Analiza utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost pješaka

Ferko, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:993067

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marija Ferko

ANALIZA UTJECAJA REFLEKTIRAJUĆIH PRSLUKA I SVIJETLE ODJEĆE NA SIGURNOST PJEŠAKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3985

Pristupnik: **Marija Ferko (0035182966)**
Studij: Promet
Smjer: Cestovni promet

Zadatak: **Analiza utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost pješaka**

Opis zadatka:

Pješačenje je ekološki najprihvatljiviji te najstariji oblik kretanja ljudi, a za kratke udaljenosti često i najpovoljniji. Ipak, pješaci su jedni od najranjivijih sudionika u prometu, pogotovo tamo gdje ne postoji infrastruktura namijenjena kretanju pješaka. U skupini pješaka najranjivije su grupe djeca i starci te osobe s invaliditetom. Njihova sigurnost izravno ovisi o tome koliko su uočljivi u prometu, stoga je zadatak diplomskog rada istražiti vidljivost pješaka i utjecaj reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost njihova kretanja.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Darko Babić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA UTJECAJA REFLEKTIRAJUĆIH PRSLUKA I SVIJETLE ODJEĆE NA SIGURNOST PJEŠAKA

ANALYSIS OF THE IMPACT OF REFLECTIVE VESTS AND BRIGHT CLOTHES ON PEDESTRIAN SAFETY

Mentor: doc. dr. sc. Darko Babić

Studentica: Marija Ferko

JMBAG: 0035182966

Zagreb, rujan 2017.

SAŽETAK

Pješački promet jedan je od najzastupljenijih vidova prometa, pri čemu su pješaci u interakciji s drugim vidovima prometa što ih čini jednim od najranjivijih sudionika u prometu. Njihova sigurnost ovisi o brojnim čimbenicima, kao što su izgrađenost potrebne infrastrukture ili njihova vidljivost u različitim uvjetima. Kako bi se odredilo utječe li i u kojoj mjeri na vidljivost pješaka odjeća koju nose, provedeno je istraživanje s ciljem analize utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost pješaka. Terenski dio istraživanja odnosi se na određivanje udaljenosti na kojima su ispitanici uočavali pješake u različitim konfiguracijama odjeće tijekom vožnje noću, a proveden je uz korištenje metode praćenja pogleda vozača. Obradom dobivenih podataka potvrđena je pretpostavka kako su pješaci koji su noću nosili reflektirajuće prsluke uočavani na značajno većim udaljenostima od pješaka u svijetloj odjeći, a posebice od onih u tamnoj odjeći, odnosno da odjeća utječe na njihovu vidljivost.

KLJUČNE RIJEČI: pješaci; sigurnost pješaka; reflektirajući prsluk; praćenje pogleda

SUMMARY

Pedestrian traffic is one of the most common mode of transport where pedestrians interact with other forms of traffic which makes them one of the most vulnerable traffic participants. Their security depends on a number of factors, such as building the required infrastructure or their visibility under different conditions. A research has been carried out in order to analyze the effect of reflective jackets and light clothing on pedestrian safety and to determine how the visibility of the pedestrians depends on clothes they wear. Part of the research conducted on road refers to determining the distance at which the respondents observed pedestrians in different clothing during driving at night and was carried out using the eye tracking method. The processing of the obtained data confirmed the assumption that pedestrians who wore reflective vest were seen at significantly greater distances than pedestrians in light clothing, and especially than those in dark clothing, which means the clothing affected their visibility at night.

KEY WORDS: pedestrian; pedestrian safety; reflective vest; eye tracking

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. VIDLJIVOST U PROMETU 3
2.1. Vizualna percepcija 4
2.2. Reflektirajući prsluci 6
2.2.1. Povijesni osvrt 6
2.2.2. Norme i standardi 7
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH UZ VIDLJIVOST PJEŠAKA U PROMETU 10
4. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE I KLASIFIKACIJA SUDARA 13
4.1. Zakonski okvir u Republici Hrvatskoj 13
4.2. Zakonska regulativa u Europi 14
4.3. Nalet na pješaka kao vrsta prometne nesreće 16
4.3.1. Frontalni nalet na pješaka 19
4.3.2. Bočno okrznuće pješaka 19
4.3.3. Pregaženje pješaka 19
5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI U HRVATSKOJ I SVIJETU 20
5.1. Pregled podataka iz Europske unije 20
5.2. Pregled podataka iz Republike Hrvatske 26
6. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA 32
6.1. Eye tracking metoda 32
6.1.1. Građa i karakteristike oka 32
6.1.2. Metode praćenja pogleda 35
6.1.3. Mjerljive veličine kod praćenja pogleda i njihova definicija 39
6.2. Sustav za praćenje oka Tobii Pro Glasses 40
6.3. Postupak provođenja istraživanja 41
7. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA 46
8. ZAKLJUČAK 57
LITERATURA 59
POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA 62

1. UVOD

Pješačenje je najstariji i najjednostavniji oblik ljudskog kretanja. Da bi uopće koristili neku drugu vrstu prometa, prvotno se koristi pješački promet. Ne zahtijeva korištenje pogonskog goriva, a zahtjevi za infrastrukturom su relativno skromni. Ipak, pješačenje kao oblik kretanja ima i neke mane, kao što je fizički napor ili utjecaj okolišnih uvjeta (kiša, snijeg itd.) mala brzina kretanja te relativno male duljine koje se na ovaj način prevaljuju.

Ono što je također nedostatak kod pješačkog prometa je izloženost samih pješaka utjecaju drugih vidova prometa, a to najviše dolazi do izražaja na dijelovima ceste gdje uopće nema pješačke infrastrukture. Drugim riječima, ukoliko na cesti ne postoji izdvojen dio za kretanje pješaka (nogostup ili pješačka staza), pješaci su primorani hodati cestom ili uz sami rub ceste, čime se povećava njihova izloženost cestovnim vozilima. Pješaci kao sudionici u prometu dodatno su ugroženi u uvjetima smanjene vidljivosti, ako na takvim dijelovima cesta nema javne rasvjete, a oni sami nemaju neki izvor svjetlosti ili nisu obilježeni nekom vrstom reflektirajućeg materijala što bi vozačima pomoglo ranije ih uočiti. Tome u prilog govori činjenica kako je gotovo jedna trećina pješaka poginulih tijekom 2015. i 2016. godine stradala tijekom noći, sumraka i svitanja. Da su pješaci jedna od najranjivijih skupina sudionika u prometu govori i podatak iz 2015. godine prema kojem je čak 16,70% nesreća s poginulim osobama klasificirano kao nalet na pješaka.

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utječe li, i u kojoj mjeri, odjeća koju pri hodanju pješaci nose na njihovu sigurnost. Svrha rada je prikazati važnost vidljivosti pješaka s aspekta sigurnosti te analizirati kako različita odjeća utječe na vidljivost pješaka noću. Kako bi se to postiglo, provedeno je ispitivanje vidljivosti pješaka u različitim kombinacijama odjeće (svijetla odjeća, tamna odjeća, žuti fluorescentni prsluk, narančasti fluorescentni prsluk) noću na dionici bez javne rasvjete uz pomoć metode praćenja pogleda vozača. Pretpostavka je da će reflektirajući prsluci imati velik utjecaj na vidljivost pješaka noću te će vozači uočavati ranije pješake koji nose prsluk, nego pješake u svijetloj odjeći ili u tamnoj odjeći te se očekuje da će pješaci koji nose reflektirajuće prsluke i svijetlu odjeću biti uočavani na većim udaljenostima u odnosu na pješake u tamnoj odjeći. Opisana tema bit će obrađena kroz osam poglavlja:

1. Uvod
2. Vidljivost u prometu
3. Pregled dosadašnjih istraživanja vidljivosti pješaka
4. Pregled zakonske regulative i klasifikacija sudara
5. Analiza stanja sigurnosti na cestovnoj prometnoj mreži u Hrvatskoj i svijetu
6. Metodologija istraživanja
7. Analiza rezultata istraživanja
8. Zaključak.

Nakon uvodnog poglavlja i pregleda teme, u drugom poglavlju će se pojasniti pojam vidljivosti u prometu te percepcija i uloga i značenje vizualne percepcije u prometnom sustavu.

Treće poglavlje bavi se pregledom dosadašnjih istraživanja koja su vezana uz vidljivost pješaka, a u kojima su korišteni različiti pristupi i primjenjene različite tehnologije istraživanja.

U četvrtom poglavlju bit će analizirana zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj te primjeri iz Europe vezana uz osnovne pojmove i zakonske odredbe koja se odnosi primarno na pješački promet. Osim toga, bit će pojašnjena osnovna podjela vrsta nesreća te detaljnije nalet na pješaka kao vrsta prometne nesreće.

Peto poglavlje odnosi se na analizu stanja sigurnosti u Europskoj uniji i Republici Hrvatskoj kroz podatke o broju i vrstama nesreća te broju stradalih pješaka, a svrha je ovog poglavlja dokazati opravdanost i važnost istraživanja vidljivosti pješaka.

Šesto poglavlje sadrži opis metodologije samog istraživanja, gdje će biti opisana primijenjena metoda praćenja pogleda, sam korišteni sustav *Tobii Pro Glasses* te postupak provođenja cjelokupnog istraživanja, uključujući postupke pripkupljanja i obrade podataka.

U sedmom poglavlju bit će analizirani podaci dobiveni terenskim istraživanjem korištenjem specijaliziranog softvera za analizu *eye tracking* snimki te priručnih statističkih softvera.

Posljednje poglavlje odnosi se na donošenje zaključaka proizašlih iz cjelokupnog diplomskog rada i provedenog istraživanja.

2. VIDLJIVOST U PROMETU

Vidljivost je pojam koji se u prometu često susreće budući da se procjenjuje kako se više od 90% informacija vezanih uz vožnju dobiva vizualnim putem, stoga se može zaključiti kako je uloga vida ključna prilikom upravljanja vozilom i prikupljanja informacija tijekom vožnje [1]. Sam pojam vidljivosti u kontekstu prometa označava udaljenost na kojoj je moguće uočiti neku situaciju, sudionika u prometu ili objekt. U prometu se od vidljivosti razlikuje pojam uočljivosti.

Uočljivost se može definirati kao karakteristika nekog objekta ili stanje koje determinira hoće li se uhvatiti pozornost promatrača koji taj objekt ili situaciju nije očekivao. Na uočljivost utječe velik broj vizualnih značajki koje uključuju boju, uzorak, nijanse, svjetlost, kontrast, jedinstvenost, pokret, veličinu te relativnu lokaciju objekta ili situacije u odnosu na pozadinu, odnosno okolinu. Ključan faktor pri postizanju uočljivosti je kontrast između objekta i njegove okoline, drugim riječima, objekti su uočljiviji ukoliko su značajno svjetliji ili tamniji od svoje pozadine te ukoliko su bliži centru vidnog polja promatrača [2].

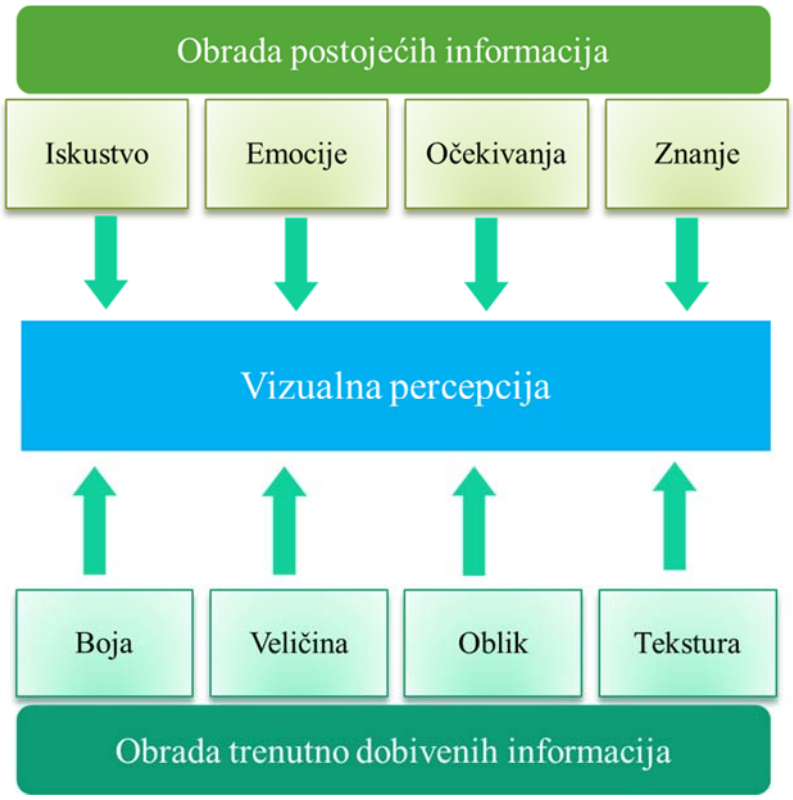
Prema navedenom, može se zaključiti kako bi uočljivost trebala biti veća što je veća vidljivost nekog objekta/situacije. Konkretno, ukoliko se osigura dobra vidljivost pješaka, povećava se i njihova uočljivost, odnosno povećava se vjerojatnost da će vozač u potencijalno opasnoj situaciji pravovremeno uočiti pješake ili više njih te moći na vrijeme i pravilno reagirati na situaciju. Ipak, dobra uočljivost i vidljivost objekta ne znači da će on biti automatski privući pozornost. Da bi čovjek uopće mogao vidjeti, svjetlost s promatranog predmeta ili pojave mora doći u njegovo oko. Na temelju toga se može zaključiti kako neki okolišni stimulans, poput katadioptera na pedalama bicikla, retroreflektirajućih elemenata na majicama ili fluorescentnim prslucima, mogu značajno povećati vjerojatnost pravovremenog uočavanja biciklista ili pješaka kao najranjivijih sudionika u prometu.

Kao što je spomenuto, vidljivost je povezana sa zaprimanjem svjetlosnih signala kroz organ vida, odnosno oči promatrača. Promatrač uočava svoju okolinu zahvaljujući vidljivoj svjetlosti i njenoj refleksiji, koja je definirana kao odnos svjetlosti koja pada na neku površinu i udjela svjetlosti koji se reflektira od te površine. Kada se govori općenito o refleksiji svjetlosti, razlikuju se tri osnovne vrste refleksije: zrcalna refleksija, difuzna refleksija i retrorefleksija. Zrcalnu refleksiju karakterizira reflektiranje ulazne svjetlosti u suprotnom smjeru, pri čemu je izlazni kut jednak upadnom kutu, a nastaje na glatkim i sjajnim površinama. U prometnom smislu ona nije pogodna, budući da se svjetlost odaslana s farova vozila ne vraća u smjeru očiju vozača. Difuzna refleksija javlja se pri obasjavanju grube površine svjetlom, te se svjetlost reflektira u svim smjerovima pa se stoga samo manji dio svjetla reflektira u smjeru izvora. Naposljetku, refleksija koja ima najveće značenje za sigurno odvijanje prometa je retrorefleksija. Retroreflektivnost označava svojstvo mogućnosti vraćanja upadne svjetlosti natrag prema izvoru osvjetljenja, što znači da retroreflektivni materijal osvijetljen farovima vozila svjetlost reflektira natrag u smjeru vozila, odnosno očiju vozača, što osigurava odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti. U prometu se primjenjuju dvije vrste retrorefleksije: sferična (temelji se na sferičnim retroreflektirajućim elementima, odnosno malim staklenim perlama) te prizmatična (retroreflektirajući elementi u ovom slučaju su mikroprizme koje se sastoje od tri jednake okomite površine) [3].

2.1. Vizualna percepcija

Kako bi čovjek shvatio značenje neke situacije, pojave ili objekta, prvotno ih mora percipirati. Percepcija je nesvjesni složeni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih osjetilnih informacija te njihovog uspoređivanja s već postojećim informacijama koji omogućuje pojedincu upoznavanje i prepoznavanje značenja predmeta, pojava i događaja u okolini. Temelji se na postojećem iskustvu, znanju, emocijama, očekivanjima itd., ali i na informacijama prikupljenim iz okoline. Ukoliko se govori o informacijama prikupljenim putem vida, radi se o vizualnoj percepciji. Preciznije, sposobnost tumačenja okruženja obradom podataka koji se nalaze u vidljivom svjetlu naziva se vizualna percepcija [3]. Vizualna percepcija je od velikog značenja za mnoge ljudske aktivnosti jer je usko povezana s razinom pažnje, odabirom i aktiviranjem elemenata memorije, a isto tako i s centralnom obradom informacija koja vodi do donošenja odluka te samih motoričkih radnji [1].

U prometu je vizualna percepcija vrlo važna, budući da je većina informacija koje sudionici prometnog sustava dobivaju iz okoline vizualnog karaktera. Iz tog je razloga značajno poznavanje procesa vizualne percepcije, koji se sastoji od obrade trenutno dobivenih te prethodno stečenih informacija. Proces obrade informacija dobivenih iz vidnog polja započinje ulaskom svjetlosti u oko gdje se svjetlost pretvara u električne signale, a nakon što su informacije kodirane u perceptivnim procesorima, prenose se u spremište osjetilne slike koje je dio „radne memorije“ čovjeka koja se sastoji od dijelova dugotrajnog pamćenja. Urođenim kognitivnim procesima povezuju se informacije iz dugotrajne memorije i informacije privremeno spremljene u spremište senzorne slike, te se na temelju toga donosi prosudba o reakciji. Prilikom percipiranja nekog objekta iz okoline promatrač prikuplja informacije kao što su boja, oblik, tekstura, veličina objekta i sl. Ovakva definicija vizualne percepcije shematski je prikazana na slici 1. Dvije najvažnije funkcije percepcije su prepoznavanje (utvrđivanje što je promatrani objekt) te lokalizacija (utvrđivanje gdje je objekt smješten u prostoru). Ključni elementi kod vizualne percepcije jesu: vizualna jasnoća, periferni vid, percepcija dubine, noćni vid i razlikovanje boja [3].



Slika 1. Vizualna percepcija

Izvor: [3]

Tijekom vožnje u noćnim uvjetima, mogućnost gledanja prostornih detalja na većim udaljenostima ograničena je na objekte osvijetljene prednjim svjetlima vozila i retroreflektivnim ili osvijetljenim uređajima. Za objekte obasjane prednjim svjetlima vozila, maksimalna udaljenost opažanja ograničena je na vodeći rub uzorka svjetala [1]. Prema tome, nedovoljna razina osvjetljenja ograničava uporabu perifernog vida tijekom prikupljanja podataka izvan područja osvijetljenog prednjim svjetlima, stoga je zastupljenije korištenje centralnog i fokusiranog vida, a osim navedenog, noću je smanjena i mogućnost percepcije dubine, kao i raspoznavanja boja. [3].

Vrijeme vozačeve percepcije i reakcije (*driver perception and reaction time – PRT*) fokus je brojnih istraživanja prilikom proučavanja ljudske percepcije u prometu. Pod tim se vremenom podrazumijeva vrijeme koje je potrebno vozaču da uoči neki objekt (faza detekcije), da shvati njegovo značenje (faza identifikacije), odredi smjer djelovanja, tj. što želi učiniti (faza donošenja odluke) te vrijeme da započne radnju za koju se odlučio (faza reakcije). Različita empirijska istraživanja PRT-a procjenjuju trajanje vremena percepcije i reakcije na 0,75-1,5 sekundi. Ovo se vrijeme razlikuje ovisno o raznim čimbenicima, uključujući vidljivost, kontekst situacije, lokaciju opasnosti u vozačevom vidnom polju i njegovom očekivanju. Pokazano je kako neočekivani događaji zahtijevaju dulje vrijeme reagiranja u odnosu na situacije koje su očekivane [2].

Faza detekcije započinje kada objekt od interesa (npr. svjetla vozila koja indiciraju kočenje, prepreka na cesti i sl.) uđe u vidno polje vozača te završava kada vozač detektira, odnosno shvati da je neki objekt pred njim. Nakon što je detektiran, objekt mora biti

identificiran kao opasnost, pri čemu je potrebna dobra vidljivost kako bi vozač mogao odlučiti treba li poduzeti neku akciju ili se pojava može ignorirati. Nakon što je objekt identificiran, vozač mora odlučiti kako će reagirati na situaciju, a vrsta reakcije ovisi o stanju vozača, dinamici vozila te uvjetima okoline. Primjerice, varijante odgovora mogu biti da vozač ne uradi ništa, upozori zvučnim ili svjetlosnim signalom vozača drugog vozila ili pješake ili izvede manevar izbjegavanja prepreke na cesti, odnosno kočenja pred njom. S povećanjem broja mogućih varijanti odluke, povećava se i PRT [2].

Nakon donošenja odluke o djelovanju, vozač mora planirano izvršiti radnju. Vrijeme u ovoj fazi procesa uključuje vrijeme potrebno da mozak pošalje signale mišićima te vrijeme odaziva mišića s prikladnim intenzitetom. U trenutku kada vozač počinje vršiti donesenu odluku, završava se PRT, odnosno vrijeme percepcije i reakcije. PRT u obzir uzima samo vrijeme potrebno za vozačevu mentalnu obradu prepreke i odluke te vrijeme do početka izvršenja odluke, no ne uključuje vrijeme reakcije vozila, odnosno vrijeme odziva sastavnih dijelova automobila [2].

2.2. Reflektirajući prsluci

Reflektirajući prsluci smatraju se osobnom zaštitnom opremom visoke vidljivosti. Cilj nošenja takvog prsluka je povećanje vidljivosti osobe koja ga koristi. Reflektirajući prsluci imaju vrlo raširenu primjenu kod različitih djelatnosti gdje visoka uočljivost osoba značajno utječe na povećanje sigurnosti pa ih tako koriste željeznički i cestovni radnici, radnici na zračnim lukama koji izvode radove u blizini vozila u pokretu ili u područjima gdje je smanjena vidljivost, lovci, građevinski radnici na gradilištima, čuvari parkinga, zaštitari, policijski službenici na cesti itd. Budući da je u prometu pravovremena uočljivost krucijalna, reflektirajući prsluci su u nekim zemljama obavezni za bicikliste ili motocikliste te u motornim vozilima za vozače u slučaju potrebe zaustavljanja vozila na cesti i izlaska iz istog.

Retroreflektirajući elementi na prslucima koji su namijenjeni povećanju vidljivosti ispunjavaju svoju funkciju samo ukoliko su osvijetljeni. Drugim riječima, ukoliko pješak nosi prsluk s ovim elementima, bit će uočljiv tek nakon što je osvijetljen snopom svjetlosti s farova automobila na način da će se svjetlost reflektirati od retroreflektirajućih elemenata na prsluku nazad prema izvoru, odnosno vozaču. Upravo zbog reflektirajućih svojstava pješak koji nosi reflektirajući prsluk vidjet će se s mnogo veće udaljenosti (ovisno i o tome jesu li na vozilu upaljena duga ili kratka svjetla) nego što će se vidjeti osoba koja nosi odjeću bez retroreflektirajućih elemenata koja nema tendenciju vraćanja svjetlosti direktno prema izvoru, već difuzno reflektira svjetlost. Druga važna karakteristika reflektirajućih prsluka je što su napravljeni od materijala fluorescentne boje, čime se povećava njihov kontrast u odnosu na okolinu, kako danju, tako i noću. Kombinacija fluorescentne boje i retroreflektirajućih elemenata čini reflektirajuće prsluke vrlo učinkovitim i funkcionalnim sredstvom za povećanje vidljivosti pješaka.

2.2.1. Povijesni osvrt

Odjeća visoke vidljivosti počela se izrađivati u prošlom stoljeću, uz ubrzani razvoj tijekom Drugog svjetskog rata. Prvotno je bila namijenjena cestovnim i željezničkim radnicima,

no ubrzo se njena primjena proširila i na druga područja. Boju visoke vidljivosti za tkanine izumio je Amerikanac Bob Switzer, koji je 1930-ih godina ozlijeđen na radnom mjestu. Tijekom oporavka razvio je neonsku boju miješanjem fluorescentnih minerala i laka za drvo. Boju je isprobao na ženskoj vjenčanici, a nakon toga je primjenu proširio na proizvodnju igračaka i šire [4].

Ekspanzija odjeće visoke vidljivosti dogodila se tijekom Drugog svjetskog rata kada su članovi posade na nosačima zrakoplova nosili fluorescentnu tkaninu kako bi usmjerili zrakoplov prilikom slijetanja. [4].

Narednih godina primjena se u SAD-u, ali i drugim zemljama, zakonski proširila na radnu odjeću. Na primjer, u Ujedinjenom Kraljevstvu fluorescentnu odjeću prvo su počeli koristiti radnici Britanskih željeznica 1960-ih godina. Zakonom o zdravlju i zaštiti na radu iz 1974. godine i Zakonom o osobnoj zaštitnoj opremi iz 1992. godine propisano je za radnu odjeću u Ujedinjenom Kraljevstvu da se mora izrađivati od materijala s fluorescentnim obilježjima [4].

2.2.2. Norme i standardi

Američki nacionalni institut za norme je 1999. izdao niz standarda kojim se nastojalo odrediti koji radnici moraju nositi odjeću visoke vidljivosti. Prema standardu, definirana su tri razreda odjevnih predmeta visoke vidljivosti radi zaštite radnika koji su izloženi višim razinama rizika od motornih vozila do teške radne mehanizacije [4].

ANSI/ISEA 107-1999 standard je bila prva američka norma za dizajn i karakteristike materijala za odjevne predmete koji povećavaju vidljivost. Od tada do danas standard je unaprijeđen sukladno razvoju novih materijala te je trenutno je na snazi norma ANSI/ISEA 107-2010 koja specificira sljedeće: dizajn, zahtjeve za pozadinske i retroreflektivne materijale kombiniranog učinka, zahtjeve za fotometrijske i fizičke karakteristike retroreflektirajućih materijala te načine obilježavanja [5].

Prema važećoj ANSI normi, odjeća visoke vidljivosti može se izrađivati u tri boje: fluorescentna zeleno-žuta, fluorescentna narančasto-crvena te fluorescentna crvena. Korisnici trebaju prilikom odabira boje uzeti u obzir prirodu posla te okolinu u kojoj rade. Tri klase odjeće visoke vidljivosti pomažu korisniku odabrati odgovarajuću odjeću ovisno o situaciji u kojoj će se koristiti. Odjeća je podijeljena u tri razreda (Slika 2.), koji se razlikuju prema minimalnoj površni pozadinskog i retroreflektirajućeg materijala. Dijelovi odjeće koji prekrivaju samo torzo, kao što su majice ili reflektirajući prsluci, namijenjeni su ispunjavanju zahtjeva razreda 1 i 2 [5].



Slika 2. Tri razreda zaštitne odjeće s visokom vidljivošću prema ANSI/ISEA 107-2010: razred 1 (lijevo), razred 2 (sredina), razred 3 (desno)

Izvor: [5]

U Republici Hrvatskoj norme vezane uz odjeću visoke vidljivosti jesu HRN EN ISO 20471:2013 *Upozoravajuća odjeća uočljiva s velike udaljenosti -- Metode ispitivanja i zahtjevi (ISO 20471:2013, ispravljena verzija 2013-06-01; EN ISO 20471:2013)*, odnosno HRN EN ISO 20471:2013/A1:2016 *Upozoravajuća odjeća visoke vidljivosti -- Metode ispitivanja i zahtjevi (ISO 20471:2013/Amd 1:2016; EN ISO 20471:2013/A1:2016)* te HRN EN 13356:2003 *Dodaci za vidljivost za neprofesionalnu uporabu -- Zahtjevi i ispitne metode (EN 13356:2001)* [6].

Prema standardu HRN EN ISO 20471:2013 *Upozoravajuća odjeća uočljiva s velike udaljenosti -- Metode ispitivanja i zahtjevi*, učinak materijala za poboljšanje vidljivosti koji se koristi za odjeću za povećavanje vidljivosti je specificiran fotometrijski, zajedno s minimalnim područjima i načinom smještanja materijala. Ova norma također definira pojmove koji se koriste kada se govori o odjeći vidljivoj s velike udaljenosti, kao što su [7]:

- Odjeća visoke vidljivosti – upozoravajuća odjeća namijenjena osiguravanju poboljšane uočljivosti u situacijama gdje postoji visoka razina rizika da osoba neće biti viđena
- Fluorescentni materijal – materijal koji emitira elektromagnetsko zračenje na vidljivim valnim dužinama dužim od onih apsorbiranih
- Pozadinski materijal – fluorescentni materijal u boji sa zadaćom da bude visoko uočljiv, ali ne i retroreflektivan
- Materijal kombiniranog učinka – materijal koji ima izražena i pozadinska i retroreflektirajuća svojstva
- Retroreflektirajući materijal – materijal koji ima retroreflektirajuća svojstva i ne može se koristiti kao pozadinski materijal
- Aktivni korisnik ceste – osoba na cesti koja sudjeluje u prometu te ima pažnju usmjerenu na promet (npr. biciklist, pješak)
- Pasivni korisnik ceste – osoba na cesti koja ne sudjeluje aktivno u prometu te mu je pažnja usmjerena na nešto drugo (npr. radnik na cesti, osoba u izvanrednoj situaciji).

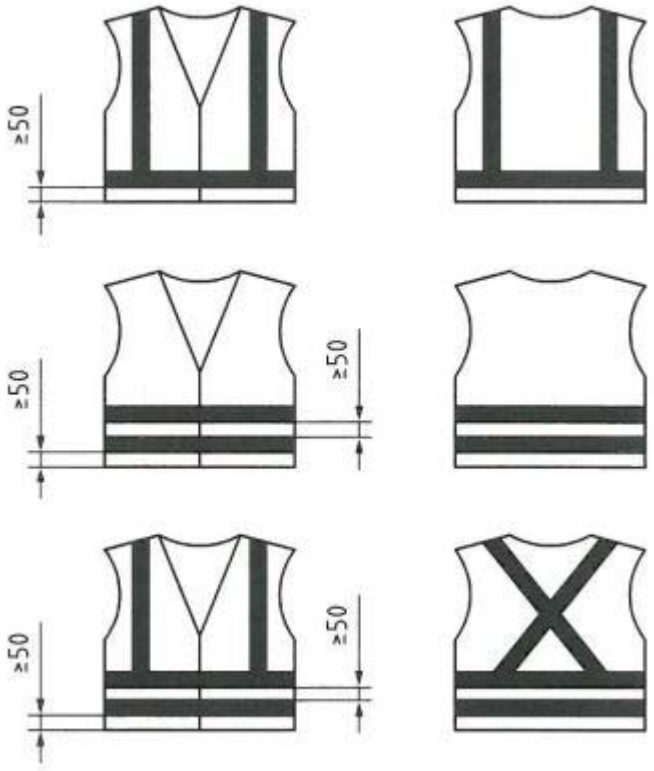
Minimalne veličine područja određenih materijala prema klasama prikazane su u tablici 1. Svaka od tri klase materijala, odnosno odjeće za povećanje vidljivosti osigurava različitu razinu uočljivosti, a pritom klasa 3 označava onu najuočljiviju koja se može koristiti i u urbanoj i ruralnoj okolini, te u svim uvjetima vidljivosti [7].

Tablica 1. Minimalna propisana područja u m^2

Materijal	Klasa 3	Klasa 2	Klasa 1
Pozadinski materijal	0,80	0,50	0,14
Retroreflektirajući materijal	0,20	0,13	0,10
Materijal kombiniranih svojstava	n.a.	n.a.	0,20

Izvor: [7]

Ovisno o željenoj razini, odnosno klasi vidljivosti, postoje različite kombinacije odjeće: odjeća koja prekriva samo torzo osobe, odjeća koja prekriva torzo i ruke, odjeća koja prekriva noge, odjeća koja prekriva noge i torzo te odjeća koja prekriva noge, ruke i torzo osobe koja je nosi. Reflektirajući prsluci spadaju u skupinu odjevnih predmeta koji prekrivaju samo torzo, a primjeri oblikovanja tih prsluka prikazani su na slici 3. [7].



Slika 3. Primjer odjeće visoke vidljivosti koja prekriva torzo (mjere u milimetrima).

Izvor: [7]

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH UZ VIDLJIVOST PJEŠAKA U PROMETU

Vidljivost pješaka, posebice u uvjetima smanjene vidljivosti i noću, oduvijek je važna tema sa stajališta sigurnosti u prometu s obzirom na njihovu ranjivost u prometu. Brojna su istraživanja provedena radi dobivanja što relevantnijih podataka o načinu na koji vozači uočavaju pješake, na kojim udaljenostima, o tome što sve utječe na pažnju vozača, ali i pješaka te kako sami pješaci procjenjuju vlastitu vidljivost.

U studiji [8] autori se bave usporedbom stvarne vidljivosti pješaka te njihovom procjenom o vlastitoj vidljivosti. Obavljeno je preko 1.700 opservacija na cesti, a uključivale su stvarne pješake i automobile, kako bi se ispitala tri faktora koji utječu na vidljivost pješaka. Cilj studije je bio odrediti udaljenost za koju pješaci čije su se oči adaptirale na mrak vjeruju da su potpuno vidljivi vozaču motornog vozila s upaljenim kratkim svjetlima te usporediti tu udaljenost s udaljenošću na kojoj je pješak zaista uočen. Sva ispitivanja provedena su na način da je pješak licem okrenut prema prilazećem vozilu. U prvom dijelu istraživanja ispitivala se procjena udaljenosti samih pješaka za koju vjeruju da su vidljivi vozaču prilazećeg testnog vozila. Drugi i treći dio istraživanja odnosio se na determinaciju udaljenosti na kojoj putnici na prednjim sjedalima zaista uočavaju pješaka, s tim da je u trećem dijelu kao dodatni otežavajući faktor korišten bljesak farova vozila iz suprotnog smjera kretanja. Automobili su se kretali konstantnom brzinom od 30 m/h (48,28 km/h), a korištena je metoda mjerenja vremena pomoću štoperice. Rezultati su pokazali kako je 25 od 26 testiranih pješaka precijenilo svoju vidljivost čak tri puta u odnosu na stvarnu udaljenost na kojoj su vidljivi. U prosjeku, udaljenost za koju su pješaci mislili da su uočljivi iznosi 104,55 metra. Stvarna udaljenost na kojoj su vozači uočili pješake iznosi 53,34 metra za uobičajenu tamnu odjeću do 240,79 metara prilikom nošenja odjevnih predmeta s retroreflektirajućim elementima na ovratniku i rukavima. U slučajevima kad je tokom vožnje bio prisutan bljesak vozila iz suprotnog smjera, pješaci u tamnoj odjeći bili su uočavani na udaljenosti od 50,90 metara, a pješaci s retroreflektirajućom odjećom na 207,26 metara. Također, proračunom je zaključeno je kako bi za sigurno zaustavljanje pred pješakom u tamnoj odjeći vozač morao voziti brzinom manjom od 40 m/h (64,37 km/h), uz uvjet da je maksimalno oprezan i spreman reagirati na vrijeme. Ukoliko pješak na sebi nosi odjeću s retroreflektirajućim elementima, teoretska brzina pri kojoj bi bio pravovremeno uočen iznosi između 90 i 110 m/h, odnosno 144,84 - 177,03 km/h. Prema rezultatima istraživanja, autori zaključuju kako retroreflektirajući elementi značajno povećavaju vidljivost, a time i sigurnost pješaka u prometu.

Jenish se u svojem članku [9] bavi elementima naleta vozila na pješaka, pri čemu kao važne čimbenike identificira brzinu vozila, vidljivost pješaka te kretanje vozila i pješaka prije samog sudara. Navodi i kako je vidljivost pješaka krucijalan faktor u noćnim uvjetima, budući da vozač ne može reagirati na nešto ukoliko to nije uočio. Boja odjeće pješaka te pozadina okoline stoga su ključni čimbenici pri procjeni udaljenosti na kojoj je pješak mogao biti vidljiv vozaču nakon što se sudar dogodio. Navedeno je i kako je prosječna vrijednost udaljenosti uočavanja pješaka koji nosi tamnu odjeću samo 21 metar, a onih koji nose traperice te bijelu majicu 68 metara. Kod pješaka koji nose retroreflektirajući prsluk za trčanje, udaljenost s koje su vidljivi vozaču raste na 227 metara. Osim boje odjeće koju pješak nosi, na noćnu vidljivost

mogu utjecati i drugi faktori, kao što je zasljepljivanje vozača od strane vozila iz suprotnog smjera, broj ostalih vizualnih stimulansa u vidnom polju vozača te vremenski uvjeti.

Ono što značajno povećava rizik od nastanka prometnih nesreća, uključujući i nalet na pješaka je to što neki vozači upravljaju vozilom iako imaju neko oštećenje vida ili manu oka. Utjecaj poremećaja vida na sposobnost uočavanja pješaka noću istražen je i opisan u [10]. Cilj spomenutog istraživanja bio je istražiti učinak umjerenih razina zamućenja vida (uslijed pogreške kod refrakcije) te simulirane očne mrene na vidljivost pješaka noću s i bez zasljepljivanja od strane farova vozila iz suprotnog smjera. U istraživanju je sudjelovalo 28 osoba (prosječna starost: 27,6 godina) s tri stanja vida: normalan vid, zamućenje vida te simulirana očna mrena. Oštrina vida svih ispitanika bila je 20/40 ili bolja kod sva tri stanja. Udaljenosti prepoznavanja pješaka mjerene su dok su ispitanici noću vozili ispitno vozilo na zatvorenoj cesti. Pješaci su nosili jedan od tri seta odjeće (tamna odjeća; reflektirajući prsluk; reflektirajući elementi postavljeni u konceptu *biological motion*, tj. na određenim dijelovima tijela pješaka), a farovi vozila koje prilazi iz suprotnog smjera bili su prisutni za 16 ispitanika, odnosno za 12 nisu bili prisutni. Rezultati pokazuju kako simulirani nedostaci vida te bljesak vozila iz suprotnog smjera značajno umanjuju mogućnost i udaljenost uočavanja pješaka. Pritom se napominje kako očna mrena značajno više narušava vid, odnosno uočavanje pješaka, u odnosu na zamućenje vida iako je vizualna oštrina u oba slučaja bila jednaka. S normalnim vidom, vozači su uočavali pješake na 3,6-5,5 puta većim udaljenostima u odnosu na vozače sa simuliranim poremećajima vida. Pješaci koji su nosili retroreflektirajuće elemente uočavani su na znatno većim udaljenostima čak i kod ispitanika s poremećajima u vidu. Osim toga, pješaci su brže uočavani kada im nije prilazilo vozilo iz suprotnog smjera, odnosno nije bilo zasljepljivanja od prilazećeg vozila. Značajno je i to da su pješaci u tamnoj odjeći bili gotovo jednako neuočavani, neovisno o stanju vida vozača. Bez obzira na prisutnost svjetala prilazećeg vozila, nitko od vozača sa simuliranom očnom mrenom nije uočio pješake u tamnoj odjeći, a vozači koji su nosili leće za simuliranje zamućenja vida uočili su 42% pješaka (bez farova iz suprotnog smjera), odnosno 6% pješaka (s farovima iz suprotnog smjera). Ovi podaci pokazuju kako je vidljivost pješaka tijekom noćne vožnje, odnosno vožnje u uvjetima smanjene vidljivosti još više smanjena ukoliko vozač ima neki od oblika poremećaja vida, što može biti izuzetno opasno.

Noćna vidljivost pješaka na javnim cestama u ovisnosti o različitim bojama odjeće tema je istraživanja koje za cilj ima određivanje udaljenosti na kojima su pješaci odjeveni u odjevne predmete određene boje vidljivi [11]. U svrhu toga, mjerena je sjajnost (luminacija; cd/m^2) pješaka osvijetljenih halogenim svjetlima automobila (kratka i duga) na različitim udaljenostima. Tijekom ispitivanja fotografirana je situacija na svakoj udaljenosti te svakoj kombinaciji odjeće kako bi se kasnije pomoću softvera (*PC-Rect*) mogla odrediti sjajnost, odnosno vidljivost pješaka. Pozicija pješaka je bila pola metra od ruba ceste u pravcu kretanja automobila, a početna pozicija automobila 10 metara ispred pješaka, te se ta pozicija mijenja za 10 metara do udaljenosti od 100 metara. Na svakoj od tih pozicija fotografiran je pješak u majicama različitih boja (crvena, plava, žuta majica te reflektirajuća jakna). Sjajnost je mjerena na donjem dijelu majice, odnosno reflektirajuće jakne. Očekivano, najviša vrijednost postignuta je kod reflektirajuće jakne na udaljenosti od 10 metara (3,3 cd/m^2) uz duga svjetla, a linearno se smanjuje do udaljenosti od 50 metara, dok je do 70 metara konstantna. Sjajnost na udaljenosti

od 100 metara iznosila je 1,3 cd/m^2. Za kratka svjetla vršna vrijednost iznosila je 2,2 cd/m^2 na udaljenosti od 10 metara, a na 100 metara postignuta je najmanja vrijednost sjajnosti od 1 c/m^2. U oba slučaja reflektirajuća jakna bila je vidljiva sa svih udaljenosti. Žuta majica bila je vidljiva na svim udaljenostima s dugim svjetlima, dok je s kratkim svjetlima bila vidljiva samo do 60 metara. S dugim svjetlima automobila, crvena majica bila je vidljiva do udaljenosti od 90 metara, dok je maksimalna udaljenost s koje se još vidi s kratkim svjetlima 50 metara. Majica koja je bila najslabije vidljiva plave je boje, s dugim svjetlima na 80 metara, a s kratkim samo do 40 metara. Iz navedenog se može zaključiti kako boja odjeće koju pješak nosi zaista ima veliki utjecaj na vidljivost pješaka. Ukoliko se u obzir uzme i to da ljudskom oku treba neko vrijeme da se prilagodi na tamu te da zapažanje može ovisiti o brzini vožnje, poželjno je podići svijest pješaka o njihovoj realnoj vidljivosti kod kretanja noću.

Iako su promatrana istraživanja raznolika i znanstveno značajna, u većini su korištene sada već zastarjele tehnologije, a ispitanici su prije samog istraživanja upoznati sa svrhom njihovog testiranja, što može utjecati na sam rezultat ispitivanja. Napretkom tehnologije razvijaju se nove metode koje se mogu koristiti prilikom istraživanja vidljivosti pješaka, odnosno cjelokupne prometne sigurnosti. Iz tog se razloga istraživanje provedeno za potrebe ovog diplomskog rada temelji na *eye tracking* tehnologiji (tehnologiji praćenja pogleda).

4. PREGLED ZAKONSKE REGULATIVE I KLASIFIKACIJA SUDARA

Promet kao sustav je složen i stohastičan, s velikim brojem podsustava te je radi same kompleksnosti sustava nužno pravnim, odnosno zakonodavnim putem uskladiti i urediti interakcije između prometnih podsustava, kao i povezanost cjelokupnog prometnog sustava s ostalim sustavima iz njegove okoline. Budući da postoje razni sudionici prometnog sustava, od velikog je značaja prilagođenost zakonskih odredbi samim sudionicima, ovisno o njihovoj ulozi u sustavu. Pješaci su jedna od najranjivijih skupina sudionika u prometu pa je zakonski okvir važno prilagoditi povećanju zaštite pješaka, u vidu obaveza ostalih sudionika, uređenja infrastrukture ili obaveza koje se odnose na same pješake. Zakonom vlasti također definiraju osnovne pojmove u sustavu čime se izbjegava dvosmislenost termina ili njihovog značenja.

4.1. Zakonski okvir u Republici Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj, pješački promet i pojmovi vezani uz isti, kao i obaveze i zabrane koje se odnose na pješake određeni su Zakonom o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15).

Pješak je, prema spomenutom Zakonu, osoba koja sudjeluje u prometu, a ne upravlja vozilom niti se njime koristi, osoba koja vlastitom snagom gura ili vuče ručna kolica, zaprežno ili motorno vozilo, dječje prijevozno sredstvo, bicikl ili prijevozno sredstvo na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe ako se pritom kreće brzinom čovječjeg hoda te osoba koja klizi klizaljkama, skijama ili saonicama ili se vozi na koturaljkama, skateboardu i sl. [12].

Također, navedenim Zakonom je regulirano i kretanje pješaka na način da se njime zabranjuje zadržavanje i kretanje pješaka na kolniku, kao i igranje, vožnja dječjim biciklom, romobilom i koturaljkama, sanjkanje i slično. Pješaci se, sukladno Zakonu, moraju kretati površinama predodređenim za njihovo kretanje (nogostup ili druga površina određena za kretanje pješaka). Iznimno se pješaci mogu kretati kolnikom na cestama na kojima ne postoje navedene površine i to tako da se kreću što bliže rubu kolnika te ni na koji način ne ometaju ili sprječavaju prometovanje vozila. Ukoliko se kolnikom kreće više pješaka, dužni su hodati jedan iza drugoga [12].

Pješaci se kolnikom moraju kretati lijevom stranom u smjeru kretanja, osim u slučaju kada je kretanje uz desni rub sigurnije (nepregledan zavoj, ponor, usjek, zasjek, odron i sl.). Nadalje, uz desni rub u smjeru kretanja se moraju kretati pješaci koji guraju ručna kolica, bicikl, moped ili motocikl, osobe koje se kreću pomoću prijevoznih sredstava na osobni ili motorni pogon za osobe s invaliditetom ili starije osobe (ako se pritom ne kreću brže od brzine ljudskog hoda), te organizirana kolona pješaka. Pješacima je zabranjeno kretanje autocestom, brzom cestom te cestom namijenjenom isključivo za promet motornih vozila. [12].

Pješak koji se kreće kolnikom dužan je danju u uvjetima smanjene vidljivosti te noću biti označen nekim izvorom svjetlosti ili reflektirajućim materijalom [12].

Smanjenom vidljivošću smatraju se uvjeti u kojima postoje nepovoljne atmosferske ili druge prilike (magla, snijeg, kiša, dim, prašina i slično) te vozač ne može jasno uočiti prometne znakove ili druge sudionike u prometu na udaljenosti od najmanje 200 metara na cesti izvan naselja, odnosno najmanje 100 metara u naselju [12].

Osim kretanja po kolniku, Zakonom je regulirano i prelaženje pješaka preko kolnika koje se mora odvijati pažljivo i najkraćim putem. Na cesti koja ima obilježene pješačke prijelaze ili izgrađene prolaze za pješake, pješaci ih moraju koristiti kod prelaska ceste (osim u slučaju kada su od prijelaza udaljeni više od 50 m u naselju te više od 100 m izvan naselja). Ukoliko je prijelaz upravljan prometnim svjetlima, pješaci su dužni poštivati signale [12].

Osim kretanja pješaka i njihovog ponašanja u prometu, navedenim se Zakonom propisuju i obveze vozača prema pješacima. Vozači su se dužni kretati pažljivo te se sukladno upravljanju raskrižjem ili pješačkim prijelazom zaustaviti pri nailasku na obilježen pješački prijelaz, odnosno smanjiti brzinu kretanja prilikom približavanja istom [12].

U motornim vozilima, osim mopeda, mopeda s tri kotača, motocikla s bočnom prikolicom, motocikla s tri kotača, lakih četverocikla i četverocikla mora biti reflektirajući prsluk, kojeg je vozač dužan koristiti kada na cesti obavlja neke radnje uz vozilo (mijenja kotač, obavlja manje popravke na vozilu, nalijeva gorivo kada vozilo ostane bez goriva, traži pomoć zaustavljajući druga vozila i sl.) [13].

4.2. Zakonska regulativa u Europi

Analiza zakonske regulative izvan Republike Hrvatske provest će se u svrhu usporedbe hrvatskog i stranog zakonodavstva. Radi donošenja što boljih i kvalitetnijih zaključaka, važno je promotriti strana iskustva i prakse te usporedbom s domaćim sustavom prihvatiti i prilagoditi one primjenjive, odnosno odbaciti one koji nisu primjereni za preuzimanje i prilagodbu. Naglasak pri pregledu inozemnih regulativa stavljen je na vidljivost pješaka, odnosno povećanje uočljivosti pješaka prilikom uvjeta smanjene vidljivosti te noću.

Prema estonskom Prometnom zakonu [14], retroreflektor je sredstvo za povećanje vidljivosti osobe ili nekog objekta u tami pomoću reflektiranja svjetlosti prema izvoru, vidljiv u osvjetljenju kratkih prednjih svjetala vozila na udaljenosti od najmanje 150 metara te dugih svjetala vozila na udaljenosti od najmanje 300 metara. Retroreflektori koje koriste pješaci moraju odgovarati standardu EVS-EN 13356 „Dodaci za vidljivost za neprofesionalnu uporabu“.

Pješaci koji se kreću noću ili u uvjetima smanjene vidljivosti moraju nositi retroreflektor ili neki izvor svjetlosti. Organizirane skupine ljudi, osim predškolske i školske djece, mogu hodati samo blizu desnog ruba kolnika, ili na pločniku, ali ne više od 4 osobe u nizu, bez ometanja ostalih pješaka. Osoba zadužena za grupu mora osigurati sigurnost iste korištenjem prikladnih sredstava, kao što su zastava ili, tijekom noći, retroreflektori, svjetiljke ili drugi izvori svjetlosti. Školska i predškolska djeca smiju hodati po pločniku po dvoje u nizu uz pratnju odraslih osoba. Ukoliko na cesti nema pločnika, skupina djece može hodati po bankini, a na cestama u izgrađenim područjima bez rasvjete te na ruralnim cestama samo danju. U slučaju ceste s dvosmjernim prometom bez razdjelne linije, moraju hodati po lijevoj bankini. Osoba

koja prati skupinu djece mora osiguravati sigurno kretanje skupine te nositi sigurnosti reflektirajući prsluk. Osoba koja koristi invalidska kolica treba putovati na desnoj strani što bliže rubu, a kada je u uvjetima smanjene vidljivosti ili noću, na stražnjem dijelu kolica mora biti retroreflektor ili crvena lampa [14].

Zakon o sigurnosti cestovnog prometa Republike Srbije definira reflektirajući sigurnosni prsluk kao prsluk koji reflektira svjetlost. Propisano je i da u putničkom i teretnom vozilu, kao i u autobusu, mora biti reflektirajući sigurnosni prsluk koji vozač mora nositi ukoliko se nalazi izvan vozila na cesti [15].

Pješak koji se kreće kolnikom javne ceste izvan naseljenog područja mora biti osvijetljen ili označen nekim reflektirajućim objektom. Pješak koji vuče ili gura ručna kolica mora nositi reflektirajući sigurnosni prsluk ili imati označena kolica s barem jednim bijelim ili žutim svjetlom vidljivim sprijeda i straga, osim u slučaju kada je ulična rasvjeta takva da su i pješak i kolica jasno vidljivi. Osoba u invalidskim kolicima također mora imati označena kolica s barem jednim bijelim ili žutim svjetlom vidljivim sprijeda i straga, osim u slučaju kada je ulična rasvjeta takva da su i osoba i kolica jasno vidljivi. Nadalje, pješaci koji se kreću kolnikom u organiziranoj koloni, osim pogrebnih i drugih odobrenih procesija, vojnih i policijskih snaga, moraju ili nositi reflektirajući sigurnosni prsluk ili držati barem jedno bijelo ili žuto svjetlo na prednjoj strani kolone te crveno svjetlo na stražnjoj strani. Također, osobe koje vode stado životinja, ukoliko se kreću kolnikom, te osobe zadužene za osiguravanje sigurnosti i smještene su na samoj cesti kao i radnici na cesti moraju nositi reflektirajući sigurnosni prsluk [15].

Prometni zakoni u Austriji, Hrvatskoj, Italiji, Slovačkoj, Portugalu i Španjolskoj propisuju reflektirajući prsluk kao dio obavezne opreme vozača, odnosno obveznu uporabu reflektirajućeg prsluka. U spomenutim državama reflektirajući prsluk je obavezan domaćim vozačima, a također i strancima s vozilima inozemnih registracija. Na reflektirajućem prsluku narančaste ili žute boja mora obvezno biti oznaka eurpske norme *EN ISO 20471:2013 High visibility clothing - Test methods and requirements* [16].

U Italiji, Španjolskoj i Austriji je reflektirajući prsluk obvezan za sve vozače motornih vozila (osim za motocikliste) pri svakom izlasku iz vozila na autocesti ili na cestama izvan naselja. Moraju ga posjedovati sve osobe koje u slučaju nesreće ili kvara moraju izaći iz vozila. U Slovačkoj zakon obvezuje vozače svih motornih vozila da, kada zbog kvara na vozilu ili prometne nesreće izlaze iz vozila, koriste reflektirajući prsluk na cestama izvan naselja. U Portugalu obvezna uporaba reflektirajućeg prsluka vrijedi samo za vozače vozila registriranih u Portugalu, dok za strance nije obavezan. U Češkoj je reflektirajući prsluk obvezan samo za vozače teretnih vozila i to na cestama izvan naselja [16].

Navedeni primjeri pokazuju kako je regulativa vezana uz obveze vozača slična u većini zemalja EU, pa tako i u Hrvatskoj, što je dobar pokazatelj budući da je ujednačen sustav manje konfuzan za korisnike. Ipak, valjda naglasiti kako nije svugdje ista pažnja posvećena kretanju pješaka, odnosno njihovom obilježavaju, iako su oni najranjivija skupina prometnih sudionika.

4.3. Nalet na pješaka kao vrsta prometne nesreće

Prometna nesreća, sukladno Zakonu o sigurnosti prometa na cestama, je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. Pod prometnom nesreća se ne podrazumijeva kada radni stroj, motokultivator, traktor ili zaprežno vozilo, krećući se po nerazvrstanoj cesti ili pri obavljanju radova u pokretu, sleti s nerazvrstane ceste ili se prevrne ili udari u neku prirodnu prepreku, a pritom ne sudjeluje drugo vozilo ili pješak i tim događajem nije drugoj osobi prouzročena šteta [12].

Jedan od glavnih pokazatelja sigurnosti na cestama je svakako broj prometnih nesreća koje su se događale, odnosno događaju se diljem cestovne mreže. Nesreće koje su se dogodile mogu se kategorizirati na više načina, s obzirom na uzroke i greške dijele na [17]:

- Prometne nesreće prilikom uključivanja vozila u promet
- Prometne nesreće kod kojih se postavlja pitanje strane kretanja sudionika
- Nalet na parkirana ili zaustavljena vozila
- Nalet na biciklista
- Prometne nesreće kod kojih se jedan od sudionika kretao lijevom stranom kolnika
- Skretanje na lijevu stranu kolnika bez stvarnih potreba (alkoholiziranost vozača, bolest, srčani udar, gubitak svijesti uslijed anemije, toplotnog udara, utjecaja lijekova itd.)
- Razmak pri kretanju.

Ukoliko se prometne nesreće promatraju prema nastalim posljedicama, mogu se podijeliti na prometne nesreće [17]:

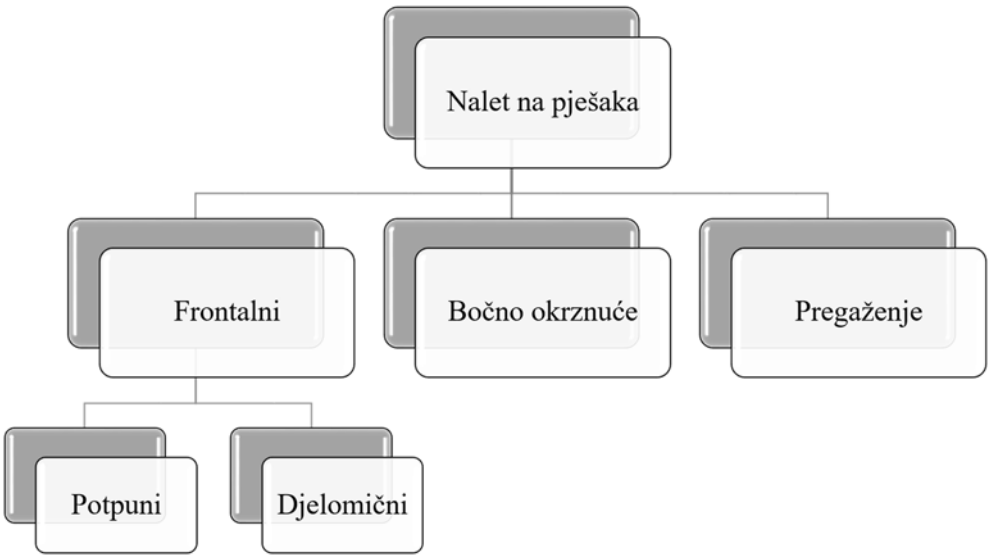
- S teže ozlijeđenim ili poginulim osobama
- S lakše ozlijeđenim osobama
- U kojima je nastala manja materijalna šteta
- S imovinsko-materijalnom štetom velikih razmjera.

Općenito, vrste prometnih nesreća prema tome koja je kategorija sudionika sudjelovala u nesreći jesu [17]:

- Nalet na pješaka
- Nalet na biciklista
- Nalet na mirujuće vozilo
- Nalet na zaprežno vozilo
- Sudar dvaju ili više vozila
- Zanošenje vozila
- Nalet vozila na nepokretnu prepreku
- Nalet na životinju.

Nalet na pješaka definiran je kao svaki kontakt tijela pješaka s vozilom koje je u pokretu. Budući da se nesreća koja uključuje pješaka može odviti na različite načine, nalet na pješaka je

dalje podijeljen na frontalni nalet, bočno okrznuće te pregaženje [18], što je grafički prikazano na slici 4.



Slika 4. Kategorizacija naleta na pješaka

Izvor: [17]

Prilikom naleta na pješaka, kao oblika prometne nesreće, primarne i sekundarne ozljede čine najbrojniji i najteži dio ukupnih ozljeda pješaka, dok su tercijarne ozljede one koje nastaju prilikom kontakta tijela pješaka i kolnika i one su u pravilu mnogo lakše od primarnih i sekundarnih [17].

Neke od potencijalno opasnih radnji za pješake su prijelazi preko ceste, pogotovo u gradskim sredinama gdje je gust promet i ima više vizualnih informacija u vozačevom vidnom polju pa samim time i više elemenata koji mu privlače pažnju. Osim toga, nepažnja pješaka ima veliki utjecaj. Primjeri takvih situacije prikazani su na slici 5Slika 5. i slici 6., gdje su pješaci pokušali prijeći cestu izvan obilježenog područja za prijelaz ceste. Takve su situacije osobito opasne noću zbog smanjene vidljivosti, odbljeska svjetla od mokrog kolnika i slično.



Slika 5. Policijski očevid nesreće sa stradalim pješakom u Ulici grada Vukovara u Zagrebu

Izvor: [19]



Slika 6. Poginuli pješak tijekom noći na Kukuljanovu u Rijeci

Izvor: [20]

Kada se govori o kinematici naleta vozila na pješaka, može se reći da ona ovisi o načinu i brzini kretanja vozila, načinu i brzini kretanja pješaka te obliku vozila i dijelova vozila koji su u kontaktu s tijelom pješaka. Sama nesreća, odnosno nalet vozila na pješaka se općenito dijeli na tri faze [17]:

- Kontakt tijela pješaka i vozila
- Let odbačenog tijela pješaka
- Klizanje odbačenog tijela pješaka po podlozi (kolniku).

4.3.1. Frontalni nalet na pješaka

Prilikom potpunog frontalnog naleta vozila na pješaka, sam nalet dijeli se na tri faze. Prvu fazu čini udar i nošenje pješaka vozilom, a druga faza podrazumijeva odvajanje tijela pješaka od vozila i let tijela pješaka zrakom, sve dok tijelo ne dodirne kolnik. Treću fazu naleta čini klizanje tijela pješaka kolnikom sve do trenutka zaustavljanja tijela na podlozi (radi trenja o podlogu) [17].

Kako kod kočenog, tako i kod nekočenog vozila, tijelo pješaka nakon prvog kontakta s vozilom nabačeno je na vozilo. Razlika je što kod nekočenog vozila tijelo pješaka ostaje na vozilu sve dok ne započne kočenje nakon kojeg se tijelo pješaka od vozila odvaja na isti način kao i kod naleta kočenog vozila. Ako je intenzitet kočenja slab, tijelo pješaka može ostati na vozilu do samog zaustavljanja vozila. Zbog toga što se kod naleta nekočenog vozila tijelo pješaka nalazi na vozilu, sam odbačaj tijela je veći nego što bi bio da je vozilo kočilo u trenutku naleta na pješaka [17].

Ukoliko se radi o djelomičnom frontalnom naletu na pješaka, uobičajeno je da se na prednjem dijelu vozila nalaze oštećenja na krajnjem lijevom ili desnom dijelu. Kod ulaznog naleta, pješak dolazi do vozila sa strane i zahvaćen je prednjim dijelom vozila (najčešće noga koja je u iskoraku). Nakon prvog kontakta, tijelo pješaka rotira se oko svoje uzdužne osi uz bočnu stranu vozila. Prilikom te rotacije, tijelo pješaka od vozila dobiva obodnu brzinu koja može biti gotovo jednaka naletnoj brzini [21].

4.3.2. Bočno okrznuće pješaka

Vrsta naleta vozila na pješaka u kojem tijelo pješaka dolazi u dodir isključivo s bočnom stranom vozila naziva se bočno okrznuće pješaka. Prednji dio vozila u tom slučaju do trenutka kontakta s pješakom već prođe pored njega i stoga se na tom djelu vozila ne nalazi nikakav trag koji bi potjecao od kontakta s pješakom. Do bočnog okrznuća također može doći, kada se pješak kreće paralelno sa smjerom kretanja vozila ili dolazi u susret vozilu. U iznimnim slučajevima, do bočnog okrznuća može doći i kada pješak stoji. Intenzitet i trajanje kontakta tijela pješaka s bočnom stranom vozila ovisi u većoj mjeri o brzini kojom se pješak kreće i nalijeće na bok vozila koje prolazi pored njega. Nakon što je došlo do bočnog okrznuća, tijelo pješaka uvijek bude odbačeno prema naprijed i u stranu, a zaustavlja se iza linije zaustavljanja prednjeg djela vozila [17].

4.3.3. Pregaženje pješaka

Vrsta prometne nesreće prilikom koje vozilo prijeđe preko ili iznad pješaka naziva se pregaženje pješaka, pri čemu se razlikuju jednostavno i složeno pregaženje. O jednostavnom pregaženju se govori u slučaju kada se pješak već nalazi u ležećem položaju na cesti, dok je složeno pregaženje slučaj kada je pješak prvo oboren vozilom, a nakon toga pregažen istim ili drugim vozilom. Ukoliko je donji dio vozila vrlo nizak, može doći i do uklještenja pješaka ispred kotača pod prednjim dijelom vozila pa tijelo nije pregaženo, ali ozlijede nastaju uslijed guranja [17].

5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA CESTOVNOJ PROMETNOJ MREŽI U HRVATSKOJ I SVIJETU

Redovito prikupljanje i praćenje podataka o prometnim nesrećama dobar je alat za uvid u stanje sigurnosti prometa. Pomoću tih podataka mogu se analizirati prošla, ali i predvidjeti buduća kretanja broja nesreća, kao i unesrećenih, te identificirati važne utjecajne elemente. Cilj takvog pristupa je stvoriti akcijske planove pomoću kojih će se djelovati na smanjenje učestalosti nastanka prometnih nesreća.

Bilježenje i praćenje podataka može se odvijati na lokalnoj, nacionalnoj ili internacionalnoj razini. U nastavku će se analizirati neki od podataka o prometnim nesrećama na području Europske unije te Republike Hrvatske. Poseban naglasak kod analize bit će stavljen na nesreće s pješacima.

5.1. Pregled podataka iz Europske unije

Nadležna tijela Europske unije prikupljaju podatke za države članice te ih bilježe pod kodnim oznakama kako bi kod usporednih analiza uvijek bile jednoznačno obilježene. Radi jednostavnijeg praćenja pri analiziranju podataka u nastavku, kodne oznake prikazane su u tablici 2Tablica 2.

Tablica 2. ISO oznake za države članice EU

Država	ISO kod
Belgija	BE
Bugarska	BG
Češka	CZ
Danska	DK
Njemačka	DE
Estonija	EE
Irska	IE
Grčka	EL
Španjolska	ES
Francuska	FR
Hrvatska	HR
Italija	IT
Cipar	CY
Latvija	LV
Litva	LT
Luksemburg	LU
Mađarska	HU
Malta	MT
Nizozemska	NL
Austrija	AT
Poljska	PL
Portugal	PT
Rumunjska	RO

Slovenija	SI
Slovačka	SK
Finska	FI
Švedska	SE
Ujedinjeno Kraljevstvo	UK
Velika Britanija	GB
Srbija	RS
Izrael	IL
Norveška	NO
Švicarska	CH

Izvor: [22]

Pješaci, biciklisti i vozači motornih vozila na dva kotača često se ističu kao najugroženiji sudionici u prometu, budući da prilikom svog kretanja nisu zaštićeni u vozilu te su manje uočljivi od većih motornih vozila. Tablica 3. prikazuje udjele poginulih pješaka, biciklista, mopedista i motociklista te ostalih korisnika ceste (vozači motornih vozila) po državama članicama za razbolje 2011.-2013. godine. U navedenoj tablici može se vidjeti kako je udio poginulih pješaka u odnosu na ostale poginule sudionike vrlo visok, npr. čak 39% u Malti te visokih 37% u Rumunjskoj i Litvi. Najmanji udjeli su u Nizozemskoj (10%) i Belgiji (11%), što može biti posljedica razvijenosti i uređenosti pješačke prometne infrastrukture, ali i visokog udjela biciklističkog prometa.

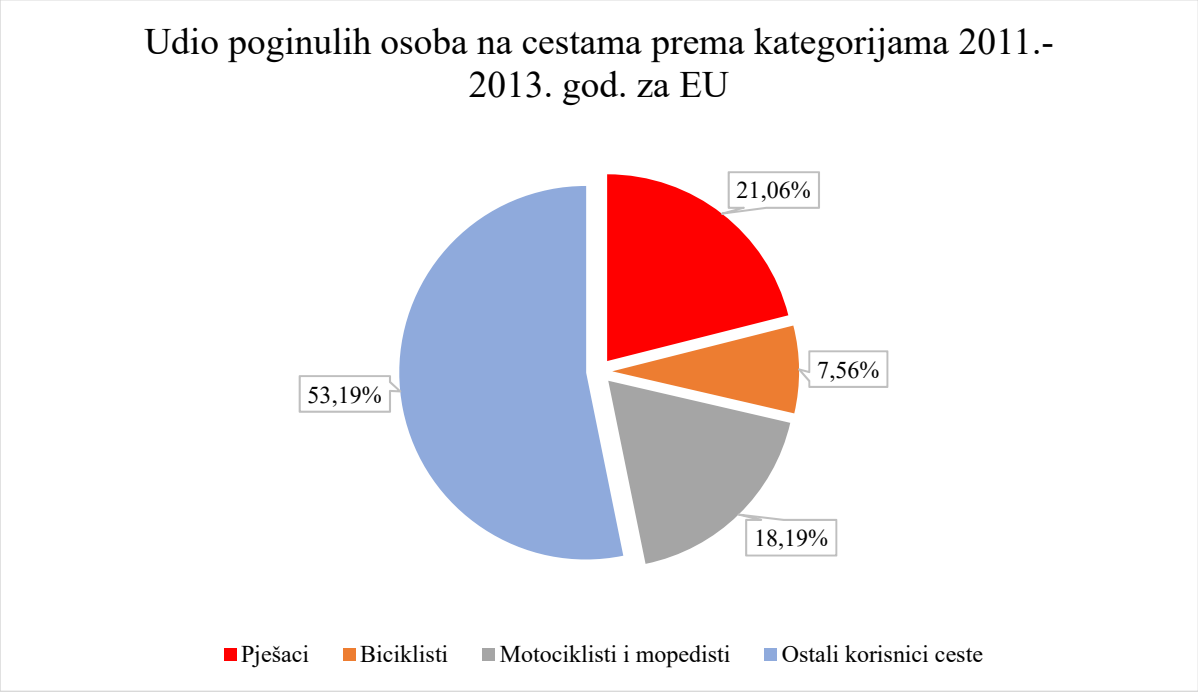
Tablica 3. Poginuli pješaci, biciklisti i vozači motornih vozila na dva kotača za 2011.-2013. godinu

	Pješaci	Biciklisti	Motociklisti i mopedisti	Ostali korisnici ceste
AT	17%	10%	18%	56%
BE	13%	9%	15%	62%
CH	23%	10%	23%	44%
CY	19%	3%	30%	48%
CZ	23%	10%	12%	55%
DE	16%	11%	19%	55%
DK	17%	15%	15%	53%
EE	29%	11%	5%	55%
EL	18%	2%	32%	48%
ES	20%	3%	20%	56%
FI	13%	7%	12%	68%
FR	14%	4%	25%	58%
HR	18%	6%	19%	57%
HU	23%	13%	12%	51%
IE	20%	4%	12%	64%
IL	33%	5%	14%	48%
IT	16%	8%	27%	50%
LT	37%	9%	6%	48%
LU	15%	2%	14%	69%

LV	36%	9%	6%	49%
MT	39%	2%	27%	32%
NL	10%	22%	13%	55%
NO	11%	7%	12%	70%
PL	33%	8%	9%	49%
PT	22%	5%	21%	52%
RO	37%	8%	7%	48%
RS	25%	9%	8%	58%
SE	17%	7%	16%	60%
SI	15%	11%	18%	56%
SK	24%	7%	9%	60%
UK	23%	6%	19%	51%
EU 27	**21%**	**8%**	**18%**	**53%**

Izvor: [22]

Prema grafikonu 1., pješaci su u analiziranom razdoblju činili čak 21,06% od ukupnog broja poginulih na cestama 27 zemalja članica EU. Ako se tome pribroji i broj biciklista, mopedista i motociklista, kao ranjivih sudionika u prometu, udio poginulih penje se na čak 47%.



Grafikon 1. Udio poginulih korisnika ceste prema kategorijama za 2011.-2013.god.

Izvor: [22]

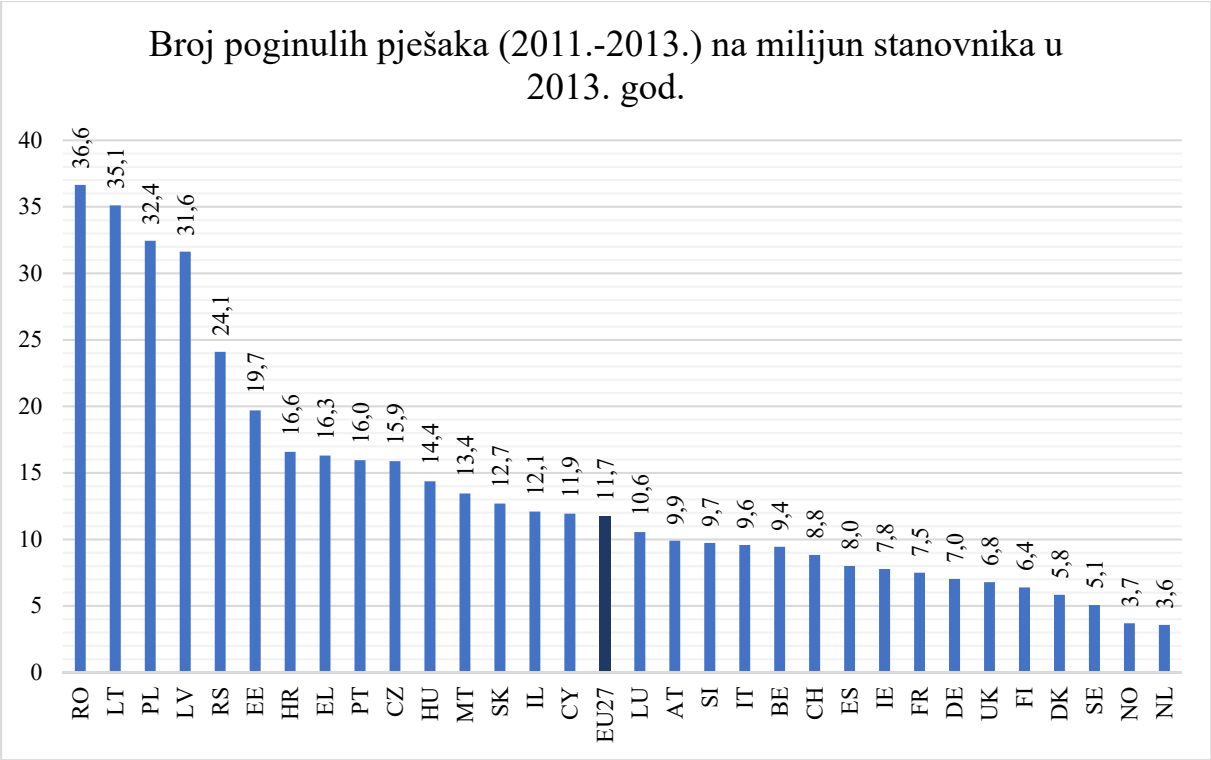
Gledano kroz desetogodišnje razdoblje 2003.-2013. godine, u svim zemljama promatranim u tablici 4Tablica 4. broj poginulih pješaka ima silaznu putanju, tj. smanjuje se. Postotak godišnje promjene kreće se od preko 12% u Latviji do samo 0,7% u Belgiji.

Tablica 4. Prosječan godišnji postotak promjene broja poginulih pješaka kroz period 2003.-2013. god.

	2003.	2004.	2005.	2006.	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	God. prosječni postotak promjene 2003.-2013.
LV	181	197	174	153	158	105	82	79	60	62	70	71	**-12,4%**
SK	195	196	174	214	217	204	113	126	75	66	65	58	**-12,0%**
LT	218	262	256	241	235	174	121	108	110	105	98	109	**-10,7%**
EE	43	60	47	61	37	40	24	14	26	29	23	26	**-9,7%**
HU	299	326	289	296	288	251	186	192	124	156	147	n/a	**-9,0%**
IE	64	66	72	72	81	49	40	44	47	29	31	42	**-8,6%**
CY	18	18	23	19	17	16	9	13	13	10	8	10	**-8,3%**
ES	786	683	680	614	591	502	470	471	380	370	371	n/a	**-7,6%**
SI	38	35	37	36	32	39	24	26	21	19	20	14	**-7,3%**
UK	802	694	699	697	663	591	524	415	466	429	405	n/a	**-6,9%**
CZ	290	281	298	202	232	238	176	168	176	163	162	n/a	**-6,4%**
HR	132	115	101	126	124	136	103	105	71	72	69	73	**-5,9%**
PL	1.879	1.987	1.756	1.802	1.951	1.882	1.467	1.235	1.408	1.157	1.140	1.107	**-5,6%**
FI	59	49	45	49	48	53	30	35	41	29	34	34	**-5,5%**
RS	274	289	225	236	253	225	176	172	187	157	175	127	**-5,5%**
EL	257	293	234	267	255	248	202	179	223	170	151	n/a	**-5,3%**
IL	159	166	130	136	114	134	105	119	115	89	91	117	**-5,3%**
NO	34	22	32	36	23	31	26	24	16	22	18	n/a	**-5,3%**
DE	812	838	686	711	695	653	591	476	614	527	557	n/a	**-4,5%**
AT	132	132	97	110	108	102	101	98	87	81	83	n/a	**-4,4%**
DK	49	43	44	60	68	58	52	44	33	31	34	n/a	**-4,3%**
IT	871	810	786	758	627	646	667	621	589	576	549	n/a	**-4,3%**
PT	280	233	214	156	156	155	148	195	199	159	144	106	**-4,2%**
NL	97	68	83	66	86	56	63	62	65	64	51	n/a	**-4,1%**
RO	944	1.059	978	1.034	1.113	1.067	1.015	868	747	728	726	n/a	**-3,6%**
SE	55	67	50	55	58	45	44	31	53	50	42	53	**-3,4%**
FR	626	581	635	535	561	548	496	485	519	489	465	n/a	**-2,8%**
CH	91	95	69	76	79	59	60	75	69	75	69	n/a	**-2,4%**
BE	114	102	108	125	104	99	105	106	113	104	99	n/a	**-0,7%**
LU	7	12	2	10	7	6	12	1	6	6	5	n/a	**-4,6%**
MT	n/a	n/a	6	3	5	3	4	3	9	3	5	6	
EU26	**9.248**	**9.207**	**8.568**	**8.469**	**8.512**	**7.963**	**6.865**	**6.197**	**6.266**	**5.681**	**5.549**		**-5,5%**

Izvor: [22]

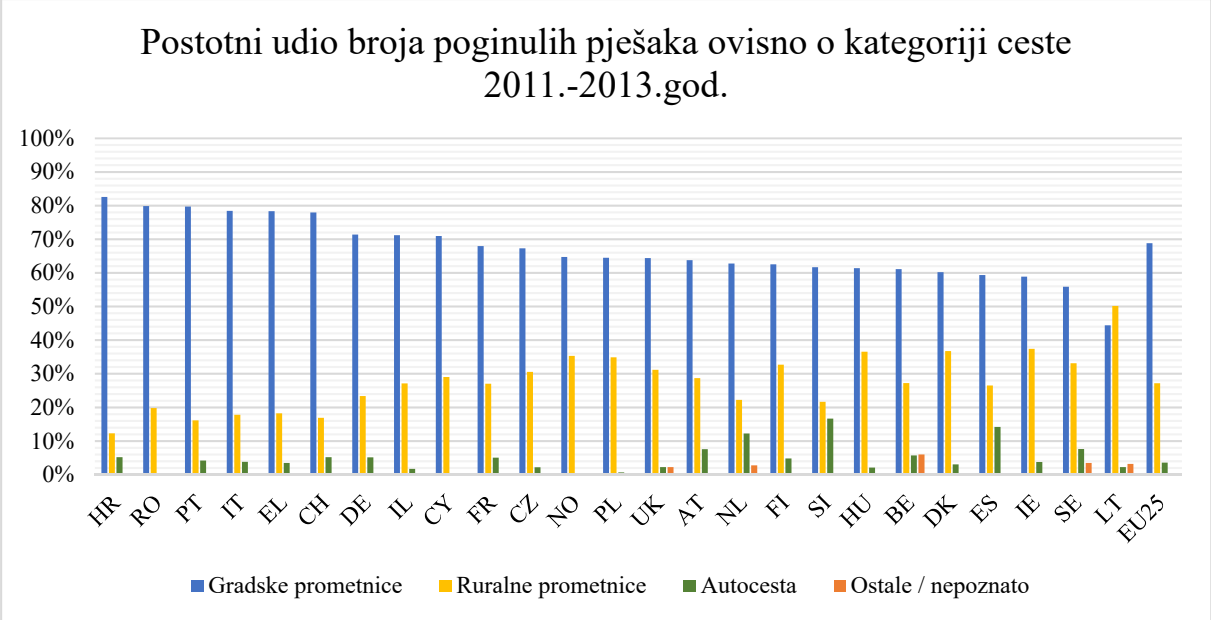
Kao jasniji pokazatelj može se koristiti broj poginulih pješaka na milijun stanovnika, što je prikazano na grafikonu 2. Iz priloženog se može vidjeti kako je europski prosjek u promatranom razdoblju bio 11,7 pješaka na milijun stanovnika, dok je najviše poginulih pješaka na milijun stanovnika bilo u Rumunjskoj (više od 36).



Grafikon 2. Broj poginulih pješaka (2011.-2013.god.) na milijun stanovnika u 2013. god.

Izvor: [22]

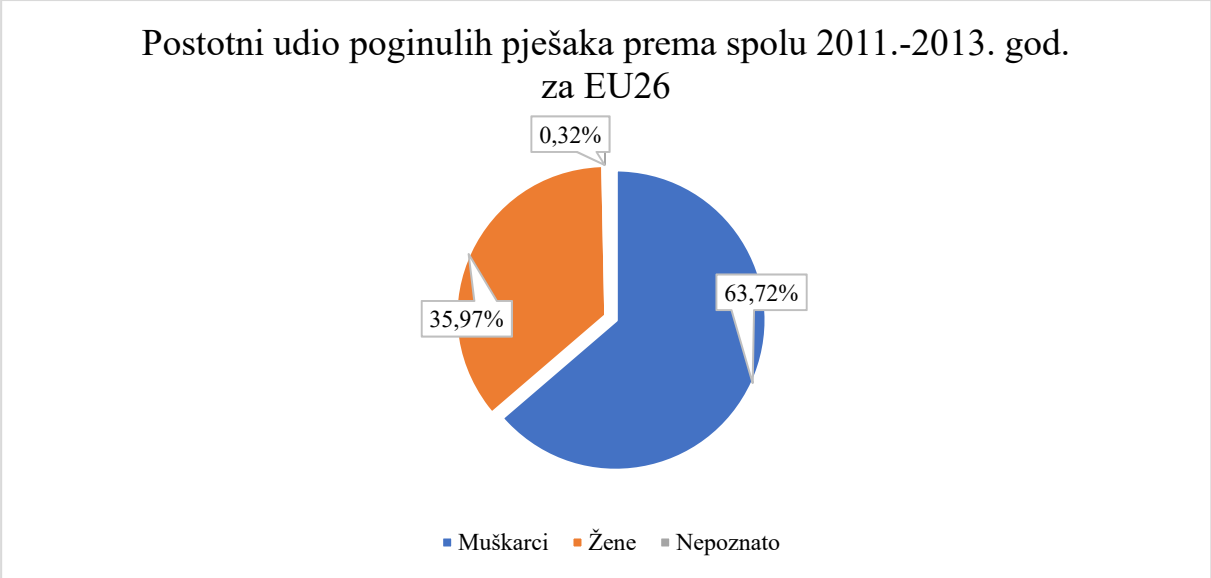
Promatrano prema kategorijama cesta, na grafikonu 3. uspoređeni su udjeli broja poginulih pješaka u razdoblju 2011.-2013. godine. Iz grafikona se može vidjeti kako najveći broj pješaka stradava na gradskim prometnicama, a jedino u Litvi je veći udio pješaka koji stradava na ruralnim prometnicama.



Grafikon 3. Postotni udio broja poginulih pješaka prema kategorijama ceste 2011.-2013. godine

Izvor: [22]

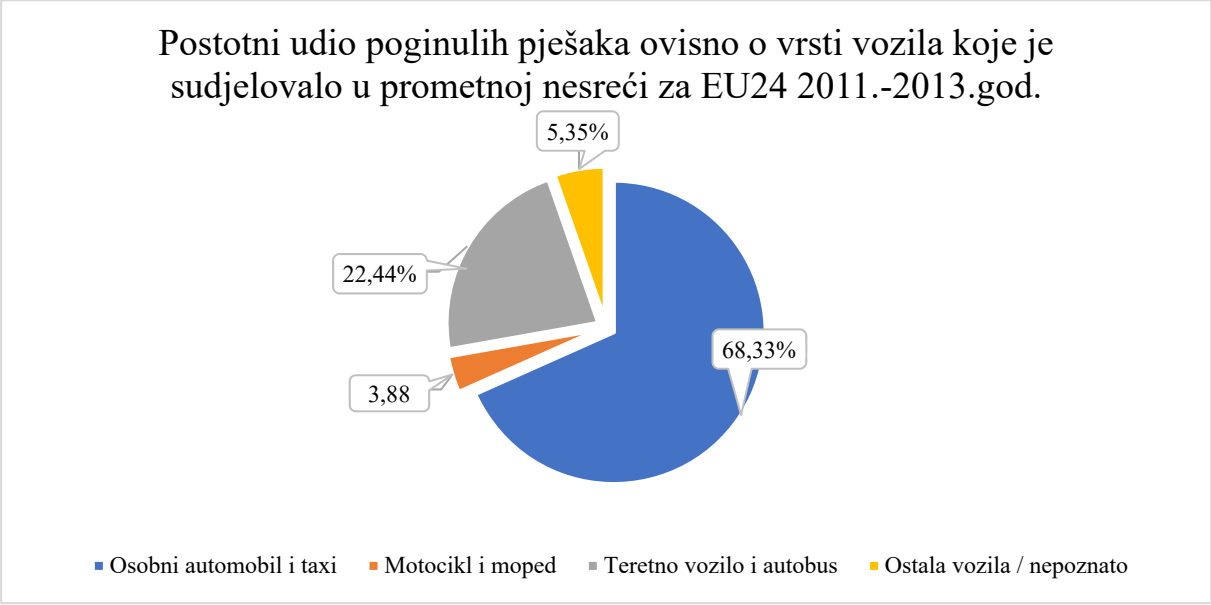
Detaljnijom analizom može se zaključiti da je većina poginulih pješaka u promatranom razdoblju u 26 zemalja Europske unije muškog spola (63,72%), a manji udio činile su žene (35,97%), kao što je prikazano na grafikonu 4.



Grafikon 4. Postotni udio poginulih pješaka za EU26 u razdoblju 2011.-2013. godine

Izvor: [22]

Pješaci najviše stradavaju u nesrećama u kojima sudjeluju osobna i teretna vozila. Tu činjenicu potvrđuje grafikon 5. na kojem su prikazani udjeli poginulih pješaka ovisno o vrsti vozila koje je sudjelovalo u prometnoj nesreći. Za promatrano razdoblje, najveći udio pješaka poginuo je u nesrećama u kojima je sudjelovalo osobno ili taxi vozilo (68,33%) te u kojima su sudjelovala teretna vozila i autobusi (22,44%).



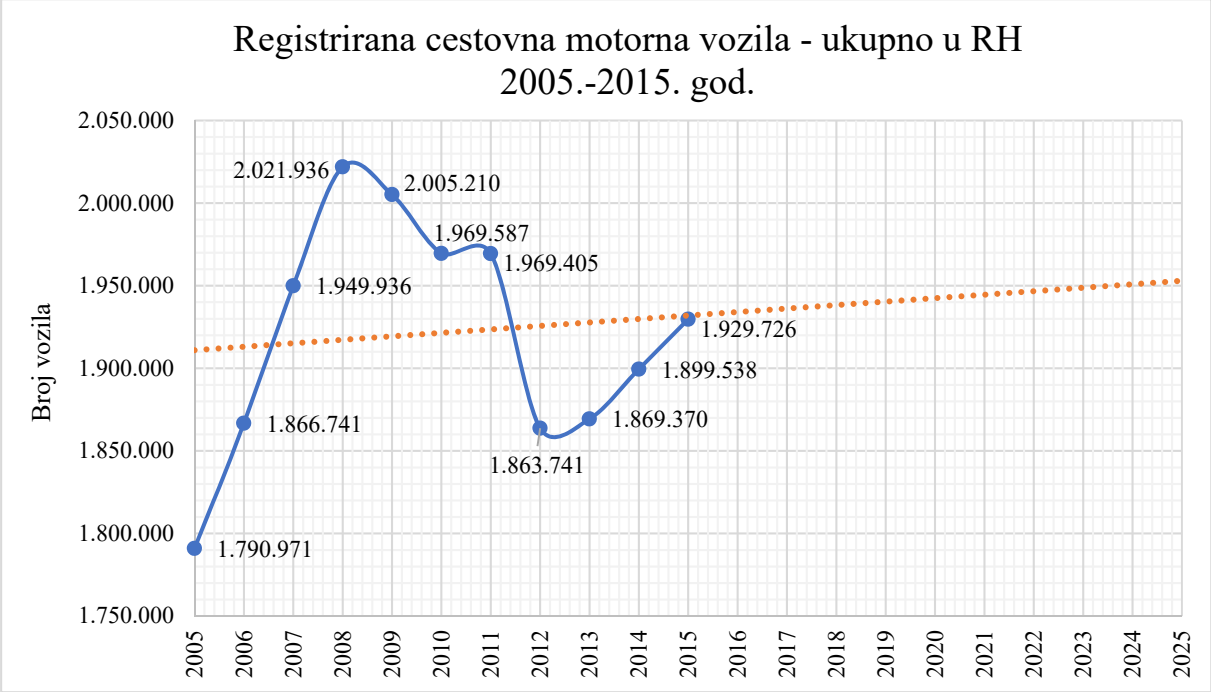
Grafikon 5. Postotni udio poginulih pješaka ovisno o vrsti vozila koje je sudjelovalo u prometnoj nesreći za EU24 2011.-2013.god.

Izvor: [22]

5.2. Pregled podataka iz Republike Hrvatske

Podaci iz Republike Hrvatske analizirani u nastavku odnose se na pregled broja i vrsta prometnih nesreća te ozlijeđenih i poginulih sudionika u prometu, uz osvrt na kretanje broja registriranih motornih vozila, kako bi se dobio uvid u stanje sigurnosti cestovnog prometa.

Prema grafikonu 6Grafikon 6., vidljivo je kretanje broja registriranih cestovnih motornih vozila od 2005. do 2015. godine, te se može uočiti kako je najveći broj tih vozila bio 2008. godine, nakon čega se broj smanjivao. Ipak, linija trenda pokazuje očekivanje blagog porasta broja vozila, iz čega se može zaključiti kako će sve veći broj vozila biti prisutan na cestovnoj prometnoj mreži. Taj podatak dovodi do zaključka kako treba ulagati u mjere sigurnosti kroz razvoj infrastrukture, ali i edukaciju svih sudionika u prometu, kako vozača, tako i pješaka.



Grafikon 6. Registrirana cestovna motorna vozila - ukupno u RH 2005.-2015. god.

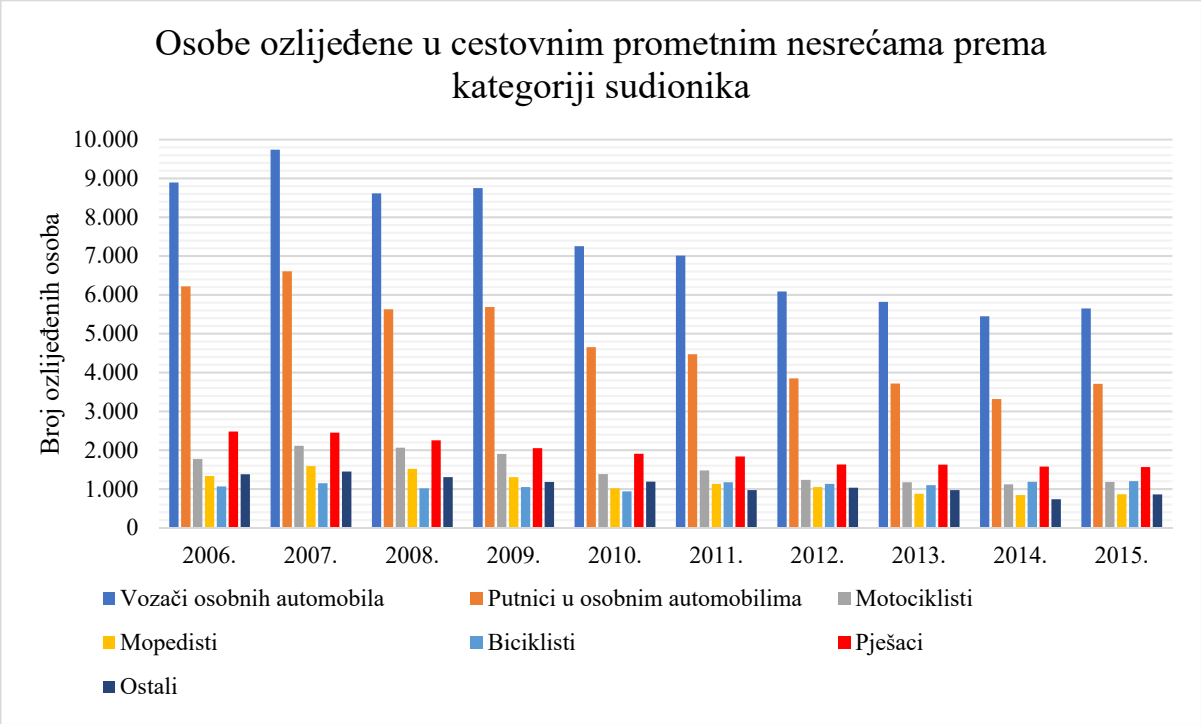
Izvor: [23]

Tablica 5. prikazuje broj osoba ozlijeđenih (lakše i teže ozlijeđeni) u prometnim nesrećama koje su se dogodile na cestama u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2006. do 2015. godine. Broj ozlijeđenih pješaka na cestama smanjuje se, ali budući da je u 2015. on iznosio čak 1.563 osobe, može se govoriti o zabrinjavajuće velikom broju stradalih. Isti su podaci uspoređeni na grafikonu 7. prema kojem se vidi kako najviše stradavaju vozači motornih vozila te njihovi putnici, ali i udio pješaka je vrlo visok te treba težiti smanjenju broja stradalih.

Tablica 5. Osobe ozlijeđene u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika

God.	**Ukupno**	Vozači osobnih automobila	Putnici u osobnim automobilima	Motociklisti	Mopedisti	Biciklisti	**Pješaci**	Ostali
2006.	23.136	8.895	6.218	1.768	1.335	1.065	**2.477**	1.378
2007.	25.092	9.740	6.605	2.112	1.587	1.148	**2.452**	1.448
2008.	22.395	8.614	5.629	2.062	1.519	1.015	**2.251**	1.305
2009.	21.923	8.748	5.686	1.902	1.305	1.050	**2.050**	1.182
2010.	18.333	7.252	4.652	1.384	1.015	936	**1.905**	1.189
2011.	18.065	7.010	4.470	1.479	1.130	1.171	**1.834**	971
2012.	16.010	6.086	3.847	1.234	1.047	1.133	**1.631**	1.032
2013.	15.274	5.819	3.715	1.172	876	1.097	**1.625**	970
2014.	14.222	5.448	3.316	1.120	841	1.185	**1.576**	736
2015.	15.024	5.650	3.709	1.182	864	1.199	**1.563**	857

Izvor: [23]



Grafikon 7. Osobe ozlijeđene u prometnim nesrećama prema kategoriji

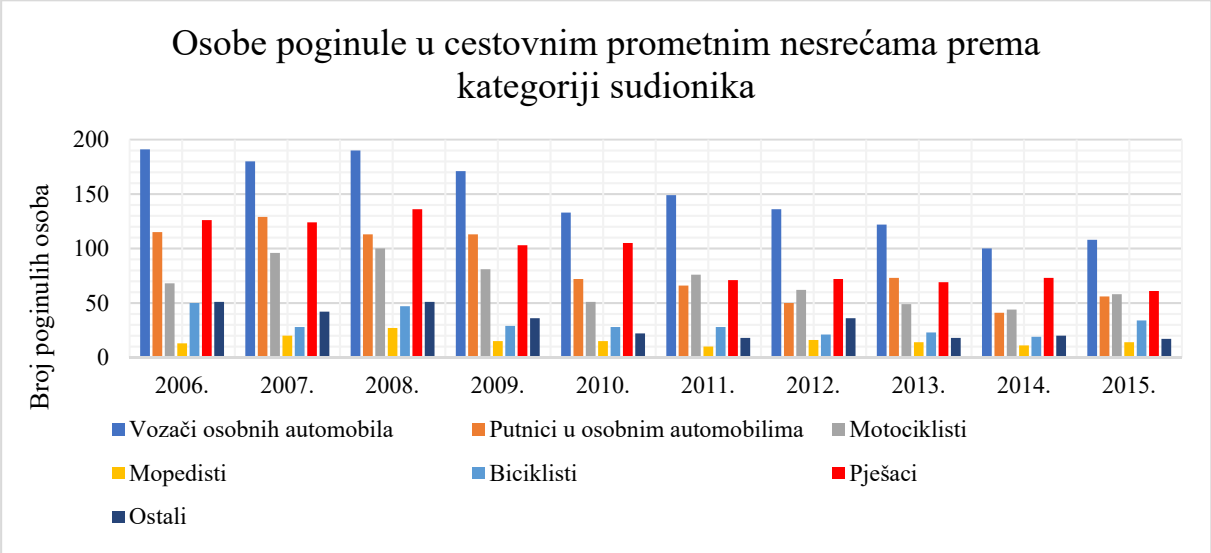
Izvor: [23]

Broj osoba koje su u razdoblju od 2006. do 2015. godine poginule u cestovnim prometnim nesrećama prikazan je u tablici 6., prema kategoriji sudionika. Prema spomenutoj tablici može se vidjeti kako se broj poginulih pješaka u 2015. godini prepolovio u odnosnu na broj poginulih pješaka 2006. godine. Broj poginulih osoba prema kategorijama uspoređen je na grafikonu 8Grafikon 8., iz kojeg se može vidjeti da najviše pogibaju vozači i putnici u osobnim automobilima, a slijede ih pješaci. Iako se općenito broj poginulih sudionika u prometu smanjuje, kako na europskoj, tako i na nacionalnoj razini, nužno je provoditi daljnje mjere za smanjenje nesreća u prometu kako bi se broj stradalih i poginulih što više približio nuli.

Tablica 6. Osobe poginule u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika

	Ukupno	Vozači osobnih automobila	Putnici u osobnim automobilima	Motociklisti	Mopedisti	Biciklisti	**Pješaci**	Ostali
2006.	614	191	115	68	13	50	**126**	51
2007.	619	180	129	96	20	28	**124**	42
2008.	664	190	113	100	27	47	**136**	51
2009.	548	171	113	81	15	29	**103**	36
2010.	426	133	72	51	15	28	**105**	22
2011.	418	149	66	76	10	28	**71**	18
2012.	393	136	50	62	16	21	**72**	36
2013.	368	122	73	49	14	23	**69**	18
2014.	308	100	41	44	11	19	**73**	20
2015.	348	108	56	58	14	34	**61**	17

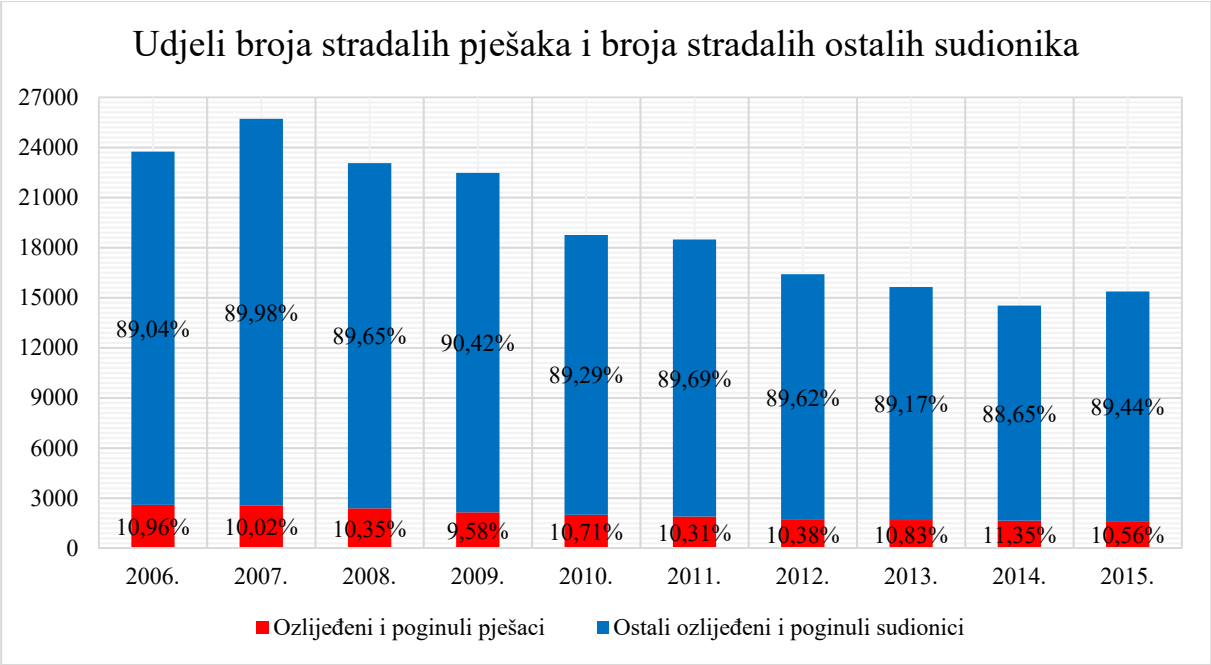
Izvor: [23]



Grafikon 8. Osobe poginule u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika

Izvor: [23]

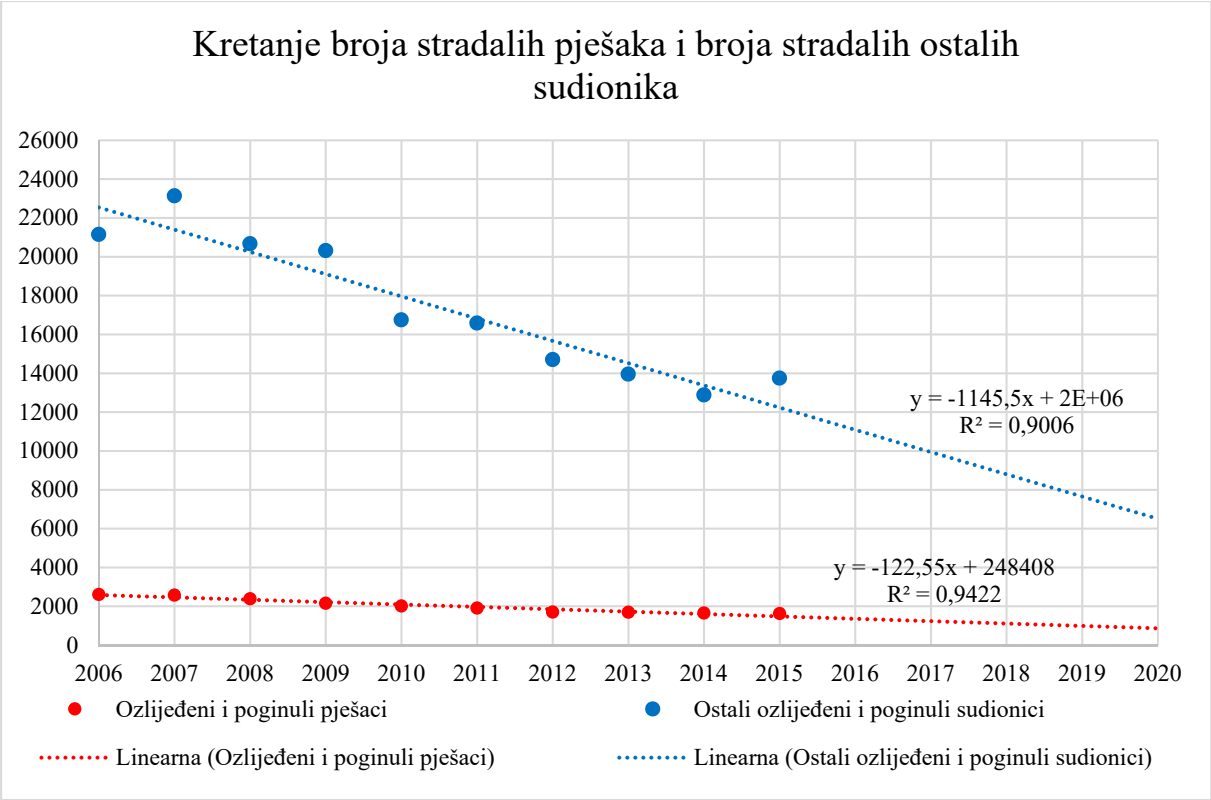
Udio ozlijeđenih i poginulih pješaka kreće se između 9,58% i 11,35% u odnosu na udio ozlijeđenih i poginulih ostalih sudionika u prometu koji je u rasponu 88,65-90,42%, a usporedba udjela broja stradalih pješaka i broja ostalih stradalih sudionika u prometu za razdoblje 2006.-2015. godine prikazana je na grafikonu 9. Prema grafikonu se može zaključiti kako je međusobni odnos stradalih pješaka i ostalih sudionika uvijek približno jednak, ali gledano u apsolutnim vrijednostima, broj ostalih sudionika koji stradavaju u prometu se smanjuje većom brzinom od broja stradalih pješaka.



Grafikon 9. Udio broja stradalih pješaka i broja ostalih stradalih sudionika

Izvor: [23]

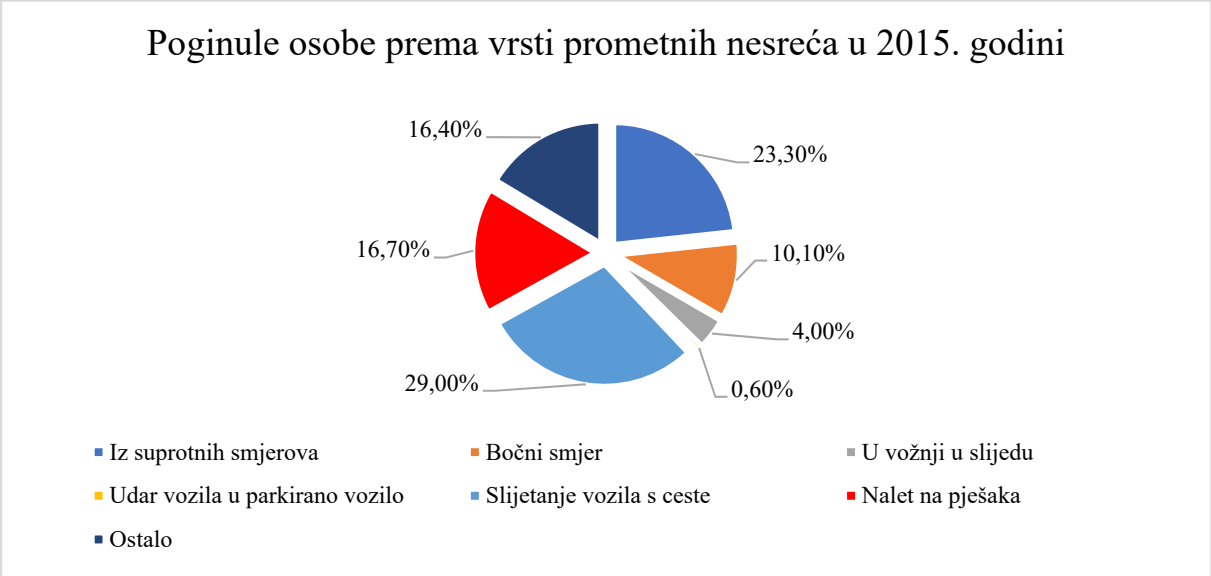
Za isto razdoblje (2006.-2015. god.) promatrano je kretanje broja stradalih prometnih sudionika, uz dodavanje linije trenda koja je prikazana na grafikonu 10. Iz ovog i prethodnog grafikona može se vidjeti kako broj stradalih sudionika u prometu ima veliku tendenciju opadanja, no pritom je trend opadanja stradalih pješaka puno sporiji od opadanja broja ostalih stradalih sudionika u prometu.



Grafikon 10. Kretanje broja stradalih pješaka i broja stradalih ostalih sudionika

Izvor: [23]

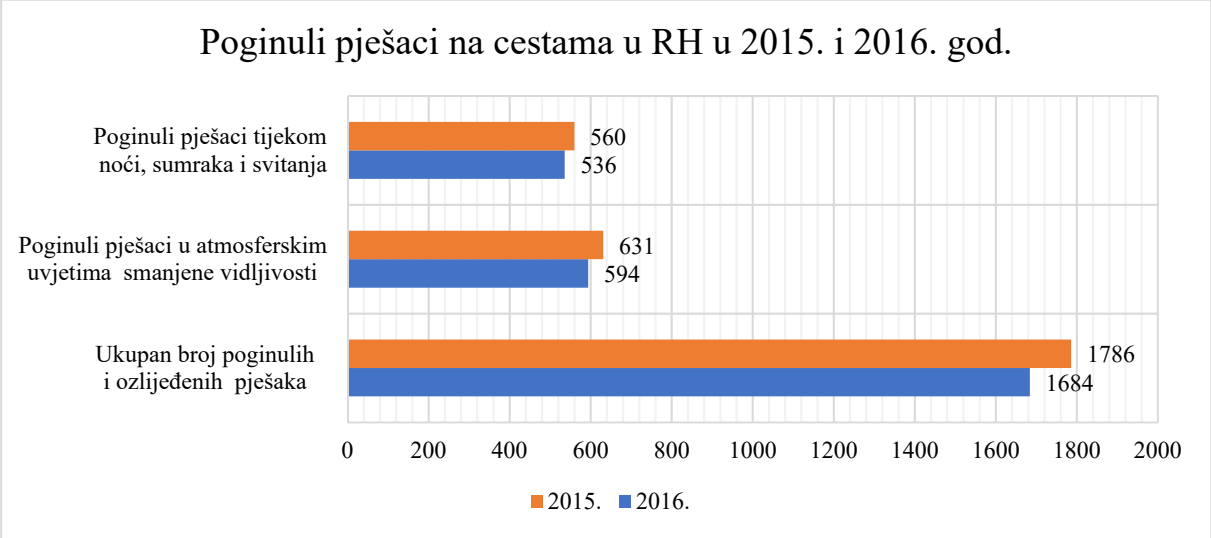
Detaljnija analiza prometnih nesreća s poginulim osobama iz 2015. godine prema vrsti prometne nesreće prikazana je na grafikonu 11., a prema istom je vidljivo kako su čak 16,70% osoba poginulih u prometnim nesrećama u 2015. godini bili pješaci, odnosno vrsta nesreće je bila nalet na pješaka.



Grafikon 11. Poginule osobe prema vrsti nesreća u 2015. godini u RH

Izvor: [23]

Broj poginulih pješaka u Republici Hrvatskoj u 2015. i 2016. godini ukupno te ovisno o uvjetima vidljivosti uspoređen je na grafikonu 12. Gotovo jedna trećina pješaka poginulih tijekom 2015. i 2016. godine stradala je tijekom noći, sumraka i svitanja, a ako se pretpostavi da manje ljudi pješači noću može se zaključiti kako odsustvo prirodne svjetlosti ima značajan utjecaj na uočljivost pješaka, odnosno da je njihova vidljivost krucijalna za sigurno kretanje.



Grafikon 12. Poginuli pješaci na cestama u RH u 2015. i 2016. godini

Izvor: [24]

6. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Radi što preciznijeg izvođenja samog istraživanja o utjecaju svijetle odjeće i reflektirajućih prsluka na vidljivost pješaka bilo je potrebno utvrditi cilj, postupke i način na koji će se samo istraživanje provoditi, odnosno odrediti prikladnu metodologiju provođenja istraživačkog dijela rada. Pri tom se misli na odabir svih parametara istraživanja, alata i ostalih pomagala koja će se koristiti te sam način provođenja postupka.

Budući da je za potrebe istraživanja, tj. prikupljanja potrebnih stvarnih podataka odabrana metoda praćenja pogleda vozača, u nastavku će biti opisana ista i njene glavne značajke, kao i cjelokupni postupak, odnosno pojedini koraci istraživanja.

6.1. *Eye tracking* metoda

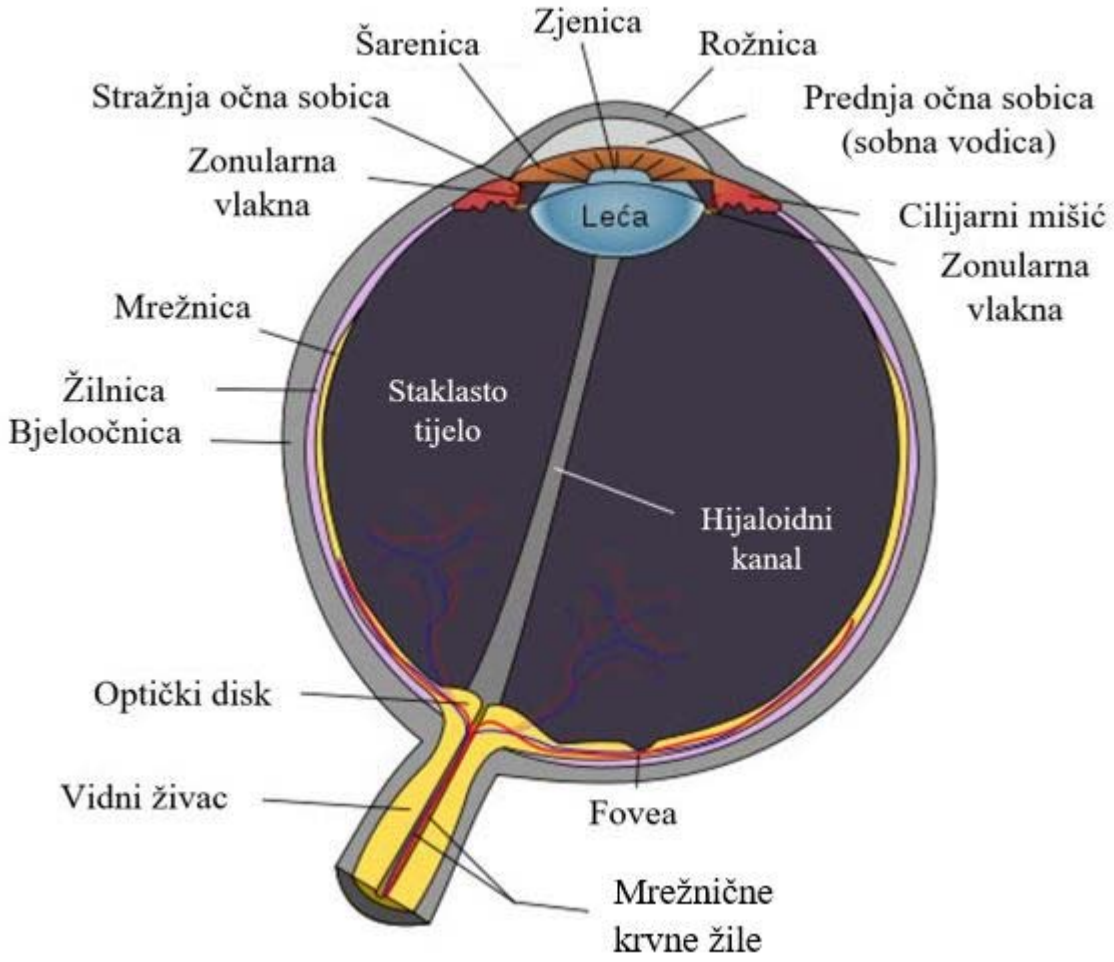
Eye tracking, odnosno praćenje pogleda je proces utvrđivanja usmjerenosti pogleda odnosno smjera u kojem osoba gleda. Osim samog praćenja pogleda, navedena metoda podrazumijeva mjerenje karakterističnih pokreta očiju (npr. trajanje fiksacija) te značajki samog oka, kao što je npr. veličina zjenice. Za provođenje praćenja oka potrebna je posebna oprema koja zapisuje, odnosno snima pokrete oka za vrijeme gledanja objekta ili same okoline koja je od značaja za istraživanje.

Upotreba sustava za praćenje pogleda danas je vrlo raširena, a imaju primjenu u različitim područjima, kao što je psihologija, psiholingvistika, neuropsihologija, prometna psihologija, istraživanje sporta, itd. Cilj metode je istražiti povezanost kretanja pogleda i različitih stanja čovjeka, njegovih emocija, onoga što mu privlači pažnju ili za što ne prikazuje interes.

6.1.1. Građa i karakteristike oka

Radi boljeg razumijevanja principa istraživanja praćenja pogleda, u nastavku će biti opisana temeljna građa oka te osnovne karakteristike kretanja očiju.

Za praćenje pogleda, najvažniji dijelovi oka su rožnica, šarenica, zjenica, leća i fovea (žuta pjega). Kroz zjenicu oka ulazi svjetlost te se ulazna slika na zjenici okreće „naopako“. Slika je zatim projicirana na kraj očne jabučice, odnosno do mrežnice (retina). Mrežnica je ispunjena stanicama koje su osjetljive na svjetlosne podražaje. Te se stanice nazivaju čunjići i štapići, a njihova je zadaća da ulaznu svjetlost pretvaraju u električne signale koji se kroz optički (vidni) živac šalju do vizualnog korteksa na daljnju obradu. Čunjići reagiraju na visoku prostornu frekvenciju (vizualne detalje) te su zaslužni za viđenje boja. Štapići su vrlo osjetljivi na samu svjetlost pa su tako značajni za viđenje i pri slabijem osvjetljenju [25]. Mrežnica sadrži otprilike 120 milijuna štapića te sedam milijuna čunjića [26]. Slika 7. prikazuje dijelove oka.



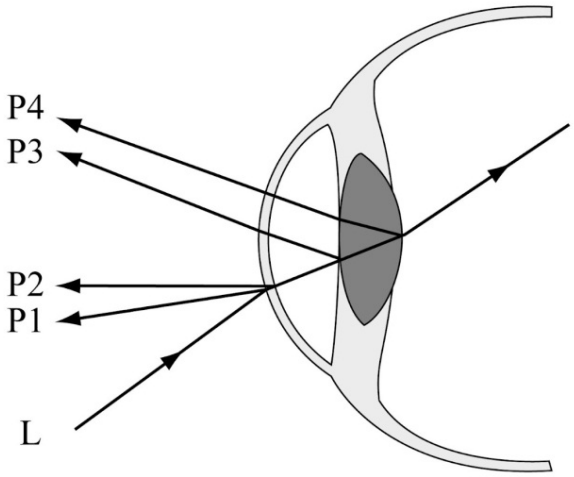
Slika 7. Dijelovi oka

Izvor: [27]

Na malom području na mrežnici u unutrašnjosti oka je dio koji se naziva fovea, odnosno žuta pjega raspona samo 2° vidnog polja, nalazi se izrazito velika koncentracija čunjića, dok su slabo zastupljeni u ostalim dijelovima mrežnice. Rezultat navedenog je puna oštrina vida samo na tom vrlo malom području. Kako bi slika objekta koji se gleda bila izoštrena, oko se mora pomicati kako bi svjetlost s objekta padala direktno na žutu pjegu. Kod obrade vizualnih informacija u mozgu, informacije sa žute pjege imaju prednost zbog faktora kortikalnog povećavanja koji se linearno povećava s oko 0,15°/mm kortikalne tvari na žutoj pjegi na 1,5°/mm pri ekscentričnosti od 20°. Rezultat toga je da oko 25% vizualnog korteksa procesira 2,5° vidnog polja [25].

Za mjerenja kretanja oka temeljena na video snimkama vrlo je važna zjenica oka. Osim zjenice, važan dio je i rožnica oka. Rožnica pokriva vanjski dio oka te reflektira svjetlost. Prilikom snimanja pokreta nastoji se izbjeći reflektiranje prirodnog svjetla pa se najčešće koristi jedan ili više infracrvenih izvora svjetlosti. Rezultirana refleksija rožnice je poznata još kao odsjaj te prva (P1) *Purkinje* refleksija (Slika 8.). Oznaka L predstavlja ulaznu svjetlost, P1

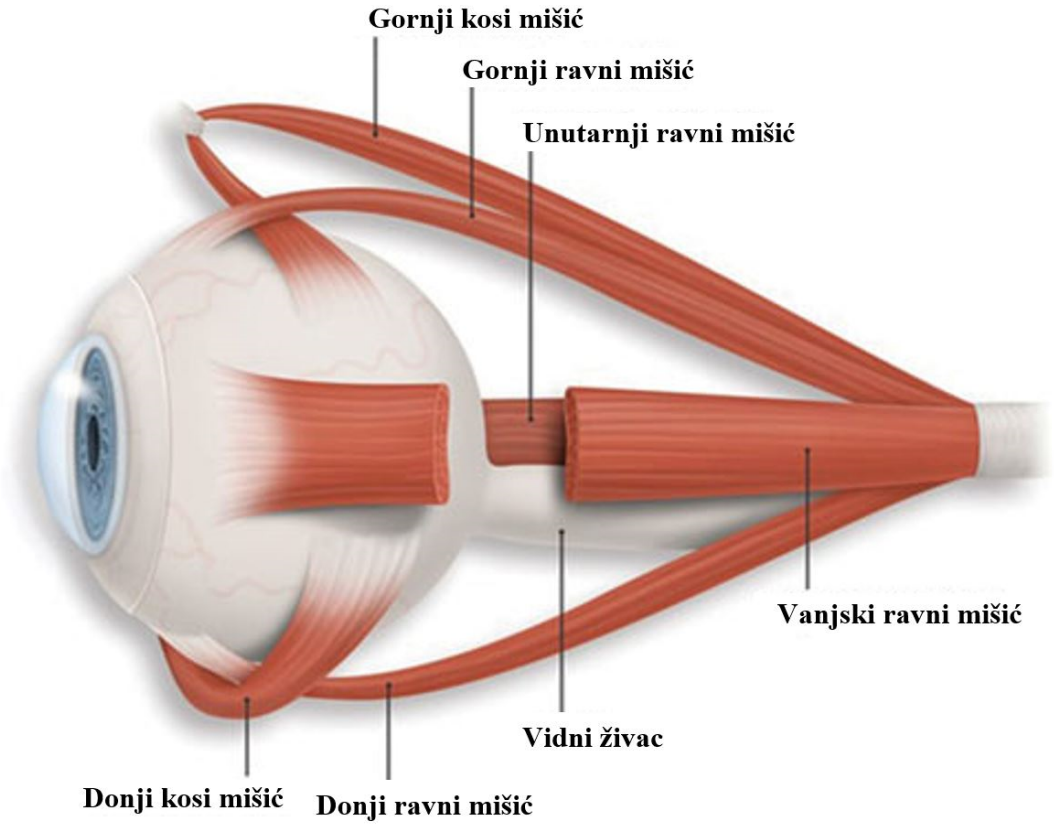
refleksiju svjetlosti s vanjske površine rožnice, P2 s unutrašnje površine rožnice, P3 s prednjeg dijela leće, a P4 refleksiju sa stražnje površine leće [28].



Slika 8. Četiri *Purkinje* refleksije koje su rezultat ulaznog svjetla

Izvor: [28]

Kretanje ljudskog oka upravljano je pomoću tri para mišića (Slika 9.). Gornji i donji ravni mišić odgovorni su za vertikalno gibanje oka. Vanjski ravni i unutarnji ravni mišić služe horizontalnom gibanju oka. Gornji kosi i donji kosi mišić odgovorni su za torzijsko, odnosno rotacijsko gibanje oka. Drugim riječima, očni mišići kontroliraju trodimenzionalnu orijentaciju oka unutar glave. U upravljanje ovim skupinama mišića uključen je veliki dio mozga [25].



Slika 9. Mišići oka

Izvor: [29]

Cijelo vidno polje ima površinu otprilike 23.400 kvadratnih stupnjeva definirano elipsoidom s vodoravnom glavnom osi koja obuhvaća vizualni kut od 180^o te sporednom okomitom osi s kutom od 130^o. Promjer najoštrijeg vidnog polja odgovara 2^o (fokusirani vid), vidno polje visoke oštrine (centralni vid) obuhvaća područje 4-5^o, a vid izvan tog područja naziva se perifernim te se u tom dijelu vidnog polja oštrina vida znatno smanjuje [26].

6.1.2. Metode praćenja pogleda

Počeci metoda vezanih uz praćenje pogleda vežu se za istraživanje same prirode kretanja oka, a tek se kasnije primjena proširila na praćenje pogleda u svrhu istraživanja što osoba gleda, odnosno na koje objekte se fokusira. Za provedbu istraživanja putem praćenja pogleda koriste se specijalizirani uređaji za praćenje pogleda (*eye tracker*). Prvi uređaji napravljeni za praćenje pogleda bili su izrazito neudobni i invazivni. Krajem 19. stoljeća, Delabarre je koristio aparaturu (poklopac) koja se stavljala direktno na oko, što je zahtijevalo prethodnu anesteziju. Subjekt je gledao kroz otvor na poklopcu što je pomicalo polugicu i davalo objektivne rezultate. Početkom 20. stoljeća razvijene su metode koje se temelje na fotografiji, odnosno refleksiji svjetla od rožnice. S napretkom tehnologije kategorizirana su različita svojstva i tipovi pokreta oka. Miles Tinker je 1930-ih istraživao utjecaj obilježja teksta prilikom čitanja. Jung je, primjenom elektrookulografije[1], 1939. godine mjerio vertikalne i horizontalne pomake oka

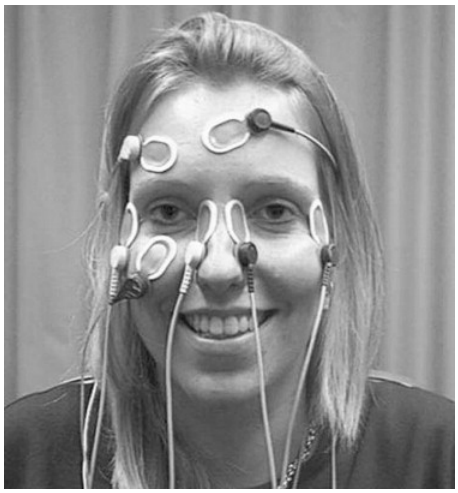
[1] Elektrookulografija je metoda koja je prva omogućila procesiranje pogleda u realnom vremenu korištenjem analogne elektronike

elektrodama na koži blizu oka. Paul Fitts je 1947. godine koristio kameru za snimanje oka pilota prilikom spuštanja aviona kako bi proučio način na koji piloti koriste komande u kabini [30]. Veliki napredak bio je izum uređaja za praćenje pogleda koji se pričvršćuje na glavu [31].

Općenito, postoje dva tipa praćenja kretanja očiju: mjerenje pozicije oka u odnosu na poziciju glave te mjerenje orijentacije oka u prostoru (točke gledanja, odnosno usmjerenosti pogleda). Potonji se koristi najčešće prilikom identifikacije elemenata u vizualnom polju, i to najčešće praćenjem refleksije rožnice putem video zapisa [26].

Metode praćenja pogleda kategorizirane su obzirom na tehnologiju koju uključuju pa tako razlikujemo sljedeće skupine metoda: elektrookulografija (EOG), kontaktna leća/kontaktna zavojnica za pretraživanje, fotookulografija (POG) ili videookulografija (VOG), te kombinirano video praćenje refleksije rožnice i zjenice [26].

Elektrookulografija je bilježenje rožničko-mrežničkog potencijala, odnosno potencijala mirovanja koji postoji između prednjega (elektropozitivnog) i stražnjega (elektronegativnog) pola oka. Pod ovim se nazivom podrazumijevaju dvije vrste elektrodijagnostičkih pretraga: motorna (služi za ispitivanje pokretljivosti oka) i senzorna (daje uvid u funkcionalno stanje oka [32]. Ova se metoda temelji na korištenju električnog polja koje mijenja svoj potencijal u ovisnosti o kretanju oka. Smatra se da je taj potencijal rezultat metaboličke aktivnosti retine. Elektrode se postavljaju na kožu oko lica te se na taj način bilježe spomenute promjene električnog potencijala. Kombinirano pomicanje oba oka može se zabilježiti s jednim parom elektroda smještenih bitemporalno. Kretanje svakog oka može se zasebno zabilježiti stavljanjem elektroda na lijevu i desnu stranu svakog oka. Referentna elektroda je obično postavljena na čelo [33]. Slika 10. prikazuje primjer smještanja elektroda za snimanje pokreta oka.



Slika 10. Pozicioniranje elektroda za horizontalno i vertikalno elektrookulografsko bilježenje pokreta oka

Izvor: [33]

Jedna od najpreciznijih metoda mjerenja gibanja oka uključuje pričvršćivanje mehaničkog ili optičkog referentnog objekta postavljenog na kontaktnu leću koja se zatim nosi izravno na oku. Iako su vrlo precizne, sve metode za istraživanje pokreta očiju kod kojih se

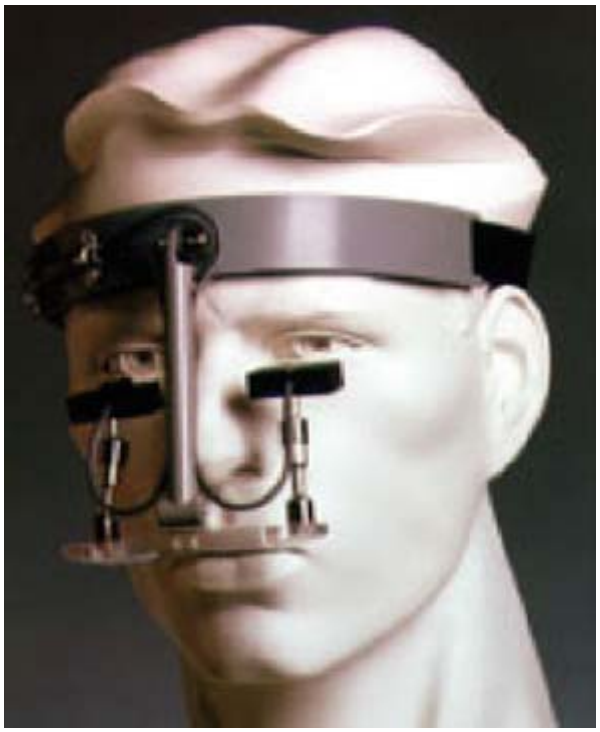
koriste kontaktne leće smatraju se vrlo invazivnim, budući da ispitanik mora umetnuti leću u okote se koriste samo u laboratorijskim uvjetima što ograničava njihovu primjenu. [26]

Metode praćenja pogleda koje se ubrajaju u kategoriju fotookulografije ili videookulografije čine veliku skupinu tehnika za snimanje kretanja očiju (rotacija, translacija). Snimaju se npr. trenutni oblik zjenice, položaj limbusa (granica šarenice i bjeloočnice) te refleksije svjetlosti od rožnice (najčešće infracrveno svjetlo). Mjerenje okularnih značajki koje pružaju ove tehnike može i ne mora biti automatski izvršeno i može uključivati vizualni pregled snimaka pokreta očiju. Vizualna procjena koja se obavlja ručno (npr. pregledavanje snimke korak po korak – *frame by frame*) može biti vrlo zamorna te podložna pogreškama i ograničena brzinom uzorkovanja video uređaja. Automatsko praćenje često uključuje korištenje fotodioda ugrađenih na okvire (Slika 11., Slika 12.) i gotovo uvijek uključuju korištenje nevidljivog (najčešće infracrvenog) osvjetljenja. Neke od tih metoda zahtijevaju da glava ispitanika miruje, tj. bude fiksirana, npr. korištenjem naslona za glavu ili bradu [26].



Slika 11. Primjer uređaja za praćenje limbusa oka

Izvor: [26]



Slika 12. Primjer uređaja za praćenje limbusa oka

Izvor: [26]

Metode koje se temelje na video-snimanju pokreta očiju sve su popularnije zbog brzog napretka u elektroničkoj obradi podataka. Uređaji postaju sve pristupačniji, poboljšana je robusnost algoritama te proširen raspon aplikacija. Kod ove se metode koristi kamera koja snima pokrete oka, a cilj je odrediti točku usmjerenosti pogleda, odnosno liniju pogleda [34]. Prethodno opisane tehnike jesu prikladne za mjerenje pokreta oka, ali često se pomoću njih ne može odrediti točka gledanja, odnosno pravac pogleda. Kako bi se i to moglo bilježiti, glava mora biti fiksirana kako bi se pozicija oka u odnosu na položaj glave te točka gledanja podudarali ili se nekoliko karakteristika gibanja mora mjeriti s ciljem razdvajanja pokreta glave od pokreta očiju. Takvi uređaji koriste refleksiju svjetla od rožnice (najčešće infracrvenog svjetla) te središta zjenice. Refleksija svjetlosti od rožnice oka mjeri se relativno prema položaju centra zjenice. Ovi uređaji za praćenje oka zbog same konstrukcije oka uobičajeno lociraju prvu sliku *Purkinje* refleksije, koja je prethodno opisana. Navedeni uređaju uključuju relativno jeftine kamere te hardver za obradu snimki za računanje točke usmjerenosti pogleda u stvarnom vremenu te se mogu montirati na stolu (Slika 13.) ili se mogu nositi direktno na glavi (Slika 14.). Za praćenje pogleda na ovaj način potrebna je prethodna pravilna kalibracija uređaja [26].



Slika 13. Primjer starijeg uređaja za praćenje pogleda koji je montiran na stol (lijevo operater; desno ispitanik)

Izvor: [26]



Slika 14. Uređaj za praćenje pogleda baziran na video snimanju koji se nosi na glavi

Izvor: [26]

6.1.3. Mjerljive veličine kod praćenja pogleda i njihova definicija

Najčešće se kod podataka dobivenih praćenjem pogleda izvještava o fiksacijama, a ne o pokretima. Fiksacija je stanje oka kada je ono mirno, odnosno kada se privremeno umiri prilikom promatranja objekta ili riječi kod čitanja. Fiksacija traje otprilike od nekoliko desetinki sekunde do nekoliko sekundi, a za njenog trajanja prikupljaju se informacije vezane uz detalje samog objekta, kao što su boja, oblik, struktura itd. Za vrijeme trajanja fiksacije oko nije u potpunosti mirno, već ima ti vrste mikropokreta: tremor, mikrosakade i skretanja (*drifts*). Tremor je mali pokret frekvencije oko 90 Hz, a sama uloga tremora nije pojašnjena, već se smatra da je moguće kako je posljedica nepreciznosti kod kontrole mišića. Skretanja su spori pokreti koji odvraćaju oko od centra fiksacije, dok je uloga mikrosakada brzo vraćanje oka u originalnu poziciju. Ovi pokreti unutar fiksacije oka se uglavnom proučava u svrhu razumijevanja ljudske neurologije [25].

Ubrzano kretanje oka između dvije fiksacije naziva se sakada (*saccade*). Sakade su najbrži pokreti koje tijelo može proizvesti, a uobičajeno im je trajanje 30-80 milisekundi.

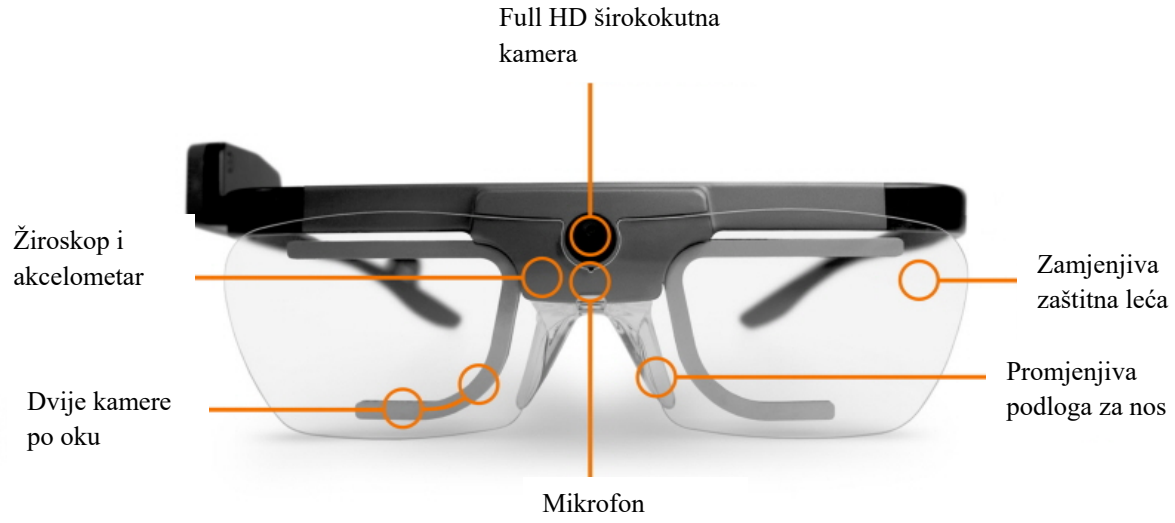
Opravdano je reći kako je čovjek za vrijeme trajanja sakada privremeno slijep, s obzirom da su sakade refleksni pokreti. Velik udio sakada ne završava odmah na željenom objektu, već oko „leluja“ prije zaustavljanja, tj. fiksacije. Takvi pokreti koji nastupaju poslije sakada nazivaju se glisade (*glissade*) [25].

Kretanje očiju koje se naziva kontinuirano praćenje (*smooth pursuit)* podrazumijeva pokrete u potpunosti drugačije od sakada, a čak su i upravljani potpuno različitim stranama mozga. Kod ovakvih pokreta radi o praćenju nekog objekta pogledom (npr. let ptice). Drugim riječima, *smooth pursuit* je kretanje kod kojeg se pogledom nešto prati, dok se sakade pojavljuju čak i ako se gleda bijeli zid ili u mraku [25]. Ovisno o brzini kretanja objekta, oko ima sposobnost postići istu tu brzinu prilikom praćenja tog objekta [26].

6.2. Sustav za praćenje oka Tobii Pro Glasses

Za potrebe istraživanja utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na vidljivost pješaka korišten je Tobii Pro Glasses sustav za praćenje pogleda. Ovaj se sustav sastoji od naočala s instaliranim kamerama te uređajem za snimanje, računalne jedinice za praćenje snimanja sa softverom za kontrolu te softvera za obradu snimljenih podataka. Tehnika praćenja pogleda koja je primijenjena u ovom sustavu je snimanje refleksije od rožnice te snimanje zjenice.

Naočale za praćenje pogleda (Slika 15.) snimaju ono što ispitanik vidi te ujedno snimaju zvuk pomoću mikrofona pa se mogu analizirati i usmeni komentari. Ove naočale imaju četiri kamere za snimanje oka (za svako oko po dvije) te četiri senzora (žiroskop i akcelometar). Također je na naočalama kamera koja snima prizor ispred ispitanika s rezolucijom 1920*1080 piksela, s veličinom vidnog polja od preko 160^{o} vodoravno te 70^{o} vertikalno. Naočale imaju i izvore infracrvene svjetlosti te konektor za HDMI kabel s koji se povezuju s uređajem za snimanje. [35].



Slika 15. Tobii naočale za praćenje pogleda s glavnim dijelovima

Izvor: [36]

Uređaj za snimanje (Slika 16.) je zapravo malo računalo koje kontrolira naočale te snima i pohranjuje snimku s podacima o kretanju oka, zvukom te snimkom prizora koji ispitanik gleda na SD memorijsku karticu. Uređaj je napajan zamjenjivim i punjivim Li-ion baterijama te ima nekoliko konektora te tipku za uključivanje, odnosno isključivanje. Snimanje, odnosno uređaj za snimanje upravljan je preko kontrolnog softvera [35]. U ovom slučaju, taj je softver instaliran na prijenosno računalo (tablet).



Slika 16. Tobii uređaj za snimanje i pohranjivanje snimljenih podataka

Izvor: [36]

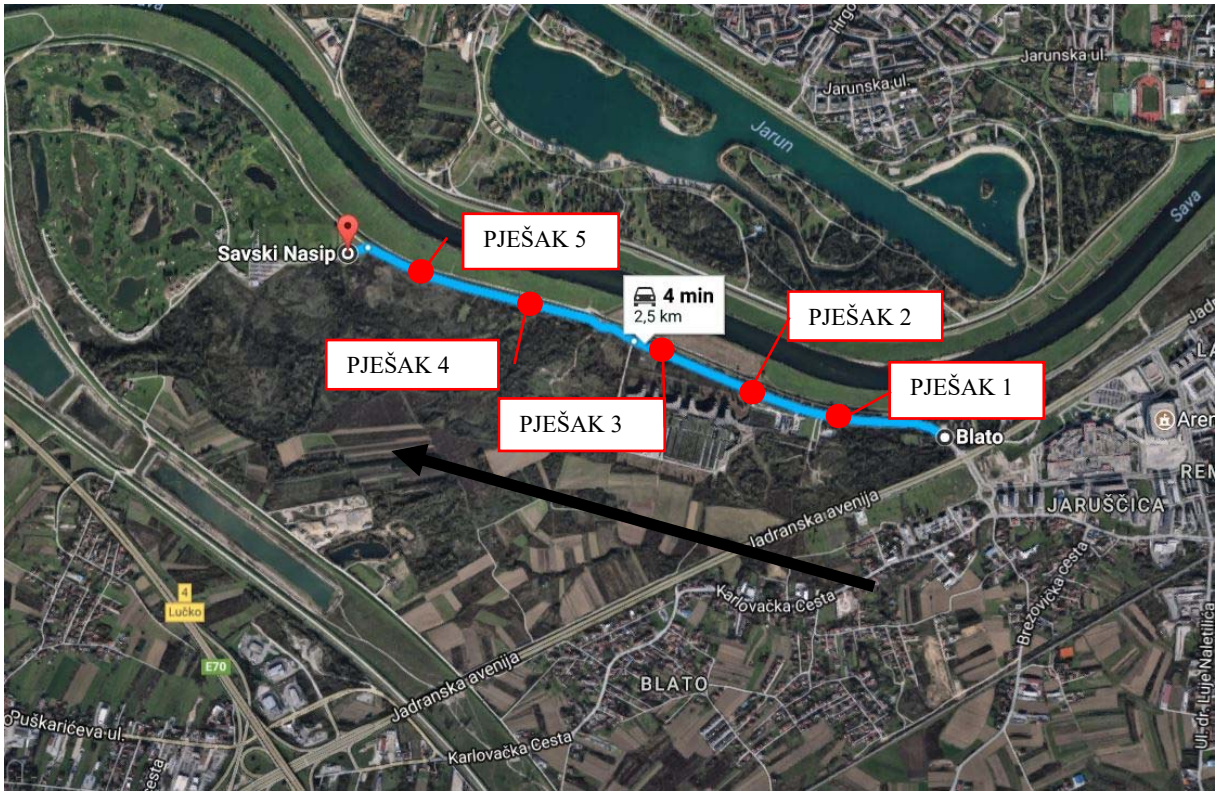
Softverska pozadina je, kao što je već spomenuto, podijeljena na kontrolni softver (*Tobii Pro Glasses Controller Software*) te softver za analizu podataka (*Tobii Pro Glasses Analyzer Software*). Kontrolnim softverom upravlja se snimanjem te on omogućava pregled nad snimanjem uživo i provođenje kalibracije. Kontrolni softver ima i WLAN konfiguracijske postavke te se uređaj bežično spaja na postojeću mrežu. Softverska platforma za analizu podataka naziva se *Tobii Pro Lab* i omogućuje kombiniranje praćenja pogleda s drugim fiziološkim podacima, pregledavanje pojedinačnih snimki te prikupljanje podataka za kvantitativnu analizu i vizualizaciju. [35].

6.3. Postupak provođenja istraživanja

Kako bi se došlo do zaključaka u kojoj mjeri i na koji način odjeća pješaka utječe na njegovu vidljivost, a samim time i sigurnost, bilo je potrebno prikupiti realne podatke za daljnju obradu i analizu.

Istraživanje u svrhu analize utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost pješaka sastojalo se od dva dijela – terenskog ispitivanja (eksperimenta) te obrade podataka u laboratoriju. Terenski dio ispitivanja obavljan je od početka lipnja do kraja kolovoza u noćnim satima (iza 22 h). Svako ispitivanje sastojalo se od ispitne vožnje u smjeru te u suprotnom smjeru na cesti u zagrebačkom Blatu (pored Sveučilišne bolnice), na kojoj nema javne rasvjete niti pješačkog nogostupa (Slika 17.), a ispitanici su upravljali vozilom Mercedes Citan, Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Na spomenutoj dionici ceste u duljini oko 2,5 km poredani su pješaci u različitim kombinacijama odjeće i to redom (u smjeru): pješak 1 – narančasti fluorescentni reflektirajući prsluk (izmjerena srednja vrijednost koeficijenta retrorefleksije reflektirajuće trake: 330,93 $cd*lx^{-1}m^{-2}$), pješak 2 – tamna odjeća, pješak 3 – bijela odjeća, pješak 4 – žuti fluorescentni reflektirajući prsluk (izmjerena

srednja vrijednost koeficijenta retrorefleksije reflektirajuće trake: 294,57 cd*lx^{-1}m^{-2}) te pješak 5 - svijetla odjeća (svijetle traper hlače i svijetla majica). Pješaci statisti su zamoljeni da stoje uz sam desni rub ceste, licem okrenuti prema dolazećem vozilu kada se vozilo kretalo u smjeru te leđima kada su prešli cestu i vozilo se kretalo u suprotnom smjeru. Ispitna vožnja u svakom smjeru trajala je 3-4 minute, ovisno o brzini vožnje pojedinog ispitanika, a sve vožnje su odrađene za vrijeme povoljnih vremenskih uvjeta (vedro ili blaga naoblaka, bez kiše).

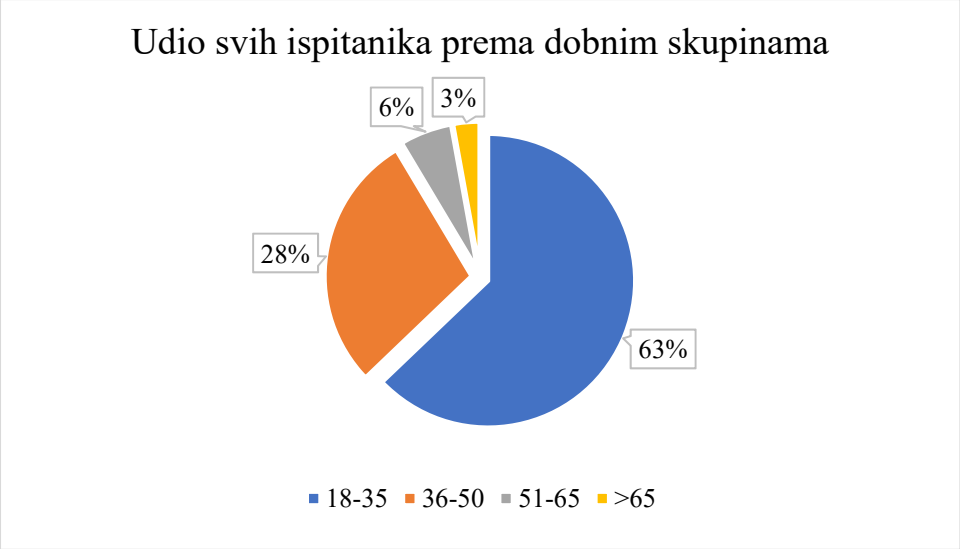


Slika 17. Ispitna dionica i raspored pješaka

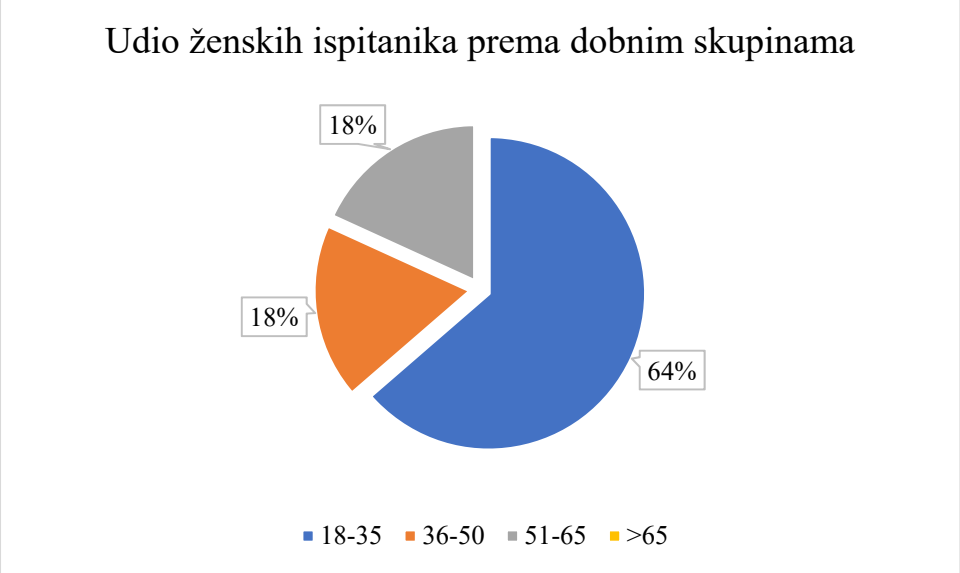
Za potrebe ispitivanja nasumično je prikupljeno 35 ispitanika oba spola s važećom vozačkom dozvolom, starosti između 21 i 68 godina, s time da najmlađi ispitanik posjeduje vozačku dozvolu manje od godinu dana, a najstariji 49 godina. Od ukupnog broja ispitanika, muškaraca je bilo 24, a žena 11. Detaljnije informacije o ispitanicima dane su u tablici 7., a udjeli prema dobnim skupinama prikazani su na grafikonu 13. za ukupan broj ispitanika te na grafikonu 14. i Grafikon 15 15. ovisno o spolu ispitanika. Važno je za napomenuti kako svi ispitanici koji su sudjelovali u testiranju nemaju značajnije smetnje vida niti očne mane.

Tablica 7. Osnovni podaci o ispitanicima

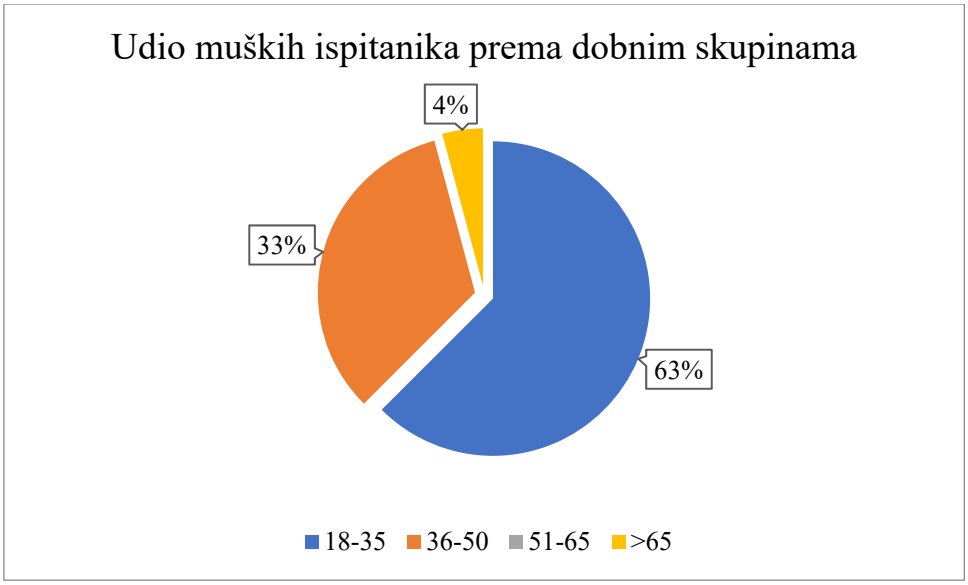
ISPITANICI	broj	prosječna dob	min. dob	max. dob	prosječan broj godina posjedovanja vozačke dozvole	min. broj godina posjedovanja vozačke dozvole	max. broj godina posjedovanja vozačke dozvole
muškarci	24	34,92	21	68	15,67	3	49
žene	11	35,27	21	65	14,27	0	42
SVI	35	35,03	21	68	15,23	0	49



Grafikon 13. Udio ispitanika prema dobnim skupinama



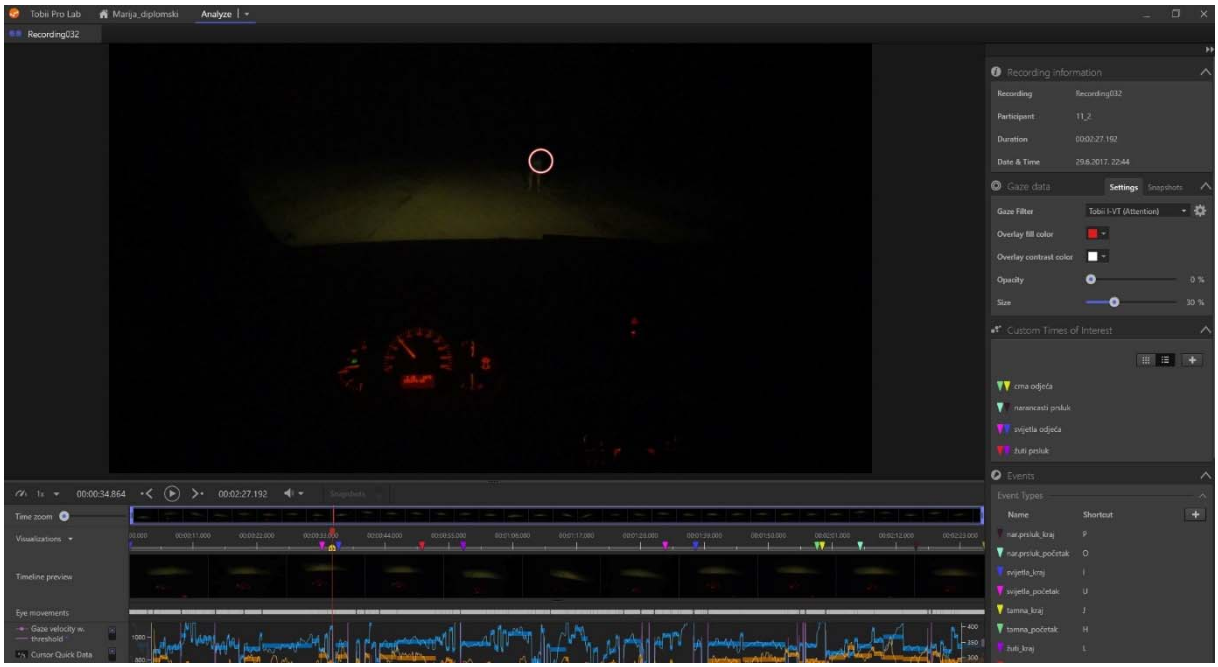
Grafikon 14. Udio ženskih ispitanika po dobnim skupinama



Grafikon 15. Udio muških ispitanika prema dobnim skupinama

Ispitanici su vozilom upravljali u pratnji jednog djelatnika Zavoda za prometnu signalizaciju te su im prije vožnje dane kratke upute o samoj vožnji, ali ne i svrha te iste vožnje kako se ne bi kompromitirali podaci koji se prikupljaju. Osim toga, zamoljeni su da voze konstantnom brzinom od oko 50 km/h, odnosno prilagođenom uvjetima na cesti, s tim da je bilo dozvoljeno korištenje samo kratkih svjetala na vozilu. Kada se vožnja odvijala u suprotnom smjeru, odnosno kada su se ispitanici vraćali na početnu lokaciju, kratko im je pojašnjena svrha istraživanja, budući da ih većina nakon pet pješaka koje su putem susreli shvaća kako se oni nisu našli slučajno uz cestu. Tijekom vožnje u oba smjera ispitanici su nosili Tobii naočale za praćenje pogleda, a kalibracija uređaja je izvršena prije snimanja vožnje također u oba smjera. Vožnja u suprotnom smjeru snimana je *eye tracking* uređajem kako bi se dobili kontrolni podaci za prethodnu vožnju.

Sve ispitne vožnje nakon što su snimljene uređajem za praćenje pogleda u obliku video zapisa u laboratoriju su uvezene u Tobii Pro Lab softver za analizu i obradu podataka, čije sučelje je prikazano na Slika 18. Svaka pojedina vožnja pregledana je (vizualno i auditivno) i analizirana zasebno na način da su određena vremena interesa (*Time of interest*) te je očitana brzina vožnje s brzinomjera u vozilu koji se također vidi na snimci. Vrijeme interesa odnosi se na vrijeme od trenutka kada je vozač skrenuo pogled prema pješaku do trenutka kada je vozilom prošao pored njega te se ono u softveru označava tzv. *eventima*, odnosno početkom i krajem događaja koji se promatra. Pomoću softvera su zatim generirani podaci o trajanju svakog vremena interesa (za svakog ispitanika, vožnju i vrstu pješaka). Pomoću duljine tog intervala te brzine vožnje jednostavnom formulom izračunata je udaljenost na kojoj je pješak uočen. Osim toga, s opcijom softvera da za svako vrijeme interesa napravi različite analize pokreta očiju, izdvojena su trajanja i broj fiksacija i sakada te promjeri zjenica očiju vozača.



Slika 18. Izgled Tobii Pro Lab sučelja

Podaci eksportirani iz softvera za analizu snimki nadalje su obrađivani pomoću statističkih metoda te komparativnih metoda radi izvođenja konkretnih zaključaka.

7. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj ovog rada je odrediti postoji li utjecaj reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće, odnosno općenito odjeće pješaka na njihovu uočljivost, a time i sigurnost. U tu svrhu provedeno je istraživanje u kojem se koristila metoda praćenja pogleda vozača tijekom ispitne vožnje noću, a u nastavku će biti prikazani i interpretirani podaci vezani uz vremenske intervale, udaljenosti te trajanje fiksacija i sakada vozačevog pogleda.

Budući da se polazilo od pretpostavke kako su pješaci u tamnoj odjeći slabije uočljivi od onih u svijetloj te pješaka koji nose reflektirajući prsluk, potrebno je usporediti podatke o udaljenostima na kojima su pješaci u različitoj odjeći bili uočavani. U tablici 8. i tablici 9. prikazani su podaci o udaljenosti na kojoj su ispitanici uočili pješaka u pojedinoj odjeći. Osim toga, prikazana je duljina intervala (*s* - metara), odnosno vrijeme (*t* - sekundi) koje je bilo potrebno da vozač uoči pješaka te dođe do njega te kojom su se prosječnom brzinom (*v* - metara/sekundi) kretali ispitanici.

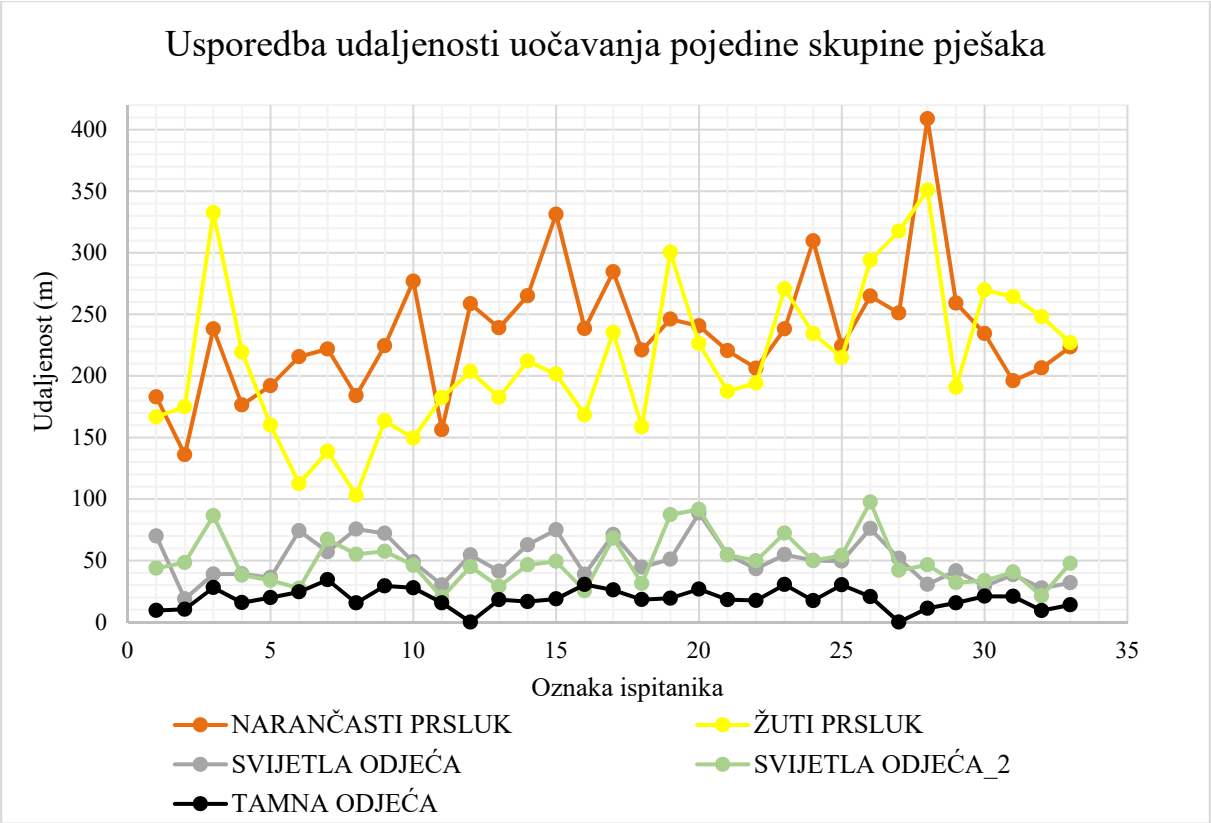
Tablica 8. prikazuje podatke dobivene prilikom vožnje u smjeru (tj. prve ispitanikove vožnje). U obzir su uzete vožnje 33 od 35 ispitanika budući da ostale dvije nisu bile pogodne za obradu u softveru. Već na prvi pogled na tablicu lako se može uočiti vrlo velika razlika između udaljenosti na kojima su bili uočavani pješaci koji su nosili reflektirajuće prsluke u odnosu na one u tamnoj odjeći. Maksimalna razlika iznosi više od 400 metara, budući da u dvije vožnje ispitanici nisu uopće uočili pješaka u tamnoj odjeći, dok je maksimalna udaljenost na kojoj je pješak s reflektirajućim prslukom uočen čak 408 metara (narančasti prsluk), odnosno 350 metara (žuti prsluk). Prosječna udaljenost na kojoj su uočavani pješaci koji su nosili reflektirajuće prsluke je 235, odnosno 213 metara. Prosječna udaljenost na kojoj su uočavani pješaci u svijetloj odjeći je oko 50 metara te nije bilo bitnijih razlika između dvije vrste svijetle odjeće. Ipak, u odnosu na pješake koji su nosili reflektirajući prsluk, pješaci u svijetloj odjeći su također znatno slabije uočljivi u prikazanim uvjetima, iako su bolje uočljivi u odnosu na pješake u tamnoj odjeći.

Ukoliko se promatraju vremena potrebna da vozač od uočavanja pješaka prođe pored njega, također se uočavaju više nego znatne razlike između pješaka u tamnoj odjeći te onih koji su nosili reflektirajuće prsluke. Preciznije, pješak u tamnoj odjeći u većini slučajeva je uočen tek oko sekunde prije nego vozilo prođe pored njega, što je vrlo kratak vremenski period u slučaju da vozač mora reagirati na situaciju kako bi izbjegao neželjene posljedice (npr. započeti kočenje ili skrenuti u stranu). Opasnost toga može biti još više naglašena u slučaju da se radi o mokrom i skliskom kolniku što produljuje sam put kočenja, odnosno povećava nestabilnost vozila kod naglog skretanja prilikom izbjegavanja prepreka na cesti. Osim toga, jedna od vanjskih okolnosti može biti i tehničko stanje vozila, tj. sama ispravnost vozila. U slučaju da vozač i reagira na vrijeme ne mora značiti da će i odziv vozila biti pravovremen, ukoliko neki od sustava na vozilu nije potpuno funkcionalan. To još više naglašava činjenicu kako je uočavanje pješaka na dostatnoj udaljenosti ključan faktor sigurnosti pješaka.

Tablica 8. Vremenski intervali i udaljenosti - vožnja u smjeru

Oznaka ispitanika	Oznaka vožnje	v (m/s)	NARANČASTI PRSLUK		ŽUTI PRSLUK		SVIJETLA ODJEĆA		SVIJETLA ODJEĆA_2		TAMNA ODJEĆA	
			t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)
1_1	1	13,89	13,17	182,94	12,00	166,67	5,04	69,96	3,15	43,75	0,68	9,44
2_1	2	16,67	8,16	135,93	10,49	174,85	1,13	18,78	2,90	48,33	0,63	10,42
3_1	3	15,28	15,59	238,18	21,78	332,70	2,55	38,97	5,66	86,41	1,84	28,03
4_1	4	11,11	15,87	176,33	19,74	219,33	3,52	39,09	3,43	38,07	1,42	15,82
6_1	6	11,11	17,28	192,00	14,40	159,96	3,26	36,19	3,05	33,90	1,79	19,89
7_1	8	11,11	19,40	215,58	10,12	112,46	6,67	74,16	2,47	27,43	2,21	24,51
8_1	10	16,67	13,31	221,80	8,32	138,75	3,43	57,10	4,03	67,17	2,06	34,38
9_1	12	11,11	16,55	183,92	9,27	103,04	6,80	75,53	4,96	55,14	1,40	15,56
10_1	14	16,67	13,47	224,55	9,81	163,50	4,33	72,08	3,45	57,47	1,76	29,37
11_1	16	16,67	16,61	276,90	8,97	149,43	2,94	48,93	2,77	46,13	1,67	27,83
12_1	18	13,89	11,25	156,26	13,13	182,40	2,17	30,15	1,45	20,19	1,12	15,58
13_1	20	16,67	15,51	258,53	12,21	203,53	3,27	54,53	2,70	44,98	0,00	**0,00**
14_1	22	13,89	17,21	239,00	13,15	182,60	2,98	41,35	2,09	28,96	1,31	18,21
15_1	24	16,67	15,90	265,02	12,72	212,00	3,77	62,77	2,79	46,50	1,00	16,67
16_1	26	16,67	19,88	331,30	12,09	201,43	4,50	74,98	2,96	49,32	1,13	18,82
17_1	28	13,89	17,16	238,36	12,12	168,35	2,80	38,88	1,83	25,42	2,20	30,57
18_1	30	13,89	20,49	284,56	16,95	235,35	5,12	71,12	4,91	68,15	1,88	26,04
19_1	32	11,11	19,88	220,93	14,28	158,62	4,01	44,58	2,82	31,33	1,64	18,24
20_1	34	15,28	16,11	246,06	19,67	300,47	3,35	51,10	5,71	87,18	1,27	19,36
21_1	36	13,89	17,32	240,58	16,29	226,28	6,37	88,47	6,59	91,56	1,93	26,79
22_1	38	16,67	13,23	220,42	11,25	187,45	3,29	54,75	3,28	54,60	1,09	18,18
23_1	40	12,50	16,49	206,18	15,53	194,09	3,46	43,26	3,98	49,80	1,40	17,55
24_1	42	16,67	14,29	238,15	16,24	270,67	3,29	54,78	4,34	72,30	1,83	30,50
25_1	44	16,67	18,58	309,68	14,07	234,42	3,00	50,07	2,99	49,88	1,04	17,42
26_1	46	16,67	13,45	224,20	12,90	214,93	2,97	49,47	3,25	54,18	1,81	30,23
27_1	48	18,06	14,67	264,80	16,28	293,93	4,21	75,98	5,40	97,52	1,15	20,69
28_1	50	16,67	15,06	251,00	19,05	317,57	3,10	51,65	2,52	42,07	0,00	**0,00**
29_1	52	16,67	24,53	408,83	21,05	350,88	1,84	30,64	2,79	46,48	0,67	11,17
30_1	54	15,28	16,96	259,11	12,48	190,66	2,72	41,52	2,10	32,02	1,02	15,58
31_1	56	16,67	14,06	234,33	16,19	269,79	1,75	29,21	2,02	33,63	1,26	21,00
32_1	58	22,22	8,82	196,00	11,89	264,28	1,73	38,47	1,83	40,69	0,94	20,89
33_1	60	20,83	9,91	206,46	11,91	248,03	1,33	27,62	1,02	21,23	0,45	9,38
34_1	62	16,67	13,41	223,50	13,62	226,92	1,92	31,94	2,86	47,74	0,84	14,00
	PROSJEK:	15,40	15,56	235,50	13,94	213,80	3,41	50,55	3,28	49,68	1,29	19,16
	min.	11,11	8,16	135,93	8,32	103,04	1,13	18,78	1,02	20,19	0,00	**0,00**
	max.	22,22	24,53	**408,83**	21,78	350,88	6,80	88,47	6,59	97,52	2,21	34,38

Prethodno opisano je grafički prikazano na grafikonu 16. gdje se može vidjeti jasna razlika u udaljenostima na kojima su uočavani pješaci, ovisno o vrsti odjeće koju su imali na sebi tijekom ispitivanja. Sve udaljenosti na kojima su uočeni pješaci koji su nosili reflektirajuće prsluke su iznad 100 metara, što je sa stajališta sigurnosti u prometu izvrstan rezultat. S druge strane, pješaci u svijetloj odjeći bili su uočavani između 25 i 105 metara, što je veliki raspon udaljenosti, a donja granica nije zadovoljavajuća te se korištenjem reflektirajućih prsluka može znatno povisiti. Raspon vidljivosti pješaka u tamnoj odjeći je između 0 i 35 metara, što su zabrinjavajuće niske vrijednosti.



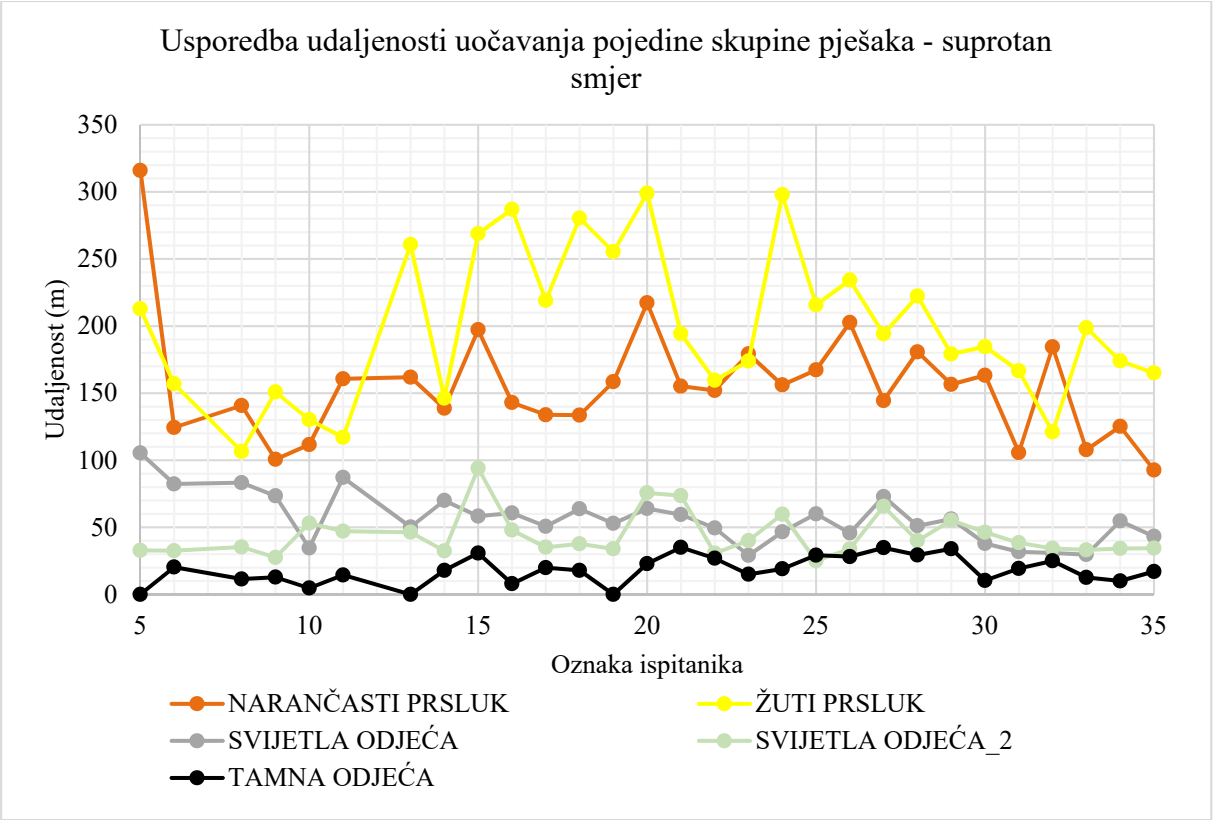
Grafikon 16. Usporedba udaljenosti uočavanja pojedine skupine pješaka

Kao kontrolni podaci u istraživanju poslužili su podaci iz vožnje u suprotnom smjeru na istoj dionici. Ovdje je važno napomenuti kako se pretpostavljalo da vozači prilikom ove vožnje očekuju pješake uz cestu budući da se vozi na istoj dionici te im je ukratko pojašnjena svrha istraživanja te da će ih radi toga uočavati brže, odnosno na većim udaljenostima. Ti su podaci prikazani u tablici 9., za 29 vožnji koje su bile obradive u softveru. Prema tim podacima može se uočiti kako ne postoji znatna razlika pri uočavanju pješaka, neovisno o tome što je njihova prisutnost bila očekivana, što dovodi do zaključka kako je vizualno doživljavanje objekata u uvjetima smanjene vidljivosti prvenstveno refleksnog karaktera. Drugim riječima, sigurnost pješaka u prometu primarno ovisi o njihovoj vidljivosti.

U vožnji u suprotnom smjeru pješak u tamnoj odjeći čak tri puta nije bio uočen, odnosno vozač nije skrenuo pogled na njega. Očekivano, pješaci u svim drugim kombinacijama odjeće bili su uočeni, s tim da su oni koji su nosili reflektirajući prsluk bili daleko vidljiviji od svih ostalih. Najuočljiviji pješak s narančastim prslukom bio je viđen na udaljenosti od 315 metara, a sa žutim prslukom na 298 metara. Prosječna udaljenost za pješake u svijetloj odjeći je 56, odnosno 44 metra, a raspon udaljenosti uočavanja pješaka u svijetloj odjeći je 25-100 metara. Opisani podaci grafički su prikazani na grafikonu 17., na kojem se već na prvi pogled može uočiti kako su udaljenosti na kojima je uočen pješak u tamnoj odjeći (0-35 metara) daleko niže u odnosu na ostale kombinacije.

Tablica 9. Vremenski intervali i udaljenosti - vožnja u suprotnom smjeru

Oznaka ispitanika	Oznaka vožnje	v (m/s)	NARANČASTI PRSLUK		ŽUTI PRSLUK		SVIJETLA ODJEĆA		SVIJETLA ODJEĆA_2		TAMNA ODJEĆA	
			t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)	t (s)	s (m)
5_2	5	20,83	15,17	315,96	10,22	212,88	5,06	105,40	1,58	32,81	0,00	**0,00**
6_2	7	13,89	8,96	124,43	11,30	156,90	5,92	82,28	2,35	32,58	1,46	20,33
8_2	11	16,67	8,44	140,73	6,39	106,55	5,00	83,25	2,12	35,32	0,69	11,47
9_2	13	11,11	9,05	100,59	13,58	150,83	6,61	73,42	2,48	27,58	1,16	12,83
10_2	15	11,11	10,05	111,62	11,72	130,21	3,11	34,58	4,78	53,10	0,42	4,71
11_2	17	16,67	9,64	160,68	7,02	117,03	5,23	87,12	2,83	47,10	0,87	14,45
13_2	21	15,28	10,60	161,88	17,07	260,72	3,29	50,25	3,03	46,34	0,00	**0,00**
14_2	23	15,28	9,07	138,65	9,57	146,27	4,58	69,97	2,12	32,42	1,17	17,87
15_2	25	15,28	12,91	197,25	17,60	268,87	3,82	58,32	6,16	94,05	2,02	30,80
16_2	27	16,67	8,58	142,97	17,22	287,00	3,64	60,65	2,88	47,92	0,48	7,93
17_2	29	16,67	8,03	133,87	13,14	219,07	3,04	50,68	2,11	35,15	1,20	19,95
18_2	31	16,67	8,02	133,58	16,83	280,42	3,83	63,77	2,26	37,72	1,07	17,90
19_2	33	12,50	12,68	158,49	20,43	255,33	4,23	52,89	2,72	33,95	0,00	**0,00**
20_2	35	13,89	15,65	217,31	21,53	298,97	4,61	64,00	5,45	75,69	1,65	22,93
21_2	37	12,50	12,42	155,19	15,54	194,28	4,76	59,45	5,89	73,59	2,80	35,05
22_2	39	16,67	9,12	151,98	9,58	159,60	2,97	49,48	1,84	30,70	1,61	26,90
23_2	41	13,89	12,91	179,31	12,52	173,83	2,09	29,04	2,89	40,08	1,08	14,97
24_2	43	16,67	9,36	156,07	17,88	297,92	2,80	46,60	3,59	59,77	1,14	19,02
25_2	45	16,67	10,04	167,28	12,95	215,82	3,60	60,00	1,51	25,12	1,75	29,20
26_2	47	16,67	12,16	202,58	14,05	234,20	2,75	45,77	2,03	33,88	1,69	28,15
27_2	49	18,06	8,00	144,46	10,75	194,12	4,04	72,89	3,63	65,54	1,93	34,76
28_2	51	18,06	10,01	180,74	12,31	222,26	2,83	51,12	2,22	39,99	1,63	29,34
29_2	53	16,67	9,39	156,50	10,75	179,19	3,37	56,18	3,31	55,22	2,04	34,00
30_2	55	15,28	10,69	163,32	12,08	184,57	2,48	37,95	3,03	46,29	0,68	10,39
31_2	57	16,67	6,34	105,67	10,00	166,63	1,91	31,79	2,31	38,46	1,16	19,33
32_2	59	16,67	11,07	184,50	7,26	120,99	1,86	30,92	2,06	34,27	1,50	25,00
33_2	61	22,22	4,85	107,78	8,94	198,72	1,33	29,64	1,49	33,15	0,57	12,67
34_2	63	16,67	7,51	125,17	10,44	174,06	3,28	54,72	2,05	34,17	0,60	10,00
35_2	65	20,83	4,45	92,71	7,92	165,02	2,08	43,27	1,66	34,50	0,82	17,08
PROSJEK:		16,09	9,63	152,11	12,64	199,04	3,59	56,39	2,84	44,02	1,14	18,17
min.		11,11	2,44	40,73	6,39	106,55	1,33	29,04	1,49	25,12	0,00	**0,00**
max.		22,22	15,65	**315,96**	21,53	298,97	6,61	105,40	6,16	94,05	2,80	35,05



Grafikon 17. Usporedba udaljenosti uočavanja pojedine skupine pješaka - suprotan smjer

Prema Pravilniku o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa [37], zaustavni put je put koji vozilo prijeđe od trenutka kad vozač uoči nepomičnu zapreku na putu do trenutka zaustavljanja vozila kočenjem, a pritom se računa s kočenjem uz korištenje ukupnog iznosa tangencijalnog otpora klizanja između kotača i kolnika. Kako bi se navedene udaljenosti na kojima su uočavani pješaci mogle promotriti u kontekstu, odnosno usporediti s konkretnim podacima, u skladu sa spomenutim Pravilnikom izračunate su teorijske vrijednosti duljina zaustavnog puta prema izrazu koji se sastoji od puta reagiranja (prijeđeni put za vrijeme reakcije vozača) te puta kočenja:

$$L_Z = \frac{V}{3{,}6} * t_r + \int_{V_1}^{V} \frac{V * dV}{g * \left(f_{T\,max} + Z + \frac{s}{100}\right)}$$

L_Z – zaustavni put (m)
V – mjerodavna brzina (km/h)
$V_1 = 0$ (zaustavljanje)
t_r – vrijeme reakcije = 2 s
g – ubrzanje sile teže = 9,81 m/s^2
$f_{T\,max}$ – tangencijalni koeficijent otpora klizanja
Z – otpor zraka $Z = 0{,}461 * 10^{-4} * (V/3{,}6)^2$
±s – uzdužni nagib ceste (%)

Maksimalne vrijednosti tangencijalnog koeficijenta otpora klizanja ovisno o mjerodavnoj brzini također su preuzete iz [37], a uzdužni nagib ceste je u ovom slučaju

zanemaren, tj. proračun je proveden samo za cestu bez konveksnih i konkavnih zaobljenja. Izračunate vrijednosti zaustavnog puta prikazane su u tablici 10.

Tablica 10. Izračun duljine zaustavnog puta

V (km/h)	v (m/s)	t_r (s)	g (m/s^2)	$F_{T\ max}$	Z	L_z (m)
40	11,11	2	9,81	0,3930	0,0056914	**25,06**
45	12,50	2	9,81	0,3710	0,0072031	**28,37**
50	13,89	2	9,81	0,3490	0,0088927	**31,73**
55	15,28	2	9,81	0,3285	0,0107602	**35,15**
60	16,67	2	9,81	0,3080	0,0128056	**38,63**
65	18,06	2	9,81	0,2910	0,0150287	**42,13**
75	20,83	2	9,81	0,2570	0,0200087	**49,33**
80	22,22	2	9,81	0,2400	0,0227654	**53,07**

Izvor: izrađeno prema [37]

Najkraći zaustavni put prema prethodnoj tablici je 25 metara i to pri brzini od 40 km/h, ali za relativno veliko vrijeme reakcije t_r=2 s. Ukoliko se izračunate vrijednosti iz tablice usporede s prethodnim udaljenostima uočavanja pješaka dobivenim eksperimentalno kroz istraživanje, već na prvi pogled se može zaključiti kako pješak u crnoj odjeći u većini slučajeva ne bi bio pravovremeno uočen tj. uočen je na udaljenosti manjoj od 25 metara (24 od 33 u smjeru ili 72,72% te 21 od 29 u suprotnom smjeru ili 72,41%). Ako bi se vrijeme reakcije smanjilo na jednu sekundu, brzina pri kojoj isti udio pješaka u tamnoj odjeći ne bi bio uočen iznosi 65 km/h, što znači da je uz smanjenje vremena reakcije za istu duljinu zaustavnog puta moguće voziti nešto većom brzinom. U oba slučaja (t_r=2 s ili t_r=1 s) pri svim brzinama jedino bi na vrijeme u slučaju potrebe za zaustavljanjem bili uočeni svi pješaci opremljeni reflektirajućim prslukom.

Naredni dio analize rezultat ispitivanja odnosi se na statističke pokazatelje prema pojedinim parametrima značajnim u ovom istraživanju. Prilikom analize koristit će se sljedeće oznake pješaka: TO – tamna odjeća, SO – svijetla odjeća, SO2 – svijetla odjeća_2, NP – narančasti prsluk, ZP – žuti prsluk.

Kako bi se pokazala statistička značajnost udaljenosti na kojima su uočavani pješaci u različitim odjevnim kombinacijama, proveden je T-test na uzorku podataka iz smjera i suprotnog smjera zajedno. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 11., a potvrđuju pretpostavku da postoji značajna statistička razlika među uočavanjem različitih konfiguracija odjeće ($p<0,05$). Statistički značajna razlika među udaljenostima na kojima su uočavani pješaci u prslucima, što je očekivani rezultat.

Tablica 11. T-test udaljenosti uočavanja pješaka u različitoj odjeći

Varijable		t	df	p	Srednja razlika	Standardna devijacija
NP_s (m)	- ZP_s (m)	-1,031	61	**0,307**	-8,789	8,525
NP _s (m)	- SO_ s (m)	18,089	61	**< ,001**	144,826	8,006
NP _s (m)	- SO2_s (m)	19,789	61	**< ,001**	151,076	7,635
NP _s (m)	- TO_s (m)	22,625	61	**< ,001**	179,411	7,930
ZP_s (m)	- SO_ s (m)	18,892	61	**< ,001**	153,615	8,131
ZP _s (m)	- SO2_s (m)	23,341	61	**<0,001**	159,865	6,849
ZP _s (m)	- TO_s (m)	24,654	61	**<0,001**	188,200	7,634
SO_ s (m)	- SO2_s (m)	2,211	61	**0,031**	6,250	2,827
SO_ s (m)	- TO_s (m)	13,816	61	**<0,001**	34,586	2,503
SO2_s (m)	- TO_s (m)	12,794	61	**<0,001**	28,336	2,215

Kada se promatraju intervali, odnosno vrijeme koje je prošlo od kada je vozač uočio pješaka do trenutka kada je prošao pored njega, očekivano je da će taj interval biti kraći što je brzina vožnje veća. Ti su parametri uspoređeni pomoću matrice korelacije koja je prikazana u tablici 12. Izračunata korelacija između duljine trajanja promatranih intervala i brzine vožnje negativnog je predznaka, što znači da je pješak uočen prije, odnosno interval uočavanja traje duže što je brzina vožnje manja, tj. interval je veći što je brzina manja. Pri manjoj brzini vozač će prije uočiti pješaka te će mu dulje trebati da dođe do njega, što znači da će imati više vremena za potencijalnu reakciju nego pri većoj brzini.

Tablica 12. Korelacija između brzine i duljine vremenskih intervala uočavanja pješaka

		NP_t (s)	ZP_t (s)	SO_t (s)	SO2_t (s)	TO_t (s)	V (km/h)
NP_t (s)	Pearson's r	—	0,405 **	0,225	0,341 **	0,220	**-0,418 ***
	p-value	—	0,001	0,079	0,007	0,085	<0,001
ZP_t (s)	Pearson's r		—	-0,022	0,467 ***	-0,000	**-0,284 ***
	p-value		—	0,866	<0,001	0,998	0,026
SO_t (s)	Pearson's r			—	0,364 **	0,232	**-0,487 ***
	p-value			—	0,004	0,070	<0,001
SO2_t (s)	Pearson's r				—	0,394 **	**-0,381 **
	p-value				—	0,002	0,002
TO_t (s)	Pearson's r					—	**-0,304 ***
	p-value					—	0,016
V (km/h)	Pearson's r						—
	p-value						—

*p <0,05, ** p <0,01, *** p <0,001

Mjerljive veličine koje se najčešće promatraju prilikom istraživanja kretanja očiju su fiksacije i sakade. Pomoću korištenog softvera za praćenje pogleda, dobiveni su podaci o broju i trajanju fiksacija i sakada za svaki period promatranja pješaka u različitoj odjeći (opisani intervali uočavanja). Obzirom da su periodi promatranja najkraći kod pješaka u tamnoj odjeći, očekuje se kako će i broj fiksacija i sakada biti najmanji, a kako su kod pješaka koji su nosili prsluke interval promatranja najduži, broj fiksacija i sakada bi trebao biti najveći.

Prosječan broj fiksacija po pojedinoj vrsti odjeće pješaka prikazan je u tablici 13., gdje se može vidjeti kako je zaista najmanji prosječan broj fiksacija kod gledanja pješaka u tamnoj odjeći (47,77) a najveći kod pješaka koji su nosili reflektirajući prsluk (493,9 za narančasti, odnosno 516,2 za žuti prsluk). Prosječan broj fiksacija prilikom perioda promatranja pješaka u svijetloj odjeći je očekivano između (117,5 te 131,4 fiksacije).

Tablica 13. Broj fiksacija za različite kombinacije odjeće

	TO_Fix_broj	SO_Fix_broj	SO2_Fix_broj	NP_Fix_broj	ZP_Fix_broj
Iskoristivi uzorak	57	61	58	62	62
Neiskoristivi uzorak	5	1	4	0	0
Prosječna vrijednost	**47,77**	**117,5**	**131,4**	**493,9**	**516,2**
Stand. devijacija	30,25	55,63	60,03	194,1	185,5
Min. vrijednost	3,000	20,00	22,00	24,00	137,0
Max. vrijednost	135,0	323,0	274,0	1108	926,0

Vezano uz prosječan broj sakada, očekivano je da će također najmanji broj biti u periodu u kojem vozač promatra pješaka u tamnoj odjeći , a najveći prilikom uočavanja pješaka koji nose reflektirajući prsluk. Te su pretpostavke potvrđene prema rezultatima prikazanim u tablici 14., u kojoj se može vidjeti kako je najmanji prosječni broj sakada 18,19 za interval kod pješaka u tamnoj odjeći, a najveći za intervale kod pješaka s reflektirajućim prslukom (98,50 za narančasti, odnosno 104,1 za žuti prsluk). Sveukupno gledajući, broj sakada je manji od broja fiksacija za istu skupinu pješaka.

Tablica 14. Broj sakada za različite kombinacije odjeće

	TO_Sac_broj	SO_Sac_broj	SO2_Sac_broj	NP_Sac_broj	ZP_Sac_broj
Iskoristivi uzorak	57	61	58	62	62
Neiskoristivi uzorak	5	1	4	0	0
Prosječna vrijednost	**18,19**	**29,89**	**31,97**	**98,50**	**104,1**
Stand. devijacija	6,952	19,78	16,82	59,60	54,72
Min. vrijednost	1,000	5,000	4,000	5,000	18,00
Max. vrijednost	33,00	116,0	93,00	343,0	301,0

Kako bi se istražilo postoji li značajna statistička razlika između opisanih vrijednosti, provedeni su T-testovi s rezultatima prikazanim u tablici 15. za broj fiksacija, odnosno tablici 16. za broj sakada. I kod fiksacija i kod sakada postoji značajna razlika između promatranja svih skupina pješaka, osim onih koje su vrlo slične (pješaci u svijetloj odjeći te pješaci koji su nosili reflektirajući prsluk).

Tablica 15. T-test broja fiksacija

Varijable		t	df	p	Srednja razlika	Standardna devijacija
TO_Fix_broj	- SO_Fix_broj	-10,203	55	**<0,001**	-67,50	6,616

Varijable		t	df	p	Srednja razlika	Standardna devijacija
TO_Fix_broj	- SO2_Fix_broj	-10,622	52	**<0,001**	-85,17	8,018
TO_Fix_broj	- NP_Fix_broj	-17,488	56	**<0,001**	-439,11	25,110
TO_Fix_broj	- ZP_Fix_broj	-18,794	56	**<0,001**	-458,84	24,414
SO_Fix_broj	- SO2_Fix_broj	-1,431	57	**0,158**	-10,90	7,614
SO_Fix_broj	- NP_Fix_broj	-17,093	60	**<0,001**	-375,69	21,980
SO_Fix_broj	- ZP_Fix_broj	-17,744	60	**<0,001**	-398,92	22,482
SO2_Fix_broj	- NP_Fix_broj	-14,481	57	**<0,001**	-368,62	25,455
SO2_Fix_broj	- ZP_Fix_broj	-18,592	57	**<0,001**	-387,93	20,866
NP_Fix_broj	- ZP_Fix_broj	-0,922	61	**0,360**	-22,24	24,128

Tablica 16. T-test broja sakada

Varijable		t	df	p	Srednja razlika	Standardna devijacija
TO_Sac_broj	- SO_Sac_broj	-4,550	55	**<0,001**	-11,786	2,590
TO_Sac_broj	- SO2_Sac_broj	-6,411	52	**<0,001**	-13,981	2,181
TO_Sac_broj	- NP_Sac_broj	-10,151	56	**<0,001**	-80,246	7,905
TO_Sac_broj	- ZP_Sac_broj	-12,836	56	**<0,001**	-83,667	6,518
SO_Sac_broj	- SO2_Sac_broj	-1,232	57	**0,223**	-3,172	2,574
SO_Sac_broj	- NP_Sac_broj	-11,161	60	**<0,001**	-68,672	6,153
SO_Sac_broj	- ZP_Sac_broj	-11,595	60	**<0,001**	-74,475	6,423
SO2_Sac_broj	- NP_Sac_broj	-9,670	57	**<0,001**	-63,862	6,604
SO2_Sac_broj	- ZP_Sac_broj	-11,380	57	**<0,001**	-72,534	6,374
NP_Sac_broj	- ZP_Sac_broj	-0,778	61	**0,439**	-5,597	7,192

Radi dobivanja uvida u red veličina karakterističnih pokreta – sakada i fiksacija, utvrđene su središnje vrijednosti trajanja fiksacija i sakada sa svojim minimalnim, odnosno maksimalnim vrijednostima, a prikazane su u nastavku u tablici 17. i tablici 18. U tablicama se može vidjeti kako se prosječna trajanja fiksacija kreću između 625 i 912 milisekundi, dok su trajanja sakada između 76 i 87 milisekundi. Pritom je zanimljivo kako je trajanje fiksacija najkraće kod gledanja pješaka u tamnoj odjeći, a najdulje kod promatranja pješaka koji nose reflektirajuće prsluke, dok je kod trajanja sakada taj odnos obrnut. To se može objasniti činjenicom kako su pješaci s reflektirajućim prslucima uočavani na velikim udaljenostima na kojima vozači nisu bili sigurni što se točno nalazi u njihovom vidnom polju pa su bili skloniji „istraživanju“ te pojave i fokusiranju na istu, a uz to su imali dulji period za promatranje i pripremu na potencijalnu reakciju. S druge strane, udaljenosti na kojoj je uočavan pješak u tamnoj odjeći su vrlo kratke te vozači nisu imali dovoljno dugačak vremenski period za duže i detaljnije promatranje pješaka pa su stoga i trajanja fiksacija kraća, a sakada duža.

Tablica 17. Podaci o trajanju fiksacija

	TO_Fix_aver	SO_Fix_aver	SO2_Fix_aver	NP_Fix_aver	ZP_Fix_aver
Iskoristivi uzorak	57	61	58	62	62
Neiskoristivi uzorak	5	1	4	0	0
Prosječna vrijednost	**625,5**	**786,1**	**822,7**	**742,4**	**912,7**
Stand. devijacija	489,4	871,7	633,2	500,0	627,7
Min. vrijednost	60,00	96,00	90,91	116,7	177,5
Max. vrijednost	2637	5878	3494	3507	3306

Tablica 18. Podaci o trajanju sakada

	TO_Sac_aver	SO_Sac_aver	SO2_Sac_aver	NP_Sac_aver	ZP_Sac_aver
Iskoristivi uzorak	57	61	58	62	62
Neiskoristivi uzorak	5	1	4	0	0
Prosječna vrijednost	**87,70**	**77,39**	**77,91**	**70,06**	**76,20**
Stand. devijacija	41,45	30,59	32,96	19,89	23,81
Min. vrijednost	20,00	28,00	33,33	28,00	39,67
Max. vrijednost	252,4	168,6	194,6	142,4	194,1

Povezanost udaljenosti na kojima su uočavani pješaci s brojem fiksacija kod pojedine skupine pješaka istražena je kroz matricu korelacije prikazanu u tablici 19. Prema korelaciji koja je pozitivnog predznaka može se zaključiti da neovisno o vrsti odjeće, što je udaljenost na kojoj je uočen pješak veća, veći će biti i broj fiksacija oka. To je naročito izraženo kod kombinacije s narančastim prslukom.

Tablica 19. Matrica korelacija između udaljenosti uočavanja pješaka i broja fiksacija

		TO_Fix_broj	SO_Fix_broj	SO2_Fix_broj	NP_Fix_broj	ZP_Fix_broj
TO_s (m)	Pearson's r	**0,722** ***	0,136	0,258	0,018	-0,064
	p-value	<0,001	0,295	0,051	0,889	0,621
SO_ s (m)	Pearson's r	0,320 *	**0,411** **	0,571 ***	0,058	-0,080
	p-value	0,015	0,001	<0,001	0,653	0,535
SO2_s (m)	Pearson's r	0,350 **	0,550 ***	**0,644** ***	0,281 *	0,479 ***
	p-value	0,008	<0,001	<0,001	0,027	<0,001
NO_s (m)	Pearson's r	0,359 **	0,352 **	0,049	**0,823** ***	0,346 **
	p-value	0,006	0,005	0,715	<0,001	0,006
ZP_s (m)	Pearson's r	-0,024	0,119	0,087	0,299 *	**0,721** ***
	p-value	0,862	0,359	0,514	0,018	<0,001

*p <0,05, ** p <0,01, *** p <0,001

Jedan od prikupljanih podataka tijekom ispitivanja je i dob ispitanika te njihovo vozačko iskustvo. Kako bi se utvrdilo postoji li povezanost između starosti ispitanika i udaljenosti na kojima su uočavali pješake po skupinama odjeće koju su nosili izračunata je korelacija između starosti ispitanika, njihovog vozačkog iskustva te udaljenosti na kojima su uočavali pješake.

Rezultati izračuna prikazani su u tablici 20. te se prema njima može zaključiti kako nema korelacije, odnosno statistički značajne povezanosti između navedenih parametara. Drugim riječima, dob i vozačko iskustvo ispitanika ne utječe na to na kojoj će udaljenosti uočiti pješaka, a s obzirom da je u noćnim uvjetima vidno polje ljudi značajno skraćeno te suženo, a ujedno je smanjena i oštrina vida, na temelju dobivenih rezultata može se zaključiti da uočljivost pješaka u noćnim uvjetima isključivo ovisi o vidljivosti samih pješaka.

Tablica 20. Matrica korelacija između dobi i vozačkog iskustva ispitanika i udaljenosti uočavanja pješaka

		Dob (god.)	**Vozačko iskustvo (god.)**	**NO_s (m)**	**ZP_s (m)**	**SO_ s (m)**	**SO2_s (m)**	**TO_s (m)**
Dob (god.)	Pearson's r	—	**0,960 *****	**0,126**	**0,171**	**-0,175**	**-0,071**	**-0,049**
	p-value	—	<0,001	0,331	0,184	0,173	0,582	0,708
Voz. iskustvo (god.)	Pearson's r		—	0,098	0,181	-0,174	-0,040	-0,010
	p-value		—	0,448	0,159	0,176	0,760	0,939

*p <0,05, ** p <0,01, *** p <0,001

8. ZAKLJUČAK

Pješački promet je neizostavan dio cjelokupnog prometnog sustava, a pješaci kao njegovi sudionici su često izloženi različitim opasnostima uslijed nepridržavanja propisa, nedostatne infrastrukture i sl. Posebice je otežano kretanje pješaka noću ukoliko na cesti nije instalirana javna rasvjeta, budući da je tada pješak slabije uočljiv, a to još više dolazi do izražaja ukoliko na cesti nema odvojene površine za kretanje pješaka.

U ovom je diplomskom radu opisana vidljivost i percepcija u prometu, dan je osvrt na dosadašnja istraživanja vezana uz vidljivost pješaka, ukratko je analizirana zakonska regulativa u Hrvatskoj i Europi te je za ista područja provedena analiza stanja sigurnosti na cestovnoj prometnoj mreži. Opisana je i metoda praćenja pogleda koja je korištena kao glavni alat pri istraživačkom dijelu rada. Istraživački dio sastoji se od terenskog ispitivanja te laboratorijskog istraživanja.

Cilj diplomskog rada bio je analizirati utjecaj reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na vidljivost pješaka. U tu je svrhu provedeno terensko istraživanje uz metodu praćenja pogleda koje je sastojalo od vožnji vozilom s upaljenim kratkim svjetlima tijekom noći na neosvijetljenoj cesti na kojoj je uz rub ceste bilo postavljeno pet pješaka statista u različitim kombinacijama odjeće (tamna, svijetla, reflektirajući prsluci). Ispitanici su bili 35 osoba oba spola, s važećom vozačkom dozvolom. Tijekom vožnje ispitanici su nosili Tobii naočale za praćenje pogleda, a snimljeni podaci su naknadno obrađivani u laboratoriju pomoću Tobii softvera za analizu. Ispitanici nisu bili upoznati sa svrhom njihovog sudjelovanja u istraživanju tijekom prve vožnje, a prilikom druge vožnje (vožnja u suprotnom smjeru) ukratko im je pojašnjen sam cilj istraživanja.

Rezultati ispitivanja pokazali su kako je razlika u udaljenostima na kojima su uočavani pješaci s reflektirajućim prslucima i pješaci u tamnoj odjeći vrlo velika. Pri vožnji u smjeru (prvoj vožnji kada ispitanici nisu znali cilj istraživanja) maksimalna razlika u udaljenostima na kojima su uočavani pješaci iznosi čak više od 400 metara, budući da u dvije vožnje ispitanici nisu uopće uočili pješaka u tamnoj odjeći, dok je maksimalna udaljenost na kojoj je pješak s reflektirajućim prslukom uočen čak 408 metara (narančasti prsluk), odnosno 350 metara (žuti prsluk). Prosječna udaljenost na kojoj su uočavani pješaci koji su nosili reflektirajuće prsluke je 235, odnosno 213 metara. Prosječna udaljenost na kojoj su uočavani pješaci u svijetloj odjeći je oko 50 metara te nije bilo bitnijih razlika između dvije vrste svijetle odjeće. Ipak, u odnosu na pješake koji su nosili reflektirajući prsluk, pješaci u svijetloj odjeći su također znatno slabije uočljivi u prikazanim uvjetima, iako su bolje uočljivi u odnosu na pješake u tamnoj odjeći. U vožnji u suprotnom smjeru pješak u tamnoj odjeći čak tri puta nije bio uočen, odnosno vozač nije skrenuo pogled na njega. Očekivano, pješaci u svim drugim kombinacijama odjeće bili su uočeni, s tim da su oni koji su nosili reflektirajući prsluk bili daleko vidljiviji od svih ostalih. Najuočljiviji pješak s narančastim prslukom bio je viđen na udaljenosti od 315 metara, a sa žutim prslukom na 298 metara. Prosječna udaljenost za pješake u svijetloj odjeći je 56, odnosno 44 metra, a raspon udaljenosti uočavanja pješaka u svijetloj odjeći je 25-100 metara.

Razlike u udaljenostima uočavanja pješaka u različitim konfiguracijama odjeće pokazale su se i statistički značajnima, osim razlika između pješaka u reflektirajućim prslucima

međusobno te u dvije kombinacije svijetle odjeće međusobno, što je i očekivani rezultat. Osim toga, dobiveni rezultati pokazuju kako će pri manjoj brzini vozač prije uočiti pješaka te će mu dulje trebati da dođe do njega, što znači da će imati više vremena za potencijalnu reakciju nego pri većoj brzini. Broj fiksacija i broj sakada oka raste s većom udaljenosti na kojoj je pješak uočen (što znači da je najveći kod promatranja pješaka s reflektirajućim prslukom), ali njihova prosječna trajanja nisu se pokazala ovisna o konfiguraciji odjeće pješaka. Također se pokazalo kako dob vozača nema utjecaj na uočavanje pješaka, već udaljenosti na kojim su oni uočavani ovise isključivo o njihovoj vidljivosti, odnosno u ovom slučaju o odjeći koju su nosili. Samim time zaključuje se kako je početna pretpostavka bila ispravna te je utjecaj reflektirajućih prsluka izuzetno velik na vidljivost pješaka, a svijetla odjeća također ima pozitivan utjecaj, što direktno utječe na samu sigurnost pješaka u prometu.

Na temelju rezultata u danim uvjetima može se zaključiti i o vidljivosti pješaka u drugim uvjetima. Na primjer, u istraživanju su sudjelovali ispitanici s dobrim vidom i bili su koncentrirani na vožnju jer su znali da ih se snima, ali u realnim uvjetima voze vozači s različitim smetanja u vidu ili su pod utjecajem nekih supstanci, ometaju ih drugi podražaji iz okoliša i sl., što bi vjerojatno negativno utjecalo na ishod rezultata. To je i jedan od prijedloga za daljnja istraživanja, uz utjecaj dugih svjetala, detaljniju analizu prema starosnim skupinama, utjecaj položaja pješaka u odnosu na vozilo itd. Važno je za napomenuti kako je ovo terensko ispitivanje imalo i edukativan karakter jer su gotovo svi ispitanici u razgovoru s ispitivačem dali do znanja kako su primijetili važnost istraživanja i razliku u uočljivosti pješaka.

Iako vidljivost pješaka nije jedini faktor koji utječe na pojavu naleta na pješaka, zasigurno je jedan od najvažnijih. Nošenje reflektirajućih prsluka tijekom pješačenja može znatno utjecati na povećanje vidljivosti pješaka, što znači da će ih vozači prije uočiti i prilagoditi vožnju novonastalim uvjetima.

Dok je napredak u infrastrukturi jedan od čimbenika koji može pozitivno utjecati na sigurnost svih sudionika u prometu te je dugoročno rješenje, u pravilu zahtijeva značajnija financijska sredstva i treba neko vrijeme dok se realizira, reflektirajući prsluci su jeftinije sredstvo koje može djelovati trenutno, a vrlo je učinkovito i može povećati sigurnost pješaka u prometu.

LITERATURA

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

[2] Khan, F. S., Cades, D. M., Krauss, D. A.: *Cyclists and Pedestrians vs. Cars: Cars Win! A Human Factors Perspective*, IDC Quarterly, svez. 22, br. 3.

[3] Babić, D.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Vizualne informacije u prometu,* Zagreb, 2016./2017.

[4] http://www.prudentialuniforms.com/blog/history-high-vis-clothing/ (pristupljeno: lipanj 2017.)

[5] *ANSI/ISEA 107-2010 Made Easy - A Quick Reference to High-Visibility Safety Apparel,* 3M

[6] *Popis hrvatskih normi za osobnu zaštitnu opremu (NN 110/09)*

[7] *HRN EN ISO 20471:2013 Upozoravajuća odjeća uočljiva s velike udaljenosti -- Metode ispitivanja i zahtjevi (ISO 20471:2013, ispravljena verzija 2013-06-01; EN ISO 20471:2013)*

[8] Allen, M. J., Hazlett, R. D., Tacker, H. L., Graham, B. V.: *Actual Pedestrian Visibility and the Pedestrian's Estimate of His Own Visibility*, Optometry Vision Science, pp. 44-49, 1970.

[9] Jenish, G. M.: *Investigating Pedestrian Impacts: An Engineering Perspective,* Jenish Engineering Limited, Oshawa, 2002.

[10] Wood, J. M., Tyrrell, R. A., Chaparro, A., Marzsalek, R. P., Carberry, T. P.: *Even Moderate Visual Impairments Degrade Drivers' Abiity to See Pedestrians at Night*, Investigative ophthalmology & visual science, svez. 53, br. 6, svibanj 2012.

[11] Tolea, B., Trusca, D., Antonya, C.: *Reasearch Regarding Night-Time Pedestrian Visibility,* Proceedings of the European Automotive Congress EAEC-ESFA 2015, Cham, 2016.

[12] *Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15).*

[13] *Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (NN 74/09),* Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture.

[14] *Traffic Act,* Tallinn: Riigikogu, 2011.

[15] *The Law on Road Trafffic Safety (№ 41/09, 53/10),* The Official Gazette of the Republic of Serbia.

[16] http://www.hak.hr/info/korisne-informacije/reflektirajuci-prsluk
(pristupljeno: lipanj 2017.)

[17] Zovak G., Šarić, Ž.: *Prometno tehničke ekspertize i sigurnost, nastavni materijal,* Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016.

[18] Čović M.: *Vještačenja u cestovnom prometu*, Informator, Zagreb, 1987.

[19] http://net.hr/danas/crna-kronika/u-nesreci-na-vukovarskoj-poginuo-muskarac/#4
(pristupljeno: srpanj 2017.)

[20] http://www.novilist.hr/Vijesti/Crna-kronika/Crna-noc-na-rijeckim-prometnicama-Na-Kukuljanovu-poginuo-pjesak?meta_refresh=true
(pristupljeno: srpanj 2017.)

[21] Vodinelić, V.: *Saobraćajna kriminalistika,* Savremena administracija, Beograd, 1986.

[22] *Annexes_PINFlash29_Pedestrian_and_Cyclist_Safety*

[23] Državni zavod za statistiku

[24] Ministarstvo unutarnjih poslova

[25] Holmqvist, K., Nystrom, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., van de Weijer, J.: *Eye Tracking A Comprehensvie Guide to Methods and Measures*, Oxford University Press, New York, 2011..

[26] Duchowski, A. T.: *Eye Tracking Methodology*, 3. ur., Springer, 2017..

[27] https://zdravlje.eu/2012/02/13/fiziologija-oka/#prettyphoto/0/
(pristupljeno: srpanj 2017.)

[28] Popelka, S., Brychtova, A., Brus, J., Voženílek, V.: *Advanced Map Optimalization Based on Eye-Tracking*, Cartography - A Tool for Spatial Analysis, InTech, 2012.

[29] http://www.pogledbeznaocala.com/
(pristupljeno: srpanj 2017.)

[30] Kaurić, I., *Sustav za detekciju usmjerenosti pogleda,* Fakultet elektrotenike i računarstva, Zagreb, 2013.

[31] Mohamed, A. O., Silva, M. P. D., Courboulay, V.: *A history of eye gaze tracking,* HAL, 2007.

[32] http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=17663
(pristupljeno: lipanj 2017.)

[33] Furman, J. M., Wuyts, F. L.: *Vestibular Laboratory Testing*, Aminoff's Electrodiagnosis in Clinical Neurology (Sixth Edition), 2012.

[34] Eggert, T.: *Eye Movement Recordings: Methods*, Neuro-Ophthamology, pp. 15-34, Basel, 2007.

[35] *Tobii Pro Glasses 2 Product Description,* Tobii AB, 2015.

[36] https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Features (pristupljeno: srpanj 2017.)

[37] *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01)*

POPIS SLIKA, TABLICA I GRAFIKONA

Popis slika

Slika 1. Vizualna percepcija 5
Slika 2. Tri razreda zaštitne odjeće s visokom vidljivošću prema ANSI/ISEA 107-2010: razred 1 (lijevo), razred 2 (sredina), razred 3 (desno) 8
Slika 3. Primjer odjeće visoke vidljivosti koja prekriva torzo (mjere u milimetrima) 9
Slika 4. Kategorizacija naleta na pješaka 17
Slika 5. Policijski očevid nesreće sa stradalim pješakom u Ulici grada Vukovara u Zagrebu 18
Slika 6. Poginuli pješak tijekom noći na Kukuljanovu u Rijeci 18
Slika 7. Dijelovi oka 33
Slika 8. Četiri Purkinje refleksije koje su rezultat ulaznog svjetla 34
Slika 9. Mišići oka 35
Slika 10. Pozicioniranje elektroda za horizontalno i vertikalno elektrookulografsko bilježenje pokreta oka 36
Slika 11. Primjer uređaja za praćenje limbusa oka 37
Slika 12. Primjer uređaja za praćenje limbusa oka 38
Slika 13. Primjer starijeg uređaja za praćenje pogleda koji je montiran na stol (lijevo operater; desno ispitanik) 39
Slika 14. Uređaj za praćenje pogleda baziran na video snimanju koji se nosi na glavi 39
Slika 15. Tobii naočale za praćenje pogleda s glavnim dijelovima 40
Slika 16. Tobii uređaj za snimanje i pohranjivanje snimljenih podataka 41
Slika 17. Ispitna dionica i raspored pješaka 42
Slika 18. Izgled Tobii Pro Lab sučelja 45

Popis tablica

Tablica 1. Minimalna propisana područja u m^2 9
Tablica 2. ISO oznake za države članice EU 20
Tablica 3. Poginuli pješaci, biciklisti i vozači motornih vozila na dva kotača za 2011.-2013. godinu 21
Tablica 4. Prosječan godišnji postotak promjene broja poginulih pješaka kroz period 2003.-2013. god. 23
Tablica 5. Osobe ozlijeđene u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika 27
Tablica 6. Osobe poginule u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika 28
Tablica 7. Osnovni podaci o ispitanicima 42
Tablica 8. Vremenski intervali i udaljenosti - vožnja u smjeru 47
Tablica 9. Vremenski intervali i udaljenosti - vožnja u suprotnom smjeru 49
Tablica 10. Izračun duljine zaustavnog puta 51
Tablica 11. T-test udaljenosti uočavanja pješaka u različitoj odjeći 52
Tablica 12. Korelacija između brzine i duljine vremenskih intervala uočavanja pješaka 52
Tablica 13. Broj fiksacija za različite kombinacije odjeće 53
Tablica 14. Broj sakada za različite kombinacije odjeće 53
Tablica 15. T-test broja fiksacija 53

Tablica 16. T-test broja sakada 54
Tablica 17. Podaci o trajanju fiksacija 55
Tablica 18. Podaci o trajanju sakada 55
Tablica 19. Matrica korelacija između udaljenosti uočavanja pješaka i broja fiksacija 55
Tablica 20. Matrica korelacija između dobi i vozačkog iskustva ispitanika i udaljenosti uočavanja pješaka 56

Popis grafikona

Grafikon 1. Udio poginulih korisnika ceste prema kategorijama za 2011.-2013.god. 22
Grafikon 2. Broj poginulih pješaka (2011.-2013.god.) na milijun stanovnika u 2013. god. ... 24
Grafikon 3. Postotni udio broja poginulih pješaka prema kategorijama ceste 2011.-2013. godine 24
Grafikon 4. Postotni udio poginulih pješaka za EU26 u razdoblju 2011.-2013. godine..... 25
Grafikon 5. Postotni udio poginulih pješaka ovisno o vrsti vozila koje je sudjelovalo u prometnoj nesreći za EU24 2011.-2013.god. 25
Grafikon 6. Registrirana cestovna motorna vozila - ukupno u RH 2005.-2015. god..... 26
Grafikon 7. Osobe ozlijeđene u prometnim nesrećama prema kategoriji 27
Grafikon 8. Osobe poginule u cestovnim prometnim nesrećama prema kategoriji sudionika 28
Grafikon 9. Udio broja stradalih pješaka i broja ostalih stradalih sudionika 29
Grafikon 10. Kretanje broja stradalih pješaka i broja stradalih ostalih sudionika 30
Grafikon 11. Poginule osobe prema vrsti nesreća u 2015. godini u RH 30
Grafikon 12. Poginuli pješaci na cestama u RH u 2015. i 2016. godini 31
Grafikon 13. Udio ispitanika prema dobnim skupinama 43
Grafikon 14. Udio ženskih ispitanika po dobnim skupinama 43
Grafikon 15. Udio muških ispitanika prema dobnim skupinama..... 44
Grafikon 16. Usporedba udaljenosti uočavanja pojedine skupine pješaka 48
Grafikon 17. Usporedba udaljenosti uočavanja pojedine skupine pješaka - suprotan smjer ... 50

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Analiza utjecaja reflektirajućih prsluka i svijetle odjeće na sigurnost pješaka** na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 11.9.2017.

Student/ica:

(potpis)