

# Prometni znakovi i njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa

---

**Krištofić, Mario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:119:979245>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-01**



*Repository / Repozitorij:*

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



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

**DIPLOMSKI RAD**

**PROMETNI ZNAKOVI I NJIHOV UTJECAJ NA SIGURNOST  
CESTOVNOG PROMETA**

**TRAFFIC SIGNS AND THEIR IMPACT ON ROAD SAFETY**

**Mentor: doc. dr. sc. Dario Babić**

**Student: Mario Krištofić**

**JMBAG: 0135248685**

**Zagreb, rujan 2022.**

Zagreb, 2. ožujka 2022.

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

## **DIPLOMSKI ZADATAK br. 6613**

Pristupnik: **Mario Krištofić (0135248685)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Prometni znakovi i njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa**

### Opis zadatka:

Prometni znakovi predstavljaju dio cjelokupnog sustava prometne signalizacije te osnovna sredstva komunikacije između upravitelja cesta i sudionika u prometu. Njihova osnovna zadaća je vezane uz pružanje pravovremenih i adekvatnih informacija sudionicima u prometu. No da bi prometni znakovi mogli izvršavati svoju zadaću oni moraju biti pravilno postavljeni i dizajnirani te vidljivi sudionicima u svim vremenskim i prometnim uvjetima.

Glavni cilj ovog diplomskog rada je, na temelju pregleda dostupne znanstvene i stručne literature, utvrditi glavne spoznaje i ograničenja istraživanja vezanih uz utjecaj prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa. Također, cilj rada je i, na temelju provedene analize, definiranje smjera budućih istraživanja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

dr. sc. Dario Babić

# PROMETNI ZNAKOVI I NJIHOV UTJECAJ NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

## SAŽETAK

Prometne nesreće predstavljaju značajan društveni problem te osmi uzrok smrti na globalnoj razini. Upravo je iz navedenog razloga sigurnost cestovnog prometa jedan od ključnih fokusa EU koja je 2020. godine usvojila akcijski plan baziran na „Vision Zero“ i „Safe System Approach“ s ciljem smanjenja smrtno stradalih i teško ozlijeđenih u prometu za 50 %. Program je fokusiran na nekoliko glavnih ciljeva među kojima je i poboljšanje prometne infrastrukture u koju spada i prometna signalizacija čije adekvatno održavanje može doprinijeti povećanju prometne sigurnosti. S obzirom na to da prometni znakovi predstavljaju osnovna sredstva komunikacije između upravitelja cesta i sudionika u prometu, njihova važnost za cjelokupnu sigurnost cestovnog prometa je evidentna. Ipak, zbog kompleksnosti prometnih nesreća i niza međusobno povezanih čimbenika koji utječu na njihov nastanak, utjecaj prometnih znakova na sigurnost prometa je izrazito teško jasno definirati. Upravo je iz navedenog razloga cilj ovog diplomskog rada je provesti analizu dostupne znanstvene i stručne literature kako bi se utvrdile dosadašnje spoznaje, ograničenja i smjer budućih istraživanja vezanih uz utjecaj prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa.

**KLJUČNE RIJEČI:** prometni znakovi, prometna infrastruktura, prometna nesreća, sigurnost cestovnog prometa

## SUMMARY

Road crashes are a significant social problem and the eighth leading cause of death globally. For this reason, road safety is one of the key focuses of the EU, which in 2020 adopted an action plan based on "Vision Zero" and "Safe System Approach" with the aim of reducing fatalities and serious injuries in road traffic by 50%. The program is focused on several main goals, including the improvement of road infrastructure, which includes traffic control devices, the adequate maintenance of which can contribute to increasing road safety. Given that traffic signs are the basic means of communication between road authorities and road users, their importance for the overall safety of road traffic is evident. However, due to the complexity of road crashes and a number of interrelated factors that affect their occurrence, the impact of traffic signs on traffic safety is extremely difficult to clearly define. Therefore, the aim of this master thesis is to conduct a review of the available scientific and professional literature in order to determine the current knowledge, limitations and direction of future research regarding impact of traffic signs on road safety.

**KEYWORDS:** traffic signs, traffic infrastructure, traffic accidents, road traffic safety

## SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA	3
2.1.	Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa	4
2.1.1.	Osobne značajke vozača	5
2.1.2.	Psihofizička svojstva vozača	6
2.1.3.	Obrazovanje i kultura	7
2.2.	Vozilo kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa	8
2.3.	Cesta kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa	8
3.	PROMETNI ZNAKOVI KAO ELEMENT CESTOVNE INFRASTRUKTURE	10
3.1.	Funkcije prometnih znakova	10
3.2.	Podjela prometnih znakova prema obliku	11
3.3.	Materijali za izradu prometnih znakova	18
4.	METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA	21
4.1.	Studije vezane za percepciju prometnih znakova	21
4.2.	Studije vezane za razumijevanje prometnih znakova	28
5.	ZAKLJUČAK	50
	LITERATURA	52
	POPIS SLIKA I TABLICA	56
	POPIS KRATICA	57

# 1. UVOD

Godišnje na svjetskoj razini u prometnim nesrećama život izgubi više od 1,3 milijuna ljudi, što predstavlja neprihvatljivo visoki broj smrtnih slučajeva. Smrt i ozljede sudionika cestovnog prometa predstavljaju globalni zdravstveni i razvojni problem koji će se pogoršavati ako se ne poduzmu značajni koraci. Prometne nesreće vodeći su uzročnik smrti djece i mlađih punoljetnika u dobi od 5 do 29 godina, a osmi uzročnik smrti na svijetu za osobe svih dobnih skupina [1]. Kako bi se smanjio taj ogroman broj smrtnih slučajeva uveden je Peti Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa, koji je Vlada Republike Hrvatske donijela za razdoblje 2011. – 2020. Rezultirao je smanjenjem broja prometnih nesreća i smrtno stradalih, no da bi se ostvario osnovni cilj, odnosno ostvarenje 50 % smanjenja broja osoba poginulih u prometnim nesrećama i broja teških prometnih nesreća u cestovnom prometu izrađen je šesti Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa za razdoblje 2021. – 2030. koji je usklađen sa svjetskim i europskim smjernicama zakonske regulative iz područja sigurnosti cestovnog prometa.

Veliku ulogu u sigurnosti cestovnog prometa igra prometna signalizacija, u koju spadaju i prometni znakovi. Glavna im je zadaća osigurati informacije o opasnostima koje očekuju sudionike u prometu, a obavještavaju i o različitim zabranama, ograničenjima te obavijestima koje se mogu odnositi direktno na odvijanje prometa ili mogu obavijestiti vozače o dodatnim uslugama uz prometnice. Prometni znakovi stoga moraju udovoljiti zahtjevima čitljivosti, razumljivosti, jednoobraznosti, uniformnosti, jednostavnosti, kontinuiranosti, uočljivosti i konstantnosti kako bi se sudionicima u prometu na jasan i razumljiv način omogućilo predočavanje prometne situacije i pravovremenu reakciju.

Da bi se stanje sigurnosti u cestovnom prometu podignulo na višu razinu, mora se bitno poboljšati prometna infrastruktura. Od tri bitna čimbenika za sigurnost prometa (sudionici, vozila i cesta), prometna kultura svih sudionika, a posebno vozača, najbrže može smanjiti tragične posljedice. Ona ne traži toliko financijskih sredstava, koliko ideje te stalan i sustavan rad na njihovom usavršavanju.

Diplomskim radom obrađujući temu „Prometni znakovi i njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa“ cilj je utvrditi dosadašnje spoznaje, ograničenja i smjer budućih istraživanja vezanih uz utjecaj prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa.

Diplomski rad podijeljen je u pet cjelina, i to kako slijedi:

1. Uvod
2. Čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa
3. Prometni znakovi kao element cestovne infrastrukture
4. Metodologija i rezultati istraživanja
5. Zaključak

U drugom poglavlju navedeni su i opisani čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa. Mogu se istaknuti sljedeća tri čimbenika, a to su čovjek, vozilo i cesta od kojih čovjek igra najveću ulogu te sama njegova kultura vožnje može uvelike utjecati na smanjenje broja prometnih nesreća.

Prometni znakovi bitan su element cestovne infrastrukture te imaju veliki utjecaj na sigurnosti svih sudionika u prometu. Njihova funkcija, podjela, vrste i oblici navedeni su u trećem poglavlju ovog rada. Treće poglavlje osvrće se i na izradu prometnih znakova te je približen pojam retrorefleksije, a navedeni su i materijali koji se koriste pri izradi prometnih znakova.

Četvrto poglavlje opisuje metodologiju istraživanja koja se sastoji od četiri koraka. U prvom koraku istraživanja identificirana su pretraživanjem navedenih baza podataka pomoću ključnih riječi. U drugom koraku, identificirane su duplicirane studije koje su uklonjene. U trećem koraku je na temelju probira naslova i sažetaka provedeno prvo isključenje, dok su preostale studije ocjenjivane prihvatljivosti na temelju njihova cjelovitog teksta provedene u zadnjem koraku. Nakon cjelokupnog pregleda studija u petom poglavlju, dobivene su najrelevantnije studije koje su analizirane u dva podnaslova: „Studije vezane za percepciju prometnih znakova“ te „Studije vezane za razumijevanje prometnih znakova“.

U zadnjem poglavlju iznesena su zaključna razmatranja na temelju provedenog istraživanja.

## 2. ČIMBENICI KOJI UTJEČU NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

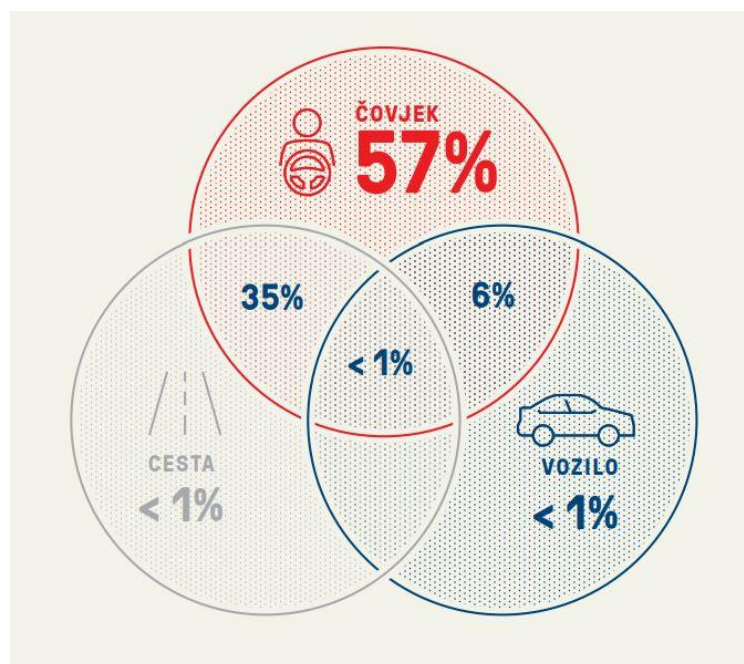
Promet je vrlo složena djelatnost pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Da bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je provesti mnoge mjere čiji je cilj otklanjanje, odnosno smanjenje opasnosti. Smatra se da je u prosjeku za 85 % nezgoda kriv čovjek, a svi ostali čimbenici čine 15 %, što je vidljivo na slici 3. Novija istraživanja pak pridaju nešto više važnosti interakciji između čovjeka i ceste, kao i međudjelovanju više čimbenika koji mogu pridonijeti ljudskim pogreškama.

Analizirajući moguće uzroke, cestovni se promet može pojednostavljeno promatrati kroz tri osnovna podsustava, a to su [2]:

- čovjek
- vozilo
- cesta i njena okolina.

Prema analiziranim podacima, čovjek je potencijalni uzrok 57 % teških prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj. U kombinaciji s cestom, čovjek je potencijalni uzrok 35 % teških prometnih nesreća, dok je u kombinaciji s vozilom potencijalni uzrok 6 % teških prometnih nesreća [1]. Spomenuti postoci te njihova korelacija prikazani su na slici 1.

U drugim zemljama ti postoci variraju u ovisnosti o stupnju razvijenosti zemlje i to tako da one bolje razvijene zemlje imaju manje postotke u kojima je čovjek potencijalni uzročnik prometnih nesreća. To je upravo zbog obrazovanja koje igra veliku ulogu u ponašanju na cesti te prometnoj kulturi. Usprkos tome, čovjek i dalje predstavlja najvećeg uzročnika nastanka prometnih nesreća.



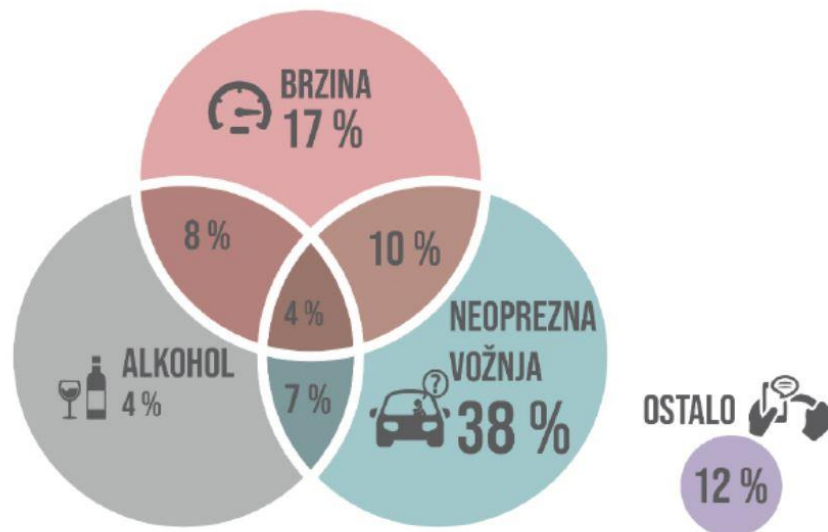
Slika 1. Korelacija čimbenika teških prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj

Izvor: [1]



Analizom okolnosti koje su prethodile nastanku teških prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj utvrđeno je da je najveći postotak od 39 % kriva brzina vožnje. Pri tome sama brzina kao potencijalni uzrok zabilježena je u oko 17 % teških nesreća. U 8 % teških nesreća uzrok je brzina u kombinaciji s alkoholom, dok je u 10 % slučajeva uzrok brzina u kombinaciji s neopreznom vožnjom. Alkohol kao potencijalni uzrok zabilježen je u 23 % teških prometnih nesreća, prilikom čega se može pretpostaviti da je vožnja pod utjecajem alkohola uzročnik oko 4% teških nesreća. Isto tako, analizom okolnosti je utvrđeno da je u čak 59 % teških prometnih nesreća neoprezna vožnja jedan od potencijalnih uzroka, dok je u 38 % teških prometnih nesreća neoprezna vožnja potencijalni glavni uzrok, što je nešto veći udio u odnosu na razvijenije zemlje Europe [1]. Postoci spomenutih uzroka nastanka prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj prikazani su na slici 2.

Može se pretpostaviti da je navedeno dijelom rezultat uzrokovan kulturološkim razlikama koje imaju izravan utjecaj i na kulturu vožnje. Neoprezna vožnja odnosi se na okolnosti nepropisnog upravljanja prijevoznim sredstvom i nepoštovanja prometnih pravila i propisa [1].



Slika 2. Glavni uzroci nastanka prometnih nesreća

Izvor: [1]

## 2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

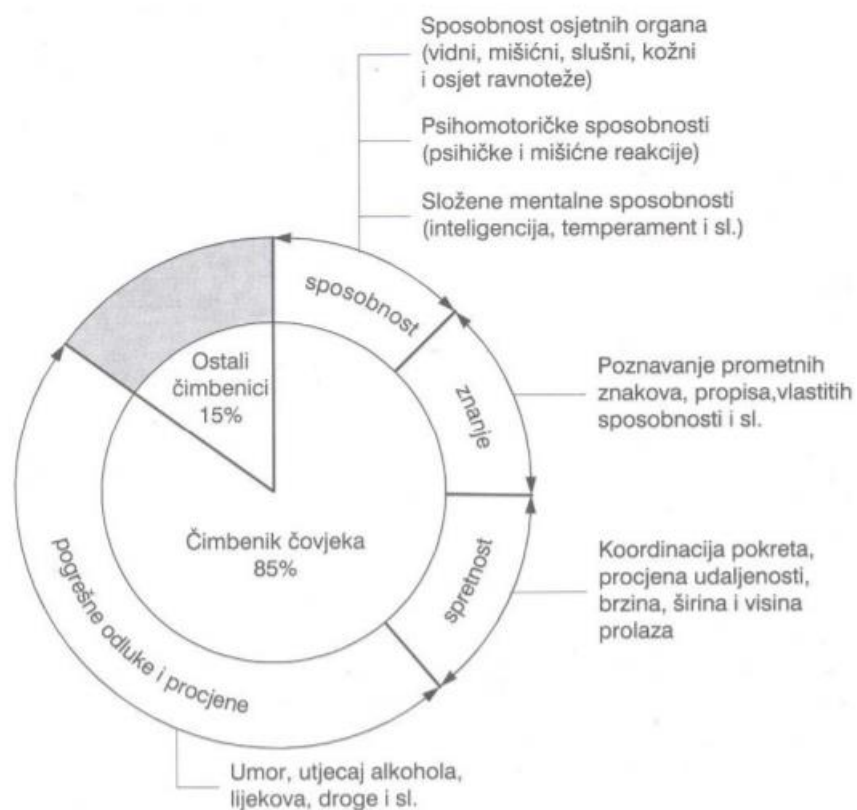
Kao što je navedeno, čovjek u najvećoj mjeri utječe na sigurnost cestovnog prometa. On svojim osjetilima prima obavijesti vezane uz prilike na cesti, te uzevši u obzir vozilo i prometne propise određuje način kretanja vozila [3].

Kada se govori o sposobnostima čovjeka, riječ je o sposobnostima osjetilnih organa (vid, sluh itd.), psihomotoričkim sposobnostima te složenim mentalnim sposobnostima (inteligencija, temperament i sl.). Znanje čovjeka igra veliku ulogu jer njegova inteligencija i razumijevanje propisa i prometnih znakova uvelike utječu na njegove reakcije te samo ponašanje na cesti. U čimbenike koji opisuju čovjeka ulazi i njegova spretnost uz pomoću koje on može pravovremenom reakcijom izbjeći prometnu nesreću ili bolje procijeniti različite

situacije na cesti prilikom vožnje, kao što su razmaci između vozila prilikom pretjecanja ili obilaženja i sl. Međutim, jedan od najčešćih čimbenika koji utječu na nastajanje prometne nesreće su pogrešne odluke i procjena vozača. U to spada umor koji vozači često olako shvaćaju te voze nenaspavani. Zatim, utjecaj droge, lijekova, alkohola i ostalih opojnih sredstava koji dovode do pogrešnih odluka te korištenjem njih vozači stvaraju opasnost za sebe i za sve ostale sudionike u prometu.

Prisutne su velike razlike u ponašanju vozača u mnogim različitim situacijama. One ovise o stupnju obrazovanja, zdravstvenom stanju, starosti, temperamentu, moralu, osjećajima, inteligenciji i sl. Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa utječu:

- osobne značajke vozača
- psihofizička svojstva
- obrazovanje i kultura



Slika 3. Osnovni elementi čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa

Izvor: [3]

### 2.1.1. Osobne značajke vozača

Osobnost je više ili manje stabilna i trajna organizacija karaktera, temperamenta, intelekta i fizičke konstitucije neke osobe koja opisuje jedinstven način prilagodbe toga pojedinca okolini. Iskazuje se stilom života ili načinom na koji se ta osoba ponaša, razmišlja i osjeća [4].

Psihički i skladno razvijena osoba preduvjet je uspješnog i skladnog odvijanja prometa. U užem pogledu mogu se obuhvatiti sljedeće psihičke osobine:

1. sposobnost – predstavlja skup urođenih i stečenih uvjeta koji omogućuju

obavljanje neke aktivnosti.

2. stajališta – stajalište vozača prema vožnji rezultat su odgoja u školi i obitelji, društva i učenja. Mogu biti privremena stajališta i stalna.

3. temperament – je urođena osobina koja se očituje u načinu mobiliziranja psihičke energije kojom određena osoba raspolaže. Prema temperamentu ljudi se mogu podijeliti na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike. Za profesionalne vozače nisu pogodne osobe koleričnog ni flegmatičnog tipa.

4. osobne crte – specifične strukture pojedinaca zbog kojih on u različitim situacijama reagira na isti način. Mogu se izdvojiti: odnos pojedinca prema sebi, prema drugima i prema radu.

5. značaj (karakter) – očituje se u moralu čovjeka i njegovom odnosu prema ljudima te prema poštivanju društvenih normi i radu.

Sve sposobnosti čovjeka razvijaju se u prosjeku do 18. godine i do 30. ostaju uglavnom nepromijenjene. Od 30. do 50. dolazi do blagog pada tih sposobnosti, a od 50. taj je pad znatno brži. Istraživanja su pokazala da je 65. godina gornja granica [2].

### *2.1.2. Psihofizička svojstva vozača*

U psihofizička svojstva vozača ubrajaju se funkcije organa osjeta, psihomotoričke sposobnosti i mentalne sposobnosti. Sva tri spomenuta svojstva predstavljaju iznimnu važnost prilikom novonastalih situacija u prometu s kojima se vozači svakodnevno susreću.

Najvažniju od svih uloga ima organ vida pomoću kojeg čovjek dobiva 90 % informacija koje su mu potrebne za donošenje ispravne odluke prilikom sudjelovanja u cestovnom prometu te se tako može zaključiti da je vidljivost jedan od ključnih elemenata cestovne sigurnosti [5].

#### **Osjet vida**

Ljudski vidni sustav je u velikoj mjeri fleksibilan i prilagođava se različitim uvjetima, odnosno razinama sjajnosti.

Prema razinama sjajnosti razlikuju se tri vrste ljudskog viđenja [5]:

1. fotoskopsko viđenje (dnevni vid) – predstavlja adaptiranost oka na sjajnosti veće od 3 cd/m<sup>2</sup> kada čunjići u središnjem dijelu mrežnice imaju glavnu ulogu

2. skotopsko viđenje (noćni vid) – predstavlja viđenje ljudskog oka adaptiranog na vrlo niske razine sjajnosti (ispod 0,05 cd/m<sup>2</sup>) tijekom kojeg su aktivni receptori štapići; s obzirom na to da su glavni receptori štapići, skotopsko viđenje karakterizira niska oštrina vida te manjak osjećaja za boje pa se stoga boje ne raspoznaju (svi objekti izgledaju sivi)

3. mezopsko viđenje (viđenje u sumraku) – viđenje pri sjajnostima koje su između skotopske i fotopske granične razine; karakterizira ga miješana aktivacija i čunjića i štapića

Osim spomenutih vrsta ljudskog viđenja, elementarne funkcije vida su [5]:

- adaptacija – predstavlja prilagodbu oka na sjajnost u vidnom polju koja se ostvaruje promjenom otvora zjenice u relaciji s fotokemijskim promjenama na mrežnici

- akomodacija – sposobnost oka za izoštravanje slike objekta koji je predmet promatranja, odnosno sposobnost leće da mijenja svoju dioptrijsku jakost kako bi vidjeli i

udaljene i bliske predmete

- oštrina vida – jedna od najvažnijih elementarnih funkcija vida koja predstavlja sposobnost odvojenog zapažanja vrlo bliskih susjednih linija, odnosno sposobnost oka da raspoznaje fine detalje
- osjet na kontrast – sposobnost uočavanja razlike izgleda dvaju područja vidnog polja koji su promatrani istovremeno ili uzastopno
- brzina zapažanja – predstavlja recipročnu vrijednost vremenskog intervala između pojave nekog objekta u vidnom polju i raspoznavanja njegovog oblika
- dubinsko viđenje – sposobnost razlikovanja razmaka između dvaju objekata koji se nalaze na različitim udaljenostima
- aberacija – Predstavlja svako odstupanje od savršene slike u žarištu optičkog sustava ljudskog oka te se dijeli na sfernu i kromatsku
  - a) sferna aberacija – zrake svjetla, koje ulaze u oko sa strane, ne koncentriraju se u istoj ravnini kao one koje ulaze centralno
  - b) kromatska aberacija – leća oka različito lomi svjetlosne zrake različitih valnih duljina [5].

**Psihomotoričke sposobnosti** omogućuju uspješno izvođenje pokreta koji zahtijevaju brzinu, preciznost i usklađen rad raznih mišića. Pri upravljanju vozilom najvažnije psihomotoričke sposobnosti su brzina reagiranja, brzina izvođenja pokreta te sklad pokreta i opažanja.

Vrijeme reagiranja jest vrijeme koje prođe od trenutka pojave nekog signala ili neke određene situacije do trenutka reagiranja nekom komandom u vozilu. To vrijeme iznosi između 0,5 i 1,5 sekunde [2]. Brzina reagiranja tj. vrijeme reagiranja ovisi o individualnim značajkama vozača odnosno o vozačevom psihofizičkom stanju (godine starosti, jačina podražaja, složenost prometne situacije, mentalna stabilnost vozača, umor, brzina vožnje, vremenski uvjeti itd.).

Vrijeme reagiranja sastoji se od vremena zamjećivanja (primanje nekog vanjskog podražaja, ponajprije osjetom vida), vremena prepoznavanja (izdvajanje kritičnog detalja, tj. stupnja opasnosti, npr. pješak na cesti), vremena procjene (donošenje odluke na temelju primijećenih odnosa, tj. treba li kočiti, skretati, i sl.) te vremena akcije (u kojem se realiziraju donesene odluke).

Mentalne sposobnosti vozača podrazumijevaju mišljenje, pamćenje, inteligenciju, učenje, itd. Vozač s dobro razvijenim mentalnim sposobnostima bolje upoznaje svoju okolicu i uspješno se prilagođuje okolnostima. Jedna od važnijih mentalnih sposobnosti je inteligencija jer ona predstavlja sposobnost snalaženja u novonastalim situacijama uporabom novih, nenaučenih reakcija [2].

### *2.1.3. Obrazovanje i kultura*

Obrazovanje i kultura također čine važne čimbenike u međuljudskim odnosima u prometu. Vozači koji su stekli određeno obrazovanje poštuju prometne propise i odnose se ozbiljno prema ostalim sudionicima u prometu. Učenjem se postiže nužno znanje koje je

potrebno za normalno odvijanje prometa, a tu se mogu ubrojiti poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa, poznavanje kretanja vozila te razvijena samosvijest o vlastitim sposobnostima [3].

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

Vozilo svojim konstrukcijskim i eksploatacijskim značajkama bitno utječe na sigurnost odvijanja prometa. Prema statističkim podacima smatra se da je za 3 - 5 % prometnih nesreća kriva tehnička neispravnost vozila [3]. Taj postotak razlikuje se u manje razvijenim zemljama. U Republici Hrvatskoj, u kojoj prosječna starost voznog parka iznosi 14,3 godine, dolazi se do pitanja jesu li sva vozila koja se svakodnevno kreću cestovnim prometnicama zaista tehnički potpuno ispravna [6].

Elementi vozila koji utječu na sigurnost mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. Aktivni elementi oni su elementi čija tehnička rješenja pokušavaju spriječiti nastanak prometne nesreće, dok su pasivni elementi oni koji u slučaju nastanka prometne nesreće nastoje ublažiti posljedice [2].

Aktivni elementi sigurnosti vozila su : kočnice, upravljački mehanizam, pneumatici, svjetlosni i sigurnosni uređaji, uređaji koji povećavaju vidno polje vozača, konstrukcija sjedala, usmjerivači zraka, uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila itd., dok se u pasivne elemente ubraja: karoserija vozila, vrata, sigurnosni pojasevi, nasloni za glavu, vjetrobranska stakla i ogledala,

- položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora, odbojnik, sigurnosni zračni jastuk itd. [2].

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

Kako bi cesta kao čimbenik sigurnosti prometa bila što manji uzrok nastanka prometnih nesreća, potrebno je posvetiti veliku pažnju projektiranju novih cesta, rekonstrukciji postojećih cestovnih mreža te njihovim pravovremenim i odgovarajućim održavanjem tijekom eksploatacije. Cestu kao čimbenik sigurnosti obilježavaju [2]:

- trasa ceste
- tehnički elementi ceste
- stanje kolnika
- oprema ceste
- rasvjeta ceste
- križanja
- utjecaj bočne zapreke
- održavanje ceste.

Trasom ceste određuje se smjer i visinski položaj ceste. Ona se sastoji od pravaca, zavoja i prijelaznih zavoja, stoga ti elementi trebaju biti izabrani tako da omogućuju sigurno kretanje vozila po određenoj računskoj brzini. Trasa ceste treba biti homogena, odnosno treba

omogućavati jednoliku brzinu kretanja vozila. Duljine pravaca i zavoja treba međusobno uskladiti zbog sigurne vožnje. Također, osim tehničke sigurnosti, potrebno je osigurati psihološku sigurnost koja ovisi o tome kako na vozača djeluje okolni teren.

Tehnički elementi ceste važan su čimbenik sigurnosti prometa. Npropisna širina kolnika velika je opasnost za sigurnost prometa, dok se povećanjem širine bankine znatno smanjuje broj prometnih nesreća. Ispitivanja su pokazala kako je maksimalna duljina ceste u pravcu ovisna o sigurnosnoj sposobnosti vozača te se kreće od 2 do 4 km. Također, istraživanja su pokazala da se broj prometnih nesreća naglo povećava u zavojima čiji je polumjer manji od 150 m . [3] Isto tako prevelik uzdužni nagib utječe na sigurnost prometa, a mora biti takav da ne zahtijeva čestu promjenu brzine.

Zbog stanja kolnika nastaje velik broj prometnih nesreća jer se smanjuje koeficijent trenja između kotača i kolnika gdje veliku ulogu imaju pneumatici. Nadalje, prometne nesreće nastaju zbog oštećenja gornje površine kolnika, odnosno pojavom tzv. udarnih rupa. Dobrim prijanjanjem pneumatika sprječava se klizanje vozila, bilo u uzdužnom ili poprečnom smjeru. Na smanjenje prijanjanja znatno utječu: mokr zastor, vodeni klin, onečišćen i blatan zastor, neravnine na zastoru, nagib ceste, snijeg, led, temperatura i sl. Oštećenje kolnika nastaje zbog dotrajalog zastora, njegove slabe kvalitete, lošeg održavanja i posljedica smrzavanja.

Dobrom opremom ceste povećava se sigurnost vozača, što je jako bitno pri velikim brzinama i pri velikoj gustoći prometa. Opremu ceste čine: prometni znakovi, kolobrani, ograde, živice, smjerokazi, kilometarske oznake, snjegobrani i vjetrobriani. Prometni znakovi su najvažniji elementi opreme ceste, a svaki znak mora prikazati realnu situaciju i upozoriti na eventualnu opasnost dijela ceste na kojem je postavljen.

Rasvjeta ceste nužan je preduvjet za sigurno odvijanje prometa jer se znatan dio prometa odvija noću. Dobrom rasvjetom povećava se udobnost vožnje te se smanjuje umor vozača. Ceste izvan naselja nije potrebno osvjetljavati, osim kritičnih mjesta kao što su prijelazi za pješake, križanja i sl. Posebna pozornost treba se obratiti kod osvjetljavanja ulaza u tunel zbog prilagodbe oka vozača na svjetlo i tamu.

Veliku ulogu u sigurnosti cestovnog prometa također ima i redovno održavanje ceste i svih njenih elemenata. Lošim održavanjem i nepravilno postavljenom prometnom signalizacijom pridonosi se povećanju broja prometnih nesreća. Zbog toga je izrazito bitno provođenje preventivnih mjera sprječavanja nastanka prometnih nesreća, provođenje revizija i inspekcija prometnica i prometne opreme [2].

### 3. PROMETNI ZNAKOVI KAO ELEMENT CESTOVNE INFRASTRUKTURE

Vertikalna signalizacija, obično poznata kao prometni znakovi bitan je element moderne i dobro održavane cestovne infrastrukture. Pomaže u regulaciji prometa, pruža ključne vizualne upute, upozorava vozače na opasnost na cestama te im daje vrijeme za pregled i donošenje odluke tijekom noćne vožnje. Funkcionalnost prometnih znakova ovisi o njihovoj vidljivosti i prepoznatljivosti tijekom dana i noći. Tijekom dana to zahtijeva da boje lica znaka i simbola ne izbljede na način da postane nemoguće prepoznati poruku koju znak pokušava prenijeti. Osim toga, tijekom noći, znak bi trebao moći reflektirati svjetlo od prednjih svjetala vozila koje se približava natrag do vozača tog vozila. To zahtijeva da se prometni znakovi periodički održavaju i mijenjaju bilo kada njihova vizualna izvedba počne padati ispod željene razine ili u slučaju oštećenja znakova. U praksi mnogi prometni znakovi ne ispunjavaju svoju osnovnu funkciju, stvarajući tako sve opasnije cestovno okruženje za sve korisnike, a posebno za vozače koji ne poznaju cestu.[8]

#### 3.1. Funkcije prometnih znakova

Osnovne funkcije prometnih znakova možemo podijeliti na upravljanje, reguliranje, orijentiranje (usmjeravanje) te informiranje. Kako bi prometni znakovi mogli izvršiti svoju funkciju, oni moraju biti pravilno dizajnirani i projektirani, odnosno moraju zadovoljiti osnovne zahtjeve [5]:

- zahtjev čitljivosti - svi elementi znaka moraju biti lako i brzo čitljivi kako bi korisnicima mogli pravovremeno prenijeti informaciju koju nose
- zahtjev razumljivosti – znakovi moraju biti koncipirani i prezentirani na način da svim korisnicima prometnog sustava daju istu informaciju
- zahtjev jednoobraznosti – znakovi moraju biti jednoobrazni bez obzira na kojem se dijelu prometne mreže nalaze
- zahtjev uniformnosti - sva mjesta na prometnim mrežama koja imaju slična obilježja moraju biti na isti način opremljena prometnim znakovima
- zahtjev jednostavnosti – znakovi moraju biti na onoj razini detaljnosti koja osigurava njihovu potpunu efikasnost
- zahtjev kontinuiranosti – znakovi moraju biti izvedeni kontinuirano kako bi korisnici prometnih mreža bili kvalitetno informirani duž cijele mreže
- zahtjev uočljivosti – kako bi korisnik mogao pravovremeno razumjeti informaciju koju nosi prometni znak, isti mora biti jasno uočljiv u svim vremenskim uvjetima te u vlastitoj okolini (drveća, stupovi rasvjete, razni drugi objekti itd.)
- zahtjev konstantnosti – znakovi moraju zadržati potpuno isti izgled što se tiče oblika, veličine i boje u dnevnim i noćnim uvjetima.

### 3.2. Podjela prometnih znakova prema obliku

Prema obliku (slika 4) prometni znakovi pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama podijeljeni u tri skupine, i to [7]:

1. oblik jednostraničnog trokuta – predstavljaju znakove opasnosti koji sudionicima u prometu označuju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem u prometu prijeti opasnost.
2. oblik kruga – predstavljaju znakove izričitih naredbi koji stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze
3. oblik kvadrata ili pravokutnika – predstavljaju znakove obavijesti koji sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti.



Slika 4. Osnovni oblici prometnih znakova

Izvor: Autor

Uz tri osnovna oblika prometnih znakova, u primjeni je i pet posebnih oblika (slika 5) u kojima se izrađuju prometni znakovi čije se značenje želi posebno istaknuti:

- 1) oblik osmerokuta - znak „obavezno zaustavljanje“;
- 2) oblik obrnuto okrenutog trokuta - znak „križanje s cestom s prednošću prolaza“;
- 3) oblik pravokutnika u obliku slova X - označava znak „Andrijin križ“;
- 4) oblik romba - znak „cesta s prednošću prolaza“ i završetak ceste s prednošću prolaza;
- 5) oblik pravokutnika s završetkom u obliku strelice - predstavlja znak „putokaz“.



Slika 5. Posebni oblici prometnih znakova

Izvor: Autor



Osim prema obliku, prometni znakovi razlikuju se i prema osnovnim bojama. Boje s kojima se obilježavaju prometni znakovi i simboli u njima, pobliže određuju njihovo značenje, odnosno određuju način postupanja sudionika u prometu prema tim bojama i simbolima u njima. Osnovne boje prometnih znakova su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i crna boja, a za posebne uvjete narančasta i smeđa boja [8].

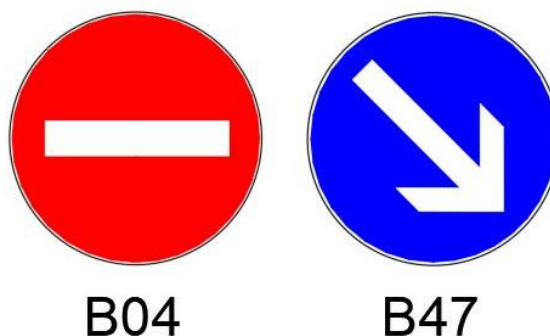
Osnovna boja znakova opasnosti je bijela. Boja rubova trokuta je crvena, a simboli na znakovima su crne boje kao što se može vidjeti na slici 4. Simboli na svim znakovima opasnosti crne su boje, osim znaka koji obilježava „nailazak na prometna svjetla“. Njegova oznaka je A14 te A14–1, a ti znakovi označavaju blizinu raskrižja ili obilježenog pješačkog prijelaza na kojem je promet upravlján uređajima za davanje znakova prometnim svjetlima [6]. Na slici šest nalazi se prikaz takvih znakova.



Slika 6. Znakovi opasnosti A14, A14-1

*Izvor: Autor*

Znakovi izričitih naredbi u obliku su kruga, ali prema značenju podijeljeni su u dvije skupine, i to na znakove zabrane, odnosno ograničenja i na znakove obveze. Osnovna boja znakova zabrane, odnosno ograničenja, jest bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane, odnosno ograničenja, crne su boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte na znakovima izričitih naredbi na kojima postoje crvene su boje. Primjeri tih znakova prikazani su na slici 7 u nastavku.



Slika 7. Znak B47 - obavezno obilaženje (desno) i znak B04 - zabrana prometa u jednom smjeru (lijevo)

*Izvor: Autor*

Znakovi obavijesti su oblika pravokutnika, kvadrata ili kruga (slika 8), a njihove boje mogu biti:

- 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.


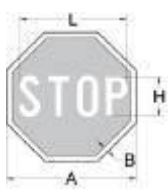
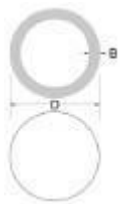
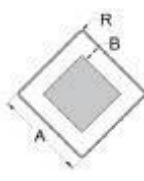
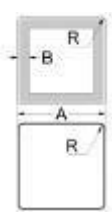
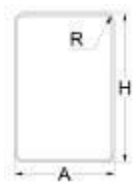



Slika 8. Neki od znakova obavijesti

*Izvor: Autor*

Dimenzije prometnih znakova određuju se u skladu s vrstom ceste, odnosno s propisanim ograničenjem brzine na pojedinoj cesti. Te dimenzije definirane su Tehničkim specifikacijama prometnih znakova, oznaka na kolniku i opreme za ceste, a nalaze se u Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opreme na cestama. Oblici, razredi veličina te dimenzije pojedinih elemenata prometnih znakova koje su najčešće u upotrebi prikazani su u tablici 1. [7].

Tablica 1. Oblici, razredi veličina i dimenzije pojedinih elemenata prometnih znakova

Oblik prometnog znaka	Element znaka	Dimenzije pojedinih elemenata			
		Autoceste i brze ceste	Ostale javne ceste i glavne gradske prometnice	Ostale ceste i prometne površine	Tuneli, galerije i javne garaže (minimalno)
Razred veličine		1	2	3	4
	A	1200	900	600	400
	B	108	81	54	36
	R	35	35	35	35
	A	900	600	600	400
	B	36	24	24	16
	H	315	210	210	140
	L	680	450	450	330
	D	900	600	400	300
	B	90	60	40	30
	A	900	600	600	300
	B	162	108	108	54
	R	25	25	25	25
	A	900	600	400	300
	B	100	66	44	33
	R	25	25	25	25
	A	900	600	400	300
	H	1350	900	600	450
	R	25	25	25	25
	A	900	600	400	400
	R	25	25	25	25

Izvor: [7]

Ipak, najvažnija podjela prometnih znakova je prema njihovoj funkciji, odnosno značenju te se prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama znakovi dijele na sljedeći način [7]:

1. znakovi opasnosti
2. znakovi izričitih naredbi
3. znakovi obavijesti
4. znakovi obavijesti za vođenje prometa
5. dopunske ploče
6. promjenjivi prometni znakovi

Znakovi opasnosti imaju oblik jednakostraničnog trokuta, a označavaju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost. Postavljaju se izvan naselja na udaljenosti 150 – 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Mogu se postavljati i na manjoj ili većoj udaljenosti, ali je tada uz prometni znak potrebno postaviti i dopunsku ploču s upisanom udaljenosti. Na nepreglednim dijelovima cesta te u drugim slučajevima u kojima postoji opasnost da vozač iznenada i nepripremljen naiđe na opasno mjesto na cesti, znak opasnosti može se ponoviti više puta ispred opasnog mjesta te će se u tim slučajevima postaviti i dopunske ploče s naznakom udaljenosti do opasnog mjesta [7]. Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u cestovnom prometu zabrane, ograničenja i obveze. U pravilu su okruglog oblika osim križanja s cestom s prednošću prolaska i obaveznog zaustavljanja. Postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obaveza postupanja po naredbi izraženoj prometnim znakom. Ako se postavljaju na određenoj udaljenosti od mjesta početka naredbe, obavezno im se pridružuje dopunska ploča. Znakovi izričitih naredbi moraju se ponovno postaviti nakon svakoga raskrižja ako izričita naredba vrijedi i poslije takvog raskrižja. Za označavanje izričitih naredbi koje vrijede samo za određeno vrijeme tijekom dana ili samo u određene dane mogu se na cesti postavljati i prometni znakovi izrađeni tako da su simboli i dopunske ploče kojima je određeno njihovo značenje uočljivi samo u vrijeme za koje vrijedi izričita naredba izražena znakom. Znakovi izričitih naredbi s promjenjivom porukom postavljaju se uvijek iza stalnih znakova izričitih naredbi [7].

Znakovi obavijesti sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti. Imaju oblik kvadrata, pravokutnika ili kruga, a postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose. Ako se objekt ili sadržaj na koji se znak obavijesti odnosi ne nalazi na cesti na kojoj je prometni znak postavljen, potrebna obavijest može biti postavljena na dopunskoj ploči ili na samom znaku tako da se sudionicima u prometu omogući lak i brz pronalazak objekata, odnosno sadržaja na koji se znak odnosi. Ispod pojedinih znakova obavijesti može se simbolom ili natpisom označiti naziv, vrsta, udaljenost u metrima ili smjer u kojem se nalazi mjesto, sadržaj, uređaj ili služba na koje se prometni znak odnosi. U tom slučaju plavo polje ispod simbola znaka se povećava i znak iz kvadratnog oblika prelazi u pravokutni oblik [7].

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavješćuju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, raskrižjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta.

Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa je:

- 1) na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- 2) na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje
- 3) na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje
- 4) za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje.

Na istom znaku (ploči) mogu se na osnovnu podlogu umetnuti podloge odgovarajućih boja ovisno o vrsti ceste koja vodi do naznačena odredišta. Veličine znakova obavijesti za vođenje prometa ovise o visini i broju pojmova (slova) na znaku. Najmanje visine pojmova definirane su u tablici 2. [7].

Tablica 2. Najmanje visine pojmova (slova) na znaku

Područje primjene	Posebni uvjeti	Visina slova i simbola, cm
Autocesta	Prometni znak postavljen iznad kolnika	35
	Prometni znak postavljen sa strane kolnika	28
Brza cesta i cesta namijenjena isključivo za promet motornih vozila	Prometni znak postavljen iznad kolnika	35
	Prometni znak postavljen sa strane kolnika	28
Priključna cesta na autocestu ili brzu cestu	-	21 (iznimno 17,5)
Državne ceste, županijske ceste i višetračne gradske ulice	-	17,5 (iznimno 14,0 ili 10,5)
Sve ostale ceste i ulice	-	10,5

Izvor: [7]

Obavješćivanje sudionika u prometu prometnim znakovima obavijesti za vođenje prometa provodi se u pet stupnjeva, i to [7]:

1. prethodno obavješćivanje
2. obavješćivanje o smjeru kretanja
3. obavješćivanje o prestrojavanju
4. obavješćivanje o skretanju
5. potvrdno obavješćivanje.

Na autocestama i brzim cestama mora se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti. S druge strane, na mjerodavnim raskrižjima državnih i županijskih cesta, a ovisno o svrsi i cilju vođenja prometa, mora se postaviti najmanje drugi i četvrti stupanj, a treći ako je cesta s tri i više prometnih traka. Na mjerodavnim raskrižjima svih ostalih cesta, a ovisno o svrsi i cilju vođenja prometa, mora se postaviti najmanje četvrti stupanj obavijesti. Ovisno o vrsti i

kategoriji ceste, geometrijskom oblikovanju raskrižja te o udaljenosti dvaju susjednih raskrižja, može se izostaviti ili dodati jedan od stupnjeva obavijesti, osim četvrtog stupnja obavijesti koji je obavezan [7].

Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka, a mogu biti postavljene uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi, znakove obavijesti i znakove obavijesti za vođenje prometa. Iznimno, privremene dopunske ploče postavlja pravna osoba koja održava cestu te policija u određenim uvjetima. Dopunske ploče koje se postavljaju privremeno moraju se ukloniti nakon što prestanu razlozi zbog kojih su postavljene. Širina dopunske ploče postavljene uz prometni znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka [7].

Osim stalnih prometnih znakova, na cestama imamo i promjenjive prometne znakove koji se ne smiju bitno razlikovati od stalnih, kako po sadržaju, tako ni po dimenzijama, a postavljaju se na mjestima gdje je veće prometno opterećenje, gdje je povećani rizik od nastanka prometne nesreće te na mjestima gdje postoji potreba za fleksibilnim prometnim sustavom promjene režima prometovanja.

Promjenjive prometne znakove možemo podijeliti na kontinuirane i nekontinuirane. Kontinuirani su oni koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina razlika je da uporabom električnih sredstva mogu prikazati različite poruke. S druge strane, nekontinuirani znakovi su oni koji znakove, simbole i ostale tekstualne poruke prikazuju upotrebom svjetlećih elemenata [5].

### 3.3. Materijali za izradu prometnih znakova

Kako bi prometni znakovi ispunjavali svoju funkciju, oni moraju biti pravovremeno vidljivi svim sudionicima u prometu u svim vremenskim i prometnim uvjetima, odnosno moraju imati zadovoljavajuća retroreflektirajuća svojstva [9].

Retroreflektivnost je sposobnost znaka da reflektira svjetlost od prednjih svjetala vozila natrag prema očima vozača. Obično se mjeri u kandelama/luksima/kvadratnom metru. Različiti stupnjevi materijala za oblaganje znakova proizvode različite razine retroreflektivnosti. Razlike u razinama retroreflektivnosti između vrsta ploča rezultat su elemenata koji se koriste za pripremu materijala. [10]

U suvremenom se prometu, za izradu vertikalne prometne signalizacije, koriste tri vrste retroreflektirajućih materijala razvrstanih u klase:

1. materijali klase I – Engineer Grade
2. materijali klase II – High Intensity Grade
3. materijali klase III – Diamond Grade

**a) Materijal klase I – Engineer Grade** (od 1959. godine); sastoji se od zaštitnog sloja i ljepila te nosivog sloja na čijem je vrhu tanak retroreflektirajući sloj. Iznad retroreflektirajućeg sloja nalazi se međuovojnica u koju su uvezane staklene perle. S prednje strane materijala nalazi se tanki prozirni sloj koji sprječava kontakt zraka i atmosferilija sa staklenim perlama te na taj način štiti materijal od vanjskih utjecaja (sunčevih zraka, prašine, vode itd.). Također, gornji prozirni sloj daje i pigment materijalu, odnosno na temelju njega će se odrediti boja cjelokupnog materijala. Svjetlost prilikom dolaska na materijal, u najvećoj mjeri prolazi kroz gornji prozirni sloj (manjoj mjeri se difuzno reflektira) te dolazi do staklenih perli (mikrokuglica). Na prednjoj strani staklene perle svjetlost se lomi i prolazi kroz nju do stražnje strane gdje se ponovno lomi i izlazi iz staklene perle. Nakon izlaska iz staklene perle svjetlost dolazi do reflektirajućeg sloja od kojeg se reflektira i vraća nazad na stražnju stranu perle gdje se proces ponavlja. Na taj način svjetlost se retroreflektira nazad prema izvoru, odnosno prema vozaču. S obzirom na to da se kod materijala klase I svjetlost lomi minimalno četiri puta (kod svakog ulaska i izlaska iz staklene perle, kao i samog materijala), dolazi do značajne disperzije i gubitka svjetlosti [5].

Danas se klasa I izrađuje uglavnom od trajnog materijala s mikroprizmama koje su oblikovane u prozirnoj sintetskoj smoli te su hermetički. Karakterizira ih niska vrijednost retrorefleksije od  $70 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$  te se zbog toga primjenjuju se u područjima slabijeg intenziteta prometa s manjim brzinama vožnje, a jamstvo trajnosti takvih materijala je sedam godina. Izgled folija nalazi se na slici 9. [5].



Slika 9. Izgled folija materijala klase I

Izvor: [https://www.raos.hr/hrvatski/detalji-proizvoda\\_14/3m-engineering-grade-eg-reflektirajuće-folije\\_423/](https://www.raos.hr/hrvatski/detalji-proizvoda_14/3m-engineering-grade-eg-reflektirajuće-folije_423/)  
(Dostupno: 12.05.2022.)

**b) Materijal klase II – High Intensity Grade** čija retroreflektirajuća folija sadrži staklene mikrokuglice (slika 10), počeo se primjenjivati od 1971. godine. Spomenute mikrokuglice nisu ulijevane u plastiku, nego su zalijepljene na plastični nosivi sloj, a njihov gornji dio nalazi se u zraku napunjenoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem. Kao i kod materijala klase I, danas se materijali klase II izrađuju i s mikroprizmama. Zbog kvalitetnije izrade, materijali klase II vidljivi su čak i iz širokih kutova gledanja, a jamstvo proizvođača u pravilu iznosi 10 godina te se primjenjuju na cestama s većim brzinama (autoceste i brze ceste) i na znakovima od velike važnosti za sigurnost prometa (stop znak, znak za označavanje radova na cesti, pješački prijelaz...).



Slika 10. Izgled folija materijala klase II

Izvor: <https://shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/> (Dostupno: 12.05.2022.)

**c) Materijal klase III – Diamond Grade** (od 1990. godine) predstavlja punu kockastu prizmatičnu reflektirajuću foliju (slika 11) koja vraća gotovo 60 % dostupnog svjetla vozačima vozila, što je otprilike dvostruko više od HIP reflektirajuće folije. Slično kao i druge dvije gore spomenute folije, reflektirajuća folija s „dijamantom“ ima ljepilo osjetljivo na pritisak i nanosi se na (obično) alodiziranu ili anodiziranu aluminijsku foliju bilo ručnim



valjkom ili mehaničkim laminatorom/aplikatorom sa stiskajućim valjkom. Ovaj materijal se može ukasiti ili sitotiskom ili korištenjem prozirne folije koja dolazi u različitim bojama na koje se oslikavaju simboli znaka [11].



Slika 11. Izgled folija materijala klase III

Izvor: <https://shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/> (Dostupno: 12.05.2022.)

Retroreflektirajuća folija materijala klase III može se podijeliti u četiri skupine:

- 1. V.I.P. (Visual Impact Performance)** - predstavlja tip folije koji je pogodan za postavljanje uz prometnice unutar gradova zbog toga jer najveću učinkovitost ostvaruju na kraćim udaljenostima.
- 2. L.D.P. (Long Distance Performance)** - predstavlja tip folije za proizvodnju znakova koji se postavljaju na prometnice na kojima se ostvaruju velike brzine te je potrebno uočiti znak s velike udaljenosti kako bi vozač stigao pravovremeno reagirati. Tu spada autocesta te brza cesta.
- 3. Fluorescent** - pomoću fluorescentnih boja, takve folije povećavaju vidljivost i privlače pažnju čak i danju [5].
- 4. DG<sup>3</sup>** – folije dizajnirane tako da stvaraju veću retrorefleksiju prednjih svjetla u novijim modelima automobila, kao i da pomognu starijim vozačima s većom luminiscencijom, kao i vozačima kamiona čija svjetla mogu bolje i na većim udaljenostima prepoznati znakove koji koriste DG<sup>3</sup>. Dostupne boje zaliha uključuju bijelu, žutu, narančastu, crvenu, zelenu, plavu i smeđu. Dostupna je i druga boja, fluorescentno žuto-zelena, koja se koristi prvenstveno u školskim zonama, a ima vrhunsku luminiscenciju i danju i noću [11].

## 4. METODOLOGIJA I REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Pretraživanje literature obavljeno je korištenjem sljedećih izraza: “percepcija prometnih znakova” (perception of traffic signs) i “razumijevanje prometnih znakova” (understanding of traffic signs). Pretraživanje je provedeno na sljedećim bazama podataka: Web of Science, Current Content, Science Citation Indeks Expanded, Transportation Research Record te Scopus. Pretraživanje baze podataka obavljeno je 20. srpnja 2022.

U prvom koraku istraživanja identificirana su pretraživanjem navedenih baza podataka pomoću ključnih riječi. U drugom koraku, identificirane su duplicirane studije uklanjaju se. Na temelju probira naslova i sažetaka provedeno je prvo isključenje dok su preostale studije ocjenjivane prihvatljivosti na temelju njihova cjelovitog teksta. Metodološki prikaz opisanog postupka istraživanja predložen je u nastavku.

Studije koje su uključene u ovaj pregled zadovoljile su jedan od sljedećih kriterija: 1) razdoblje objavljivanja između 1. 1. 1960. i 30. 6. 2022.; 2) objavljeno u recenziranom časopisu na engleskom jeziku ili u zborniku radova s konferencije; 3) studije koje su se fokusirale samo na fiksne okomite cestovne prometne znakove (isključeni su znakovi s promjenjivim porukama); 4) tema istraživanja koja se odnosi na percepciju i razumijevanje prometnih znakova vozača automobila; i 5) istraživanja čiji su predmet bili vozači osobnih vozila (isključena su istraživanja koja se odnose na pješake, bicikliste, motocikliste).

Podatci izvučeni iz svake studije uključivali su: ime(na) autor(a), godinu izdanja, cilj studije, metodologiju istraživanja, veličinu uzorka (ako je primjenjivo), glavne nalaze i rezultate kao i ograničenje studije i buduće preporuke.

Na temelju opisane metodologije, početno pretraživanje identificiralo je ukupno **1969 studija** kao što je prikazano na slici 12. U sljedećem koraku, identificirano je **459** istraživanja koje je pronađeno u nekoliko baza podataka (dvostruke studije). Pregledom naslova, sažetaka i ključnih riječi na temelju kriterija uključivanja eliminirano je daljnjih **1398** zapisa ostavljajući **112** članaka za daljnju procjenu. Nakon isključivanja daljnjih **81** članaka iz raznih razloga pregledom njihovog cjelokupnog teksta, **31** članaka zadovoljio je kriterije za uključivanje.

Na temelju ovih čimbenika i teme istraživanja studije su podijeljene u dvije glavne skupine: (1) studije vezane za percepciju prometnih znakova; (2) studije vezane za razumijevanje prometnih znakova.

### 4.1. Studije vezane za percepciju prometnih znakova

Mnogi vozači tijekom vožnje jednostavno ne primjećuju prometne znakove, odnosno dolazi do neprepoznavanja znakova. Kada se radi o prepoznavanju znakova, razlikujemo dvije vrste – djelomično i potpuno. Djelomično prepoznavanje je slučaj kada vozač prepozna postojanje samog znaka, ali ne i njegove poruke, što znači da samo baci pogled na znak. Potpuno prepoznavanje nastupa kada vozač gleda u prometni znak dovoljno dugo da prepozna njegovo značenje [12]. No, kada trajanje fiksacije očiju vozača na prometnom znaku prelazi potrebno vrijeme, to ne jamči udobnost i sigurnost u vožnji.

Potreba vozača da vide, čitaju i prepoznaju sve znakove na cesti nije apsolutna.

Nebitno ponavljanje znakova duž iste ceste oduzima pozornost i odvraća vozačevu djelovanje od mnogih drugih važnih funkcija vožnje. Vozačevu poznavanje rute također ima veliki učinak na njegovo ponašanje vizualnog uzorkovanja [13]. Vozač koji je upoznat s rutom provodi više vremena gledajući naprijed; on je u stanju bolje otkriti događaje koji mogu dovesti do situacija koje utječu na tijek prometa ili uzrokuju sudar.

U istraživanju koje su proveli Möri, M., & Abdel-Halim, M. H. (1981) korištena je tehnika praćenja oka za mjerenje trajanja fiksacije oka vozača na različite vrste prometnih znakova. Proučavane su dvije tehnike vožnje: specifična vožnja i slobodna vožnja. U specifičnoj vožnji subjekt mora paziti na sve prometne znakove i ponoviti njihovu poruku kako bi osigurao prepoznavanje. Potrebno vrijeme (NT) za prepoznavanje svake vrste prometnog znaka izmjereno je na cesti koja sadrži 158 različitih znakova. Subjekti su bili tri muškarca u dobi od 19, 25 i 30 godina. Svi su imali važeće vozačke dozvole i dosje o sigurnoj vožnji s dobrim vidom. Srednja vrijednost ovih mjerenja korištena je za dobivanje ukupne i djelomične stope prepoznavanja tijekom slobodne vožnje, što znači vožnju u normalnim uvjetima prometa.

Prosjeck NT izmjeren je prema svakoj vrsti dominantnih znakova za regulaciju i usmjeravanje. Za znakove regulacije, u prosjeku je potrebno vrijeme od oko 0,312 sekundi, budući da imaju simboličan oblik koji je lako prepoznati. Ali, za znakove navođenja, koji sadrže neke riječi koje se moraju pročitati, NT se nalazi između 0,308 i 0,784, s prosjekom od 0,529 sekundi.

Općenito, znakovi za usmjeravanje trebaju više vremena nego znakovi za regulaciju, budući da prvi nije tako simboličan kao drugi. Plavi znakovi iznad glave imaju najduže trajanje fiksacije 0,784 sekunde. Znakovi ograničenja brzine i strelice za skretanje u skupini su znakova za regulaciju (R). Ovi znakovi su poduprti iznad glave s visinom od oko 5,0 m. Skupina regulacijskih znakova ima prosječno 0,312 sekunde po znaku, ali skupina znakova usmjeravanja (G) ima prosjek 0,29 sekunde. U ovoj skupini primjećuje se da najkraće trajanje imaju i znakovi postavljeni uz cestu.

Ovo istraživanje pojašnjava učinak različitih čimbenika uključenih u problem neprepoznavanja prometnih znakova i karakterizira rezultate u skupu probabilističkih modela. Za određivanje stope djelomičnog i ukupnog prepoznavanja prvo je potrebno izmjeriti potrebno vrijeme koje vozač treba da vidi, pročita i prepozna prometni znak. Utvrđeno je da se to vrijeme kreće od 0,271 do 0,784 sekundi, ovisno uglavnom o karakteristikama znaka. S druge strane, stvarno vrijeme koje vozač provede prateći prometne znakove varira ovisno o prometnim uvjetima: funkciji i položaju prometnog znaka. Općenito, u usporedbi sa stopama potpunog prepoznavanja, stope neprepoznavanja su izrazito visoke, što postavlja pitanje o sustavu prometnih znakova u cjelini [14]. Postoji opća kategorija prometnih znakova poznatih kao "znakovi upozorenja" čija je svrha upozoriti vozače na potencijalno opasne situacije neposredno ispred. U ovu kategoriju uključeni su znakovi za raskrižja, školske prijelaze, sporedne ceste, oštre zavoje itd. Znakovi upozorenja trebali bi povećati sigurnost i stoga bi trebali biti relevantni za svakog vozača tko ih prolazi. Nažalost, prethodna istraživanja su pokazala da je vjerojatnost prolaska vozača koji registriraju ili obraćaju pažnju na takve znakove relativno niska.

Johansson, G., & Rumar, K. proveli su istraživanje u kojem su zaustavljali vozače 710 m nakon što su prošli pokraj različitih znakova na cesti i otkrili da je udio vozača koji su se odmah prisjetili ili prepoznali zadnji prometni znak koji je prošao varirao od 17 % za znak za pješački prijelaz do 78 % za znak smanjenog ograničenja 300 metara ispred. Ovi uznemirujući rezultati, temeljeni na uzorcima od otprilike 200 švedskih vozača za svaki procijenjeni znak, opravdali su drugu opsežniju i rigoroznije kontroliranu studiju u kojoj je sudjelovalo više od 5000 vozača zaustavljeno i ispitano o zadnjem prometnom znaku koji su prošli [15]. Rezultati druge studije (Johansson & Backlund, 1970.) potvrdili su ranija otkrića: prosječno sjećanje ili prepoznavanje zadnjeg prođenog znaka bilo je manje od 50 %, a udio vozača koji su se sjećali znaka značajno je varirao sa "stupnjem hitnosti" od znaka. Postoje neki izravni, kao i neizravni dokazi da ovo slabo sjećanje na znakove upozorenja odražava čimbenike pažnje/motivacije, a ne senzorne ili memorijske čimbenike [16]. Izravni dokazi pruženi su u analizi kretanja očiju vozača koju su proveli Shinar, Rockwell i Malecki (1980). Otkrili su da su izravne vizualne fiksacije na znak upozorenja relativno rijetke i usporedili su to s dugim vremenom fiksacije prijavljenim za znakove obavijesti (Rockwell, Bhise i Safford, 1970.) [17]. Mogućnost da vidljivost i psihofizičke varijable mogu učiniti neke znakove manje uočljivima dodatno je isključena činjenicom da su u Johanssonovim studijama vozači koji su ili bili svjesni studije ili su u njoj sudjelovali kao plaćeni subjekti imali gotovo savršeno sjećanje [18]. Nadalje, znakovi koje su vozači običavali propuštati nisu bili manje fizički uočljivi, nego manje relevantni za zadatak (Naatanen & Summala, 1976.) [19]. Neizravni dokaz o važnosti faktora motivacije pozornosti za percepciju znakova dolazi iz raznih dodatnih analiza koje su proveli Johansson i Rumar (1966) [15] i Johansson & Backlund (1970.) [16]. Te su analize minimalizirale mogućnost da je propadanje pamćenja igralo značajnu ulogu u prisjećanju i prepoznavanju znakova ili da je policijska barijera korištena za zaustavljanje vozača uzrokovala emocionalni poremećaj dovoljan da utječe na pamćenje znakova.

Drory, A., & Shinar, D. (1982). u svojoj studiji ispitivali su četiri specifične hipoteze. Prvo, u skladu s Johanssonovom i Backlundovom (1970.) sugestijom da pozornost koju vozač pridaje znaku varira s njegovom percepcijom njegove hitnosti, pretpostavljeno je da bi vozači više obraćali pozornost na znak općeg upozorenja nego na znak sporedne ceste. Drugo, budući da se očekivalo da vijugava cesta služi kao faktor uzbuđenja, očekivalo se da će razine performansi za vozače koji su vozili tom cestom biti više nego za vozače koji se kreću ravnom cestom. Treće, pretpostavljeno je da što je vozač umorniji ili mu je dosadnije, manja je vjerojatnost da će on ili ona primijetiti znak. Konačno, očekivalo se da će biti više individualnih razlika u performansama među vozačima koji su vozili ravnom cestom nego među onima na brdovitoj i zavojitoj cesti, jer, općenito, zahtjevna okruženja imaju tendenciju potiskivanja individualnih razlika [20].

Konkretno, analize pokreta očiju (Shinar, McDowell, & Rockwell, 1977) pokazale su veću varijabilnost u obrascu vizualnog pretraživanja na ravnoj cesti nego na zavojima pri čemu vozači na prvoj provode više vremena fiksirajući okolinu koja okružuje cestu [21].

Ispitanici u studiji bili su slučajni uzorak od 445 vozača i vozačica koji su zaustavljeni na stalnoj sigurnosnoj kontrolnoj točki radi razgovora. Od materijala i opreme za procjenu

prisjećanja prometnih znakova korištena su dva standardna znaka "upozorenja" postavljena na stupove visine 1,5 m. Oba znaka bila su trokutastog oblika i imala su crni simbol na bijeloj pozadini s crvenim rubom. Jedan znak bio je znak općeg upozorenja koji se sastojao od uskličnika. Drugi znak signalizirao je sporednu cestu s desne strane. Na samoj kontrolnoj točki, šiljci postavljeni na udaljenosti od 30 m preko svake od dvije trake na cesti prisilili su sve vozače koji su se približavali (čak i one koji nisu bili zaustavljeni) da malo uspore kako bi cik-cak prošli kroz blokadu. Anketari na blokadi imali su štoperice (točne do 1/100 s) za mjerenje vremena koje je vozačima trebalo da se zaustave od trenutka kada prođu znakove.

Ova je studija proširila rezultate prethodnih studija o percepciji znakova (Johansson & Backlund, 1970; Johansson & Rumar, 1966). Iako su sve tri studije koristile istu tehniku i znakove upozorenja sličnog sadržaja, razine registracije u ovoj studiji bile su čak niže (5 do 12 %) od ionako niskih razina utvrđenih ranije. Ove alarmantno niske razine pozornosti na znakove upozorenja sugeriraju dvije mogućnosti: (1) postavljanje znakova se zlorabi tako da često nisu opravdani ili (2) znakovi su korisni samo u uvjetima smanjene vidljivosti kao što su loše vrijeme i noć.

Kad je vidljivost dobra, čini se da su informacije koje prenose znakovi upozorenja većini vozača suvišne ili nepotrebne, budući da dobro obavljaju zadatak vožnje i bez njih. Od različitih mjera proučavanih individualnih razlika, subjektivni osjećaj umora i objektivna mjera sati budnosti imali su najveći učinak na registraciju znakova, ali to se dogodilo samo među vozačima na ravnoj cesti. Budući da su podaci prikupljeni samo danju, moguće je da bi prosječne objektivne i subjektivne razine umora bile veće noću te bi utjecale i na percepciju znakova na zavojitoj cesti. Nadalje, budući da je izravne osjetilne dojmove ceste teže dobiti noću, razina percepcije znakova bit će viša. U skladu s tim, sljedeći korak trebao bi biti procjena percepcije znakova noću [20].

Borowsky, A., Shinar, D., & Parmet, Y. (2008) proveli su istraživanje u kojem su sudionici bili upućeni da promatraju prometne scene kao vozač koji vozi cestom. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati učinkovitost kojom iskusni vozači prepoznaju prometne znakove kada se nalaze na očekivanim i neočekivanim lokacijama. Rezultati istraživanja pokazuju da je veća vjerojatnost da će vozači „promašiti“ prometne znakove kada se nalaze na neočekivanim lokacijama nego kada se nalaze na očekivanim lokacijama. Kako bi identificirali takve znakove, subjektima je – posebno muškarcima – trebalo mnogo više vremena da ih fiksiraju. Iako se čini očiglednim da će dulje vrijeme provedeno u promatranju mete povećati vjerojatnost identificiranja znaka, važna implikacija ovih rezultata je da je, kada se postavi na neočekivanu lokaciju, identifikacija znaka manje vjerojatna budući da zahtijeva dulje vrijeme fiksiranja i – kao što je prikazano u ovoj studiji – to se ne radi uvijek.

Manja vjerojatnost prepoznavanja znaka kada je postavljen s lijeve strane potvrđuje glavnu hipotezu rada i u skladu je s trenutnom teorijom i podacima o svijesti o situaciji. Stoga, kada vozač namjerava skrenuti udesno, tada će on ili ona gledati desno, a ne lijevo. Međutim, ako on ili ona pogledaju lijevo, trebat će mu više vremena da shvati značenje znaka. Ako vozač zanemari ovu informaciju, to će na kraju uzrokovati krivo tumačenje okoline [22].

Ovo istraživanje naglašava potrebu lociranja prometnih znakova prema prometnim

propisima i očekivanjima vozača. Vozači razvijaju vještine koje im pomažu u rukovanju velikom količinom informacija. Iskustvo vozača važan je alat koji omogućuje odgovarajuće razumijevanje trenutne situacije, ali također može smetati vozačima kada njihova okolina nije u skladu s njihovim očekivanjima, primjerice kada prometni znakovi nisu postavljeni na očekivanim mjestima. U tim slučajevima postoji neusklađenost između mentalnog modela vozača i trenutne situacije, što dovodi do pogreške, a vozač će vjerojatnije propustiti važne informacije [22].

Costa, M., i dr. (2018). proveli su dvije studije o vertikalnim prometnim znakovima u kojima su procijenili kako prezentacija prometnih znakova u perifernom vidu utječe na njihovu identifikaciju i razlikovanje. Iako su dizajnirani za optimalnu uočljivost na detekciju prometnih znakova utječe bočni ekscentricitet njihova postavljanja. Ova ekscentričnost, koja je niža na velikoj udaljenosti i progresivno raste kako se vozač približava znaku, otežava detekciju prometnih znakova i zahtijeva od vozača da napravi određeni bočni sakadični pokret kako bi bacio pogled na okomiti znak. To bi moglo pridonijeti objašnjenju vrlo niske stope otkrivanja okomitih prometnih znakova [23].

U prvoj studiji razmotrili su pet stupnjeva horizontalne ekscentričnosti u rasponu od  $1,1^\circ$  do  $12,4^\circ$  i jedan stupanj okomite ekscentričnosti ( $2,5^\circ$  gore), dok je druga studija uzela u obzir devet horizontalnih stupnjeva ekscentričnosti ( $1,1^\circ$  -  $12,4^\circ$ ). Prva studija bila je usredotočena na prepoznavanje oblika prometnih znakova. Razmatrana su četiri oblika znaka: kružni, trokutasti, osmerokutni i križni. S druge strane, u drugoj studiji fokus je bio na razlikovanju prometnih znakova na devet razina periferne ekscentričnosti, korištenjem zadatka razlikovanja isto - različito. Promatrač je morao pokazati podudara li se prometni znak prikazan u perifernom vidu s prometnim znakom prikazanim u fovealnom vidu. Veličina prometnog znaka i udaljenost promatrača od podražaja kalibrirani su kako bi se u laboratorijskim uvjetima replicirala kutna veličina i kutni ekscentricitet koji se prototipski nalaze u ekološkoj vožnji cestama.

U istraživanju je sudjelovalo 20 sudionika, 11 muškaraca i 9 žena. Bili su to studenti i djelatnici Sveučilišta u Bologni. Prosječna dob bila je 26,15 ( $\pm 5,78$ ) godina. Svi su imali vozačku dozvolu B kategorije s prosječnim vozačkim iskustvom od 7,60 ( $\pm 5,87$ ) godina.

Rezultati su pokazali linearno opadanje u prepoznavanju prometnih znakova također u slučaju vrlo malih horizontalnih pomaka. Na  $1,1^\circ$  zabilježili su proporcionalno točan pad od 21 %. Smanjenje je bilo 29 % na  $2,5^\circ$ . Treba uzeti u obzir da na udaljenosti od 100 m kut od  $1,1^\circ$  odgovara bočnom pomaku od samo 1,92 m od očiju vozača, što je uvjet koji se vrlo često sreće u stvarnim uvjetima vožnje. Za kraće udaljenosti kut raste linearno, dodatno smanjujući vjerojatnost da se prometni znak prepozna bez namjenskog sakadičnog pomaka.

Drugo istraživanje pokazalo je da je razlikovanje prometnih znakova bilo točno do  $6,8^\circ$  horizontalnog pomaka. Nakon ove razine ekscentričnosti, prometni znakovi nisu ispravno razlikovani. Indeks osjetljivosti smanjio se linearno s  $1,1^\circ$  na  $12,4^\circ$ , dok je stopa pogodaka ostala prilično stabilna duž cijelog raspona ekscentričnosti korištenog u drugoj studiji ( $1,1^\circ$ - $12,4^\circ$ ), periferna prezentacija bila je snažno povezana s porastom lažnih uzbuna (sudionici nisu uspjeli percipiraju prometni znak prikazan u perifernom polju kao jednak prometnom znaku

prikazanom u fovealnoj regiji) [23]. Martens, M. H., & Fox, M. R. J. (2007). proveli su eksperiment u kojem je upotrijebljen virtualni zadatak vožnje u jeftinom simulatoru vožnje jer je to omogućilo prilično laku promjenu cestovnog okruženja u usporedbi s eksperimentom na terenu. Virtualna cesta sastojala se od 11 km duge kombinirane ruralne (9 km) i gradske (2 km) ceste. Cesta je sadržavala dva raskrižja, tri zavoja i 10 prometnih znakova duž rute. Dok su se ljudi vozili rutom, njihov smjer pogleda sniman je i prikazan u cjelokupnoj sceni. To je omogućilo analizu trajanja i učestalosti pogleda na prometne znakove.

U eksperimentu je sudjelovalo 36 sudionika. Starost im je bila različita od 21 do 46, a bili su uključeni nizozemski vozači i vozačice. Sudionici su imali vozačku dozvolu najmanje 3 godine i vozili preko 5000 km godišnje. Test prepoznavanja prometnih znakova rezultirao je boljom izvedbom za one koji su se vozili cestom nekoliko puta u usporedbi s ljudima koji su cestom vozili samo jednom. Međutim, kada moraju prijaviti zadnji prometni znak koji je promijenjen u zadnjoj vožnji, ljudi prijavljuju prometni znak koji je bio prisutan u prethodnim vožnjama, a ne onaj koji im je stvarno bio predložen u prošloj vožnji. Osim toga, rezultati pokazuju da što češće ljudi voze određenom cestom, manje vremena provode gledajući prometne znakove.

Očigledno je da se poznavanje ceste naglo povećava prvog dana i samo malo više sljedećih dana. Vjerojatno se opterećenje vozača također smanjuje s povećanjem poznavanja ceste, pri čemu vozači troše manje vremena na informacije koje već znaju. To ostavlja više vremena za pohađanje drugih predmeta.

Naposlijetku, ne može se odbaciti da će ljudi koji se više puta susreću s jednom vrstom prometne situacije manje adekvatno reagirati na promijenjenu situaciju, nego sudionici koji se s tom situacijom susreću prvi put. Brzine vožnje za situaciju prinosa bile su niže (a time i primjerenije) za ljude koji su prvi put vozili cestom u usporedbi s ljudima koji su cestom vozili nekoliko puta. U ovom slučaju, čini se da je percepcija vozača izravan rezultat očekivanja vozača s odgovarajućim ponašanjem [24].

Testin, F., & Dewar, R. (1981). napravili su istraživanje u kojem je sudjelovalo 48 studenata preddiplomskog sveučilišnog studija, od kojih svaki posjeduje dozvolu za upravljanje motornim vozilom najmanje 2 godine, raspoređeno je u četiri skupine, sa šest muškaraca i šest žena nasumično raspoređenih u svaku skupinu. Prosječno vozačko iskustvo bilo je 4,4 godine, a prosječna dob 20,5 godina.

Ovaj eksperiment bio je usmjeren na razvoj kontrolirane, valjane, laboratorijske metode vremena reakcije za procjenu prometnih znakova. Dokazi sugeriraju da je 'isto' vrijeme reakcije valjanije od 'različitog' vremena reakcije. Suprotno ranijim nalazima, čini se da valjanost indeksa vremena reakcije percepcije prometnih znakova nije povećana zahtjevima zadatka učitavanja korištenim u ovoj studiji. Bilo je nekih dokaza da bi njegova valjanost zapravo mogla biti smanjena zadatkom učitavanja koji uključuje zahtjeve za memorijom. Uzimajući u obzir da su čitljiva udaljenost znaka i vrijeme reakcije određeni u kontroliranim uvjetima koji samo približno odgovaraju stvarnom zadatku vožnje, atributi kao što su razumijevanje, čitljivost pogledom i sposobnost učenja znaka također se moraju odrediti i uzeti u obzir u odluci o usvajanju jedne verzije poruka znaka [25].

Kline, D. W., & Fuchs, P. (1993). proveli su studiju u kojoj su ispitivali razumijevanja prometnih znakova. Uzeta su četiri tekstualna znaka, četiri znaka sa simbolima te četiri „poboljšana“ znaka sa simbolima.

U studiji su svi bili aktivni, licencirani vozači koji su sami prijavili dobro zdravlje. Prosječni broj godina vozačkog iskustva bio je 11,8 godina kod skupina mladih (raspon 3 - 20), 30,7 za skupinu srednjih godina (raspon 8 - 40) i 44,3 za skupinu starijih (raspon 5 - 64).

Iako učinak nije bio značajan, mladi promatrači točno su identificirali veći udio znakova (100 %) od svojih sredovječnih (91 %) ili starijih kolega (78 %). Standardni simbolički znakovi imali su tek neznajno veću vjerojatnost da će biti ispravno identificirani (93 %) nego poboljšani simbolički znakovi (86 %). Nadalje, iako je razumijevanje i standardnih i poboljšanih simboličkih znakova bilo visoko, ono nikako nije bilo savršeno. Postojala je i tendencija (ne značajna) da stariji vozači shvate manje simboličkih znakova ispravno. Oba rezultata služe za naglašavanje primarne prednosti teksta u odnosu na simboličke znakove. Naime, kada su tekstualni znakovi dovoljno veliki da budu čitljivi, pismeni vozač nema sumnje u njihovo značenje. Jasno je da će buduća istraživačka nastojanja da se učinkovitije iskoriste prednosti simboličnih znakova u pogledu udaljenosti također morati osigurati njihovu jednostavnu upotrebu za vozače različite dobi i vozačkog iskustva [26].

Costa, M. i dr. (2018). proveli su analizu praćenja pokreta očiju vozača. U istraživanju je sudjelovalo 22 sudionika, 15 muškaraca ( $M = 25,13; SD = 2,77$ ) i 7 žena ( $M = 32,00; SD = 14,41$ ). Tri sudionika (2 muškarca i 1 žena) isključena su iz analize zbog tehničkih problema s Video-Vbox sustavom [27]. Eksperimentalna ruta iznosila je 8,34 km i uključivala je 75 vertikalnih prometnih znakova (uključujući znakove zabrane, prednosti, obveze i upozorenja). Na strani vozača postavljeno je 66 znakova, a na suprotnoj strani 9 znakova. Nasuprotni znakovi uglavnom su uključivali pješački prijelaz i zabranu ulaska vozila te su zasebno analizirani.

Prosječan broj okomitih prometnih znakova koje je fiksirao svaki sudionik iznosio je 25,06 % ( $SD = 15,73$  %). Sedam prometnih znakova bili su kompozitni, a sastojali su se od dva znaka postavljena na isti stup. Vertikalna blizina dvaju znakova nije dopuštala razlikovanje fiksacija samo na jedan jedini sastavni znak. U tim je slučajevima fiksacija pripisana cijelom kompozitnom znaku. Ovi su znakovi u analizi razmatrani odvojeno (jednostruka/dvostruka nezavisna varijabla).

Proveli su i drugu metodu u kojoj su podražaji bili 57 prometnih znakova iz Talijanskog zakona o autocestama (1992). Svaki znak ponovljen je tri puta za ukupno 171 pokus. Oblik znakova bio je kružni za 56,1 % podražaja i trokutasti za 43,9 % prometnih znakova. Znakovi upozorenja bili su 42,1 %, znakovi zabrane 35,1 %, a znakovi obveze 22,8 %. Što se tiče boje, 77,2 % imalo je crveni obrub preko bijele pozadine, 17,5 % imalo je plavu pozadinu, a 5,3 % imalo je bijelu pozadinu.

Navedena studija bavila se pitanjem je li trajanje fiksacije od 66 ms bilo dovoljno da vozač točno identificira prometni znak. Adaptivnom psihofizičkom metodom procijenili su vremenski prag prezentacije za 75 % točnost u identifikaciji prometnih znakova prikazanih veličinom koja odgovara viziji prometnog znaka s udaljenosti od 50 m. Rezultati su pokazali



prag od samo 35 ms. Za prezentaciju od samo 20 ms točnost je bila 59,4 % dok nije bilo identifikacije za kratku prezentaciju od samo 10 ms (14,1 %). Gornja granica za 100 % točnost bila je 130 ms. Uzimajući u obzir 66 ms modalne vrijednosti u trajanju fiksacije u prvoj studiji, može se zaključiti da to može dovesti do stope točnosti od oko 80 % u identifikaciji prometnih znakova.

Udaljenost prve fiksacije imala je pozitivno iskrivljenu distribuciju s vrijednošću moda od 35 m i srednjom vrijednošću od 51 m. Vozači su gledali okomite znakove s puno manje udaljenosti u usporedbi s udaljenošću vidljivosti koju pretpostavljaju propisi o prometnim znakovima. Uzimajući u obzir specifičan kontekst ove studije, udaljenost vidljivosti prometnih znakova bila je 150 m za regulacijske znakove i 100 m za znakove upozorenja gdje god je ograničenje brzine bilo veće od 50 km/h, te 80 m i 50 m za znakove obaveze i upozorenja gdje god je ograničenje brzine bilo niže od 50 km/h. Pri maloj brzini vozač nastoji vizualno nadzirati blisko okruženje dok pri povećanju brzine vozač nastoji istraživati dalje, otkrivajući kritične elemente vizualne scene koji su udaljeniji.

Costa i dr. (2014) otkrili su da vozači fiksiraju i "bacaju" pogled samo na 25,06 % prometnih znakova koji se nalaze uz cestu. Ovaj učinak u kombinaciji s rezultatima ove studije jasno pokazuju da je uloga vertikalnih prometnih znakova u regulaciji ponašanja vozača u mnogim slučajevima precijenjena i to unatoč činjenici da su vertikalni prometni znakovi rezultat procesa dizajna koji optimizira njihovu uočljivost.

Postavljanje znaka na povišeno mjesto uz kolnik može znatno poboljšati njegovu detekciju i uočljivost. Na primjer, znak za pješački prijelaz postavljen uz cestu viđen je s prosječne udaljenosti od 46 m, dok je isti znak postavljen iznad glave viđen s 80 m.

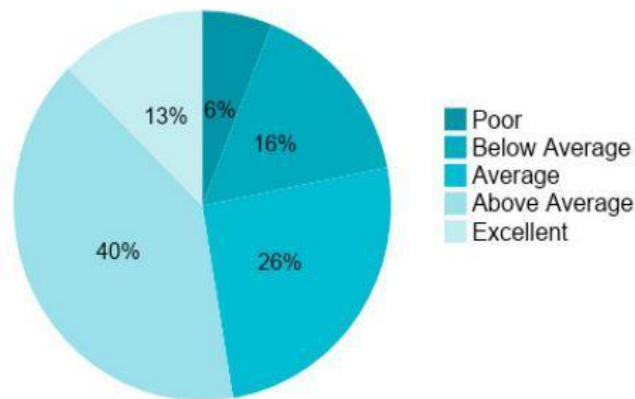
Ova se metoda može uspješno primijeniti na druge domene osim vizualnog pretraživanja okomitih prometnih znakova. Bilo bi zanimljivo znati na kojoj udaljenosti vozači gledaju u druga vozila ili u pješake te kako na udaljenost fiksiranja utječu brzina, motivacija i čimbenici pažnje. Ova bi informacija bila važna jer je vrijeme potrebno vozaču da reagira na iznenadnu opasnost rezultanta udaljenosti i brzine fiksacije, a povećanje udaljenosti prve fiksacije u vizualnom pretraživanju vozača omogućilo bi više vremena za reakciju na iznenadnu opasnost, što dovodi do sigurnije vožnje [27].

#### **4.2. Studije vezane za razumijevanje prometnih znakova**

Fernandez, J. i dr. (2020) u svom istraživanju koristili su analitičko hijerarhijsku metodu kako bi se odredili najutjecajnije čimbenici za prometne nesreće. Istraživanje je utvrdilo pet čimbenika prometne nezgode, a to su: loše ponašanje u vožnji, rastresenost vozača, nedostatak odgovarajuće obuke, fizičko i emocionalno stanje vozača te nepoznavanje prometnih znakova.

Ispitanici su bili grupirani prema njihovom vladanju prometnim znakovima u pet kategorija, a to su slabo, ispodprosječno, prosječno, iznadprosječno i odlično vladanje znakovima. Kriteriji za svaku kategoriju temelje se na rezultatima ispitanika. Vozači koji su postigli 60 % i niže smatrali su se lošim majstorom; 61 – 70 %, 71 - 80 %, 81 - 90 % i 91 - 100 % su ispodprosječno, prosječno, natprosječno i izvrsno majstorstvo. Kategorizacijom ispitanika utvrđuje se razlika u prioritizaciji čimbenika prometnih nezgoda između onih koji najmanje

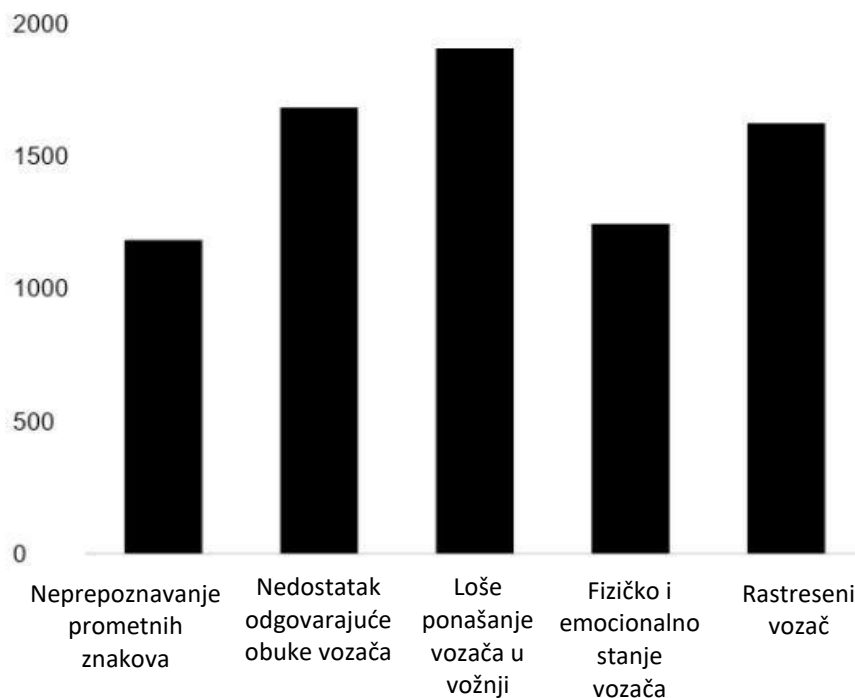
razumiju prometne znakove u odnosu na ispitanike koji ih bolje razumiju. Uz pomoć kategorizacije ispitanika, istraživači bi ispitanicima mogli pokazati da oni koji najbolje razumiju prometne znakove imaju pouzdanije podatke. Također, istraživači bi mogli pokazati valjanost AHP-a. Nakon zbrajanja svih ispitanika, rezultat je bio 8 % za loše, 11 % izvrsno, 18 % ispod prosjeka, 26 % prosječno i na kraju, 37 % iznad prosjeka majstorstva (slika 13). Većina ispitanika ima iznadprosječno razumijevanje prometnih znakova dok je najmanje ispitanika slabo.



Slika 12. Postotak vladanja prometnim znakovima

Izvor:[28]

Nadalje, slika 14 prikazuje ukupno rangiranje različitih čimbenika prometnih nesreća. Najvjerojatniji odabrani čimbenik bilo je loše ponašanje vozača u vožnji (1905), zatim nedostatak odgovarajuće obuke vozača (1682) i rastreseni vozač (1623). Sljedeće je bilo fizičko i emocionalno stanje vozača tijekom vožnje (1244). Konačno, vozači su odabrali nepoznavanje prometnih znakova (1183) kao najmanju vjerojatnost uzroka prometnih nesreća.



Slika 13. Rangiranje različitih čimbenika prometnih nesreća

Izvor:[28]

Nakon analize podataka, istraživači su saznali da vozači s prosječnom do izvrsnom razinom razumijevanja prometnih znakova pristaju na jedno rangiranje čimbenika prometne nezgode. U međuvremenu, ispitanici s ispodprosječnim vladanjem prometnim znakovima pokazali su različite prioritete. Budući da se svi vozači s dovoljnim razumijevanjem prometnih znakova slažu s jednim određivanjem prioriteta, dok oni ispod prosječne razine daju različitu važnost različitim čimbenicima, utvrđeno je da je vozačevo razumijevanje prometnih znakova kritična komponenta za određivanje relevantnih čimbenika. Zaključno, visoka razina vladanja prometnim znakovima rezultirat će točnijim i pouzdanijim prioritiziranjem čimbenika prometnih nesreća [28].

Al-Madani, H. (2001). proveo je studiju u kojoj su preko upitnika zahtijevali kratke i višestruke odgovore. Pitanja s kratkim odgovorima osmišljena su da identificiraju osobne i socioekonomske karakteristike rijeka, a pitanja s višestrukim odgovorima ocjenjivala su vozačevu koncepciju prometnih znakova. Upitnik je sadržavao 28 pitanja s višestrukim izborom o različitim znakovima, tiskanih na arapskom i engleskom (Al-Madani, 2000.): 18 su bili znakovi propisa, npr. ograničenja brzine, težine i visine, zabrane parkiranja, skretanja, pretjecanja i upute, a 10 znakove upozorenja, npr. skretanja, raskrižja i suženja ili odvajanja cesta. Znakovi su obojeni bojom zajedno s četiri odgovora. Distraktori ili pogrešni odgovori pomno su ispitani tako da se nijedan nije mogao lako isključiti [29].

Ukupni rezultati pokazali su da vozači prepoznaju propise i znakove upozorenja oko 55 %, odnosno 56 %. Drugim riječima, vozači ispravno razumiju nešto više od polovice znakova koji bi mogli biti postavljeni uz prometnice. Preporuča se daljnje proučavanje vozačevog

razumijevanja znakova s obzirom na to da se vozači ne pridržavaju znakova i neučinkovitosti znakova [29].

Ghadban, N. R. i dr. (2018) proveli su studiju preko elektroničkog upitnika koji se sastojao od tri cjeline. Prvi dio sadrži pitanja s višestrukim izborom koja se odnose na karakteristike vozača kao što su spol, dob, nacionalnost, jezik, razina obrazovanja i iskustvo vožnje. Drugi dio sadrži pitanja o povijesti sudara vozača u posljednje tri godine. Svrha je bila istražiti korelaciju između povijesti nesreća uključujući broj nesreća i njihovu ozbiljnost te razumijevanja prometnih znakova. Treći dio sadrži sedam pitanja višestrukog izbora sedam različitih prometnih znakova. Pet od ovih znakova bili su statični prometni znakovi dok su druga dva bili znakovi s promjenjivom porukom koji koriste tekst za isporuku poruka [30].

U studiji koja je provedena u Katru sudjelovalo je 402 sudionika. Više od 68 % ispitanika bilo je između 18 i 30 godina, dok su 51,9 % bile žene. Većina ispitanika su Arapi od kojih su 25 % bili Katarci ili iz drugih zemalja GCC-a. 71,4 % ispitanika imalo je vozačko iskustvo manje od 5 godina, što je razumno s obzirom na mladu zajednicu na sveučilištu.

Studija pokazuje da je prosječna razumljivost svih prometnih znakova 80,9 %. U prosjeku, oko 20 % sudionika ne odgovori točno na barem jedno od pitanja o prometnim znakovima. Taj je omjer prilično visok i zabrinjavajući, posebice s tako jednostavnim, osnovnim i uobičajenim prometnim znakovima koji su korišteni u studiji. Nadalje, važno je zapamtiti da su više od 70 % vozača oni s manje od 5 godina vozačkog iskustva s dobrom razinom obrazovanja te se stoga očekivalo bolje razumijevanje prometnih znakova u usporedbi s vozačima s nižim stupnjem obrazovanja i dužim vozačkim iskustvom. Ghadban, N. R. i dr. uspostavili su hipotezu da loše razumijevanje prometnih znakova dovodi do veće vjerojatnosti sudara i niže razine sigurnosti [30].

Ben-Bassat, T. (2013). preveo je studiju koja je uključivala dva uzastopna eksperimenta. Prvi eksperiment ispitivao je razumijevanje prometnih znakova s kontekstom i bez konteksta u kojem je znak predstavljen. U drugom eksperimentu, najslabije razumljivi znakovi (kao što je utvrđeno rezultatima prvog eksperimenta) redizajnirani su prema dvjema ergonomskim smjernicama: kompatibilnosti i standardizaciji (Ben-Bassat i Shinar, 2006.) [31].

Oba eksperimenta koristila su online upitnik. Upitnik je sadržavao tri dijela: opće upute, anonimni demografski upitnik i upitnik o razumijevanju znakova [32]. Demografski upitnik sadržavao je pitanja o dobi, spolu, vozačkom iskustvu i prosječnom mjesečnom broju kilometara vožnje. Prvi eksperiment testirao je razumijevanje 20 postojećih izraelskih prometnih znakova. Nakon analize rezultata prvog eksperimenta, najslabije razumljivi znakovi redizajnirani su prema dva ergonomska principa - fizičke i konceptualne kompatibilnosti te standardizacije (. U drugom eksperimentu ispitano je razumijevanje 17 postojećih prometnih znakova i 3 redizajnirana znaka [32].

Rezultati eksperimenta 1 otkrili su tri znaka koje je više od 60 % sudionika pogrešno razumjelo. Ovaj visok nalaz pogreške dogodio se u objema skupinama – onima prikazanim s kontekstom i bez njega. Cilj drugog eksperimenta bio je ispitati može li ergonomski utemeljen redizajn ovih znakova poboljšati njihovo razumijevanje. Redizajnirana su tri najmanje razumljiva znaka: znak "Završi prioritetnu cestu", s 90 % netočnih odgovora na pitanje kojim

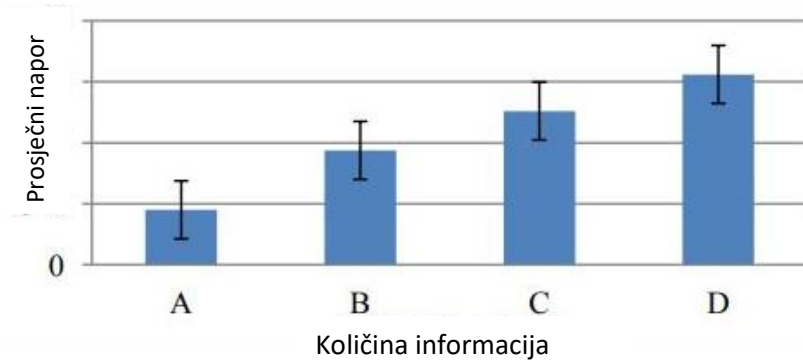
se traži sudionikov opis značenja znaka (86,7 % pogrešnih odgovora i 3,3 % obrnuto od točnih odgovora); znak "Krajnje ograničenje brzine (za kamione 30 km/h, za automobile 50 km/h)", sa 70 % netočnih odgovora (svi su bili pogrešni odgovori, ali nije bilo odgovora obrnutog značenja); i znak "Prioritet za nadolazeći promet", sa 66,7 % netočnih odgovora (55 % pogrešnih odgovora i 11,7 % odgovora s obrnutim značenjem). Znakovi su redizajnirani u skladu s dva ergonomska načela za dizajn znakova, kako je detaljno opisano u Ben-Bassat i Shinar (2006).

Za znak "Završi ograničenje brzine", potpuno točni odgovori (kodirani s "+2") porasli su s 1,7 % u prvom eksperimentu na 41,7 % nakon redizajna znaka za drugi eksperiment, i netočni odgovori (kodirani s "0" ili "-2" ") smanjio se sa 70 % na 45 %. Za znak "Prioritet za nadolazeći promet", potpuno točni odgovori porasli su s 26,7 % u eksperimentu 1 na 58,3 %, dok su se netočni odgovori smanjili sa 66,7 % na 36,7 %. Za znak "Prioritet za nadolazeći promet," nije pronađena promjena u razumijevanju nakon što je redizajniran, a postotak netočne identifikacije ostao je na 90 %. [32]

Rezultati drugog dijela studije pokazali su da se vozačevo razumijevanje znakova može značajno poboljšati kroz prilično jednostavne promjene u dizajnu znaka. Kako bi se poboljšalo razumijevanje vozača, dizajn znaka trebao bi biti više u skladu s asocijacijama vozača i više kompatibilan s konceptom koji predstavlja. Osim toga, znak bi trebao nastojati koristiti elemente dizajna koji su slični i dosljedni povezanim prometnim znakovima, kao što su oblik, boja i kodiranje (načelo standardizacije).

Ova studija predstavlja ono za što vjerujemo da je novi pokušaj testiranja dodane vrijednosti koju kontekst i okolišni znakovi daju razumijevanju prometnih znakova. Nalazi ovog istraživanja otkrili su važnost koju okolina ceste doprinosi razumijevanju značenja prometnih znakova od strane vozača i drugih sudionika u prometu [32]. Osim toga, trenutno istraživanje pokazalo je u praksi glavni zaključak prethodne studije koju su proveli Ben-Bassat i Shinar (2006). tvrdeći da će "dizajniranje prometnih znakova u skladu s ergonomskim smjernicama poboljšati razumijevanje znakova i za lokalno i za ne-lokalno stanovništvo." [31].

Fu, Q., Wu, C., & Lv, N. (2013). analizirali su utjecaj prometnih znakova na vrijeme reakcije vozača. Rezultati studije pokazuju kako različiti sudionici imaju različito vrijeme reakcije na istoj razini informacija. Sudionici ulažu različite napore kada gledaju prometne znakove koji sadrže različite količine informacija. Količina informacija podijeljena je u četiri razine, a izražena je u bitovima i to kako slijedi; razina A predstavljala količinu informacija u rasponu između 13 i 40 bitova, razina B količinu informacija između 40 i 80 bitova, razina C između 80 i 120 te na kraju razina D iznad 120 bitova. Rezultati ove studije pokazuju kako je prosječni napor za informacijsku razinu A iznosio oko 1,8, slijede razine B i C, razina D zahtijeva 6,24 napora što je najviše u svim razinama [33]. Te razine predočene su na slici 15 u nastavku.



Slika 14. Odnos količine informacija i prosječnog napora

Izvor: [33]

Ukratko, vrijeme reakcije povećavalo se s povećanjem količine informacija. Pri projektiranju znakova, informacije sadržane u jednom znaku trebale bi biti na odgovarajućoj razini kako bi vozači imali dovoljno vremena da prepoznaju znak, čime se osigurava sigurnost vožnje. Ovo je samo studija s prikazanim vizualnim slikama i nije uključena stvarna vožnja. Buduće studije mogu koristiti odgovarajuće aparate kao što je simulator vožnje za istraživanja u dinamičnom okruženju [33]. Zhang, T., & Chan, A. H. (2013, March) rad pokušao je dati sustavan sažetak utjecajnih čimbenika korisnika i karakteristika znakova na razumijevanje prometnih znakova. Naime, točno razumijevanje je dominantan faktor za učinkovitost sustava prometnih znakova. S lošim razumijevanjem smanjit će se pamćenje značenja znakova i vjerojatnost poticanja učinkovitih reakcija vozača [34]. Neki nepoznati i dvosmisleni znakovi mogu čak dati vozačima dojam da smiju poduzeti određene radnje iako to zapravo može biti opasno [35]. Nedostatak razumijevanja ili nerazumijevanje može umanjiti namjeravanu korist od prometnih znakova ili, još gore, zapravo može uzrokovati da prometni znak postane glavni razlog nesreće. Prema ISO 3846 (2002), znakovi se smatraju prihvatljivima kada se postigne razina od najmanje 67 % točnosti u testu razumijevanja. Američki nacionalni institut za standarde (ANSI) je stroži i ima kriterij od 85 % točnosti. Na temelju ovih kriterija studije su pokazale da je nerazumijevanje prometnih znakova ozbiljan problem u mnogim zemljama. Na primjer, Ogden i sur. intervjuirao je 205 vozača u SAD-u i otkrio da su ispitanici imali poteškoća u tumačenju poruka riječi i simbola na znakovima [36]. Drugo istraživanje pokazalo je da od svih 85 standardnih prometnih simbola koji se koriste u SAD-u, samo 16 razumije više od 95 % vozača, a ostatak većina vozača ne može dobro razumjeti [37]. Još gore, 10 znakova razumjelo je manje od 40 % vozača. Slični problemi s razumijevanjem pronađeni su u Turskoj, koja je važno prometno čvorište između Europe i Azije [38]. Istraživanje je pokazalo da se od 30 ispitanih znakova samo 12 smatra "dobro poznatim" izazivajući preko 70 % točnih odgovora; 13 znakova bilo je ili "djelomično poznato" ili je dalo "bez komentara". Iznenadujuće, bilo je pet znakova, na primjer, "Minimalno ograničenje brzine", gdje je više od 10 % vozača tumačilo značenje suprotno od željenog. Takvo suprotno tumačenje može stvoriti situacije opasnije od nepoznavanja značenja znaka jer takvi vozači mogu činiti nepoželjne i zabranjene radnje. Budući da su mnoga istraživanja pokazala da vozači pokazuju nezadovoljavajuće razumijevanje

mnogih znakova, čini se imperativnim da instituti za upravljanje prometom i/ili vlade moraju poduzeti mjere kao što su revizija dizajna znakova, tečajevi obuke, reklamni i promotivni događaji, kako bi poboljšali vozačevo razumijevanje znakova [39].

Mnoga su istraživanja otkrila da su konkretni simboli bolji u predstavljanju informacija jer se čini da su dosljedniji očitim vizualnim slikama u usporedbi s apstraktnim simbolima. Složeni znakovi sadrže puno detalja, dok jednostavni znakovi nemaju. Budući da će vanjski ukrasni dijelovi vjerojatno zbuniti razumijevanje znakova, predlaže se da će vozači bolje raditi s jednostavnim znakovima nego sa složenim znakovima. Smisleni znakovi mogu prenijeti određene poruke koje upozoravaju korisnike na to što učiniti ili što ne učiniti. Što je znak smisleniji, veća je vjerojatnost da će ga korisnici ispravno razumjeti. Semantička udaljenost koristi se za mjerenje povezanosti ili bliskosti simbola i onoga što on treba predstavljati [39].

Nema sumnje da se razumljivost razlikuje među različitim znakovima. Neke znakove je lako razumjeti bez puno obuke dok je druge teško razumjeti. Trenutno istraživanje nije razjasnilo ključne čimbenike dizajna koji čine znak lakim za razumijevanje. Stoga je potrebno dodatno istražiti učinke značajki dizajna znakova na razumijevanje. Također, vrlo malo istraživačke pažnje posvećeno je mogućem utjecaju riječi na razumljivost znakova. Stoga su potrebna i korisna daljnja istraživanja koja se fokusiraju na učinak riječi na razumijevanje znakova, treba li ili ne dodavati riječi prometnim znakovima, najbolji broj korištenih riječi ili utjecaj dvojezičnih riječi [39].

Al-Madani, H. (2000). proveo je studiju u kojoj je ispitan utjecaj vozačkog razumijevanja postavljenih znakova na neke od njihovih sigurnosnih karakteristika u tri države Zaljevskog vijeća za suradnju (GCC); Bahrein, Katar i UAE. Ove karakteristike uključuju iskustvo, sudjelovanje u nesrećama zbog vlastite krivnje vozača, omjer iskustva po nesreći, ocjene brzine koje su dobili vozači u posljednje tri godine vožnje i korištenje sigurnosnog pojasa. Od iskusnih vozača se očekuje da bolje poznaju postavljene znakove od onih početnika; iz očitih razloga kao veća stopa izloženosti. Posljedično, s pravom se može pretpostaviti da s povećanjem iskustva vozača raste i njihovo razumijevanje postavljenih znakova [40].

Ako je poznavanje prometnih znakova važno za sigurnost, tada bi vozači koji dobro razumiju postavljene znakove trebali manje sudjelovati u nesrećama u usporedbi s onima koji ih manje razumiju, kao i češće koristiti pojaseve. Drugim riječima, sigurni vozači prate znakove, razumiju ih i vežu se sigurnosnim pojasevima.

Također se pokušalo razdvojiti utjecaj dobi i iskustva na razumijevanje znakova. To je provedeno tako da su vozači u skupini s najvećim iskustvom, oni s najmanje 20 godina iskustva, podijeljeni u dvije skupine, kako slijedi: oni koji su vozačku dozvolu stekli unutar 15 godina nakon minimalne dopuštene dobi za vožnju (18 godina) i oni koji dobio ih je naknadno. Vozači u prvoj skupini postigli su 64,5 odnosno 61,1 % u znakovima upozorenja i obavijesti. Oni u drugoj skupini postigli su 68,9 odnosno 62,4 %. Međutim, t-test nije pokazao značajne razlike između dviju skupina u bilo kojoj od dvije kategorije znakova.

Dob nema značajan utjecaj na poboljšanje vozačevog razumijevanja znakova za one koji su više sudjelovali u nesrećama. Drugim riječima, rizični vozači jednako dobro razumiju prometne znakove kao i oni manje rizični.

Kao rezultat gore navedenih nalaza, kosi se s često korištenom pretpostavkom da poznavanje postavljenih znakova svakako poboljšava sigurnost. Stoga se aktivistima za sigurnost preporučuje da budu konzervativniji u trošenju sredstava na programe koji se odnose na razumijevanje postavljenih znakova od strane vozača kako bi se poboljšala sigurnost [40].

Kaplan, S., Bortei-Doku, S., & Prato, C. G. (2018) proveo je istraživanje uz pomoću kojeg je analizirao percepciju sigurnog prometa u odnosu na količinu informacija i osobina sudionika u prometu. Provedeno je opsežno istraživanje na 753 mađarska stručnjaka koji su imali iskustva u prometu i prijevozu, kao i iskustvo s velikom količinom informacija o prometnim znakovima. Anketom su prikupljene informacije o njihovim socioekonomskim karakteristikama, stilovima vožnje, potrebi za zatvaranjem i percepciji poboljšanja sigurnosti na mjestima gdje su prometni znakovi prikazani nakon početne konfiguracije s dvosmislenošću (niska količina informacija) ili suvišnošću (velika količina informacija) [41].

Sustav odnosa specificiran je SEM pristupom, a procjene modela su otkrile da percepcija sigurnosti nije povezana s prometnim znakovima bez obzira na količinu informacija i, još relevantnije, bez obzira na stil vožnje i potrebu za zatvaranjem prilikom obrade informacija. Mala količina informacija očekivano je povezana s višom percepcijom poboljšanja sigurnosti jer se čini logičnim da se početna dvosmislenost kompenzira razumijevanjem prometnih znakova koji u skladu s tim povećava percepciju sigurnosti u odnosu na početnu konfiguraciju. Zanimljivo, također velika količina informacija pokazuje isti pozitivan odnos iako prisutnost prometnih znakova ne bi trebala poboljšati navodno jasnu situaciju (i uz to, osnovno poboljšanje niže je od prethodnog uvjeta). Moguće je da bi ovo otkriće moglo biti povezano s činjenicom da prekomjerne informacije uzrokuju probleme u razumijevanju prometnih znakova izlažući vozače previše podražaja i tjerajući ih da previde očito.

Općenito, ova studija pokazuje da dizajn prometnih znakova treba smatrati dijelom sveobuhvatnijeg napora koji bi trebao uzeti u obzir koliko je infrastruktura razumljiva sama po sebi i koliko su vozači heterogeni. Kako se čini da pružanje premalo i previše informacija utječe na percepciju poboljšanja sigurnosti prilikom postavljanja znakova, dizajn prometnih znakova trebao bi biti razumljiv sam po sebi kao što bi ceste trebale biti. U tom smislu, nalazi iz ove studije sugeriraju da bi se dizajn prometnih znakova trebao pridržavati triju načela održive sigurnosti (Wegman, Aarts i Bax, 2008.): (1) prometni znakovi trebaju biti funkcionalni i hijerarhijski strukturirani; (2) prometni znakovi trebaju biti homogeni u načinu na koji se bave infrastrukturom jer brzina i smjer trebaju biti homogeni u skladu s načelima održive sigurnosti; (3) prometni znakovi trebaju biti predvidljivi kako bi ih čak i vozači s različitim stupnjem svijesti i pažnje, kao i različitim stilovima vožnje, protumačili na isti način [42].

Testin, F., & Dewar, R. (1981). proveli su eksperiment koji je bio usmjeren na razvoj kontrolirane, valjane, laboratorijske metode vremena reakcije za procjenu prometnih znakova. Kad je projicirana, svjetlina znaka bila je približno  $150 \text{ cd/m}^2$ . Vizualni kut koji obuhvaćaju prometni znakovi bio je  $0'5r$ , onaj koji tvori regulacijski prometni znak na udaljenosti od 59 m (približan zaustavni put za automobil koji se kreće brzinom od 80 km/sat u optimalnim uvjetima). Polovica znakova bili su regulativni; druga polovica je upozoravala.



Polovica svake vrste znakova bili su verbalni, a polovica neverbalni znakovi [43].

Ako je "bolji" znak onaj koji ima veću udaljenost čitljivosti i kraće vrijeme reakcije od drugog, tada su i sadašnji eksperiment ("isti" odgovori) i eksperiment na terenu otkrili da su znakovi upozorenja bolji od regulatornih znakova i neverbalnih znakova bolji su od verbalnih znakova. Također je utvrđeno da su znakovi upozorenja imali veću udaljenost čitljivosti kada su bili neverbalni nego kada su bili verbalni, ali udaljenost čitljivosti regulatornih znakova nije ovisila o tome jesu li verbalni ili neverbalni. Nasuprot tome, sadašnja studija vremena reakcije nije otkrila interakciju između vrste znaka i vrste poruke. Za "različite" odgovore vremena reakcije na znakove upozorenja bila su kraća nego na regulatorne znakove; međutim, glavni učinak vrste poruke i interakcija između vrste znaka i vrste poruke nisu bili značajni. Na temelju rezultata, autori naglašavaju kako je vrijeme reakcije obećavajuća laboratorijska mjera percepcije prometnih znakova, no da su potrebna daljnja istraživanja kako bi se razjasnilo koji je specifični postupak najkorisniji [43].

Ou i Liu (2012.) otkrili su da što je semantičko značenje bliže dizajnu znaka, to je bolje razumijevanje znakova [44]. Iz tog su razloga Hou, G., & Lu, G. (2018) pretpostavili da se kongruentni parovi prometnih znakova i riječi lakše razumiju. Rezultati ponašanja pokazali su da su kraće vrijeme odgovora i veća točnost dobiveni u semantički podudarnim uvjetima, što sugerira da je potrebno manje resursa za kognitivnu obradu kada je semantika prometnih znakova u skladu s očekivanom semantikom. Drugim riječima, semantički podudarne parove prometni znak - riječ lakše je razumjeti nego semantički nepodudarne prometne znakove [45].

Zaključili su da semantička bliskost ima značajno pozitivnu korelaciju s razumijevanjem kroz rezultate ponašanja. Većina prometnih znakova je dizajnirana bez teksta. Vozači moraju izvlačiti značenje iz grafike prometnog znaka, a znakovi se mogu lako razumjeti samo ako je semantika prenesena grafikom prometnog znaka u skladu s predviđenim značenjem prometnog znaka.

Koliko je poznato, prethodne studije uglavnom su koristile RT i stopu točnosti razumijevanja kao pokazatelje razumijevanja prometnih znakova. Hou, G., & Lu, G. (2018). su u svojoj studiji koristili EEG mjera kombiniranjem ERP i TF mjera za istraživanje kognitivne obrade prometnih znakova. Ovaj rad predlaže da se N400, theta i LPP mogu koristiti za procjenu semantičke udaljenosti i emocionalnog uzbuđenja prometnih znakova i riječi. Semantička udaljenost između prometnih znakova i riječi odražava se amplitudom N400 i snagom theta u odgovarajućem vremenu prozora. Lako razumljivi prometni znakovi pobuđuju pozitivne emocije koje se mogu odraziti većom amplitudom LPP-a. Ova studija pruža neurološke smjernice za dizajn prometnih znakova, što može povećati sigurnost vožnje [45]. U istraživanju, mjerenjem amplitude N400 testirani su prometni znakovi kako bi se utvrdilo odgovaraju li njihovi semantički konteksti namjeravanom značenju. Uspoređujući rezultate prethodnih studija ERP-a s onima iz sadašnje studije, potvrđena je naša hipoteza da semantički nekongruentni prometni znakovi zahtijevaju više vremena za razumijevanje i izazivaju sukobe u kognitivnoj obradi s većim amplitudama N400.

Al-Madani, H., & Al-Janahi, A. R. (2002). u istraživanju su koristili ukupno 28 znakova upozorenja i obavijesti. Upitnik posebno pripremljen za prikupljanje potrebnih podataka

podijeljen je na više od 9000 vozača u pet zemalja; javilo se 4774 (53 %) [46].

Dob i iskustvo vožnje vozača u velikoj su korelaciji. Stoga se s pravom može pretpostaviti da kako dob vozača raste, tako raste i njihovo razumijevanje postavljenih znakova zbog veće stope izloženosti. Kako se obrazovna pozadina i prihodi vozača povećavaju, tako bi trebalo i njihovo razumijevanje postavljenih znakova. Vozači iz zapadnih zemalja trebali bi bolje razumjeti postavljene znakove od drugih, jednostavno zbog boljeg sustava prometnog obrazovanja i zahtjeva za pismenim ispitima za dobivanje vozačke dozvole u njihovim zemljama u usporedbi s vozačima iz azijskih i arapskih zemalja. Od vozačica se očekuje da budu jednako dobre kao i vozači jer su oboje uključeni u sličnu obuku i okruženje za testiranje za stjecanje vozačke dozvole. Isto tako, slobodni vozači trebali bi jednako dobro kao i oženjeni razumjeti postavljene znakove. Iako se predloženi odnos između oženjenih i neoženjenih čini čudnim i rijetko je razmatran u takvim studijama, ipak ga je potrebno uzeti u obzir zbog društvenih i kulturnih razlika u usporedbi sa zapadnim zemljama. Budući da traženi podaci nisu objavljeni drugdje, bilo ih je potrebno prikupiti posebno za ovu studiju.

Ostvarena je stopa odgovora od 53 %. To predstavlja oko 0,05 % ukupnog broja vozila registriranih u svakoj državi. Ukupni rezultati pokazali su da vozači razumiju znakove obavijesti i upozorenja oko 55 odnosno 56 %. Drugim riječima, vozači razumiju nešto više od polovice znakova koji mogu biti postavljeni uz prometnice. To ukazuje na ozbiljan problem u sustavu jednosmjerne komunikacije između prometnih znakova i vozača.

Razumijevanje postavljenih znakova od strane vozača pokazalo je da su američki i europski vozači najpućeniji. Općenito, postigli su znatno bolje rezultate od drugih nacionalnosti. To se poklapa s očekivanjima budući da vozači sa zapada u regiji imaju visoke obrazovne kvalifikacije u usporedbi s ostalima. Sljedeći su bili oni u skupini označenoj s "ostali", poput Afrikanaca i Australaca. Treći su bili azijski vozači. Posljednju skupinu činili su vozači iz zemalja Vijeća za suradnju Arapskog zaljeva (GCC) i iz drugih arapskih država.

Vilchez, J. L. (2019). je za cilj svog rada procijenio kako pojedinci razumiju prometne znakove upozorenja u Ekvadoru i napravio klasifikaciju kako bi se razjasnilo koje od njih treba redizajnirati [47]. Ukupno 313 sudionika nasumično je odabrano iz populacije studenata sveučilišta u Ekvadoru (196 [63,48 %] žena, 117 [36,52 %] muškaraca; 107 [33,1 %] s i 206 [66,89 %] bez vozačke dozvole;  $M = 20,68$ ,  $SD = 2,26$ , dobni raspon: 18 – 30 godina). Uzimajući u obzir da je Republika Ekvador prijavila skup od 5.619.634 ljudi u dobi između 15 i 30 godina (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [Nacionalni institut za statistiku i popise]; INEC, 2010.), ovaj uzorak znači 5,7 % od pogrešku u predstavljanju cijelog svemira (s razinom pouzdanosti od 95 % i uz pretpostavku heterogenosti od 50 %, što čini najgore slučajeve).

Odabrano je 104 znaka upozorenja nasumičnim izborom. 104 znaka upozorenja predstavljena su ili sa svojom definicijom podudaranja ili bilo kojom drugom definicijom neslaganja (nasumično izdvojeno iz populacije definicija). Stoga su za svaki znak postojale dvije vrste pokusa (kongruentno/nekongruentno). 208 prezentacija, 104 pokušaja podudaranja i 104 pokušaja nepodudaranja, činilo je potpuni blok. Ukupan broj blokova bio je samo jedan.

Postoji značajna korelacija između reprezentativnosti znaka (reprezentativni znakovi i nereprezentativni znakovi) i točnih odgovora/pogreški u povezivanju tog znaka i njegove

definicije. Nereprezentativni znakovi tjerali su sudionike da počine više pogrešaka (60,2 % pogrešaka) nego reprezentativni (0,0 % pogrešaka). Također postoji značajna korelacija za obje skupine klastera jednoznačnosti (jednoznačni znakovi i dvosmisleni znakovi) i broja točnih odgovora/pogrešaka. U ovom slučaju, jednoznačni znakovi smanjili su vjerojatnost (8,3 % pogrešaka) zavaravanja sudionika nego dvosmisleni znakovi (36,4 % pogrešaka).

Postoji značajna, negativna korelacija između broja točnih odgovora i RT sudionika u konceptu reprezentativnosti, što znači da što više vremena ispitanicima treba, to je manja vjerojatnost davanja točnog odgovora u povezivanju znakova s njihovom ispravnom definicijom. U konceptu jednoznačnosti također postoji značajna, negativna korelacija između broja točnih odgovora i RT sudionika, što također znači da što više vremena ispitanici oduzimaju, veća je vjerojatnost počinjenja pogreške pri odbacivanju da znak ne odgovara prethodnoj definiciji.

Postoji značajna korelacija između broja pogrešaka i posjedovanja dozvole za koncept reprezentativnosti, što znači da je vjerojatnije da će licencirani vozači počinuti manje pogrešaka ( 22 %) od sudionika u prometu bez dozvole (27,2 %) u povezivanju znakova s njihovom definicijom. Za koncept jednoznačnosti također postoji značajna korelacija između broja pogrešaka i posjedovanja dozvole, što u ovom slučaju znači da su licencirani vozači vjerojatnije je da će počinuti manje pogrešaka (6,6 %) od sudionika u prometu bez dozvole (10,4 %) pri odbacivanju znaka koji ne odgovara njihovoj prethodnoj definiciji.

Sudionici u prometu bez dozvole imaju prosječno 77,32 % točnih odgovora dok vozači s dozvolom imaju 82,13 %. Isti je slučaj za nereprezentativne znakove, jednoznačne znakove i dvosmislene znakove, u kojima je postotak za svaku populaciju 60,51%/66,9 %, 73,19%/78,48 % odnosno 59,36%/62,78% [47].

Nadalje, nereprezentativni znakovi izazivaju veći broj pogrešaka od reprezentativnih znakova. Isto tako, dvosmisleni znakovi tjeraju sudionike da počine znatno više pogrešaka. U tom smislu, postoji zanimljiv, značajan učinak između broja danih točnih odgovora i RT-ova sudionika za oba koncepta reprezentativnosti i jednoznačnosti; što više vremena subjektima treba, to je vjerojatnije da će počinuti pogrešku. Značajan i logičan odnos između posjedovanja vozačke dozvole i broja pogrešaka u oba pojma: reprezentativnosti i jednoznačnosti. Sudionici s vozačkom dozvolom manje griješe u povezivanju ili odbacivanju definicija sa znakovima od ostalih sudionika u prometu [47].

Što se tiče klasifikacije znakova, postoje dvije sekundarne skupine znakova koje je potrebno razmotriti za redizajn. S jedne strane, postoji skupina nereprezentativnih znakova koji imaju visoku razinu pogrešaka. S druge strane, postoji skupina dvosmislenih znakova koji također imaju visoku razinu pogrešaka. Unatoč ovoj sekundarnoj skupini, najviše zabrinjava skupina čiji su znakovi nereprezentativni i dvosmisleni u isto vrijeme. U ovoj skupini nalaze se znakovi: prijelaz željezničke pruge (crossbuck) i broj kolosijeka, prijelaz pruge na 90 na sporednoj cesti desno, željeznički prijelaz bez barijere ispred, razmaknuto križanje na zavoju lijevo (prvo lijevo pa desno), znak međudržavne autoceste, riječna obala bez barijera, Odredište (dualno), Objekti na sredini ceste i oznake opasnosti. Neophodno je redizajnirati ovu skupinu znakova radi sigurnosti u prometu.

Ova studija potiče i dubinsku analizu učinka na kretanje svakog znaka uz cestu i proučavanje načina na koji se taj učinak može modificirati kontekstom u kojem su ti znakovi predstavljeni. Preporučljivo je projektirati prometne znakove što je moguće reprezentativnije i jednoznačnije. Svaki nepotreban rizik tijekom vožnje treba izbjegavati. Posljedično, autori naglašavaju kako istraživački napori trebaju biti usmjereni na razvoj kognitivnih ergonomske znakova koji optimiziraju mentalnu obradu i tako poboljšavaju sigurnost u prometu [47].

Sun, L. i dr. (2011). u svoje istraživanje su uključili dvadeset spolno uravnoteženih sudionika, u dobi između 22 i 32 godine, s važećom vozačkom dozvolom duljom od tri godine. Vid svih sudionika bio je normalan i morali su voziti više od 30 minuta u simulatoru prije testa. Ovi gornji uvjeti za uključivanje u eksperiment postavljeni su kako bi se smanjila razlika između simulacije i stvarne scene [48].

U istraživanju je simulirana 7 km dugačka cesta s prometnim znakovima. Između svakog prometnog znaka postavljeno je više od 800 metara kako bi vozač imao dovoljno vremena da se prilagodi prije sljedećeg prepoznavanja. Metoda praćenja pogleda korištena je u ovoj studiji za dobivanje podataka o pokretima očiju tijekom vožnje vozača u simulatoru, posebno kada preuzimaju zadatak prepoznavanja znakova.

Na temelju dva glavna pitanja koja su prethodno razmotrena, performanse vožnje ocjenjuju se vremenom fiksacije, vremenom vizualne kognicije, ubrzanjem i odmakom vožnje. Navedite ova četiri pokazatelja kako slijedi. Vrijeme fiksiranja mjereno je od trenutka kada je vozač pronašao prometni znak do trenutka kada je vozač prepoznao potrebne informacije i skinuo pogled s prometnog znaka. Vrijeme vizualne spoznaje odnosi se na vrijeme koje vozač koristi za identifikaciju informacija, a koje je obično kraće od trajanja fiksacije. Ubrzanje se odnosi na promjenu brzine, koja uglavnom mjeri koliko brzo ili sporo vozilo ubrzava ili spušta tijekom prepoznavanja prometnog znaka. Promjena brzine može biti pozitivna, negativna ili nula. Odmak vožnje odnosi se na promjenu udaljenosti vozila u smjeru naprijed tijekom prepoznavanja prometnog znaka. I ubrzanje i pomak u vožnji vrlo su važni u mjerenju utjecaja prepoznavanja prometnih znakova na ponašanje u vožnji.

Rezultati istraživanja pokazuju da kada se brzina vožnje povećala s 80 km/h na 120 km/h, vrijeme vizualne spoznaje prometnog znaka s istom količinom informacija postupno se smanjivalo. Razlog tome jest taj što vozači u relativno kratkom vremenu moraju prepoznati potrebne podatke na prometnom znaku.

Brojke pokazuju rastući trend ubrzanja i pomaka vožnje kada se sadržaj informacija povećava pod istom brzinom. Slično tome, pod istim sadržajem informacija, s povećanjem brzine vožnje, dva pokazatelja: promjena ubrzanja i udaljenost odmaka staze također pokazuju rastuće trendove.

Za sadržaj informacija veći od 7, vozač će smatrati da se sve informacije ne mogu identificirati unutar ograničenog vremena. Moraju odustati od nekih informacija i obično se ne ponašaju agresivno u vožnji. To također pokazuje da bi 7 trebala biti gornja granica sadržaja informacija u zasebnom prometnom znaku. S povećanjem sadržaja informacija na prometnom znaku, vrijeme vozačeve fiksacije povećalo se značajnije od vremena vizualne spoznaje.

Kada se brzina poveća s 80 km/h na 100 km/h, pomak praćenja vozila pokazuje

smanjenje u prosjeku. Glavni razlog je što će vozač biti više usredotočen kako bi dovršio proces identifikacije kada se njegova brzina poveća na 100 km/h. S druge strane, rastući trend pri 120 km/h trebao bi biti pravi odraz opterećenja prepoznavanja prekoračenja na ponašanje u vožnji.

Ponašanje u vožnji postalo je iznimno važno pitanje u poboljšanju ukupne učinkovitosti sigurnosti u prometu. Kao odgovor na nepostojanje sigurnosne analize rizične vožnje tijekom prepoznavanja prometnih znakova vozača, u ovom radu prikazana je faktorska analiza temeljena na testu dinamičke simulacije. Prema analizi podataka eksperimenta simulacije vožnje, korelacije između ubrzanja, offseta vožnje, vremena vizualne kognicije, vremena fiksacije, itd., raspravljalo se s aspekta sigurnosti vožnje. Slijede glavni zaključci.

1. Indikatori ponašanja u vožnji, kao što su vrijeme spoznaje, promjene ubrzanja, udaljenost odstupanja staze, pokazuju jaku korelaciju s procesom prepoznavanja prometnih znakova.

2. S povećanjem sadržaja informacija na prometnom znaku, vrijeme fiksiranja, ubrzanje i udaljenost odstupanja, itd., također pokazuju rastući trend u prosjeku u skladu s tim. Što je više informacija na prometnom znaku, to je veća opasnost u vožnji. Broj koji predstavlja gornju granicu informacija u zasebnom prometnom znaku trebao bi biti 7.

3. Brzina vožnje ima značajan utjecaj na vrijeme fiksiranja, ubrzanje i pomak staze dok vozač mora izvršiti njihovo prepoznavanje. Stoga je potrebno upozoriti vozače da uspore prije nailaska na prometne znakove s pretjeranim informacijama. [48]

Cilj rada Vilchez, J. L. (2020). bio je procijeniti kako pojedinci razumiju „informativne“ prometne znakove u Ekvadoru i napraviti klasifikaciju kako bi se razjasnilo koje od njih treba redizajnirati (kao što je to već učinjeno s ekvadorskim prometnim znakovima upozorenja; usp. Vilchez 2019) [49].

293 sudionika nasumično su odabrana iz populacije studenata na Sveučilištu u Ekvadoru (176 [60,07%] žena, 117 [39,93%] muškaraca, dobni raspon: 18 - 30 godina). Stoga bi uzorak od 293 sudionika pretpostavio pogrešku od 5,7 % u predstavljanju cijelog svemira; uzimajući u obzir 95% povjerenja i pretpostavljajući 50 % heterogenosti (što bi bio najgori slučaj). Ukupno 69 informativnih znakova predstavljeno je ili sa svojom definicijom podudaranja ili bilo kojom drugom definicijom neslaganja (nasumično izdvojeno iz skupa definicija). Stoga su za svaki znak postojale dvije vrste pokusa (kongruentno/nekongruentno). 138 prezentacija (69 podudarnih i 69 nepodudarnih ispitivanja) činilo je cijeli blok. Ukupan broj blokova bio je samo jedan.

Postoji značajna korelacija između reprezentativnosti znaka (reprezentativni znakovi i nereprezentativni znakovi). Nereprezentativni znakovi tjerali su sudionike da počine više pogrešaka (24,9 % pogrešaka) nego reprezentativni (5,4 % pogrešaka). Također postoji značajna korelacija za obje grupe klastera jednoznačnosti (jednoznačni znakovi i dvosmisleni znakovi). U ovom slučaju jednoznačni znakovi smanjili su vjerojatnost (4,5 % pogrešaka) zavaravanja sudionika nego dvosmisleni znakovi (29,4 % pogrešaka).

Postoji značajna, negativna korelacija između broja točnih odgovora i RT sudionika u konceptu reprezentativnosti. U tom smislu, što je ispitanicima potrebno više vremena za

odlučivanje, manja je vjerojatnost da će dati točan odgovor. U konceptu jednoznačnosti također postoji značajna, negativna korelacija između broja točnih odgovora i RT sudionika, što također znači da što više vremena ispitanici, veća je vjerojatnost počinjenja pogreške.

U ovoj studiji razlika između reprezentativnih znakova i nerepresentativnih znakova iznosi 918,17 ms (što bi značilo udaljenost odgovora od 25,71 m), dok je razlika između jednoznačnih znakova i dvosmislenih znakova 1142,59 ms (što bi značilo udaljenost odgovora od 31,99 m).

Ovi se rezultati mogu pripisati različitoj količini informacija koju neki prometni znakovi mogu pružiti od drugih. Čimbenici, kao što su boja, veličina teksta i oblik ikone, mogli bi utjecati na prepoznavanje značenja znakova i utjecati na RT.

Hou, G., & Yang, J. (2020). proveli su studiju u kojoj je sudjelovalo 60 sudionika u dobi od 20 do 24 godine. Odabrano je 100 od ukupno mogućih 25 znakova iz Nacionalnih standarda Narodne Republike Kine. Znakovi odabrani za stručno ocjenjivanje prethodno su obrađeni pomoću programa Adobe Photoshop CS kako bi se standardizirala njihova veličina, boja i osvjetljenje. Prikazani su 90 cm od sudionika u rezoluciji od 1280×1024 piksela [50].

Ova studija je koristila ERP metodu za istraživanje neuralne obrade povezane s razumijevanjem prometnih znakova i objasnila reakcije ponašanja sudionika. Promjene amplitude približno 300 i 400 ms nakon početka podražaja otkrile su neuralni kognitivni mehanizam obrade razumijevanja znakova. Velike negativne amplitude N300 ukazuju na logičku neusklađenost između znakova i značenja; rezultati N400 sugeriraju nesporazum ili semantičku nepodudarnost između znakova i značenja. Stoga ova studija dokazuje da je ERP pristup, koji koristi intrinzične reakcije mozga, koristan za analizu razumijevanja znakova. Dodatne prednosti ove metode uključuju sljedeće:

1. ERP metoda pruža neurološke dokaze za ispitivanje razumijevanja prometnih znakova
2. ERP metoda pomaže istraživačima da razumiju promjene ljudskog ponašanja iz perspektive neuralne kognitivne obrade
3. ERP metoda nudi uvid u predviđanje ljudskog ponašanja

Rezultati ove studije imaju tri sljedeće implikacije: (a) prometni znak treba eksplicitno prenositi semantičke informacije korisnicima i koristiti minimalne semantičke udaljenosti. (b) Štoviše, značajke ikona i znakova pružaju naznake za razumijevanje. Korisnici mogu protumačiti znak kroz analizu značajki. Složene ikone sa značajkama koje korisnici nisu upoznate mogu zbuniti korisnike, pa čak i dovesti do nesporazuma. (c) Konačno, N300 i N400 ERP komponente mogu se koristiti za procjenu razumijevanja znakova u praksi. ERP metoda predstavlja objektivnu metodu ispitivanja dizajna znakova i utvrđivanja razumiju li vozači u potpunosti znakove.

Ovo istraživanje koristilo je obuku za kontrolu razumijevanja prometnih znakova. Obučeni sudionici jasno su razumjeli značenja znakova; to se nazivalo uvjetom razumijevanja. Neobučeni sudionici nisu razumjeli značenje znakova; to se nazivalo stanjem nerazumijevanja. Prosječno vrijeme odgovora za sudionike u treniranom stanju bilo je približno 673,33 ms, što je bilo puno kraće od vremena onih u netreniranom stanju 751,60 ms.

Ovi rezultati sugeriraju da su sudionici u neobučenoj skupini proveli više vremena pokušavajući razumjeti zbunjujuće znakove i imali su visoku vjerojatnost pogrešne procjene. Nasuprot tome, petodnevna obuka pomogla je sudionicima da razumiju semantičko značenje znakova; tako su obučeni sudionici mogli brže reagirati. Ovi dokazi sugeriraju da bi jasno razumijevanje prometnih znakova moglo uštedjeti vrijeme pomažući vozačima da brzo reagiraju [50].

Općenito, razumijevanje znakova uštedjelo je vozačima znatno vrijeme i tako im omogućilo da se ponašaju brzo i time smanjile šanse da loše dizajnirani znakovi dovedu vozače u zabludu. Stoga je ulaganje vremena u učenje i razumijevanje znakova korisno jer semantika znakova nije eksplicitna u trenutnoj javnoj infrastrukturi.

Ben-Bassat, T., & Shinar, D. (2015). proveli su test razumijevanja znakova koji se sastojao od 28 slika u boji prometnih znakova na autocesti, uključujući znakove upozorenja, znakove obveza i znakove obavijesti. Kako bi se proučio učinak konteksta na razumijevanje prometnih znakova, svih 28 znakova predstavljeno je dva puta: jednom u običnoj bijeloj pozadini, a jednom u slici stvarno okruženje za vožnju sa znakom prikazanim na desnoj strani ceste [51].

U testu je sudjelovalo 100 sudionika podijeljenih u dvije grupe. U prvoj grupi prosjek godina sudionika iznosio je 26,3, a u drugoj 76,2. Podijeljeni su u četiri grupe, a svaka grupa sastojala se od 25 sudionika, pola mladih, a pola starijih vozača te su bili izloženi prometnim znakovima različitim redoslijedom.

Neke od znakova razumjelo je više od 90 % vozača, bilo da su prikazani s kontekstom ili bez njega, dok su drugi znakovi prepoznalo ih je 40 % ili manje vozača. Srednji postotak točnih odgovora bio je viši za mlade vozače (srednja vrijednost = 81 %, SD = 20 %) nego za starije vozače (srednja vrijednost = 76 %, SD = 23 %). Detaljan pregled pojedinačnih odgovora otkrio je da je za 4 od 28 znakova razina razumijevanja mladih vozača bila najmanje 20 % viša od razine razumijevanja starijih vozača (znak "Spoji s desna", znak "Opasna nizbrdica", znak "Autocesta (Cesta za velike brzine s ograničenim pristupom)", i znak "Cesta ograničena za vozila koja su sposobna i imaju dozvolu za vožnju propisanom brzinom ili višom"). Treba napomenuti da su za neke od znakova, poput znaka ("Prednost suprotnog prometa") i znaka ("Prednost prometa u smjeru vozača"), stariji vozači bili bolji od mladih vozača, s otprilike 30 % više točnih odgovora.

Postoje velike razlike u vremenu odziva između različitih prometnih znakova, kako za mlade vozače tako i za starije vozače. Također, u prosjeku mlađi vozači su reagirali znatno brže od starijih vozača: 1,64 s (SD = 0,43) u odnosu na 3,55 s (SD = 0,96). Srednja vrijednost RT za znakove prikazane uz cestu bila je značajno dulja (mlada skupina = 1,73 s; starija skupina = 3,79 s) nego RT za znakove prikazane bez konteksta (mlada skupina = 1,55 s; starija skupina = 3,31 s). Možda je najzanimljiviji rezultat u ovom istraživanju bio da je RT bio najduže kada su odgovori bili netočni. Čini se da u ovim vrlo opasnim situacijama u kojima se znak tumači suprotno od njegovog pravog značenja, vozači griješe – ali sigurno.

Nasuprot tome, u slučaju drugih pogrešnih odgovora, čini se da vozači moraju razmisliti prije nego što odluče. Zbog toga su suprotno shvaćeni znakovi još opasniji od drugih

pogrešno shvaćenih znakova. Neposredna implikacija ovog nalaza je da ove znakove treba zamijeniti ergonomski boljim ili barem nadopuniti tekstom, što se pokazalo učinkovitim sredstvom za poboljšanje razumijevanja prometnih znakova i smanjenje vremena odgovora na razumijevanje [52].

Rezultati ove studije dovode do četiri glavna zaključka i implikacije. Prvi zaključak odnosi se na učinak pružanja okoline kolnika pri ispitivanju razumijevanja znakova. Nije pronađen nikakav pozitivan ili negativan učinak konteksta na razumijevanje znakova. Stoga je za istraživanje razumijevanja znakova poželjno predstavljanje znakova na čistoj bijeloj pozadini, jer se time izbjegavaju mogući zbunjujući učinci zbog okruženja specifičnog za lokaciju. Drugi zaključak odnosi se na utjecaj dobi vozača na razumijevanje znakova. Općenito, stariji vozači pokazuju slabije razumijevanje prometnih znakova u usporedbi s mladim vozačima. Stoga se preporučuje da se test značenja prometnih znakova razmotri kao dio procesa obnavljanja licence za vozače starije od 65 godina, kako bi se provjerilo jesu li upoznati s novim znakovima i osvježili svoje pamćenje značenja znakova općenito. Osim toga, otkrili su da stariji vozači imaju mnogo duže vrijeme razumijevanja; stoga je vrijedno istražiti mogu li kratka obuka i ponovno upoznavanje sa znakovima smanjiti ta vremena razumijevanja. Iako stariji vozači obično voze sporije od mladih vozača i stoga imaju više vremena za obradu informacija o znakovima, vrijeme koje je starijim vozačima u eksperimentu trebalo da prepoznaju znakove – posebno u njihovom prirodnom kontekstu – bilo je vrlo dugo (preko 3 s). Upoznavanje starijih vozača s novim znakovima i osvježavanje njihova pamćenja o znakovima moglo bi znatno skratiti ovo vremensko razdoblje. Posljednji zaključak odnosi se na sugestiju da je ispravno vrijeme odgovora bilo slično onom suprotnog od značenja znaka. Iako veza između dizajna prometnih znakova i stope nesreća nije izravno testirana na dobar i reprezentativan način rezultati još jednom potvrđuju zaključak prethodnih studija, odnosno da je projektiranje prometnih znakova na standardiziran način koji je kompatibilan s asocijacijama i očekivanjima vozača vrlo važno za sigurnost vožnje. Kada je promjena simbola nepraktična (npr. kada je već u skladu s međunarodnim kodom), preporučljivo je dodati tekst iznad ili ispod simbola. [51]

Vilchez, J. L. (2018). proveo je tri eksperimenta kojima je cilj bio procijeniti kako pojedinci razumiju prometne znakove i kako ti znakovi utječu na njihove odluke i njihovu motoričku volju [53].

**1. eksperiment:** Sudionici su morali odlučiti odgovara li prometni znak prikazan u točno određenom trenutku definiciji prethodno prikazanog znaka. RT su izmjereni kao odgovor na prezentaciju niza prometnih znakova. Obradivana su dva koncepta: (a) ako znak stvarno predstavlja svoje značenje (reprezentativni znak), prije pravog podudaranja definicije-znaka, RT će biti kraći nego kada znak ne predstavlja to značenje; (b) ako znak nije dvosmislen (jednoznačan znak), prije krivo usklađenog definicijskog znaka, RT će biti kraći nego kada je znak dvosmislen. Predlaže se da će najkorisniji znakovi biti oni koji ne samo da ispravno predstavljaju svoje značenje, već brzo odbacuju druga; oni predstavljaju svoje značenje, ali ne predstavljaju druga moguća značenja. U primjeru, znak bi mogao pravilno predstavljati svoje značenje, ali može imati i neku drugu konotaciju, koja je zbunjujuća, stvara dvosmislenost,



povećava RT tijekom vožnje i povećava broj mogućih odgovora na taj znak.

Ukupno 52 znaka predstavljena su ili sa svojom definicijom podudarnosti ili bilo kojom drugom definicijom neusklađenosti (nasumično izvučenom iz populacije definicija). Stoga su za svaki znak postojale dvije vrste pokusa (kongruentno/nekongruentno). 104 nasumične prezentacije, 52 pokusa podudaranja i 52 pokušaja neslaganja, činilo je potpuni blok. Ukupan broj blokova bio je dva.

**2. Eksperiment:** Uzimajući u obzir različite grupe klastera stvorene u Eksperimentu 1 unutar koncepta reprezentativnosti, "najreprezentativniji" znakovi svake grupe, uvedeni su u zadatak praćenja; ispitan je njihov mogući učinak na kretanje putanje. Hipoteza je da nereprezentativni znakovi proizvode kvantitativni i kvalitativni, različiti utjecaj na kretanje u usporedbi s reprezentativnim znakovima, kao što je to dokazano. Provjereno je je li taj mogući učinak kontraproduktivan i može li dovesti do opasnih radnji ili odluka.

Rezultati pokazuju da se sudionici odmiču od pozicije u kojoj su prikazani znakovi. Stoga, ako su znakovi prikazani na lijevoj strani ceste, sudionici se približavaju obrnutoj poziciji. Suprotno simetrično, kada su znakovi prikazani na desnoj strani ceste, sudionici se pomiču ulijevo. Ovaj odbojni položajni učinak nije nov u literaturi (Vilchez & Tornay, 2012). S druge strane, prema početnoj hipotezi, nereprezentativni znakovi imaju značajan kontraproduktivan učinak; upadajući u lijevu traku ceste [53].

**3. eksperiment:** I jednoznačni i višeznačni znakovi uvedeni su u zadatak praćenja kako bi se ispitaio njihov mogući učinak na kretanje. Za razliku od prethodnog eksperimenta 2, s obzirom na to da činjenica nije da dvosmisleni znakovi nemaju značenje, već imaju nekoliko mogućih konotacija, hipoteza je da se dvosmisleni znakovi neće značajno razlikovati u svom učinku na kretanje u usporedbi s jednoznačnim znakovima. Ni položaj, jednoznačnost ni njihova interakcija nisu imali značajan učinak na kretanje ni u jednom od analiziranih okvira. Nije pronađen značajan učinak ni u ovoj mjeri za položaj ili jednoznačnost.

Cilj je postići jasnoću značenja i izostanak kontraproduktivnih učinaka na putanju reprezentativnih znakova (onih koji su uzrokovali čak i manje pogrešaka u zadatku odlučivanja). Radi se o izbjegavanju nepotrebnog rizika tijekom vožnje. Posljedično, istraživački napor treba biti usmjeren na razvoj kognitivno-ergonomskih znakova koji optimiziraju kognitivnu obradu i tako poboljšavaju sigurnost u prometu.

U radu Taamneh, M. (2018). nastojalo se razumjeti utjecaj spola, dobi, bračnog statusa, obrazovanja, kategorije dozvole, vozačkog iskustva, mjesečnih primanja i broja prometnih prekršaja na vozačevo razumijevanje triju kategorija prometnih znakova: izričitih naredbi, obavijesti i znakova opasnosti [54].

Anketa je pažljivo osmišljena kako bi se izmjerilo razumijevanje vozača 15 znakova izričitih naredbi, 17 znakova opasnosti i 7 znakova obavijesti u gradu Irbid, Jordan. Papirnati upitnik sastoji se od dva dijela. U prvom dijelu, prikupljaju se opisni podaci kao što su dob, spol, bračni status, kategorija dozvole, obrazovanje, vozačko iskustvo, mjesečna primanja i broj prometnih prekršaja u posljednjih pet godina. Drugi dio sastojao se od 39 pitanja koja se koriste za mjerenje vozačevog razumijevanja 39 prometnih znakova.

Razumijevanje prometnih znakova izričitih naredbi, obavijesti i opasnosti bilo je 70 %,

71 %, odnosno 66,5 %, pri korištenju cjelokupnih podataka za izradu i provjeru valjanosti modela, odnosno 65 %, 62,5 %, odnosno 61,3 %, kada se koristi 80 % podataka za izgradnju, a preostalih za provjeru valjanosti.

Za sve kategorije prometnih znakova iskustvo vožnje ima najveći utjecaj na razumijevanje vozača. Sljedeći utjecajni faktor je bračni status, zatim dob vozača, stupanj obrazovanja, mjesečna primanja, broj prometnih prekršaja u zadnjih pet godina, kategorija vozačke dozvole i na kraju spol vozača.

Shabani, S., Beauchemin, S., & Bauer, M. (2022). proveli su studiju u pet koraka: prvi korak je bio detekcija znakova, drugi klasifikacija. U trećem koraku određivali su vidno polje pozornosti vozača. U četvrtom koraku provjeravali su nalazi li se točka pogleda na znak, a u posljednjem, petom analiziran je pogled za svakog vozača te redoslijed podataka o znakovima koji su otkriveni i onima koji su presijekali pogled vozača. Utvrdio se broj znakova, koliko dugo su bili vidljivi u slijedu vožnje i je li vozač stvarno "vidio" znak (što je utvrđeno pogledom). Spomenuti podaci pružaju informacije o tome što su vozači radili, a što nisu vidjeli tijekom svojih vožnji [55].

Gledajući izračunate podatke može se ustanoviti da vozači nisu vidjeli otprilike 20 % prometnih znakova. Pretpostavka autora je da ako vozačev pogled ne "padne" na znak, kako je izračunala njihova pažnja, onda ga on nije vidio. Osim zabranjenog parkiranja, u studiji, svi znakovi vozačima prenose informacije o vožnji. Ako se to izuzme, što je razumno jer vozači nisu htjeli parkirati, postotak propuštenih znakova je oko 17 %. Rezultati govore pozitivno o vozačima: nijedan od znakovi za pješačke prijelaze nisu propušteni, samo 20 % od znakovi željezničkog prijelaza ispred su propušteni, a samo 15 % od znakova nailazak na školu su propušteni. Također, samo 13 % od znakovi ograničenja brzine su propušteni. Izračunati je srednji postotak promašenih (18,3 %) i 99 % interval pouzdanosti (13,0 %, 23,5 %).

Također su izračunali prosječno trajanje gledanja očiju u znakove za svaku vrstu znaka. Rezultati pokazuju da je za većinu tipova znakova trajanje reda veličine 1 sekunde. Razumijevanje fiksacije oka, reakcije i prepoznavanja bilo je područje proučavanja kognitivnih znanstvenika i neuroznanstvenika. Ako uzmemo 250 ms kao minimalno vrijeme potrebno za prepoznavanje i svaki znak koji je bio pod pogledom vozača 8 sličica ili manje (250 ms/30 fps) smatra nedostajućim, tada se postotak propuštenih znakova povećao na 29 %.

Iako je u vožnji važno paziti na prometne znakove, znakovi nisu jedini znakovi okoline koji informiraju vozača. Na primjer, prisutnost biciklističkih staza ili pješačkih prijelaza daje oznake na cesti koje mogu upozoriti vozača. Rezultati su pokazali da su znakovi za bicikliste i pješake promašeni češće (25 % odnosno 40 %) od prosjeka. Moguće je da je vozač na cesti primijetio bicikle i moguće pješake te je već upozoren.

Ben-Bassat, T. (2019) proveo je studiju u Izraelu u kojoj je uključio deset ergonomskih i deset neergonomskih znakova. U smislu razine razumijevanja i razine sposobnosti učenja, proveden je test prepoznavanja među tinejdžerima bez vozačke dozvole od kojih je bilo 20 žena i 13 muškaraca. Tjedan dana kasnije proveden je test prisjećanja s istim ljudima i istim znakovima. Tijekom eksperimenta sudionicima su prikazane slike 29 x 29 cm od 20 znakova na bijelom A3 papiru. Svaka slika je prikazana zasebno nasumičnim redoslijedom u trajanju od 30

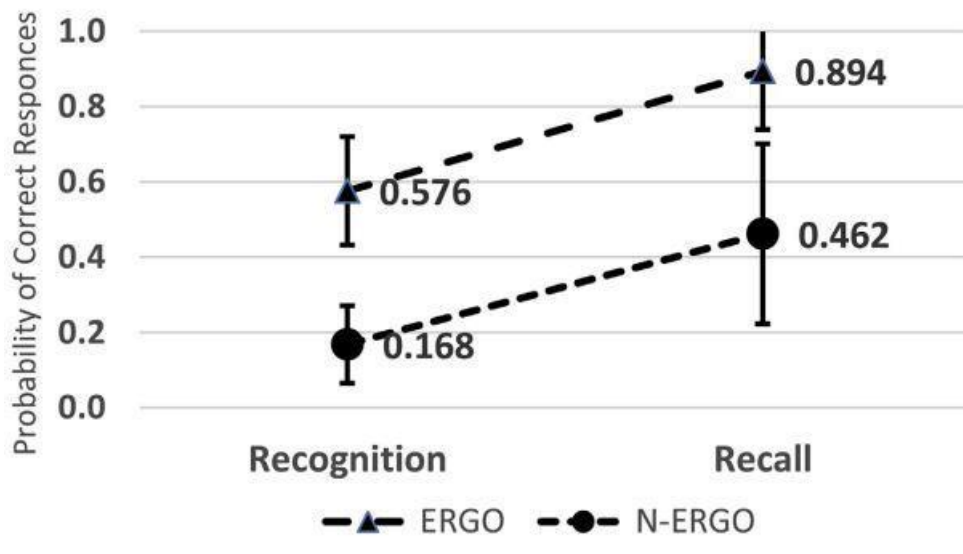
sekundi [56].

Rezultati pokazuju da je za samo 4,6 % odgovora (i za ergonomske i za neergonomske znakove) došlo do smanjenja razumijevanja između pokusa prepoznavanja i prisjećanja. U 51,1 % slučajeva nije bilo promjena u razini razumijevanja između dvaju ispitivanja dok je u 44,2 % slučajeva došlo do povećanja razine razumijevanja.

Studija je dovela do sljedećih zaključaka; ergonomske dizajnirane prometne znakove sudionici u prometu lako, odnosno intuitivno razumiju; ergonomske dizajnirane nepoznate prometne znakove sudionici u prometu lako uče; prometne znakove treba testirati na njihovu usklađenost s ergonomske načelima za dizajn znakova; neergonomske znakove treba redizajnirati kako bi se poboljšala njihova razina razumijevanja i sposobnosti učenja.

Također otkrili su da je za neergonomske znakove vjerojatnost netočnog odgovora u ispitivanju prepoznavanja 70,6 posto, ali ta se vjerojatnost pogrešne identifikacije smanjuje na 54,4 posto nakon procesa učenja. Uz to, stope djelomično točnih i potpuno točnih odgovora porasle su za 4,4 odnosno 11,8 posto. S druge strane, razina razumijevanja ergonomske znakova bila je viša od neergonomske znakova u ispitivanju prepoznavanja (35,2 posto odnosno 20,9 posto za djelomično i potpuno točne odgovore), a ove stope ostaju iste za djelomično točne odgovore, ali povećati na 49,1 % za potpuno točne odgovore.

Prema usporedbi, vjerojatnost točnog odgovora među ergonomske znakovima u testu prepoznavanja bila je značajno veća od vjerojatnosti točnog odgovora među neergonomske znakovima u testu prisjećanja, nakon što su naučili značenja znakova (slika 16).



Slika 15. Vjerojatnost točnih (potpunih ili djelomičnih) odgovora za ergonomske naspram neergonomske znakove za pokuse prepoznavanja naspram prisjećanja

Izvor: [56]

Zaključno, trenutna studija podupire prethodne studije i nedvosmisleno pokazuje da ergonomske dizajnirane prometne znakove značajno poboljšava razinu razumijevanja i mogućnosti učenja nepoznatih prometnih znakova. Stoga će sudionici u prometu koji naiđu na nepoznat znak, bilo kao turist u stranoj zemlji ili vide novi znak u svojoj zemlji, imati bolje šanse razumjeti značenje tog znaka.

Novost ove studije leži u istraživanju mogućnosti učenja znakova i njezine korelacije s ergonomskim dizajnom tih znakova. Također je testiran učinak dizajna na sposobnost sudionika u prometu da pogode ili na drugi način intuitivno razumiju značenje znakova. Na temelju rezultata ove studije može se zaključiti da dobar ergonomski dizajn može osigurati da ne-lokalni sudionici u prometu lako razumiju nepoznate znakove, a novi će vozači lako naučiti i prisjetiti se značenja znakova s kojima će se susresti na svojim lokalnim cestama.

Yuan, L. i dr. (2015). studija uključivala je tri eksperimenta. U prvom je testirana točnost percepcije znakova upozorenja; u drugom su znakovi upozorenja čija je točnost percepcije manja od 67 % odabrani za analizu uzorka na temelju rezultata pregleda; u trećem, na temelju gore navedenih rezultata pružen je poboljšani dizajn znakova upozorenja. Na prvi test pozvano je 550 vozača; U drugom testu sudjelovalo je 300 vozača; U trećoj etapi sudjelovalo je 150 vozača. Dob sudionika bila je između 18 i 60 godina (medijan = 36,5 godina): mladi (18 - 25 godina), srednje dobi (26 - 50 godina) i stari (51 ili više). Bilo je 820 muškaraca i 180 žena [57].

Za prvi eksperiment odabrano je 12 znakova upozorenja. Nakon završetka prvog dijela testa, na temelju kriterija da se znakovi ne smatraju prihvatljivim kada se u testu razumijevanja postigne razina točnosti manja od 67 %. Rezultati razumijevanja za 6 znakova upozorenja bili su mnogo niži od onih za druge znakove i ti su znakovi odabrani za daljnje testiranje. Drugi znakovi čiji su rezultati bili veći od 67 % poništeni su. Nakon završetka drugog dijela testa, na temelju analize razloga koji uzrokuju pogrešno razumijevanje 6 znakova, provedeno je odgovarajuće poboljšanje. Uzorci simbola redizajnirani su na temelju značajke dizajna znakova upozorenja; boja i oblik im se nisu promijenili; poboljšani su samo simboli.

Vozači u dobi od 26 do 50 godina točnije su razumjeli znakove (62,2 %), a vozači u dobi od 18 do 25 godina dali su više pogrešnih odgovora (58,4 %), dok razlika u razumijevanju između vozačica i vozačica nije veća od 3 %. Muški sudionici bolje razumiju znakove (61,2 %) od žena (58,5%). Sudionici sa sveučilišnim ili višim obrazovanjem mogli bi biti bolji u razumijevanju znakova upozorenja (61,7 %) od onih bez sveučilišnog obrazovanja (41,3 %).

Na temelju analize podataka treće faze rezultati, na primjer, znak upozorenja "dvosmjerni promet" redizajniran dodavanjem crne linije na trenutno korišteni znak upozorenja "dvosmjerni promet". Kada su razine razumijevanja trenutne i redizajnirane verzije za znak upozorenja analizirane, vidi se da je redizajnirana verzija shvaćena ispravno za 89,33 % svih vozača, stopa odgovora je vrlo visoka; trenutnu verziju ispravno je razumjelo 24,4 % korisnika. Kao rezultat toga, može se reći da se redizajnirana verzija uglavnom ispravno shvaća, ali trenutna verzija se ne uči dobro. Prema istoj analizi, drugi poboljšani znakovi upozorenja uglavnom su ispravno shvaćeni, ali trenutne verzije se ne uče dobro, barem ne još. Na temelju statističkih podataka, rezultati razumijevanja poboljšanih znakova bili su više od 67 % i time se dostigao kriterije ISO standarda.

Ukratko, razlike koje postoje između rezultata istraživanja u pogledu utjecaja dobi na razinu razumijevanja znakova upozorenja kod vozača mogu biti posljedica razlika u korištenju veličine uzorka, metodi istraživanja i vrstama znakova. Potrebna su daljnja istraživanja za ljude različite dobi kako bi se generalizirali rezultati.

Za istraživanje razumijevanja znakova je odabrano 12 znakova upozorenja, a razumijevanje znakova uvelike je variralo. Ukupni rezultati pokazali su da je razumijevanje vozača znakova upozorenja bilo oko 43,45 %. Oni ukazuju na ozbiljan problem u sustavu jednosmjerne komunikacije između znakova upozorenja i vozača. Ovi nesporazumi mogu imati opasne, pa čak i smrtonosne ishode na cesti.

Ovaj eksperiment je otkrio da su, nakon poboljšanja, znakovi upozorenja uglavnom ispravno shvaćeni. Prije redizajna, srednja ocjena razumijevanja 6 znakova upozorenja bila je 57 %, što je ispod smjernice ISO 3486 (1984) 67 % za razumijevanje; međutim, nakon redizajna, prosječna ocjena razumijevanja svih šest znakova bila je 87 %, povećavajući se za 24 % i premašujući 67 % predloženih u ISO 3486 (1984).

Priambodo, M. I., & Siregar, M. L. (2018). proveli su istraživanje na gradskoj cesti tijekom noći korištenjem kontroliranih uvjeta ceste. Čimbenici kao što su spol i dob zanemareni su u ovom eksperimentu. Sudionike se pojedinačno zamolilo da voze vozilo dok je eksperimentator sjedio na suvozačevom mjestu. Zabilježeni podaci uključivali su udaljenost otkrivanja sudionika i udaljenost čitanja 6 znakova unaprijed, kao i brzinu vozila i vrijeme putovanja [58].

Utvrđena je najveća korelacija između okomitog odmaka znakova i udaljenosti čitanja znaka. Vertikalni pomak znaka također je varijabla koja ima najveću korelaciju s udaljenosti detekcije znaka. Nezavisna varijabla visine slova znaka nije povezana s udaljenosti otkrivanja znakova, ali ima manje značajan i obrnut odnos s udaljenosti čitanja. Ovo je otkriće prilično neočekivano jer ukazuje na to da s većim visinama slova vozači moraju prići bliže položaju znaka kako bi pročitali znakove. Budući da je ispitivanje provedeno noću, čitljivost znakova također može utjecati na performanse retroreflektirajućih folija.

Daljnja analiza pomoću multivarijatne regresije pokazuje da u udaljenosti čitanja znaka: vrijeme putovanja vozila, brzina vozila, visina slova znaka i vertikalni pomak znaka značajno utječu na udaljenost čitanja znaka, dok visina slova znaka ne utječe značajno na udaljenost otkrivanja.

Wontorczyk, A., & Gaca, S. (2021) proveli su pilot studiju implementacije nestandardnim regulativnih znakova i znakova upozorenja na dionicama autoceste te brze ceste. Njihova je svrha bila povećati sigurnost i poboljšati promet [59].

Inventar „pet faktora“ široko se koristi u psihološkim studijama za mjerenje osobina ličnosti. Autori su odlučili spomenutu metodu primijeniti i u svojim studijama. Spomenuti alat mjeri pet osobina ličnosti, a to su: neuroticizam, ekstrovertiranost, otvorenost prema iskustvu, susretljivost i savjesnost. Sastoji se od 60 čestica, 12 pitanja s ljestvicom od pet stupnjeva. U nastavku su opisani rezultati istraživanja, polazeći od poznavanja i razumljivosti prometnih znakova u četiri odabrane skupine:

- (a) simbolični regulacijski znakovi (SR),
- (b) simbolički i tekstualni znakovi propisa (STR),
- (c) simbolični znakovi upozorenja (SW),
- (d) simbolični i tekstualni znakovi upozorenja (STW).

Kao rezultat usporednog proučavanja razine razumljivosti između različitih skupina

znakova, vozači su pokazali bolju razumljivost u slučaju simboličnih znakova. Najviša razina razumljivosti prometnih znakova utvrđena je kod simboličkih znakova upozorenja i simboličkih znakova propisa. Znatno lošija razumljivost uočena je kod simboličkih tekstualnih znakova propisa i upozorenja.

Promatrajući pojedine skupine nestandardnih znakova, utjecaj razine njihove poznatosti na razinu njihove deklarirane razumljivosti jest različit. Viša razina poznavanja simboličkih i tekstualnih regulatornih znakova promicala je njihovu bolju razumljivost. Sličan odnos također je pronađen za simboličke znakove upozorenja.

Gore opisane analize potvrdile su da testirani nestandardni znakovi nisu pokazali željenu razinu razumljivosti. Očekivano, s povećanjem iskustva (broja prijeđenih kilometara godišnje) raste i razina poznavanja nestandardnih znakova. No, iznenađuje činjenica da nema statistički značajnog utjecaja iskustva na razinu razumljivosti nestandardnih znakova u svim istaknutim skupinama znakova. Mlađi vozači pokazali su višu razinu razumijevanja simboličkih propisanih znakova. Studija nije potvrdila hipotezu da iskustvo vozača može pozitivno utjecati na ispravno razumijevanje nestandardnih znakova. Utjecaj „kategorije vozačke dozvole” na razumljivost nestandardnih znakova također je bio ograničen.

Također je utvrđen značajan utjecaj osobina vozača na razumijevanje značenja nestandardnih znakova. Za razumijevanje nestandardnih znakova važne su značajke za koje se obično smatra da su povezane s opasnim ponašanjem u cestovnom prometu (uključujući neuroticizam i ekstrovertnost) i također s onima za koje se obično smatra da favoriziraju ispravno ponašanje u cestovnom prometu (kao što su savjesnost i ugodnost). Jak stres ograničava učinkovitost osjetilnih i kognitivnih resursa, što dovodi do pogoršanja performansi u cestovnom prometu.

Međutim, vrijedi zapamtiti da je postavljanje nekoliko simbola na prometne znakove značajno smanjuje njihovo razumijevanje, kao što je pokazalo njihovo istraživanje. Dodavanje teksta simbolima na nestandardnim znakovima nije poboljšalo njihovo razumijevanje, a to je primijećeno i u drugim studijama. Najvjerojatnije je to povezano s brojem simbola i riječi postavljenih na jednom nestandardnom znaku, koji bi trebao biti ograničen. Štoviše, simboli i tekst na znakovima moraju biti čitljivi i razumljivi vozačima. Simboli trebaju upućivati na uobičajeno prepoznatljive piktograme, a tekst mora biti kratak, komunikativan i nedvosmislen [59].

## 5. ZAKLJUČAK

Napredak tehnologije i neprestane inovacije modernog vremena povlače sa sobom brojne nove izazove u svijetu prometa. S porastom broja vozača i broja vozila u prometu raste i rizik od prometnih nesreća te smanjenja sigurnosti na cestama, zbog čega je potrebno dodatan naglasak staviti na dobru organizaciju cestovnog prometa. Prometni znakovi imaju ključnu ulogu u organizaciji prometa, kao i održavanju njegove sigurnosti. Način na koji se prometni znakovi tumače i interpretiraju uvelike utječe na sigurnost cestovnog prometa, zbog čega je važno da oni budu jasni, pregledni i pravilno postavljeni. Ispravno čitanje i razumijevanje prometnih znakova smanjuje rizik od nastanka prometnih nesreća, no problem nastaje kada su znakovi dvosmisleni ili prenose suvišne informacije. Opseg literature koji istražuje utjecaj prometnih znakova na ponašanje vozača te na prometnu sigurnost u cijelosti velik je, no može se identificirati i nedostatak relevantne literature koja bi na sveobuhvatan način prikazala postojeća znanstvena otkrića. Svrha istraživanja provedenog za potrebe ovog diplomskog rada bila je upravo provesti analizu postojeće relevantne literature i nastojati sistemski obuhvatiti studije koje se bave temom utjecaja prometnih znakova na ponašanje vozača, s naglaskom na percepciju i razumijevanje prometnih znakova.

Na temelju provedenog istraživanja u ovom diplomskom radu početno pretraživanje identificiralo je ukupno **1969 studija**. U sljedećem koraku, identificirano je **459** istraživanja koje je pronađeno u nekoliko baza podataka (dvostruke studije). Pregledom naslova, sažetaka i ključnih riječi na temelju kriterija uključivanja eliminirano je daljnjih **1398** zapisa ostavljajući **112** članaka za daljnju procjenu. Nakon isključivanja daljnjih **81** članaka iz raznih razloga pregledom njihovog cjelokupnog teksta, **31** članaka zadovoljio je kriterije za uključivanje. Na temelju ovih čimbenika i teme istraživanja studije su podijeljene u dvije glavne skupine: (1) studije vezane za percepciju prometnih znakova; (2) studije vezane za razumijevanje prometnih znakova.

U studijama iz prve identificirane skupine, onima koje su vezane za percepciju prometnih znakova, pronađeno je mnogo važnih nalaza koji istražuju fiksaciju oka vozača prilikom vožnje. Möri i Abdel – Halim su, primjerice, u svojem istraživanju došli do zaključka da fiksacija oka vozača na prometne znakove traje od 0,271 do 0,784 sekundi, zbog čega je važno prilikom pozicioniranja prometnih znakova imati na umu njihovu uočljivost. Ostala analizirana istraživanja pokazala su kako vozači u pravilu teže percipiraju znakove postavljene s lijeve strane ceste, kao i okomite prometne znakove. Lakše se percipiraju znakovi postavljeni na povišenim površinama uz cestu. Na percepciju prometnih znakova nerijetko utječu i iskustvo i dob vozača, a istraživanja su također pokazala da će vozači vjerojatnije uočiti prometni znak na cestama koje im nisu dobro poznate, tj. kada se po prvi puta kreću tom cestom. Na nepoznatim cestama vozači obično voze sporije i opreznije, no na poznatim rutama skloniji su bržem reagiranju na nenadane situacije na cesti, budući da manje vremena troše na uočavanje, percepciju i tumačenje prometnih znakova.

Kada govorimo o razumijevanju prometnih znakova, studije koje proučavaju tu temu ukazuju na to kako dob, spol i iskustvo vozača također mogu biti presudni čimbenici.

Primjerice, istraživanja su pokazala kako muškarci češće sudjeluju u prometu pa tako pokazuju veći stupanj razumijevanja prometnih znakova od žena. Jedan od zanimljivijih nalaza istraživanja bio je onaj Al – Madanija i Al – Janahija, koji su utvrdili da stanovnici zapadnih zemalja, dakle onih razvijenijih, bolje razumiju prometne znakove od stanovnika manje razvijenih zemalja. Na razumijevanje znakova također može utjecati i njihov redizajn, koji same znakove može pojednostaviti i omogućiti njihovo lakše tumačenje. Važno je i težiti univerzalnosti znakova, tj. nastojati usklađivati izgled prometnih znakova s onima u drugim zemljama svijeta kako bi se posjetitelji neke zemlje lakše snalazili u prometu. Sun i dr. proveli su istraživanje u kojem su proučavali utjecaj brzine vožnje i količine informacija sadržanih na znaku na razumijevanje prometnih znakova. Gornja granica informacija koje bi trebale biti sadržane na jednom znaku je sedam – više od toga predstavlja opasnost jer vozači prilikom vožnje ne stignu obraditi veću količinu informacija. Brža vožnja također predstavlja opasnost prilikom razumijevanja znakova, zbog čega bi se vozače trebalo upozoravati da smanje brzinu prije približavanja prometnom znaku koji sadrži veću količinu informacija.

Prilikom ovakvih tipova istraživanja vrlo je teško doći do univerzalnih zaključaka, budući da je nemoguće postići homogenost prilikom biranja uzorka ljudi koji će sudjelovati u istraživanju. Ponašanje u prometu varira od vozača do vozača i ovisi o velikom nizu čimbenika, kao što su vremenski uvjeti, uvjeti na cesti, broj vozila na cesti i slično. Upravo se zbog toga u većini analiziranih studija ne zamjećuje mnogo konkretnih i općeprimjenjivih zaključaka.

Potencijal za buduća istraživanja jest u promatranju udaljenosti na kojoj vozači gledaju u druga vozila ili u pješake te kako na udaljenost fiksiranja utječu brzina, motivacija i čimbenici pažnje. Ova bi informacija bila važna jer je vrijeme potrebno vozaču da reagira na iznenadnu opasnost rezultanta udaljenosti i brzine fiksacije, a povećanje udaljenosti prve fiksacije u vizualnom pretraživanju vozača omogućilo bi više vremena za reakciju na iznenadne opasnosti, što dovodi do sigurnije vožnje. Potrebno je uzeti u obzir da u današnje vrijeme, u kojem dolazi do automatizacije vožnje i neprestanom uvođenju sustava pomoći vozaču u vožnji (npr. ADAS - Advanced driver-assistance system), postojeća istraživanja zahtijevaju nadogradnju kako bi se uskladila s novim tehnologijama i prometom koji se stalno mijenja.



## LITERATURA

- [1] Mup.gov.hr (2021) Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske za razdoblje od 2021-2030. [https://mup.gov.hr/UserDocsImages/2022/06/NPSCP\\_hr\\_web.pdf](https://mup.gov.hr/UserDocsImages/2022/06/NPSCP_hr_web.pdf) Dostupno: kolovoz 2022.
- [2] Luburić G. (2010) *Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1 – radni materijal za predavanja*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
- [3] Cerovac V. (2001) *Tehnika i sigurnost prometa*. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti.
- [4] Struna.ihj.hr (2022) Osobnost <http://struna.ihj.hr/naziv/osobnost/22397/> Dostupno: svibanj 2022.
- [5] Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, FPZ, Zagreb, ak. god. 2020/2021
- [6] Hr.n1info.com (2022) Prosječna starost vozila u Hrvatskoj <https://profitiraj.hr/prosjecna-starost-vozila-u-republici-hrvatskoj-iznosi-1434-godine> Dostupno: kolovoz 2022.
- [7] Narodne-novine.nn.hr (2019) Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_09\\_92\\_1823.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_09_92_1823.html) Dostupno: svibanj 2022.
- [8] Erf.be (2018) Improved Signage for Better Roads [https://erf.be/wp-content/uploads/2018/01/ERF\\_Position\\_Paper\\_on\\_Vertical\\_Signage\\_Final\\_7.pdf](https://erf.be/wp-content/uploads/2018/01/ERF_Position_Paper_on_Vertical_Signage_Final_7.pdf) Dostupno: svibanj 2022.
- [9] Babić, D. i dr. (2017) Model for Predicting Traffic Signs Functional Service Life – The Republic of Croatia Case Study. *Promet - Traffic&Transportation* 29(3): 343 – 349.
- [10] Montebello, D. i Schroeder, J. (2000) Cost Effectiveness of Traffic Sign Materials. *MN/RC-2000-12*. Dostupno na: <https://www.lrrb.org/pdf/200012.pdf>
- [11] Shannonbaum.com (2022) The Difference Between Engineer Grade, High Intensity Prismatic, and Diamond Grade Reflective Sheeting <https://shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/> Dostupno: ožujak 2022.
- [12] Babkov, V. F. (1975). Road conditions and traffic safety.
- [13] Mourant, R. R. i dr.(1969). Drivers'eye movements and visual workload
- [14] Möri, M., & Abdel-Halim, M. H. (1981). Road sign recognition and non-recognition. *Accident Analysis & Prevention*, 13(2), 101-115.
- [15] Johansson, G., & RUMAR, K. A. R. (1966). Drivers and road signs: A preliminary investigation of the capacity of car drivers to get information from road signs. *Ergonomics*, 9(1), 57-62.
- [16] Johansson, G., & Backlund, F. (1970). Drivers and road signs. *Ergonomics*, 13(6), 749-759.

- [17] Shinar, D., Rockwell, T. H., & Malecki, J. A. (1980). The effects of changes in driver perception on rural curve negotiation\*. *Ergonomics*, 23(3), 263-275.
- [18] Rockwell, T. H., Bhise, V. D., & Saford, R. R. (1970). Development of a methodology for evaluating road signs.
- [19] Näätänen, R., & Summala, H. (1976). Road-user behaviour and traffic accidents. *Publication of: North-Holland Publishing Company*.
- [20] Drory, A., & Shinar, D. (1982). The effects of roadway environment and fatigue on sign perception. *Journal of Safety Research*, 13(1), 25-32.
- [21] Shinar, D. i dr.(1977). Eye movements in curve negotiation. *Human Factors*, 19(1), 63-71.
- [22] Borowsky, A., Shinar, D., & Parmet, Y. (2008). Sign location, sign recognition, and driver expectancies. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 11(6), 459-465.
- [23] Costa, M. i dr. (2018). The role of peripheral vision in vertical road sign identification and discrimination. *Ergonomics*, 61(12), 1619-1634.
- [24] Martens, M. H., & Fox, M. R. (2007). Do familiarity and expectations change perception? Drivers' glances and response to changes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(6), 476-492
- [25] Testin, F. J., & Dewar<sup>1</sup>, R. E. (1981). Divided attention in a reaction time index of traffic sign perception. *Ergonomics*, 24(2), 111-124.
- [26] Kline, D. W., & Fuchs, P. (1993). The visibility of symbolic highway signs can be increased among drivers of all ages. *Human factors*, 35(1), 25-34.
- [27] Costa, M., Simone, A., Vignali, V., Lantieri, C., & Palena, N. (2018). Fixation distance and fixation duration to vertical road signs. *Applied ergonomics*, 69, 48-57.
- [28] Fernandez, J. i dr. (2020). Driver's Road Accident Factor Prioritization using AHP in Relation to Mastery of Traffic Signs in the City of Manila. *Transportation research procedia*, 48, 1316-1324.
- [29] Al-Madani, H. (2001). Prediction of drivers' recognition of posted signs in five Arab countries. *Perceptual and motor skills*, 92(1), 72-82.
- [30] Ghadban, N. R. i dr. (2018). Analyzing the impact of human characteristics on the comprehensibility of road traffic signs. *In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Bandung, Indonesia* (pp. 2210-2219).
- [31] Ben-Bassat, T., & Shinar, D. (2006). Ergonomic guidelines for traffic sign design increase sign comprehension. *Human factors*, 48(1), 182-195.
- [32] Ben-Bassat, T. (2013, September). The effect of context and ergonomic design of traffic signs on driver comprehension—a preliminary evaluation. *In Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 57(1), 1943-1947.
- [33] Fu, Q., Wu, C., & Lv, N. (2013). Study on the reaction time for road traffic signs

- information volume. In *ICTIS 2013: Improving Multimodal Transportation Systems-Information, Safety, and Integration* (pp. 1533-1541).
- [34] Charlton, S. G. (2006). Conspicuity, memorability, comprehension, and priming in road hazard warning signs. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 496-506.
- [35] Al-Madani, H. (2000). Influence of drivers' comprehension of posted signs on their safety related characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 32(4), 575-581.
- [36] Ogden, M. A., Womack, K. N., & Mounce, J. M. (1990). Motorist Comprehension of signing applied in urban arterial work zones. *Transportation Research Record*, (1281).
- [37] Symbols, T. S. Age Differences in Comprehension of Traffic Sign Symbols. *Traffic Signing, Signals*, and, 1.
- [38] Kirmizioglu, E., & Tuydes-Yaman, H. (2012). Comprehensibility of traffic signs among urban drivers in Turkey. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 131-141.
- [39] Zhang, T., & Chan, A. H. (2013, March). Traffic sign comprehension: a review of influential factors and future directions for research. In *Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists*. 2(1).
- [40] Al-Madani, H. (2000). Influence of drivers' comprehension of posted signs on their safety related characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 32(4), 575-581.
- [41] Kaplan, S., Bortei-Doku, S., & Prato, C. G. (2018). The relation between the perception of safe traffic and the comprehension of road signs in conditions of ambiguous and redundant information. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 55, 415-425.
- [42] Wegman, F., Aarts, L., & Bax, C. (2008). Advancing sustainable safety. *National road safety outlook for The Netherlands for 2005–2020. Safety Science*, 46(2), 323-343.
- [43] Testin, F. J., & Dewar<sup>1</sup>, R. E. (1981). Divided attention in a reaction time index of traffic sign perception. *Ergonomics*, 24(2), 111-124.
- [44] Ou, Y. K., & Liu, Y. C. (2012). Effects of sign design features and training on comprehension of traffic signs in Taiwanese and Vietnamese user groups. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(1), 1-7.
- [45] Hou, G., & Lu, G. (2018). Semantic processing and emotional evaluation in the traffic sign understanding process: evidence from an event-related potential study. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 59, 236-243.
- [46] Al-Madani, H., & Al-Janahi, A. R. (2002). Role of drivers' personal characteristics in understanding traffic sign symbols. *Accident analysis & prevention*, 34(2), 185-196.
- [47] Vilchez, J. L. (2019). Mental representation of traffic signs and their classification: warning signs. *Transportation research part F: traffic psychology*

- and behaviour*, 64, 447-462.
- [48] Sun, L. i dr. (2011). Simulation analysis on driving behavior during traffic sign recognition. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 4(3), 353-360.
- [49] Vilchez, J. L. (2021). Mental representation of traffic signs and their classification: informative signs. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 22(4), 441-456.
- [50] Hou, G., & Yang, J. (2021). Measuring and examining traffic sign comprehension with event-related potentials. *Cognition, Technology & Work*, 23(3), 497-506.
- [51] Ben-Bassat, T., & Shinar, D. (2015). The effect of context and drivers' age on highway traffic signs comprehension. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 33, 117-127.
- [52] Shinar, D., & Vogelzang, M. (2013). Comprehension of traffic signs with symbolic versus text displays. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 18, 72-82.
- [53] Vilchez, J. L. (2018). Representativity and univocity of traffic signs and their effect on trajectory movement in a driving-simulation task: regulatory signs. *Journal of safety research*, 66, 101-111.
- [54] Taamneh, M. (2018). Investigating the role of socio-economic factors in comprehension of traffic signs using decision tree algorithm. *Journal of safety research*, 66, 121-129.
- [55] Shabani, S., Beauchemin, S., & Bauer, M. (2022). Analysis of driver gaze and attention to traffic signs. *Journal of advanced transportation*, 2022.
- [56] Ben-Bassat, T. (2019). Are ergonomically designed road signs more easily learned?. *Applied ergonomics*, 78, 137-147.
- [57] Yuan, L. i dr. (2014). Driver's Comprehension and Improvement of Warning Signs. *Advances in Mechanical Engineering (Hindawi Publishing Corporation)*.
- [58] Priambodo, M. I., & Siregar, M. L. (2018). Road Sign Detection Distance and Reading Distance at an Uncontrolled Intersection. *In E3S Web of Conferences*, 65, 090044
- [59] Wontorczyk, A., & Gaca, S. (2021). Study on the relationship between drivers' personal characters and non-standard traffic signs comprehensibility. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2678.

## POPIS SLIKA I TABLICA

### Popis slika:

Slika 1. Korelacija čimbenika teških prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj.....	3
Slika 2. Glavni uzroci nastanka prometnih nesreća .....	4
Slika 3. Osnovni elementi čovjeka kao čimbenika sigurnosti prometa .....	5
Slika 4. Osnovni oblici prometnih znakova .....	11
Slika 5. Posebni oblici prometnih znakova .....	11
Slika 6. Znakovi opasnosti A14, A14-1.....	12
Slika 7. Znak B47 - obavezno obilaženje (desno) i znak B04 - zabrana prometa u jednom smjeru (lijevo).....	12
Slika 8. Neki od znakova obavijesti.....	13
Slika 9. Izgled folija materijala klase I.....	19
Slika 10. Izgled folija materijala klase II.....	19
Slika 11. Izgled folija materijala klase III.....	20
Slika 12. Kronološki prikaz procesa istraživanja .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Slika 13. Postotak vladanja prometnim znakovima .....	29
Slika 14. Rangiranje različitih čimbenika prometnih nesreća .....	30
Slika 15. Odnos količine informacija i prosječnog napora .....	33
Slika 16. Vjerojatnost točnih (potpunih ili djelomičnih) odgovora za ergonomske naspram neergonomske znakove za pokuse prepoznavanja naspram prisjećanja .....	46

### Popis tablica:

Tablica 1. Oblici, razredi veličina i dimenzije pojedinih elemenata prometnih znakova.....	14
Tablica 2. Najmanje visine pojmova (slova) na znaku.....	16

## **POPIS KRATICA**

H.I.P. (High Intensity Grade) stupanj visokog intenziteta

DG<sup>3</sup> (DAIMOND GRADE QUBE )

V.I.P. (Visual Impact Performance)

L.D.P. (Long Distance Performance)

ISO (Međunarodna organizacija za standardizaciju)

ANSI (Američki nacionalni institut za standarde)

(AHP) analitički hijerarhijski proces

RT (reaction time) vrijeme reakcije

NT (necessary time) potrebno vrijeme

ADAS - Advanced driver-assistance system

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

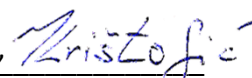
## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ diplomski rad  
(vrsta rada)  
isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 završnog/diplomskog rada pod naslovom Prometni znakovi i njihov utjecaj na sigurnost cestovnog prometa, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 01.09.2022.

Mario Krištofić,   
(ime i prezime, potpis)