

# Utjecaj prednjeg profila vozila na određivanje brzine naleta vozila na pješaka

---

Velić, Želimir

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*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:119:382059>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-06-29**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Želimir Velić**

**UTJECAJ PREDNJEG PROFILA VOZILA NA  
ODREĐIVANJE BRZINE NALETA VOZILA NA  
PJEŠAKA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2020.**

Zagreb, 27. ožujka 2020.

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

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 5982

Pristupnik: **Želimir Velić (0195025687)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj prednjeg profila vozila na određivanje brzine naleta vozila na pješaka**

Opis zadatka:

U radu je potrebno opisati dinamiku naleta vozila na pješaka. Objasniti metode za određivanje brzine naleta vozila na pješaka te analizirati značajke prednjeg profila vozila na osobnim automobilima. Provesti simulacije naleta vozila na pješaka u računalnom programu PC Crash te na temelju dobivenih rezultat odrediti utjecaj prednjeg profila vozila na odbačaj pješaka

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

doc. dr. sc. Željko Šarić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**UTJECAJ PREDNJEG PROFILA VOZILA NA  
ODREĐIVANJE BRZINE NALETA VOZILA NA  
PJEŠAKA**

**IMPACT OF FRONT PROFILE OF VEHICLE IN  
DETERMINING THE SPEED OF VEHICLE IN  
COLLISION WITH PEDESTRIAN**

Mentor: doc. dr. sc. Željko Šarić

Student: Želimir Velić

JMBAG: 0195025687

Zagreb, rujan 2020.

## SAŽETAK

U ovom diplomskom radu proučava se određivanje brzine naleta vozila na pješaka, točnije utjecaj prednjeg profila vozila kao jednog od čimbenika pri određivanju naletne brzine. Brzina vozila pri naletu na pješaka je ključna stavka koju je potrebno odrediti prilikom utvrđivanja okolnosti nastanka prometne nesreće i, ukoliko je nadalje potrebno, rekonstrukcije. Pri tome se može koristiti više metoda, a jedna od njih je metoda na temelju odbačaja pješaka na čije rezultate izravno utječu značajke prednjeg profila vozila. Kroz rad će se opisati dinamika naleta vozila na pješaka, te metode koje se koriste pri određivanju brzine naleta. Nadalje, vozila će se podijeliti u grupe obzirom na značajke prednjeg profila te će se vršiti simulacije naleta vozila na pješaka u simulacijskom alatu PC Crash. Analizom dobivenih rezultata cilj je utvrditi koliko različiti prednji profili vozila utječu na odbačaj pješaka i samim time na utvrđivanje brzine naleta.

**KLJUČNE RIJEČI:** nalet na pješaka; brzina naleta; prednji profil vozila; PC Crash

This research analyses determination of the speed of the vehicle in collision with pedestrians, namely the impact of the front profile of the vehicle as one of the factors in determining the collision speed. Vehicle speed in collision is key factor to be determined when determining the circumstances of a car accident and, if later necessary, reconstruction. Several methods may be used, one of which is method based on pedestrian throw distance whose results are directly impacted by the front profile of the vehicle. The paper will describe the dynamics of pedestrian-vehicle crashes and the methods used to determine the speed of a crash. Furthermore, vehicles will be divided into groups according to the front profile features and simulations of pedestrian vehicle crashes will be performed in the PC Crash simulation tool. By analyzing the results obtained, the goal is to determine how different front vehicle profiles affect pedestrian throw and thus determination of the impact speed.

**KEY WORDS:** vehicle – pedestrian collision; impact speed, vehicle front profile; PC Crash

# SADRŽAJ

1.	UVOD .....	1
2.	DINAMIKA NALETA NA PJEŠAKA .....	3
2.1.	Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka .....	4
2.2.	Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka.....	6
2.3.	Bočno okrznuće vozila i pješaka.....	6
2.4.	Pregaženje pješaka .....	7
2.5.	Kinematika naleta vozila na pješaka.....	8
2.5.1.	Nalet vozila klinastog oblika .....	10
2.5.2.	Nalet vozila pontonskog oblika .....	11
2.5.3.	Nalet vozila sandučastog oblika .....	12
2.6.	Odbačaj pješaka prilikom naleta vozila .....	12
2.7.	Statistički podaci o broju prometnih nesreća s pješacima u Republici Hrvatskoj .....	14
3.	METODE ODREĐIVANJA BRZINE NALETA VOZILA NA PJEŠAKA .....	20
3.1.	Određivanje brzina vozila na temelju tragova kočenja .....	24
3.2.	Određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja pješaka .....	27
3.3.	Određivanje brzine vozila na temelju oštećenja na vozilu i ozljeda pješaka ....	29
3.4.	Određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja čestica vjetrobranskog stakla .....	30
3.5.	Određivanje brzine vozila na temelju odbačaja predmeta koje je pješak nosio	31
3.6.	Određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa .....	32
3.7.	Određivanje brzine vozila očitavanjem iz EDR uređaja .....	34
4.	ZNAČAJKE PREDNJEG PROFILA VOZILA NA OSOBNIM AUTOMOBILIMA .....	36
5.	SIMULACIJA NALETA VOZILA NA PJEŠAKA PROGRAMSKIM ALATOM PC CRASH.....	44
5.1.	Programski alat PC Crash .....	44
5.2.	Simulacije naleta vozila na pješaka .....	48
6.	ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA UTJECAJA PREDNJEG PROFILA VOZILA NA ODBAČAJ PJEŠAKA.....	52
7.	ZAKLJUČAK .....	61

LITERATURA.....	63
POPIS SLIKA .....	64
POPIS GRAFIKONA .....	64
POPIS TABLICA.....	65

# 1. UVOD

Naleti vozila na pješaka su jedna od najčešćih i najopasnijih vrsta prometnih nesreća. Zbog nezaštićenosti pješaka vrlo često dolazi do teških ozljeda i smrti pješaka. Pri takvim prometnim nesrećama potrebno je utvrditi okolnosti nastanka nesreće što je vrlo složen proces, a točni rezultati su često potrebni kod sudskih i prekršajnih postupaka.

Jedna od najvažnijih stavki je što preciznije odrediti brzinu vozila u trenutku naleta na pješaka. Određivanje brzine pri naletu je također vrlo složena radnja i postoji više metoda za njeno određivanje. Metode ovise o mnogo faktora i samim time iziskuju mnogo znanja i iskustva od prometnih vještaka. Jedan od faktora je oblik prednjeg profila vozila kojeg je potrebno pobliže istražiti.

Naslov ovog diplomskog rada glasi: Utjecaj prednjeg profila vozila na određivanje brzine naleta vozila na pješaka. Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Dinamika naleta vozila na pješaka
3. Metode određivanja brzine naleta vozila na pješaka
4. Značajke prednjeg profila vozila na osobnim automobilima
5. Simulacija naleta vozila na pješaka programskim alatom PC Crash
6. Analiza rezultata ispitivanja utjecaja prednjeg profila vozila na odbačaj pješaka
7. Zaključak

Tema drugog poglavlja je dinamika naleta vozila na pješaka. Naleti na pješaka su podijeljeni prema vrsti na potpune i djelomične frontalne, bočna okrznuća i pregaženja. Opisane su faze kretanja tijela pješaka pri potpunom frontalnom naletu, definirani su pojmovi poput uzdužnog i poprečnog odbačaja tijela. Prikaza su tri uopćena oblika prednjih profila vozila: pontonski, klinasti i sandučasti, te njihovi utjecaji na odbačaj pješaka. Na kraju su prikazani statistički podaci o prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj u proteklih deset godina.



U trećem poglavlju opisan je očevid kao radnja koja prethodi svakoj analizi prometnih nesreća i kojom se prikupljaju svi relevantni dokazi i tragovi. Nakon toga su objašnjene metode kojima se može odrediti brzina naleta vozila na pješaka.

U četvrtom poglavlju opisane su značajke prednjih profila osobnih vozila koja su prethodno podijeljena u kategorije prema vanjskim dimenzijama i masama. Značajke su analizirane mjerenjem visina karakterističnih točaka prednjeg profila od podloge i mjerenjem njihovih međusobnih horizontalnih udaljenosti.

U petom poglavlju su simulirani naleti osobnih vozila, koji su predstavljali svaku pojedinu kategoriju, na pješaka u programskom alatu PC Crash. Simulacije su odrađene s brzinama naleta od 40, 50, 60 i 70 kilometara na sat.

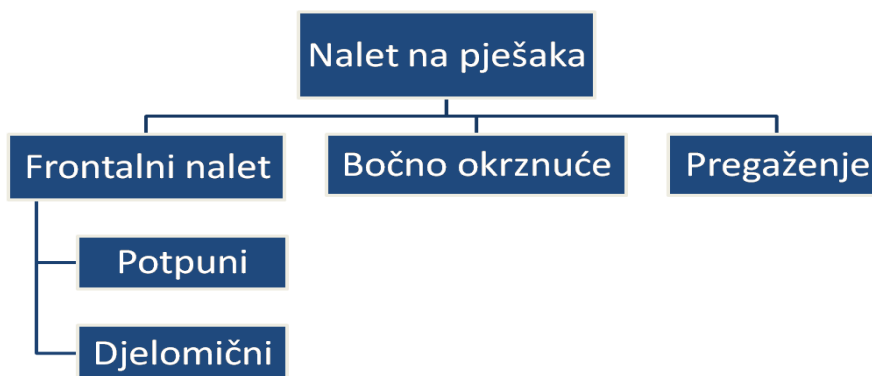
U šestom poglavlju su analizirani podaci dobiveni simulacijama, te su dobivene daljine odbačaja pješaka korištene u proračunima pomoću drugih metoda s ciljem usporedbe krajnjih rezultata naletnih brzina.

U sedmom poglavlju je dan zaključak cijelog rada.

## 2. DINAMIKA NALETA NA PJEŠAKA

Pješačenje je najstariji i najrasprostranjeniji oblik kretanja ljudi. Najekonomičniji je način kretanja i često najbrži prilikom savladavanja manjih udaljenosti u zagušenom prometu u gradovima. Gotovo svaki čovjek je u nekom trenutku života bio pješak. Pješacima se smatraju sve osobe koje hodaju, te osobe koje koriste razna pomagala za kretanje pomoću vlastitih mišića zbog fizičkih nedostataka ili rekreacije, osim bicikla. Pješaci imaju veliku slobodu prilikom kretanja u smislu lakog mijenjanja smjera kretanja, okretanja i svladavanja manjih prepreka. Oni su fizički najmanje zaštićeni sudionici u prometu i obzirom na brzinu i lakoću promjene smjera kretanja čine najugroženiju skupinu sudionika u prometu.

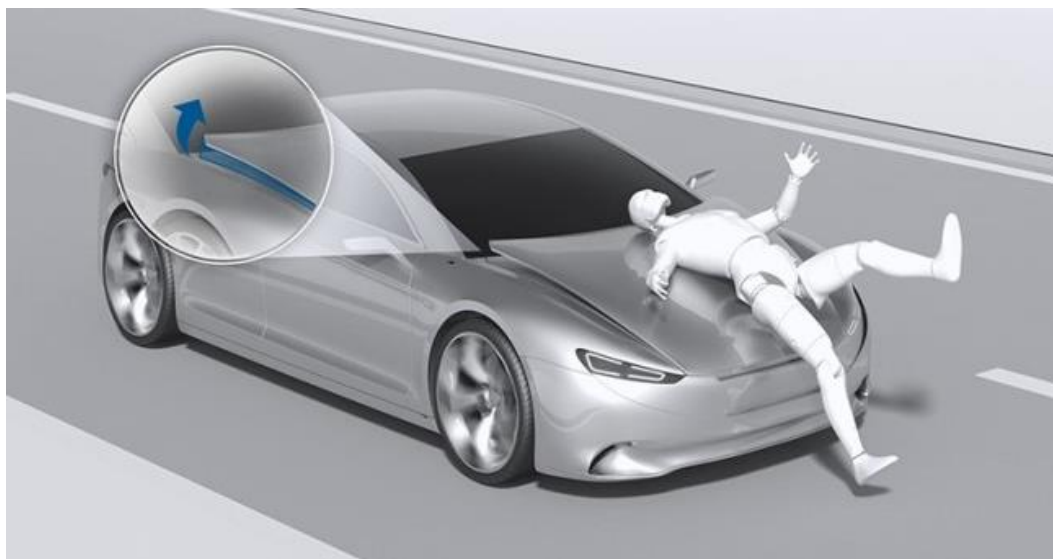
Nalet vozila na pješaka predstavlja svaki kontakt tijela pješaka s vozilom koje je u pokretu, bez obzira na način na koji je došlo do takvog kontakta i predstavlja jedan od najčešćih oblika prometnih nesreća u cestovnom prometu. Najčešća podjela radi se na temelju načina na koji je došlo do kontakta, pa se tako može podijeliti na: frontalni nalet koji se nadalje može podijeliti na potpuni i djelomični, bočno okružnuće i pregaženje. Shematski prikaz podjele vidljiv je na slici 1, [1].



Slika 1. Vrste naleta vozila na pješaka [1]

## 2.1. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka

Prilikom potpunog frontalnog naleta vozila na pješaka tijelo pješaka se nalazi ispred vozila i unutar gabarita vozila, a ukoliko dođe do vidljivih oštećenja vozila, ona se nalaze na središnjem djelu prednjeg djela vozila, [1]. Slika 2 prikazuje potpuni frontalni nalet.



Slika 2. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka [2]

Do većine naleta na pješaka dolazi prilikom kočenja, stoga su gotovo sva ispitivanja vršena dok vozilo koči. Pri naletu kočenog vozila karakteristične su tri faze. U prvoj fazi dolazi do prvog kontakta između vozila i pješaka, odnosno udara i zatim nošenja pješaka vozilom. U drugoj fazi se tijelo pješaka odvaja od vozila i leti zrakom, sve dok ne dodirne kolnik. U trenutku kontakta s kolnikom počinje treća faza u kojoj tijelo pješaka kliže kolnikom do konačnog zaustavljanja uslijed trenja o podlogu. Faze gibanja tijela pješaka pri frontalnom naletu prikazane su na slici 3, [1].



Slika 3. Faze gibanja tijela pješaka pri frontalnom naletu [1]

Pri ovakvim prometnim nesrećama najčešće dolazi do ozljeda pješaka koje se mogu razvrstati na primarne, sekundarne i tercijarne. Primarne ozljede pješaka nastaju u prvoj fazi naleta prilikom prvog kontakta vozila i pješaka, dok sekundarne također nastaju u prvoj fazi, ali prilikom nabacivanja tijela na vozilo. Primarne i sekundarne ozljede su najbrojnije i najteže, te na temelju njih je moguće približno odrediti naletnu brzinu vozila. Tercijarne ozljede nastaju prilikom kontakta tijela i kolnika i uglavnom su lakše od primarnih i sekundarnih, [1].

Nakon prvog kontakta tijelo pješaka bude nabačeno na vozilo bez obzira je li vozilo kočilo ili ne. Razlika je u tome da prilikom naleta nekočenog vozila tijelo pješaka ostaje na vozilu sve dok ne počne kočenje, te u tom trenutku počinje odvajanje tijela od vozila kao i kod naleta kočnog vozila i tijelo pada na kolnik. Moguće je da tijelo ostane na vozilu sve do zaustavljanja vozila ukoliko je intenzitet kočenja bio slab. Odbačaj tijela kod nekočenog vozila je veći nego kod kočnog vozila jer se tijelo duže zadržava na vozilu. Ovo je vrlo bitno kod određivanja naletne brzine da se duljina odbačaja tijela, radi nošenja, ne upotrijebi krivo pri proračunu naletne brzine, [1].

Ponekad tijelo pješaka padne bočno od vozila i nakon naleta se zaustavi iza vozila. U tom slučaju se daljina odbačaja ne može koristiti prilikom određivanja naletne brzine. Ukoliko se tijelo poslije nesreće zatekne iza stražnjeg dijela vozila, a prema tragovima je moguće utvrditi da je tijelo preletjelo preko vozila, daljina odbačaja tijela je ista kao i kod kočnog vozila, osim ako je došlo i do pregaženja tijela vozilom, [1].

## **2.2. Djelomični frontalni nalet vozila na pješaka**

Pri djelomičnom frontalnom naletu oštećenja na prednjem dijelu vozila nalaze se na krajnjem lijevom ili desnom dijelu. Ovakav nalet se još može podijeliti na ulazni djelomični frontalni nalet, djelomični frontalni nalet u pravcu i izlazni djelomični frontalni nalet.

Pri ulaznom naletu pješak nailazi do vozila sa strane i vozilo ga djelomično zahvaća, najčešći je udar u nogu koja je u iskoraku, što čini primarni kontakt. Zatim dolazi do rotacije tijela oko njegove uzdužne osi uz bok vozila, pri čemu obično ostaju oštećenja na prednjem blatobranu i bočnoj strani vozila. Pri toj rotaciji tijelo dobiva obodnu brzinu rotacije koja može biti skoro jednaka naletnoj brzini vozila, dok je odbačaj tijela značajno manji nego kod potpunog frontalnog naleta, [1].

Kinematika naleta kod djelomičnog frontalnog naleta u pravcu je slična kao i kod ulaznog frontalnog naleta, ali specifičnost je u ovom slučaju mogućnost djelomičnog nabacivanja pješaka na vozilo uz istovremenu rotaciju tijela uz bok vozila. Ukoliko dođe do djelomičnog nabacivanja tijela, na vozilu će biti vidljivi tragovi i oštećenja duž gornje strane prednjeg blatobrana, [1].

Pri izlaznom djelomičnom frontalnom naletu, pješak nailazi do vozila sa strane, te prije kontakta s vozilom uspijeva skoro potpuno proći ispred prednjeg dijela vozila. Prilikom kontakta tijelo zadobiva samo djelomičnu rotaciju oko svoje uzdužne osi, a zbog svog kretanja od vozila više neće doći u kontakt s bočnom stranom vozila. Svi oblici djelomičnog frontalnog naleta pokazuju neke specifičnosti i prijelazna stanja prema potpunom frontalnom naletu, stoga zahtijevaju posebnu analizu i veliku stručnost i iskustvo prometnih vještaka, [1].

## **2.3. Bočno okrznuće vozila i pješaka**

Bočno okrznuće predstavlja nalet vozila pri kojem tijelo pješaka dolazi u kontakt s isključivo bočnom stranom vozila jer prednji dio vozila do trenutka kontakta već prolazi pored pješaka stoga na prednjem dijelu vozila neće biti nikakvih tragova kontakta. Pod bočno okrznuće spada i zahvaćanje pješaka isturenim dijelom vozila, poput retrovizora. Do bočnog okrznuća može doći kada se pješak kreće prema vozilu sa strane, ali i ako se pješak kreće paralelno s

vozilom u smjeru kretanja vozila ili suprotno smjeru kretanja vozila. Iako rijetki, mogući su i slučajevi bočnog okrznuća kada pješak stoji na mjestu, [1].

Intenzitet i trajanje kontakta vozila i pješaka ovisi uvelike o brzini kretanja i nalijetanja pješaka na vozilo koje prolazi pored njega. Nakon kontakta s vozilom tijelo se uvijek odbacuje prema naprijed i u stranu, te se zaustavlja iza linije zaustavljanja prednjeg dijela vozila. Naletnu brzinu nije moguće odrediti na temelju odbačaja pješaka ili oštećenja na vozilu. Pri ovakvim naletima tijelo dobiva samo dio impulsa od vozila, stoga je stvarna naletna brzina uvijek veća, ali ju nije moguće točno utvrditi. U rijetkim slučajevima, i to isključivo ako se je pješak kretao prema vozilu, moguće je na temelju težine i vrste ozljeda pješaka odrediti najmanju moguću naletnu brzinu, [1].

## **2.4. Pregaženje pješaka**

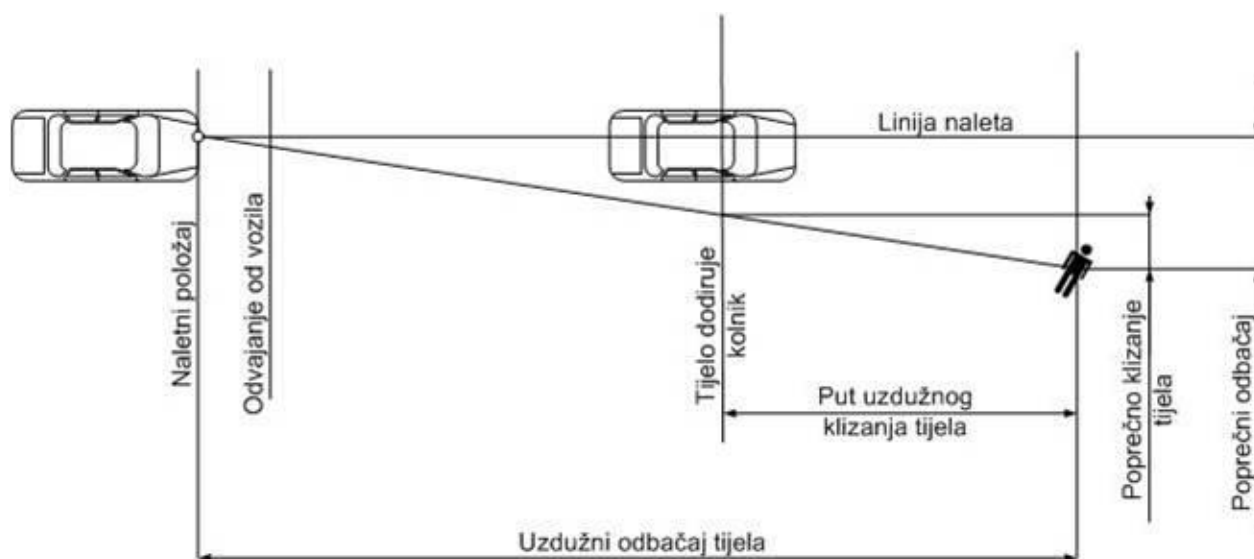
Pregaženjem pješaka se smatra prometna nesreća pri kojoj vozilo prelazi preko ili iznad tijela pješaka koji leži na kolniku. Do mogućnosti pregaženja može doći na dva načina, stoga se razlikuje jednostavno i složeno pregaženje. Ukoliko se u trenutku nesreće tijelo pješaka zatekne u ležećem položaju na kolniku, a tamo je dospjelo zbog alkoholiziranosti, utjecaja lijekova ili droga, poskliznuća ili slično, te je nakon toga pregaženo nailazećim vozilom, smatra se da je došlo do jednostavnog pregaženja. Ukoliko je vozilo najprije udarilo pješaka i oborilo ga, a zatim ga to isto ili neko drugo vozilo pregazilo, govori se o složenom pregaženju, [1].

Pješak može biti pregažen okretajućim ili blokiranim kotačima, što na tijelu ostavlja karakteristične otiske od kotača. Tijelo se zbog svojih fizičkih karakteristika deformira pod težinom vozila zbog čega nastaje kosina po kojoj se i blokirani kotač lako penje i prelazi preko tijela, a tome pomaže i odjeća pješaka. Pri tome oni dijelovi tijela koji su prvi došli u kontakt s kotačima vozila zadobivaju znatno opsežnije ozljede od onih na suprotnoj strani tijela. Ukoliko vozilo ima jako nizak donji dio i male kotače, moguće je da će doći do uklještenja tijela pod prednjim dijelom vozila ispred kotača. U tom slučaju neće doći do pregaženja, već do gnječenja i guranja tijela što obično rezultira opsežnim ozljedama. Na donjem dijelu vozila će biti vidljivi tragovi u vidu manjih brisotina, pa čak i tragovi mekog tkiva ili odjeće ukoliko je tijelo došlo u

kontakt s nekim isturenim dijelovima. Stoga je bitno pregledati donju stranu vozila, čak i u slučajevima kada je vozilo oštećeno i s prednje strane zbog mogućnosti da je došlo do složenog pregaženja, [1].

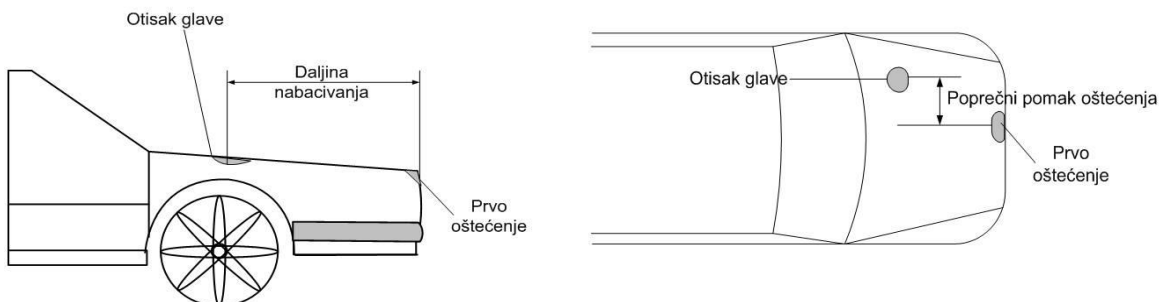
## 2.5. Kinematika naleta vozila na pješaka

Analizirajući nalet vozila na pješaka, kao glavni utjecaj na kinematiku naleta smatraju se način i brzina kretanja vozila, način i brzina kretanja pješaka, te oblik vozila i dijelova vozila s kojima tijelo pješaka dolazi u kontakt. Pritom je moguće definirati nekoliko pojmova tipičnih za sve vrste naleta vozila na pješaka koji su bitni pri analizi svakog pojedinog naleta. Uzdužni odbačaj pješaka je razmak između mjesta naleta vozila na pješaka i mjesta gdje se tijelo pješaka zaustavi na kolniku nakon nesreće. Poprečni odbačaj pješaka je bočni razmak između položaja tijela u trenutku naleta i krajnjeg položaja tijela na kolniku nakon nesreće. Put uzdužnog klizanja je razmak između mjesta prvog kontakta tijela pješaka s kolnikom i krajnjeg položaja tijela na kolniku. Shematski prikaz definiranih daljina odbačaja i klizanja tijela vidljiv je na slici 4, [1].



Slika 4. Shematski prikaz daljine odbačaja i puta klizanja pješaka [1]

Uz navedene pojmove, definiraju se i oni povezani s položajima oštećenja na vozilu. Daljina nabacivanja na vozilo je uzdužni razmak između oštećenja nastalih u prvom kontaktu pješaka i vozila na prednjem dijelu vozila i oštećenja nastalog udarom glave pješaka prilikom nabacivanja na vozilo. Poprečni pomak oštećenja predstavlja razmak između prvog i zadnjeg oštećenja na vozilu, mjereno po širini vozila. Shematski prikaz daljine nabacivanja na vozilo i poprečnog pomaka oštećenja prikazan je na slici 5, [1].



Slika 5. Daljina nabacivanja tijela na vozilo i poprečni pomak oštećenja na vozilu [1]

Nalet na pješaka se obično dijeli u tri faze:

- faza kontakta tijela pješaka i vozila
- faza leta odbačenog tijela pješaka
- faza klizanja tijela pješaka po podlozi, [1]

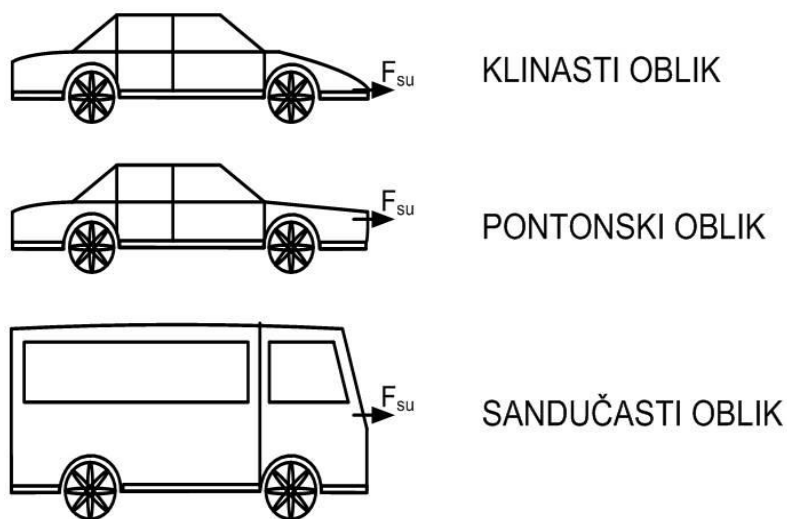
Te faze zajedno definiraju daljinu odbačaja pješaka ( $S_{od}$ ) koja predstavlja horizontalnu udaljenost između mjesta naleta vozila na pješaka i mjesta konačnog položaja težišta tijela pješaka. Gibanje pješaka prilikom naleta vozila je prilično složena pojava na koju utječe niz faktora poput:

- oblika prednjeg profila vozila
- dimenzija i mase vozila, te brzine vozila u trenutku naleta
- svojstava čvrstoće strukture djela vozila koje je došlo u kontakt s pješakom
- položaja tijela pješaka u odnosu na širinu prednjeg djela vozila
- pravca, smjera i brzine kretanja pješaka pri samom naletu



- visine, težine i položaja težišta tijela pješaka
- svojstava podloge na koju je pješak nakon odbačaja pao, [1]

Navedeni čimbenici definiraju položaj, veličinu i način djelovanja rezultirajuće sudarne sile ( $F_{su}$ ) koja različito djeluje na tijelo odrasle osobe u odnosu na tijelo djeteta zbog razlike u visini položaja težišta kod odraslih i kod djece. Na položaj rezultirajuće sudarne sile ( $F_{su}$ ) prvenstveno utječe oblik prednjeg profila vozila koji su u današnje vrijeme raznovrsni, ali se prema nekim zajedničkim karakteristikama mogu podijeliti u tri osnovna oblika: klinasti, pontonski i sandučasti. Na slici 6 vidljiva je usporedba osnovnih oblika prednjih profila vozila, odnosno položaja rezultirajuće sudarne sile ovisno o pojedinom obliku, [1].



Slika 6. Osnovni oblici prednjih profila vozila [1]

### 2.5.1. Nalet vozila klinastog oblika

Klinasti oblik prednjeg profila tipičan je za sportske tipove vozila, a karakterizira ga oštar i nisko položen prednji dio. Pri naletu dolazi do kontakta prednjeg branika s potkoljenicom ili koljenim zglobovima odraslog pješaka, odnosno natkoljenicom kod djece. U oba slučaja prvi kontakt će se dogoditi znatno ispod položaja težišta pješaka zbog čega će obično doći do nabacivanja osobe na vozilo, osim pri vrlo malim brzinama. Pri prvom kontaktu dolazi do izbijanja nogu u smjeru kretanja vozila i prebacivanja tijela na vozilo, a daljina prebacivanja ovisi

o brzini naleta, dužini prednjeg dijela vozila, te visini pješaka. O istim čimbenicima ovisi na koji će dio vozila pješak udariti glavom (poklopac motora, vjetrobransko staklo ili čak krov). Nakon prvog kontakta cijelo tijelo pješaka dobiva okretni impuls oko osi koja prolazi vodoravno kroz njegovo težište, te se on udarom gornjeg dijela tijela od vozila djelomično ili potpuno poništava. Pri brzinama vozila od 30 km/h ili više, okretni impuls je dovoljno jak da uzrokuje prevrtanja tijela pješaka preko glave i ramena na vozilo, dok pri još većim naletnim brzinama tijelo pješaka može dospjeti na krov vozila. Zbog takvog naglog prebacivanja tijela na vozilo, brzina udara glave o vozilo može biti i do 40% veća od brzine naleta vozila. Nakon nabacivanja na vozilo, tijelo zadobiva brzinu kojom se kreće vozilo, pa kada vozilo zbog kočenja počne usporavati, tijelo se odvaja, leti zrakom, te udara o podlogu, te se nakon klizanja po podlozi zaustavlja zbog djelovanja trenja. Zbog oblika prednjeg dijela vozila klinastog oblika, istraživanjima se došlo do spoznaje da brzina tijela pješaka u trenutku odvajanja može biti do 40% manja od same brzine naleta vozila, [1].

### **2.5.2. Nalet vozila pontonskog oblika**

Pontonski je oblik vozila najzastupljeniji među današnjim vozilima. Kod naleta vozila s takvim oblikom, prvi kontakt vozila s odraslim pješakom je ispod težišta pješaka, ali za razliku od naleta vozila klinastog oblika, taj je kontakt na značajno višem mjestu, bliže položaju težišta tijela. Prosječna visina ovakvog vozila je oko 0.9 metara od tla, [3]. Kod djece je prvi kontakt iznad težišta tijela. Kao centar kontakta u praksi se uzima sredina između visine prednjeg branika i prednjeg brida poklopca motora ili prtljažnika vozila. Pošto je mjesto prvog kontakta vozila s nogama pješaka povišeno, dolazi do podvlačenja donjeg dijela potkoljenice i stopala pod prednji branik i vezni lim, ispod branika, pa na tim mjestima na vozilu ostaju vidljivi otisci, a pješaci zadobivaju ozljede u donjem djelu potkoljenice i stopala. U isto vrijeme tijekom prvog kontakta nastaje okretni impuls oko vodoravne osi koja prolazi kroz težište tijela uslijed čega se gornji dio tijela savija preko prednjeg djela poklopca motora. Zbog djelovanja udarne sile značajno bliže težištu pješaka, okretni impuls će biti znatno manji nego pri udaru vozila klinastog oblika pri istoj naletnoj brzini. To rezultira podizanjem tijela u vis i nabacivanjem tijela na prednji dio samo pri većim naletnim brzinama. Sam tijek naleta jednak je naletu vozila s klinastim oblikom, ali će

tijelo pješaka u trenutku odvajanja od vozila s pontonskim oblikom prednjeg dijela imati brzinu do 25% manju od brzine vozila u trenutku naleta, [1].

### **2.5.3. Nalet vozila sandučastog oblika**

Sandučasti oblik prednjeg profila vozila karakterističan je za kombi vozila, dostavna vozila, autobuse, teretna i druga slična vozila. Kod naleta takvih vozila udarna sila djeluje na gotovo cijelo tijelo istim intenzitetom istovremeno, stoga tijelo odmah u trenutku naleta vozila dobiva brzinu vozila. Kod manjih vozila poput kombi vozila, položaj udara je približno u visini težišta tijela pješaka, a kod većih vozila je ono ponekad iznad težišta tijela. Ukoliko je položaj udara iznad težišta, neće doći do efekta nošenja tijela vozilom zbog pojave obrnutog okretnog impulsa, koji je obrnut od okretnog impulsa koji se javlja kod naleta vozila klinastog i pontonskog oblika. Uslijed obrnutog okretnog impulsa gornji dio pješaka bude odbačen prema naprijed i pred vozilo, pa ukoliko vozilo slabo koči, može doći do pregaženja, dok kod naleta kočenog vozila pontonskog ili klinastog oblika ne može doći do pregaženja. Kod naleta vozila sandučastog oblika, brzina tijela u trenutku naleta može biti za 20% manja od brzine naleta vozila. Prilikom svakog naleta vozila na pješaka, bez obzira na prednji oblik, pri prvom kontaktu će doći do “priljublivanja” tijela uz dio vozila s kojim dolazi u kontakt, što traje vrlo kratko, otprilike 0.1 sekundu. Nakon toga nastupa kinetika tijela pješaka kao što je navedeno, u ovisnosti o obliku prednjeg profila vozila i ostalim faktorima. Jedan od bitnih faktora je i visina težišta pješaka koja se uvelike razlikuje kod odraslih osoba i kod djece, pa će nalet vozila klinastog oblika na manju djecu biti sličan naletu vozila pontonskog oblika na odraslu osobu, [1].

### **2.6. Odbačaj pješaka prilikom naleta vozila**

Odbačaj pješaka pri naletu sačinjavaju tri faze:

- Nabacivanje tijela pješaka na vozilo i nošenje na vozilu
- Odvajanje tijela od vozila i let zrakom do prvog kontakta s kolnikom
- Klizanje tijela kolnikom do konačnog zaustavljanja

Uzdužni odbačaj tijela je udaljenost između mjesta naleta vozila na pješaka i mjesta gdje se tijelo konačno zaustavi na kolniku nakon nesreće. Put nabacivanja i nošenja tijela na vozilu ovisi o naletnoj brzini vozila, obliku vozila, visini pješaka i intenzitetu kočenja vozila. Dužina leta pješaka prije kontakta s podlogom ovisna je o brzini vozila u trenutku odvajanja tijela i daljini nabacivanja tijela na vozilo. Put klizanja po podlozi prvenstveno ovisi o vrsti i stanju kolnika, vrsti odjeće pješaka, brzini tijela u trenutku prvog kontakta s kolnikom i mogućim zaprekama na kolniku.

Tragove oštećenja na vozilu pri prvom kontaktu nije teško utvrditi jer obično nastaju na veznom limu, ukrasnoj rešetki i gornjem dijelu vozila nakon kontakta s natkoljenicom i zdjelicom odraslog pješaka, a u slučaju djece oštećenja na gornjem dijelu prednjeg dijela vozila nastaju od udarca trupa ili glave djeteta. Kod odraslih osoba često ne dođe do kontakta glave s vozilom jer ona može biti zaštićena nadlakticom ili ramenom, stoga je često teško odrediti mjesto udara glave ukoliko je uopće došlo do toga. To je moguće utvrditi ako se na mjestu udara nađu tragovi kose, krvi ili mekog tkiva. Faktori koji najviše utječu na daljinu nabacivanja pješaka na vozilo su brzina naleta vozila, oblik prednjeg dijela vozila i visina pješaka. Pri naletu vozila klinastog oblika potrebna je manja brzina da bi se tijelo nabacilo do, na primjer, vjetrobranskog stakla nego kod naleta vozila pontonskog oblika prednjeg dijela. Ukoliko su vozila istih oblika i imaju istu naletnu brzinu, daljina nabacivanja ovisi isključivo o visini pješaka, pa će viši pješaci biti dalje nabačeni od nižih.

Poprečni odbačaj tijela kao bočni razmak između krajnjeg položaja tijela na kolniku i položaja tijela u trenutku naleta ovisi o brzini naleta, obliku prednjeg dijela, mjestu prvog kontakta na prednjem dijelu s tijelom pješaka, visini pješaka i smjeru kretanja pješaka u trenutku udara. Poprečni odbačaj raste s brzinom kretanja vozila i brzinom kretanja pješaka, a bit će veći kada je pješak udaren dijelom vozila iza sredine prednjeg dijela gledano u smjeru kretanja pješaka. Ukoliko do udara dođe prije nego pješak dođe do sredine vozila gledano u smjeru kretanja pješaka, a vozilo je izrazito zaobljenog prednjeg dijela, moguće je da pješak bude odbačen suprotno od smjera svojega kretanja. Ako do udara dođe nakon što pješak prođe sredinu prednjeg dijela vozila, pješak će uvijek biti odbačen u smjeru svojega kretanja.

Mjesto prvog kontakta pješaka s podlogom nakon udara je teško utvrditi, osim u slučajevima vidljivih tragova brisanja krvi ili tragova klizanja na mekanoj podlozi. Dužina

klizanja pješaka po podlozi ovisi o brzini i vrsti naleta na pješaka, obliku prednjeg dijela vozila, stanju i vrsti podloge, te odjeći pješaka. Posebnost dužine klizanja pješaka po podlozi je u tome da je dvostruko veća nakon odbačaja pješaka pod vozilo s sandučastim oblikom prednjeg dijela, nego pri naletu vozila klinastog oblika. Razlog tomu je što kod naleta sandučastog vozila izostaje efekt nošenja tijela vozilom, tijelo se od vozila odvaja ranije, stoga je i brzina tijela u trenutku pada na podlogu veća.

Daljinu nabačaja tijela na vozilo moguće je odrediti samo uz prethodnu identifikaciju oštećenja na vozilu, to jest utvrđivanje dijelova tijela pješaka od kojih su nastala pojedina oštećenja. U tom pogledu potrebna je suradnja medicinskih i prometnih vještaka. U iznimno rijetkim slučajevima na vozilu mogu nastati oštećenja, a da na tijelu pješaka ne bude vidljivih ozljeda.

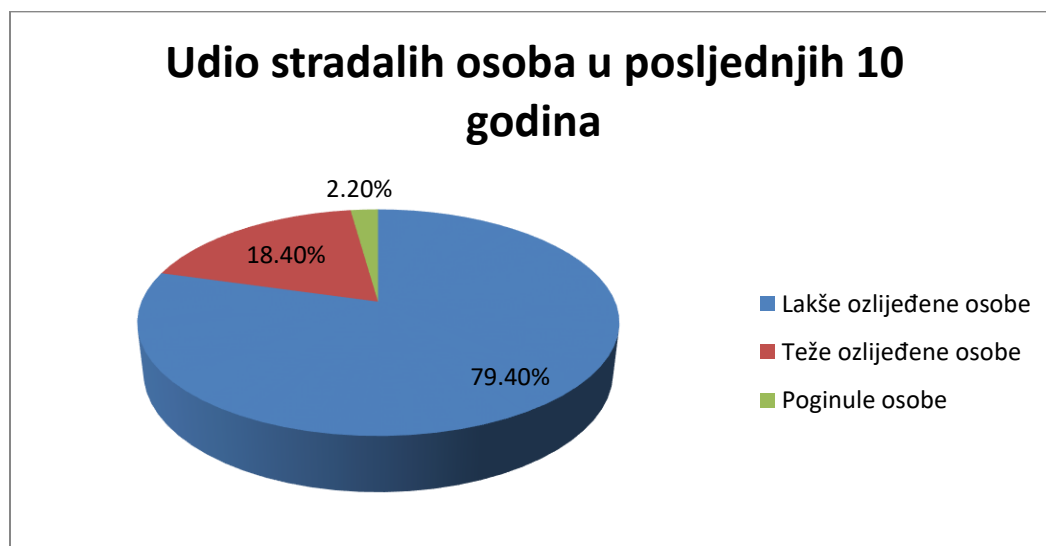
## **2.7. Statistički podaci o broju prometnih nesreća s pješacima u Republici Hrvatskoj**

Usprkos tome što je svaki ljudski život neprocjenjiv, prometne nesreće čine veliki trošak za društvo. Prema procjenama, materijalna šteta prouzročena prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj prelazi osam milijardi kuna, što čini oko 2,3% BDP-a, s višestrukim posrednim gubicima. Stoga društvo nastoji podići razinu sigurnosti na cestama na višu razinu ulažući velike napore u poboljšanje prometne infrastrukture i razvoj prometne kulture, a najveće napore ulaže Ministarstvo unutarnjih poslova, odnosno prometna policija. Čimbenike sigurnosti prometa čine sudionici, vozila i ceste, a procjenjuje se kako promicanje prometne kulture među sudionicima može najbrže doprinijeti smanjenju broja stradalih osoba, a istovremeno iziskuje najmanje financijskih sredstava u usporedbi s ostalim dvama čimbenicima. Ministarstvo unutarnjih poslova sustavno prati stanje i trendove promjena sigurnosti u cestovnom prometu čiji je rezultat *Bilten o sigurnosti cestovnog prometa* za svaku pojedinu godinu, a idući podaci će se preuzeti iz onog za 2019. godinu, [4].

Najčešće korišten pokazatelj sigurnosti cestovnog prometa je broj poginulih na osoba na sto tisuća stanovnika neke zemlje. U primjeni ovog pokazatelja često se uočavaju

neujednačenosti zbog različitog tumačenja koje nastradale osobe spadaju u poginule u prometu – oni poginuli na mjestu nesreće ili oni preminuli u određenom razdoblju nakon nastanka nesreće. Bez obzira na to, ovaj način se pokazao kao pouzdano mjerilo sigurnosti u cestovnom prometu. Na cestama RH je do 1979. godine zabilježena stopa od 34 poginulih na sto tisuća stanovnika, a do danas je ta brojka smanjena na 7,3 poginulih na sto tisuća stanovnika. Tek najrazvijenije države svijeta koje ulažu mnogo više sredstava su uspjele tu brojku smanjiti na oko 4 poginula na sto tisuća stanovnika, [4].

Na cestama u Republici Hrvatskoj tijekom posljednjih deset godina dogodilo se prosječno 35386 prometnih nesreća, te je u 31,9% slučajeva bilo stradalih osoba. Tijekom godine su prosječno stradale 15652 osobe, 79,4% s lakšim ozljedama, 18,4% s težim tjelesnim ozljedama, te 2,2% poginulih osoba, odnosno 351 poginula osoba godišnje. Grafički prikaz s udjelima stradalih osoba vidljiv je na grafikonu 1. Smatra se da su prometne nesreće glavni uzrok smrti mladih osoba između 10 i 25 godina u svijetu i, također, u Hrvatskoj. Najugroženije skupine uz djecu i mlade čine biciklisti, mopedisti, motociklisti i pješaci. Od ukupnog broja teško ozlijeđenih, oko 5% ostaje s trajnim invaliditetom, dok oko 10% ostaje s trajnim posljedicama, [4].



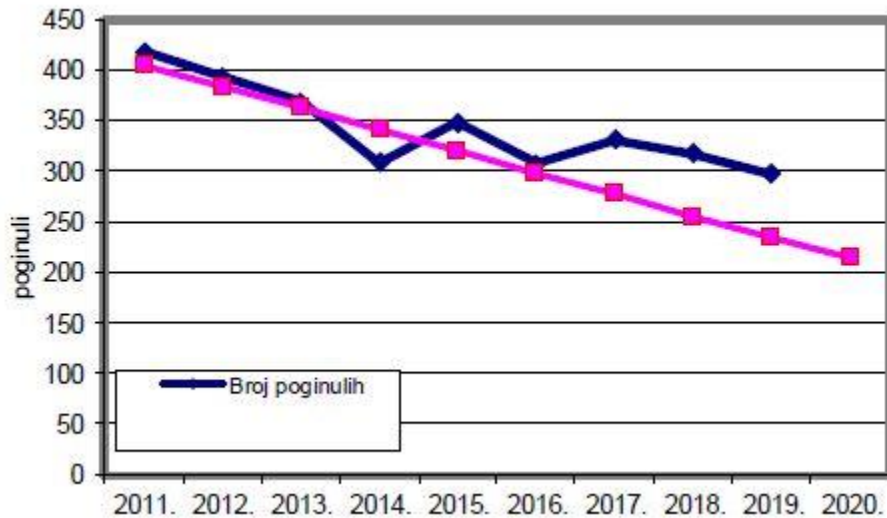
Grafikon 1. Udio stradalih osoba u posljednjih 10 godina

Izvor: [4]

Ukoliko se promatraju stvarne brojke, od 2010. do 2019. godine dogodile su se 353858 prometne nesreće s 156519 stradalih osoba, od čega je 3513 poginulo, 28714 teško stradalo, a 124292 lakše ozlijeđeno. Pritom je vidljiv trend smanjenja broja prometnih nesreća sa stradalima s 13272 u 2010. godini na 9695 u 2019. godini (27%), broj lakše ozlijeđenih sudionika je pao s 15151 na 10393 (31,4%), teže ozlijeđenih s 3182 na 2492 (21,7%), a broj poginulih se smanjio s 426 na 297 (30,3%), [4].

U Republici Hrvatskoj je od lipnja 2008. godine na snazi novi Zakon o sigurnosti prometa na cestama čime je započeo trend smanjenja broja poginulih. 29. svibnja 2015. godine donesen je Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o sigurnosti prometa na cestama, dok su 12. srpnja 2019. godine usvojene značajne izmjene i dopune koje su stupile na snagu 1. kolovoza 2019. godine s ciljem podizanja razine sigurnosti i prometne kulture uz postrožavanje kazni za počinitelje najtežih prometnih prekršaja. Osim Zakona, Vlada RH je 14. travnja 2011. godine donijela peti Nacionalni program sigurnosti cestovnog prometa Republike Hrvatske 2011. – 2020. čiji je jedan od glavnih ciljeva smanjenje broja poginulih u 2020. u odnosu na 2010. za 50%, točnije na 213 osoba. Brojem poginulih u 2019. Republika Hrvatska se udaljava od tog cilja, te je sa stopom od 7,6 poginulih na sto tisuća stanovnika pri dnu zemalja EU jer je prosjek EU oko 5,5 poginulih, [4].

Trenutno je u prvoj polovici 2020. godine 113 osoba poginulo u prometu u RH, te je za očekivati da se neće ostvariti cilj od 213 ili manje poginulih. Prikaz kretanja stvarnog i očekivanog broja poginulih, te odstupanja od očekivanog broja prikazani su u grafikonu 2. Iz prikazanog treba primijetiti da je samo u 2014. godini zabilježen manji broj poginulih od očekivanog, dok je u svim ostalim godinama taj broj veći, najčešće uvelike veći, te varira od godine do godine.



**Grafikon 2. Prikaz kretanja stvarnog i očekivanog broja poginulih u prometu od 2011. do 2020. godine u RH [4]**

Po statističkim podacima za 2019. godinu, najčešća vrsta prometnih nesreća pri kojoj dolazi do smrtno stradalih osoba je slijetanje vozila s ceste, dok je na drugom mjestu nalet na pješaka. Od 4561 nesreće sa slijetanjem vozila njih 100 je završilo sa smrtno stradalim. Nadalje je zabilježeno 1326 prometnih nesreća u kojima je došlo do naleta na pješaka, njih 58 je završilo sa smrtno stradalim, dok je u 1212 bilo ozlijeđenih osoba. Na trećem mjestu po broju nesreća sa smrtnim posljedicama su sudari vozila u pokretu iz suprotnih smjerova, pri kojima je od 3038 nesreća njih 49 završilo s poginulim osobama. Ukoliko se pogleda odnos ukupnog broja pojedine vrste prometne nesreće i broja pojedine vrste prometne nesreće s poginulima, vidljivo je da je taj odnos najgori kod naleta na pješaka, te će takva vrsta prometne nesreće najčešće završiti sa smrtnim posljedicama, te se može smatrati najopasnijom prometnom nesrećom po ljudski život, [4].

Brojčani odnosi nisu drukčiji ni kada se promatra broj nastradalih osoba prema vrstama prometnih nesreća. Ponovno je najviše osoba, njih 110, poginulo pri slijetanju vozila s ceste, zatim slijedi 59 poginulih osoba pri naletu vozila na pješaka, te zatim 54 poginule osobe u sudarima vozila iz suprotnih smjerova. Pri naletu na pješaka je teško ozlijeđeno 406, a lakše 890 osoba, [4].



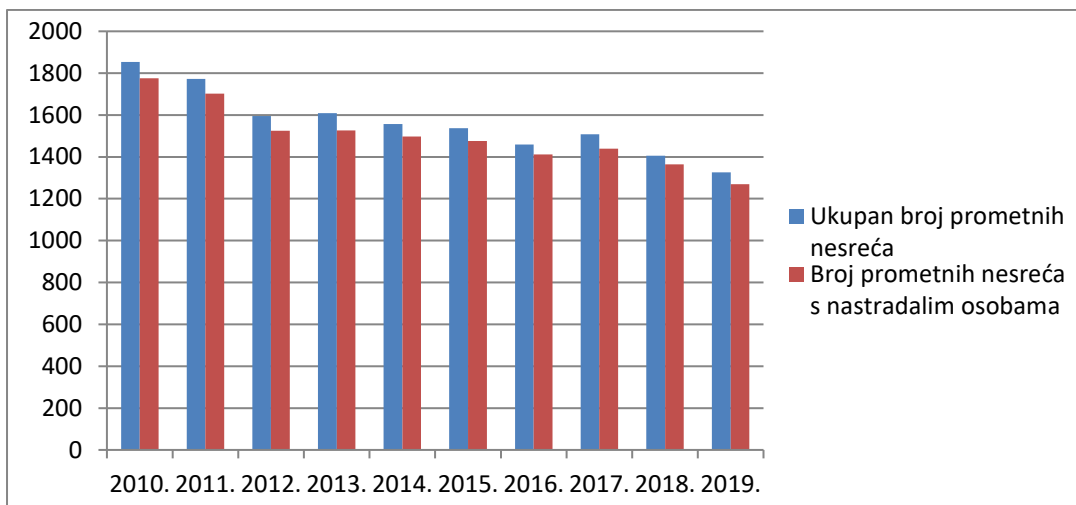
Analizu prometnih nesreća moguće je proširiti na razdoblje od 2010. do 2020. godine te je potrebno razmotriti podatke o ukupnom broju nesreća s naletom na pješaka, broju nesreća s nastradalim osobama, te broju poginulih, teško ozlijeđenih i lakše ozlijeđenih osoba. Tablični prikaz navedenih podataka prikazan je tablicom 1.

**Tablica 1. Prometne nesreće s naletom na pješaka i nastradale osobe u razdoblju od 2010. do 2020. godine**

Godina	Ukupan broj prometnih nesreća	Broj prometnih nesreća s nastradalim osobama	Lakše ozlijeđene osobe	Teško ozlijeđene osobe	Poginule osobe
2010.	1854	1776	1255	558	96
2011.	1772	1702	1210	533	65
2012.	1595	1525	1108	472	66
2013.	1609	1526	1072	498	64
2014.	1557	1497	1094	454	73
2015.	1537	1476	1039	475	58
2016.	1459	1411	1035	409	61
2017.	1508	1440	1077	407	53
2018.	1405	1364	973	409	65
2019.	1326	1270	890	406	59

Izvor: [4]

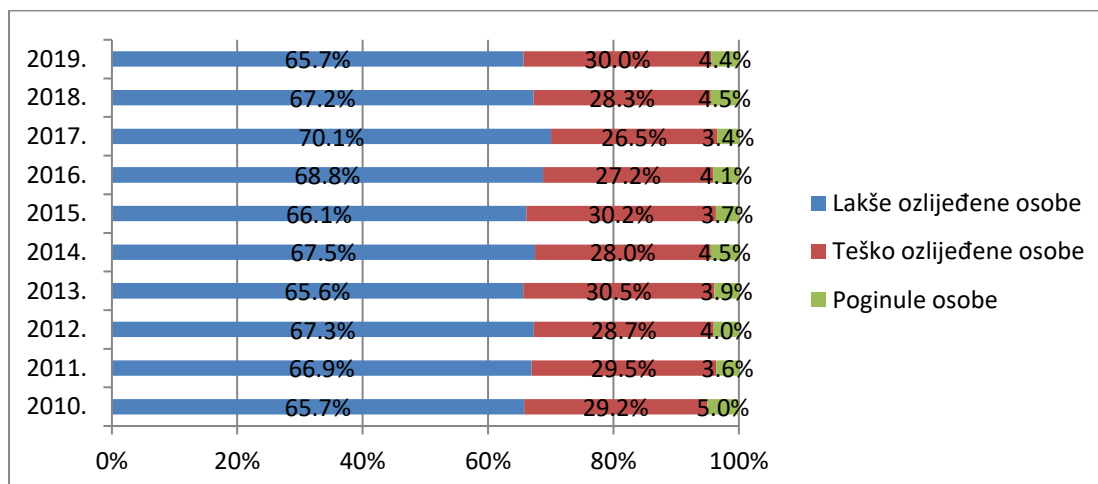
Koliko su naleti na pješaka opasne nesreće po pješaka moguće je zaključiti iz grafikona 3. Na njemu je vidljivo da velika većina ovakvih nesreća završava s nastradalim osobama. Od 2010. do kraja 2011. je primjetan veći pad ukupnog broja nesreća, od 2012. do 2017. broj nesreća stagnira i blago varira, dok u 2018. i 2019. godini opet pada, te je ispod 1400 nesreća. Broj nesreća s nastradalima prati trend ukupnog broja nesreća, a prosječno u 96% nesreća dolazi do nekog oblika stradavanja ljudi.



**Grafikon 3. Odnos ukupnog broja i broja nesreća s nastradalim osobama pri naletu na pješaka**

Izvor: [4]

Ukoliko se promatraju podaci o nastradalim osobama, ukupan broj se smanjio 1909 osoba u 2010. na 1355 osoba u 2019. Od toga se broj lakše ozlijeđenih smanjio s 1255 na 890, teško ozlijeđenih 558 na 406, a poginulih osoba s 96 na 59 osoba, [4]. Prosječan udio lakše ozlijeđenih među nastradalima je oko 67%, teško ozlijeđenih 29%, dok je udio poginulih 4%. Grafički prikaz udjela stradalih osobama prema posljedicama nesreće po godinama prikazan je na grafikonu 4.



**Grafikon 4. Udio stradalih osoba prema posljedicama nesreće u razdoblju od 2010. do 2019. godine**

Izvor: [4]

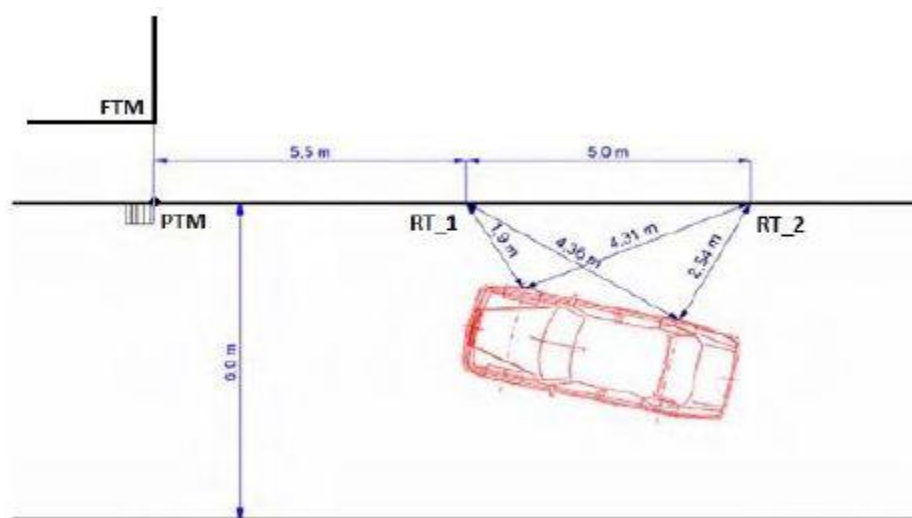
### 3. METODE ODREĐIVANJA BRZINE NALETA VOZILA NA PJEŠAKA

Prije nego što se može pristupiti bilo kakvoj analizi prometne nesreće potrebno je obaviti očevid mjesta prometne nesreće radi prikupljanja potrebnih informacija. Očevidom se smatra procesna radnja koju poduzimaju nadležni ovlašteni organi da bi se mogli utvrditi i razjasniti čimbenici važni za postupak. Pri očevidu je iznimno važno točno opisati i skicirati šire i uže područje mjesta prometne nesreće, te fotografirati mjesto tako da fotografije što vjernije prikažu mjesto nesreće i sve tragove. Dolaskom na mjesto nesreće najprije se utvrđuje o kakvoj se vrsti nesreće radi i pregledava se šire i uže područje mjesta nesreće i objekata koji su sudjelovali u nesreći. Šire područje podrazumijeva područje preko kojeg se dolazi do samog mjesta nesreće, dok uže područje predstavlja najbližu okolinu koju je potrebno što detaljnije i točnije opisati, fotografirati i navesti točne mjere i udaljenosti od početne točke mjerenja. Prije dolaska ekipe za očevid policijski službenici osiguravaju mjesto nesreće i tragove, prikupljaju informacije o nesreći, sudionicima i svjedocima, te reguliraju ili obustavljaju promet. Očevid se dijeli u četiri faze: orijentacijsko-informativnu, statičku (pasivnu), dinamičku (aktivnu) i kontrolno-završnu (finalnu), [1].

Prva po redu je orijentacijsko-informativna faza. Ekipe za očevid pri dolasku prikuplja podatke od osoba koje su osiguravale mjesto prometne nesreće. Prikupljaju se informacije o poduzetim mjerama osiguranja mjesta, načinu i vremenu saznanja o nesreći, vremenu početka osiguranja mjesta, vremenu proteklom od događaja nesreće, osobama zatečenim na mjestu nesreće i njihovoj ulozi, pruženoj prvoj pomoći i slično. Ukoliko se netko od sudionika udaljio s mjesta nesreće potrebno je saznati što je poduzeto glede toga, a ako su ozlijeđeni i hospitalizirani, potrebno je saznati kako i tko ih je odvezao u zdravstvenu ustanovu. Iznimno je bitno utvrditi je li došlo do promjene prvobitnog stanja mjesta nesreće, poput najčešćeg u vezi pomicanja vozila zbog omogućavanja daljnjeg odvijanja prometa. Ukoliko mjesto nije osigurano od strane policijskih službenika, uzimaju se iskazi očevidaca i sudionika. Ekipe za očevid donosi odluku o tome hoće li očevid provoditi od centra prema periferiji mjesta nesreće ili obratno, [1].

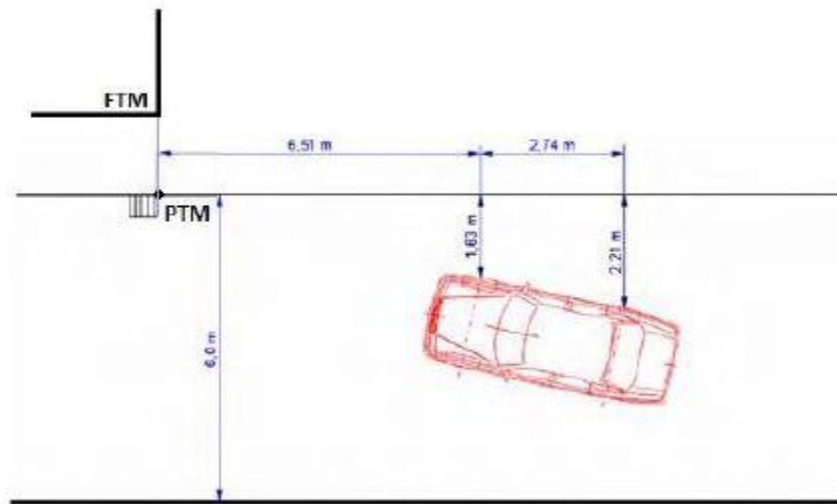
U statičkoj (pasivnoj) fazi ekipa za očevid se kreće po mjestu nesreće, te vrši opažanja i obilježava tragove i predmete vezane uz nesreću. Tragovi i predmeti se fiksiraju, vrše se mjerenja, snimanja i fotografiranja, izrađuje se skica s mjerama, te se na temelju svega

navedenog nastoji rekonstruirati činjenično stanje. Važno je naglasiti da se u statičkoj fazi mjesto promatra u nepromijenjenom stanju, što znači da niti ekipa za očevid ne smije pomicati predmete relevantne za nesreću, već će to smjeti tek po završetku statičke, odnosno početku dinamičke faze. Zbog točnog mjerenja i izrade skice sva mjerenja se vrše u odnosu na neku odabranu točku određenu na nekom fiksnom predmetu (na primjer ugao kuće, rasvjetni stup ili slično) koja se naziva FT (fiksna točka). Zatim se određuje PTM (početna točka mjerenja) koja je uvijek okomica na rub kolnika promatrano u odnosu na FT. Mjerenja se mogu vršiti na dva načina. Prvi način je sustavom pravokutnog trokuta pri čemu se definiraju dvije referentne točke (RT) i njihova udaljenost od početne točke mjerenja. RT su dva vrha trokuta i iz svake se mjeri dužina do mjerenog traga. FT i PTM se obavezno fotografiraju da bi se mogle jednoznačno prepoznati pri naknadnoj rekonstrukciji ukoliko ona bude potrebna. Primjer mjerenja položaja vozila sustavom pravokutnog trokuta prikazan je slikom 7, [1]



Slika 7. Mjerenje položaja vozila sustavom pravokutnog trokuta [1]

Drugi način mjerenja je mjerenje udaljenosti uz rub kolnika od PTM do okomice na promatrani trag i dalje do samog traga po toj okomici. Pri mjerenju sustavom trokuta, svaki se trag fiksira pomoću dvije točke, dok se ovim načinom pojedini trag fiksira samo jednom točkom. Mjerenje ovakvim načinom prikazano je na slici 8.



Slika 8. Mjerenje položaja vozila sustavom s dvije paralelne točke [1]

Pažnju je potrebno posvetiti pravilima i prometnim propisima na mjestu nesreće, a najviše na osobine kolnika i kolničkog zastora, širinu kolnika, opremu ceste, vremenske prilike, vidljivost, prometnu signalizaciju i slično. Prikupljaju se obavijesti od sudionika nesreće i očevidaca, te se utvrđuje njihova istovjetnost i sastavljaju se službene zabilješke. Moraju se uzeti svi podaci o vozilima: vrsta vozila, registarska oznaka, broj šasije, tip, godina proizvodnje, vlasništvo, polica osiguranja, opterećenost, oštećenja i drugo. Kod sudionika u nesreći potrebno je utvrditi u kojem su se vozilu nalazili, gdje su sjedili i jesu li koristili sigurnosni pojas, [1].

Nakon statičke faze nastupa dinamička (aktivna) faza u kojoj ekipa za očevid smije pomicati predmete da bi proučili mjesto nesreće što detaljnije. Prilikom toga dolazi do otkrivanja zaklonjenih tragova koji se mogu naći ispod vozila ili u njemu, dok se pronađeni predmeti vezano uz prometni nesreću detaljno pregledavaju, fotografiraju te izuzimaju, uz prethodno fiksiranje, u svrhu potrebe za kasnijim vještačenjem. Svi podaci se naknadno unose u Zapisnik o očevidu, te je potrebno zabilježiti sve okolnosti koje se razlikuju od uobičajenog shvaćanja o tome što se u sličnim nesrećama obično vidi, a ovdje nije uočeno. Ukoliko postoji potreba zbog provjere okolnosti činjenica ili iskaza, moguće je odraditi prometno-kriminalističke pokuse kao što su probno kočenje, ispitivanje efekata svjetla na valovitom kolniku, refleksija svjetala od glatke površine i slično, [1].

Posljednja faza je kontrolno-završna (finalna) faza pri kojoj se rezimiraju rezultati prethodno obavljenih radnji, te se nastoje detektirati mogući propusti i pogreške, a neke najčešće su površan pregled mjesta nesreće, loše fiksirani i previđeni tragovi, nedovoljni podaci o opremi ceste, signalizaciji i stanju kolnika i slično. Prije završetka očevida odlučuje se kamo će se proslijediti izuzeti tragovi i predmeti, odnosno hoće li biti poslani na daljnja vještačenja, u pohranu ili drugo. Po završetku očevida kolnik je potrebno dovesti u stanje prije prometne nesreće, što znači da je potrebno sigurno ukloniti vozila, krhotine stakla, plastike i ostalih dijelova, te isprati tragove krvi, ulja i ostalih tekućina da bi se prometni tok mogao odvijati nesmetano. Nadležne službe je potrebno odmah obavijestiti o potrebi za popravkom prometne opreme i signalizacije, [1].

Nakon obavljenog očevida slijedi analiza prometne nesreće prilikom koje treba razmotriti sve činjenice utvrđene očevidom da bi se točno utvrdio način nastajanja i odvijanja prometne nesreće. Jedna od glavnih stavki analize je što točnije utvrditi brzine kretanja vozila neposredno prije i tijekom prometne nesreće. Brzine koje se obično razmatraju su:

- brzina vozila u trenutku reakcije vozača
- brzina vozila na početku tragova kočenja
- brzina vozila u trenutku naleta na pješaka
- brzina vozila nakon naleta

Određivanje brzina kretanja vozila je ujedno i najzahtjevnija radnja koja od prometnih vještaka koja zahtijeva veliku stručnost i dobro poznavanje raznih fizikalnih zakonitosti. Pri tome vještaci koriste nekoliko različitih metoda:

- određivanje brzine vozila na temelju tragova kočenja
- određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja pješaka
- određivanje brzine vozila na temelju oštećenja na vozilu i ozljeda pješaka
- određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja čestica vjetrobranskog stakla
- određivanje brzine vozila na temelju odbačaja predmeta koje je pješak nosio
- određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa
- određivanje brzine vozila očitavanjem iz EDR uređaja

### 3.1. Određivanje brzina vozila na temelju tragova kočenja

Određivanje brzine vozila u sudarima na temelju tragova kočenja je najčešće korištena metoda ukoliko su tragovi vidljivi i ukoliko je moguće utvrditi mjesto naleta. Prilikom kočenja kotači vozila se ne okreću potpuno slobodno već uslijed porasta kočione sile dobivaju sve veću zadržku do potpunog blokiranja, te pneumatici ostavljaju tragove kočenja na kolniku, prilikom čega se kinetička energija vozila putem trenja između kočionih ploha, odnosno pneumatika i podloge pretvara u toplinsku energiju. Obzirom da su naleti na pješaka izazvani iznenadnom pojavom pješaka na kolniku, vozačevim prekasnim uočavanjem pješaka, odnosno prekasnom reakcijom, vozači u takvim slučajevima primjenjuju maksimalnu silu na pedalu kočnice što rezultira maksimalnom silom kočenja i nastajanjem tragova kočenja na podlozi. U rijetkim slučajevima vozači uopće ne koče, stoga tragovi kočenja nisu prisutni. Različite vrste i stanja kolnika daju različite oblike tragova kočenja pri istom intenzitetu kočenja, dok oni također ovise i o vrsti i stanju pneumatika. Postoji mogućnost da su tragovi kočenja jednih kotača duži od drugih uslijed različite raspodjele kočione sile na kotačima, različitog stanja podloge, istrošenosti pneumatika pojedinog kotača, tlaka u pneumaticima i slično. Tragovi kočenja se prilikom očevida mjere i ucrtavaju u situacijskom planu.

Osim duljine tragova kočenja, prilikom određivanja brzina pri sudaru potrebno je utvrditi i vrijednosti usporenja vozila prilikom kočenja. Usporenje vozila je moguće odrediti eksperimentalno ispitivanjem pri istim uvjetima na kolniku kao u trenutku nesreće ili računski, u ovisnosti o koeficijentu prijanjanja putem formule (1):

$$a = \mu * g \text{ [m/s}^2\text{]} \quad (1)$$

pri čemu je:

a - usporenje vozila [m/s<sup>2</sup>]

μ - koeficijent prijanjanja

g - ubrzanje pri slobodnom padu (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Koeficijent prijanjanja predstavlja odnos između obodne sile na kotaču i normalnog opterećenja. On ovisi o vrsti i stanju kolnika, opterećenju, brzini kretanja vozila, te tipu, vrsti i stanju pneumatika, [5].

Kada su poznati iznosi usporenja vozila i zaustavnog puta, to jest tragova kočenja, moguće je izračunati brzinu vozila na početku tragova kočenja, odnosno u trenutku kada je nastupilo usporenje prema izrazu (2):

$$v = \sqrt{2 * a * S} \text{ [m/s]} \quad (2)$$

Pri čemu je:

$v$  – brzina vozila na početku tragova kočenja [m/s]

$a$  – usporenje vozila [m/s<sup>2</sup>]

$S$  – duljina tragova kočenja [m]

Ovakav izraz u praksi nije dovoljan pošto je pri analizi prometne nesreće potrebno odrediti više navedenih brzina vozila, te uključiti još neke parametre, poput mase vozila i mase pješaka. Ključna točka na mjestu tragova kočenja koju je potrebno utvrditi je mjesto naleta na pješaka. Obično je teško utvrditi točan položaj, ali se koriste neki tragovi pomoću kojih se položaj može približe utvrditi. Mjesto prvih čestica rasute boje vozila može poslužiti u otkrivanju mjesta naleta, kao i krhotine stakla i plastike za koje je bitno odrediti zonu rasipanja, početak rasipanja pojedine vrste krhotina, te od čega potječu. Druga vrsta tragova koji mogu poslužiti su rasuti predmeti koje su pješaci nosili, osobito kapa, šešir i slično, ako nisu pomicali nakon nesreće. Mjesto naleta moguće je doznati i ispitivanje svjedoka i sudionika nesreće prilikom čega treba imati na umu subjektivnost iskaza. Ako je utvrđeno mjesto naleta na pješaka, moguće je pristupiti određivanju potrebnih brzina kretanja vozila. Najprije je potrebno utvrditi brzinu vozila u trenutku naleta putem izraza (3):

$$v_n = \frac{m_v + m_p}{m_v} * \sqrt{2 * a * S_{sz}} \text{ [m/s]} \quad (3)$$

Pri čemu je:

$v_n$  – brzina vozila u trenutku naleta na pješaka [m/s]



$m_v$  – masa vozila

$m_p$  – masa pješaka

$a$  – usporenje vozila [ $m/s^2$ ]

$S_{sz}$  – duljina tragova kočenja od mjesta udara do zaustavljenog vozila [m]

Nakon što je utvrđena brzina vozila u trenutku naleta, moguće je izračunati brzinu vozila na početku tragova kočenja putem izraza (4):

$$v_1 = \sqrt{v_n^2 + 2 * a * S_{ds}} \text{ [m/s]} \quad (4)$$

Pri čemu je:

$v_1$  – brzina vozila na početku tragova kočenja

$v_n$  – brzina vozila u trenutku naleta

$a$  – usporenje vozila

$S_{ds}$  – duljina tragova kočenja od početka do mjesta udara

Posljednja brzina koju je potrebno i moguće odrediti je brzina kojom se vozilo kretalo u trenutku reakcije vozača. Tu brzinu je moguće dobiti putem izraza (5):

$$v_0 = v_1 + \frac{1}{2} * a * t_3 \text{ [m/s]} \quad (5)$$

Pri čemu je:

$v_0$  – brzina vozila u trenutku reakcije vozača

$v_1$  – brzina vozila na početku tragova kočenja

$a$  – usporenje vozila

$t_3$  – vrijeme porasta usporenja

Na kraju je moguće izračunati i vrijeme kočenja koje je proteklo od reakcije vozača do naleta na pješaka putem izraza (6):

$$t_{rs} = \frac{v_1 - v_n}{a} \text{ [s]} \quad (6)$$

Pri čemu je:

$t_{rs}$  – vrijeme kočenja proteklo od reakcije do naleta

$v_1$  – brzina na početku tragova kočenja

$v_n$  – brzina u trenutku naleta na pješaka

### 3.2. Određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja pješaka

Metodu određivanja brzine naleta vozila na temelju odbačaja pješaka moguće je koristiti ukoliko su poznata dva ključna elementa: konačni položaj vozila nakon sudara i pripadajući trag kočenja, te mjesto naleta i duljina tragova kočenja od mjesta naleta do krajnjeg položaja vozila. Ukoliko navedeni podaci nisu poznati, moguće je koristiti više varijanti brzine naleta, što nije dovoljno za sudsko odlučivanje. Znanstveno i stručno osoblje Instituta za motorna vozila Tehničkog sveučilišta u Berlinu vršilo je simulaciju naleta osobnog vozila na antropometrijsku lutku, te je dobivena približna ovisnost daljine odbačaja pješaka o brzini naleta osobnog vozila prema sljedećem izrazu (7), uz toleranciju pogreške od 10%:

$$v_n = 12 * \sqrt{S_{odpj}} \text{ [km/h]} \quad (7)$$

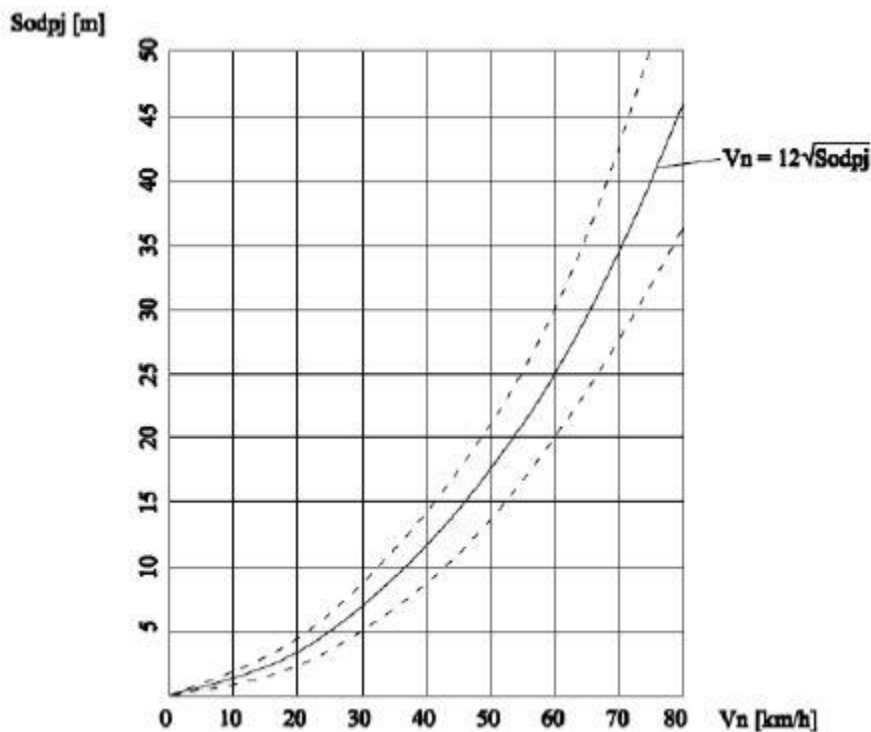
Pri čemu je:

$v_n$  – brzina naleta vozila [km/h]

$S_{odpj}$  – daljina odbačaja [m]

Na temelju ovog matematičkog izraza izrađen je dijagram koji prikazuje ovisnost daljine odbačaja pješaka o naletnoj brzini prikazan na slici 9. Navedeni izraz i dijagram mogu se koristiti samo ukoliko su ispunjeni sljedeći uvjeti:

- Radi se o potpunom frontalnom naletu na pješaka
- Nalet se dogodio osobnim vozilom
- Vozilo je u trenutku naleta bilo kočeno
- Usporenje vozila je veće od  $3 \text{ m/s}^2$



Slika 9. Dijagram daljine odbačaja pješaka u ovisnosti o naletnoj brzini vozila i intenzitetu kočenja [1]

U praksi je gotovo nemoguće sigurno utvrditi jesu li svi uvjeti ispunjeni, stoga je potreban oprez zbog mogućnosti pojave pogrešnih rezultata koji kasnije mogu utjecati na određivanje stvarnih okolnosti prometne nesreće. Na temelju navedenih istraživanja Kramer je utvrdio da se zavisnost između prosječne daljine odbačaja tijela odrasle osobe i brzine naleta osobnog vozila može analitički izraziti putem kvadratne funkcije (8):

$$S_{odpj} = -0,348 + 0,28 * v_n + 0,062 * v_n^2 \quad (8)$$

Pri čemu treba uzeti u obzir da je daljina odbačaja kod djece oko 20% veća nego kod odbačaja odrasle osobe i da je rasipanje rezultata veće pri većim naletnim brzinama. Pošto je

usporenje vozila nužan uvjet za upotrebu metode temeljene na daljini odbačaja pješaka, uvrštavanjem usporenja u izraz dobiva se veza između daljine odbačaja i naletne brzine prema izrazu (9):

$$S_{odpj} = 0,0178 * a * v_n + 0,0271 * \frac{v_n^2}{a} \quad (9)$$

Pri čemu je:

$S_{odpj}$  – ukupna daljina odbačaja pješaka [m]

$a$  – usporenje vozila [ $m/s^2$ ]

$v_n$  – naletna brzina vozila [km/h]

Nadalje je moguće izvesti izraz (10) za izračun brzine naleta:

$$v_n = \sqrt{0,1 * a^4 + 37 * a * S_{odpj}} - 0,33 * a^2 \pm 3,6 \text{ [km/h]} \quad (10)$$

### 3.3. Određivanje brzine vozila na temelju oštećenja na vozilu i ozljeda pješaka

Ukoliko bi se temeljem oštećenja na vozilu približno mogla odrediti brzina vozila u trenutku naleta, tada bi se za određeno usporenje vozila mogao izračunati put od mjesta naleta na pješaka do konačnog položaja vozila u mirovanju. Glavno pitanje u praksi vještačenja je može li se na osnovi razmaka od mjesta udara glave i kuka odrediti smjer kretanja, pogotovo kada se gleda bočno odstupanje takvih tragova, [3]. Je li pješak udario glavom o vjetrobransko staklo moguće je kada se na vjetrobranskom staklu nađu tragovi krvi, tkiva ili kose.

Istraživanje oštećenja na vozilu rezultiralo je slijedećim zaključcima:

- Temeljem razmaka deformacijskih oblika od glave i kuka pješaka moguće je s velikom sigurnošću odrediti smjer kretanja pješaka, dok se na temelju veličina deformacije ne može zaključiti ništa vezano uz naletnu brzinu vozila

- Prema razmaku deformacijskog oblika od udara glave i prednjeg dijela vozila moguće je procijeniti naletna brzina vozila ukoliko nije uslijedio udar glave o vjetrobransko staklo. Brzina naleta pri kojoj dolazi do kontakta glave i vjetrobranskog stakla ovisi i o tipu vozila
- Bočna udaljenost odbačaja pješaka od mjesta kontakta ovisi o mjestu kontakta u području prednjeg gabarita vozila
- Rezultati ubrzanja glave i kukova ovise o tipu vozila, a iznose između 60 i 80 g, a za prsa 40 g, dok je vrijednost udara pješaka pri padu na kolnik nešto niža. Prilikom udara glave o vjetrobransko staklo ubrzanje je veće i od 150 g.
- Vrijeme koje protekne od prvog kontakta vozila i pješaka do udara glavom je manje od 0,03 sekunde, dok je vrijeme odvajanja pješaka od vozila 0,8 sekundi od prvog kontakta. Vrijeme proteklo od prvog kontakta tijela s kolnikom do njegova mirovanja iznosi od 0,5 do 1,5 sekundi. Stoga, nakon 1 do 3 sekunde pješak koji je zahvaćen vozilom i nošen na vozilu dolazi u mirovanje.
- Navoženi pješak kliže oko 1/3 ukupnog puta odbačaja na cestu, [3]

Uz navedeno, moguće je okvirno zaključiti da pri brzinama od 40 km/h i više dolazi do udara pješaka u vjetrobransko staklo ukoliko je pješak udaren prilično ispod težišta tijela što je uobičajeno kod naleta vozila klinastog oblika prednjeg dijela, dok se pri udaru vozila pontonskog oblika to događa tek pri 60 km/h, [3].

### **3.4. Određivanje brzine vozila na temelju daljine odbačaja čestica vjetrobranskog stakla**

Koristeći ovu metodu moguće je približno procijeniti brzine naleta u slučaju kada je poznato mjesto naleta na kolniku i daljina odbačaja krhotina vjetrobranskog stakla  $S_{odks}$  koja se definira kao krajnja udaljenost na kojoj se nalazi dvadesetak komadića stakla promjera 5 do 10 mm, dok se veličina rasipa R stakla isključuje iz proračuna. Pri istraživanjima se kao prosječna visina vjetrobranskog stakla koristila visina od 1,2 metra, te su dobivene slijedeće vrijednosti daljine odbačaja krhotina pri određenim brzinama:

- Pri  $v_n = 40$  km/h,  $S_{odks}$  iznosi od 5,8 do 12,5 m
- Pri  $v_n = 60$  km/h,  $S_{odks}$  iznosi od 13 do 20 m
- Pri  $v_n = 80$  km/h,  $S_{odks}$  iznosi od 17 do 25 m
- Pri  $v_n = 90$  km/h,  $S_{odks}$  iznosi od 19 do 29 m, [3]

### 3.5. Određivanje brzine vozila na temelju odbačaja predmeta koje je pješak nosio

Pješaci često uz sebe imaju neke predmete koji mogu biti korisni pri istrazi prometne nesreće, te se njihov položaj treba točno evidentirati prilikom očevida. Predmeti poput pisma, štapa, a pogotovo kape ili šešira obično se nalaze u neposrednoj blizini nesreće. Udaljenost  $S_{odpr}$  predmeta od mjesta naleta do njihova položaja u mirovanju moguće je izraziti jednadžbom (11):

$$S_{odpr} = \frac{v_n}{10} \quad (11)$$

Pri čemu je:

$S_{odpr}$  – udaljenost predmeta od mjesta naleta na pješaka do njegovog krajnjeg mjesta u mirovanju [m]

$v_n$  – brzina vozila u trenutku naleta na pješaka [km/h]

Kod upotrebe ovog izraza treba uzeti u obzir rasipanje rezultata od  $\pm 20\%$  neovisno o tipu vozila, veličini, težini, smjeru kretanja pješaka i njegovoj brzini. Također se ovaj izraz može koristiti samo do graničnih brzina naleta od 80 do 90 km/h jer pri većim naletnim brzinama obično dolazi do prelijetanja pješaka preko krova vozila, odnosno kretanja prema stražnjem dijelu vozila pa je udaljenost između mjesta nesreće i pješaka u mirovanju manja, [3].

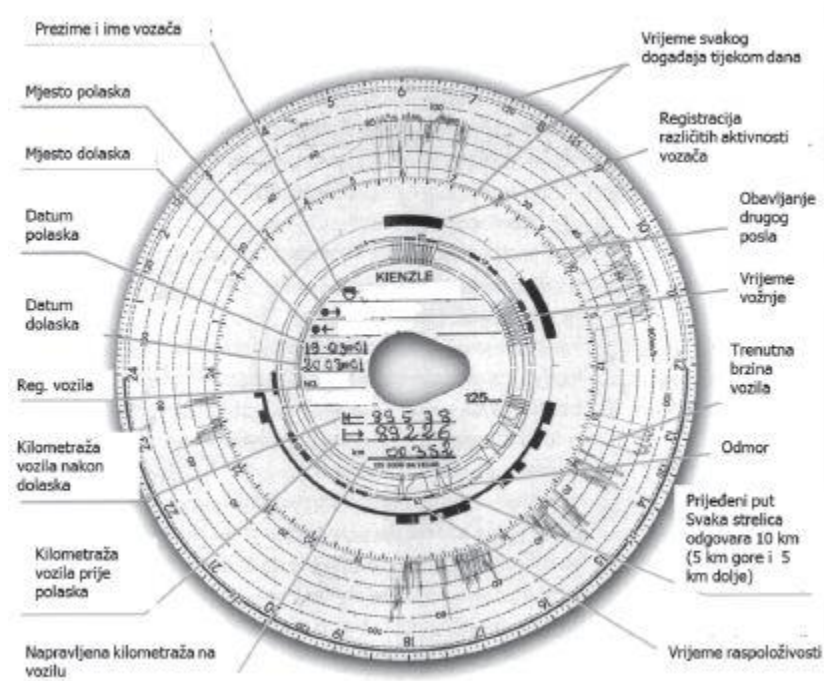
### 3.6. Određivanje brzine vozila očitavanjem tahografa

Tahografi su kontrolni uređaji koji se ugrađuju u vozila u sklopu brzinomjera s putomjerom u svrhu automatskog i poluautomatskog zapisivanja podataka o kretanju vozila i radu vozača u određenom vremenskom razdoblju. Podaci koji se bilježe su duljina prijeđenog puta, brzina vozila, trajanje upravljanja vozilom, trajanje drugih vrsta rada i pripravnosti, trajanje stanki i dnevnog odmora, informacije o otvaranju kućišta u kojem je umetnut tahografski listić i za elektronske uređaje za bilježenje, svaki prekid napajanja uređaja od 100 milisekundi (osim rasvjete) i napajanja senzora udaljenosti i brzine te svaki prekid signalne veze sa senzorom udaljenosti i brzine.

Ideja o tahografima je nastala zbog porasta prometna i prometnih nesreća iz želje da se vozača i vozilo prati neovisno o volji vozača. U našoj zemlji propisana je upotreba tahografa Pravilnikom o uređajima i opremi na vozilima koja prometuju na putovima i o tehničkim uvjetima za određene uređaje na tim vozilima, 1968. godine. Prema ovom pravilniku upotreba tahografa je postala obvezna od 31.12.1969. godine. Zakonom o radnom vremenu, obveznim odmorima mobilnih radnika i uređajima za bilježenje u cestovnom prijevozu (N.N., br. 75/13.) u članku 3. propisani su tipovi cestovnih motornih vozila koja moraju imati ugrađeni tahograf, a to su vozila čija je najveća dopuštena masa veća od 3,5 t, vozila čija je najveća dopuštena masa s priključnim vozilom veća od 3,5 t te autobusi konstruirani ili trajno prilagođeni za prijevoz više od 9 putnika, uključujući i vozača. Prema svojoj izvedbi tahografi se dijele na analogne i digitalne, [3], [6].

Analogni tahograf zapisuje podatke na tahografski listić, a uređaj se sastoji od pokaznih dijelova, zapisnih dijelova, te naprava koje na listić zapisuju svako otvaranje kućišta u koje je listić umetnut. U sudskim postupcima vezanim za prometne nesreće često treba detaljno utvrditi sve elemente nepravilne ili nepropisne vožnje, stoga kada se radi o vozilima opremljenim tahografom analiza prometne nesreće je uvelike lakša zbog dostupnih zapisa na tahografskom listiću. Listiće je moguće detaljno analizirati pomoću specijalnih uređaja, te njegove elemente uzeti kao dokazni materijal u sudskom postupku. Pri analizi se uzima originalni tahografski listić i mikroskopski se obrađuje željeni odsječak listića, te je moguće odrediti tok vožnje vozila u svakom metru i sekundi. Elementi zapisa koji obično čine dokazni materijal su kvaliteta vožnje

vozača, tok vožnje vozača i suvozača, prijeđeni put (dijagram puta), veličina brzine (dijagram brzine), veličina ubrzanja vozila, veličina usporenja vozila, te utrošak goriva. Izgled jednog listića analognog tahografa prikazan je na slici 10. U današnje vrijeme se u nova vozila više ne ugrađuju analogni tahografi, [3], [6].



Slika 10. Listić analognog tahografa [6]

Digitalni tahografi sve podatke zapisuju u memoriju uređaja i na memorijsku karticu vozača. Tahograf može spremiti podatke za 365 dana, te je iz njega moguće ispisati podatke o vožnji, radnom vremenu, odmoru, događajima i pogreškama na tahografu. Digitalni tahograf vozaču prikazuje i upozorava ga kada mora napraviti prekid vožnje, te kada mu završava dnevna vožnja, a obzirom na veliku detaljnost zapisa, manipulacije su uvelike smanjene u odnosu na analogni tahograf, [3], [6].



### 3.7. Određivanje brzine vozila očitavanjem iz EDR uređaja

Event Data Recorder (EDR), popularno zvan „crna kutija“, je suvremeni elektronički uređaj koji se ugrađuje u suvremena vozila s funkcijom snimanja tehničkih podataka o vozilu i putnicima u njemu neposredno prije sudara, u trenutku samog sudara, te neposredno nakon sudara. Prve ugradnje EDR uređaja u vozila započele su 1999. odnosno 2000. godine, a danas većina automobila u SAD-u ima ugrađen EDR, [7].

Uređaj snima podatke poput trenutne brzine vozila, ubrzanja, statusa kočionog sustava, položaja kola upravljača, položaja akceleratora, stanju sigurnosnih pojasa i zračnih jastuka i slično. EDR tijekom vožnje pohranjuje malu količinu podataka, obično se snimaju podaci za otprilike proteklih 5 sekundi, a snimanjem novih podataka se stari brišu. Tek u trenutku sudara prilikom aktivacije zračnih jastuka EDR trajno pohranjuje podatke nekoliko sekundi prije, za vrijeme i nakon sudara, koje je kasnije moguće iščitati, [7]

Za pristup podacima EDR uređaja potrebno je koristiti Crash Data Retrieval (CDR) uređaj, a jedan od najpoznatijih proizvođača za komercijalnu upotrebu jest Bosch i njihov Bosch Crash Data Retrieval DLC Base Kit koji je dostupan od 2000. godine. CDR uređaj se spaja izravno na EDR putem standardnog 16 - pinskog Diagnostic Link Connector-a (DLC) koji dolazi zajedno s CDR uređajem (uređaj i oprema prikazani su na slici 11), dok se programski alat potreban za pristup podacima prodaje odvojeno od samog uređaja, te radi samo s računalima opremljenim Windows operativnim sustavom. Kod preuzimanja podataka CDR konvertira podatke i ispisuje ih u PDF formatu. Ovakva metoda prikupljanja podataka naziva se Direct To Link (DTL). Prednosti ove metode je jednostavnost i brzina, te pri prikupljanju podataka modul zračnog jastuka ostaje netaknut, odnosno spojen sa svim ostalim senzorima, što smanjuje mogućnost manipulacije podacima, [7].



Slika 11. Bosch Crash Data Retrieval DLC Base Kit [8]

Ukoliko je u prometnoj nesreći elektronički sustav vozila uništen, te nije moguće podacima pristupiti DTL metodom, koristi se Direct To Module (DTM) metoda. CDR DTM su dodatni setovi s preko 80 različitih kablova pomoću kojih se podaci prikupljaju izravno iz modula EDR uređaja pri čemu se on mora izvaditi iz vozila, [7]. Jedan dodatni set Direct To Module kablova je prikazan na slici 12, a moguće je kablove kupiti i pojedinačno, [9].



Slika 12. Dodatni set Direct To Module kablova [9]

## 4. ZNAČAJKE PREDNJEG PROFILA VOZILA NA OSOBNIM AUTOMOBILIMA

Značajke prednjeg profila vozila su jedna od ključnih stavki koje određuju gibanje pješaka prilikom udara vozila i samim time daljinu odbačaja tijela kao što je detaljnije objašnjeno u poglavlju 2.5. Dizajn osobnih automobila se je tijekom godina dosta mijenjao djelom zbog želje za zanimljivijim izgledom, djelom zbog sigurnosnih propisa koje vozila moraju zadovoljavati prilikom sudara, djelom zbog poboljšanja aerodinamičnih svojstava koja utječu s jedne strane na ekonomičniju potrošnju goriva ili s druge strane na bolje performanse sportskih vozila. Već dugi niz godina osobni se automobili proizvode s izgledima prednjih dijelova koji ne prate strogo karakteristike klasično definiranih oblika poput pontonskih, klinastih ili sandučastih, već je to često kombinirani izgled dvaju ili svih klasičnih oblika. Također su prisutne razlike u dizajnu prednjih dijelova ovisno o veličini i namjeni vozila. Stoga je osobne automobile potrebno grupirati u nekoliko kategorija, te zatim analizirati karakteristike prednjih profila pojedine kategorije.

Pošto automobili dolaze u raznim veličinama i oblicima koji nisu strogo propisani, nije moguće strogo definirati pojedine kategorije vozila. Stoga su na europskom tržištu vozila podijeljena u neformalne skupine bazirane na njihovim masama i dimenzijama, u devet segmenata prema [10]:

- A segment
- B segment
- C segment
- D segment
- E segment
- F segment
- J segment
- M segment
- S segment

Automobili A segmenta su popularno zvani gradski automobili i po svojim dimenzijama su najmanja kategorija. U Europi su popularni u urbanim mjestima radi svojih malih gabarita i lakoće upravljanja i parkiranja u malim gradskim ulicama, dok im je izvan Europe zastupljenost vrlo mala. Neki od najzastupljenijih modela ovog segmenta su Fiat Panda, Fiat 500, Renault Twingo i Volkswagen Up.

Automobile B segmenta čine vozila koja su svojim dimenzijama i masom nešto veća od vozila A segmenta, te im je prosječna duljina oko 4 metra. Na tržištu Europe su zastupljeniji od A segmenta, dok u Ujedinjenom Kraljevstvu čine najprodavaniji segment osobnih automobila. Ponekad se pri kategorizaciji vozila A i B segmenta spajaju u jedan segment. Tipični predstavnici ovog segmenta su Renault Clio, Ford Fiesta, Opel Corsa, Fiat Punto, Volkswagen Polo i slični.

C segment je treća najmanja kategorija automobila u Europi, te se popularno naziva kompaktna klasa ili se ponekad svrstava kao manji obiteljski automobil. Ukoliko se A i B segmenti gledaju kao jedan segment, tada su vozila C segmenta druga najprodavanija skupina vozila u Europi. Njihova duljina je prosječno 4,5 metra. Popularni automobili su Volkswagen Golf, Opel Astra, Ford Focus, Škoda Octavia i Peugeot 308.

D segment osobnih automobila je slijedeći po veličini. Često se nazivaju veliki obiteljski automobili, a česti predstavnici su Volkswagen Passat, Mercedes - Benz C klasa, Audi A4 i BMW serija 3.

E segment je druga najveća kategorija automobila u Euopi prema svojim dimenzijama. Vozila ove klase se često nazivaju poslovnim limuzinama i obično su to dobro opremljeni automobili s višom cijenom. Predstavnici ovog segmenta su Mercedes – Benz E klasa, BMW serija 5 i Audi A6.

Automobili F segmenta su svojom duljinom najveća klasa automobila u Europi. To su obično najluksuzniji automobili s velikim ili dodatno povećanim međuosovinskim razmakom, te su zbog svoje cijene malo zastupljeni. Najčešći automobili ovog segmenta su Mercedes – Benz S klasa, BMW serija 7 i Audi A8/S8.

J segment osobnih automobila obuhvaća nekoliko potkategorija, od crossovera, preko SUV-a, do terenskih vozila. Crossoveri su automobili konstruirani na platformi običnog osobnog

automobila, ali s povišenom karoserijom i prostranijim putničkim prostorom. SUV vozila su slična terenskim vozilima, ali se razlikuju po većem stupnju udobnosti, boljem dizajnu, te stoga nemaju sposobnosti izvan ceste poput terenskih vozila. Terenska vozila su više namijenjena vožnji izvan ceste, po teško prohodnim terenima, te su karakteristični po povišenom podvozju, velikim kotačima, pogonom na sve kotače, manjoj udobnosti i ekonomičnosti, te općenito većom duljinom, širinom i visinom.

M segment vozila su popularno zvana monovolumeni. Karakteristični su po velikoj putničkom prostoru, te često uz dodatni red sjedala mogu prevesti sedam ljudi, a konstruirani su na platformi postojećih osobnih automobila. Mogu se podijeliti prema veličini na male, srednje i velike, a poznatiji predstavnici su Ford B-Max, Opel Meriva, Volkswagen Touran, Renault Scenic, Ford S-Max i Renault Espace. U posljednje vrijeme nisu toliko zastupljeni i često su zamijenjeni SUV vozilima.

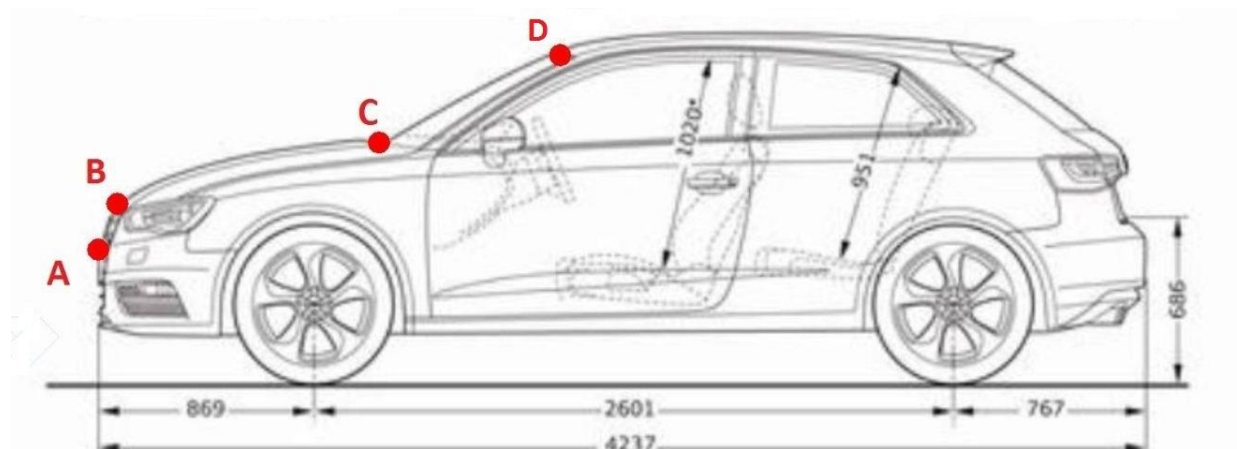
S segment vozila čine sportski automobili. Karakteristični su po niskom težištu i niskom podvozju, te klinastom obliku prednjeg profila, a često dolaze i kao dvosjedi. Karakteristični predstavnici ovog segmenta su vozila egzotičnih proizvođača poput Porsche-a, Ferrari-ja i sličnih, ili neki manje egzotični modeli poput Mazde MX-5, Opel Calibre ili Toyote GT86.

U ovom radu nisu analizirane sve navedene kategorije vozila, već samo neke koje se smatraju češće zastupljenima i reprezentativnima za tržište Republike Hrvatske. Stoga su analizirane značajke prednjih profila vozila iz segmenata A, B, C, D, E, te segment J kod kojeg su analizirani predstavnici crossovera i SUV-a. Zbog pretpostavljene mogućnosti u razlici dizajna prednjeg dijela, iz svakog pojedinog segmenta su analizirana vozila proizvedena od 1990. do 2000. godine, te zatim vozila proizvedena od 2010. do 2020. Cilj je bio analizirati postoje li razlike unutar pojedinog segmenta vozila obzirom na period proizvodnje.

Analiza prednjih profila navedenih kategorija provedena je odabirom i mjerenjem položaja četiriju karakterističnih točaka na skicama vozila kao što je prikazano na slici 13. Mjerena je visina svake pojedine točke od podloge, te međusobna horizontalna udaljenost svake točke. Pojedine točke karakteriziraju slijedeće karakteristične točke na prednjim dijelovima vozila:

- Točka A predstavlja visinu gornjeg ruba najisturenijeg dijela prednjeg odbojnika i pri naletu prva dolazi u kontakt s pješakom
- Točka B predstavlja visinu prednjeg ruba poklopca motora ili ukrasne rešetke i u toj točki dolazi do nabacivanja tijela na poklopac motora
- Točka C predstavlja donji rub vjetrobranskog stakla
- Točka D predstavlja gornji rub vjetrobranskog stakla

Pomoću razlike u visinama između točaka B i C, te C i D, te njihovih međusobnih horizontalnih udaljenosti dobiveni su i nagibi poklopca motora i vjetrobranskog stakla.



Slika 13. Karakteristične točke prednjeg dijela vozila

Ukupno je izmjereno 114 vozila s podjednakim brojem vozila iz svake kategorije te podjednakim brojem vozila prema razdoblju proizvodnje. Pri mjerenju su birana često zastupljena vozila na području Republike Hrvatske.

Mjerenjem vozila iz A segmenta dobivene su minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti položaja karakterističnih točaka, te nagiba poklopca motora i vjetrobranskog stakla prikazane tablicom 2. Iz tablice je vidljivo da se prosječne vrijednosti visine točke A nisu promijenile obzirom na period proizvodnje vozila, visina točke B se povećala za 7 cm, točke C za 6 cm, a točke D za 8 cm. Prosječni kut poklopca motora je ostao približno isti, a vjetrobrana se smanjio za 4 stupnja. Značajna razlika postoji među starijim vozilima gdje je razlika minimalnog i maksimalnog izmjerenog nagiba poklopca motora gotovo 24 stupnja, a vjetrobrana 14

stupnjeva. Također je značajnija razlika među novim vozilima kod nagiba poklopca motora koja iznosi oko 11 stupnjeva. Može se zaključiti da u A segmentu nema značajnijih razlika obzirom na period proizvodnje vozila.

**Tablica 2. Mjere karakterističnih točaka vozila A segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
A segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,51	0,58	0,90	1,28	8,22	27,46
	Maksimalno	0,60	0,77	1,02	1,39	32,61	41,29
	Prosječno	0,53	0,67	0,95	1,33	20,68	32,78
A segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,49	0,67	0,99	1,38	17,98	26,88
	Maksimalno	0,61	0,78	1,03	1,47	29,53	31,10
	Prosječno	0,54	0,74	1,01	1,41	21,33	28,81

U tablici 3 prikazane su vrijednosti za vozila B segmenta. Vidljivo je da se prosječna visina točke A povećala za 5 cm, točke B za 8 cm, točke C za 9 cm, a točke D za 7 cm. Nagibi poklopca motora su gotovo jednaki, dok se nagib vjetrobrana smanjio za nešto više od 2 stupnja. Ponovno se vidi veća razlika među vozilima sličnih godišta pri minimalnom i maksimalnom nagibu poklopca motora i vjetrobranskog stakla. Može se zaključiti da su sve mjerene točke na oko 10% većoj visini kod novijih vozila.

**Tablica 3. Mjere karakterističnih točaka vozila B segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
B segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,49	0,63	0,88	1,26	11,37	20,51
	Maksimalno	0,57	0,81	1,01	1,49	26,54	33,87
	Prosječno	0,53	0,72	0,96	1,36	15,89	28,63
B segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,44	0,72	0,99	1,33	13,22	20,17
	Maksimalno	0,65	0,87	1,08	1,54	19,26	30,66
	Prosječno	0,58	0,80	1,05	1,43	16,73	25,12

U tablici 4 su prikazane izmjerene vrijednosti za C segment. Visine točaka A i B su veće za 3 cm, točke C za 4 cm, dok su točke D iste visine. Nagibi poklopca motora su ostali isti, dok se nagib vjetrobrana smanjio za oko 2 stupnja. Može se zaključiti da obzirom na godište vozila u C segmentu nema prevelikih razlika položaja karakterističnih točaka.

**Tablica 4. Mjere karakterističnih točaka vozila C segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
C segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,47	0,65	0,93	1,31	10,80	27,78
	Maksimalno	0,59	0,79	1,01	1,42	15,23	33,42
	Prosječno	0,54	0,74	0,97	1,36	13,22	29,71
C segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,53	0,69	0,95	1,14	10,41	23,72
	Maksimalno	0,63	0,88	1,10	1,48	15,22	30,78
	Prosječno	0,57	0,77	1,01	1,36	13,57	27,49

Tablica 5 prikazuje mjere kod vozila D segmenta. Prosječna visina točke A se povećala za 6 cm, točke B za 4 cm, točke C za 8 cm i točke D za 6 cm. Pri tome su nagibi poklopca motora i vjetrobrana ostali gotovo isti. Razlike su primjetne unutar vozila sličnih godišta pri nagibima poklopca motora i vjetrobrana. Može se zaključiti da su vozila D segmenta tijekom vremena postala nešto viša.

**Tablica 5. Mjere karakterističnih točaka vozila D segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
D segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,49	0,67	0,93	1,33	9,10	14,00
	Maksimalno	0,59	0,77	1,00	1,39	24,20	34,90
	Prosječno	0,54	0,73	0,96	1,35	13,18	28,68
D segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,46	0,72	0,96	1,31	10,10	23,71
	Maksimalno	0,77	1,00	1,37	1,89	17,08	37,30
	Prosječno	0,60	0,78	1,04	1,41	12,56	28,37



U tablici 6 prikazane su izmjerene vrijednosti za vozila E segmenta. Visina točke A se povećala za 8 cm, visina točke B je gotovo identična, visina točke C je veća za 2 cm, a točke D su gotovo identične. Nagibi poklopca motora i haube su također gotovo nepromijenjeni. Primjetne su tek razlike među vozilima sličnih godišta kod minimalnih i maksimalnih nagiba vjetrobranskog stakla. Može se zaključiti da je u ovom segmentu tek položaj prve dodirne točke u naletu nešto viši kod novijih vozila.

**Tablica 6. Mjere karakterističnih točaka vozila E segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
E segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,45	0,67	0,89	1,29	9,50	25,65
	Maksimalno	0,60	0,82	1,08	1,42	12,96	33,70
	Prosječno	0,51	0,75	0,98	1,36	11,38	28,35
E segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,49	0,71	1,00	1,28	8,90	23,64
	Maksimalno	0,73	0,82	1,03	1,42	12,68	29,60
	Prosječno	0,59	0,76	1,01	1,35	10,39	27,63

Posljednju kategoriju čine crossover i SUV vozila, odnosno J segment. Mjere položaja karakterističnih točaka predstavnika ove kategorije prikazane su u tablici 7. Vidljivo je da su visine točaka A jednake, točka B je niža za 4 cm, točka C za 3 cm, a točka D za 7 cm. Prosječni nagib poklopca motora je ostao isti, dok je kut vjetrobrana manji za oko 8 stupnjeva. Ponovno su vidljive razlike među vozilima slične starosti obzirom na nagibe poklopca motora i vjetrobrana. Može se zaključiti da su novija vozila nešto malo niža, te s manje okomitim vjetrobranskim staklima što se može povezati s boljim aerodinamičnim svojstvima novijih vozila.

**Tablica 7. Mjere karakterističnih točaka vozila J segmenta**

Segment	Vrijednost	Visina A [m]	Visina B [m]	Visina C [m]	Visina D [m]	Nagib poklopca motora [stupnjevi]	Nagib vjetrobranskog stakla [stupnjevi]
J segment (1990.-2000.)	Minimalno	0,60	0,86	1,06	1,49	9,31	29,76
	Maksimalno	0,72	1,02	1,26	1,69	17,18	44,44
	Prosječno	0,66	0,92	1,15	1,59	12,34	36,18
J segment (2010.-2020.)	Minimalno	0,53	0,77	1,08	1,46	9,65	25,15
	Maksimalno	0,74	0,94	1,18	1,59	16,91	31,72
	Prosječno	0,66	0,88	1,12	1,52	12,69	28,86

Usporedbom prosječnih vrijednosti mjerenih karakterističnih točaka koje su bitne pri naletu vozila na pješaka unutar pojedinih kategorija može se zaključiti da nema značajnih razlika unutar jedne kategorije obzirom na period proizvodnje vozila. S druge strane iz tablica je vidljivo da postoje veće varijacije minimalnih i maksimalnih vrijednosti pojedinih točaka među vozilima sličnih godišta pojedinih kategorija. Stoga nije moguće reći da se iste kategorije vozila generalno značajno razlikuju obzirom na period proizvodnje, već se značajno razlikuju pojedina vozila unutar istih kategorija bez obzira na starost.

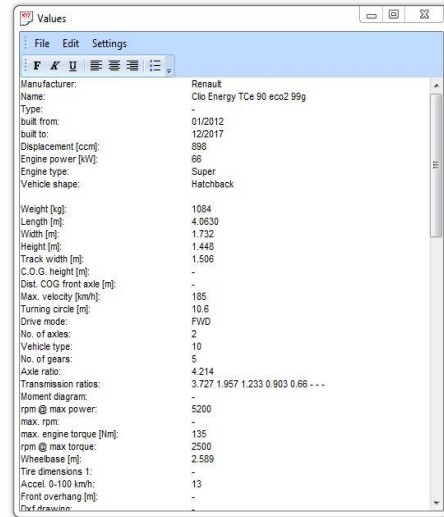
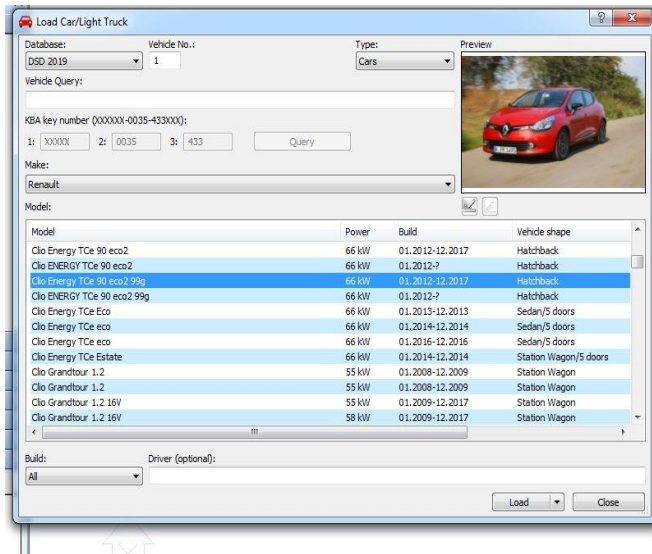
## **5. SIMULACIJA NALETA VOZILA NA PJEŠAKA PROGRAMSKIM ALATOM PC CRASH**

U današnje vrijeme postoje razni računalni alati koji omogućuju rješavanje iznimno složenih matematičkih i fizičkih problema. Tako i na području analize prometnih nesreća postoji simulacijski programski alat PC Crash. U ovom radu su simulirani naleti na pješaka u ovom programskom alatu, a dobiveni rezultati su uspoređeni s onima koje je moguće dobiti nekim drugim prikazanim metodama.

### **5.1. Programski alat PC Crash**

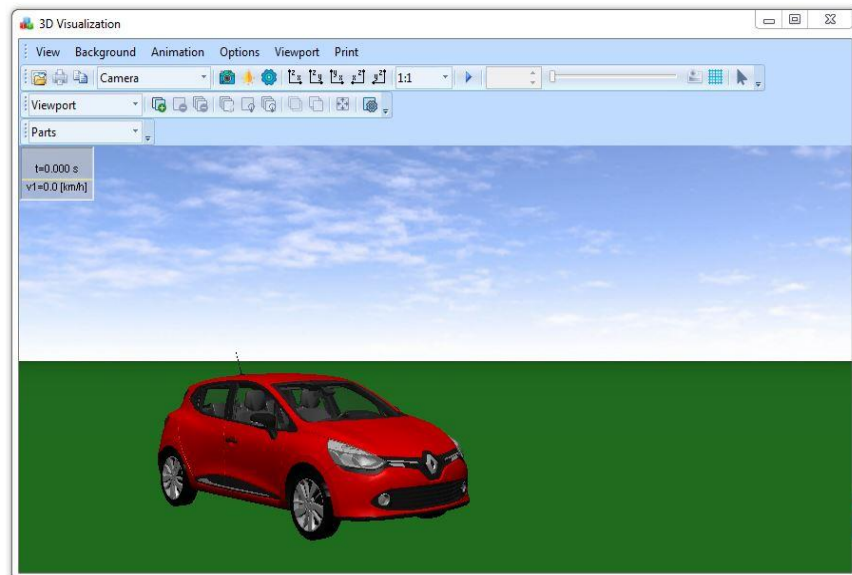
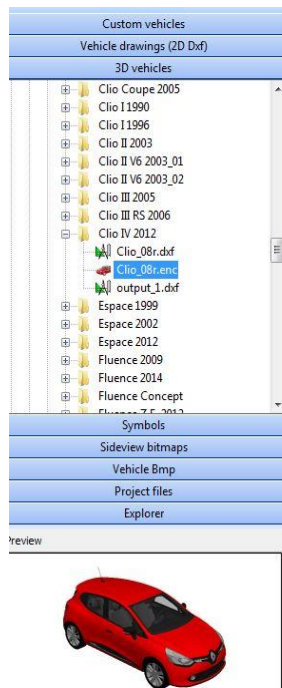
PC Crash je snažan računalni programski alat za simuliranje prometnih nesreća motornih vozila pri čemu je moguće simulirati razne oblike nesreća i jedan je od najpoznatijih i najkorištenijih u svijetu. Time se omogućuje izvršavanje sve složenijih izračuna vezanih uz nesreće na osobnom računalu. Uz to što omogućuje generiranje raznih tablica i dijagrama, omogućuje prikaz poprilično realnih trodimenzionalnih prikaza, odnosno simulacija. Program je prilično složen, te zahtijeva ne samo poduku iz rada u njemu, već i stručna znanja iz područja prometnih ekspertiza. Kvaliteta konačnih izračuna ovisi najviše o znanju osobe koja radi pomoću programa i o kvaliteti ulaznih podataka prikupljenih očevidom.

Program ima veliku bazu podataka s raznim vrstama i tipovima vozila. Najprije je potrebno učitati vozilo iz baze podataka pri čemu će se odmah prikazati i neki podaci o vozilu poput dužine, širine, mase i slično što je prikazano na slici 14.



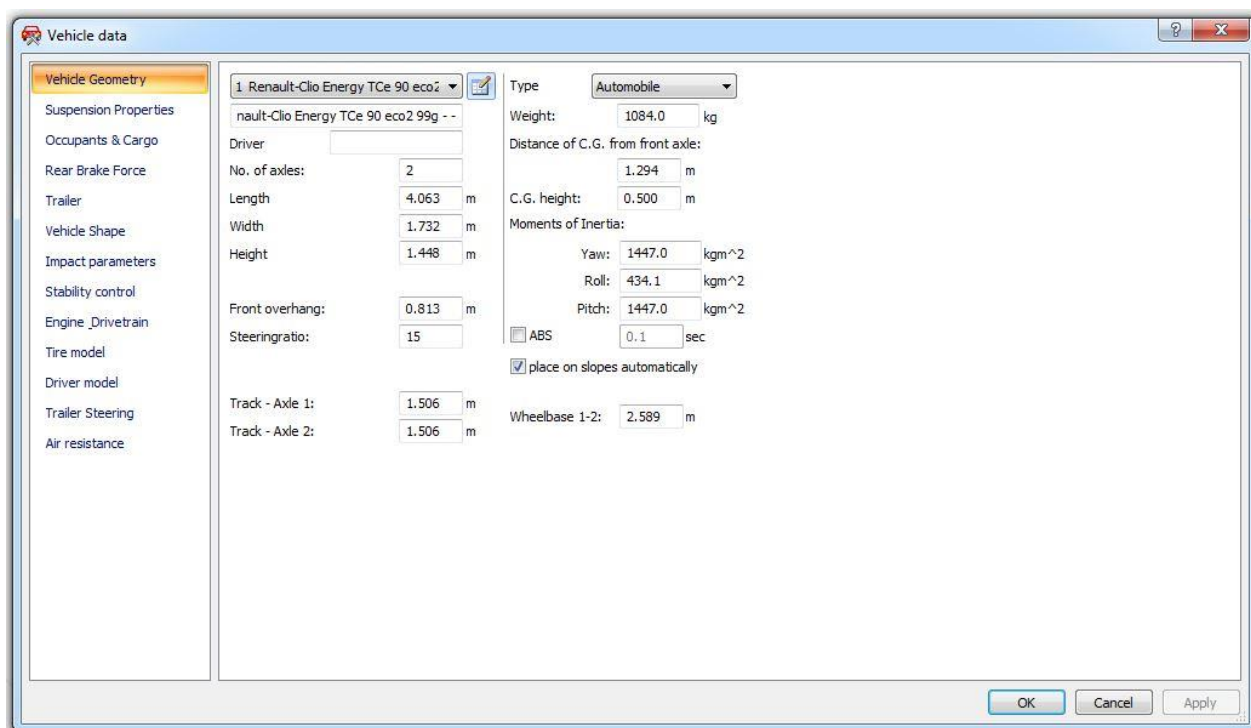
Slika 14. Učitavanje vozila iz baze podataka vozila

Zatim je moguće učitati dxf i 3D prikaze vozila, te će se tako dobiti dosta realan prikaz modela automobila kao na slici 15.



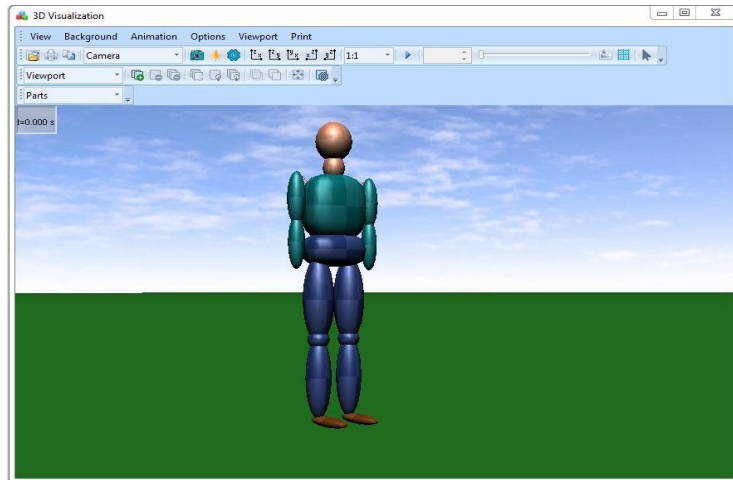
Slika 15. Trodimenzionalni prikaz modela vozila

Nakon učitavanja vozila i trodimenzionalnog prikaza, moguće je odrediti mnoge parametre koji su bitni za kinematiku i dinamiku vozila pri sudaru. Moguće je izmjenjivati masu vozila, ukupnu duljinu, širinu i visinu vozila, položaj težišta, broj osovina, opremljenost sustavom protiv blokiranja kotača pri kočenju, te razne ostale parametre. Neka od parametara su vidljivi na slici 16.



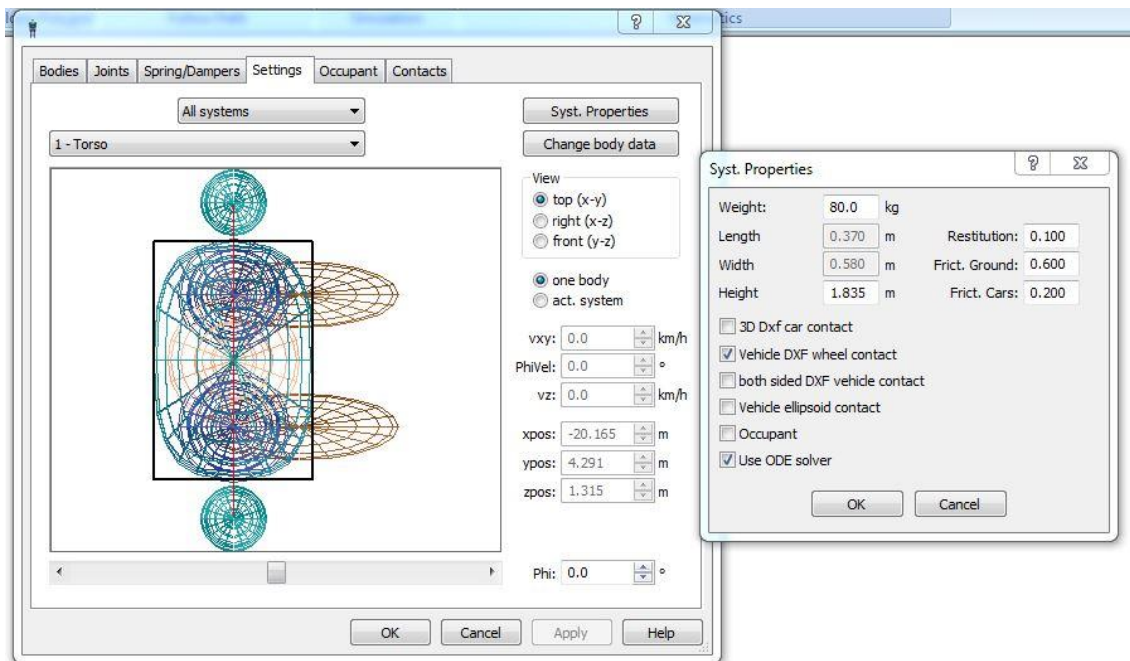
Slika 16. Mogućnost izmjene mnogih parametara vozila

Iduća bitna stavka jest prikazati pješaka što točnije. To se radi korištenjem multibody modela. To su složeni objekti sastavljeni od više manjih elemenata međusobno spojenih zglobovima pri čemu je moguće odrediti svojstva svakog pojedinog elementa zasebno. Multibody model je moguće postaviti u razne položaje te postaviti način kretanja mijenjanjem parametara svakog pojedinog tijela. Trodimenzionalni prikaz jednog multibody objekta koji oponaša pješaka prikazan je na slici 17.



Slika 17. Multibody sustav u funkciji simulacije pješaka

Neke od mogućnosti određivanja parametara poput mase i visine multibody modela pješaka prikazane su na slici 18.

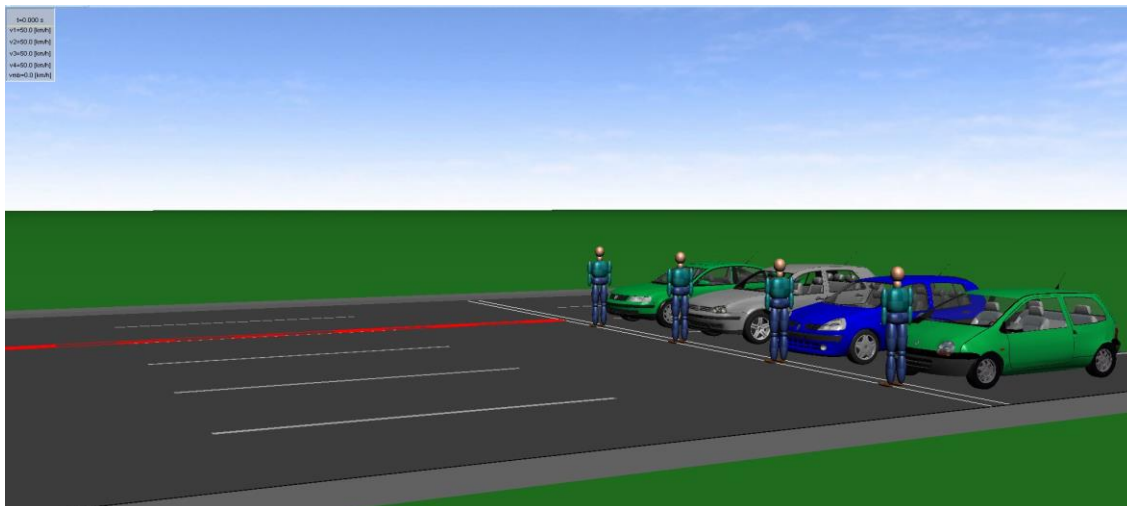


Slika 18. Neki od parametara multibody modela pješaka

## 5.2. Simulacije naleta vozila na pješaka

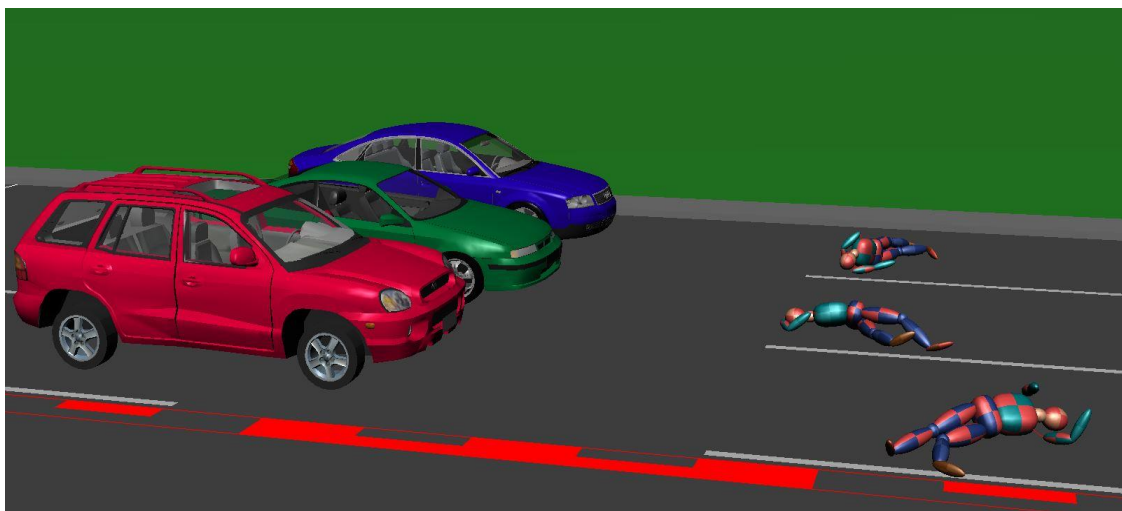
Simulacije naleta vozila na pješaka izvršene su za sve skupine vozila koje su izmjerene u poglavlju 4, te za još jednu dodatnu kategoriju koju čine sportski osobni automobili. Iz svake kategorije odabrana su po dva vozila, jedno proizvedeno između 1990. i 2000. godine i jedno proizvedeno od 2010. do 2020. godine. Odabirana su vozila koja su često prisutna u Republici Hrvatskoj. Najprije su odrađene simulacije naleta starijih vozila na pješaka i to pri brzinama naleta u trenutku udara od 40, 50, 60 i 70 km/h. Sva su vozila bila kočena i to usporejnjem od  $7,5 \text{ m/s}^2$ . Da bi se eliminirao utjecaj mase vozila na krajnji rezultat simulacije, svim vozilima je zadana masa od 1000 kg. Visina i masa pješaka je iste u svim simulacijama i iznose 1,75 m i 75 kg, a multibody objekt koji predstavlja pješaka je sastavljen od 20 elemenata. Pri naletu pješak se nalazi u stojećem položaju, dok vozilo nalijeće na njegovu bočnu stranu, odnosno radi se u punom frontalnom naletu.

Pri simulaciji starijih vozila predstavnik vozila A segmenta je Renault Twingo, B segmenta Renault Clio, C segmenta Volkswagen Golf, D segmenta Volkswagen Passat, E segmenta Audi A6, J segmenta Hyundai Santa Fe, a sportska vozila predstavlja Opel Calibra. Na slici 19. je trodimenzionalni prikaz početnog položaja vozila Twingo, Golf, Clio, Passat i pješaka pri brzini od 50 km/h.



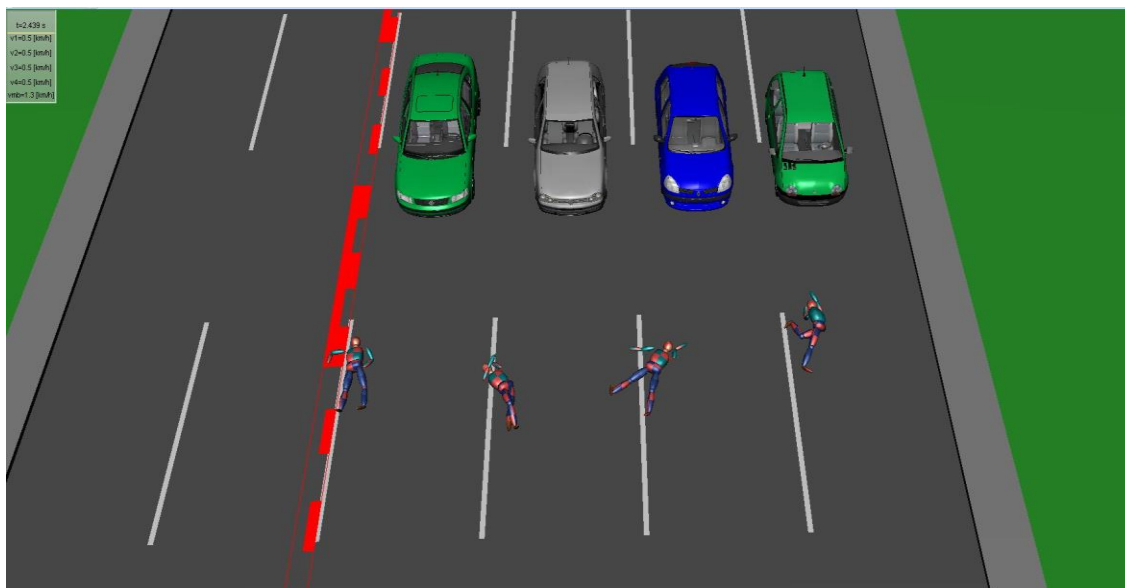
Slika 19. Početni položaj vozila pri naletnoj brzini od 50 km/h

Na slici 20 prikazana su vozila Hyundai Santa Fe, Opel Calibra i Audi A6 koji su predstavnici E, J i S segmenta.



Slika 20. Predstavnici starijih vozila E, J i S segmenta

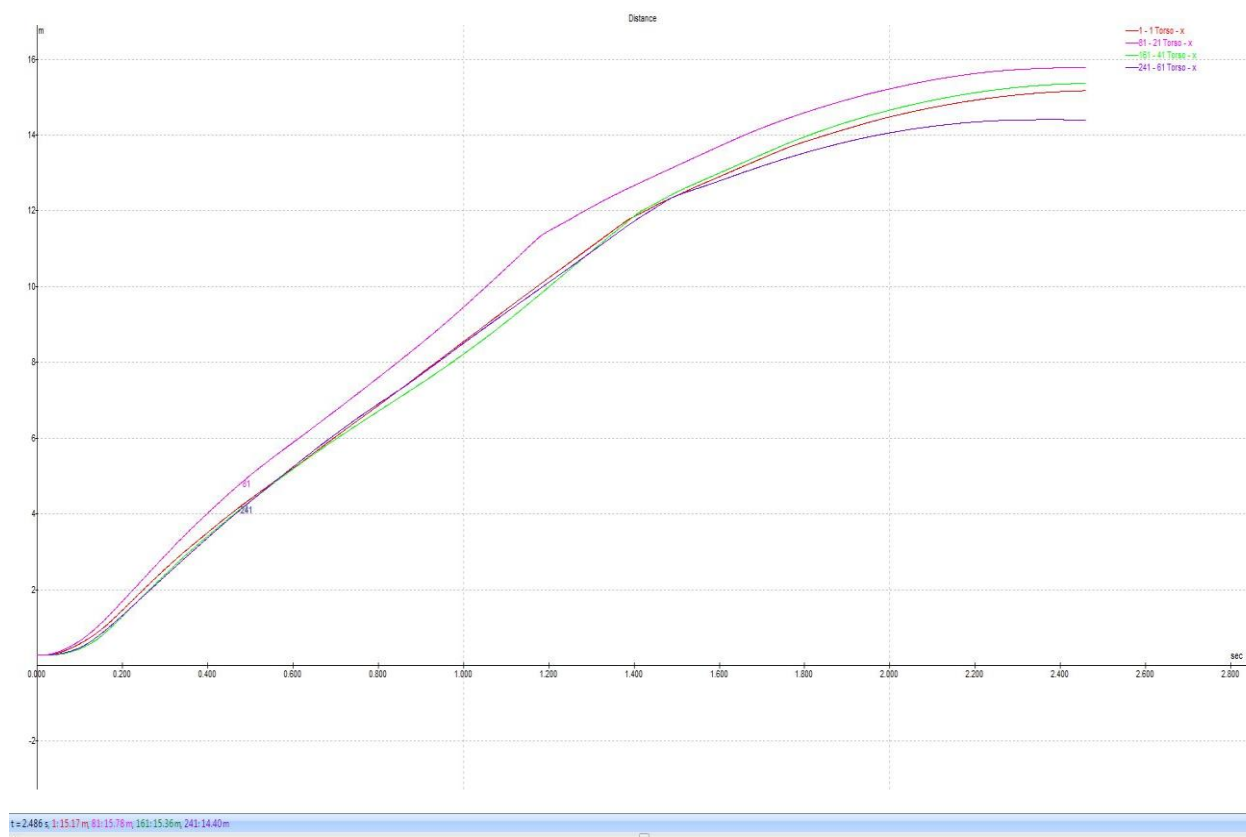
Kraj naleta na pješaka prikazan je na slici 21 pri čemu su vidljivi krajnji položaji tijela pješaka na kolniku.



Slika 21. Krajnji položaj vozila i tijela pješaka pri naletnoj brzini od 50 km/h

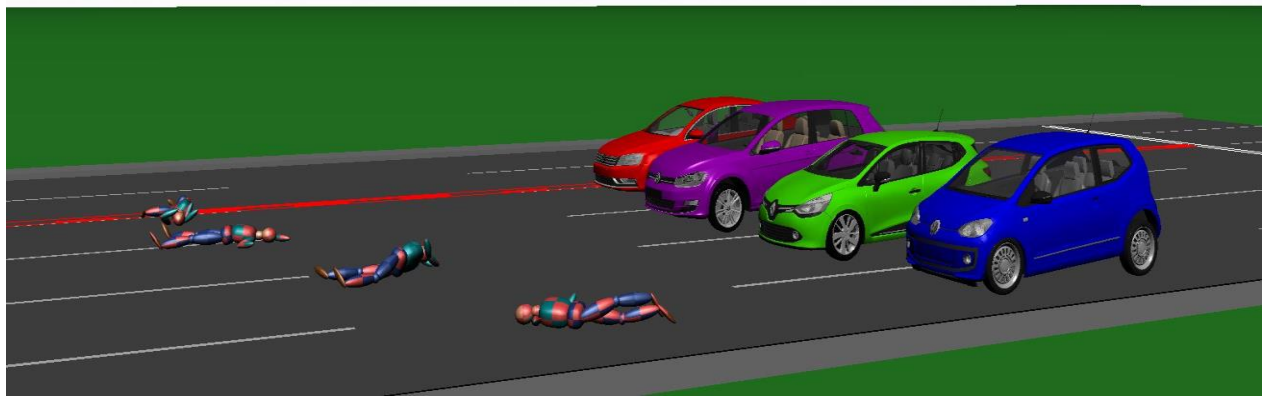


Nakon što je simulacija izvršena moguće je izvući razne podatke iz dijagrama. Kao bitan podatak uzeta je daljina odbačaja pješaka koju je moguće iščitati iz dijagrama. Moguće je pronaći udaljenost bilo kojeg od 20 elemenata koji sačinjavaju multibody objekt, a točka na tijelu pješaka od koje se mjeri je odabrano težište onog elementa koji simulira torzo pješaka. Prikaz dijagrama puta kojeg su tijekom odbačaja prešla težišta torza prikazano je na slici 22. Svaka linija dijagrama predstavlja put jednog pješaka, dok je vrijednosti puta u bilo kojem trenutku prilikom kočenja moguće vidjeti u donjem lijevom kutu.



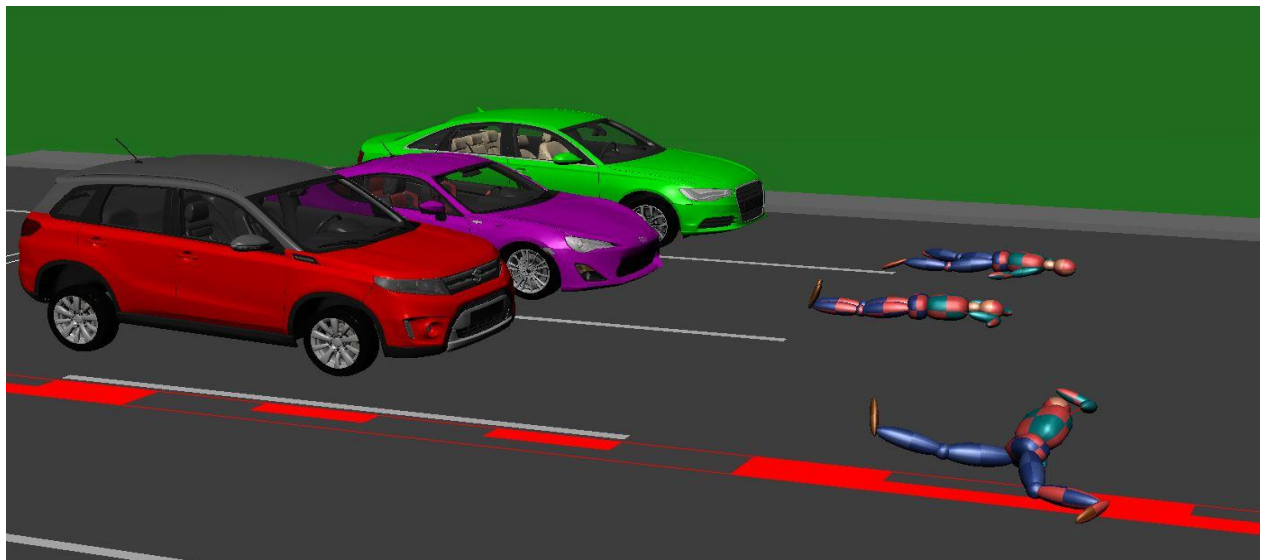
Slika 22. Dijagram prijednog puta težišta tijela

Pri simulacijama naleta novijih vozila A segment je predstavljalo vozilo Volkswagen UP, B segment Renault Clio, C segment Volkswagen Golf, D segment Volkswagen Passat, te su prikazani na slici 23.



**Slika 23. Predstavnicu novijih vozila A, B, C i D segmenta**

E segment je predstavljao Audi A6, J segment Suzuki Vitara i sportski segment Toyota GT86, a prikazani su na slici 24.



**Slika 24. Predstavnicu novijih vozila E, J i S segmenta**

## 6. ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA UTJECAJA PREDNJEG PROFILA VOZILA NA ODBAČAJ PJEŠAKA

Nakon simulacije dobiveni su rezultati daljine odbačaja pješaka za starija vozila pri brzinama od 40, 50, 60 i 70 km/h u tablici 8.

Tablica 8. Daljine odbačaja pješaka pri naletu starijih vozila

Segment vozila	40 km/h	50 km/h	60 km/h	70 km/h
A segment (1990-2000) Renault Twingo	9,81	14,4	21,97	28,94
B segment (1990-2000) Renault Clio 2	10,22	15,36	20,86	27,81
C segment (1990-2000) Volkswagen Golf	11,08	15,78	23,75	31,52
D segment (1990-2000) Volkswagen Passat	10,27	15,17	21,7	29,3
E segment (1990-2000) Audi A6	10,25	15,02	22,68	26,9
S segment (1990-2000) Opel Calibra	10,44	14,93	21,19	25,88
J segment (1990-2000) Hyundai Santa FE	11,32	16,83	23,77	30,41

U tablici je najprije vidljivo da se daljina odbačaja pješaka povećavala s povećanjem brzine kod svih kategorija vozila. Pri brzinama od 40 i 50 km/h najveći odbačaj ima vozilo J segmenta, dok su najmanji odbačaji kod malih vozila iz A segmenta. Ukupno je najveću daljinu odbačaja imalo vozilo C segmenta pri brzini od 70 km/h. Smatra se da je razlog tomu veća okomitost prednjeg dijela vozila i veća ploha udara koja dolazi u kontakt s tijelom pješaka. Pri brzinama većim od 70 km/h dolazilo je do nabacivanja tijela pješaka na krov vozila, nošenja pješaka vozilom, te pad pješaka bočno pokraj vozila stoga se podaci za brzine veće od 70 km/h nisu koristili.

Nadalje su napravljeni izračuni brzine naleta vozila za pojedine kategorije na temelju metode odbačaja pješaka i na temelju Kramerove jednadžbe da bi se analiziralo kolike će biti razlike u dobivenim rezultatima i koliko su te dvije metode precizne. Najprije su u tablici 9 prikazani rezultati za starije vozilo A segmenta. Brzine dobivene metodom odbačaja pješaka razlikuju se od stvarnih u manje od 10% vrijednosti, što je prihvatljivo, dok su brzine dobivene Kramerovom jednadžbom još točnije.

**Tablica 9. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo A segmenta**

A segment (1990.-2000.) Renault Twingo	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	9,81	37,59	36,56
Stvarna brzina od 50 km/h	14,40	45,54	47,11
Stvarna brzina od 60 km/h	21,97	56,25	61,52
Stvarna brzina od 70 km/h	28,94	64,56	72,80

U tablici 10 su rezultati za starije vozilo B segmenta. Rezultati su vrlo slični kao kod prethodnog segmenta, te je metoda prema Krameru ponovno malo preciznija.

**Tablica 10. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo B segmenta**

B segment (1990.-2000.) Renault Clio	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	10,22	38,36	37,58
Stvarna brzina od 50 km/h	15,36	47,03	49,10
Stvarna brzina od 60 km/h	20,86	54,81	59,57
Stvarna brzina od 70 km/h	27,81	63,28	71,07

Tablica 11 prikazuje rezultate starijeg vozila C segmenta. Ponovno su sve metode unutar granica tolerancije.

**Tablica 11. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo C segmenta**

C segment (1990.-2000.) Volkswagen Golf	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	11,08	39,94	39,67
Stvarna brzina od 50 km/h	15,78	47,67	49,96
Stvarna brzina od 60 km/h	23,75	58,48	64,55
Stvarna brzina od 70 km/h	31,52	67,37	76,64

Tablica 12 pokazuje rezultate pri naletu starijeg vozila D segmenta koji su vrlo slični rezultatima prethodnih segmenata.

**Tablica 12. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo D segmenta**

D segment (1990.-2000.) Volkswagen Passat	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	10,27	38,46	37,71
Stvarna brzina od 50 km/h	15,17	46,74	48,71
Stvarna brzina od 60 km/h	21,70	55,90	61,05
Stvarna brzina od 70 km/h	29,30	64,96	73,35

Tablica 13 Prikazuje rezultate za starije vozilo E segmenta pri čemu su ponovno svi rezultati u granicama tolerancije.

**Tablica 13. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo E segmenta**

E segment (1990.-2000.) Audi A6	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	10,25	38,42	37,66
Stvarna brzina od 50 km/h	15,02	46,51	48,40
Stvarna brzina od 60 km/h	22,68	57,15	62,74
Stvarna brzina od 70 km/h	26,90	62,24	69,65

U tablici 14 su rezultati za nalet starijeg sportskog automobila. Pri brzini naleta od 60km/h i odbačaju od 25,88 m, metoda na temelju odbačaja pješaka pokazuje manju vrijednost za više od 10%, dok metoda prema Krameru i dalje ima tolerantne rezultate.

**Tablica 14. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo S segmenta**

S segment (1990.-2000.) Opel Calibra	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	10,44	38,77	38,13
Stvarna brzina od 50 km/h	14,93	46,37	48,22
Stvarna brzina od 60 km/h	21,19	55,24	60,16
Stvarna brzina od 70 km/h	25,88	61,05	68,03

U tablici 15 Prikazani su rezultati naleta crossover vozila pri čemu su rezultati svih metoda u granicama tolerancije

**Tablica 15. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo J segmenta**

J segment (1990.-2000.) Hyundai Santa Fe	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	11,32	40,37	40,24
Stvarna brzina od 50 km/h	16,83	49,23	52,05
Stvarna brzina od 60 km/h	23,77	58,51	64,58
Stvarna brzina od 70 km/h	30,41	66,17	75,01

Nakon pregleda svih tablica s naletima starijih vozila vidljivo je da s povećanjem brzine, točnije kod brzina većih od 50 km/h, Kramerova metoda pokazuje veće rezultate od stvarnih, iako u granici tolerancije. S druge strane metoda odbačaja pješaka skoro uvijek daje malo manje brzine od stvarnih, a ta se razlika povećava s povećanjem naletne brzine.

Iste su usporedbe vršene i za nalete novijih vozila na pješake. U tablici 16 su rezultati naleta novijeg vozila A segmenta. Sve metode pokazuju rezultate u granicama tolerancije, osim metode prema Krameru gdje je pri brzini od 70 km/h vrijednost veća za oko 10%.

**Tablica 16. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo A segmenta**

A segment (2010.-2020.) Volkswagen UP	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	11,28	40,30	40,15
Stvarna brzina od 50 km/h	16,44	48,66	51,28
Stvarna brzina od 60 km/h	21,98	56,26	61,54
Stvarna brzina od 70 km/h	31,87	67,74	77,15

U tablici 17 su rezultati naleta novijeg vozila B segmenta pri čemu su ponovno svi rezultati u granicama tolerancije. Kod manjih naletnih brzina rezultati obiju metoda su bliži stvarnoj brzini nego pri višim brzinama naleta.

**Tablica 17. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo B segmenta**

B segment (2010.-2020.) Renault Clio	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	11,45	40,61	40,55
Stvarna brzina od 50 km/h	17,32	49,94	53,01
Stvarna brzina od 60 km/h	22,81	57,31	62,96
Stvarna brzina od 70 km/h	31,56	67,41	76,70

U tablici 18 su rezultati naleta predstavnika novijih vozila C segmenta. Rezultati su većinom u granicama tolerancije, osim pri brzini od 70 km/h kada Kramerova metoda pokazuje nešto više od 10% veće rezultate.

**Tablica 18. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo C segmenta**

C segment (2010.-2020.) Volkswagen Golf	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	12,34	42,15	42,60
Stvarna brzina od 50 km/h	16,61	48,91	51,62
Stvarna brzina od 60 km/h	24,62	59,54	65,99
Stvarna brzina od 70 km/h	32,23	68,13	77,67

Kod naleta novijeg vozila D segmenta prilikom izračuna Kramerovom metodom već pri 60 km/h dolazi do pogreške od oko 10%, te je ista situacija pri brzini od 70 km/h. Ostali rezultati su ponovno zadovoljavajuće precizni. Rezultati su prikazani u tablici 19.

**Tablica 19. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo D segmenta**

D segment (2010.-2020.) Volkswagen Passat	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	11,51	40,71	40,69
Stvarna brzina od 50 km/h	17,14	49,68	52,66
Stvarna brzina od 60 km/h	25,34	60,41	67,16
Stvarna brzina od 70 km/h	32,87	68,80	78,59

U tablici 20 su prikazane vrijednosti izračuna naletne brzine za novija vozila D segmenta. Pri tome se može zamijetiti da su rezultati dobiveni Kramerovom metodom vrlo blizu točnih brzina čak i pri brzinama od 60 i 70 km/h što inače nije slučaj.



**Tablica 20. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo E segmenta**

<b>E segment (2010.-2020.) Audi A6</b>	<b>Daljina odbačaja [m]</b>	<b>Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]</b>	<b>Brzina prema Krameru [km/h]</b>
Stvarna brzina od 40 km/h	10,63	39,12	38,59
Stvarna brzina od 50 km/h	16,40	48,60	51,20
Stvarna brzina od 60 km/h	22,81	57,31	62,96
Stvarna brzina od 70 km/h	26,67	61,97	69,29

Tablica 21 prikazuje rezultate za S segment, odnosno sportska vozila. I u ovom slučaju metoda na temelju odbačaja pješaka i Kramerova jednadžba daju tolerantne rezultate, iako Kramerova metoda pokazuje veće odstupanje pri brzini od 70 km/h.

**Tablica 21. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo S segmenta**

<b>S segment (2010.-2020.) Toyota GT86</b>	<b>Daljina odbačaja [m]</b>	<b>Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]</b>	<b>Brzina prema Krameru [km/h]</b>
Stvarna brzina od 40 km/h	10,44	38,77	38,13
Stvarna brzina od 50 km/h	15,56	47,34	49,51
Stvarna brzina od 60 km/h	22,26	56,62	62,02
Stvarna brzina od 70 km/h	31,08	66,90	75,99

Tablica 22 pokazuje rezultate posljednje kategorije, odnosno predstavnika novijih vozila J segmenta. Svi rezultati su ponovno u granicama tolerancije, a Kramerova metoda ponovno pokazuje manje odstupanje pri brzini od 70 km/h.

**Tablica 22. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo J segmenta**

J segment (2010.-2020.) Suzuki Vitara	Daljina odbačaja [m]	Brzina prema metodi odbačaja pješaka [km/h]	Brzina prema Krameru [km/h]
Stvarna brzina od 40 km/h	12,26	42,02	42,42
Stvarna brzina od 50 km/h	18,03	50,95	54,37
Stvarna brzina od 60 km/h	22,57	57,01	62,55
Stvarna brzina od 70 km/h	29,87	65,58	74,20

Nakon obavljenih simulacija s predstavnicima svih željenih kategorija vozila može se zaključiti da su metoda na temelju odbačaja pješaka i Kramerova jednadžba pouzdane metode za određivanje okvirnih naletnih brzina ukoliko se temeljem dokaza smatra da je moguće da su one između 40 i 70 km/h. Uz to treba paziti da su kod naleta na pješaka ispunjeni uvjeti kao što su kočenje osobnog automobila usporenjem većim od 3 m/s, te da je nalet na pješaka puni frontalni.

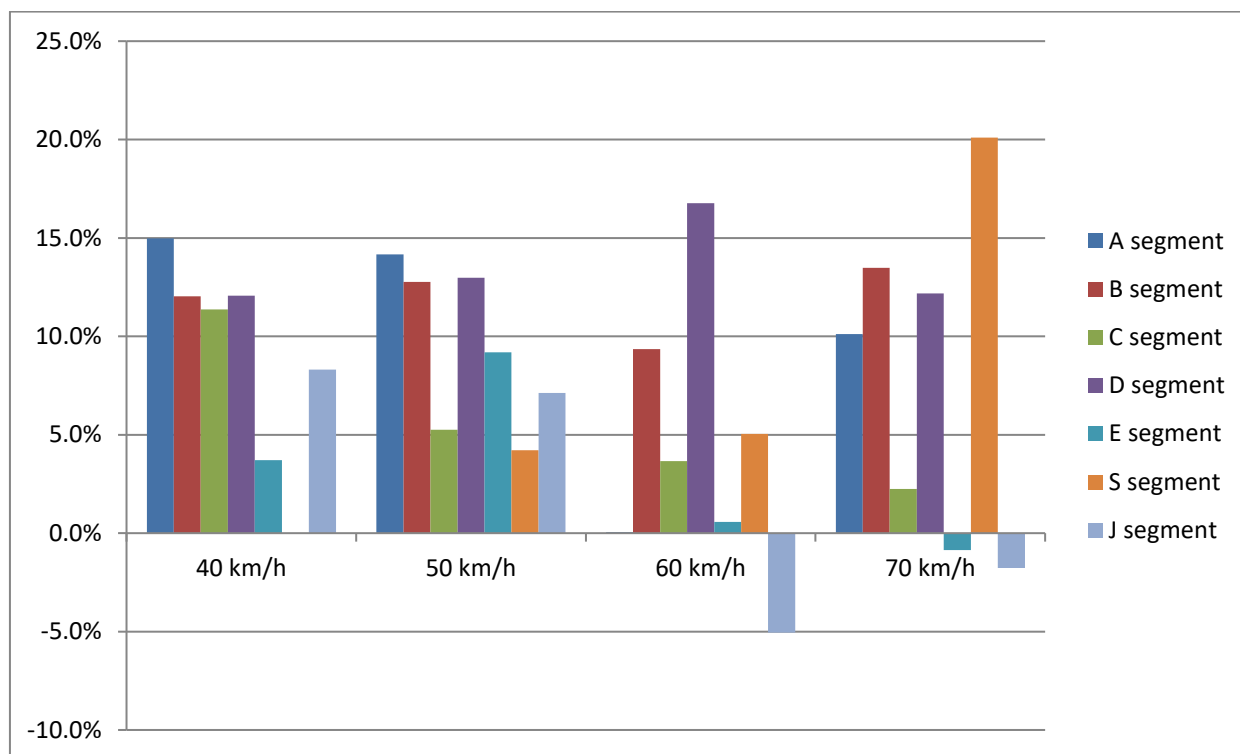
Analizom daljine odbačaja pješaka pri naletu predstavnika iste kategorije vozila primijećene su razlike obzirom na starost vozila prikazane u tablici 23. Razlike su prikazane u postocima s time da pozitivne vrijednosti prikazuju povećanje odbačaja pri naletu novijih vozila, dok negativne vrijednosti prikazuju smanjenje daljine odbačaja pri naletu novijih vozila obzirom na starija vozila. Podaci su usporedno prikazani u grafikonu 5.

**Tablica 23. Razlike u daljini odbačaja pješaka pri naletu starijih i novijih vozila istog segmenta**

	A segment	B segment	C segment	D segment	E segment	S segment	J segment
40 km/h	15,0%	12,0%	11,4%	12,1%	3,7%	0,0%	8,3%
50 km/h	14,2%	12,8%	5,3%	13,0%	9,2%	4,2%	7,1%
60 km/h	0,0%	9,3%	3,7%	16,8%	0,6%	5,0%	-5,0%
70 km/h	10,1%	13,5%	2,3%	12,2%	-0,9%	20,1%	-1,8%

Vidljivo je da su kod A segmenta vrijednosti znatno veće, osim pri brzini od 60 km/h, značajnija povećanja su prisutna i kod B i D segmenta, dok je povećanje kod C segmenta nešto manje. Povećanje odbačaja pri naletu novijeg vozila E segmenta je manje od 10%, osim pri brzini

od 70 km/h gdje je smanjenje odbačaja manje od 1%. Kod S segmenta odbačaj nije znatno veći, osim pri brzini od 70 km/h gdje je navodno povećanje odbačaja od 20%, ali treba napomenuti da je ono uzrokovano duljim zadržavanjem tijela na vozilu, odnosno nošenjem tijela na vozilu. Kod J segmenta povećanje odbačaja je prisutno pri brzinama od 40 i 50 km/h te je ono veće za manje od 10%, dok se pri većim brzinama daljina odbačaja nešto smanjila.



**Grafikon 5. Prikaz razlika daljina odbačaja pješaka kod novijih vozila različitih kategorija i različitih brzina**

## 7. ZAKLJUČAK

Prometne nesreće s naletom na pješaka su jedne od najopasnijih vrsta prometnih nesreća pri kojima gotovo uvijek dolazi do nekog oblika stradavanja pješaka. Najčešće vrste takvih nesreća su frontalni naleti, a mogu biti potpuni i nepotpuni, okrznuća pješaka i pregaženja. Pri potpunom frontalnom naletu karakteristična su tri segmenta kretanja tijela pješaka, a to su udar pješaka i nošenje vozilom, odvajanje od vozila i let kroz zrak i posljednje je klizanje tijela po podlozi do konačnog mirovanja. Sve tri faze čine ukupni odbačaj pješaka prilikom udara koji se često koristi prilikom analize prometnih nesreća i rješavanja problema određivanja brzine naleta. Pri odbačaju pješaka ključnu ulogu imaju masa vozila i pješaka, brzina naleta vozila, čvrstoća struktura prednjeg dijela vozila, položaj pješaka u odnosu na širinu, težište pješaka, karakteristike podloge i oblik prednjeg profila koji je detaljnije istraživao u ovom radu.

Nakon svake prometne nesreće vrši se očevid prilikom kojeg se prikupljaju svi dokazi i bitne činjenice koje mogu pomoći u analizi okolnosti nastajanja prometne nesreće. Ukoliko je očevid loše obavljen, teško će biti točno utvrditi činjenice o prometnoj nesreći, pa tako i odrediti brzinu kretanja vozila. Tek nakon prikupljenih potrebnih dokaza i saznanja se može pristupiti, u ovom slučaju, određivanju brzine naleta vozila na pješaka. Obzirom da su prometne nesreće jako raznovrsne situacije u kojima treba sagledati mnogo faktora, tijekom godina se razvilo nekoliko različitih metoda, a rijetko se svaka od njih može primijeniti na jednoj prometnoj nesreći. Uz spomenute metode razvojem računalnih tehnologija omogućeno je kreiranje računalnih simulacijskih alata koji u kratkom vremenu mogu izvršavati vrlo složene računske operacije vezane iz prometne nesreće, pa čak i prikazati nesreće u trodimenzionalnom obliku putem grafičkih simulacija. Jedan od najpoznatijih i najboljih programskih alata na svijetu za analizu prometnih nesreća je PC Crash koji je korišten u ovom radu.

Zbog pretpostavke da su se prednji profili vozila dizajnom promijenili tijekom godina te da različito utječu na odbačaj pješaka odabrana su i izmjerena neka često zastupljena vozila podijeljena u kategorije prema svojim vanjskim dimenzijama i masama. Mjerenjem visina karakterističnih točaka prednjeg dijela vozila od podloge zaključeno je da je došlo do manjih promjena gledano prosječno po kategorijama vozila. S druge strane uočene su veće varijacije između minimalnih i maksimalnih vrijednosti unutar pojedinih kategorija vozila slične starosti.

Nakon provedenih simulacija u programu PC Crash i usporedbe rezultata dobivenih simulacijom i rezultata dobivenih metodom određivanja brzine vozila na temelju odbačaja pješaka utvrđeno je da je metoda određivanja naletne brzine na pješaka pouzdana metoda za određivanje brzina u onim sudarima u kojima dokazi podupiru pretpostavku da je naletna brzina bila između 40 i 70 km/h. Također su utvrđene značajne razlike pri odbačaju pješaka između naleta starijih i novijih vozila iste kategorije. Gotovo u svim kategorijama i pri svim brzinama je došlo do povećanja daljine odbačaja pješaka, osim kod J segmenta gdje je pri višim brzinama odbačaj bio nešto manji.

## LITERATURA

- 1.Zovak, G., Šarić, Ž.: „Prometno tehničke ekspertize i sigurnost – nastavni materijal“, autorizirana predavanja, Zagreb, 2016.
- 2.Bosch Mobility Solutions, <https://www.bosch-mobility-solutions.com/en/products-and-services/passenger-cars-and-light-commercial-vehicles/driving-safety-systems/pedestrian-protection/> , pristupljeno: travanj 2020.
- 3.Rotim, F., Peran, Z.: Forenzika prometnih nesreća Svezak 1., Zagreb: Hrvatsko znanstveno društvo za promet; 2011.
- 4.Ministarstvo unutarnjih poslova, “Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2019”, [https://mup.gov.hr/UserDocsImages//statistika/2020/Pokazatelji%20javne%20sigurnosti//bilten\\_promet\\_2019.pdf](https://mup.gov.hr/UserDocsImages//statistika/2020/Pokazatelji%20javne%20sigurnosti//bilten_promet_2019.pdf) , pristupljeno: srpanj 2020.
- 5.Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- 6.Rajsman, M., Rođak, A.: Značenje tahografa u radu inspekcije cestovnog prometa i prevenciji prometnih nesreća; Stručni rad, Zagreb, 2015.
- 7.Filipović, M.: Analiza prometnih nesreća upotrebom podataka iz Event Data Recorder uređaja, Diplomski rad, Zagreb, rujan 2017.
- 8.Bosch Diagnostics, <https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/products/crash-data-retrieval-dlc-base-kit> , pristupljeno: rujan 2020.
- 9.Bosch Diagnostics, [https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/products/field\\_category/cdr-86/field\\_category/d2m-kits-89](https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/products/field_category/cdr-86/field_category/d2m-kits-89) , pristupljeno: rujan 2020.
10. Case No COMP/M.1406 - HYUNDAI / KIA REGULATION (EEC) No 4064/89 MERGER PROCEDURE, [https://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/decisions/m1406\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/competition/mergers/cases/decisions/m1406_en.pdf) , pristupljeno: rujan 2020.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Vrste naleta vozila na pješaka [1] .....	3
Slika 2. Potpuni frontalni nalet vozila na pješaka [2].....	4
Slika 3. Faze gibanja tijela pješaka pri frontalnom naletu [1].....	5
Slika 4. Shematski prikaz daljine odbačaja i puta klizanja pješaka [1].....	8
Slika 5. Daljina nabacivanja tijela na vozilo i poprečni pomak oštećenja na vozilu [1].....	9
Slika 6. Osnovni oblici prednjih profila vozila [1].....	10
Slika 7. Mjerenje položaja vozila sustavom pravokutnog trokuta [1].....	21
Slika 8. Mjerenje položaja vozila sustavom s dvije paralelne točke [1] .....	22
Slika 9. Dijagram daljine odbačaja pješaka u ovisnosti o naletnoj brzini vozila i intenzitetu kočenja [1] .....	28
Slika 10. Listić analognog tahografa [6] .....	33
Slika 11. Bosch Crash Data Retrieval DLC Base Kit [8].....	35
Slika 12. Dodatni set Direct To Module kablova [9] .....	35
Slika 13. Karakteristične točke prednjeg dijela vozila .....	39
Slika 14. Učitavanje vozila iz baze podataka vozila .....	45
Slika 15. Trodimenzionalni prikaz modela vozila.....	45
Slika 16. Mogućnost izmjene mnogih parametara vozila .....	46
Slika 17. Multibody sustav u funkciji simulacije pješaka .....	47
Slika 18. Neki od parametara multibody modela pješaka .....	47
Slika 19. Početni položaj vozila pri naletnoj brzini od 50 km/h .....	48
Slika 20. Predstavnicu starijih vozila E, J i S segmenta.....	49
Slika 21. Krajnji položaj vozila i tijela pješaka pri naletnoj brzini od 50 km/h.....	49
Slika 22. Dijagram prijeđenog puta težišta tijela .....	50
Slika 23. Predstavnicu novijih vozila A, B, C i D segmenta .....	51
Slika 24. Predstavnicu novijih vozila E, J i S segmenta .....	51

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Udio stradalih osoba u posljednjih 10 godina.....	15
Grafikon 2. Prikaz kretanja stvarnog i očekivanog broja poginulih u prometu od 2011. do 2020. godine u RH [4].....	17
Grafikon 3. Odnos ukupnog broja i broja nesreća s nastradalim osobama pri naletu na pješaka .....	19

Grafikon 4. Udio stradalih osoba prema posljedicama nesreće u razdoblju od 2010. do 2019. godine .....	19
Grafikon 5. Prikaz razlika daljine odbačaja pješaka kod različitih kategorija vozila i različitih brzina naleta .....	60

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Prometne nesreće s naletom na pješaka i nastradale osobe u razdoblju od 2010. do 2020. godine .....	18
Tablica 2. Mjere karakterističnih točaka vozila A segmenta .....	40
Tablica 3. Mjere karakterističnih točaka vozila B segmenta.....	40
Tablica 4. Mjere karakterističnih točaka vozila C segmenta.....	41
Tablica 5. Mjere karakterističnih točaka vozila D segmenta .....	41
Tablica 6. Mjere karakterističnih točaka vozila E segmenta.....	42
Tablica 7. Mjere karakterističnih točaka vozila J segmenta.....	43
Tablica 8. Daljine odbačaja pješaka pri naletu starijih vozila.....	52
Tablica 9. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo A segmenta.....	53
Tablica 10. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo B segmenta.....	53
Tablica 11. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo C segmenta.....	53
Tablica 12. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo D segmenta.....	54
Tablica 13. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo E segmenta.....	54
Tablica 14. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo S segmenta.....	55
Tablica 15. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za starije vozilo J segmenta.....	55
Tablica 16. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo A segmenta.....	56
Tablica 17. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo B segmenta.....	56
Tablica 18. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo C segmenta.....	57



Tablica 19. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo D segmenta.....	57
Tablica 20. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo E segmenta.....	58
Tablica 21. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo S segmenta.....	58
Tablica 22. Usporedba rezultata različitih metoda određivanja brzine za novije vozilo J segmenta.....	59
Tablica 23. Razlike u daljini odbačaja pješaka pri naletu starijih i novijih vozila istog segmenta.....	59



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **Utjecaj prednjeg profila vozila na određivanje brzine naleta vozila  
na pješaka**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 9/18/2020

\_\_\_\_\_  
(potpis)