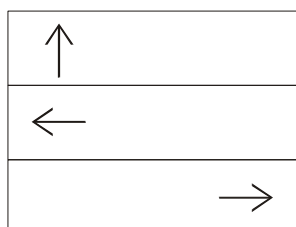
Generalno, može se reći da su blok slova čitljivija u odnosu na druga slova, a najbolja čitljivost se postiže kod bloka slova čija je širina oko 60% njihove visine.

To su uglavnom sledeći slučajevi:

Obostrano	Jednostrano
P i L	Ć za Đ
W i Q	
A i D	

Parametar: položaj znaka

Položaj ili raspored znakova takođe utiče na njegovu uočljivost i čitljivost. Jedan od bitnih elemenata koji se mora uzeti u obzir jeste čovekovo doživljavanje prostora, što je bitan uslov za pravovremeno uočavanje znakova.



Slika 7.26

Za izbor mesta postavljanja informacionih znakova značajno je držati se određenih principa i pravila:

- znaku se mora pronaći takvo mesto da korisniku bude dobro uočljiv i lako prepoznatljiv,
- ukoliko se postavljaju po vertikali (Slika 7.26), bez obzira na značaj informacije, znak sa strelicom pravo (gore, polulevo-gore, polulevo-dole) mora da se nađe na vrhu, u sredini znak sa strelicom levo i na kraju znak sa strelicom desno (poludesno-gore, poludesno-dole),
- ukoliko se postavljaju po horizontali (Slika 7.26), levo će se naći znak sa strelicom levo (polulevo-gore, polulevo-dole), u sredini je znak sa strelicom pravo i desno znak sa strelicom desno (poludesno-gore, poludesno-dole).



Slika 7.27 Pešačka signalizacija - Subotica



Slika 7.28 Turistička informaciona tabla - Kopaonik

7.7 Primer poštovanje propisa i saobraćajne signalizacije¹⁷

U praksi se pokazalo da nivo poštovanja propisa od 15% ili znatno niže ukazuje da postoji problem sa sistemom regulisanja saobraćaja kao što su : jasnoća, opravdanost, preglednost, vidljivost ili prinuda. Većina vozača poštuje opravdane poruke koje su jasno i nedvosmisleno predstavljene znakovima, a dobro projektovan rad uređaja za regulisanje saobraćaja retko zahteva dodatnu prinudu.

Primenom statističke analize se određuje minimalna veličina uzorka koji se posmatra na terenu, kako bi zaključci u vezi poštovanja signalizacije, na osnovu uzorka, bili merodavni. Obzirom na ograničeno trajanje snimanja na terenu, procene koje se projektuju na sve vozače na posmatranoj lokaciji imaju normalne statističke greške.

Veličina uzorka

Veličina uzorka koja obezbeđuje potrebnu tačnost bi trebalo da je najmanje:

$$N = \frac{Pqk^2}{E^2},$$

gde je: P – procenat vozila koja poštuju sredstvo regulisanja saobraćaja

q – procenat vozila koja ne poštuju sredstvo regulisanja saobraćaja, $q = 1 - P$

k – statistička veličina na osnovu željene sigurnosti rezultata,

k =1,96 za 95% sigurnosti

k =3,00 za 99,7% sigurnosti

E – maksimalni procenat greške koji je prihvatljiv (odstupanje),

obično u granicama 1% - 10%, što je u formuli 0,01 – 0,10

Sigurnost rezultata je statistička veličina koja predstavlja procenat svih proračuna koji bi dali rezultat iz postojećeg uzorka sa odstupanjem ne većim od $\pm E$. Da bi se proračunala potrebna veličina uzorka N, potrebno je poznavati oba parametra P i q, koji su inače poznati tek nakon sprovođenja studije. Znajući da proizvod Pq uzima najveću vrednost kada su oba parametra jednaka $P = q = 0,5$, onda će to biti inicijalne vrednosti za početak proračuna, jer daju najveću veličinu potrebnog uzorka.

Primer 1:

Potrebno je da se odredi koliko vozači poštuju znak obaveznog zaustavljanja tako da odstupanje od rezultata bude najviše 5% i to sa sigurnošću 99,7%.

Koristeći prethodnu formulu dobija se:

¹⁷ WMc Shane, R.Roess, Traffic Engineering, Prentice Hall, 1990, Prevod i prilagođavanje B Antonijević 2008 god.

$$N = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 3^2}{0,05^2} = 900,$$

Što je veliki obim uzorka koji bi zahtevao mnogo sati posmatranja na terenu. Ako bi nivo sigurnosti od 95% bio prihvatljiv, potrebna je manja veličina uzorka:

$$N = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,96^2}{0,05^2} = 384.$$

To znači da će snimanjem na terenu uzorka od 384 vozila koja prolaze pored znaka obaveznog zaustavljanja, rezultat o poštovanju signalizacije biti tačan uz odstupanje od $\pm 5\%$ i to sa sigurnošću od 95%.

Primer 2:

Rezultat posmatranja na terenu vezano za poštovanje saobraćajnog znaka STOP je sledeći:

Tabela 7.2 Snimljeni podaci

Vrsta ponašanja	Broj vozila
dobrovoljno potpuno zaustavljanje	1000
potpuno zaustavljanje zbog ukrštanja sa vozilima	30
smanjenje brzine (praktično zaustavljanje)	40
prolazak bez reagovanja na znak	10

Proračunati procenat poštovanja saobraćajnog znaka i ostale relevantne statističke veličine.

Ako je u zoni generalno poštovanje ovog znaka 75%, kakvi se zaključci mogu izvesti?

Tabela 7.3 Procenat poštovanja saobraćajnog znaka

Vrsta ponašanja	Broj vozila	Procenat
dobrovoljno potpuno zaustavljanje	1000	92,59
potpuno zaustavljanje zbog ukrštanja sa vozilima	30	2,78
smanjenje brzine (praktično zaustavljanje)	40	3,70

prolazak bez reagovanja na znak	10	0,93
Ukupno	1080	100,00

Dakle 95,37% vozača poštuje saobraćajni znak. $P = 0,9259 + 0,0278 = 0,9537$,
 $q = 1 - P = 0,0463$.

Ako bi zahtevana tačnost rezultata bila uz odstupanje od $\pm 2\%$ i to sa sigurnošću od 95%, potrebna veličina uzorka bi bila: $N = \frac{0,9537 \cdot 0,0463 \cdot 1,96^2}{0,02^2} = 424$.

Zaključak je da ako veliki procenat vozača poštuje znak, tada je potrebna veličina uzorka za tačan proračun znatno manja od inicijalne, jer je za $P \neq q \neq 0,5 \Rightarrow Pq < 0,25$.

Obzirom da je generalno poštovanje znakova u zoni 75%, može se zaključiti da je znak opravdano postavljen i da je polje vidljivosti takvo da je većini vozača neophodno potpuno zaustavljanje iako nema ukrštanja sa vozilima. ako navedene pretpostavke nisu tačne, onda treba posumnjati na problem opravdanosti postavljanja, jasnoće ili vidljivosti većine znakova u zoni, jer je znatno manje poštovanje u odnosu na posmatranu raskrsnicu.

Primer 3:

Potrebno je sprovesti istraživanje poštovanja svetlosnog signala tako da tačnost dobijenog rezultata bude sa odstupanjem $\pm 8\%$ i sa 95% sigurnosti. Kolika je neophodna veličina uzorka? Kako se ona menja ako se zahteva 99,7% sigurnosti? A kako za tačnost sa odstupanjem od $\pm 2\%$?

$$E = 0,08; \quad \text{Za sigurnost od } 95\% \Rightarrow k = 1,96 \quad N = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,96^2}{0,08^2} = 150$$

$$\text{Za sigurnost od } 99,7\% \Rightarrow k = 3,00 \quad N = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 3^2}{0,08^2} = 352$$

$$E = 0,02; \quad \text{Za sigurnost od } 95\% \Rightarrow k = 1,96 \quad N = \frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 1,96^2}{0,02^2} = 2401$$

Zaključak je da povećanje sigurnosti kao i smanjenje zahtevanog odstupanja za posledicu imaju povećanje veličine neophodnog uzorka. Pored toga veći uticaj na veličinu uzorka ima promena odstupanja, nego promena sigurnosti. Za povećanje sigurnosti od 5% potreban je 2,5 puta veći uzorak, a ako se zahteva 4 puta manje odstupanje potrebna je 16 puta veći uzorak. To znači da ako se planira relativno kratko snimanje na terenu potrebno je da zahtevano odstupanje bude veće, a sigurnost manja. Moguće je povećati sigurnost uz veće odstupanje kako bi veličina uzorka još uvek bila prihvatljiva. Međutim ako se zahteva znatno manje odstupanje snimanje na terenu postaje kompleksnije, jer je potrebna znatno veći uzorci.