

**Факултет инжењерских наука**

**Универзитета у Крагујевцу**



**Назив студијског програма: Машинско инжењерство**

**Ниво студија: Основне академске студије**

**Модул: Друмски саобраћај**

**Предмет: Безбедност саобраћаја**

**Број индекса: 2019/2016**

**Ивана Д. Величковић**

**Агресивност возила у саобраћају**

**Завршни рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. **Др Данијела Милорадовић, ванр. проф. - ментор**

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Датум одбране: \_\_\_\_\_

Оцена: \_\_\_\_\_

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- дефинише агресивност возила у саобраћају,
- опише методе за оцену и анализу агресивности возила у саобраћају,
- прикаже расположиве мере за смањење агресивности возила у саобраћају.

Препоручена литература:

- [1] Јанковић, А., Симић Д. *Безбедност аутомобила*. Крагујевац: DSP Mecatronic, 1996.
- [2] Агенција за безбедност саобраћаја, *Статистички извештај о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији у 2016. години*, Београд, 2016.
- [3] Агенција за безбедност саобраћаја, *Безбедност комерцијалних возила у саобраћају*, АБС Прегледни извештај, Београд, 2017.
- [4] Les, M., Fildes, B., *Vehicle aggressivity rating methods – Theoretical Comparison*, IRCOBI Conference, Montpellier (France), September, 2000

Крагујевац, јун 2017. год.

Ментор:  
др Данијела Милорадовић, ванр. проф.

---

## Резиме

Овај завршни рад се бави агресивношћу возила у саобраћају, пре свега сударима путничких и лаких теретних возила, али и начинима помоћу којих се ова агресивност може свести на минимум. Некомпатибилност масе возила, чеона крутост, геометријска некомпатибилност, спољашњи изглед, боја, као и бука самог возила су само неки од фактора који доводе до повећања агресивности возила у саобраћају. Поред фактора који утичу на агресивност возила, у овом раду су проучене мере које могу довести до смањења агресивности возила, а самим и до смањења броја судара путничких и лаких теретних возила који за исход имају смртне последице или тешке телесне повреде.

**Кључне речи:** агресивност возила, некомпатибилност, мере смањења агресивности, судари путничких и лаких теретних возила

## Abstract

This final paper deals with vehicle aggressivity in traffic, primarily with collisions between cars and light trucks, but it also deals with the ways in which vehicle aggressivity can be reduced to a minimum. Vehicle mass incompatibility, frontal stiffness incompatibility, geometric incompatibility, the outer appearance, colour, but also the noise of the vehicle itself are factors that lead to an increase in aggressivity of vehicles in traffic. Beside factors that affect the aggressivity of vehicles, in this paper measures that can lead to a decrease in aggressivity of vehicles in traffic and consequently to a reduction in the number of crashes resulting in death or serious injuries are presented in this final paper.

**Keywords:** aggressivity of vehicles, incompatibility, measures that can reduce aggressivity of vehicles, collisions between cars and light trucks

# Садржај

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. УВОД .....                                                                                | 1  |
| 2. АГРЕСИВНОСТ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ .....                                                     | 2  |
| 2.1 Некомпатибилност при судару лаког теретног возила и путничког возила .....               | 2  |
| 2.1.1 Некомпатибилност масе возила .....                                                     | 3  |
| 2.1.2 Некомпатибилност чеоне крутости возила .....                                           | 3  |
| 2.1.3 Геометријска некомпатибилност возила .....                                             | 6  |
| 2.2 Утицај спољњег изгледа и боје возила .....                                               | 8  |
| 2.3 Бука возила као елемент агресивности возила у саобраћају .....                           | 9  |
| 2.4 Агресивност комерцијалних возила у саобраћају у Републици Србији .....                   | 10 |
| 3. МЕТОДЕ ЗА ОЦЕНУ И АНАЛИЗУ АГРЕСИВНОСТИ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ .....                          | 13 |
| 3.1 Мере агресивности при судару путничких и лаких теретних возила према NHTSA .....         | 13 |
| 3.2 Агресивност возила у односу на врсте судара .....                                        | 17 |
| 3.3 Мере агресивности возила развијене на Универзитету MONASH .....                          | 19 |
| 3.4 Методе за оцену агресивности возила .....                                                | 21 |
| 3.5 Анализа агресивности возила .....                                                        | 23 |
| 3.5.1 Анализа агресивности возила преко једначина механике удара .....                       | 23 |
| 3.5.2 Могућност за смањење агресивности већег возила .....                                   | 25 |
| 4. МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ АГРЕСИВНОСТИ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ .....                                    | 30 |
| 4.1 Мере пасивне безбедности .....                                                           | 30 |
| 4.2. Мере за избегавање судара возила различитих категорија – мере активне безбедности ..... | 32 |
| 5. ЗАКЉУЧАК .....                                                                            | 34 |
| 6. ЛИТЕРАТУРА .....                                                                          | 35 |

# 1. УВОД

Саобраћај представља једну од најважнијих карика квалитета живота сваког човека, тако да је неопходно његово добро функционисање, а један од најважнијих услова је и безбедност саобраћаја. Институције и појединци задужени за безбедност саобраћаја покушавају на више начина да утврде шта утиче на његову безбедност. Један од начина је и идентификација фактора који директно или индиректно утичу на безбедност саобраћаја и тиме се настоји да се безбедност подигне на виши ниво. Још један од корака подизања безбедности у саобраћају је дефинисање начина и метода поправљања фактора који утичу на безбедност саобраћаја. Побољшања која се тичу безбедности возила могу се фокусирати на различите проблеме, као што је примарна заштита и секундарна заштита, где је примарна заштита задужена за избегавање судара, а секундарна за избегавање повреда при судару. Идеално решење за смањење броја судара јесте побољшање примарне и секундарне заштите.

Агресивност возила је мера којом једно возило доводи до повреде путника у другом возилу које је претрпело ударац приликом судара. Током последње деценије, неколико метода оцењивања агресивности возила су развијене и примењене у различитим државама.

Геометрија, маса и чврстина су три најважније карактеристике које утичу на агресивност возила. Сваки од ова три фактора се може окарактерисати бројним мерама. Спољни изглед возила је битан фактор који утиче на агресивност возила. Фактори који такође утичу на безбедност саобраћаја су боја возила и бука унутар возила.

Мере агресивности које је развила америчка Национална агенција за безбедност саобраћаја засноване су на истраживању компатибилности судара између путничких возила и лаких теретних возила. Циљ овог програма био је да идентификује и прикаже обим проблема некомпатибилних возила у сударима и да се нађе решење за дизајн возила, све у циљу побољшања компатибилности возила и смањењу повреда насталих у сударима.

Мере за смањење агресивности возила теже смањењу агресивности већих возила при судару, као и унапређењу чврстоће мањих возила при судару.

## 2. АГРЕСИВНОСТ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ

Према мишљењу стручњака и прегледу литературе, карактеристике возила које утичу на агресивност су: геометрија, маса, фронтална чврстина (чврстина предњег дела) и просторна својства (као што су висина и дужина поклопца мотора и начин постављања кључних механичких компоненти у односу на спољне површине возила). Сваки од ових фактора се може окарактерисати бројним мерама.

У циљу проналажења која својства возила одређују његову агресивност у саобраћају, изведено је испитивање у неколико случајева бочних судара. Закључено је да је потребно даље проучити мере чврстине и геометријске компатибилности [1]. У студији која рангира ризик од повреда уочено је да су спортска теренска возила (енг. *SUV – Sport Utility Vehicle*) готово 85% агресивнија у односу на мале аутомобиле. Још једно сазнање је то да је просечан фактор агресивности везан за структуру мањи од фактора везаног за масу код свих категорије возила, што указује да је утицај масе возила битнији код оцене безбедности возила него агресивност повезана са његовом структуром [1].

Значај параметара који утичу на агресивност возила може бити различит, у зависности од врсте удара. У бочним сударима, због подизања предњег дела на возилу које је изазвало судар, повреде бивају много теже. У студији је уочено да крутост има највећи утицај на повреде у чеоним сударима возила, а праћена је висином браника и масом [1].

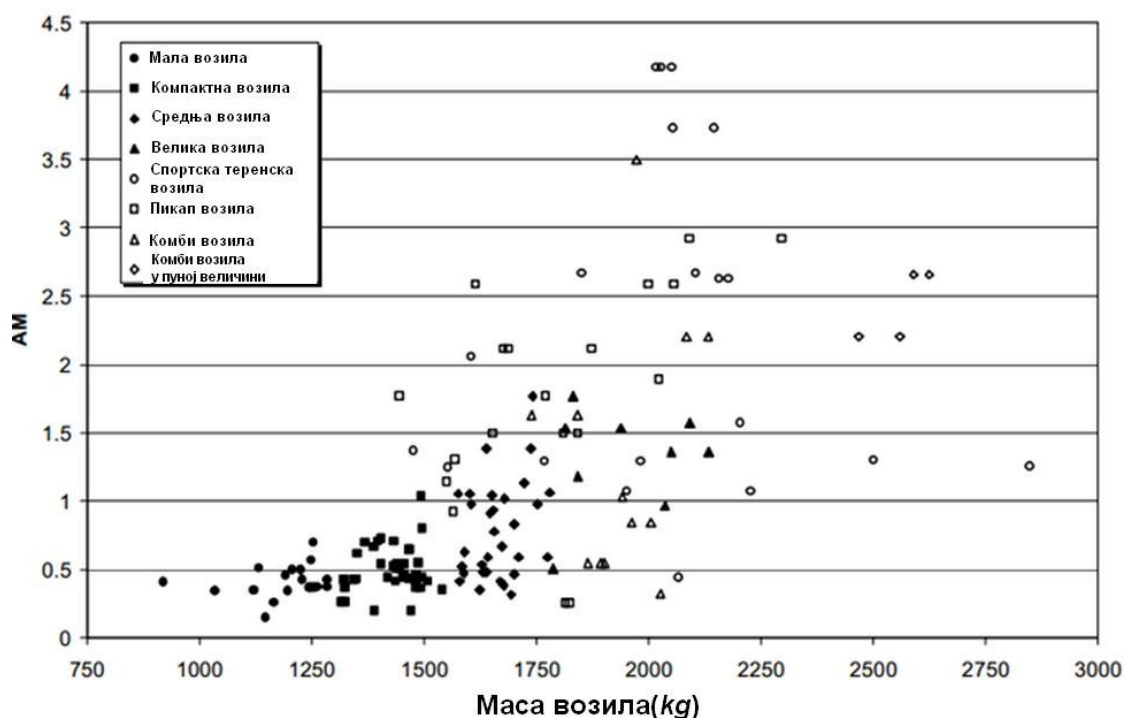
### 2.1 Некомпатибилност при судару лаког теретног возила и путничког возила

Некомпатибилност возила при судару настаје услед три фактора:

1. некомпатибилности масе,
2. некомпатибилности чеоне крутости и
3. некомпатибилности геометрије возила.

### 2.1.1 Некомпатибилност масе возила

Лака теретна возила, имају масу која је, у просеку, 400 kg већа од масе аутомобила. Очување момента кретања при судару смешта мања возила у неповољну позицију када је партнер у судару теже возило. Као што је приказано на слици 1, лака теретна возила имају тенденцију да буду тежа од путничких аутомобила. Слика 1 такође приказује меру агресивности ( $AM$  – *Aggressivity Metrics*) као функцију масе возила и приказује везу између масе и агресивности [2].



Слика 1. Агресивност као функција масе возила [2]

### 2.1.2 Некомпатибилност чеоне крутости возила

Предња структура лаких теретних возила је доста чвршћа него код путничких аутомобила. Лака теретна возила често користе дизајн крутих рамова уместо „мекшег“ дизајна једноделне каросерије и шасије погоднијег за аутомобиле. На основу резултата проучавања судара од стране америчке Националне агенције за безбедност у саобраћају (*NHTSA - National Highway Transportation Safety Agency*), линеарна чеона крутост лаких теретних возила и аутомобила,  $k$ , се израчунава преко следећег односа [2]:

$$k = \frac{mv^2}{x^2} \quad (1)$$

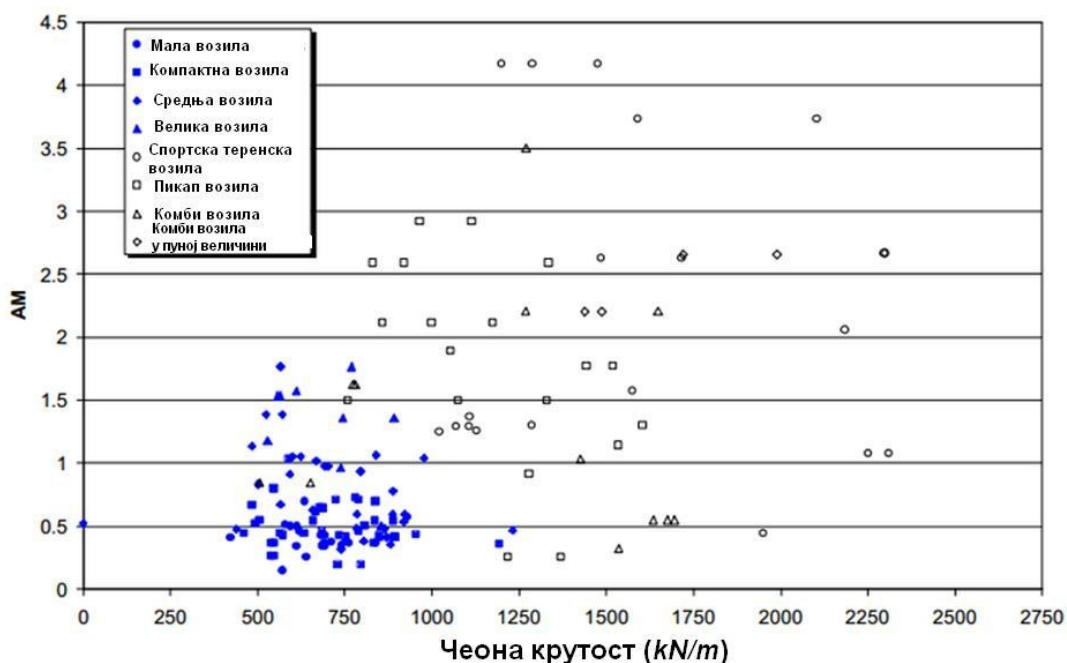
где су:

$m$  – маса возила,

$v$  – почетна брзина возила,

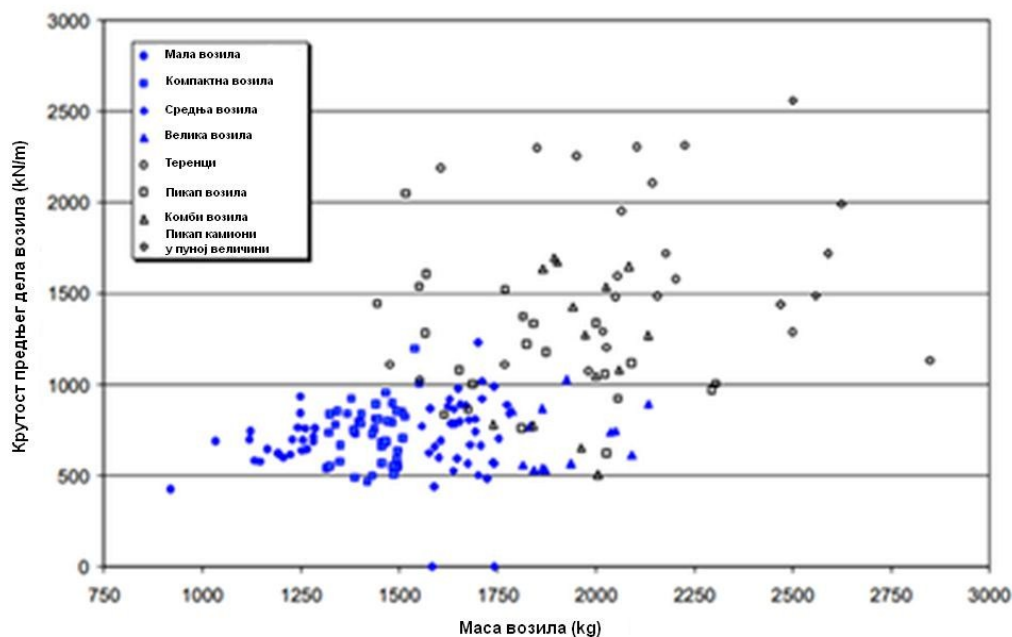
$x$  – максимална динамичка деформација при судару.

Слика 2 приказује меру агресивности као функцију чеоне крутости возила. Пошто је чеона крутост, на неки начин, повезана са масом возила, као што је приказано на слици 3, може се десити да чеона крутост није тако доминантан фактор агресивности возила, као што је то његова маса [2].



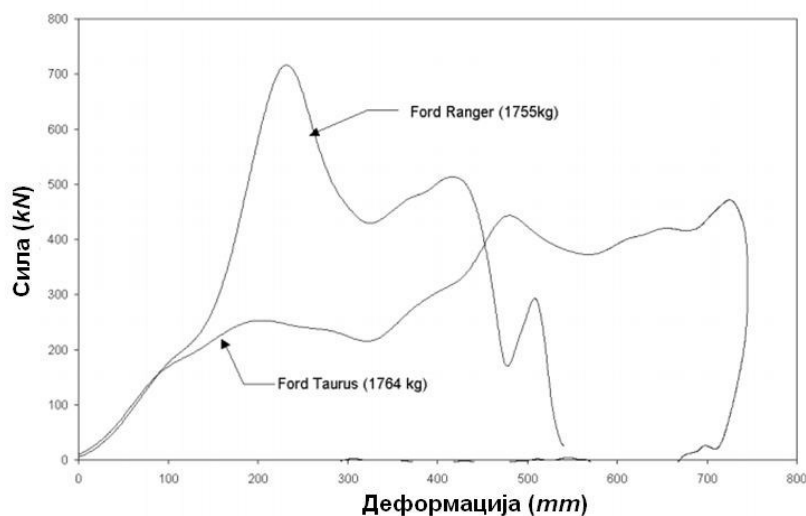
**Слика 2.** Агресивност као функција линеарне крутости [2]

Слика 3 приказује да за било коју дату масу возила постоји широка расподела вредности линеарне чеоне крутости. На пример, за возила од 1750 kg, најмање чврста су путничка возила, док су најчвршћа - лака теретна возила [2].



Слика 3. Однос крутости предњег дела возила и масе возила [2]

Слика 4 упоређује чеону крутост предњег дела за возила добијену из креш-тестова код возила Форд Таурус и Форд Ренцер. Оба возила имају приближно исту масу, али је возило Форд Ренцер знатно чвршће него возило Форд Таурус. У чеоном судару ова два возила, највећи део енергије удара би био апсорбован од стране Форд Таурус-а и његових путника. Много мање енергије апсорбоваће Форд Ренцер. Са гледишта компатибилности, бољи сценарио би био да структуре Форд Таурус-а и Форд Ренцер-а поделе енергију удара, него да присиле једног од учесника судара да апсорбује највећи део ударне енергије [2].



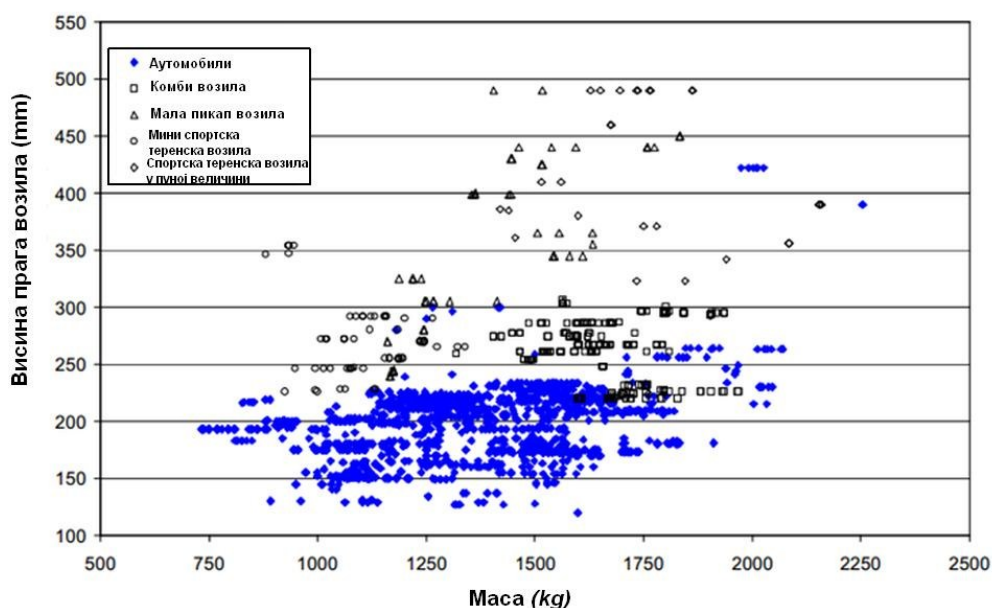
Слика 4. Поређење чеоне крутости возила Форд Таурус и Форд Ренцер [2]

### 2.1.3 Геометријска некомпатибилност возила

Лака теретна возила, поготово спортска теренска возила (енг. *SUV – Sport Utility Vehicle*) са погоном на 4 точка, су виша од обичних аутомобила (имају већу висину клиренса). Ово доводи до неједнакости у путањама оптерећења кроз структуру возила при чеоним сударима и може да спречи адекватну интеракцију две структуре возила приликом судара. Код бочног судара, ова разлика у висини омогућава структури лаког теретног возила да пробије заптивач врата аутомобила и доприноси пробоју возила које је ударено са бока. [2]

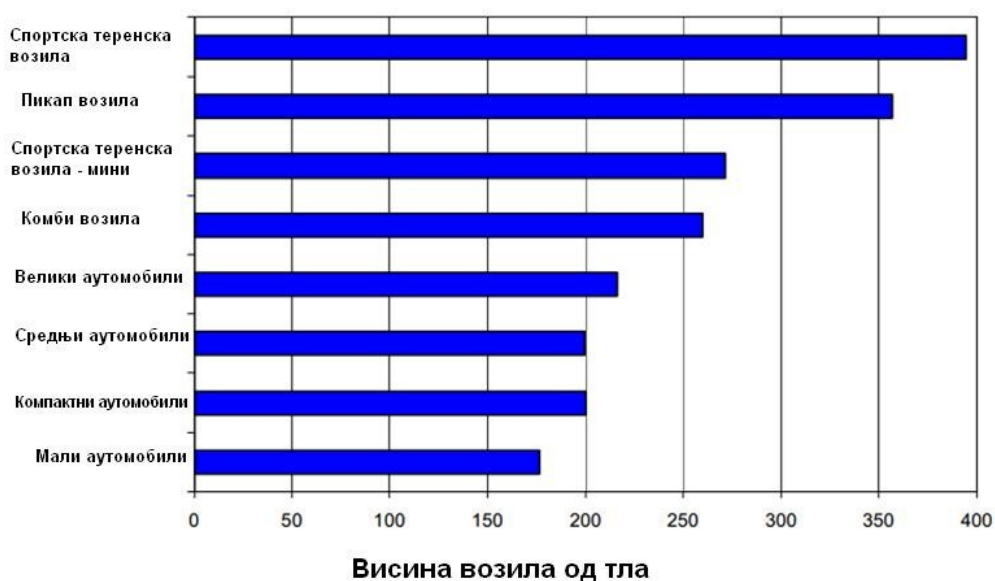
Идеално, висина клиренса возила која би се користила у анализи овог типа, била би минимално растојање предњег, најоптерећенијег структурног носача возила од подлоге. Позиција овог структурног елемента, међутим, није прецизно дефинисана и мора се оценити из других мерења. Неке анализе користе висину браника као висину овог оптерећеног дела. Како у САД браници аутомобила морају да испуне благи стандард везан за сударе, а лака теретна возила и немају тај стандард, имајући у виду безбедност путника, верује се да су браници већим делом само украси и да њихова позиција пружа мало доказа о томе да су носиоци оптерећења. Праг возила је, са друге стране, значајнији део структуре и, због тога што је углавном нижи од најистакнутијег дела предње структуре возила, служи као одлично доње ограничење у структури шасије. [2]

Слика 5 показује везу између растојања возила од тла дефинисаног као удаљеност најниже тачке прага возила од тла и масе возила. Примећује се да су висине прагова за све масе путничких аутомобила приближно исте, можда због стандарда о браницима којег се сви путнички аутомобили морају придржавати, док лака теретна возила немају стандард за бранике, располажу широким варијацијама у растојању возила од тла и углавном су много виши од путничких аутомобила. [2]



Слика 5. Висина прага возила у функцији од масе возила [2]

На слици 6 је представљено просечно растојање пода возила од тла у зависности од категорије возила. Теренска возила имају највеће растојање од тла са просечном висином прага од 390 mm. Мали путнички аутомобили имају најниже растојање од тла са просечном висином прага од 175 mm. Теренски аутомобили имају готово 200 mm већу висину прага од возила средње класе. То је геометријска некомпатибилност која би дозволила теренском возилу да пробије било коју бочну структуру путничког возила и да директно удари у путника.



Слика 6. Просечна висина пода возила од тла у зависности од категорије возила [2]

Треба напоменути да су подаци за ову анализу преузети из техничких података возила, које су дали произвођачи возила и пребачени у NHTSA базу. Док су геометријски подаци били доступни за већину путничких аутомобила, подаци о лаким теретним возилима су били ограниченог обима [2].

## 2.2 Утицај спољњег изгледа и боје возила

Спољни изглед возила је такође битан фактор који утиче на агресивност возила. На пример, спојлери на возилу утичу на агресиван изглед. Дају возилу агресиван, клинаст изглед и битно побољшавају возне карактеристике. Возила која имају додатну опрему (спојлери, браници, нископрофилни пнеуматици, итд.) на први поглед делују веома агресивно у односу на друге учеснике у саобраћају. На слици 7 могу се видети два различита модела путничких аутомобила која спадају у „тешку категорију“ агресивних возила.



**VW Golf R**



**Mugen Honda Civic**

**Слика 7. Примери агресивних возила**

Боја возила представља један од битних фактора који утиче на безбедност саобраћаја. Што је већи контраст боје возила са окружењем, то је могућност уочавања возила на путу боља. Боља уочљивост возила утиче на доношење правовремених и исправних одлука и реакција возача.

У табели 1 приказана је анализа утицаја боје возила на безбедност возила [3]. У овој табели су исказани бројчани и процентуални однос учешћа возила одређене боје у анализираним саобраћајним незгодама.

**Табела 1.** Анализа саобраћајних незгода у периоду од 01.01.2004. до 31.12.2007. године на магистралним и регионалним путевима централног дела Србије [3]

|                                                          | Црна   | Бела   | Сива   | Плава  | Црвена | Зелена | Остале |
|----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Процентуално учешће боје возила у саобраћајним незгодама | 18,18% | 17,32% | 23,38% | 16,88% | 11,69% | 6,06%  | 6,49%  |
| Процентуално учешће боје возила у укупном броју возила   | 15,00% | 25,00% | 18,00% | 12,00% | 20,00% | 5,00%  | 5,00%  |
| Коефицијент безбедности боје возила                      | 0,825  | 1,443  | 0,770  | 0,711  | 1,711  | 0,825  | 0,770  |

Анализирајући процентуалне износе из табеле 1, може се доћи до погрешног закључка да је зелена боја најбезбедније боја возила. Међутим, извршена анализа представља само део истраживања.

Према добијеним резултатима, возила црвене боје су најбезбеднија (по коефицијенту безбедности). Црвена боја возила има највећи контраст са окружењем и готово ни у каквим временским и експлоатационим условима не подудара се са бојом окружења.

Возила црне боје имају најмањи коефицијент безбедности, па се може са сигурношћу рећи да је то најнебезбеднија боја возила, као и већина возила тамне боје. Ово никако не значи да је возило црвене или беле боје безбедно, него да његова боја представља само један у низу превентивних елемената безбедности. Такође, ово не значи да је возило црне боје и осталих тамних боја небезбедно, него само да њихова боја отежава уочавање на путу, а што има за последицу кашњење у реаговању возача на насталу опасност.

## 2.3 Бука возила као елемент агресивности возила у саобраћају

Саобраћај је доминантан извор буке у комуналној средини, укључујући све облике саобраћаја (друмски, железнички и авионски) и све облике превозних средстава (аутомобили, мотоцикли, камиони, аутобуси, авиони...). Поред буке коју превозна средства стварају у окружењу, за превозна средства је карактеристична и бука у

унутрашњости возила којој су изложени возачи и путници. Бука је променљива у областима где кретање саобраћаја укључује промену брзине и снаге, на пример у зони семафора, раскрсница, успона или низбрдица.

Бука се убраја у стресогене факторе и утиче на поремећај психосоматског здравља, јер изазива специфичне и неспецифичне ефекте, као и сталне и привремене реакције организма. Бука може да утиче на промену расположења учесника у саобраћају, проузрокује осећање умора, невољност, пад радне способности, главобољу, и повећа нервозу. Различите особе имају различити став према жељеном и нежељеном звуку, тако да неки звук може бити бука за неку особу, а веома пријатан догађај за друге. На пример, звук који генеришу пнеуматици у контакту са подлогом могу за поједине да буду пријатан звук (за гледаоце трка Формуле 1), али за већину то је ипак нежељени звук односно бука.

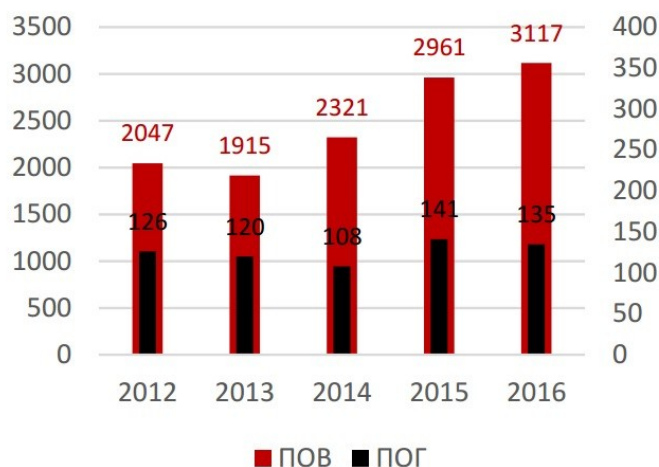
## **2.4 Агресивност комерцијалних возила у саобраћају у Републици Србији**

У периоду од 2012. до 2016. године, у Републици Србији су се догодиле 682 саобраћајне незгоде са смртним последицама у којима су учествовала комерцијална возила и 10806 саобраћајних незгода са учешћем комерцијалних возила у којима је било повређених лица. Саобраћајне незгоде са учешћем комерцијалних возила у којима је било погинулих лица чине 24% од укупног броја саобраћајних незгода са погинулим лицима [4].

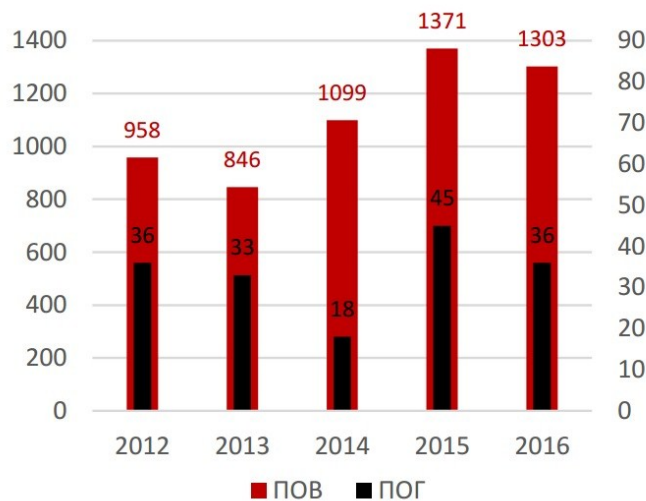
Због њихове масе, која је већа од масе других учесника у саобраћајној незгоди, већина лица која погине у саобраћајним незгодама са комерцијалним возилима нису возачи и путници комерцијалних возила. Тако, у сударима са теретним возилима, 86% погинулих лица није погинуло у теретном возилу, док се у судару са аутобусима, 84% погинулих лица није налазило у аутобусу [4].

На сликама 8 и 9 може се уочити да је у периоду од 2012. године до 2014. године благи тренд смањења броја погинулих лица у саобраћајним незгодама са комерцијалним возилима. У 2015. години је прекинут тренд и дошло је до повећања броја погинулих лица у односу на 2014. годину. Број саобраћајних незгода са повређеним лицима, у којима су учествовала комерцијална возила, има тренд пада до 2014. године, а затим је

успостављен тренд раста броја ових саобраћајних незгода. У 2016. години, у односу на 2015. годину, је дошло до повећања броја саобраћајних незгода са повређеним лицима за око 9% и повећања броја повређених лица за око 2%, али је број саобраћајних незгода са погинулим лицима и број погинулих лица смањен за око 7%, односно 10%.[4].

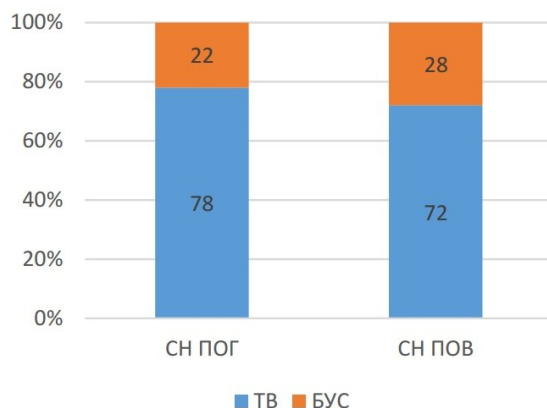


**Слика 8.** Тренд броја погинулих и повређених лица у незгодама са теретним возилима, у периоду од 2012. – 2016. године [4]



**Слика 9.** Тренд броја погинулих и повређених лица у незгодама са аутобусима, у периоду од 2012. – 2016. године [4]

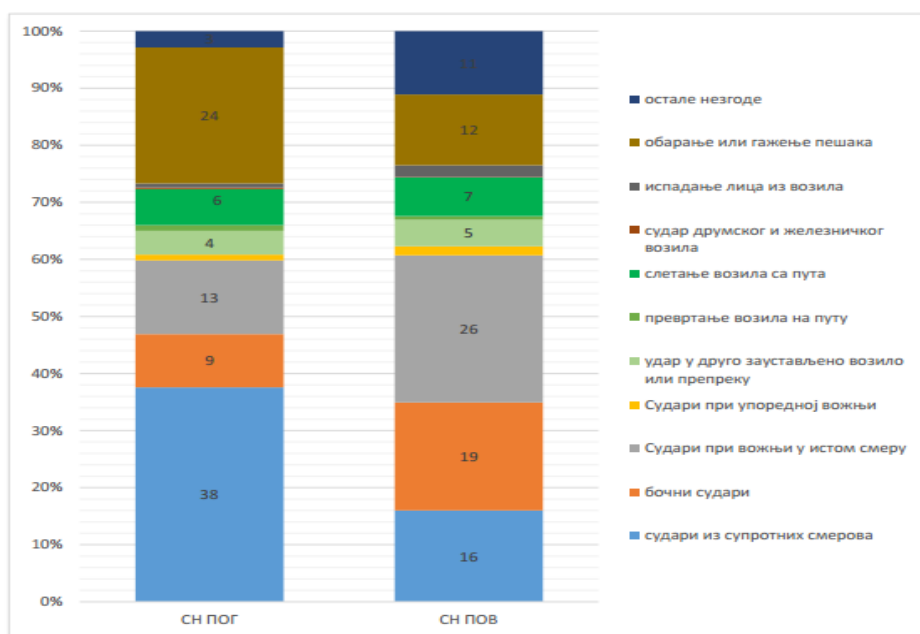
У саобраћајним незгодама са настрадалим лицима, у којима су учествовала комерцијална возила, у преко 78% случајева учествује теретно возило, слика 10.



**Слика 10.** Учешће теретних возила/аутобуса у укупном броју саобраћајних незгода са настрадалим лицима [4]

Најчешће врсте саобраћајних незгода са настрадалим лицима у којима учествују комерцијална возила су, слика 11 [5]:

- судари из супротних смерова - 38% са погинулим лицима, 16% са повређеним лицима,
- судари при вожњи у истом смеру - 13% са погинулим лицима, 26% са повређеним лицима и
- обарање или гажење пешака – 24% са погинулим лицима, 12% са повређеним лицима.



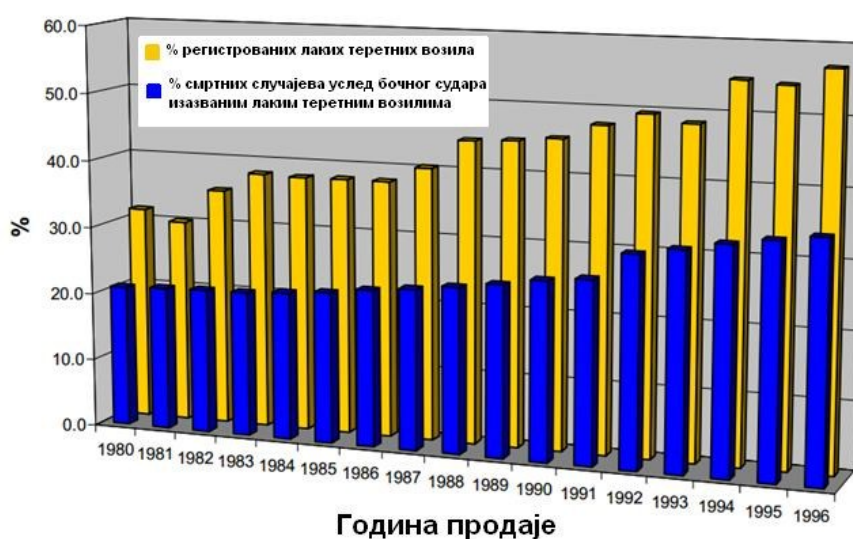
**Слика 11.** Врсте саобраћајних незгода (СН) у којима је било погинулих (ПОГ) и повређених (ПОВ) лица са учешћем комерцијалних возила [5]

### 3. МЕТОДЕ ЗА ОЦЕНУ И АНАЛИЗУ АГРЕСИВНОСТИ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ

#### 3.1 Мере агресивности при судару путничких и лаких теретних возила према NHTSA

Америчка национална агенција за безбедност у саобраћају (*NHTSA*) спровела је истраживање [6] у коме је истражила компатибилност судара између путничких возила и лаких камиона и комби возила. Флота у Сједињеним америчким државама (САД) је окарактерисана као растућа популација лаких камиона и комби возила (лаких теретних возила). Лака теретна возила су тежа, чвршће конструкције, и имају веће растојање од тла, за разлику од путничких аутомобила. Ове карактеристике дизајна које су уведене да би омогућиле посебне функције *off-road* вожње могу учинити да лака теретна возила буду некомпатибилна у сударима са путничким аутомобилима, а у неким случајевима и опасна по путнике у возилу које удари у лако теретно возило.

На слици 12 је показано да лака теретна возила представљају 1/3 од укупног броја регистрованих лаких возила и представљају растући део флоте у САД. У периоду од 1980. до 1996. године, број регистрованих лаких теретних возила се повећао са 20% на 34% [2].



Слика 12. Проценат регистрованих лаких теретних возила и проценат смртних случајева услед бочних судара изазваних лаким теретним возилима [2]

Судари лаког теретног возила и било ког другог лакшег возила изазивају већину смртних случајева. Статистике показују да су лака теретна возила и аутомобили некомпатибилни у сударима и да су лака теретна возила агресивнија.

Судари са лаким теретним возилима доводе до несразмерног броја жртава у сударима два возила. У табели 2 је приказано да је 1996. године у сударима између лаких теретних возила и аутомобила било 5259 жртава, док је у сударима два аутомобила број жртава био је 4013, а у сударима два лака теретна возила број погинулих био је 1225 [2].

Број људских жртава и повреда услед некомпатибилности лаких теретних возила и аутомобила је растући проблем. У табели 3 је приказано да су 1996. године чеони судари са лаким теретним возилима довели до смрти 2633 људи (59,7%) од укупно 4409 смртних случајева у чеоним сударима те године [2].

**Табела 2.** Број смртних случајева у сударима између ЛТВ возила и аутомобила [2]

| Година | Аутомобил - аутомобил | ЛТВ – аутомобил | ЛТВ - ЛТВ | Укупно |
|--------|-----------------------|-----------------|-----------|--------|
| 1980   | 6506                  | 3580            | 510       | 10596  |
| 1981   | 6510                  | 3292            | 482       | 10284  |
| 1982   | 5437                  | 3452            | 556       | 9445   |
| 1983   | 5157                  | 3408            | 505       | 9070   |
| 1984   | 5340                  | 3540            | 593       | 9473   |
| 1985   | 5174                  | 3608            | 635       | 9417   |
| 1986   | 5450                  | 3895            | 660       | 10005  |
| 1987   | 5489                  | 4277            | 788       | 10554  |
| 1988   | 5320                  | 4676            | 802       | 10798  |
| 1989   | 5175                  | 4730            | 861       | 10766  |
| 1990   | 4726                  | 4719            | 867       | 10312  |
| 1991   | 4482                  | 4297            | 873       | 9652   |
| 1992   | 4208                  | 4421            | 804       | 9433   |
| 1993   | 4364                  | 4451            | 977       | 9792   |
| 1994   | 4219                  | 4972            | 1059      | 10250  |
| 1995   | 4097                  | 5238            | 1183      | 10518  |
| 1996   | 4013                  | 5259            | 1225      | 10497  |

**Табела 3.** Број смртних случајева у чеоном судару између ЛТВ возила и аутомобила [2]

| Година | Аутомобил<br>у<br>аутомобил | Аутомобил<br>у<br>ЛТВ | ЛТВ<br>у<br>аутомобил | ЛТВ<br>у<br>ЛТВ | Укупно |
|--------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|--------|
| 1980   | 2071                        | 170                   | 962                   | 78              | 3281   |
| 1981   | 2077                        | 161                   | 876                   | 87              | 3201   |
| 1982   | 1881                        | 174                   | 1015                  | 102             | 3172   |
| 1983   | 1848                        | 190                   | 1134                  | 118             | 3290   |
| 1984   | 1996                        | 153                   | 1186                  | 122             | 3457   |
| 1985   | 1943                        | 178                   | 1168                  | 130             | 3419   |
| 1986   | 2149                        | 192                   | 1285                  | 147             | 3773   |
| 1987   | 2121                        | 246                   | 1382                  | 216             | 3965   |
| 1988   | 2026                        | 262                   | 1645                  | 194             | 4127   |
| 1989   | 2144                        | 231                   | 1697                  | 238             | 4310   |
| 1990   | 1976                        | 255                   | 1628                  | 234             | 4093   |
| 1991   | 1812                        | 216                   | 1614                  | 232             | 3874   |
| 1992   | 1705                        | 252                   | 1698                  | 223             | 3878   |
| 1993   | 1759                        | 224                   | 1609                  | 256             | 3848   |
| 1994   | 1667                        | 229                   | 1983                  | 318             | 4197   |
| 1995   | 1749                        | 237                   | 2049                  | 316             | 4351   |
| 1996   | 1613                        | 276                   | 2181                  | 314             | 4384   |

*NHTSA* програм за истраживање агресивности је развио две потенцијалне мере агресивности возила при судару са другим возилима:

- Мера 1:

$$\text{Агресивност} = \frac{\text{број погинулих у другом возилу}}{\text{број регистрованих предметних возила}}$$

- Мера 2:

$$\text{Агресивност} = \frac{\text{број погинулих возача у другом возилу}}{\text{број судара предметног возила}}$$

Прву меру су развили Холовел и Геблер [6]. За сваки модел возила, ова мера одређује број жртава у другим возилима при чеоном судару, настао услед судара са предметним возилом. Разматрају се само судари два возила у којима су оба возила била или аутомобили или лака теретна возила. Број жртава је нормализован укупним бројем регистрованих предметних возила, тако да возила са великим бројем корисника не буду

неправилно „кажњена“. Ова почетна студија је показала да су лака теретна возила била два пута агресивнија у сударима него путнички аутомобили [6].

Холовел и Геблер [6] су проучавали другу меру као надоградњу раније дефиниције агресивности. Ова побољшана мера дефинише агресивност као број смртних случајева међу учесницима судара подељен бројем судара два аутомобила.

Само судар два возила у коме су оба возила или аутомобили или лако теретно возило се узимају у обзир приликом израчунавања стопе смртности и броја судара.

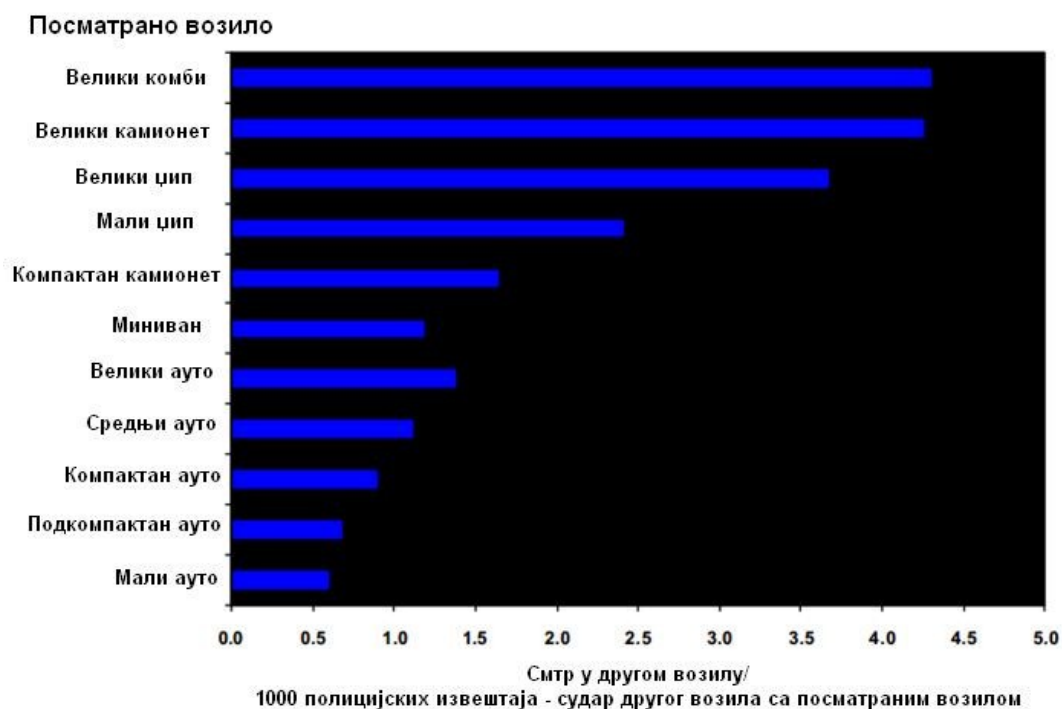
Један од значајних фактора приликом одређивања агресивности возила јесте и агресивно понашање возача. Због тога што су агресивни возачи учесници у више судара него мање агресивни возачи, нормализовање броја судара у односу на регистрована возила, фокусира меру на понашање возила, а мање на понашање возача. И друга мера више усмерава фокус на стопу смртности код возача него на све жртве у удареном возилу.

Мера агресивности се користила да по реду рангира све категорије путничких возила по везаној агресивности, користећи базе FARS (*NHTSA Fatality Analysis Reporting System*) и GES (*NHTSA General Estimates System*) од 1992. до 1996. године. Возила рангирана по агресивности су груписана на основу породице возила у 6 категорија лаких теретних возила (пикапови у пуној величини, мали пикапови, велика теренска возила - *SUV*, мала теренска возила, мала комби возила и комби возила у пуној величини) и 5 категорија путничких возила (велика, средња, компактна, мала и мини возила). Категорије путничких возила су одређене на основу масе празног возила, као што је приказано у табели 4 [6].

**Табела 4.** Категорије путничких возила [6]

| Категорије возила | Укупна тежина по категоријама |
|-------------------|-------------------------------|
| Мини возила       | < 900 kg                      |
| Мала возила       | 907 – 1133 kg                 |
| Компактна возила  | 1134 – 1360 kg                |
| Средња возила     | 1361 – 1587 kg                |
| Велика возила     | ≥ 1588 kg                     |

На слици 13 се види да су лака теретна возила, као група, агресивнија од путничких возила. Са изузетком малих комби возила, све категорије лаких теретних возила су биле агресивније него остале категорије возила.



**Слика 13.** Агресивност возила по категоријама возила за сва возила у случају судара са предметним возилом (FARS/GES 1992.-1996.) [6]

### 3.2 Агресивност возила у односу на врсте судара

Након што је установљено да су лака теретна возила некомпатибилна са аутомобилима, следећи захтев је да се утврди веза између агресивности и правца судара. Анализа је показала однос броја жртава возача у предметном возилу и броја жртава возача у другом возилу које је учествовало у судару, у оквиру сваке од пет категорија лаких теретних возила: комби возила у пуној величини, мини комби возила, комунална возила, мали пикап камиони и пикап камиони у пуној величини. Број смртних случајева је добијен из базе FARS (1992. – 1996. године).

Као што је забележено од стране Јокса и осталих [6], године возача имају велики утицај на процену отпорности на последице судара и агресивност. Млађи возачи су отпорнији на повреде и мања је вероватноћа да ће подлећи повредама, док старији возачи су мање отпорни на повреде и већа је вероватноћа да ће подлећи истим. Користећи метод који је Јокс развио, резултати представљени у овом истраживању су кориговани због предрасуда које би настале услед разлике у годинама два учесника у судару и анализа је ограничена на случајеве где су оба возача била старости између 26 и 55 година. Ова

анализа је заснована на малом броју судара са смртним последицама (100 судара за сваки случај) и према овим резултатима се треба односити као прелиминарним.

Однос стопа смртности возача у предметном возилу и стопа смртности возача у другом возилу приликом чеоних судара је приказана на слици број 14. У судару комби возила у пуној величини и аутомобила, шесторо возача аутомобила је погинуло за сваког возача који је погинуо у комби возилу. У судару пикап возила у пуној величини и аутомобила, 5,3 возача је погинуло у аутомобилима за сваког возача који је погинуо у пикап возилу. У судару комуналних возила и аутомобила, 4,1 возач је погинуо у аутомобилу за сваког возача у који је погинуо у комуналном возилу. Јасно је да возачи путничких возила несразмерно повећавају број жртава у фронталним сударима аутомобила и лаких теретних возила.



**Слика 14.** Однос стопа смртности возача лаких теретних возила и возача аутомобила услед чеоног судара [6]

Однос стопа смртности код возача услед бочног судара је приказан на слици 14. Ова анализа укључује бочне ударе и са леве и са десне стране. Као што је приказано на слици 15, 23 возача која су учествовала у судару са бочне стране су погинула за сваког возача који погине у комбију реалне величине. За сваког возача који умре у комуналним

возилима, 20 возача путничких аутомобила ударених са стране буде смртно повређено. За сваког смртно повређеног возача у пикап камиона у реалној величини, 17 возача аутомобила ударених са стране буде смртно повређено.



**Слика 15.** Однос стопа смртности возача лаких теретних возила и возача аутомобила услед бочног судара [6]

### 3.3 Мере агресивности возила развијене на Универзитету MONASH

Центар за истраживања судара на Универзитету Монаш (*Monash University*) из Аустралије је финансирао истраживање о агресивности аустралијских путничких возила и возила са погоном на 4 точка, спроведено од стране шведских студената [7]. Мишљења стручњака и литература укључили су карактеристике које највише утичу на агресивност возила као што су маса возила и чврстина предњег дела возила и геометријска својства као што су: висина и дужина поклопца мотора и начин постављања кључних механичких компоненти у односу на спољне површине возила. Формирана база података за возила је

тако постављена да садржи информације о 73 различита произвођача и модела возила продатих у Аустралији. Сва возила су груписана по критеријуму продаје на: мала, средња, велика и луксузна возила и возила са погоном на 4 точка. Ово дозвољава компаративну анализу са возилима на погон на сва 4 точка. Вредности индекса агресивности су биле доступне само за возила произведена до 1998. године, па је у крајњој анализи било укључено 51 возило.

Први циљ је био да се истражи да ли постоји веза између неке физичке особине возила и индекса агресивности возила. У ове сврхе је коришћена корелациона анализа. [7]

Други циљ је био да се процени комбиновани ефекат физичких карактеристика возила на агресивност. У ове сврхе је коришћена вишеструка линеарна регресиона анализа. Ова анализа је примењена да би се идентификовале измерене физичке карактеристике возила које најбоље предвиђају процењен индекс агресивности возила. Путнички аутомобили и возила са погоном на 4 точка се значајно разликују по величини, због чега је било у интересу да се провери да ли се разликују и када су у питању и физичке карактеристике возила, а које доприносе агресивности возила. Два модела вишеструке регресије су коришћена за обраду података, један за податке које садрже сва возила, и други за податке који искључују возила са погоном на 4 точка.

Модел вишеструке регресије за податке који садрже сва возила (са возилима са погоном на 4 точка) имао је облик:

$$AGGR = - 8,4 + 0,023 * WHEELB + 0,044 * FBONHGT + 0,018 * BONLGT \quad (2)$$

где су:

- AGGR – индекс агресивности возила,
- WHEELB – размак осовина (међуосовинско растојање),
- FBONHGT – висина поклопца мотора,
- BONLGT – дужина поклопца мотора.

Вредности коефицијената корелације између индекса агресивности возила и међуосовинског растојања, висине и дужине поклопца мотора су: 0,679, 0,450 и 0,353, респективно. Ови резултати могу да укажу на то да је међуосовинско растојање најбитнија физичка карактеристика возила у предвиђању његове агресивности. Једначина регресионе праве у случају везе између индекса агресивности возила и међуосовинског растојања гласи:

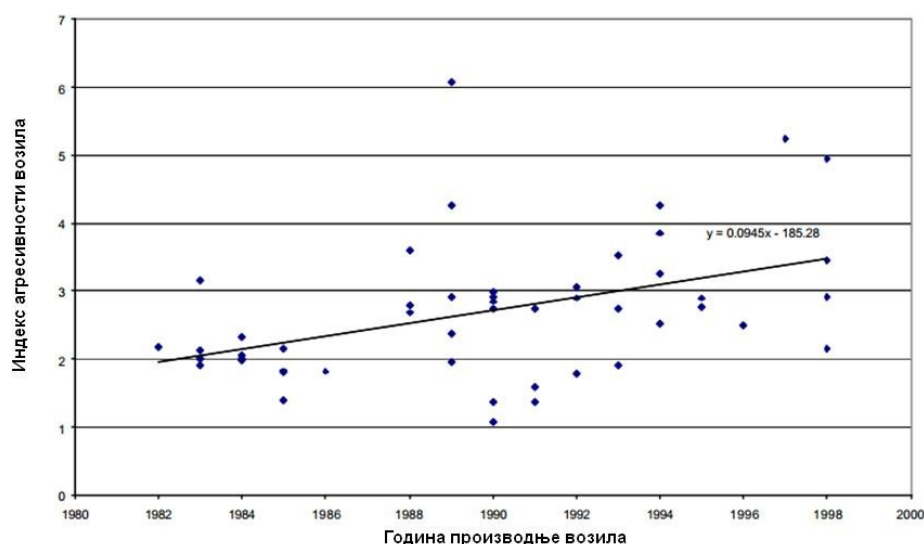
$$AGGR = -5,18 + 0,029 * WHEELB \quad (3)$$

где су:

- AGGR – индекс агресивности возила,
- WHEELB – размак осовина (међуосовинско растојање).

Веза између процене агресивности возила и године производње возила је такође испитана. Постојала је забринутост да новија возила имају чвршћу предњу структуру, чиме се повећава отпорност возила на ударце, али истовремено повећава и агресивност возила која може да доведе до тежих повреда у случају судара два аутомобила [7].

Информације о години производње возила које су у бази података возила дозвољавају утврђивање промене просечне агресивности возила у времену. На слици 16 приказана је корелација између индекса агресивности и године производње возила.



**Слика 16.** Однос између индекса агресивности и године производње возила [7]

Пирсонов коефицијент корелације између индекса агресивности возила и године производње је 0,436 што указује на постојање слабије корелационе везе.

### 3.4 Методе за оцену агресивности возила

Током претходне деценије, неколико метода рангирања агресивности возила је развијено и примењено у различитим земљама. Следеће методе рангирања су развијене од стране међународних организација [7]:

- *TRL* метода, развијен од стране Церемија Бротона у Лабораторији за истраживање транспорта у Великој Британији,

- *OULU* метода,
- *MUARC* метода,
- модификована *FOLKSAM* метода,
- *MLF* метода
- *MUARC2* метода
- *MUARC3* метода.

Постојеће методе оцењивања агресивности могу бити подељене у две групе:

- методе релативног ризика (које мере релативну агресивност једног возила или тржишне групе возила наспрам другог возила или тржишне групе возила или „просечне“ популације возила ) и
- методе апсолутног ризика (које настоје да измере апсолутну агресивност возила).

И релативне и апсолутне методе се могу описати користећи табелу 5, која представља исход повреда код возача у судару два возила. У сврху поређења методе оцењивања, једно возило је названо „предметно возило“, док је друго названо „друго возило“ [1].

**Табела 5.** Исход повреда код возача у судару два возила [1]

| Возачи „другог“ возила | Возачи у „предметном“ возилу |             |                             |
|------------------------|------------------------------|-------------|-----------------------------|
|                        | Са повредама                 | Без повреда | Укупно                      |
| Са повредама           | $x_1$                        | $x_2$       | $x_1 + x_2$                 |
| Без повреда            | $x_3$                        | $x_4$       | $x_3 + x_4$                 |
| Укупно                 | $x_1 + x_3$                  | $x_2 + x_4$ | $N = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$ |

Ознаке у табели 5 су:

- $x_1$  – број судара два возила у којима су оба возача повређена,
- $x_2$  – број судара у којима је само возач „другог возила“ повређен,
- $x_3$  - број судара у којима је само возач „предметног возила“ повређен,
- $x_4$  – број судара у којима ни један возач није повређен.

Агресивност возила се мери на основу ризика повреде возача у „другом возилу“ када је ударено од стране „предметног возила“ [1].

### 3.5 Анализа агресивности возила

Под параметрима агресивности возила подразумевају се маса возила, спољни изглед и боја возила.

Маса возила је једна од најзначајнијих особина агресивности возила. Од укупног броја возила на друмовима, око 80% чине путнички аутомобили. Остатак од 20% чини теретна возила и аутобуси, који се са аспекта безбедности, а у односу на путничке аутомобиле, сматрају агресивним или некомпатибилним возилима.

#### 3.5.1 Анализа агресивности возила преко једначина механике удара

У судару два возила, у зависности од њихове структуре, апсорбоваће се енергија, односно претвориће се у деформациони рад. Расположена изгубљена енергија се трансформише у деформациони рад у зависности од геометријских и тежинских карактеристика, као и од чврстоће возила – учесника у судару [8].

Апсорбована енергија при идеално пластичном судару два возила, која се претвори у деформациони рад, може се израчунати уз помоћ једначине [8]:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Delta v^2, \quad (4)$$

где су:

- $m_1$  и  $m_2$  - масе сударених возила,
- $\Delta v = \Delta v_1 + \Delta v_2$ ,
- $\Delta v_1, \Delta v_2$  - промене брзина сударених возила.

Из једначине следи да губитак енергије зависи само од маса и релативне брзине возила. При томе, апсолутна брзина и карактеристика структуре возила немају утицаја. За примарни чеои судар је исто да ли си возила имала брзине 20 km/h и 80 km/h или 50 km/h и 50 km/h, јер је меродавна само релативна брзина која је у наведеним случајевима иста и износи 100 km/h. Међутим, различита је прерасподела апсорбоване енергије између структура возила у судару у једном и другом случају.

Равнотежа изгубљене енергије и деформационог рада је представљена једначином:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Delta v^2 = \int_0^{\Delta x_1} F_1 \cdot dx_1 + \int_0^{\Delta x_2} F_2 \cdot dx_2 = \frac{1}{2} c_1 \Delta x_1^2 + \frac{1}{2} c_2 \Delta x_2^2 \quad (5)$$

Из једнакости импулса у тачки судара следи равнотежа сила:

$$c_1 \cdot \Delta x_1 = c_2 \cdot \Delta x_2 \quad (6)$$

Једначина равнотеже изгубљене енергије и деформационог рада такође може и да се напише у следећем облику:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Delta v^2 = \frac{1}{2} c_2 \cdot \left(1 + \frac{c_2}{c_1}\right) \cdot \Delta x_2^2 = \frac{1}{2} c_1 \cdot \left(1 + \frac{c_1}{c_2}\right) \cdot \Delta x_1^2 \quad (7)$$

или

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Delta v^2 = \frac{1}{2} c_2 \cdot \left(1 + \frac{\Delta x_1}{\Delta x_2}\right) \cdot \Delta x_2^2 = \frac{1}{2} c_1 \cdot \left(1 + \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1}\right) \cdot \Delta x_1^2 \quad (8)$$

Из једначина (7) и (8) може се видети да на основу масе, деформационог померања и крутости само једног возила не може да се закључи о релативној брзини сударених возила. Потребно је да се и за друго возило познају најмање две величине: маса и крутост или маса и деформационо померање.

#### **3.5.1.1 Судар два идентична возила ( $m_1 = m_2 = m$ , $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x$ , $c_1 = c_2 = c$ )**

Применом једначине (5) добија се следеће:

$$\frac{m}{4} \cdot \Delta v^2 = c \cdot \Delta x^2 \quad (9)$$

одакле следи:

$$\Delta v = 2 \cdot \sqrt{\frac{c}{m}} \cdot \Delta x \quad (10)$$

#### **3.5.1.2 Судар лаког путничког возила са тешким теретним возилом**

У овом случају деформационо померање тешког возила је занемарљиво, односно важи да је  $\Delta x_2 = 0$ ,  $\Delta x_1 = \Delta x$ , па израз (5) постаје:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Delta v^2 = \frac{1}{2} c \cdot \Delta x^2 \quad (11)$$

У случају када је маса  $m_2$  много већа од масе  $m_1$  израз (11) постаје:

$$\frac{1}{2} m_1 \Delta v^2 = \frac{1}{2} c \cdot \Delta x^2, m_1 = m \quad (12)$$

одакле је:

$$\Delta v = \sqrt{\frac{c}{m}} \cdot \Delta x \quad (13)$$

### 3.5.2 Могућност за смањење агресивности већег возила

Да би се заштитила посада аутомобила при судару, конструктори имају задатак да обезбеде минимално успорење, односно да сила којом је изложена посада при судару не пређе дозвољене величине. Овај проблем посматраћемо се кроз неколико примера у којима се претпостављају различите карактеристике промене сила, односно убрзања при судару, имајући у виду зависност успорења од деформационог померања, тј.  $F = F(\Delta x) = m \cdot a(\Delta x)$

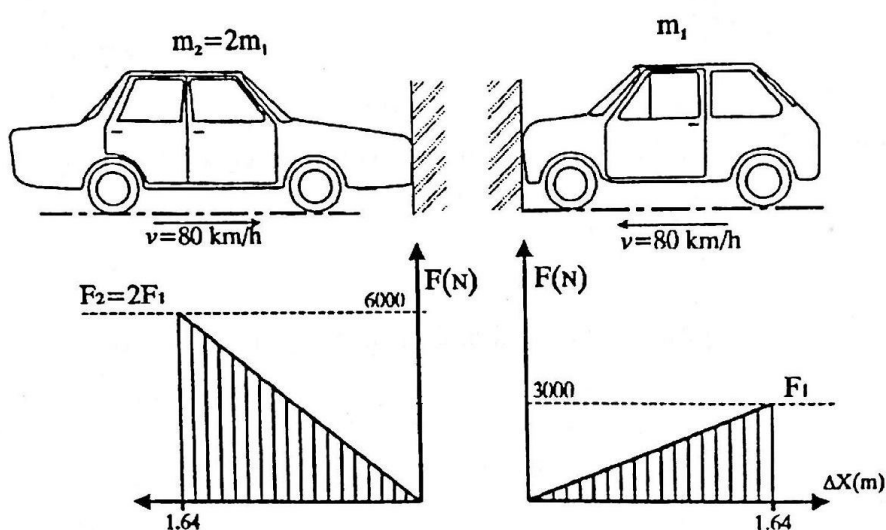
У свим примерима претпостављају се следеће величине [8]:

- |                                                         |                             |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------|
| ○ брзина удара у баријеру                               | 80 km/h (22 m/s)            |
| ○ изгубљена брзина при судару два возила ( $\Delta v$ ) | 120 km/h (33 m/s)           |
| ○ маса возила 1                                         | $m_1 = 1000 \text{ kg}$     |
| ○ маса возила 2                                         | $m_2 = 2000 \text{ kg}$     |
| ○ максимално дозвољено убрзање                          | $a_{\max} = 30g$            |
| ○ максимална дозвољена сила                             | $F_{\max} = 300 \text{ kN}$ |

#### 3.5.2.1 Зависност сила - деформација је линеарна

##### 3.5.2.1.1 Удар возила у баријеру

На слици 17 је представљена изгубљена енергија великог и малог возила при удару у баријеру.



Слика 17. Апсорбовање енергије малог и великог возила при удару у баријеру [8]

У овом случају постоји израз који важи за оба возила:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = \int_0^{\Delta x} F dx = \frac{1}{2} \cdot c \Delta x^2 = \frac{1}{2} \cdot F \Delta x \quad (14)$$

За возило 1 важи:

- деформациони рад

$$\Delta E_1 = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 22^2 = 242 \text{ kJ}$$

- максимална сила (према критеријуму дозвољеног оптерећења за посаду,  $a_{\max} = 30g$ )

$$F_1 = m_1 \cdot 30g = 30 \cdot 10^4 \text{ N}$$

- максимална теоријска деформација возила 1

$$\Delta x_1 = \frac{2\Delta E_1}{F_1} = \frac{2 \cdot 242}{30 \cdot 10^4} = 1,64 \text{ m}$$

За возило 2 важи да су и енергија и сила двоструко веће, па је деформационо померање исто:

$$\Delta x_2 = \frac{m_2 \cdot v^2}{F_2} = 1,64 \text{ m}$$

Из рачуна и са слике види се да за исту деформацију возила различитих класа, веће возило апсорбује и већу енергију, пропорционално његовој маси.

#### 3.5.2.1.2 Судар малог и великог возила

Имајући у виду једнакост сила у тачки колизије (6), биће апсорбована енергија мањег возила:

$$F_1 = F_2 = F = 30 \cdot 10^4 \text{ N}$$

На основу једначине (4), која за случај једнаких сила може да се напише у облику:

$$\frac{1}{2} \cdot m_e \cdot \Delta v^2 = \frac{1}{2} \cdot F_1 \cdot \Delta x_1 + \frac{1}{2} \cdot F_2 \cdot \Delta x_2 = \frac{1}{2} \cdot F \cdot (\Delta x_1 + \Delta x_2) \quad (15)$$

где су:

$$m_e = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} = \frac{2}{3} \cdot m_1 = \frac{1}{3} m_2 \quad F_1 = F_2 = F \quad (16)$$

одакле следе изрази за деформациона померања:

$$\Delta x_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{m_e}{F} \cdot \Delta v^2 \quad \Delta x_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{m_e}{F} \cdot \Delta v^2 \quad (17)$$

Сада изрази за изгубљену кинетичку енергију, тј. деформациони рад при идеално пластичном судару, гласе:

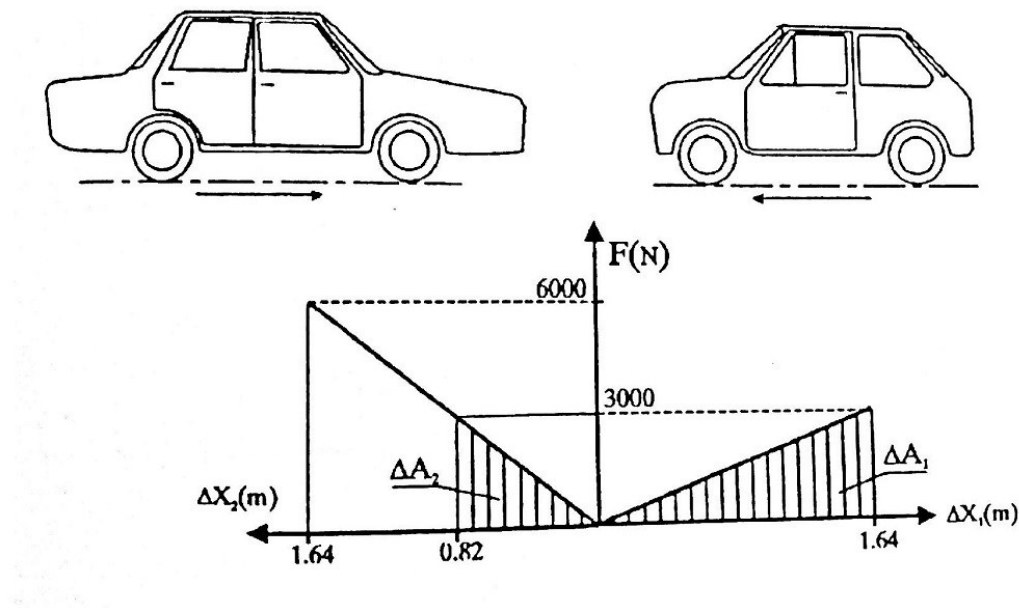
$$\Delta A_1 = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \Delta x_1 \quad \Delta A_2 = \frac{1}{2} \cdot F \cdot \Delta x_2 \quad (18)$$

Када се деформациона померања  $\Delta x_1$  и  $\Delta x_2$  замене и изједначе деформациони рад и изгубљена кинетичка енергија, следи:

$$\Delta E_{k1} = \frac{1}{3} m_e \Delta v^2 \quad \Delta E_{k2} = \frac{1}{6} m_e \Delta v^2 \quad (19)$$

Мало возило је апсорбовало већи део кинетичке енергије, а у датом примеру двоструко већу енергију.

Апсорбована енергија малог возила у овом примеру једнака је апсорбованој енергији малог возила за случај удара у баријеру који је дат у претходном примеру и приказан на слици 18.



**Слика 18.** Апсорбовање енергије малог и великог возила при чеоном судару [8]

Код судара два возила различитих тежина, лакше возило има већу промену брзине и веће деформационо померање. Када је  $F_1 = F_2 = F$ , следи:

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{c_2}{c_1} = \frac{m_2}{m_1} \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad \frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1} \quad (20)$$

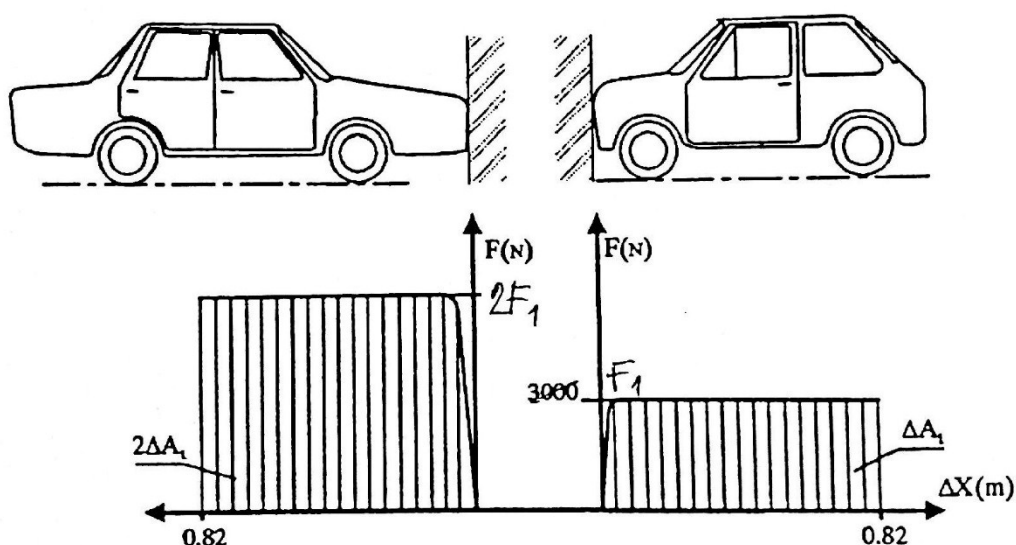
### 3.5.2.2 Зависност сила - деформација је константна

У овом случају сила не зависи од деформације возила, тј.  $F = \text{const}$ , слика 19.

#### 3.5.2.2.1 Удар у баријеру

Мало возило:

$$F_1 \cdot \Delta x_1 = \frac{1}{2} m_1 \cdot v^2 \quad \Delta x_1 = \frac{m_1 \cdot v^2}{2F_1} \approx 0.82 \text{ m} \quad (21)$$



**Слика 19.** Апсорбоване енергије у малом и великом возилу при удару у баријеру (за исту претпостављену деформацију и идеално пластичан удар) [8]

Велико возило:

$$F_2 \cdot \Delta x_2 = \frac{1}{2} m_2 \cdot v^2 \quad \Delta x_2 = \frac{m_2 \cdot v^2}{2F_2} \approx 0.82 \text{ m} \quad (22)$$

Са слике 19 се види да је:

$$\Delta A_2 = 2\Delta A_1 \quad (23)$$

#### 3.5.2.2.2 Судар два возила

Претпоставља се да се максимална сила ограничава на, слика 20:

$$F_1 = m_1 \cdot 30g \approx 30 \cdot 10^4 \text{ N.}$$

Укупну апсорбовану енергију прима структура мањег возила:

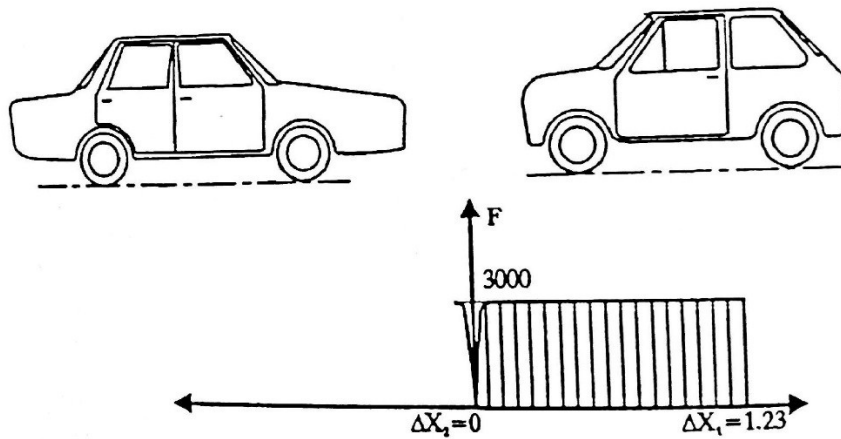
$$\frac{1}{2} \cdot m_e \cdot \Delta v^2 = F \cdot \Delta x_1 \quad (24)$$

Са слике 19 закључује се да је:

$$\Delta x_1 = \frac{m_e \cdot \Delta v^2}{2F} = 1.23 \text{ m} \quad \Delta x_2 = 0 \quad (25)$$

Однос апсорбованих кинетичких енергија малог возила у датом случају је

$$\frac{E_{k(F=\text{const.})}}{E_{k(\text{barijera})}} = \frac{3}{2} \quad (26)$$



**Слика 20.** Апсорбоване енергије у малом и великом возилу при чеоном судару [8]

## **4. МЕРЕ ЗА СМАЊЕЊЕ АГРЕСИВНОСТИ ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ**

Мере за смањење агресивности возила у саобраћају се могу поделити у две основне категорије:

- мере намењене смањењу агресивности већих возила при судару и
- мере за унапређење чврстоће мањих возила при судару.

Савремене интервенције на возилима у циљу смањења њихове агресивности и повећања компатибилности при сударима укључују:

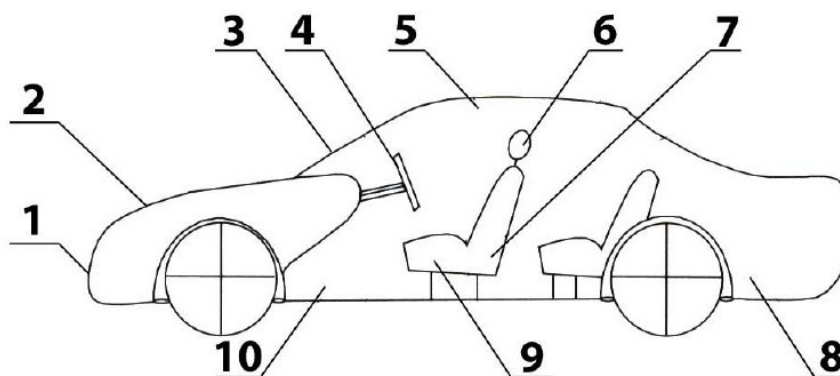
- побољшање отпорности бочне структуре мањих возила,
- смањење крутости већег возила,
- повећање крутости мањег возила,
- побољшање компатибилности висине браника, смањењем висине браника већег возила у општем случају,
- модификацију других предњих структура у циљу побољшања компатибилности и
- увођење бочних ваздушних јастука у циљу побољшања безбедности мањег возила при бочном судару.

### **4.1 Мере пасивне безбедности**

Када се говори о безбедном аутомобилу и пасивној безбедности, пре свега се ради о заштити посаде аутомобила. На слици 21 су приказани елементи пасивне безбедности путника и учесника у саобраћају у случају саобраћајне незгоде:

1. предњи браници,
2. ивице и облик каросерије,
3. сигурносна стакла,
4. управљачки точак и ваздушни јастуци,
5. помоћни елементи (држачи),

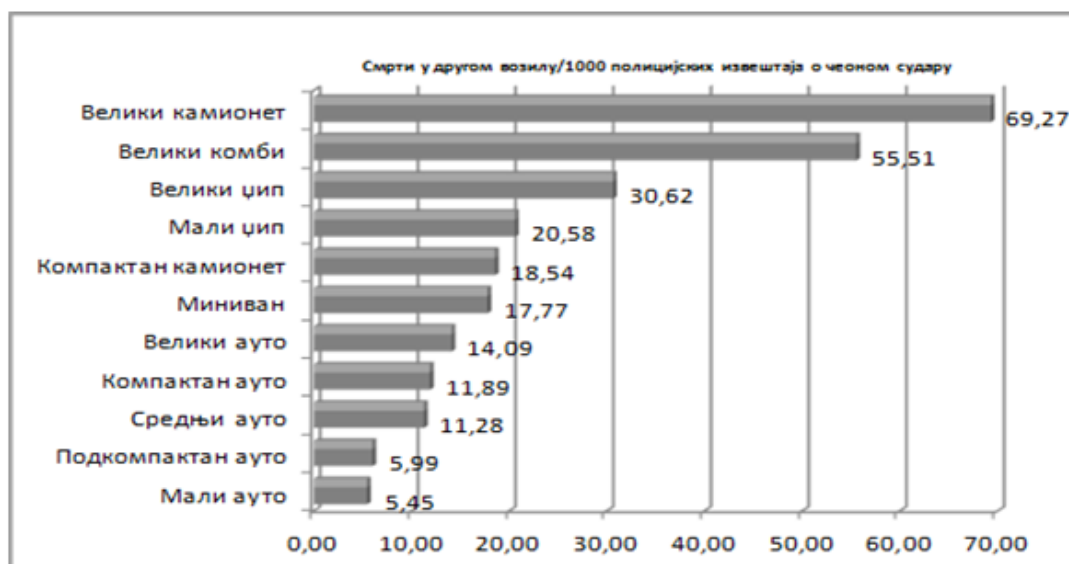
6. наслон за главу,
7. наслон за леђа и појасеви сигурности,
8. резервоар горива,
9. седиште и учвршћивање седишта,
10. забрављивање врата и шарке.



**Слика 21.** Елементи пасивне безбедности путника и учесника у саобраћају у случају саобраћајне незгоде [9]

Када се пројектује возило, пројектанти унапред морају да знају одређену расподелу деформационог рада између два возила приликом судара. За слабије возило то значи да не треба прећи границе екстремних услова за које је возило пројектовано, с обзиром на услове које диктирају правилници о чеоном удару у баријеру. За тешка, агресивна, возила то значи да треба у њиховом предњем делу конструктивно обезбедити мекше елементе, који се протежу што већом дужином. Такође, треба обезбедити адекватно подешену геометрију предњег дела возила. Правилно обликовање, јачина, димензије и функционалност простора путника, неопходни су за преживљавање путника после саобраћајне незгоде. Од већег возила се захтева да има степенасту карактеристику у зависности сила -деформационо померање.

Величина возила представља значајан фактор у оцењивању агресивности возила. На слици 22 је приказано како величина возила утиче на број смртних исхода при чеоном судару. Са слике такође видимо да је велики камионет најагресивније, а мали ауто најмање агресивно возило.



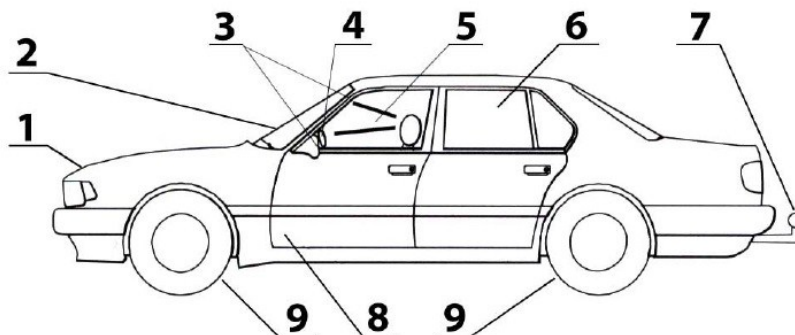
Слика 22. Однос величине возила и смртних исхода при чеоном судару [10]

#### 4.2. Мере за избегавање судара возила различитих категорија – мере активне безбедности

Аспект активне безбедности возила обухвата, пре свега, превентивне мере које конструктор возила мора да обухвати још у фази пројектовања возила, а које се односе на систем возач-возило-пут, како не би дошло до конфликтних ситуација.

На слици 23 приказани су елементи активне безбедности возила и путника везани за само возило:

1. фарови и светлосна сигнализација,
2. ветробрани,
1. ретровизори,
2. унутрашњост возила,
4. видно поље,
5. комфор путника,
6. потезница возила,
7. ножне команде,
8. возни построј и електронска контрола стабилности.



**Слика 23.** Елементи активне сигурности возила и путника [9]

Мере које спадају у ову групу су:

- налажење могућности за благовремено учовање и реаговање у односу на остале учеснике у саобраћају и ограничење информација које возач прима, све са аспекта отклањања могућности за саобраћајне незгоде;
- мере у односу на возило, које се односе на отклањање могућих конфликтних ситуација.

У односу на возило, ове мере обухватају:

- ефикасност и поузданост кочионог и управљачког система возила;
- смањивање и отклањање неодговарајућих услова у возилу (комфор вожње, бука, осцилације, проветравање и климатизација, неодговарајући распоред команди и ергономски фактори)

Са аспекта возила, основни елементи активне безбедности су:

- безбедност вожње (могућност блавременог и поузданог управљања, кочења, убрзања и слично);
- условна безбедност (комфор вожње - удобност и ергономија седишта, бука и осцилације возила, проветравање и климатизација);
- безбедност управљања и руковања (поузданост система: точкови, кочнице и управљачки систем);
- безбедност опажања, у коју спадају опрема за сигнализацију и осветљавање, видљивост кроз возачко стакло.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Резултати статистичких истраживања показују да су врло чести судари између возила различитих тежина, с обзиром да је наш друмски саобраћај мешовит у погледу тежинских класа учесника. Не ради се само о возилима различите тежине и димензија, већ и о различитим карактеристикама деформабилности, као и различитим начинима градње возила истих категорија. Исте саобраћајне просторе користе пешаци, мотоцикли, путнички аутомобили и камиони. У таквој ситуацији постоје могућности да се избегну саобраћајне незгоде. Те могућности су:

- смањење максималне дозвољене брзине на путу,
- увођење одвојених саобраћајних простора за одређене групе учесника у саобраћају,
- забрана саобраћаја возила испод одређене тежинске класе,
- развој возила са аспекта судара са различитим учесницима у саобраћају.

Користећи број возача који су погинули у судару у предметном возилу као меру агресивности, статистика судара је показала озбиљну некомпатибилност између аутомобила и свих категорија лаких теретних возила.

Некомпатибилност између аутомобила и лаких теретних возила ће се наставити и у будућим флотама. Поређење лаких теретних возила и аутомобила открива да су лака теретна возила агресивнија од аутомобила због своје тежине, имају чвршћу структуру и веће растојање возила од тла. Ово неслагање у дизајну има озбиљне последице за безбедност приликом судара и представља растући извор некомпатибилности судара унутар флоте.

Већи контраст боје возила са окружењем омогућава бољу и лакшу уочљивост возила на путу и утиче на доношење правовремених и исправних одлука и реакција возача.

Код пасивне безбедности, пре свега се ради о заштити посаде аутомобила. Основни задатак конструктора јесте пројектовање возила чији ће спољашњи облик да минимизира последице примарног судара. Када је реч о активној безбедности, она се бави проучавањем мера које пројектант треба да реализује у систему возач – возило – пут да не дође до саобраћајне несреће.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Les, M., Fildes, B., *Vehicle aggressivity rating methods – Theoretical Comparison*, IRCOBI Conference, Montpellier (France), September, 2000
- [2] Gabler, C. H., Hollowell, T. W., *NHTSA's Vehicle Aggressivity and Compatibility Research Program*, 16th ESV, Paper No. 98-S3-O-01, 1998
- [3] Агенција за безбедност саобраћаја, *Статистички извештај о стању безбедности саобраћаја у Републици Србији у 2016. години*, Београд, 2016.
- [4] Агенција за безбедност саобраћаја, *Безбедност комерцијалних возила у саобраћају*, АБС Прегледни извештај, Београд, 2017.
- [5] Агенција за безбедност саобраћаја, *Безбедност комерцијалних возила у саобраћају*, АБС Прегледни извештај, Београд, 2016.
- [6] Gabler, H. C., Hollowell, W. T., *The crash compatibility of cars and light trucks*, J. Crash Prevention and Injury Control, Vol. 2(1). pp. 19-31, 2000
- [7] Les, M, et al., *Vehicle properties determining aggressivity*, "Regain the Momentum: Road Safety Research, Policing and Education" Conference Proceedings. Vol. 1, pp. 179-184, Melbourne, 2001
- [8] Јанковић, А., Симић, Д., *Безбедност аутомобила*, Крагујевац: DSP Mecatronic, 1996.
- [9] Стефановић, А., *Друмска возила – основи конструкције*, Машински факултет у Нишу, Ниш, 2010.
- [10] Rasoul Moradi, R., et al., *Use of Finite Element Analysis for the Prediction of Driver Fatality Ratio Based on Vehicle Intrusion Ratio in Head-On Collisions*, Applied Mathematics, Vol. 4, pp. 56-63, 2013