

Utjecaj tehničkih značajki vozila na nastanak prometnih nesreća

Marasović, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:776915>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Nikolina Marasović

**UTJECAJ TEHNIČKIH ZNAČAJKI VOZILA NA NASTANAK
PROMETNIH NESREĆA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet Prometnih Znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ TEHNIČKIH ZNAČAJKI VOZILA NA NASTANAK
PROMETNIH NESREĆA**

**INFLUENCE OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF
VEHICLES ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENTS**

Mentor: doc.dr.sc. Željko Šarić

Studentica: Nikolina Marasović

JMBAG: 0135245571

Zagreb, rujan 2022.

Zagreb, 28. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za prometno-tehnička vještačenja**
Predmet: **Prometno tehničke ekspertize i sigurnost**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6703

Pristupnik: **Nikolina Marasović (0135245571)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj tehničkih značajki vozila na nastanak prometnih nesreća**

Opis zadatka:

U Diplomskom radu potrebno je prikazati utjecaj tehničkih značajki vozila na nastanak prometnih nesreća. U tu svrhu potrebno je odrediti odnos prosječne starosti voznog parka u Hrvatskoj i starosti vozila u prometnim nesrećama. Definirati korelaciju između snage vozila te posljedica prometnih nesreća.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Željko Šarić

UTJECAJ TEHNIČKIH ZNAČAJKI VOZILA NA NASTANAK PROMETNIH NESREĆA

SAŽETAK

Vozila se kao bitan čimbenik sigurnosti cestovnog prometa svakim danom sve više usavršavaju kako bi njihov tehnički sustav funkcionirao pouzdano i sigurno u tijeku njihove eksploatacije. Tijekom radnog vijeka taj tehnički sustav gubi svoje prvobitne karakteristike i dolazi do određenih odstupanja od dopuštenih granica. U Hrvatskoj gotovo svako četvrto vozilo ne prođe tehnički pregled, a starost voznog parka prelazi 14 godina. Prema svim statističkim podacima glavni uzročnik prometnih nesreća je čovjek, dok je vozilo svojim tehničkim neispravnostima uzročnik nesreća u postotku od 0,2 %. Kada to usporedimo s podacima u Europskoj uniji, u kojoj je dokazano da je vozilo uzročnik prometnih nesreća u postotku 6-8 % i u obzir uzmemo činjenicu koliko vozila godišnje u Hrvatskoj ne zadovoljava uvjete tehničkog pregleda, moguće je pretpostaviti da je broj prometnih nesreća uzrokovanih vozilom veći. Podaci koji se analiziraju u ovom radu odnose se na korelaciju između posljedica prometnih nesreća i snage vozila, tehničke ispravnosti vozila te starosti vozila, a cilj rada je istražiti kakav utjecaj ove značajke vozila imaju na nastanak prometnih nesreća, posljedice prometnih nesreća i na sigurnost prometa u cjelosti.

KLJUČNE RIJEČI: prometna nesreća; posljedice nesreća; tehničke značajke; tehnička ispravnost; snaga vozila; starost vozila

INFLUENCE OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF VEHICLES ON THE OCCURRENCE OF TRAFFIC ACCIDENTS

SUMMARY

Vehicles, as an important factor in road traffic safety, are being improved more and more every day so that their technical system functions reliably and safely during their exploitation. During its working life, this technical system loses its original characteristics and there are certain deviations from the permitted limits. In Croatia, almost every fourth vehicle does not pass technical inspection, and the age of the fleet exceeds 14 years. According to all statistical data, the main cause of traffic accidents is the driver, while the vehicle, due to its

technical defects, is the cause of accidents in the percentage of 0,2 %. When we compare this with the data in the European Union, in which it is proven that the vehicle is the cause of traffic accidents in the percentage of 6-8 %, and taking into consideration that many vehicles annually in Croatia do not meet the conditions of technical inspection, it is possible to assume that the number of traffic accidents caused by the vehicle larger. This paper is analyzing the correlation between the consequences of traffic accidents and the power of the vehicle, the technical condition of the vehicle, and the age of the vehicle. The main goal is to see the influence of these vehicle characteristics on the occurrence of traffic accidents, the consequences of traffic accidents, and traffic safety as a whole.

KEYWORDS: traffic accident; consequences of accidents; technical characteristics; technical correctness; vehicle power; the vehicle age

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ANALIZA ZNAČAJKI VOZILA KOJA NAJČEŠĆE SUDJELUJU U PROMETNIM NESREĆAMA	3
2.1. MARKE I TIPOVI VOZILA KOJA SU NAJČEŠĆE SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA U HRVATSKOJ.....	5
2.2. STAROST VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA U HRVATSKOJ	7
2.3. TEHNIČKA ISPRAVNOST VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA U HRVATSKOJ.....	8
3. ODNOS PROSJEČNE STAROSTI VOZNOG PARKA U HRVATSKOJ I STAROSTI VOZILA U PROMETNIM NESREĆAMA.....	11
3.1. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I STAROSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2019. GODINE U HRVATSKOJ.....	15
3.2. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I STAROSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2020. GODINE U HRVATSKOJ.....	18
3.3. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I STAROSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2021. GODINE U HRVATSKOJ.....	21
4. KORELACIJA IZMEĐU TEHNIČKE ISPRAVNOSTI VOZILA I POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA.....	25
4.1. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I TEHNIČKE ISPRAVNOSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2019. GODINE	30
4.2. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I TEHNIČKE ISPRAVNOSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2020. GODINE	33
4.3. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I TEHNIČKE ISPRAVNOSTI VOZILA KOJA SU SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2021. GODINE	36
5. KORELACIJA IZMEĐU SNAGE VOZILA I POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA	39
5.1. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I SNAGE VOZILA KOJA SUSUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2019. GODINE	44
5.2. KORELACIJA IZMEĐU POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA I SNAGE VOZILA KOJA SUDJELOVALA U PROMETNIM NESREĆAMA 2020. GODINE.....	47

6. ZAKLJUČAK.....	51
LITERATURA	53
POPIS KRATICA	55
POPIS SLIKA.....	56
POPIS TABLICA.....	56
POPIS GRAFIKONA.....	57

1. UVOD

Sigurnost cestovnog prometa važan je faktor prometnog sustava u cjelini. Raznim akcijama, planovima, propisima, pravilima i zakonima nastoji se povećati sigurnost svih sudionika u prometu na maksimalnu moguću s ciljem što manje prometnih nesreća s najgorim mogućim ishodom. Vozilo kao jedan od čimbenika sigurnosti usavršava se iz dana u dan kako bi svojom konstrukcijom i karakteristikama funkcioniralo pouzdano i sigurno u tijeku svoje eksploatacije.

Cilj ovog rada je analizirati kako tehničke značajke vozila utječu na nastanak prometnih nesreća. Tehničke značajke koje su uzete u analizu su tehnička ispravnost vozila, snaga vozila i starost vozila. Sve provedene analize u radu napravljene su na temelju podataka dobivenih od strane Ministarstva unutarnjih poslova koji se odnose na prometne nesreće koje su se dogodile u Republici Hrvatskoj u protekle tri godine. Rad je podjeljen u šest poglavlja:

1. Uvod
2. Analiza značajki vozila koja najčešće sudjeluju u prometnim nesrećama
3. Odnos prosječne starosti voznog parka u Hrvatskoj i starosti vozila u prometnim nesrećama
4. Korelacija između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća
5. Korelacija između snage vozila i posljedica prometnih nesreća
6. Zaključak

U drugom poglavlju prikazane su značajke vozila koje najčešće sudjeluju u prometnim nesrećama: vrsta vozila koji sudjeluju u nesrećama, marka i tip vozila, starost vozila, tehnička ispravnost vozila, prosječna snaga vozila i ostalo. Osim toga, kako bi se prikazala cijela problematika sigurnosti cestovnog prometa prikazan je i udio prometnih nesreća po posljedicama za protekle tri godine.

Treće poglavlje prikazuje kakav je odnos između starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u odnosu na prosječnu starost voznog parka u Hrvatskoj, znajući da je prosječna starost voznog parka u Hrvatskoj visokih 14,34 godina. Provedena je analiza koja prikazuje ima li korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća koje su se dogodile u 2019., 2020. i 2021. godini. Analiza je provedena za svaku godinu posebno a bazirana je na korištenju statističkog programa R, uz pomoć kojega je napravljen Hi-kvadrat test i izračunat Cramerov V koeficijent koji opisuje jačinu korelacije.

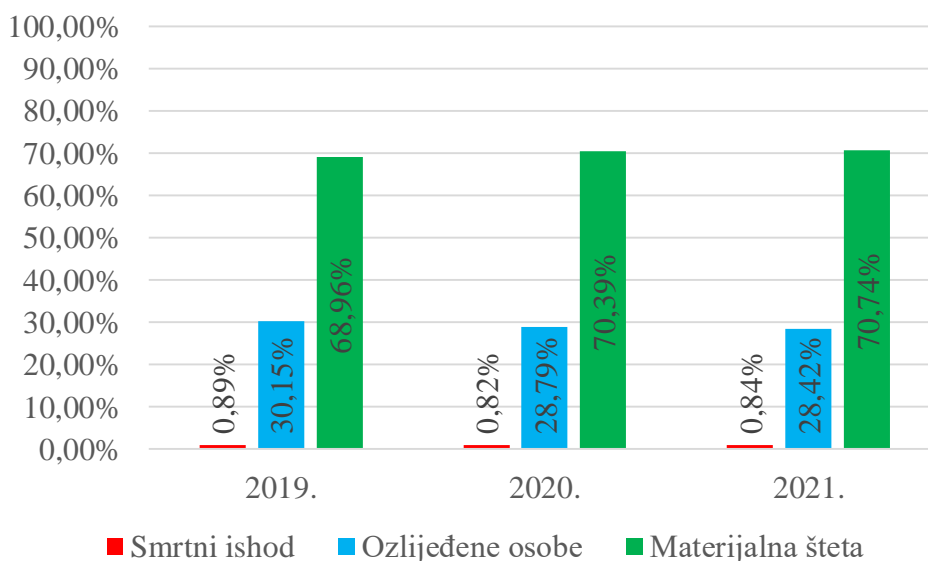
Četvrto poglavlje odnosi se na tehničku ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj. Poglavlje se bazira na statističkim podacima o tehničkoj neispravnosti kao uzročniku prometnih nesreća, zakonskoj obvezi o tehničkim pregledima koje se vlasnici vozila moraju pridržavati te prikazu postotka vozila koja su u prometnim nesrećama bila ispravna ili neispravna. Također, provedena je analiza unutar programa R koja pokazuje ima li korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća koje su se dogodile 2019., 2020. i 2021. godine.

Peto poglavlje odnosi se na utjecaj snage vozila na nastanak prometnih nesreća. Točnije, provedena je analiza kao u prethodna dva poglavlja koja ispituje ima li i kolika je korelacija između snage vozila i posljedica prometnih nesreća koje su se dogodile 2019. i 2020. godine. Osim navedene analize prikazan je i utjecaj većih brzina na stabilnost i dinamiku vozila, obzirom da se vozila veće snage često dovode u vezu s razvijanjem velikih brzina.

U posljednjem poglavlju donešen je završni osvrt autora na cjelokupan rad.

2. ANALIZA ZNAČAJKI VOZILA KOJA NAJČEŠĆE SUDJELUJU U PROMETNIM NESREĆAMA

Prije same analize značajki vozila koja najčešće sudjeluju u prometnim nesrećama važno je skrenuti pažnju na broj prometnih nesreća koji se dogodio u protekle tri godine. Na grafikonu 1 prikazane su, u postotcima, posljedice prometnih nesreća u protekle tri godine. Tako je 2019. godini od 31.231 prometnih nesreća koje su se dogodile 0,89 % završilo sa smrtnim ishodom, 30,15 % sa teže ili lakše ozlijeđenim osobama i 68,96 % sa materijalnom štetom. U 2020. godini od ukupnog broja od 26.100 prometnih nesreća njih 0,82 % završilo je sa smrtnim ishodom, 28,7 % prometnih nesreća završilo je sa teže ili lakše ozlijeđenim osobama, dok je 70,39 % nesreća bilo s materijalnom štetom. U 2021. godini od ukupnog broja od 31.251 prometnih nesreća 0,84 % završilo smrtnim ishodom, 28,24 % sa ozlijeđenim osobama i 70,74 % sa materijalnom štetom. [1]

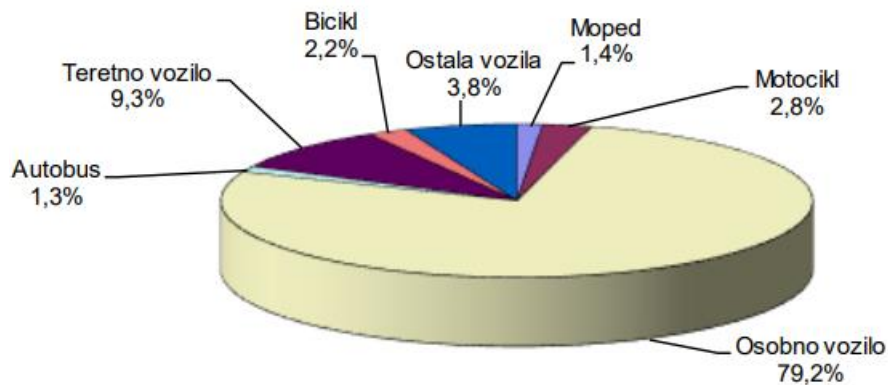


Grafikon 1: Posljedice prometnih nesreća u Hrvatskoj za 2019., 2020. i 2021. godinu

Izvor: [1]

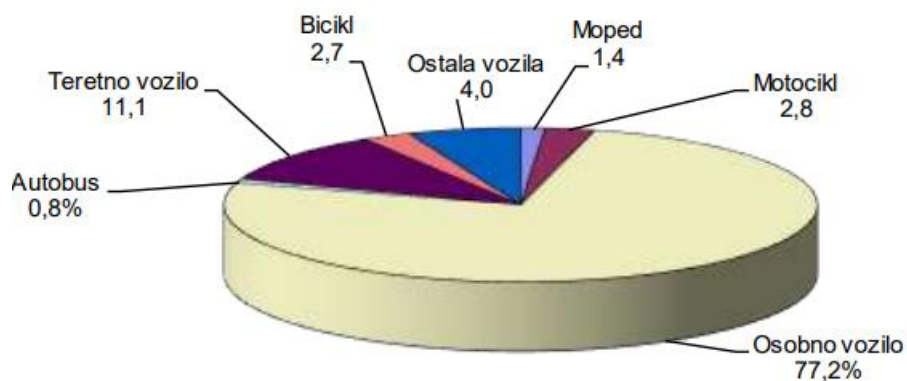
U navedenim prometnim nesrećama koje su se dogodile najčešća vrsta vozila koja je sudjelovala u prometnim nesrećama je kategorija osobnog vozila. Ova činjenica ne iznenađuje toliko obzirom da je osobno vozilo najzastupljeniji oblik vozila na prometnicama. Na slikama

1, 2 i 3 prikazane su vrste vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine.



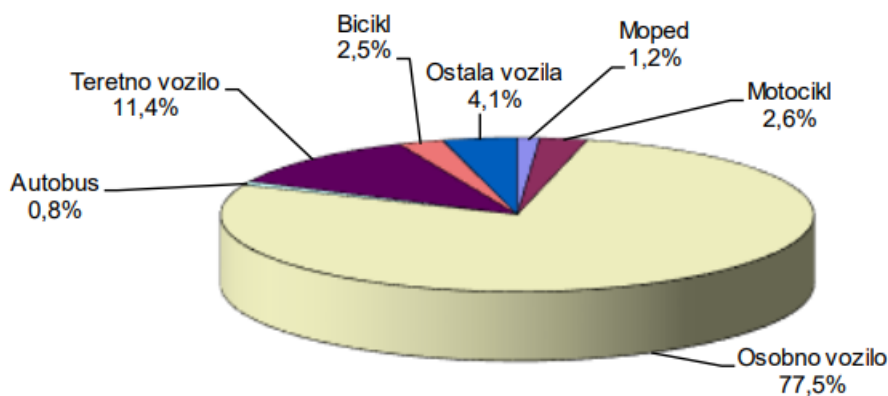
Slika 1: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine

Izvor: [2]



Slika 2: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine

Izvor: [2]



Slika 3: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine

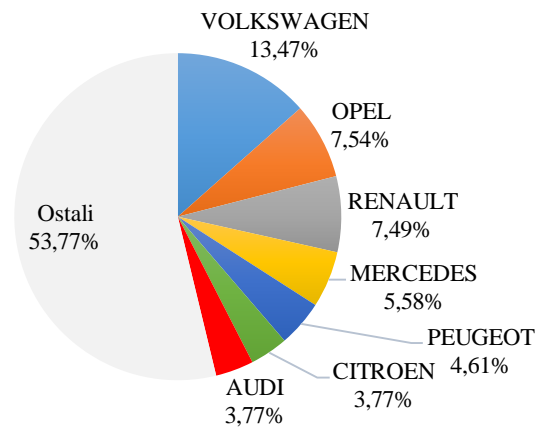
Izvor: [2]

Kako je prikazano na grafovima iznad u sve tri godine najveći postotak vozila koji je sudjelovao u nesrećama odnosi se na osobno vozilo, odmah iza njega slijede teretna vozila, zatim motocikli, bicikli i mopedi, autobusi te ostala vozila. Ako uzmemo u obzir poginule osobe prema vrsti vozila, 2019. godine u osobnim automobilima bilo je 62,7 % poginulih, na motociklima je poginulo 19,5 % a na biciklima 6,8 % od ukupno poginulih. U 2020. godini se bilježi porast poginulih u osobnim automobilima te on iznosi 64,8 %. Zabilježen je i porast smrtno stradalih na motociklima koji je u 2020. godini iznosio 22,1 %. Kada gledamo poginule osobe prema vrsti vozila u 2021. godini od ukupnog broja poginulih u osobnim automobilima poginulo je 53,7 %, na motociklima 22,7 % te je značajan porast smrtno stradalih na biciklu u postotku od 11,0 %. [2]

2.1. Marke i tipovi vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj

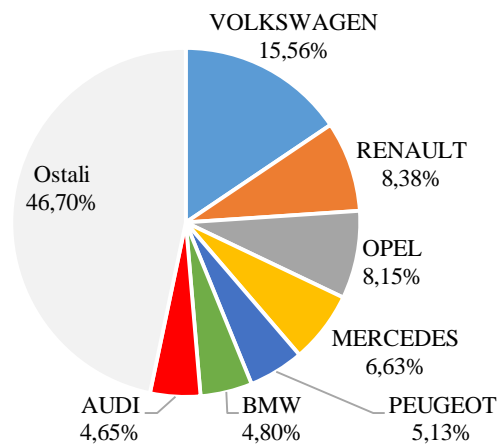
Marke vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama prikazane su na grafikonima 2, 3 i 4. Marka vozila koja je najzastupljenija u protekle tri godine je Volkswagen sa prosječnom zastupljenošću oko 14,8 % po godini. Ovaj podatak ne iznenađuje obzirom na veliku rasprostranjenost ove marke vozila na Hrvatskim prometnicama. Tipovi vozila koja su najčešće sudjelovala u nesrećama bili su redom svi tipovi Gofa, zatim Passat, Polo, Caddy, Transporter, Touran, Tiguan te ostali tipovi koji nisu značajno zastupljeni. Iduća marka koja je najzastupljenija u prometnim nesrećama je Renault s prosjekom oko 8 % u protekle tri godine.

Tipovi vozila ove marke koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama su redom Clio, Megane, Twingo, Master, Laguna, Kangoo, Scenic i ostali tipovi koji nisu značajno zastupljeni. Nakon Volkswagena i Renaulta iduća marka vozila koja najčešće sudjeluje u prometnim nesrećama je Opel s oko 7,8 % u prosjeku. Tipovi vozila ove marke koja najčešće sudjeluje u prometnim nesrećama su redom Astra, Corsa, Vectra, Insignia, Vivaro i ostali. Ostale marke koje su najzastupljenije u prometnim nesrećama su Mercedes s prosjekom oko 6,1 %, Peugeot u prosjeku od 5 %, BMW u prosjeku od 4,8 % i Audi s prosjekom od 4,8 %. Marke ostalih vozila nisu zastupljene u većem postotku te su svrstane u jednu grupu (pod ostalo). [1]



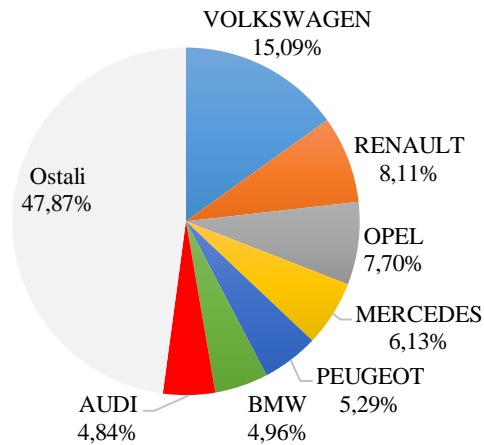
Grafikon 2: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine

Izvor: [1]



Grafikon 3: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine

Izvor: [1]



Grafikon 4: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine

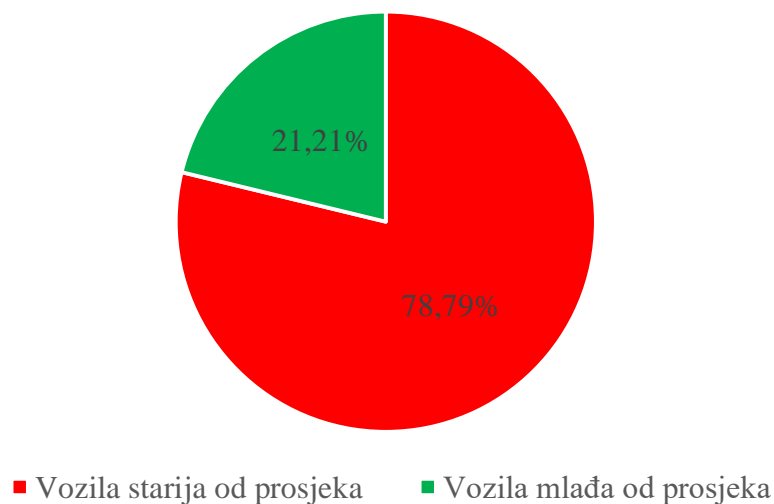
Izvor: [1]

U nastavku rada analizirat će se korelacija između snage vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama s posljedicama prometnih nesreća. Kako bi se provela daljnja analiza bitno je znati kolika je zapravo prosječna vrijednost snage marke i tipova vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama. Uvidom u podatke, dobivene su vrijednosti prosječne snage vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. i 2020. godine. Na žalost, podaci o snazi vozila koja su sudjelovala u nesrećama 2021. godine nisu dostupni te se analiza za ovu godinu kasnije neće provoditi. Prema dobivenim podacima prosječna snaga svih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2019. godini iznosi 65,57 kW, dok se prosječna snaga vozila koja su sudjelovala u 2020. povećala na 70,40 kW. [1]

2.2. Starost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj

Znajući koja vrsta, marka i tip vozila je bila najzastupljenija u prometnim nesrećama nastalim u protekle tri godine te njihovu snagu sljedeći vrlo zanimljiv podatak koji se može uzeti iz podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova je starost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama. Na temelju ovih podataka kasnije u radu provest će se analiza korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća. Starost vozila dovodi se direktno u vezu s prometnim nesrećama obzirom da tijekom radnog vijeka tehničke značajke vozila odstupaju od granica dozvoljenih te se povećava mogućnost nastanka nesreće.

Na grafikonu 5 prikazan je postotak starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama. Trenutna starost voznog parka u Hrvatskoj iznosi 14,34 godine, a sukladno grafikonu 5 gotovo 79 % vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine bilo je starije od prosjeka voznog parka. S druge strane, udio vozila koja su bila mlađa od prosječnog voznog parka u Hrvatskoj iznosi 21,21 %. Drugim riječima, kada se u obzir uzmu godine svih vozila i podjele sa brojem vozila, za 2019. godinu dobiveno je da svako vozilo koje je sudjelovalo u nesrećama u prosjeku bilo 2007. godište. U 2020. godini svako vozilo, u prosjeku, koje je sudjelovalo u prometnim nesrećama bilo je 2008. godište, a ako u obzir uzmemo samo osobna vozila prosječno godište također je 2007. godište. U 2021. godini zabilježen je blagi porast starosti te je u prosjeku godište svakog vozila koje je sudjelovalo u nesrećama bilo 2009. godište, odnosno 2008. godište uzmu li se u obzir samo osobna vozila.



Grafikon 5: Starost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine u Hrvatskoj

Izvor: [1]

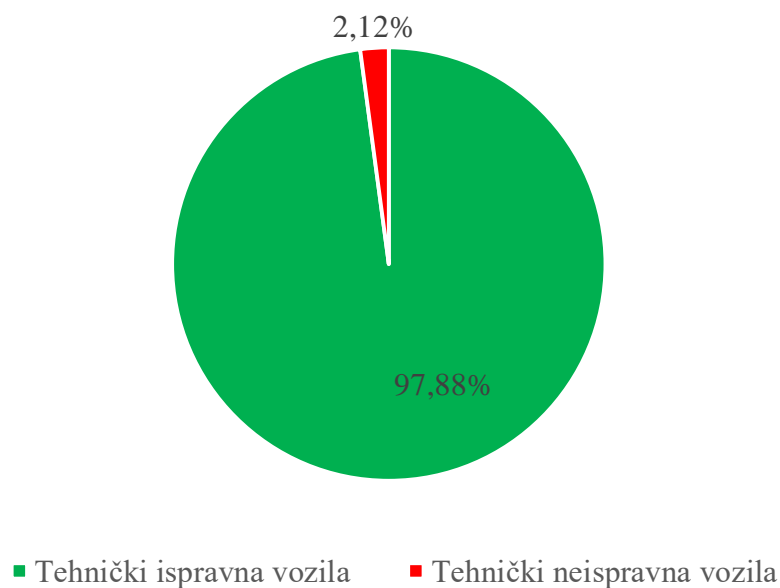
Znajući ove podatke moguće je napraviti korelaciju između starosti i posljedica prometnih nesreća. Ova analiza napravljena je u nastavku rada te su u nastavku prikazani i rezultati navedene analize.

2.3. Tehnička ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj

Obavljanje tehničkog pregleda vozila zakonska je obveza svakog vlasnika vozila, isto kao i održavanje vozila. Unatoč ovome u Hrvatskoj godišnje na tehničkim pregledima padne

gotovo svako četvrto vozilo. Najveći postotak neispravnosti vozila otpada na kočioni sustav, svjetlosno-signalnu opremu i sustav ovjesa, što za posljedicu ima negativan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa u Hrvatskoj. [3]

Prema podacima dobivenim od Ministarstva unutarnjih poslova na grafikonu 6 prikazana je tehnička ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine. Navedeni postotci odnose se na vozila koja su u trenutku prometne nesreće imala važeći tehnički ili bila tehnički ispravna i na vozila koja nisu imali važeći tehnički ili bila tehnički neispravna. Sukladno grafikonu 6 postotak vozila koja nisu bila tehnički ispravna iznosi 2,12 %, dok je tehnički ispravnih vozila bilo u postotku od 97,88 %. [1]



Grafikon 6: Tehnička ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Na temelju prikazanih podataka u nastavku rada provest će se analiza između korelacije tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća. Valja napomenuti da se postotci u grafikonu 6 odnose samo na vozila kojima je poznato jesu li imali važeći tehnički ili ne, odnosno na ona vozila kojim je pri unosu Upitnika o prometnoj nesreći na očevidu ovaj podatak zabilježen. Isti slučaj je i za ostale podatke u ovom poglavlju, odnosno za marke i tipove vozila, snagu vozila i starost vozila. Među dobivenim podacima od strane Ministarstva unutarnjih poslova nalazi se veliki postotak vozila kojima neki od ovih podataka nisu poznati. Stoga, daljnja analiza provedena je samo na poznatim uzorcima. Kako bi se u budućnosti mogle dobiti

točnije analize i statički podaci treba apelirati na ovaj nedostatak i provesti neke akcije kojima će se više provjeravati podaci koji se zabilježe na terenu. To je bitna stavka jer se na temelju podataka prikupljenih na terenu donose daljnji koraci u povećanju sigurnosti prometa i svih njegovih sudionika.

3. ODNOS PROSJEČNE STAROSTI VOZNOG PARKA U HRVATSKOJ I STAROSTI VOZILA U PROMETNIM NESREĆAMA

Vozilo kao jedan od čimbenika sigurnosti cestovnog prometa ima velik utjecaj na samu sigurnost cestovnog prometa. Vozilo na sigurnost cestovnog prometa ima utjecaj svojim konstrukcijskim i eksploatacijskim značajkama, odnosno svojim pasivnim i aktivnim čimbenicima. Smanjenje utjecaja vozila na sigurnost cestovnog prometa i smanjenje broja prometnih nesreća i njihovih posljedica moguće je postići donošenjem pravila i propisa koje vozilo mora zadovoljavati u vidu konstrukcije, uređaja i dodatne opreme.

Samim time potrebno je razvijati i implementirati sustave koji vozilima omogućuju sigurniju i jednostavniju vožnju. Svjedoci smo da se takvi sustavi iz dana u dan razvijaju i implementiraju u novija vozila. Sigurnosni sustavi u vozilu omogućuju prevenciju prometnih nesreća i smanjenje njihovih posljedica. Neki od tih sustava su: ABS sustav sprječavanja blokiranja kotača, ASR sustav sprječavanja proklizavanja kotača, LDWS sustav za upozoravanje na napuštanje prometne trake, DMS sustav praćenja vozača, NVS sustav noćnog vida, ESC elektronička kontrola stabilnosti i ostali.

Temeljem navedenih sustava može se zaključiti kako se osim ulaganjem u sigurnosne sustave treba uložiti u implementaciju ovakvih sustava u vozila. Točnije, slijedom navedenih informacija treba ulagati u novija vozila koja ovakve sustave podržavaju. Pretpostavka je da starija vozila koja prometuju prometnicama diljem svijeta imaju veću vjerojatnost od nastanka ozbiljnijih posljedica prometnih nesreća od vozila koja su novija i imaju ugrađene sigurnosne sustave. Uzročno-posljedičnu vezu između nastanka prometnih nesreća kao i posljedica istih sa gledišta starosti voznog parka teško je dokazati u točnom mjerilu, uzimajući u obzir da kod nastanka prometne nesreće ne postoji uvijek samo jedan čimbenik.

Vozni park u Republici Hrvatskoj je iz godine u godinu sve stariji. Negativan trend starosti voznog parka vidljiv je već godinama. Prema statistikama Centra za vozila Hrvatske prosječna starost vozila 2008. godine bila je ispod 10 godina. Nakon osam godina, točnije, 2014. starost voznog parka bila je 12,14 godina. Prije dvije godine starost se povećala na 14,18 godina, a trend povećanja starosti zabilježen je i prošle godine u kojoj prosječna starost voznog parka u Republici Hrvatskoj iznosila 14,34 godine. [3]

Na slici 4 prikazana je tablica pregleda starosti prema vrstama vozila registriranih u 2021. godini. Iz navedene tablice vidljiv je postotak od 67,73 % vozila koja su starija od 10 i više godina. Najveći broj registriranih vozila je u kategoriji M1 (osobna vozila) čija je prosječna starost iz 2020. godine od 12,98 godina porasla na starost od 13,04 godine.

Vrsta vozila	Ukupno vozila	10 i više godina		6 - 9 godina		2 - 5 godina		1 godina		Prosječna starost vozila u godinama
		komada	% udio	komada	% udio	komada	% udio	komada	% udio	
L1	68.707	53.178	77,40	6.741	9,81	6.954	10,12	1.834	2,67	15,24
L2	201	38	18,91	5	2,49	50	24,88	108	53,73	4,83
L3	78.920	54.275	68,77	8.420	10,67	11.762	14,90	4.463	5,66	13,34
L4	69	69	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	54,74
L5	295	158	53,56	44	14,92	57	19,32	36	12,20	13,80
L6	320	204	63,75	40	12,50	51	15,94	25	7,81	10,12
L7	1.963	862	43,91	476	24,25	532	27,10	93	4,74	8,69
M1	1.794.352	1.208.102	67,33	269.433	15,02	245.353	13,67	71.464	3,98	13,04
M2	672	458	68,15	124	18,45	82	12,20	8	1,19	12,12
M3	4.464	2.886	64,65	578	12,95	792	17,74	208	4,66	11,64
N1	162.644	85.970	52,86	30.775	18,92	34.615	21,28	11.284	6,94	11,00
N2	16.143	13.569	84,06	1.182	7,32	1.054	6,53	338	2,09	18,56
N3	34.929	20.356	58,28	6.755	19,34	6.289	18,01	1.529	4,38	12,34
O1	87.472	55.781	63,77	7.935	9,07	15.064	17,22	8.692	9,94	18,27
O2	12.200	8.199	67,20	1.016	8,33	2.025	16,60	960	7,87	19,39
O3	12.814	10.764	84,00	377	2,94	940	7,34	733	5,72	30,91
O4	27.461	14.644	53,33	4.271	15,55	5.951	21,67	2.595	9,45	12,95
T	133.564	121.279	90,80	2.221	1,66	5.879	4,40	4.185	3,13	31,82
UKUPNO	2.437.190	1.650.792	67,73	340.393	13,97	337.450	13,85	108.555	4,45	14,34

Slika 4: Pregled starosti prema vrstama vozila registriranih u 2021. godini

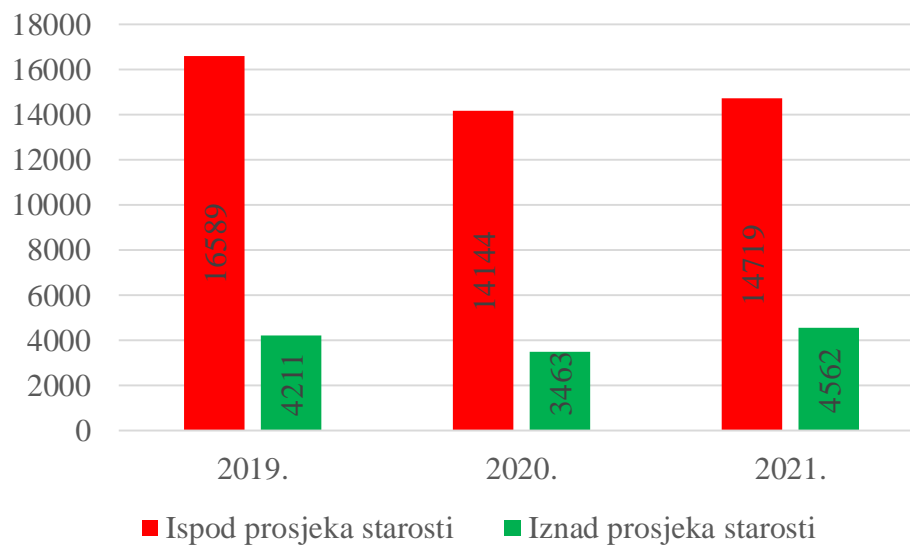
Izvor: [3]

Ukoliko se negativan trend povećanja starosti voznog parka nastavi to se neće nimalo pozitivno odraziti na samu sigurnost prometa. Prema podacima o prometnim nesrećama Ministarstva unutarnjih poslova i Biltenu o sigurnosti cestovnog prometa u protekle tri godine veliki je udio vozila koja su starija od prosječne starosti voznog parka sudjelovao u prometnim nesrećama.

Na grafikonu 7 prikazanom ispod, nalazi se broj vozila koja su bila starija od prosjeka kao i broj vozila koja su bila iznad prosjeka starosti voznog parka u Hrvatskoj. U grafikonu je prikazan samo broj vozila iz kategorije M1 (osobna vozila) iz razloga što je analiza cijelog diplomskog rada temeljena na analizi samo osobnih vozila. Tako na temelju navedenih i prikazanih podataka u grafikonu 7 dolazimo do idućih postotaka [1]:

- 2019. godine postotak osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i bila starija od prosjeka starosti voznog parka u Republici Hrvatskoj iznosi 79,75 %, a onih koja su mlađa od prosjeka 20,25 %.

- 2020. godine postotak osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i bila starija od prosjeka starosti voznog parka u Republici Hrvatskoj iznosi 80,33 %, a onih koja su mlađa od prosjeka 19,67 %.
- 2021. godine postotak osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i bila starija od prosjeka starosti voznog parka u Republici Hrvatskoj iznosi 76,34 %, a onih koja su mlađa od prosjeka 23,66 %.



Grafikon 7: Prikaz broja vozila koji je sudjelovao u prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine u odnosu na starost voznog parka u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Obzirom da je postotak vozila koja su starija od prosjeka voznog parka u Republici Hrvatskoj velik, sljedeće pitanje koje se postavlja je: *Kakav utjecaj starost vozila ima na posljedice prometnih nesreća koje su se dogodile u protekle tri godine?* Djelomičan odgovor na ovo pitanje moguće je dobiti statističkom analizom na temelju dobivenih podataka o prometnim nesrećama, njihovim posljedicama i vozilima koja su sudjelovala u svim prometnim nesrećama. Točnije, provesti će se analiza korelacije ili povezanosti između dvije varijable i prikazati vjerojatnost povezanosti.

U ovom slučaju dvije varijable između kojih se traži povezanost su starost vozila i posljedice prometnih nesreća. Analiza koja je provedena u nastavku poglavlja temelji se na Hi-kvadrat testu uz pomoć kojega je proveden Cramerov V koeficijent obzirom da su poznate varijable kvalitativne odnosno kategorijske. Spomenute kvalitativne (kategorijske) varijable

predstavljaju moguća stanja ili kategorije koje varijabla može poprimiti. U primjeru korelacije starosti vozila i posljedica prometnih nesreća, varijable koje vozilo može poprimiti su: vozilo koje je starije od prosjeka i vozilo koje je mlađe od prosjeka voznog parka. Te varijable vozila mogu poprimiti tri moguća stanja posljedica prometnih nesreća, a to su: posljedica sa smrtnim ishodom, posljedica sa ozlijeđenim osobama i posljedica sa materijalnom štetom. Na temelju ovih varijabli provest će se Hi-kvadrat test koji je vrlo praktičan test i može osobito poslužiti pri utvrđivanju imaju li neke dobivene (opažene) frekvencije odstupanja od frekvencija koje se očekuju pod određenom hipotezom. [4]

Sukladno Hi-kvadratu proveden je Cramerov V koeficijent. Cramerov V koeficijent je mjera statističke jačine izvedena iz Hi-kvadrat testa. Prema [5] Cramerov V koeficijent opisuje jačinu veze između dvije kvalitativne varijable, a poprima vrijednost u intervalu [0,1]:

- $V \in [0, 0.1]$ – nema povezanosti,
- $V \in <0.1, 0.3]$ – slaba povezanost,
- $V \in <0.3, 0.5]$ – srednja razina povezanosti,
- $V \in <0.5, 1]$ – jaka povezanost.

Dakle, da bi se mogao provesti Cramerov V koeficijent potrebno je provesti Hi-kvadrat test. Ako se Hi-kvadrat testom utvrdi da je razlika između uzoraka statistički značajna onda je i Cramerov V koeficijent statistički značajan. Prema [5] Cramerov V koeficijent izračunava se formulom:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q-1)}} \quad (1)$$

u kojoj χ^2 predstavlja izračunatu vrijednost Hi-kvadrat testa, n predstavlja broj opaženih frekvencija i q predstavlja broj kategorija varijable s manjim brojem kategorija.

Analiza je napravljena uz pomoć statističkog programa R. R je programski jezik i okruženje za statističke izračune i vizualizaciju. Ima mogućnost rada na velikim i kompleksnim objektima te izuzetnu mogućnost izmjene podataka s drugim programima kao što su datoteke formata MS Excel i ostale. Podaci Ministarstva unutarnjih poslova o prometnim nesrećama pohranjeni su u bazama MS Excel što je omogućilo neometano korištenje u ovom programskom jeziku. [4]

Ispitivanje korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama napravljeno je za protekle tri godine na temelju podataka

dobivenih od strane Ministarstva unutarnjih poslova. U podacima su prikazane sve prometne nesreće koje su se dogodile 2019., 2020. i 2021. godine. Analiza je provedena samo na osobnim vozilima, obzirom na njihov veliki udio u prometnim nesrećama. Također, uzorci koji su korišteni u svakoj godini ne predstavljaju točan broj osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama nego samo broj vozila kojima je starost bila poznata, odnosno evidentirana popunjavanjem Upitnika o prometnim nesrećama provedenim na samom očevidu prometne nesreće.

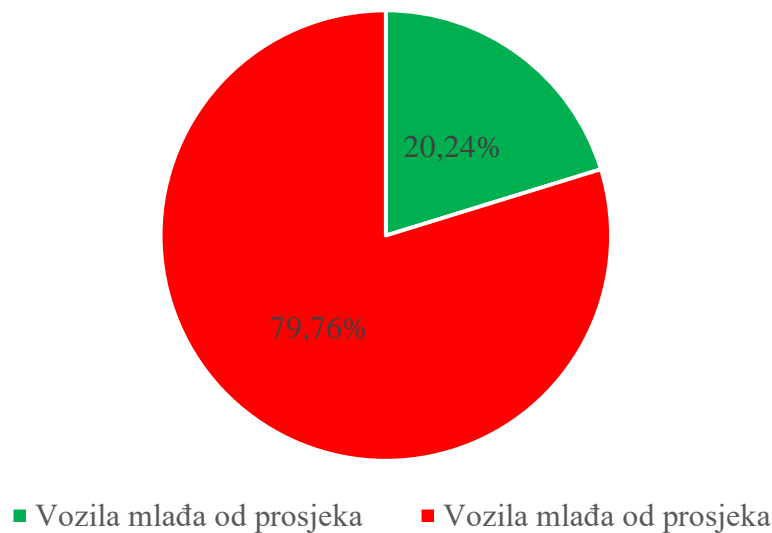
3.1. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine u Hrvatskoj

Nakon svakog obavljenog očevida prometne nesreće policijski službenik popunjava obrazac Upitnik o prometnoj nesreći. Svi podaci pohranjuju se u bazu Ministarstva unutarnjih poslova koji su dani na uvid u svrhu pisanja ovog diplomskog rada. Podaci dobiveni od Ministarstva unutarnjih poslova podijeljeni su u dvije baze. Unutar jedne baze nalaze se podaci o prometnim nesrećama koji sadrže sljedeće: datum, vrijeme i lokaciju prometne nesreće, broj ceste, dionicu i stacionažu na kojoj se nesreća dogodila, koordinate mjesta prometne nesreće, posljedice prometnih nesreća, broj osoba i vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama, karakteristike ceste, kolnika i kolničke podloge i ostalo. U drugoj bazi nalaze se svi detalji o vozilima koja su sudjelovala u prometnim nesrećama. Podaci sadrže: registarsko područje, vrstu vozila, smjer kretanja vozila, marku model i tip vozila, godinu proizvodnje vozila, tehničku ispravnost vozila, snagu vozila i ostalo.

Podaci unutar ove dvije baze povezani su jedinstvenim ključem prometne nesreće. Kako bi se došlo do podataka koji su potrebni za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometne nesreće putem tog jedinstvenog ključa prometne nesreće, unutar dvije baze i uz pomoć programa R, prebrojana su sva vozila kojima je bila poznata njihova starost i posljedice.

Analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2019. godini provedena je na način da su se vozila podijelila u dvije skupine. Prva skupina vozila odnosi se na vozila koja su svojom starosti starija od prosječne starosti vozila u Republici Hrvatskoj, točnije vozila koja su starija od 14,34 godine. Druga skupina vozila odnosila se na vozila koja su svojom starosti mlađa od ukupnog prosjeka starosti od 14,34 godine.

Obzirom na navedenu podjelu, grafikon 8 pokazuje kako je od ukupnog uzorka od 20.800 osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i kojima je starost poznata gotovo 80 % bilo starije od prosječne starosti voznog parka. S druge strane, postotak vozila koja su mlađa od prosječne starosti voznog parka iznosi 20,24 %.



Grafikon 8: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2019. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Nakon podjele vozila u skupine, u odnosu na starost, da bi se mogla provesti analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila u prometnim nesrećama bilo je potrebno dodijeliti frekvencije kategoriji starijih i mlađih vozila. To znači da je napravljena kontingencijska tablica u kojoj se nalazi broj posljedica za svako vozilo koje je bilo starije ili mlađe od prosjeka.

U kontingencijskoj tablici je određenom skupu mogućih događaja (u ovom slučaju vozila starija i vozila mlađa od prosjeka) dodijeljena frekvencija pojavljivanja ili opažene frekvencije za svaku posljedicu (posljedice sa smrtnim ishodom, posljedice sa ozlijeđenim osobama i posljedice sa materijalnom štetom). Naposljetku uz pomoć statističkog programa R kontingencijska tablica za analizu odnosa između starosti vozila i posljedica prometne nesreće prikazana je u tablici 1 ispod.

Na temelju tablice 1 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 142 vozila koja su bila starija od prosjeka voznog parka i 81 vozilo koje je bilo mlađe od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo 5.383 vozila koja su starija od prosjeka i 3.743 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo je 11.064 vozila koja su starija od prosjeka i 387 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka.

Tablica 1: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godine

Posljedica prometne nesreće	Vozila starija od prosjeka	Vozila mlađa od prosjeka
Sa smrtnim ishodom	142	81
Sa ozljeđenim osobama	5383	3743
Sa materijalnom štetom	11064	387

Izvor: [1]

Kao nulta hipoteza uzeta je pretpostavka da između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća nema nikakve povezanosti, odnosno da su nezavisne. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa doći će se do zaključka da li hipotezu treba odbaciti ili ne. Točnije, princip interpretacije rezultata Hi-kvadrat testa je sljedeći: ukoliko nema nikakve razlike između opaženih i očekivanih rezultata vrijednost χ^2 iznosi nula. Ako su razlike između opaženih i očekivanih frekvencija veće, to je veća i vrijednost χ^2 . Prema navedenom, što je vrijednost Hi-kvadrat testa manja to je vjerojatnije da treba prihvatiti navedenu hipotezu (u ovom slučaju da nema nikakve povezanosti između starosti i posljedica prometne nesreće). S druge strane, što je vrijednost veća, hipotezu treba odbaciti iz razloga što se opaženi rezultati znatno razlikuju od onih koja bi se pod određenom hipotezom očekivala. [5]

Osim same vrijednosti Hi-kvadrat testa dobit će se i vrijednost p koja predstavlja razinu marginalne važnosti unutar testa statističke hipoteze, odnosno vjerojatnost pojave danog

događaja. Ako je njena vrijednost manja od 0,05 nulta hipoteza se odbacuje, a ako je njena vrijednost veća od 0,05 nulta hipoteza se prihvaća.

Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i kontingencijske tablice (tablica 1), u statističkom programu R, uz pisanje posebnog koda za provođenje Hi-kvadrat testa dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 4491.1$,
- $p = 2.2 \times 10^{-16}$.

Na temelju provedenog Hi-kvadrat testa i dobivenih rezultata dolazi se do zaključka da nultu hipotezu o nezavisnosti starosti vozila i posljedica prometnih nesreća treba odbaciti te da oni nisu nezavisni. Kako bi se utvrdilo kolika je korelacija između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent.

Cramerov V koeficijent također je napravljen uz pomoć statističkog programa R kako bi se odredila što točnija povezanost između navedenih podataka. Kao što je spomenuto ranije, Cramerov V koeficijent opisuje jačinu veze između dvije kvalitativne varijable, a poprima vrijednost u intervalu [0,1]. Dobivena vrijednost u programu R za Cramerov V koeficijent iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.4646698$$

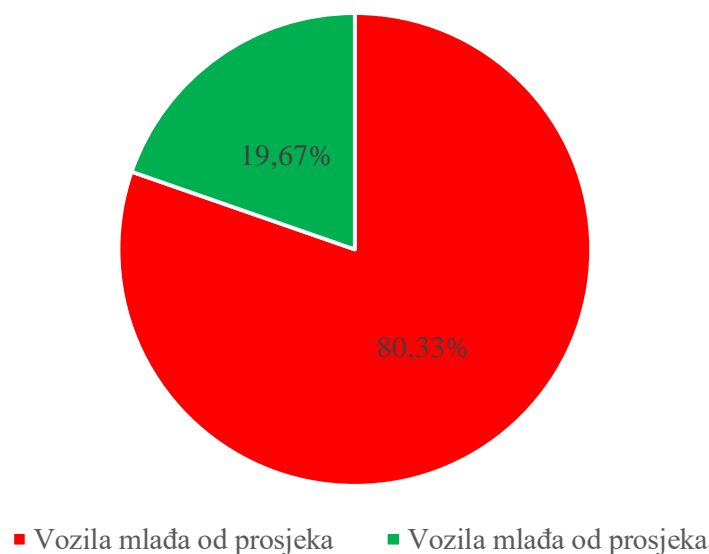
Na temelju dobivene vrijednosti Cramerovog V koeficijenta dolazi se do zaključka da ima korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća. Cramerov V koeficijent nalazi se u intervalu $V \in <0.3, 0.5]$ sukladno kojem ima korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2019. godine te je njihova korelacija srednje povezana.

3.2. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine u Hrvatskoj

Podaci o prometnim nesrećama za 2020. godinu također su pohranjeni u dvije baze kao za prethodnu godinu. Da bi se došlo do podataka koji su potrebni za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometne nesreće putem jedinstvenog ključa prometne nesreće, unutar dvije baze i uz pomoć programa R, prebrojana su sva vozila kojima je bila poznata njihova starost i posljedice.

U analizi korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine vozila su također podjeljena u dvije skupine: vozila koja su starija od prosjeka i vozila koja su mlađa od prosjeka voznog parka u Hrvatskoj.

Sukladno navedenoj podjeli, grafikon 9 prikazuje kako je od ukupnog uzorka od 17.607 vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i kojima je poznata starost 80,33 % bilo starije od prosjeka starosti voznog parka u Hrvatskoj. S druge strane 19,67 % vozila bilo je mlađe od prosjeka starosti voznog parka u Hrvatskoj.



Grafikon 9: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2020. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Kako bi se dobila kontingencijska tablica potrebno je kategorijama vozila dodjeliti frekvencije, točnije posljedice prometnih nesreća. U kontingencijskoj tablici mogućem skupu događaja, odnosno starijim i mlađim vozilima od prosječne starosti voznog parka dodjeljeni su mogući ishodi ili posljedice prometnih nesreća. Kontingencijska tablica kreirana je uz pomoć

programa R unutar kojeg je uz pomoć definiranog koda prebrojen broj vozila koja imaju smrtni ishod, ozlijeđene osobe ili materijalnu štetu. Dobiveni rezultati za kontingencijsku tablicu prikazani su u tablici 2.

Tablica 2: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine

Posljedica prometne nesreće	Vozila starija od prosjeka	Vozila mlađa od prosjeka
Sa smrtnim ishodom	111	66
Sa ozlijeđenim osobama	4088	3037
Sa materijalnom štetom	9945	360

Izvor: [1]

Na temelju tablice 2 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 111 vozila koja su bila starija od prosjeka voznog parka i 66 vozila koja su bila mlađa od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo 4.088 vozila koja su starija od prosjeka i 3.037 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo je 9.945 vozila koja su starija od prosjeka i 360 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka.

Kao nulta hipoteza za analizu korelacije između posljedica nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine uzeta je ista pretpostavka kao za 2019. godinu. To znači da je i u ovom slučaju pretpostavka da su posljedice prometnih nesreća i starost vozila nezavisni. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa doći će se do zaključka treba li ovu hipotezu prihvatiti ili odbaciti.

Pisanjem koda u programu R koji provodi Hi-kvadrat test, proveden je test za kontingencijsku tablicu 2. Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i navedene kontingencijske tablice, u statističkom programu R dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 4117.6$,
- $p = 2.2 \times 10^{-16}$.

Na temelju dobivenih rezultata i vrijednosti Hi-kvadrat testa može se zaključiti da se opaženi rezultati znatno razlikuju od onih koji su se hipotezom pretkostavili. Točnije, na temelju χ^2 vrijednosti i obzirom da je vrijednost p manja od 0.05 odbacuje se hipoteza da su posljedice prometnih nesreća i starost vozila nezavisne.

Kako bi se utvrdilo kolika je korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2020. godini na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je Cramerov V koeficijent uz pomoć napisanog koda u programu R. Dobivena jačina veze između ove dvije varijable iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.483594$$

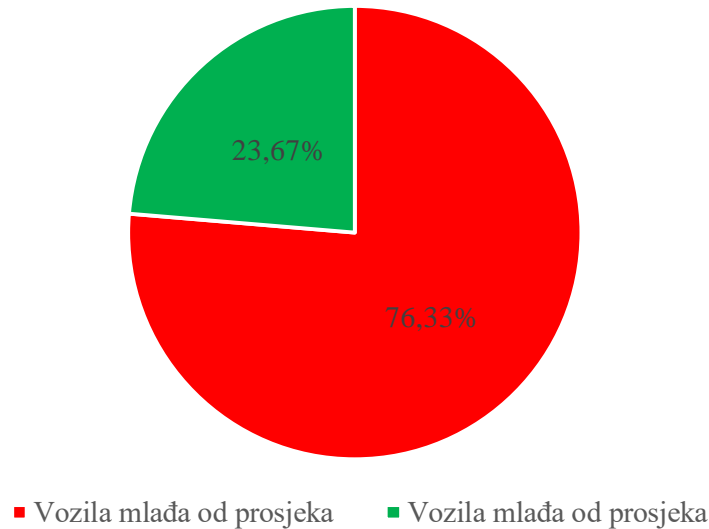
Temeljem dobivene vrijednosti Cramerovog V testa dolazi se do zaključka da ima korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2020. godine nalazi se u intervalu $V \in <0.3, 0.5]$ koji govori da je razina povezanosti ili korelacije srednja.

3.3. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine u Hrvatskoj

Na isti princip kao za prethodne dvije godine, uz pomoć jedinstvenog ključa prometne nesreće, iz podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova prebrojeno je koliki je uzorak vozila kojima su poznate posljedice prometnih nesreća i njihova starost. Analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine provedena je na isti način kao za prethodne dvije godine. Vozila su podijeljena u dvije skupine: vozila koja su starija od prosjeka i vozila koja su mlađa od prosjeka voznog parka u Hrvatskoj.

Prema navedenoj podjeli, grafikon 10 prikazuje kako je od ukupnog uzorka od 19.281 vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i kojima je poznata starost 76,33 % bilo

starije od prosjeka starosti voznog parka u Hrvatskoj. S druge strane 23,67 % vozila bilo je mlađe od prosjeka starosti voznog parka u Hrvatskoj.



Grafikon 10: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2021. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Kako bi se dobila kontingencijska tablica potrebno je kategorijama vozila dodijeliti frekvencije, točnije posljedice prometnih nesreća. U kontingencijskoj tablici mogućem skupu događaja, odnosno starijim i mlađim vozilima od prosječne starosti voznog parka dodijeljeni su mogući ishodi ili posljedice prometnih nesreća koje su se dogodile u 2021. godini. Kontingencijska tablica kreirana je uz pomoć programa R, unutar kojeg je uz pomoć definiranog koda prebrojen broj vozila koja imaju smrtni ishod, ozlijeđene osobe ili materijalnu štetu. Dobiveni rezultati za kontingencijsku tablicu prikazani su u tablici 3.

Tablica 3: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2021. godine

Posljedica prometne nesreće	Vozila starija od prosjeka	Vozila mlađa od prosjeka
Sa smrtnim ishodom	138	88
Sa ozljeđenim osobama	4453	4102
Sa materijalnom štetom	10128	372

Izvor: [1]

Na temelju tablice 3 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 138 vozila koja su bila starija od prosjeka voznog parka i 88 vozila koja su bila mlađa od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo 4.453 vozila koja su starija od prosjeka i 4102 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka. U prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo je 10.128 vozila koja su starija od prosjeka i 382 vozila koja su mlađa od prosjeka starosti voznog parka.

Uzeti će se ista nulta hipoteza za analizu korelacije između posljedica nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine kao za prethodne dvije godine. To znači da je i u ovom slučaju pretpostavka da su posljedice prometnih nesreća i starost vozila nezavisni. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa doći će se do zaključka treba li ovu hipotezu prihvatiti ili odbaciti.

Pisanjem koda u programu R koji provodi Hi-kvadrat test, temeljem kontingencijske tablice 2 proveden je test. Sukladno podacima Ministarstva unutarnjih poslova i dobivene kontingencijske tablice, u statističkom programu R dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 5175.9$,
- $p = 2.2 \times 10^{-16}$.

U odnosu na prethodne dvije godine dobiveni rezultat Hi-kvadrat testa ima najveću vrijednost. Kao što je spomenuto ranije, što je vrijednost χ^2 veća, veća je i razlika između opažanih i očekivanih frekvencija. Točnije, na temelju χ^2 vrijednosti i obzirom da je vrijednost p manja od 0.05 odbacuje se hipoteza da su posljedice prometnih nesreća i starost vozila nezavisne.

Kako bi se utvrdilo kolika je korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2021. godini na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je Cramerov V koeficijent uz pomoć napisanog koda u programu R. Dobivena jačina veze između ove dvije varijable iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.5181199$$

Na temelju dobivene vrijednosti Cramerovog V koeficijenta dolazi se do zaključka da ima korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2021. godine nalazi se u intervalu $V \in <0.5, 1]$ koji govori da je razina povezanosti između ove dvije varijable jaka.

Sukladno provedenim analizama odnosa starosti vozila i posljedica prometnih nesreća moguće je potvrditi pretpostavku koja govori da starija vozila imaju veću vjerojatnost od nastanka ozbiljnijih posljedica prometnih nesreća. Starost izravno utječe na tehničku ispravnost vozila na način da se vitalni dijelovi vozila (kočioni sustav, svjetlosno-signalnu opremu i sustav ovjesa) više troše i vjerojatnost njihove neispravnosti se sa godinama starosti povećava. Gledajući statistički, odnos ove dvije varijable za protekle tri godine je srednje do jako povezan. Njihovu uzročno-posljedičnu vezu teško je dokazati iz više razloga od kojih je glavni postojanje više čimbenika koji utječu na nastanak prometne nesreće (utjecaj vozača, ceste, incidentni čimbenik, vremenski uvjeti i ostalo). Svakako valja napomenuti da je razlog težeg utvrđivanja povezanosti ovih varijabli i nedostatak podataka uzetih pri obavljanju očevida. Kada bi podaci bili potpuni dobila bi se jasnija i realnija slika povezanosti.

4. KORELACIJA IZMEĐU TEHNIČKE ISPRAVNOSTI VOZILA I POS LJEDICA PROMETNIH NESREĆA

U većini slučajeva kod vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama nije moguće odrediti je li tehnička ispravnost vozila bila uzrok nastanka prometne nesreće. Glavni razlog tomu je dosadašnja organizacija očevida nakon prometne nesreće u kojoj se vozila šalju na tehničku analizu samo u slučajevima sumnje na tehničku neispravnost ili ukoliko to zatraži tužiteljstvo. Ova činjenica može dovesti do krivo interpretiranih podataka o tehničkoj ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama te posljedično loših preduvjeta za daljnju prevenciju nesreća i povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

Prema statističkim podacima i analizama u Republici Hrvatskoj glavni čimbenik koji utječe na nastanak prometnih nesreća je čovjek i to u postotku od preko 97 %, dok je tehnička neispravnost na vozilu uzročnik prometnih nesreća samo u postotku od 0,2 %. U odnosu na druge zemlje Europske Unije u kojima je tehnička neispravnost 6-8 % uzročnik prometnih nesreća i obzirom na podatak da gotovo 22 % vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj nije bilo podvrgnuto ispitivanju tehničke ispravnosti nakon nesreća može se pretpostaviti da je postotak vozila koja su bila tehnički neispravna u prometnim nesrećama u Hrvatskoj nešto veći od trenutnih 0,2 %. [7]

Obavljanje tehničkog pregleda vozila zakonska je obaveza svakog vlasnika vozila. Na tehničkom pregledu utvrđuje se ima li vozilo propisane uređaje i opremu, jesu li ti uređaji i oprema ispravni te udovoljavaju li propisanim uvjetima za sudjelovanje u prometu na cesti. Postoje tri vrste tehničkih pregleda [8]:

- Redovni tehnički pregled: obavezan za sva motorna i priključna vozila. Izuzetak su radni strojevi. Ovom tehničkom pregledu nova vozila pristupaju dvije godine nakon prve registracije (zatim svakih 12 mjeseci), rabljena vozila svakih 12 mjeseci te lake prikolice nakon prve registracije svakih 36 mjeseci.
- Preventivni tehnički pregled: podliježu mu jače eksploatirane grupe vozila u periodima koji ovise o njihovoj starosti, a to su – vozila koja se daju u najam (rent a car vozila), vozila za osposobljavanje vozača (auto škole), taksi vozila, vozila hitne medicinske pomoći, autobusi, teretna i priključna vozila za prijevoz opasnih tvari te teretna i priključna vozila kojima najveća dopuštena masa prelazi 7.500 kg. Ovom tehničkom pregledu vozila koja su stara od šest do deset godina moraju biti podvrgnuti svakih 6

mjeseci, a vozila koja su starija preko 10 godina svaka 3 mjeseca od dana obavljenog redovnog ili preventivnog tehničkog pregleda. Vozila koja su izuzeta od ovog pregleda su: vozila za stanovanje ili kampiranje, vozila za prijevoz pčela, teretna i priključna vatrogasna vozila, teretna i priključna vozila za zabavne radnje i priključna vozila za traktore.

- Izvanredni tehnički pregled: predviđen je za situacije kada vlasnik želi podvrgnuti svoje vozilo tehničkom pregledu bilo kada u toku eksploatacije vozila ili za situacije u kojima je propisom predviđen kao obavezan. Te situacije su: sva vozila nakon popravka sklopova i uređaja bitnih za sigurnost prometa (primjerice ukoliko su oštećeni u prometnoj nesreći), sva vozila na kojima je izvršena određena preinaka ili prepravka (vozila više nisu standardna) i sva vozila koja ovlašteni djelatnik policije isključi iz prometa i uputi na izvanredni pregled.

Svi vlasnici vozila trebali bi biti upoznati s važnosti tehničkog pregleda vozila, bilo redovnog ili preventivnog. Brigom o tehničkoj ispravnosti vlasnici svojih vozila utječu direktno na sigurnost cestovnog prometa, vlastite živote i živote ostalih sudionika. Zabrinjavajući je podatak da gotovo svako četvrto vozilo u Republici Hrvatskoj ne prođe tehnički pregled. Kao primjer u tablici 4 prikazan je udio grešaka prema sklopovima na redovitom tehničkom pregledu u 2021. godini.

Prema tablici 4 od ukupnog broja pregledanih vozila do 2.271.201 njih 448.386 je bilo neispravno, odnosno 19,74 %. Na pregledanim neispravnim vozilima pronađeno je 2.306.838 grešaka. Najčešća neispravnost pronađena je na uređajima za osvjetljavanje i svjetlosnu signalizaciju sa udiom od 24,29 %, odmah iza slijede greške na uređajima za kočenje sa postotkom od 23,30 %, zatim greške na samonosivoj karoseriji, šasji i ostalim dijelovima sa udiom od 13,13 %, greške na motoru sa udjelom od 10,72 %, greške na osovinama, kotačima, pneumaticima i ovjesima sa udjelom od 10,67 % te ostale greške. Prema navedenoj statistici jasno je da najveći postotak neispravnosti vozila otpada upravo na vitalne dijelove, dakle na kočioni sustav, svjetlosno-signalnu opremu i sustav ovjesa, što za posljedicu ima negativan utjecaj na sigurnost cestovnog prometa u Hrvatskoj. [3]

Tablica 4: Udio grešaka prema sklopovima na redovnom tehničkom pregledu u 2021. godini za sve vrste vozila (prilikom prvog pregleda vozila)

		% U UKUPNOM BROJU VOZILA	
UKUPNO PREGLEDANIH VOZILA	2.271.201	19,74	
UKUPNO NEISPRAVNIH VOZILA	448.386		
NAZIV SKLOPA	KOLIČINA GREŠAKA	% U UKUPNO UTVRĐENOM BROJU NEISPRAVNOSTI	PROSJEČAN BROJ GREŠAKA PO NEISPRAVNOM VOZILU
UKUPNO UTVRĐENO NEISPRAVNOSTI	2.305.838	100,00	5,14
IDENTIFIKACIJA VOZILA	18.912	0,82	0,04
UREĐAJI ZA UPRAVLJANJE	64.798	2,81	0,14
UREĐAJ ZA KOČENJE	537.262	23,30	1,20
UREĐAJI ZA OSVJETLJAVANJE I SVJETLOSNU SIGNALIZACIJU	560.099	24,29	1,25
UREĐAJI KOJI OMOGUĆUJU NORMALNU VIDLJIVOST	67.503	2,93	0,15
SAMONOSIVA KAROSERIJA, ŠASIJA I OSTALI DIJELOVI	302.812	13,13	0,68
OSOVINE, KOTAČI, PNEUMATICI I OVJES	245.996	10,67	0,55
MOTOR	247.127	10,72	0,55
UTJECAJ NA OKOLIŠ	7.982	0,35	0,02
ELEKTRIČNI UREĐAJI I INSTALACIJE	14.412	0,63	0,03
PRIJENOSNI MEHANIZAM	20.820	0,90	0,05
KONTROLNI I SIGNALNI UREĐAJI	45.883	1,99	0,10
ISPITIVANJE ISPUŠNIH PLINOVA MOTORNH VOZILA (EKO TEST)	65.119	2,82	0,15
SPAJANJE VUČNOG I PRIKLJUČNOG VOZILA	8.872	0,38	0,02
OSTALI UREĐAJI I DIJELOVI VOZILA	10.049	0,44	0,02
OPREMA VOZILA	84.068	3,65	0,19
DODATNA ISPITIVANJA VOZILA KATEGORIJE M2 I M3	133	0,01	0,00
PLINSKA INSTALACIJA	3.991	0,17	0,01

Izvor: [3]

Faktor koji izravno utječe na tehničku ispravnost vozila je starost vozila. Što vozilo ima duži eksploatacijski vijek vitalni dijelovi, za koje je utvrđeno da su najčešći uzroci pada na tehničkim pregledima, više se troše i veća je vjerojatnost njihove neispravnosti. Elementi pasivne i aktivne sigurnosti na starijim vozilima su lošiji upravo radi vijeka njihova trajanja. Provedena je analiza kvarova na osobnim automobilima po proizvođačima koji imaju pristup redovnom tehničkom pregledu. Vozila su podijeljena u grupe vozila koja su mlađa od 5 godina,

vozila između 5 i 10 godina i vozila starija od 10 godina. Rezultati navedene analize pokazali su sljedeće [7]:

- Vozila do 5 godina starosti imaju postotak neispravnosti 2,99 do 9,74 %.
- Vozila od 5 do 10 godina starosti imaju postotak neispravnosti 7,39 do 18,74 %.
- Vozila koja su starija od 10 godina imaju postotak neispravnosti 20,02 do 48,17 %.

Također, postotak neispravnosti za vozila koja su prešla do 50.000 kilometara je od 4,01 do 24,75 %, postotak neispravnosti za vozila koja su prešla od 50.000 do 100.000 kilometara je od 5,69 do 26,73 %, a postotak neispravnosti za vozila s više od 100.000 kilometara je 16,32 do 38,10 %. [7]

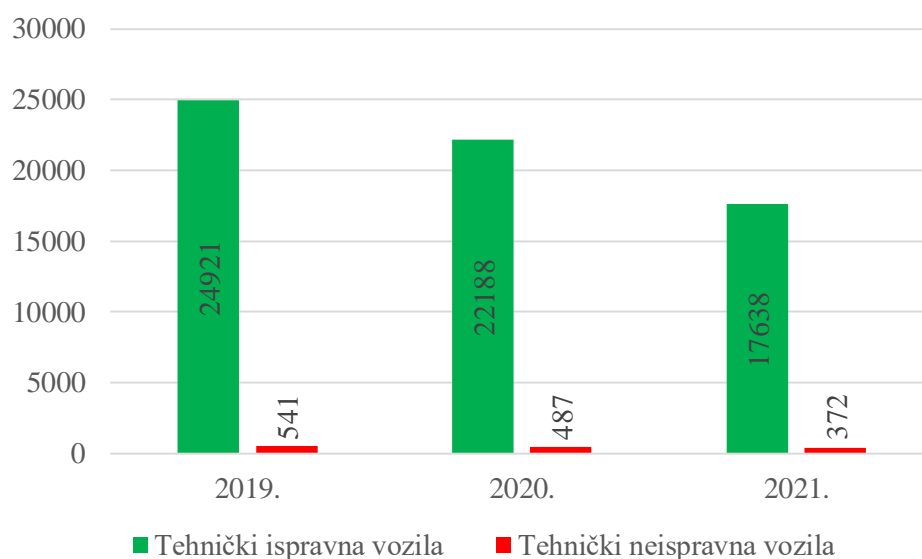
Prema navedenim podacima o postocima tehničkih neispravnosti po starosti vozila i znajući da je prosječna starost vozila u Republici Hrvatskoj 14,34 godine možemo pretpostaviti da je tehnička neispravnost puno veći uzročnik prometnih nesreća u Hrvatskoj nego spomenutih 0,2 %. Do točnijih podataka moglo bi se doći promjenom organizacije očevida nakon prometnih nesreća. Točnije, prava slika utjecaja tehničke neispravnosti na nastanak prometnih nesreća dobila bi se razvijanjem sustava koji bi omogućio da se svako vozilo koje je sudjelovalo u prometnim nesrećama podvrgne tehničkoj inspekciji. Znajući prave podatke moguće je razvijati daljnje akcije koje bi se usmjeravale na navedeni problem u svrhu smanjenja prometnih nesreća i smanjenja broja smrtnosti na cestama.

Centar za vozila Hrvatske proveo je istraživanje u periodu od 2014. do 2016. godine u kojemu su provjeravali tehničku ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama sa smrtnim ishodom. Ispitano je oko 170 vozila, a doneseni zaključci su da je većina vozila koja je sudjelovala u prometnim nesrećama sa smrtnim ishodom bila starija od tadašnjeg prosjeka voznog parka u Hrvatskoj te su njihovi elementi pasivne i aktivne sigurnosti bili lošiji. Na gotovo 40 % vozila utvrđena je neka tehnička neispravnost, lakše do teže kategorije. Teže kategorije neispravnosti utvrđene su na postotku oko 27–28 % vozila, a odnosile su se na neispravnosti na kočionom sustavu, neispravnost pneumatika, neispravnost na ovjesu i neispravnosti na nosivim dijelovima karoserije. Zaključeno je da na od prilike 10-12 % vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama sa smrtnim ishodom i koja su u analizi vještačena tehnička neispravnost mogla biti izravni uzročnik prometne nesreće. Drugim riječima da su automobili koji su ispitani bili bolje održavani nesreća se možda ne bi dogodila ili bi imala blaže posljedice. Ako uzmemo u obzir da u Hrvatskog na godišnjoj razini imamo preko 300 poginulih te ukoliko bi se prevenirale tehničke neispravnosti u dobivenom postotku od 10 – 12

% , koji su bili mogući uzročnici prometnih nesreća, oko 30 do 35 ljudskih života bilo bi spašeno. Europska unija utvrdila je povezanost neodržavanja vozila i prometnih nesreća sa smrtnim posljedicama. Iz istraživanja Europske komisije zaključeno je da od prilike 6 % prometnih nesreća sa smrtno stradalim osobama u Europskoj uniji je uzrokovano upravo tehničkom neispravnosću vozila. Rezultati istraživanja tvrde da se podizanjem razine tehničke ispravnosti vozila u Europskoj uniji može godišnje spasiti i do 2.000 ljudskih života. [9]

Prema navedenim istraživanjima može se zaključiti kako je održavanje vozila i njegova tehnička ispravnost itekako ključan faktor u sigurnosti cestovnog prometa. Potrebno je podizati svijest vlasnicima vozila o redovnom održavanju njihovih vozila, posebice ukoliko su ona starija. Obzirom na to da se u odnosu na ostale članice Europske unije Hrvatska nalazi pri dnu ljestvice po starosti vozila ali i sigurnosti samog cestovnog prometa potrebno je provoditi više akcija usmjerenih k održavanju tehničke ispravnosti vozila. Stoga je potrebno osmisliti akcije koje bi poučile i osvijestile vlasnike vozila kolika je važnost održavanja vozila. Redovitijim održavanjem vozila vlasnici utječu na svoju sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu.

Kada se u obzir uzmu vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine u Republici Hrvatskoj, iz podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova na grafikonu 11 je prikazan broj vozila koja su bila tehnički ispravna ili tehnički neispravna. Broj vozila odnosi se na osobna vozila koja su sudjelovala u nesrećama i kojima je poznat podatak o tehničkoj ispravnosti, odnosno kojima je u Upitniku u prometnoj nesreći taj podatak evidentiran.



Grafikon 11: Broj tehnički ispravnih i neispravnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Sukladno grafikonu 11 može se zaključiti kako je broj vozila koji je bio tehnički ispravan u sve tri godine znatno veći. Postotak tehnički neispravnih vozila svake godine iznosi oko 2 %, dok je postotak ispravnih vozila oko 98 %. Znajući ove podatke postavlja se pitanje: *Kakva je povezanost između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća?* Kako bi se moglo doći do odgovora na ovo pitanje provesti će se statistička analiza na temelju poznatih podataka o prometnim nesrećama, njihovim posljedicama i vozilima koja su sudjelovala u tim nesrećama. Da bi se došlo do nekih rezultata i utvrdilo ima li korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila, te kolika je korelacija, za svaku godinu provedena je statistička analiza povezanosti ove dvije varijable.

U ovom slučaju dvije varijable između kojih se traži povezanost su tehnička ispravnost vozila i posljedice prometnih nesreća. Analiza koja je provedena u nastavku poglavlja napravljena je u statističkom programu R i temelji se na Hi-kvadrat testu uz pomoć kojega je proveden Cramerov V koeficijent obzirom da su varijable kvalitativne, odnosno kategorijske. Spomenute kvalitativne (kategorijske) varijable predstavljaju moguća stanja ili kategorije koje varijabla može poprimiti. U primjeru korelacije tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća varijable koje vozilo može poprimiti su: vozilo koje je tehnički ispravno i vozilo koje tehnički neispravno. Varijable vozila mogu poprimiti tri moguća stanja posljedica prometnih nesreća: sa smrtnim ishodom, sa ozljeđenim osobama i sa materijalnom štetom.

Analiza je provedena samo na osobnim vozilima obzirom na njihov veliki udio u prometnim nesrećama. Također, uzorci koji su korišteni u svakoj godini ne predstavljaju točan broj osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama nego samo broj vozila kojima je tehnička ispravnost ili neispravnost bila poznata, odnosno evidentirana popunjavanjem Upitnika o prometnim nesrećama provedenim na samom očevidu prometne nesreće.

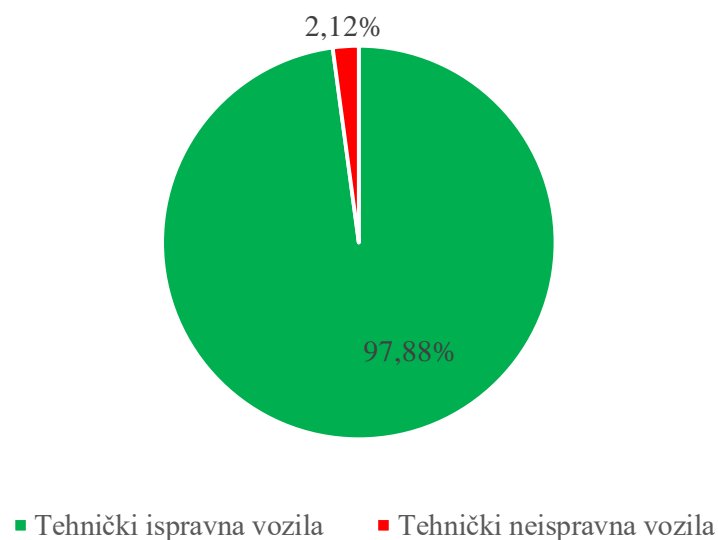
4.1. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine

Podaci o prometnim nesrećama i vozilima koja su sudjelovala u prometnim nesrećama dobiveni od strane Ministarstva unutarnjih poslova, kao u slučaju za analizu odnosa starosti

vozila i posljedica prometne nesreće, podijeljeni su u dvije baze. Podaci unutar ove dvije baze povezani su jedinstvenim ključem prometne nesreće. Kako bi se došlo do podataka koji su potrebni za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometne nesreće putem tog jedinstvenog ključa prometne nesreće, unutar dvije baze i uz pomoć programa R, prebrojana su sva vozila kojima je bila poznata njihova tehnička ispravnost i posljedice.

Analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine provedena je na poznatom uzorku od 25.462 vozila. Odabrani uzorak odnosi se na osobna vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2019. godini i kojima je na očevidu prometnih nesreća zabilježeno jesu li bila tehnički ispravna ili ne.

Na grafikonu 12 prikazano je koliki je postotak tehnički ispravnih i tehnički neispravnih vozila od ukupnog uzorka za 2019. godinu. Kao što je spomenuto ranije, postotak tehnički neispravnih vozila je jako mali te on u ovom slučaju iznosi 2,12 %, dok je postotak tehnički ispravnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 97,88 %.



Grafikon 12: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine u odnosu na tehničku ispravnost

Izvor: [1]

U ovoj analizi poznate su dvije skupine vozila, odnosno dvije varijable kojima je potrebno dodjeliti frekvencije, a to su: tehnički ispravna vozila i tehnički neispravna vozila. U

kontingencijskoj tablici je određenom skupu mogućih događaja (u ovom slučaju tehnički ispravna i tehnički neispravna vozila) dodijeljena frekvencija pojavljivanja ili opažena frekvencija za svaku posljedicu (posljedice sa smrtnim ishodom, posljedice sa ozlijeđenim osobama i posljedice sa materijalnom štetom). Kontingencijska tablica za ovaj slučaj prikazana je tablicom 5.

Sukladno navedenoj tablici u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo je 199 vozila koja su bila tehnički ispravna i 4 vozila koja su bila tehnički neispravna. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo je 7.466 tehnički ispravnih vozila i 150 tehnički neispravnih vozila, dok je u prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo 17.256 tehnički ispravnih vozila i 387 tehnički neispravnih vozila.

Tablica 5: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godini

Posljedica prometne nesreće	Tehnički ispravna vozila	Tehnički neispravna vozila
Sa smrtnim ishodom	199	4
Sa ozlijeđenim osobama	7466	150
Sa materijalnom štetom	17256	387

Izvor: [1]

Kao nulta hipoteza uzeta je pretpostavka da između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća nema nikakve povezanosti, odnosno da su nezavisne. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa dolazi se do zaključka treba li hipotezu treba odbaciti ili ne. Osim same vrijednosti Hi-kvadrat testa dobit će se i vrijednost p koja predstavlja razinu marginalne važnosti unutar testa statističke hipoteze, odnosno vjerojatnost pojave danog događaja. Ako je njena vrijednost manja od 0,05 nulta hipoteza se odbacuje, a ako je njena vrijednost veća od 0,05 nulta hipoteza se prihvaća.

Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i kontingencijske tablice (tablica 5), u statističkom programu R, uz pisanje posebnog koda za provođenje Hi-kvadrat testa dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 1.3093$,
- $p = 0.5196$.

Na temelju provedenog Hi-kvadrat testa i dobivenih rezultata dolazi se do zaključka da nultu hipotezu o nezavisnosti starosti vozila i posljedica prometnih nesreća treba prihvatiti te da su one nezavisne. Vrijednost p veća je od 0,05, a vrijednost χ^2 izrazito je mala. Kako bi se potvrdilo da korelacije između tehničke ispravnosti i posljedica prometnih nesreća nema, na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent uz pomoć statističkog programa R (kako bi se odredila što točnija povezanost između navedenih podataka).

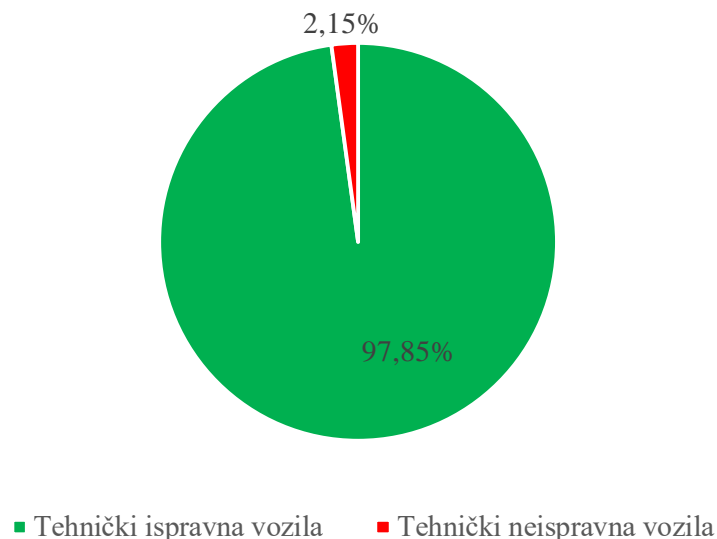
Kao što je spomenuto ranije, Cramerov V koeficijent opisuje jačinu veze između dvije kvalitativne varijable, a poprima vrijednost u intervalu $[0,1]$. Dobivena vrijednost u programu R za Cramerov V koeficijent iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.007170942$$

Dobiveni Cramerov V koeficijent nalazi se u intervalu $V \in [0, 0.1]$ sukladno kojem nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2019. godine.

4.2. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine

Kao i za 2019. godinu, prije same analize uz pomoć programa R na temelju jedinstvenog ključa prometne nesreće prebrojan je broj vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine i kojima su poznate posljedice prometnih nesreća te jesu li ona bila tehnički ispravna ili ne. Analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine provedena je na isti način kao za 2019. godinu, ali na različitom uzorku. Analiza za 2020. godinu ima uzorak 22.675 vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i kojima je na očevidu zabilježeno jesu li bila tehnički ispravna ili ne.



Grafikon 13: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine u odnosu na tehničku ispravnost

Izvor: [1]

Na grafikonu 13 prikazan je postotak tehnički ispravnih i tehnički neispravnih vozila od ukupnog uzorka za 2020. godinu. Poznati podaci za ovu godinu također potvrđuju ranije iznesene teze kako je prosječan postotak tehnički neispravnih vozila koja sudjeluju u prometnim nesrećama u Hrvatskoj vrlo mali. U ovom slučaju, postotak tehnički neispravnih vozila iznosi 2,15 %, dok je postotak tehnički ispravnih vozila 97,85 %.

Kako bi dobili kontingencijsku tablicu potrebno je kategorijama tehnički ispravnih i neispravnih vozila dodijeliti frekvencije, točnije posljedice prometnih nesreća. U kontingencijskoj tablici dodijeljeni su mogući ishodi ili posljedice prometnih nesreća. Kontingencijska tablica kreirana je uz pomoć programa R unutar kojeg je uz pomoć definiranog koda prebrojen broj vozila koja imaju smrtni ishod, ozlijeđene osobe ili materijalnu štetu. Dobiveni rezultati za kontingencijsku tablicu prikazani su u tablici 6.

Iz tablice 6 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 159 vozila koja su bila tehnički ispravna i 6 vozila koja su bila tehnički neispravna. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo je 5.882 tehnički ispravnih vozila i 121 tehnički neispravnih vozila, dok je u prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo je 16.147 tehnički ispravnih vozila i 360 tehnički neispravnih vozila.

Tablica 6: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine

Posljedica prometne nesreće	Tehnički ispravna vozila	Tehnički neispravna vozila
Sa smrtnim ishodom	159	6
Sa ozljeđenim osobama	5882	121
Sa materijalnom štetom	16147	360

Izvor: [1]

Kao nulta hipoteza za analizu korelacije između posljedica nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine uzeta je ista pretpostavka kao za 2019. godinu. To znači da se i u ovom slučaju pretpostavlja da su posljedice prometnih nesreća i starost vozila nezavisne varijable. Pisanjem koda u programu R koji provodi Hi-kvadrat test, proveden je test za kontingencijsku tablicu 6. Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i dobivene kontingencijske tablice, u statističkom programu R dobivena je sljedeća vrijednost.

- $\chi^2 = 0.04628605$.

Ranije u radu spomenuto je ukoliko nema nikakve razlike između opaženih i očekivanih rezultata vrijednost χ^2 iznosi nula. S obzirom na dobivenu iznimno malu vrijednost χ^2 može se zaključiti da nultu hipotezu ne odbacujemo, odnosno tehnička ispravnost vozila i posljedice prometnih nesreća za 2020. godinu su također nezavisne. Kako χ^2 vrijednost iznosi 0, p vrijednost nije niti izračunata u programu jer se već na temelju ove vrijednosti dolazi do zaključka o prihvaćanju nulte hipoteze.

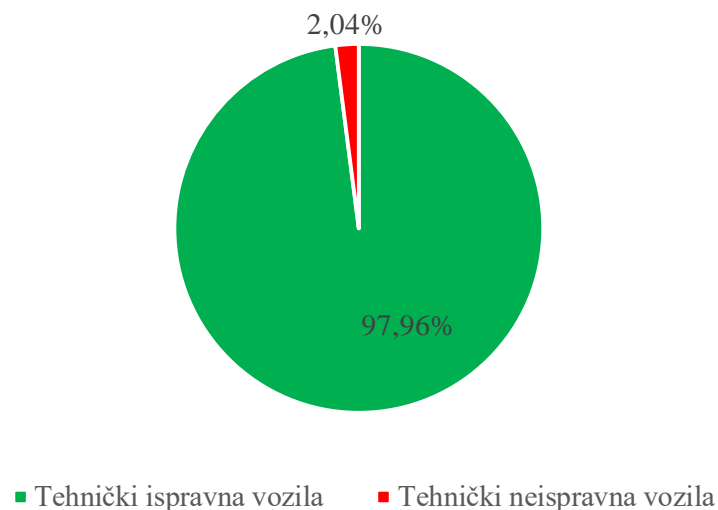
Kako bi se potvrdilo da nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2020. godini na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent uz pomoć napisanog koda u programu R. Dobivena jačina veze između ove dvije varijable iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.01012479$$

Vrijednost Cramerovog V koeficijenta za korelaciju između posljedica prometnih nesreća i starosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2020. godine nalazi se u intervalu $V \in [0, 0.1]$. Sukladno dobivenoj vrijednosti zaključuje se da nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila.

4.3. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine

Uz pomoć jedinstvenog ključa prometne nesreće u programu R prebrojan je broj vozila kojima su poznate posljedice prometne nesreće i jesu li tehnički ispravna ili ne, kako bi se došlo do broja uzorka za 2021. godinu. Analiza korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine provedena je na isti način kao za prethodne dvije godine. Vozila su podijeljena u dvije skupine: tehnički ispravna vozila i tehnički neispravna vozila. Ukupni uzorak na kojem je provedena analiza za 2021. godinu iznosi 25.330 vozila kojima je na očevidu zabilježeno jesu li bila tehnički ispravna ili tehnički neispravna. Sukladno navedenom uzorku na grafikonu 14 prikazan je postotak vozila u odnosu na tehničku ispravnost. U ovom slučaju postotak tehnički neispravnih vozila iznosi 2,04 %, a tehnički ispravnih vozila 97,96 %.



Grafikon 14: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine u odnosu na tehničku ispravnost

Izvor: [1]

Kako bi se dobila kontingencijska tablica potrebno je kategorijama vozila dodijeliti frekvencije, točnije posljedice prometnih nesreća. U kontingencijskoj tablici mogućem skupu događaja, odnosno tehnički ispravnim i neispravnim vozilima dodjeljeni su mogući ishodi ili posljedice prometnih nesreća koje su se dogodile u 2021. godini. Kontingencijska tablica kreirana je uz pomoć programa R unutar kojeg je uz pomoć definiranog koda prebrojen broj vozila koja imaju smrtni ishod, ozlijeđene osobe ili materijalnu štetu. Dobiveni rezultati za kontingencijsku tablicu prikazani su u tablici 7.

Tablica 7: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2021. godine

Posljedica prometne nesreće	Tehnički ispravna vozila	Tehnički neispravna vozila
Sa smrtnim ishodom	188	7
Sa ozlijeđenim osobama	6987	138
Sa materijalnom štetom	17638	372

Izvor: [1]

Sukladno tablici 7 u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo je 188 vozila koja su bila tehnički ispravna i 7 vozila koja su bila tehnički neispravna. U prometnim nesrećama koje su završile sa posljedicama u kojima su teže ili lakše ozlijeđene osobe sudjelovalo je 6.987 tehnički ispravnih vozila i 138 tehnički neispravnih vozila, dok je u prometnim nesrećama koje su završile s posljedicama materijalne štete sudjelovalo 17.638 tehnički ispravnih vozila i 372 tehnički neispravnih vozila.

Kao za prethodne dvije godine, za nultu hipotezu uzeta je pretpostavka da između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća nema nikakve povezanosti, odnosno da su nezavisne. Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i kontingencijske tablice (tablica 7), u statističkom programu R, uz pisanje posebnog koda za provođenje Hi-kvadrat testa dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 2.7801$,

- $p = 0.2491$.

Na temelju provedenog Hi-kvadrat testa i dobivenih rezultata dolazi se do zaključka da nultu hipotezu o nezavisnosti tehničke neispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća treba prihvatiti te da su one nezavisne. Vrijednost p je veća od 0,05, dok je vrijednost χ^2 je izrazito mala. Kako bi se potvrdilo da korelacije između tehničke ispravnosti i posljedica prometnih nesreća nema, na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent uz pomoć statističkog programa R. Dobivena vrijednost u programu R za Cramerov V koeficijent iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.01047642$$

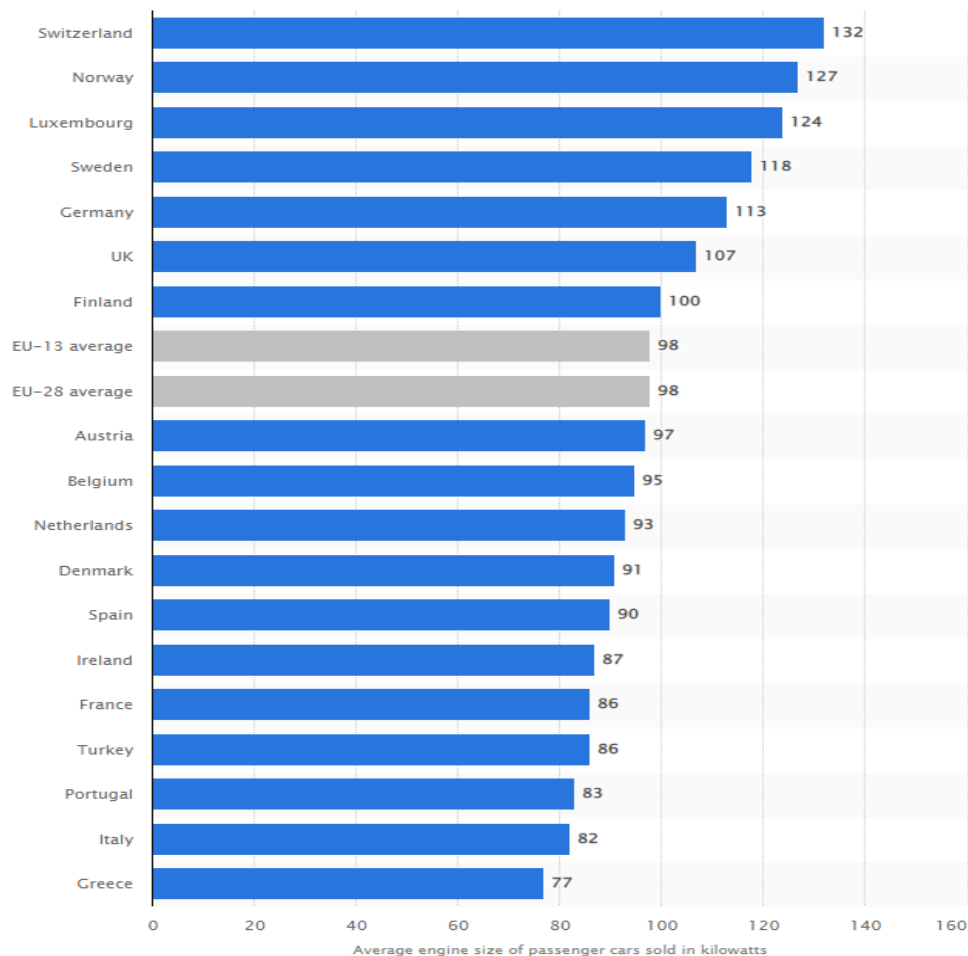
Vrijednost dobivenog Cramerovog V koeficijenta nalazi se u intervalu $V \in [0, 0.1]$ sukladno kojem nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i tehničke ispravnosti vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2021. godine. Točnije, tehnički neispravna vozila ne utječu na posljedice prometnih nesreća.

Sukladno provedenim Hi-kvadrat testovima i dobivenim vrijednostima Cramerovog V koeficijenta za protekle tri godine može se doći do zaključka kako su tehnička neispravnost vozila i posljedice prometnih nesreća nezavisne. Drugim riječima, tehnička ispravnost ne utječe na posljedice prometnih nesreća. Međutim ova činjenica ne znači da tehnička neispravnost vozila ne može biti uzročnik prometne nesreće. Kako je spomenuto ranije u radu, u Hrvatskoj je statistički dokazano da je tehnička neispravnost vozila uzročnik 0,2 % prometnih nesreća. Ovaj podatak kao i rezultati analiza koje su provedeni vjerojatno bi bili drugačiji kada bi se organizacija rada očevida mogla drugačije provoditi. To znači da je potrebno provoditi tehničke preglede vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama kako bi se mogao utvrditi točan udio tehnički neispravnih vozila u prometnim nesrećama. Samo na temelju točnih rezultata može se dobiti pravi podatak o tome kako tehnička ispravnost, odnosno neispravnost utječe na nastanak prometnih nesreća i posljedice istih te provoditi mjere kojima bi se taj utjecaj mogao smanjiti i sačuvati živote sudionika u prometu.

5. KORELACIJA IZMEĐU SNAGE VOZILA I POSLJEDICA PROMETNIH NESREĆA

Snaga vozila ili snaga motora važna je tehničko-eksploatacijska značajka vozila, čija se važnost najbolje vidi iz brzinske značajke motora. Snaga motora često se opisuje pojmovima korisne ili efektivne snage motora, trajne snage motora i maksimalne snage motora. Korisna ili efektivna snaga motora je snaga koju motor daje pri odgovarajućoj brzini vrtnje na koljenastom vratilu ili spojci. Trajna snaga je najveća snaga koju motor može trajno razvijati pri toplinskoj ravnoteži, odnosno bez toplinskog preopterećenja. Maksimalna snaga (ili nazivna snaga) je najveća korisna snaga koju motor može razvijati u trajanju od 15 minuta bez termičkih oštećenja, a da je nakon toga u stanju nastaviti rad na trajnoj snazi. Dakle, snaga vozila je maksimalna vrijednost postignute snage motora u nekom broju okretaja. Dobivena je umnoškom okretnog momenta i broja okretaja i najčešće je izražena u kilovatima (kW) ili konjskoj snazi (KS). [10]

Poznat je podatak da su proteklih dvadesetak godina vozila u Europi postala snažnija. Povećanje snage vozila izazvano je djelomično željom kupaca za kupnjom jačih vozila, ali i povećanjem mase vozila. Masa vozila povećava se zbog sigurnosnih standarda, velikog rasta dimenzija i uvođenjem komfornih dodataka. Obzirom na navedeno može se reći da se sama brzina novijih vozila nije pretjerano mjenjala s godinama. Gledajući sliku 5 koja prikazuje grafikon sa prosječnim snagama kupljenih osobnih automobila u Europskoj uniji može se reći da Europske zemlje jačeg ekonomskog statusa imaju prosječnu snagu kupljenih automobila veću nego li zemlje Europske unije sa nižim standardom. Na slici su prikazane prosječne snage osobnih automobila kupljenih u 2018. godini. Tako se na samoj ljestvici najsnažnijih automobila nalazi Švicarska kojoj je prosječna snaga kupljenog automobila 132 kW. Odmah iza Švicarske nalazi se Norveška sa prosječnom snagom od 127 kW, zatim Luksemburg sa prosječnom snagom od 124 kW, Švedska sa snagom 118 kW, Njemačka sa snagom od 113 kW i ostale zemlje. Hrvatska je na ovoj ljestvici smještena na sredini sa snagom kupljenog novog automobila od 98 kW. [11]

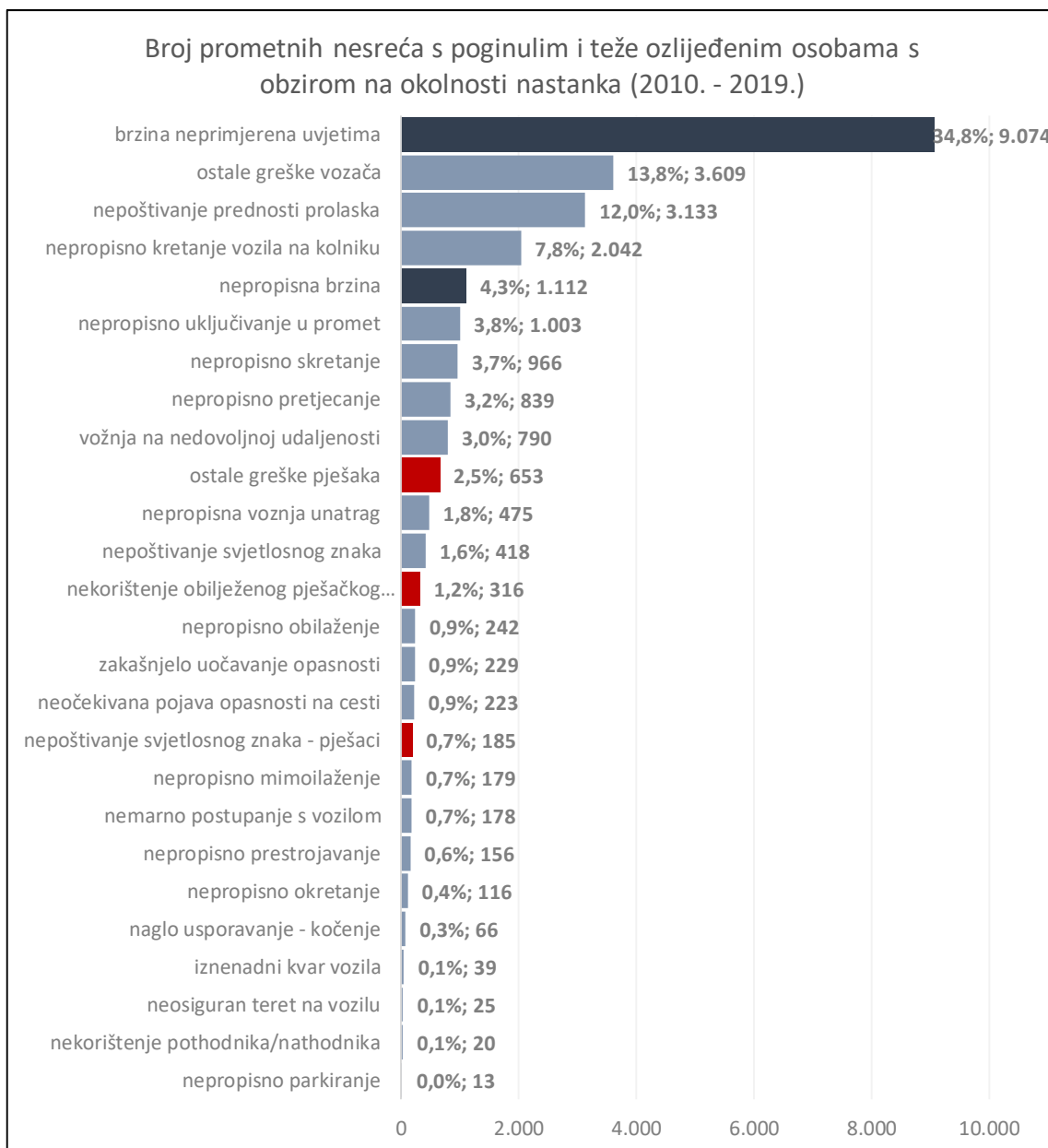


Slika 5: Prosječna snaga motora osobnih vozila u Europi (izraženo u kW)

Izvor: [11]

Posjedovanje snažnijih automobila u većini slučajeva vozača potječe na vožnju velikim brzinama što nimalo nema pozitivan utjecaj na samu sigurnost prometa. Brzina je uzrok gotovo svake treće prometne nesreće, a kao uzrok može biti nepropisna ili neprilagođena. Točnije, nepropisnom brzinom smatra se bilo kakvo nepoštivanje ograničenja brzine izraženih prometnim znacima ili prometnim pravilima, dok se neprilagođena brzina odnosi na brzinu kretanja vozila koja nije usklađena sa stanjem kolnika, sa karakteristikama prometnica, sa gustoćom prometa, vremenskim uvjetima i ostalim. Uzrok najvećeg broja prometnih nesreća s poginulim i teže ozlijeđenim osobama u razdoblju od 2010. do 2019. je brzina i to u postotku od 39 % prometnih nesreća kao što je vidljivo na grafikonu 15 ispod. Svi vozači moraju brzinu kretanja uskladiti s ograničenjima brzina kretanja u naselju i izvan njega, te su dužni pratiti događaje na prometnici, postavljene prometne signalizacije, stanje kolnika i vremenske prilike i u skladu s time smanjiti brzinu kako bi osigurali sigurnost sebe i ostalih sudionika u prometu.

[12]

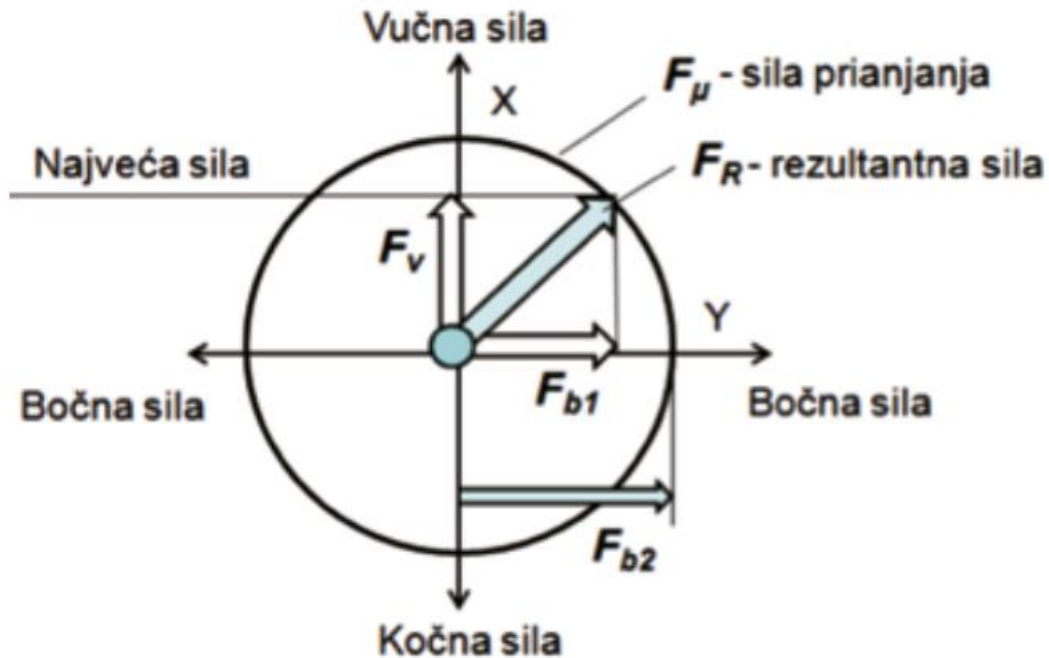


Grafikon 15: Najčešći uzročnici prometnih nesreća od 2010. do 2019. godine u Hrvatskoj

Izvor: [12]

Uzme li se u obzir da vozila koja imaju veću snagu mogu razviti veće brzine, kao bitan čimbenik kojeg treba uzeti u obzir kada je riječ o povećanju brzine vozila je stabilnost i upravljivost vozila. Prianjanje kotača ili grip vrlo je važna značajka dinamike vozila, odnosno stabilnosti i upravljivosti vozila. Stabilnost i upravljivost samog vozila ovisi o bočnim silama koje kotači mogu preuzeti. Prianjanje kotača ili grip određuje se silom trenja koja je po definiciji umnožak vertikalnog opterećenja i koeficijenta trenja. Zbog uvjeta vožnje, kada je guma na asfaltu javlja se reaktivna sila trenja koja je suprotna uzdužnoj, odnosno kombiniranoj aktivnoj

sili. Reaktivna sila trenja javlja se zbog uvjeta vožnje kao što su ubrzavanje, kočenje ili vožnja u zavoju. Stabilnost vozila najbolje je upisati pomoću Kammova kruga (elipse) prijanjanja prikazanog na slici 6. [13]



Slika 6: Kammov krug prijanjanja

Izvor: [13]

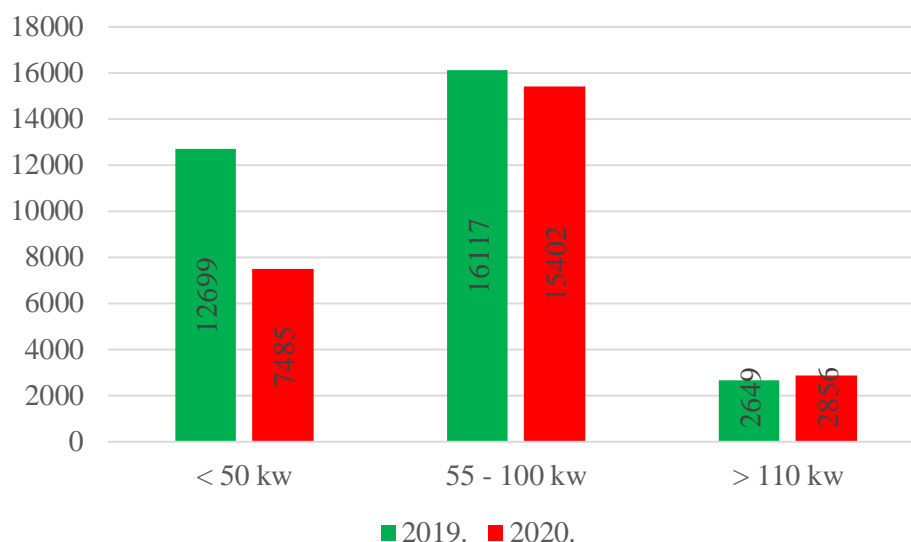
Na slici 6 u četiri kvadranta prikazane su sile ispod kotača u raznim situacijama kretanja u zavoju. Pri tome se X os odnosi na vučnu silu (u pozitivnom smjeru) ili kočionu silu (u negativnom smjeru), dok se Y os odnosi na bočne sile pri skretanju ulijevo ili udesno. Prikazana kružnica označava maksimalnu vrijednost sile iz uvjeta prijanjanja. Područje unutar kruga predstavlja stabilnost kretanja odnosno otpore koje vozilo može svladati. Stoga, područje unutar Kammova kruga pokriva otpore kretanja, odnosno odgovarajuće vučne, kočione i bočne sile, a kružnica određuje graničnu rezultantnu silu prijanjanja. Područje izvan kruga predstavlja uvjet nestabilnosti. Rezultanta vučne i bočne sile prikazuje smjer i vrijednost te sile. Bočno klizanje pogonske osovine nastaje kada rezultantna sila prelazi kružnicu koja predstavlja stabilnost. Kammov krug prijanjanja analizira se kako za prednju, stražnju, tako i ukupno za obje osovine, odnosno cijelo vozilo. Ako je prednji krug prijanjanja manji od stražnjega, vozilo teži

podupravljivosti, tj. zanošenju prednje osovine. Ako je prednji krug veći od stražnjega kruga, vozilo teži preupravljivosti, tj. zanošenju stražnje osovine. [13]

Obzirom na Kammov krug stabilnosti važno je imati na umu da se brzina prilagodi svim uvjetima vožnje kako rezultanta sila vučne i bočne sile ne bi prešla granicu stabilnosti i dovela do zanošenja ili slijetanja vozila sa ceste, to jest do prometne nesreće. Također valja napomenuti i da se pri većim brzinama povećava zaustavni put vozila što također može dovesti do prometne nesreće te je vrlo bitno prilagoditi brzinu u svim mogućim uvjetima vožnje.

Analiza korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća provedena je za 2019. i 2020. godinu, obzirom na činjenicu da nisu dostupni podatci o snagi vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u 2021. godini. Analiza je provedena u statističkom programu R i to na način da su se vozila podijelila u kategorije s obzirom na njihovu snagu. Kako ne postoji nikakva službena podjela vozila po snagi, vozila su podijeljena po procjeni u tri kategorije. U prvu kategoriju svrstana su vozila do 55 kW, u drugu vozila od 55 do 110 kW i u treću vozila preko 110 kW. Navedenim kategorijama varijabla dodijeljeni su mogući slučajevi, točnije ishodi prometnih nesreća: nesreće sa smrtnim ishodom, nesreće sa ozlijeđenim osobama i nesreće sa poginulim osobama. Za obje godine proveden je Hi-kvadrat test i Cramerov V koeficijent koji opisuje jačinu veze između snage vozila i posljedica prometnih nesreća.

Kada u obzir uzmemo vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. i 2020. godine u Republici Hrvatskoj, iz podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova, na grafikonu 16 je prikazan broj vozila koji je sudjelovao u prometnim nesrećama prema navedenim kategorijama snage. Iz grafikona 16 možemo vidjeti da je najzastupljeniji broj vozila u srednjoj kategoriji snage, odnosno između 55 i 110 kW, dok se najmanje vozila nalazi u kategoriji preko 110 kW, što potvrđuje i podatak o prosječnoj snagi vozila koja se prodaju u Hrvatskoj. Valja napomenuti kako ovo nije točan broj vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama, već samo broj vozila kojima je snaga vozila bila poznata i upisana tijekom provođenja očevida. Stoga su analize provedene samo na poznatim uzorcima.



Grafikon 16: Broj vozila po kategorijama snage koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. i 2020. godine u Hrvatskoj

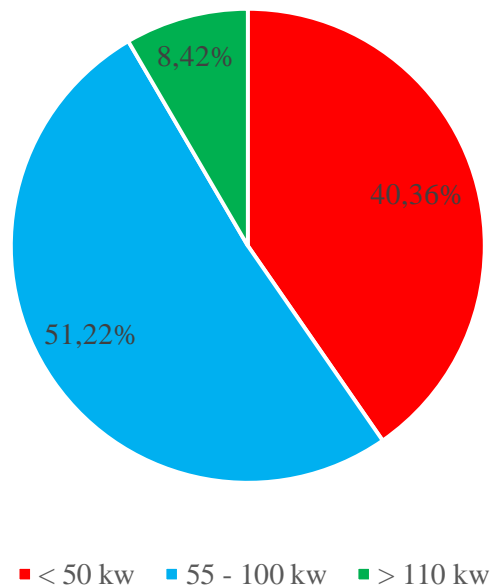
Izvor: [1]

Analiza korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća je provedena samo na osobnim vozilima obzirom na njihov veliki udio u prometnim nesrećama. Rezultati navedene analize pokazat će ima li snaga vozila utjecaja na posljedice prometnih nesreća i kolika je korelacija između ove dvije varijable.

5.1. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i snage vozila koja susudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine

Iz podataka o vozilima dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova za ovu analizu uzeti su podaci o snazi pojedinog vozila. Poznate snage vozila svrstane su u gore navedene kategorije, odnosno u kategoriju snage vozila do 55 kW, snage vozila od 55 do 110 kW i snage vozila preko 110 kW. Uz pomoć jedinstvenog ključa prometne nesreće podaci o snazi vozila su se uz pomoć programa R povezali sa podacima o prometnim nesrećama, točnije podacima o posljedicama prometnih nesreća. Na taj način su se unutar dvije baze podataka prebrojala vozila kojima je poznata snaga i posljedica prometne nesreće u kojoj su sudjelovala, te su razvrstani u kategorije ili varijable.

Dakle, analiza korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća u 2019. godini provedena je na način da se snaga vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama razvrstala u kategorije. Obzirom na ranije navedene kategorije, grafikon 17 prikazuje kako je od ukupnog uzorka od 31.456 osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama i kojima je snaga poznata gotovo 40,36 % vozila bilo snage manje od 55 kW, 51,22 % vozila snage između 55 i 110 kW, te 8,42 % vozila iznad snage od 110 kW.



Grafikon 17: Postotak vozila u odnosu na snagu vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Prema vidljivoj podjeli vozila u skupine, u odnosu na njihovu snagu, daljnja analiza korelacije zahtijevala je dodjelu frekvencija kategorijama snage vozila. To jest, napravljena je kontingencijska tablica u kojoj se nalazi broj opaženih frekvencija ili posljedica nesreća za svako vozilo u kategorijama. Određenom skupu mogućih događaja (u ovom slučaju vozila snage do 55 kW, vozila snage između 55 i 110 kW i vozila snage veće od 110 kW) dodijeljena je frekvencija pojavljivanja ili opažena frekvencija za svaku posljedicu (posljedice sa smrtnim ishodom, posljedice sa ozlijeđenim osobama i posljedice sa materijalnom štetom). Na posljertku uz pomoć statističkog programa R dobivena kontingencijska tablica prikazana je u tablici 8 ispod.

Iz tablice 8 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 92 vozila koja su bila snage do 55 kW, 120 vozila koja su bila snage između 55 i 110 kW i 12 vozila koja su bila snage preko 110 kW. U prometnim nesrećama koje su završile sa teže ili lakše ozlijeđenim osobama sudjelovalo je 3.810 vozila snage do 55 kW, 4.894 vozila snage između 55 i 100 kW i 1.944 vozila koja su bila snage preko 110 kW. U prometnim nesrećama koje su završile samo materijalnom štetom sudjelovalo je 8.797 vozila kojima je snaga bila do 55 kW, 11.103 vozila snage od 55 do 110 kW i 1.944 vozila snage preko 110 kW.

Tablica 8: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godine

Posljedica prometne nesreće	< 50 kw	55 - 100 kw	> 110 kw
Sa smrtnim ishodom	92	120	12
Sa ozlijeđenim osobama	3810	4894	693
Sa materijalnom štetom	8797	11103	1944

Izvor: [1]

Kao nulta hipoteza uzeta je pretpostavka da između snage vozila i posljedica prometnih nesreća nema nikakve povezanosti, odnosno da su nezavisne. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa doći će se do zaključka treba li hipotezu treba odbaciti ili ne. Što je vrijednost Hi-kvadrat testa manja to je vjerojatnije da treba prihvatiti navedenu hipotezu (u ovom slučaju da nema nikakve povezanosti između snage i posljedica prometne nesreće). S druge strane, što je vrijednost veća, hipotezu treba odbaciti iz razloga što se opaženi rezultati znatno razlikuju od onih koji bi se pod određenom hipotezom očekivali. Osim vrijednosti Hi-kvadrat testa dobit će se i vrijednost p na temelju koje se također može zaključiti treba li odbaciti pretpostavljenu hipotezu ili ne. Ako je njena vrijednost manja od 0,05 nulta hipoteza se odbacuje, a ako je njena vrijednost veća od 0,05 nulta hipoteza se prihvaća.

Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i kontingencijske tablice (tablica 8), u statističkom programu R, uz pisanje posebnog koda za provođenje Hi-kvadrat testa dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 23.06$,
- $p = 0.0001232$.

Na temelju provedenog Hi-kvadrat testa i dobivenih rezultata dolazi se do zaključka da nultu hipotezu o nezavisnosti snage vozila i posljedica prometnih nesreća treba vjerojatno odbaciti te da oni nisu nezavisni. Kako bi se utvrdilo kolika je korelacija između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent.

Cramerov V koeficijent također je napravljen uz pomoć statističkog programa R kako bi se odredila što točnija povezanost između navedenih podataka. Kao što je spomenuto ranije, Cramerov V koeficijent opisuje jačinu veze između dvije kvalitativne varijable, a poprima vrijednost u intervalu [0,1]. Dobivena vrijednost u programu R za Cramerov V koeficijent iznosi:

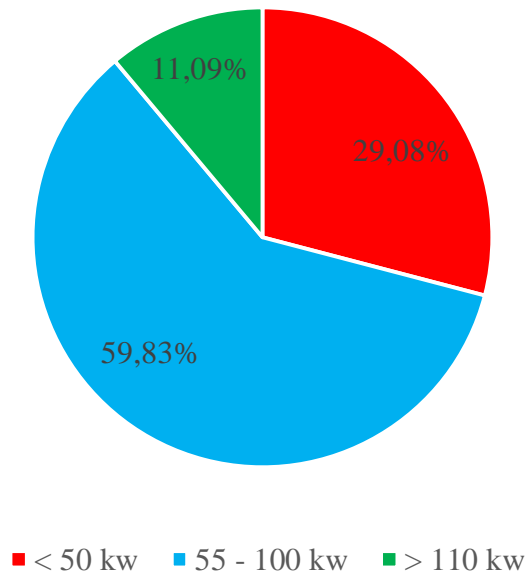
$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.01914255$$

Vrijednost Cramerovog V koeficijenta nalazi se u intervalu $V \in [0, 0.1]$ sukladno kojem nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i snage vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2019. godine.

5.2. Korelacija između posljedica prometnih nesreća i snage vozila koja sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine

Analiza korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća za 2020. godinu napravljena je na isti način kao za prethodnu godinu. Poznate snage vozila svrstane su u kategorije: snaga vozila do 55 kW, snaga vozila od 55 do 110 kW i snaga vozila preko 110 kW. Uz pomoć jedinstvenog ključa prometne nesreće podaci o snazi vozila su se, uz pomoć programa R, povezali sa podacima o posljedicama prometnih nesreća. Na taj način su se unutar dvije baze podataka prebrojala vozila kojima je poznata snaga i posljedice prometne nesreće u kojoj su sudjelovala, te su razvrstani u kategorije ili varijable. Dobiveni podaci prikazani su u grafikonu 18.

Obzirom na ranije navedene kategorije, grafikon 18 prikazuje kako je od ukupnog uzorka od 25.743 osobnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine i kojima je snaga poznata 29,08 % vozila bilo snage manje od 55 kW, 59,83 % vozila snage između 55 i 110 kW, te 11,09 % vozila iznad snage od 110 kW.



Grafikon 18: Postotak vozila u odnosu na snagu vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine u Hrvatskoj

Izvor: [1]

Daljnja analiza korelacije zahtijevala je dodjelu frekvencija kategorijama snage vozila. To znači da je napravljena kontingencijska tablica u kojoj se nalazi broj opaženih frekvencija ili posljedica nesreća za svako vozilo u kategorijama. Određenom skupu mogućih događaja (u ovom slučaju vozila snage do 55 kW, vozila snage između 55 i 110 kW i vozila snage veće od 110 kW) dodijeljene su frekvencije pojavljivanja ili opažene frekvencije za svaku posljedice (posljedice sa smrtnim ishodom, posljedice sa ozlijeđenim osobama i posljedice sa materijalnom štetom). Na posljetku uz pomoć statističkog programa R dobivena kontingencijska tablica prikazana je u tablici 9 ispod.

Iz tablice 9 vidljivo je da je u prometnim nesrećama koje su završile sa smrtnim ishodom sudjelovalo 20 vozila koja su bila snage do 55 kW, 100 vozila koja su bila snage između 55 i 110 kW i 21 vozila koja su bila snage preko 110 kW. U prometnim nesrećama, a koje su završile

sa teže ili lakše ozlijeđenim osobama sudjelovalo je 2.272 vozila snage do 55 kW, 3.969 vozila snage između 55 i 100 kW i 592 vozila koja su bila snage preko 110 kW. U prometnim nesrećama koje su završile samo materijalnom štetom sudjelovalo je 5.163 vozila kojima je snaga bila do 55 kw, 11.333 vozila snage od 55 do 110 kw i 2.243 vozila snage preko 110 kw.

Tablica 9: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine

Posljedica prometne nesreće	< 50 kw	55 - 100 kw	> 110 kw
Sa smrtnim ishodom	50	100	21
Sa ozljeđenim osobama	2272	3969	592
Sa materijalnom štetom	5163	11333	2243

Izvor: [1]

Kao nulta hipoteza također je uzeta pretpostavka da između snage vozila i posljedica prometnih nesreća nema nikakve povezanosti, odnosno da su nezavisne. Nakon provođenja Hi-kvadrat testa doći će se do zaključka da li hipotezu treba odbaciti ili ne. Na temelju podataka dobivenih od Ministarstva unutarnjih poslova i kontingencijske tablice (tablica 9), u statističkom programu R, uz pisanje posebnog koda za provođenje Hi-kvadrat testa dobivene su sljedeće vrijednosti:

- $\chi^2 = 110.3$,
- $p = 2.2 \times 10^{-16}$.

Na temelju provedenog Hi-kvadrat testa i dobivenih rezultata može se uočiti da su dobivene veće vrijednosti u odnosu na 2019. godinu. U ovom slučaju dolazi se do istog zaključka, a to je da nultu hipotezu o nezavisnosti snage vozila i posljedica prometnih nesreća treba vjerojatno odbaciti te da oni nisu nezavisni. Kako bi utvrdili kolika je korelacija između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća na temelju provedenog Hi-kvadrat testa proveden je i Cramerov V koeficijent u programu R. Dobivena vrijednost u programu R za Cramerov V koeficijent iznosi:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times (q - 1)}} = 0.04628605$$

Dobivena vrijednost Cramerovog V koeficijenta nalazi se u intervalu $V \in [0, 0.1]$ sukladno kojem nema korelacije između posljedica prometnih nesreća i snage vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u Hrvatskoj 2020. godine.

Na temelju provedenih analiza za 2019. i 2020. godinu za korelaciju između snage vozila i posljedica prometnih nesreća može se zaključiti da su snaga vozila i posljedice prometnih nesreća dvije nezavisne varijable. Točnije, Hi-kvadrat testom njihova nulta hipoteza se ne odbacuje u potpunosti, ali provedeni Cramerov V koeficijent govori nam kako između njih nema povezanosti. Obzirom na veliki udio vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u ove dvije godine, a kojima snaga nije poznata može se pretpostaviti da bi rezultat s potpunim podacima o snazi svih vozila bio točniji i pouzdaniji. Stoga, ne treba u potpunosti odbaciti povezanost između ove dvije varijable.

6. ZAKLJUČAK

Vozilo je bitan čimbenik sigurnosti cestovnog prometa. Ono svojim aktivnim i pasivnim elementima ima zadaću smanjiti mogućnost prometnih nesreća ili u slučaju prometne nesreće ublažiti njene posljedice. Tehnički sustav vozila treba biti funkcionalan i pouzdan tijekom cijelog eksploatacijskog vijeka. Međutim tijekom radnog vijeka ovaj sustav gubi svoje prvobitne karakteristike što nema pozitivan utjecaj na sigurnost. U Hrvatskoj je najčešća vrsta vozila koja sudjeluju u prometnim nesrećama osobno vozilo te odmah nakon njega slijedi motocikl. Prosječna snaga vozila koja su sudjelovala u nesrećama iznosi oko 68 kW, prosječna starost vozila veća je od prosjeka voznog parka u Hrvatskoj koji iznosi 14,34 godina, a tehnička neispravnost vozila je u prosjeku uzročnik prometnih nesreća s oko 0,2 %.

Starost vozila izravno utječe na tehničku ispravnost vozila te sukladno tomu ima utjecaja i na nastanak prometnih nesreća. Pretpostavka je da vozila koja su starija imaju veću vjerojatnost od nastanka prometnih nesreća znajući da vozilima većeg životnog vijeka tehničke značajke više odstupaju od propisanih uvjeta. Ova pretpostavka može se i potvrditi podacima o prometnim nesrećama u protekle tri godine u Hrvatskoj po kojima je oko 80 % vozila u nesrećama bilo starije od prosjeka. Povezanost starosti vozila i posljedica prometnih nesreća je srednje do jaka prema provedenim istraživanjima u radu. Sve navedene podatke u vezi starosti vozila treba uzeti na dodatno razmatranje i poduzeti neke akcije kojima bi se starija vozila češće trebala podvrgnuti tehničkim pregledima i ispitivanjima kako bi se povećala sigurnost sudionika u prometu.

Svako vozilo zakonski mora pristupiti redovnom tehničkom pregledu kako bi se ispitalo ima li propisane uređaje i opremu, jesu li ti uređaji i oprema ispravni te udovoljavaju li propisanim uvjetima za sudjelovanje u prometu na cesti. Prema statistikama gotovo svako četvrto vozilo u Hrvatskoj ne prođe tehnički pregled. Naknadnim ispitivanjem vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama sa smrtnim ishodom dokazano je da je postotak neispravnosti vozila veći od pretpostavljenog te da su se saniranjem utvrđenih neispravnosti ljudski životi mogli sačuvati. Najčešće neispravnosti odnose se na vitalne djelove vozila. Na temelju provedenih analiza korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica nesreća može se doći do zaključka kako su ove dvije varijable nezavisne. Međutim, povezanost ove dvije varijable ne bi trebalo olako odbaciti uzme li se u obzir da se zbog nedostatka podataka i

trenutne organizacije očevida ne može doći do točnog podatka koji govori je li tehnička neispravnost bila uzročnik prometne nesreće.

Kada je riječ o utjecaju snage vozila na nastanak prometnih nesreća, odnosno posljedice prometnih nesreća, prema provedenim analizama korelacije između ove dvije varijable nema. Međutim, netreba u potpunosti odbaciti povezanost ove dvije varijable obzirom na nedostatak podataka prikupljenih na očevidu. Snažnija vozila se dovode u vezu sa željom za razvitkom većih brzina, a brzina je uzročnik prometnih nesreća u 34,8 % slučajeva. Razvijanjem većih brzina stabilnost i upravljivost vozila dovodi se u rizik. Obzirom na navedeno bitno je imati što točnije podatke o snazi vozila kako bi se moglo točnije utvrditi koji je utjecaj ove značajke vozila na nastanak prometnih nesreća i sigurnost prometa u cjelini.

Točan utjecaj tehničkih značajki vozila i vozila u cjelini na nastanak prometnih nesreća nikad se u potpunosti neće moći točno odrediti. Razlog ovoj tvrdnji je činjenica da se pri nastanku prometnih nesreća ne može izolirati samo jedan čimbenik koji je krivac nesreće, odnosno pri nastanku nesreće može biti i više čimbenika koji su prouzročili nesreću, bilo to vozilo, cesta, vozač, incidentni čimbenik ili promet. Također, valja napomenuti kako bi se do preciznijih podataka moglo doći drugačijim provođenjem organizacije očevida i kvalitetnijim prikupljanjem podataka sa terena. Sukladno navedenom mogu se provoditi daljnje akcije i planovi u cilju povećanja sigurnosti prometa u cjelini.

LITERATURA

- [1] Podaci o prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine, Ministarstvo unutarnjih poslova, interni podaci
- [2] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2019., 2020, i 2021. godine, Ministarstvo unutarnjih poslova, preuzeto s: <https://mup.gov.hr/pristup-informacijama-16/statistika-228/statistika-mup-a-i-bilteni-o-sigurnosti-cestovnog-prometa/283233> , pristupljeno u lipnju 2022.
- [3] Centar za vozila Hrvatske, preuzeto s: <https://www.cvh.hr/gradani/tehnicki-pregled/statistika/>, pristupljeno u srpnju 2022.
- [4] Grubišić A: Hi-kvadrat i njegove primjene, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektronike i računalstva, Zagreb, 2004., preuzeto s: https://bib.irb.hr/datoteka/145851.Ani_Grubisic_hi_kvadrat.pdf , pristupljeno u lipnju 2022.
- [5] Korelacija, Statistički praktikum 2: Nastavni materijali prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, preuzeto s: <https://web.math.pmf.unizg.hr/nastava/statpr2/>, pristupljeno u lipnju 2022.
- [6] Upoznavanje sa sintaksom jezika R i njegova primjena u osnovnoj statističkoj i grafičkoj analizi podataka, preuzeto: https://www.srce.unizg.hr/files/srce/docs/edu/R/s720_polaznik.pdf , pristupljeno u svibanju 2022.
- [7] Zovak G., Kučinić T., Ševo I.: Importance of technical inspection of vehicles after traffic accidents, Internation scientific journal „Trans Motoauto World“, 2016. – Preuzeto: <https://stumejournals.com/journals/tm/2016/4/3.full.pdf> , pristupljeno u lipnju 2022.
- [8] Pravilnik o tehničkim pregledima vozila, NN 16/18, 16.02.2018
- [9] url: <https://www.vecernji.hr/auti/uzivo-od-11-sati-razgovaramo-o-vaznosti-tehnickog-pregleda-1241574>, pristupljeno u lipnju 2022.
- [10] Zavada, J.: Prijevozna sredstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2000.
- [11] url: <https://www.statista.com/statistics/425334/eu-car-sales-average-engine-power-by-country/> , pristupljeno u srpnju 2022.
- [12] Nacionalni plan sigurnosti cestovnog prometa u Republike Hrvatske za razdoblje od 2020. do 2030.

[13] Mikulić D.: Motorna vozila – Teorija kretanja i konstrukcija, III. Izdanje, Veleučilište Velika Gorica, Velika Gorica, 2020.

POPIS KRATICA

ABS	(Anti-lock Braking System) Sustav sprječavanja blokiranja kotača
ASR	(Anti-Slip Regulation) Sustav sprječavanja proklizavanja kotača
DMS	(Driver Monitoring System) Sustav praćenja vozača
ESC	(Electronic Stability Control) Elektronička kontrola stabilnosti
KS	Konjska snaga
kW	Kilovat
LDWS	(Lane Departure Warning System) Sustav za upozoravanje na napuštanje prometne trake
NVS	(Night Vision System) Sustav noćnog vida

POPIS SLIKA

<i>Slika 1: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine</i>	4
<i>Slika 2: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine</i>	4
<i>Slika 3: Vrsta vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine</i>	5
<i>Slika 4: Pregled starosti prema vrstama vozila registriranih u 2021. godini</i>	12
<i>Slika 5: Prosječna snaga motora osobnih vozila u Europi (izraženo u kW)</i>	40
<i>Slika 6: Kammov krug prijanjanja</i>	42

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godine</i>	17
<i>Tablica 2: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine</i>	20
<i>Tablica 3: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između starosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2021. godine</i>	23
<i>Tablica 4: Udio grešaka prema sklopovima na redovnom tehničkom pregledu u 2021. godini za sve vrste vozila (prilikom prvog pregleda vozila)</i>	27
<i>Tablica 5: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godini</i>	32
<i>Tablica 6: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine</i>	35
<i>Tablica 7: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između tehničke ispravnosti vozila i posljedica prometnih nesreća 2021. godine</i>	37
<i>Tablica 8: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća 2019. godine</i>	46

Tablica 9: Kontingencijska tablica za analizu korelacije između snage vozila i posljedica prometnih nesreća 2020. godine	49
--	----

POPIS GRAFIKONA

<i>Grafikon 1: Posljedice prometnih nesreća u Hrvatskoj za 2019., 2020. i 2021. godinu</i>	3
<i>Grafikon 2: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine</i>	6
<i>Grafikon 3: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine</i>	6
<i>Grafikon 4: Marka vozila koja su najčešće sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine</i>	7
<i>Grafikon 5: Starost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine u Hrvatskoj.....</i>	8
<i>Grafikon 6: Tehnička ispravnost vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama u protekle tri godine u Hrvatskoj.....</i>	9
<i>Grafikon 7: Prikaz broja vozila koji je sudjelovao u prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine u odnosu na starost voznog parka u Hrvatskoj.....</i>	13
<i>Grafikon 8: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2019. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj.....</i>	16
<i>Grafikon 9: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2020. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj.....</i>	19
<i>Grafikon 10: Postotak vozila u prometnim nesrećama 2021. godine u odnosu na prosječnu starost vozila u Hrvatskoj.....</i>	22
<i>Grafikon 11: Broj tehnički ispravnih i neispravnih vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019., 2020. i 2021. godine u Hrvatskoj</i>	29
<i>Grafikon 12: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine u odnosu na tehničku ispravnost</i>	31
<i>Grafikon 13: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine u odnosu na tehničku ispravnost</i>	34
<i>Grafikon 14: Postotak vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2021. godine u odnosu na tehničku ispravnost</i>	36

<i>Grafikon 15: Najčešći uzročnici prometnih nesreća od 2010. do 2019. godine u Hrvatskoj ..</i>	41
<i>Grafikon 16: Broj vozila po kategorijama snage koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. i 2020. godine u Hrvatskoj.....</i>	44
<i>Grafikon 17: Postotak vozila u odnosu na snagu vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2019. godine u Hrvatskoj</i>	45
<i>Grafikon 18: Postotak vozila u odnosu na snagu vozila koja su sudjelovala u prometnim nesrećama 2020. godine u Hrvatskoj</i>	48

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je **diplomski rad** isključivo rezultat mogega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom **Utjecaj tehničkih značajki vozila na nastanak prometnih nesreća (Influence of Technical Characteristics of Vehicles on the Occurrence of Traffic Accidents)**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 29. kolovoza 2022.

Nikolina Marasović,

(ime i prezime, potpis)