



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Michaela Klominská

**MOŽNOST OCHRANY POSÁDKY PŘI PŘEVŘÁCENÍ
VOZIDLA**

Bakalářská práce

2017

K616.....**Ústav dopravních prostředků**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Michaela Klominská

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Možnosti ochrany posádky při převrácení vozidla**

Název tématu (anglicky): Possible measures of vehicle occupants protection during rollover accidents

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Zpracujte rešerši dopravních nehod a jejich členění
- Uved'te možnosti ochrany posádky při dopravní nehodě
- Uved'te statistiku dopravních nehod
- Na základě dostupných dat a informací blíže popište problematiku dopravní nehody převrácení vozidla
- Uved'te rizika spojená s tímto typem dopravní nehody a navrhňte opatření pro jejich minimalizaci či eliminaci



- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: First, J. a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Praha: S&T_CZ_2008
Kovanda, J. – Šatochin, V.: Pasivní bezpečnost. Praha: Skriptum ČVUT
Zprávy a protokoly z nárazových zkoušek na K616

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Mík, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **22. června 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Michaela Klominská
jméno a podpis studenta

V Praze dne 2. prosince 2016

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Josefu Míkovi, Ph.D. za trpělivost, obětavost, odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat své mamince a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultně dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 28. srpna 2017

podpis:

Michaela Klominská

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta dopravní

MOŽNOST OCHRANY POSÁDKY PŘI PŘEVRÁCENÍ VOZIDLA

bakalářská práce

srpen 2017

Michaela Klominská

Abstrakt

Bakalářská práce je věnována bezpečnosti osobních automobilů, především prvkům pasivní bezpečnosti. Jejich využití a možnost ochrany posádky při dopravních nehodách, konkrétně při převrácení vozidla. Dále jsou zde uvedené jednotlivé typy převrácení vozidla a na základě dostupných dat byly popsány dva crashtesty. Na závěr jsou navržena opatření pro minimalizaci či eliminaci tohoto typu dopravní nehody.

Klíčová slova

Prvky bezpečnosti, bezpečnostní pásy, airbagy, karoserie, kolize, převrácení vozidla, automobil.

Abstract

The bachelor thesis deals with the safety of passenger cars, especially the elements of passive safety. Their use and the possibility of occupant protection in traffic accidents, particularly during rollover. In addition, there are the different types of vehicle overturning and two crash tests have been described based on the available data. Finally, measures are being proposed to minimize or eliminate this type of traffic accident.

Key words

Elements of safety, seat belts, airbags, bodywork, crash, rollover, car.

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Seznam použitých značek | 7 |
| 2 | Úvod | 8 |
| 3 | Dopravní nehoda | 9 |
| 3.1 | Třídění silničních dopravních nehod | 10 |
| 4 | Moderní technologie vozidel | 11 |
| 4.1 | Historie | 11 |
| 5 | Možnosti ochrany posádky při dopravních nehodách..... | 12 |
| 5.1 | Aktivní bezpečnost..... | 12 |
| 5.2 | Pasivní bezpečnost..... | 12 |
| 5.3 | Karoserie | 15 |
| 5.4 | Zádržné systémy | 17 |
| 5.4.1 | Bezpečnostní pásy | 17 |
| 5.4.2 | Airbagy | 19 |
| 5.4.3 | Dětské zádržné systémy..... | 21 |
| 5.4.4 | Isofix..... | 21 |
| 6 | Zkoušky pasivní bezpečnosti | 22 |
| 6.1 | Legislativa | 23 |
| 6.2 | Biomechanika poranění | 24 |
| 6.3 | Zkušební figuríny | 25 |
| 7 | Problematika převrácení vozidla | 26 |
| 7.1 | Typy nehod..... | 26 |
| 7.1.1 | Trip-over | 26 |
| 7.1.2 | Bounce-over | 27 |
| 7.1.3 | Flip-over | 27 |
| 7.1.4 | Fall-over | 27 |
| 7.1.5 | Turn-over | 28 |
| 7.1.6 | End-over-end..... | 28 |
| 7.2 | Statistika jednotlivých druhů při DN | 29 |
| 8 | Statistika dopravních nehod..... | 29 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8.1 | Statistika nehod v České republice | 30 |
| 8.1.1 | Příčiny nehod..... | 31 |
| 8.2 | Statistika nehod v USA | 31 |
| 9 | Crashtesty | 34 |
| 9.1 | Škoda Octavia Combi | 34 |
| 9.1.1 | Průběh testu | 34 |
| 9.1.2 | Závěr testu | 36 |
| 9.2 | Škoda Favorit | 37 |
| 9.2.1 | Průběh testu | 37 |
| 9.2.2 | Závěr testu | 38 |
| 9.3 | Vyhodnocení testů | 38 |
| 10 | Návrhy opatření..... | 39 |
| 10.1 | Simulátory ÚAMK | 39 |
| 10.1.1 | Otočný simulátor..... | 40 |
| 10.1.2 | ÚAMK – test nehod kabrioletů | 40 |
| 11 | Závěr..... | 43 |
| 12 | Použité zdroje | 45 |
| 13 | Seznam obrázků | 47 |
| 14 | Seznam tabulek | 47 |

1 Seznam použitých značek

| Značka | Název |
|---------------|---|
| ABS | Protiblokovací systém kol automobilu |
| ASR | Regulace prokluzu kol |
| ESP (ESC) | Elektronický stabilizační program |
| MBA/HBA | Mechanický/hydraulický brzdový asistent |
| HHC | Asistent rozjezdu do kopce |
| DN | Dopravní nehoda |
| PK | Pozemní komunikace |
| Euro NCAP | Nezávislé společenství provádějící zkoušky automobilů |
| WHO | World Health Organization |
| PB | Pasivní bezpečnost |
| EHK | Evropská hospodářská komise |
| EHS | Evropské hospodářské společenství |
| ÚAMK | Ústřední automotoklub |
| ADAC | Německý automobilový klub |

2 Úvod

Doprava je neoddelitelnou součástí našeho života, je všude kolem nás. Zajišťuje především přepravu osob, ale také informací a energie. Spojuje města, státy a kontinenty, umožňuje obchod a vzájemnou komunikaci. Doprava však zahrnuje složitý systém sítí, služeb a technologií, který je nutno řídit, ale i usměrňovat.

Dopravou se rozumí účelný a zamýšlený proces přemísťování lidí a zboží, pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách z jednoho místa na druhé. Její počátky datujeme do doby, kde se vyvinula v rámci dělby práce. K dopravě potřebujeme, s výjimkou chůze, dopravní prostředky a dopravní vybavenost, což jsou silnice, železnice, přístavy a letiště. Dle toho rozlišujeme různé druhy dopravy.

Vozidel na silnicích neustále přibývá a se zvyšujícím se počtem automobilů stoupá nebezpečí nehody. Nejen na počtu vozidel přibývá i počet dopravních nehod. Proto je důležité, aby pokud už nejde jinak zabránit nehodě a dojde k ní, minimalizovat následky. V médiích se na tento fakt upozorňuje a veřejnost vyhledává jen spolehlivé, a především bezpečné vozy.

Již mnoho let se zkoumá problematika bezpečnosti motorových vozidel, nejvíce se výrobci motorových vozidel zaměřují na prvky aktivní bezpečnosti – elektronické systémy, které vylepšují a doplňují automobil. Jsou to tedy technická zařízení, systémy a vlastnosti vozu, které mají pomoci alespoň předejít či nejlépe zabránit dopravním nehodám. Nejdůležitějšími prvky jsou účinné brzdy umožňující bezpečné zpomalení či zastavení vozu, dobré pneumatiky, přesné a spolehlivé řízení, kvalitní tlumiče pérování a také osvětlení vozu. Mezi nejznámější elektronické systémy, které doplňují výše zmíněné prvky aktivní bezpečnosti, patří ABS a ASR, ESP (ESC), dále MBA, HBA, a HHC a další asistenční systémy.

Výrobci se také zaměřují na prvky pasivní bezpečnosti a soustředí se nejen na konstrukční materiály, které jsou použité v konstrukcích vozidla, ale také na prvky záchrany. Zde sem patří například karoserie, bezpečnostní pásy či airbagy, o kterých ještě bude více zmíněno v dalších kapitolách.

V této bakalářské práci se budeme zajímat o silniční dopravu. Každý dopravní proces zahrnuje tři prvky, kterými jsou dopravní prostředek, dopravní cesta a lidský činitel. A s tím souvisí dopravní nehody, které se nejen na českých silnicích dějí dnes a denně.

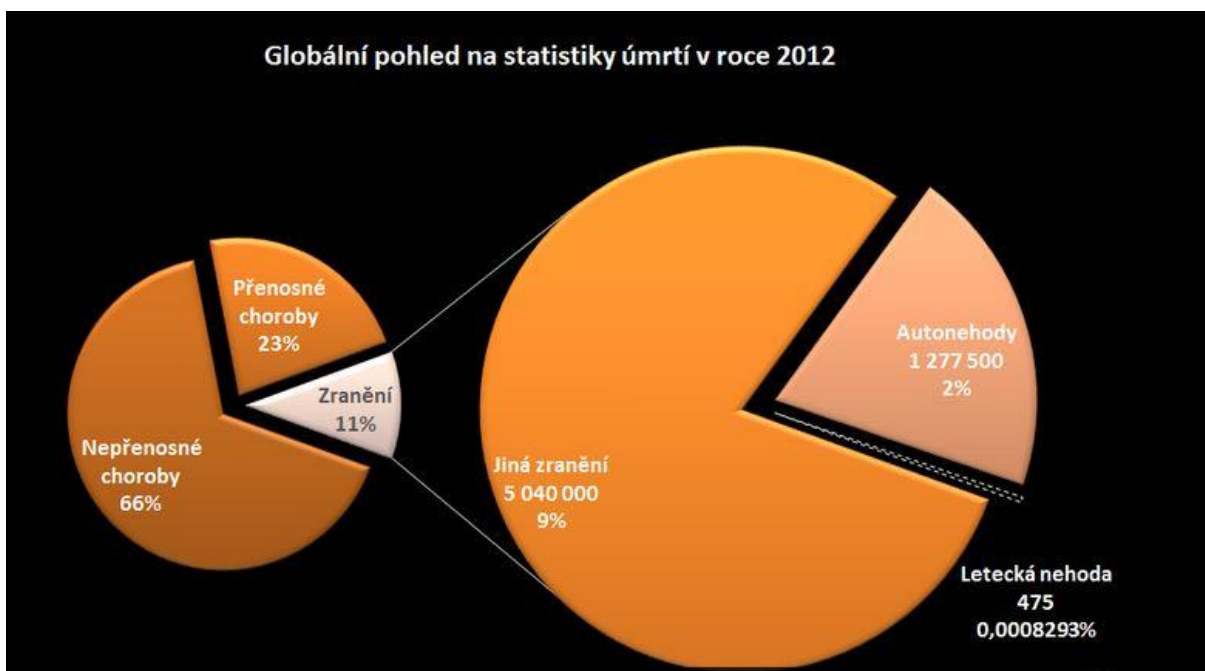
3 Dopravní nehoda

Silniční nehody charakterizujeme jako nezamýšlené a nežádoucí náhlé události v dopravním provozu, způsobené dopravními prostředky, které měly škodlivý následek na životech, zdraví osob či na majetku.

V ustanovení § 47 odst. 1 zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů je definován pojem dopravní nehoda. Je zde uvedeno, že dopravní nehoda je událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie či srážka, která se stala nebo alespoň byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.

Nehoda je fyzikální děj a proces probíhající v čase a prostoru. Je to událost nepředvídaná, ale někdy i předvídatelná, která má svůj unikátní průběh. Ne všechny nehodové situace vedou k nehodám, ovšem i zdánlivě bezvýznamné situace vedou k vážným nehodám. Každá dopravní nehoda je jedinečná. [3]

Nejpočetnější dopravní nehody jsou silniční z hlediska jejich počtu. Z globálního hlediska většina úmrtí je zapříčiněna nemocí a zraněním, do nichž jsou zahrnuty i autonehody, které procentuálně vedou například nad leteckou nehodou a není tomu jinak ani nyní. [10] Na obrázku č. 1 je to znázorněné na grafech.



Obrázek 1: Statistika úmrtí z roku 2012 [10]

zdroj: WHO a Aviation Safety Network, 2012

3.1 Třídění silničních dopravních nehod

Silniční nehody se dají rozdělit do mnoha skupin z několika hledisek.

Z hlediska aplikace analytických metod lze dělit na

- a) střety pohyblivých objektů – jde o srážku dvou či více účastníků silničního provozu, může jít o srážky čelní, boční či náraz zezadu), střet s chodcem nebo se zvířím
- b) havárie – na vině při dopravní nehodě je pouze jeden dopravní prostředek, například sjetí vozidla z komunikace, případně s následným nárazem na pevnou překážku či převrácení
- c) jiné nehody – nezařazujeme je do výše uvedených skupin, například úrazy ve vozidlech při náhlém zabrzdění či vypadnutí z jedoucího vozidla [3]

Při analýze častých dopravních nehod a při identifikaci nehod se používá tzv. typologie dopravních nehod v které se dle specifických charakteristik nehody třídí do 10 hlavních skupin (0-9), které jsou dále členěny do 107 typů, viz následující tabulka 1 [11].

Tabulka 1: Rozdělení dopravních nehod [11]

| Typová skupina | Hlavní příčiny nehod | Typy nehod |
|----------------|---|---|
| 0 | Nehody individuální | 01 – sjetí vozovky vpravo; 02 – sjetí z vozovky vlevo; 03 – sjetí z vozovky v oblasti křižovatky; 04 – couvání a otáčení; 05 – klouzání vozidla, pád z vozidla; 06 – najetí na překážku, zabezpečení pracovního místa; 07 – jiné nezařazené nehody |
| 1 | Nehody mezi vozidly jedoucí stejným směrem mimo oblast křižovatky | 11 – kolize při předjíždění + kolize při změně jízdního pruhu (mimo předjíždění); 12 – kolize při vyjíždění od okraje vozovky; 13 – kolize najetím na jedoucí vozidlo; 14 – kolize najetím na stojící nebo brzdící vozidlo; 15 – najetí na vozidlo při couvání |
| 2 | Nehody mezi vozidly jedoucími opačným směrem mimo oblast křižovatky | 21 – kolize při zařazování se do jízdního pruhu nebo vyjíždění od okraje vozovky; 22 – sjetí z vozovky vpravo v důsledku protijedoucího vozidla (bez kolize); 23 – sjetí z vozovky vlevo v důsledku protijedoucího vozidla (bez kolize); 24 – kolize při otáčení; 25 – vozidla opačného směru o sebe zavadí bočně; 26 – čelní srážka (mimo předjíždění); 27 – čelní nebo boční srážka při předjíždění |
| 3 | Nehody mezi vozidly vjíždějícími do křižovatek ze stejného ramene | 31 – kolize s odbočujícím vozidlem; 32 – kolize při otáčení a couvání; 33 – najetí na jedoucí, stojící nebo brzdící vozidlo; 34 – kolize při vyjíždění od okraje vozovky |
| 4 | Nehody mezi vozidly vjíždějícími do křižovatek z protilehlých ramen | 41 – kolize při odbočování; 42 – kolize při zvláštním druhu protisměrného provozu (stezky |

| | | |
|---|--|---|
| | | pro cyklisty nebo tramvaje); 43 – čelní nebo boční srážka; 44 – kolize při otáčení |
| 5 | Nehody mezi vozidly vjíždějícími do křižovatek ze sousedních ramen | 51 – kolize při odbočování; 52 – kolize při odbočování a předjíždění; 53 – kolize při křížení |
| 6 | Nehody mezi vozidly a chodci v oblasti křižovatky | 61 – kolize s chodcem při jízdě přímým směrem; 62 – kolize s chodcem při odbočování; 63 – kolize s chodcem při objíždění nebo předjíždění; 64 – jiná nehoda s chodci na křižovatkách |
| | Nehody mezi vozidly a chodci mimo oblast křižovatky | 65 – kolize s chodcem přecházejícím vozovku před jedoucím, stojícím nebo couvajícím vozidlem; 66 – kolize s chodcem při předjíždění jiného vozidla; 67 – kolize s chodcem jdoucím po vozovce; 68 – kolize s chodcem jdoucím po chodníku nebo krajnici |
| 7 | Nehody se stojícími nebo parkujícími vozidly | 71 – kolize s vozidlem, které zastavilo nebo stojí na okraji vozovky; 72 – kolize s otevřenými dveřmi (důsledkem otevřených dveří) stojícího vozidla |
| 8 | Nehody se zvěří a železniční dopravou | 81 – nehody se zvěří; 82 – nehody s drážními vozidly |
| 9 | Jiné nehody | |

Dopravní nehody jsou vždy spojeny s účastníky provozu. S každou lidskou činností dochází k omylům a pochybením. Aktivní bezpečnost vozidel se snaží zabránit nehodám, pokud k nim dojde jsou na řadě prvky pasivní bezpečnosti. Vývoj jde dopředu a názorně se to dá ukázat na vývoji těchto bezpečnostních prvků.

4 Moderní technologie vozidel

Každý rok na celém světě při dopravních kolizích umírá přibližně 1.3 milionu osob z toho 50 milionů je při nich zraněno. Intenzita silniční dopravy se celosvětově neustále zvětšuje. Za nehody ve většině případů je zodpovědný účastník provozu – řidič. Pokud se zainvestuje do aktivních a pasivních prvků vozidel, můžeme tím snížit počet a závažnost nehod, které způsobí řidič svým chybným chováním na silnicích. [12]

4.1 Historie

Bezpečnostním prvkům se věnovala velká pozornost již v historii. Do 50. let 20.století byla konstrukce vozidel velmi jednoduchá a nezahrnovala téměř žádné deformační zóny, které by ochránily posádku před následky nehody. Průkopníkem deformačních zón se stal rakousko-uherský inženýr a vynálezce Béla Barényi (1907-1997). Pracoval pro automobilku Daimler Benz (dnes Mercedes – Benz) a v roce 1951 se začal zajímat o prvky pasivní bezpečnosti,

a tedy o deformační zóny, které dokáží pohltit pohybovou energii vozidla při střetu – karoserie, nárazníky apod. [13]

Dále pak Ford použil ve svém voze první dvoubodový pás, následovalo ho Volvo, které zavedlo do auta tříbodové pásy v roce 1959, v 60. letech ŠKODA 1000 MB, která je měla dokonce i na zadním sedadle.

V 90. letech se stala ŠKODA Felicie prvním vozem s airbagem – výběr s jedním, dvěma či čtyřmi airbagy. Poté se k nim připojily napínače bezpečnostních pásů a také už i asistenční systém ABS.

Od roku 1999 začala být karoserie vyvíjena pro EuroNCAP a poprvé byl k dispozici Isofix (bude o něm zmínka v prvcích PB). Nyní je protiblokovací systém ABS či airbag standardem, karoserie má v sobě velký podíl vysokopevnostní oceli a prostor pro cestující je uchráněn. [19, 20]

5 Možnosti ochrany posádky při dopravních nehodách

5.1 Aktivní bezpečnost

Jak již bylo zmíněno, bezpečný provoz vozidla zajišťuje každý prvek aktivní bezpečnosti, která má jediný účel, a to předejít či zabránit vzniku dopravní nehody. V této bakalářské práci, ale postačí malá zmínka o těchto prvcích a více pozornosti je zaměřeno na pasivní bezpečnost vozidel.

5.2 Pasivní bezpečnost

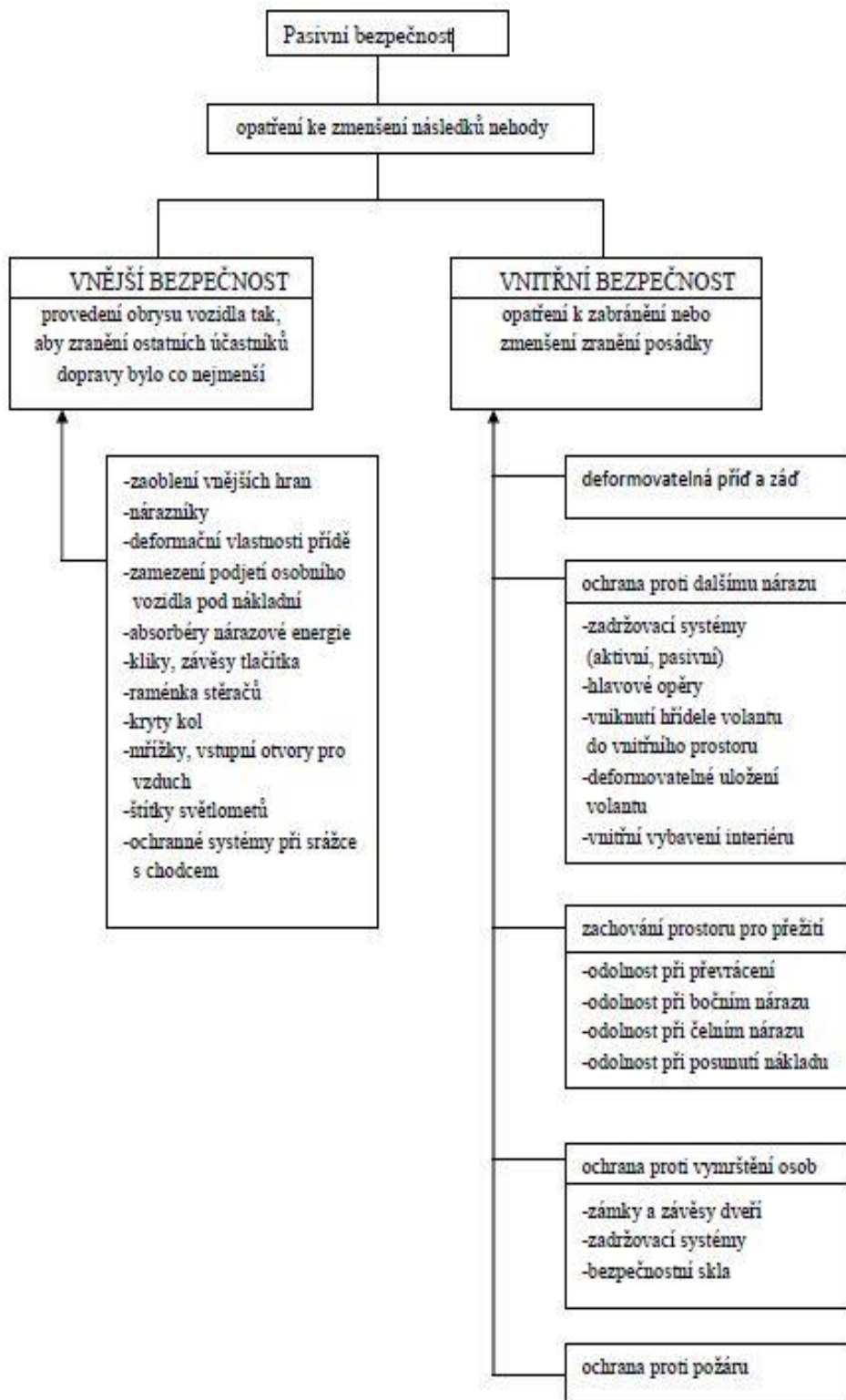
Prvky pasivní bezpečnosti vozidel přicházejí na řadu až v okamžiku dopravní nehody. Jde o konstrukční zařízení a systémy, které slouží pro minimalizaci následků nehody. Hned vedle deformačních zón (nárazníky, robustní karoserie) se o naši bezpečnost starají bezpečnostní pásy a sestava airbagů. Pasivní prvky mají za úkol pohlcovat a přesměrovat energii nárazu a současně zabránit střetu cestujících s pevnými částmi vozidla, tudíž minimalizovat riziko zranění nejen posádky uvnitř vozidla, ale také ostatních účastníků silniční dopravy. Prvky se snaží co nejvíce omezit mechanické a biomechanické poranění, které vznikají díky vlivu sil a přetížení při kolizích. [1]

Pasivní prvky dělíme na vnější a vnitřní. Vnější mají za úkol zmírnit rozsáhlost zranění účastníků provozu mimo vozidlo. Jde například o zaoblení vnějších hran vozu, výčnělky karoserie, nárazníky, aktivní kapota, airbag pro chodce, deformační vlastnosti předě či například u nákladních vozů jsou to ochranné nárazníky proti čelnímu či zadnímu podjetí.

Vnitřní bezpečnost má snížit či nejlépe úplně zamezit vzniku zranění posádky havarovaného vozu. Velikost zbylého prostoru po nárazu by měl být co největší, ovšem pokud se pasažéři

před každou jízdou nepřipoutají, lidské tělo není zachyceno a při velkém tlaku může být příčinou poranění hrudníku. Bezpečnostní pásy jsou doplněné také airbagy a dohromady tvoří kompaktní bezpečnostní prvek.

Vnější a vnitřní pasivní bezpečnost je více rozdělena v obrázku č. 2 na další straně. [4]



Obrázek 2: Rozdělení pasivní bezpečnosti [4]

5.3 Karoserie

Funkční požadavky, které jsou kladené na karosérii úzce souvisí s bezpečností silničního provozu. Jak již bylo zmíněno v úvodu, bezpečnost vozidla se dělí na aktivní a pasivní. Obě bezpečnosti u vozidla závisí hlavně na jízdních vlastnostech vozidla, a také na uspořádání karoserie či nástavby.

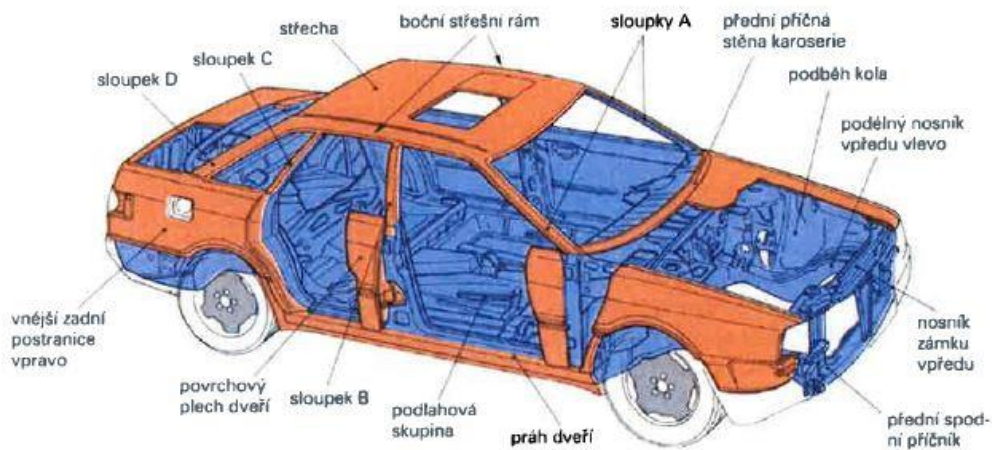
Karoserie je základní a nejdůležitější prvek ochrany posádky. Je to část vozidla, která slouží k přepravování osob či nákladu a její tvar závisí na počtu přepravovaných osob a množství přepravovaného nákladu či druhu provozu. V případě dopravní nehody ochrana posádky závisí na struktuře karoserie a jeho vnitřním vybavením, vlastnostech zadržovacích systémů a také zabránění vzniku požáru. Při navrhování je též nutné zabezpečit, aby byly ochráněni ostatní účastníci provozu. [5]

Skládá se ze stovek dílů podle typu automobilu a je funkčně rozdělena na dvě části:

a) *Deformační část* – má za úkol pohltit a ztlumit energii nárazu (nejvhodnější jsou přední a zadní části vzhledem k dostatečným délkám), nýbrž boční struktura umožňuje jen malé množství absorpce energie

b) *Prostor pro posádku* – kabina se naopak deformovat nesmí a prostor musí být dostatečně tuhý a velký, zádržný systém bezpečně zakotvený [4]

Popis jednotlivých dílů karoserie je zobrazen na obrázku č. 3:



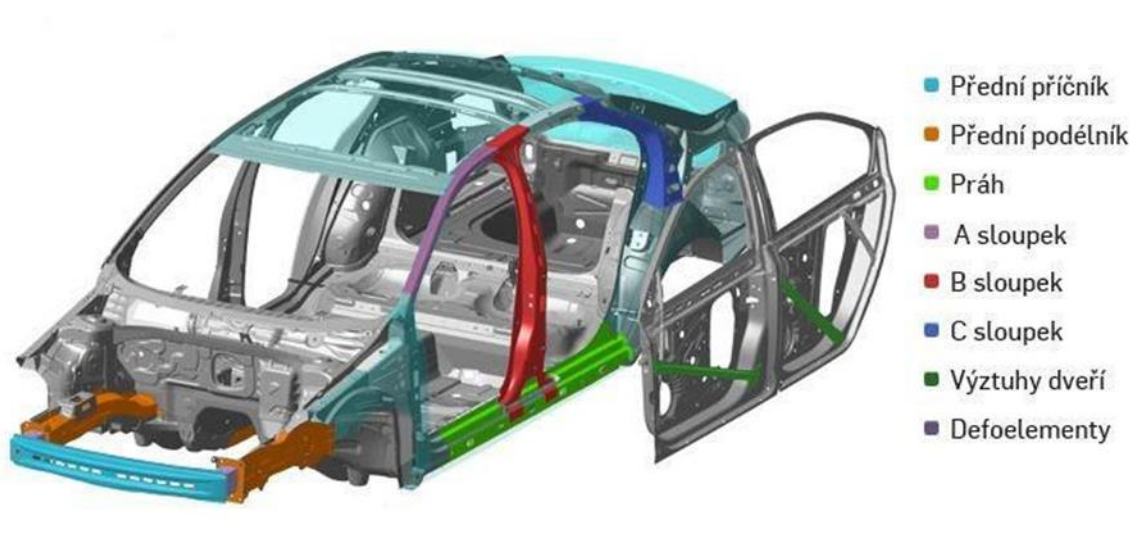
Obrázek 3: Karoserie [18]

Dříve se nejvíce zaměřoval výzkum na přední část vozidla, protože čelní patří k nejčastějším druhům nárazu. S tím spojené jsou bezpečnostní předpisy na provedení a zkoušení čelní části vozidla – EHK 94 – Ochrana proti čelnímu nárazu. Přední část je obvykle tvořena dvěma

podélnými nosníky, které jsou při čelním nárazu nejvíce zatěžovány ve směru podélné osy vozu, zatímco struktura zadní části je dimenzována na menší síly. Při deformaci se problematickými ukazují tuhé díly (například motor), které musí být upevněny tak, aby se co nejvíce zmírnilo nebezpečí jejich vniknutí do interiéru. K docílení bezpečnosti jak cestujících i chodců je vytvořit přední strukturu prvky, které se při čelním nárazu prolomí či zlomí.

Za velmi vážný se také považuje boční náraz. Co se týče bezpečnosti je právě boční část nejméně chráněnou. Při vzniku nárazu dokáže pohltit pouze malé množství energie a její vnější nosné díly struktury (prahy a nosníky dveří) namáhány ve směru příčné osy vozidla, tzn. na ohyb. Bezpečnost a zároveň boční tuhost prostoru pro posádku lze zvýšit příčnými traverzami ve střeše a v podlaze, dokonalým vedení dveří nebo vhodně tvarovaná sedadla.

V dnešní době, kdy je požadována nízká hmotnost a velká pevnost karoserie, vyrábí někteří výrobci karoserie s větším podílem slitin hliníku, přesto i oceli jsou dosti používané, stejně jako vysokopevné oceli. Na obrázku č. 4 jsou zvýrazněné bezpečnostní části karoserie. [5, 19]



Obrázek 4: Klíčové části karoserie [19]

Přední příčník a podélník je podporou hnacího ústrojí a důležitý při absorpci deformační energie. Sloupky jsou konstrukční prvky spojující střechu s tělem automobilu. Jsou označovány abecedně od přídě vozu k jeho zádi. Každý sloupek se skládá z vnitřního a vnějšího panelu a mezi nimi je umístěna výstuha. Při menších nárazech (rychlost do cca 15 km/h) kinetickou energii absorbují defoelementy. Ty se snadno demontují a nahradí novými, zbytek karoserie není poškozen, což snižuje servisní náklady. [6]

5.4 Zádržné systémy

Nejen bezpečnou strukturou karoserie vozidla a s jeho bezpečným vnitřním vybavením není možné cestující ve vozidle ochránit. Dnes musí vozidlo splňovat dané předpisy a kritéria, která se týkají i zařízení k omezení následků nehod. Jde o tzv. zádržné systémy. Konstrukce těchto systémů vychází především ze znalosti mechanismu poranění člověka při dopravní nehodě. Je nutné zvyšovat účinnost systémů, které zabraňují poraněním stoupajících s rostoucí dopravní rychlostí automobilů. Zádržné systémy omezují pohyby posádky ve vozidle, spojují posádku s deformujícím se vozem a snižují kontaktní síly.

Řada faktorů má vliv jak na chování cestujícího během srážky, tak i na samotnou srážku a faktory dělíme na faktory vozidla a faktory cestujících.

Faktory vozidla:

- určují výsledný průběh zpoždění uvnitř vozu a také i dobu trvání děje a tvar průběhu
- vymezují vztahy mezi vozem a vnějším prostředím během nehody

Mezi základní faktory patří nárazová rychlost, hmotnost vozidla či vozidel při srážce, charakteristika odrazu a deformační charakteristika v místě nárazu.

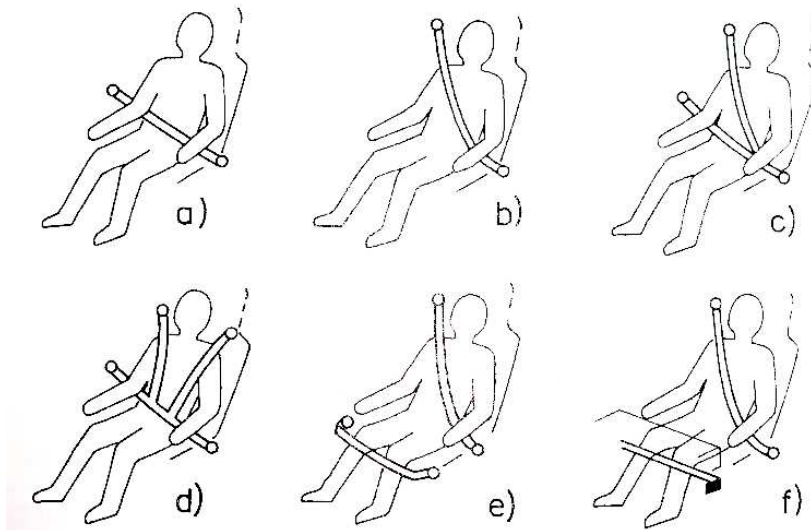
Faktory cestujících:

- určuje způsob a rychlost zadržení či nárazu cestujícího na povrch uvnitř vozidla
- dále také možnost zranění, kterým je posádka vystavena

Mezi základní faktory patří fyzická charakteristika cestujícího, zdravotní stav, pohlaví a věk, počáteční poloha a orientace cestujícího a jeho rychlost ve vztahu k interiéru na počátku nehody, deformační charakteristika povrchu uvnitř vozu z hlediska nárazu cestujícího a charakteristika zádržného systému, pokud je použitý. [7]

5.4.1 Bezpečnostní pásy

Od bezpečnostních pásů se očekává, že pohltí části kinetické energie osob při nárazu automobilu. Jelikož jsou konstrukční částí vozidla, tudíž jsou zkoušeny a schvalovány samostatně a je důležité, aby se také ověřila jejich pevnost ve vozu. Díky pásům nemůže nastat vymrštění těla z vozu. Dle platné legislativy je řidič povinen se za jízdy bezpečnostním pásem připoutat, to stejné platí pro všechny jeho spolucestující. [5]



Obrázek 5: Druhy bezpečnostních pásů: a) dvoubodový (břišní), b) dvoubodový (diagonální), c) tříbodový, d) čtyřbodový (šle), e) ramenní a kolenní, f) diagonální s kolenní opěrkou [8]

Bezpečnostní pásy se dělí dle různých hledisek. Jedno z nich je například dle počtu bodů, kterými je cestující připoután, a to od dvou do osmi bodových (obr. 5). Nejčastějším typem je u osobních vozidel samonavíjecí aktivní tříbodový pás. Čtyřbodové nalezneme především u závodních a sportovních automobilů (rallye). Pětibodové jsou klasicky u dětských sedaček a u závodních vozidel. Šestibodové najdeme při amerických závodech NASCAR a sedmibodové u Formulí 1.

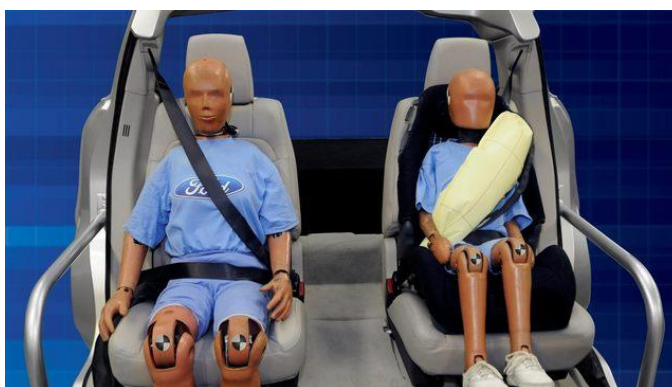
Dále dělíme podle způsobu upoutání na aktivní a pasivní. Pasivní jsou plně automatické, tedy bez zásahu cestujícího. Cestujícího po usednutí do sedadla bezpečnostní pás automaticky obejmě. Ovšem kvůli své technické náročnosti nejsou rozšířené.

Díky své jednoduché konstrukci a dobré účinnosti zadržení těla patří aktivní bezpečnostní pásy za nejrozšířenější. Nejznámější a nejčastěji používaný je tříbodový systém – kombinace pánevního a diagonálního pásu. [8]

Předepínače bezpečnostních pásů jsou vhodné například ke zmenšení dopředného pohybu cestujícího při čelním nárazu. Dělí se na pyrotechnické či mechanické. Pyrotechnické předepínače jsou aktivovány v součinnosti s aktivací vzduchových vaků, řídicí jednotkou airbagů, která dostává informace z čidel umístěných v deformačních zónách karoserie. Předepínače jsou uvedeny do činnosti explozí hnacích plynových náplní ve válci. Válec je uzavřen pístem. Vlivem tlaku ve válci koná píst práci a spojen lankem s bubnem bezpečnostního pásu jej pevně dopne. Díky dopnutí se rovnoměrněji rozloží zátěž těla v celém čase zachycení. Aby nedošlo k poranění cestujících od příliš pevně přitažených pásů, jsou pásy vybaveny omezovací síly. Je však také vhodné, aby v místech, kde pás doléhá, měl

cestující oblečení a neměl tvrdé předměty, které by se mohly zatlačit do těla, např. telefon či klíče. [9]

Automobilka Ford představila jedno ze svých nejnovějších vylepšení, a to nafukovací bezpečnostní pásy především v zadních sedačkách, obr. 6. Pásy, které se při nehodě nafouknou a rozloží sílu nárazu do pětikrát větší plochy než klasický pás. Pravděpodobnost vzniku zranění klesá tím, že se sníží tlak na hrudník a omezení pohybů hlavy a krku. Ze zásobníku, který je uložen pod sedadlem se přes sponu uvolní do pásu chladný stlačený plyn, který způsobí rozvinutí pásu za méně než 40 milisekund. [14]



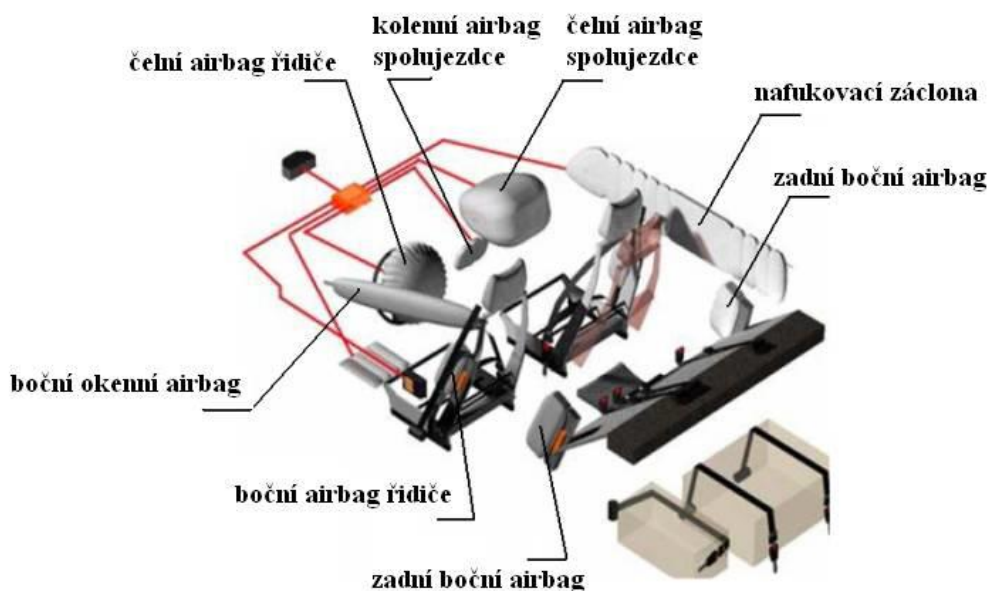
Obrázek 6: Vlevo klasický bezpečnostní pás, vpravo nafukovací bezpečnostní pás [14]

5.4.2 Airbagy

Neboli vzduchové vaky, které se v případě nehody nafouknou před pasažéra, zbrzdí náraz jeho těla, a především ochrání hlavu před nárazem na vnitřní část vozidla. Airbag však pouze zpomalí náraz, a tudíž je nutné, aby pasažér byl vždy připoután bezpečnostními pásy. Standardně se montují airbagy pro řidiče a spolujezdce s bezpečnostními pásy s předepínači.

Činnost všech airbagů ovládá jediná centrální řídicí jednotka, propojená se snímači zrychlení. Při stanovené hodnotě dá řídicí jednotka impuls k odpálení pyrotechnických patron bezpečnostních vaků. Naplnění airbagů probíhá v řádech milisekund. Elektricky odpálenou roznětkou se aktivují nálože plynových generátorů k naplnění airbagů stejně tak i předepínače bezpečnostních pásů. Uplynulý čas od zapálení roznětky a následného vyvíjení plynu až po nafouknutí airbagu je různý dle typu vzduchových vaků. U airbagu řidiče 30 ms, u spolujezdce do 50 ms, v případě okenního airbagu trvá nafouknutí do 25 ms. [8]

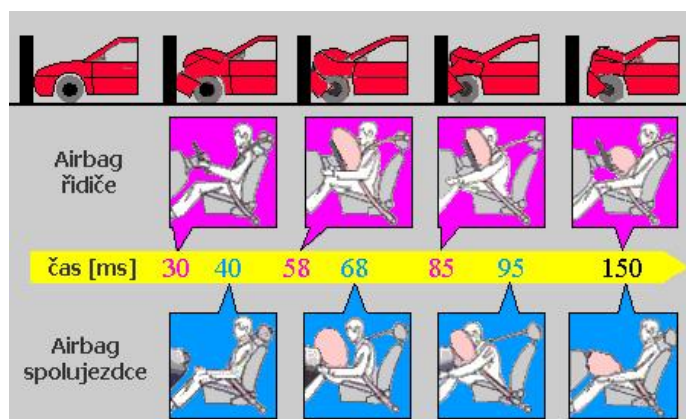
Dnes ve voze nalezneme airbagy určené pro ochranu všech pasažérů vpředu i vzadu, které chrání různé části těla, před nárazy z různých směrů. Vzduchové vaky známe čelní, boční, hlavový, kolenní, okenní a kyčelní. [8] Na obrázku č. 7 jsou zobrazené.



Obrázek 7: Různé druhy airbagů ve vozidle [20]

Čelní airbag

- časy nafouknutí vaků jsou různé, například pro řidiče a spolujezdce
- nezůstává naplněný, dochází ke kontrolovanému vypouštění, jako by si tělo lehlo do polštáře
- aktivuje se jen v rozsahu od čelních nárazů až po nárazy šikmo zepředu
- na obr. 8 je znázorněny rozdílné časy aktivace airbagu řidiče a spolujezdce



Obrázek 8: Aktivace čelních airbagů [15]

Boční airbag

- chrání pánev a hrudník cestujících při nárazu z boku
- v případě nárazu z boku se aktivuje jen boční, popř. také hlavový airbag, který je na straně nárazu -> na opačné straně se neaktivují

Hlavový airbag

- aktivuje se pouze při bočním nárazu a zůstává naplněn
- je instalována podél obou stran čalounění stropu

Kolenní airbag

- umístěn pod volantem v palubní desce
- zabraňuje kontaktu dolních končetin s díly přístrojové desky (klíček, sloupek volantu atd.)

Okenní airbag

- chrání při bočních střetech, vak sahá od A sloupku po C sloupek
- při bočním střetu se aktivuje ve stejnou chvíli jako boční airbag
- ochrana proti poranění střepy skla či vniknutí cizích předmětů do interiéru vozidla [15]

5.4.3 Dětské zádržné systémy

Podle věku a hmotnosti dítěte rozdělujeme sedačky do následujících pěti skupin:

- Skupina 0 – do věku cca jednoho roku, do hmotnosti 10 kg
- Skupina 0+ - do 13 kg
- Skupina I – zhruba do 4 let věku, 9–18 kg
- Skupina II – od 15 až do 25 kg, nemají vlastní bezpečnostní popruhy, dítě je v sedačce drženo bezpečnostním pásem pro dospělé
- Skupina III – od 22 do 36 kg, často jen samotný sedák bez opěradla, který dítě posune do takové výšky, aby bylo možné jeho připoutání pásem pro dospělé. [1]

5.4.4 Isofix

Pro větší a spolehlivější ochranu dětí jsou v automobilech úchyty pro dětské bezpečnostní sedačky systému Isofix, které umožňují snadnou instalaci sedačky do vozu a zároveň zajišťují její pevné uchycení ke karoserii.

Jde o jednotný technický systém pro přichycení autosedačky ke karoserii auta bez použití bezpečnostních pásů. Minimalizuje chybu při montáži a optimalizuje ochranné působení pevným spojením mezi dětskou autosedačkou a vozidlem.

Pro skupiny 0+ a 1 se používá ISOFIX (5bodový pás) a označení ISOFIT (3 bodový pás) je pro skupinu 2–3. [1]

6 Zkoušky pasivní bezpečnosti

Prvky pasivní bezpečnosti jsou nedílnou součástí dnešních vozidel a nelze si současné vozy bez nich představit. Nejen tyto prvky se neustále vyvíjí a je pro ně důležité, aby se také prováděly zkoušky prakticky všech částí vozidla. Výrobci, kteří chtějí své zboží prodávat především na evropském trhu, musí těmito zkouškami projít. Evropský trh s vozidly má svá přísná pravidla a bezpečnostní podmínky, a tudíž je ze strany výrobců nutné, aby se o tuto výzkumnou činnost zajímali. Na základě toho se může vycházet při snižování poškozování životního prostředí či zvyšování aktivní a pasivní bezpečnosti vozidel. Nová vozidla musí splňovat podmínky dopravní legislativy. Testy probíhají formou zkoušek ve zkušebnách. Jelikož jsou dost finančně náročné, každá zkouška by měla být precizně naplánována, kdyby se náhodou nepovedla, aby se nemusela opakovat.

Z hlediska zákona dělíme zkoušky na zákonem stanovené (povinné) a ostatní (nepovinné, volné). Základním dokumentem, který pravidla zkoušení (schvalování, kontroly, ověření) stanoví je zákon č. 56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na PK. Ostatní zkoušky (nepovinné) jsou dobrovolného rozhodnutí výrobce, prodejce či provozovatele vozidla. Jde například o zkoušky EuroNCAP.¹

Zkoušky se provádějí na kompletních vozech, jejich jednotlivých konstrukčních částí, systémů a příslušenství a dělíme je na:

- statické
- dynamické

Statické zkoušky: patří sem například zkoušky zámků dveří, pevnosti a geometrie sedadel a opěrek hlavy, úchytů bezpečnostních pásů, vnitřních výčnělků vozidel atd.

Dynamické zkoušky: pro zkoušky některých systémů a konstrukčních částí se využívá tzv. „saňová zkouška“. To znamená, že na zkušební vozík se připevní karoserie či jiný zkoušený díl vozu, vozík je urychlen na požadovanou rychlost a následně je zpomalen. Příslušným předpisem či požadavkem výrobce při vývoji systému je předepsána velikost, tvar a doba trvání pulsu zpoždění vozíku. Tyto zkoušky také zahrnují čelní náraz na tuhou bariéru, náraz zezadu, boční náraz s pohyblivou bariérou, která představuje jiné vozidlo.

¹ EuroNCAP – nezávislé konsorcium provádějící nárazové zkoušky automobilů (crashtesty). Testovaným vozům pak vydává hodnocení ve formě udělení hvězdiček za bezpečnost (max. 5 hvězdiček).

Dnes se také řeší a zkoumá bezpečnost chodců a s tím spojené rozšiřování požadavků i na kategorie jiné než M1 (osobní automobily). Pro příklad to jsou postupy při hodnocení vozidel podle podmínek směrnice EHS/ES č. 2003/102; 2004/90 – ochrana chodců a ostatních nechráněných účastníků dopravy před srážkou s motorovým vozidlem a normy ISO 6487:2000 – měřicí technika při nárazových zkouškách. Nejen bezpečnost chodců je spojená s legislativou. [2]

6.1 Legislativa

Legislativa je soubor pravidel, jimiž se vztahy řídí. Za legislativu považujeme:

- zákony
- vyhlášky
- směrnice
- předpisy
- normy
- nařízení a jiné,

pokud jsou sestavy a schváleny kompetentními orgány a zároveň nejsou v rozporu buď mezi sebou či s ústavou.

Dopravní legislativa se rozděluje do několika skupin:

- a) pravidla silničního provozu (úprava chování účastníků dopravy v provozu),
- b) pravidla administrativní (úprava státní administrativy, registrace vozidel, řidičské průkazy, pojišťovnictví atd.),
- c) pravidla technická (podmínky při stavbě provozu a údržbě dopravní infrastruktury),
- d) pravidla technická (stanovené podmínky technické způsobilosti dopravních prostředků k provozu).

K této bakalářské práci patří skupina d) pravidla technická – týkajících se silničních motorových vozidel. Legislativa se dělí na národní a mezinárodní úroveň.

Na národní úrovni tato legislativa dopravních prostředků patří do kompetence Ministerstva dopravy České republiky. Dotčené není to, že:

- technické normy řídící především výrobu dopravních prostředků, patří do působnosti Českého normalizačního institutu,
- hygienické předpisy vztahující se na dopravní prostředky, patří do kompetence Ministerstva zdravotnictví či Ministerstva životního prostředí České republiky.

Na mezinárodní úrovni patří legislativa do kompetence více institucí, kterými jsou:

- Evropská hospodářská komise, Organizace spojených národů (EHK, OSN)
- Evropské hospodářské společenství (EHS/ES)

Dotčené není to, že technické normy patří do působnosti Mezinárodní normalizační organizace (ISO). [2]

6.2 Biomechanika poranění

Biomechanika je mezioborová vědní disciplína, která spojuje studium mechanických zákonitostí a vlastností biologických materiálů a systémů. Jejím podoborem je biomechanika poranění sledující reakce živého organismu na způsobené vnější síly a vliv na rozvoj úrazového děje. Poranění je stav, kdy dojde k deformaci anatomických struktur nad limity způsobující poškození tkání či k alternování jejich funkcí.

Cíle biomechaniky poranění jsou:

- kvantifikování traumatologických nálezů
- hledání limitů pro poranění a vývoj výzkumných metod
- analýza mechanismů poranění kritických částí
- hodnocení poranění a účinnosti konstrukčních opatření a zádržných systémů

Mechanismy poranění dělíme na dva základní typy:

- a) pronikající – tento typ poranění se vyskytuje velmi málo
- b) nepronikající – zatímco tento typ se dále dělí na tři podskupiny typů mechanismu poranění
 - poranění statickou silou, přičemž vzniká napětí a deformace překračují materiálové limitní hodnoty tkání
 - poranění dynamickou silou, kdy setrvačná síla působící na vnitřní orgány způsobí náraz na vnitřní stěnu (např. mozek – lebka, srdce – hrudník)
 - poranění impulsní, kdy se kontinuem tkáně šíří tlaková vlna takových parametrů, že způsobuje její vnitřní poškození

U mechanismu poranění jde vždy o překročení meze pevnosti orgánů díky vlivu sil setrvačných, statických při velkých deformacích či kompresních a při šíření rázové vlny při impulsním zatížení.

Závažnost těchto poranění se též hodnotí různými kritérii a stupnicemi. Mezi nejznámější jsou AIS (Abbreviated Injury Scale), která je založena na anatomicko-klinickém posouzení poranění a HIC (Head Injury Criterion) neboli faktor poranění hlavy či hodnota zátěže hlavy. [2]

Stupně škály AIS jsou rozdělené do několika skupin:

- 0 – bez zranění
- 1 – malé zranění
- 2 – střední zranění
- 3 – závažné zranění
- 4 – velmi vážné zranění
- 5 – kritické zranění
- 6 - maximální (nelze přežít)
- 9 - neznámé

Limit újmy na hlavu HIC kritéria je nastaven na 1000. Ve srovnání se stupni AIS, by se dala klasifikovat jako 3 – závažné poranění, například vibrace v mozku, s bezvědomím kratší než 1 hodinu. Pokud je HIC kritérium menší, poranění je méně závažné, a naopak pokud je HIC větší jak 1000 poranění je ještě vážnější. Výpočet je dán vzorečkem (1):

$$HIC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1)$$

Vzorec HIC kritéria (1)

6.3 Zkušební figuríny

Nárazové testy se řadí mezi extrémní zkoušky, proto během nich ve vozidlech není živý člověk, nýbrž zkušební figurína. V minulosti se však některé zkoušky prováděly s dobrovolníky, mrtvolami či zvířaty. Poranění může vzniknout hned v několik případech. Kontakt osoby ve vozidle s částmi vozu, s pronikajícím tělesem (jiné auto, strom apod.) či účinkem velkých sil, přetížení a tlaků. Proto skutečným přínosem bylo zavedením figurín.

Figuríny se skládají z kovové kostry, která je potažená pryžovou vrstvou a uvnitř se nachází mnoho snímačů fyzikálních veličin. Současně používané figuríny můžeme rozlišit dle způsobu použití - Hybrid III (čelní náraz) a EuroSID II (boční náraz). Toto v případě dospělých cestujících. Na zadních sedadlech nalezneme figuríny dětských pasažérů – děti ve věku 18 měsíců až 3 roky. Figuríny můžeme také klasifikovat podle jejich velikosti. Při zkouškách se nejčastěji používá 50 % figurína dospělého může reprezentující střední výšku a hmotnost mužské populace.

Je samozřejmé, že i figuríny podléhají pravidelným certifikacím. U dospělých figurín je po každých třech provedených nárazových zkouškách, kde nedošlo k poškození figuríny či se překročí limitní hodnoty, např. $HIC > 1000$, u dětských se provádí po 6 nárazových testech. [2]

7 Problematika převrácení vozidla

Se stále zvyšujícím počtem nově vyrobených vozidel se také řeší otázka zajištění maximální míry bezpečnosti pro cestující. Bezpečnost závisí na vozidle, infrastruktuře a lidském faktoru. Protože nejméně spolehlivým faktorem je ten lidský, je tedy nutné, aby v případě selhání dokázalo vozidlo posádku ochránit.

Problém nehod, při kterých dochází k převrácení vozidla na střešku (anglicky roll-over) se nezdá být příliš závažným a řešeným tématem, ovšem jen do chvíle, než zjistíme, že je to 2. nejzávažnější typ dopravní nehody hned po čelním střetu. Více jak třetina cestujících bylo usmrceno při převrácení automobilu, i když tyto nehody nejsou příliš časté.

Je možné redukovat následky dopravních nehod tím, že zdokonalujeme prvky pasivní bezpečnosti. Dále také je možné zpevňovat střešní části vozidel a vyvíjet nové stabilizační asistenční systémy.

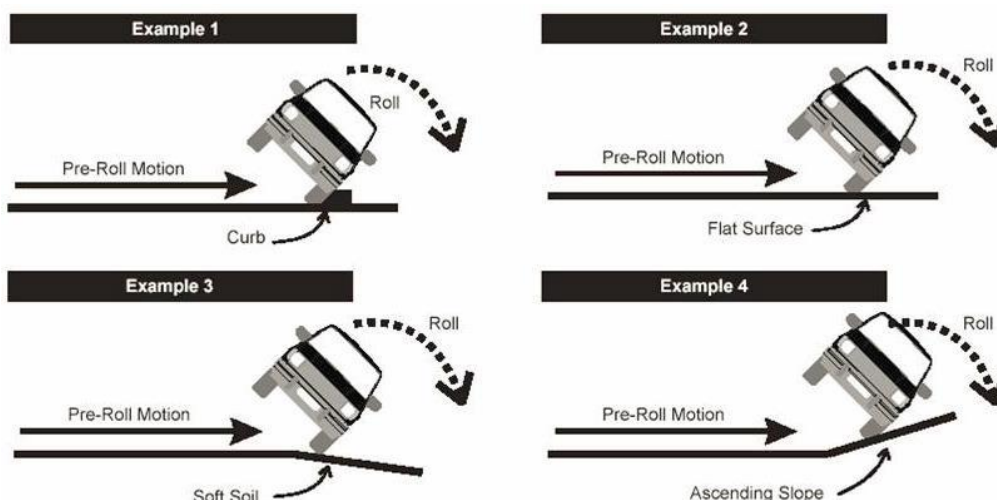
Abychom mohli nové bezpečnostní prvky testovat, je důležité provádět také zkoušky převrácení (anglicky roll-over test). Test přináší informace funkčnosti jednotlivých senzorů a čidel a zároveň zkoumá, zda aktivace jednotlivých prvků probíhá v daném čase. Testy jsou také vhodné pro analýzu vniknutí předmětů dovnitř vozidla a také pro poškození konstrukce vozidla. [16,17]

7.1 Typy nehod

Nehody, kdy dochází k převrácení vozidla má několik typů.

7.1.1 Trip-over

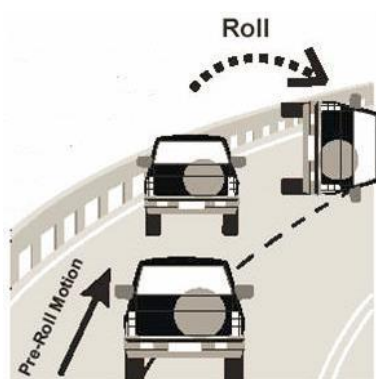
Tento typ nastává, když se vozidlo pohybuje bočním směrem a jeho pohyb je poté zpomalen nějakou překážkou, díky které se vozidlo převrátí. [16,17] Animace na obr. 9.



Obrázek 9: Animace trip-overů [17]

7.1.2 Bounce-over

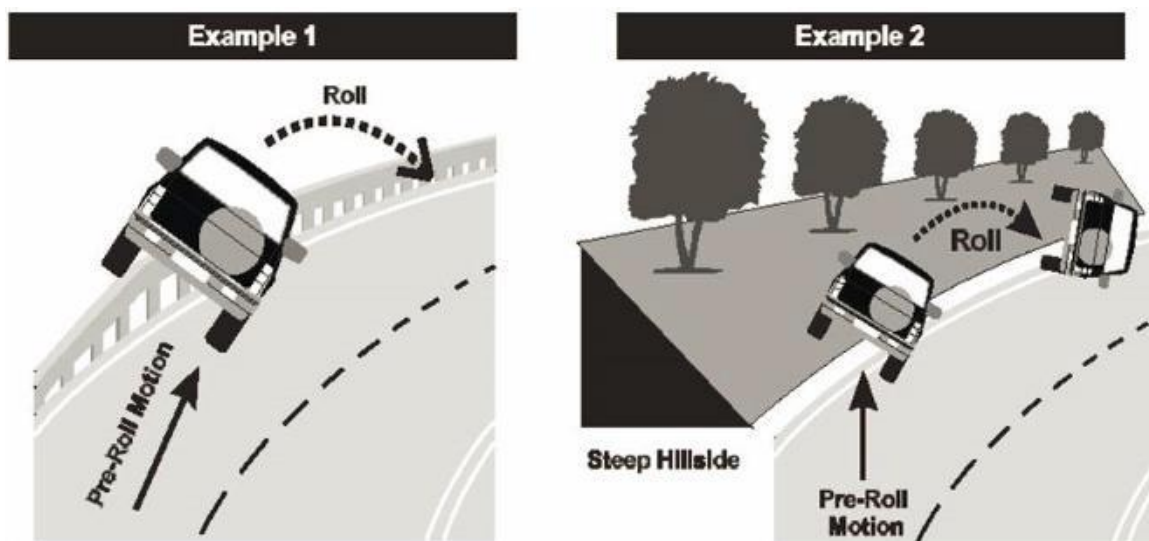
Pokud vozidlo narazí do pevné překážky (například do stromu, sloupu apod.) a následně se při odrazu převrátí, jde o bounce-over (viz obr.10). [16,17]



Obrázek 10: Animace bounce-overu [17]

7.1.3 Flip-over

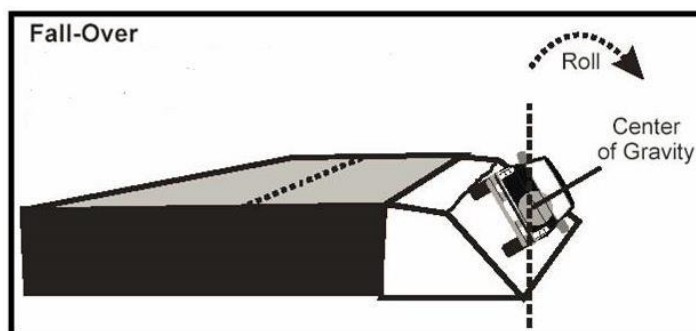
Vozidlo vjede na objekt, který se podobá rampě, poté dojde k jeho rotaci kolem jeho podélné osy a následuje převrácení vozu (11). Například na svahu či při jízdě v zářezu. [16,17]



Obrázek 11: Animace flip-overu [17]

7.1.4 Fall-over

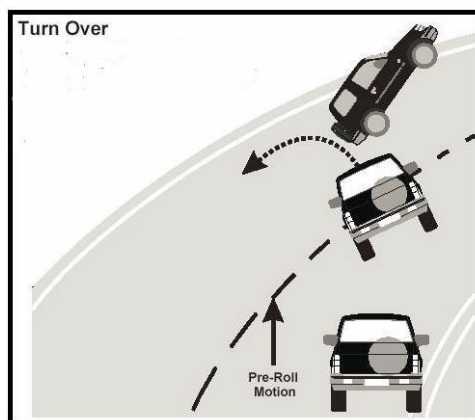
Dalším typem je fall-over a dochází k němu, když se vozidlo pohybuje po povrchu v příčném sklonu. Jakmile sklon způsobí, že těžiště vozidla je mimo jeho vnější kola ihned dojde k převržení jako na obrázku č. 12. [16,17]



Obrázek 12: Animace fall-overu [17]

7.1.5 Turn-over

V případě, kdy na vozidlo, které projíždí směrovým obloukem, působí odstředivá síla a ono má ještě dostatek adheze a tím nedochází ke smyku (obr. 13). Odstředivá síla způsobí převržení vozu. Tento typ je především u automobilů s vysokým těžištěm. [16,17]



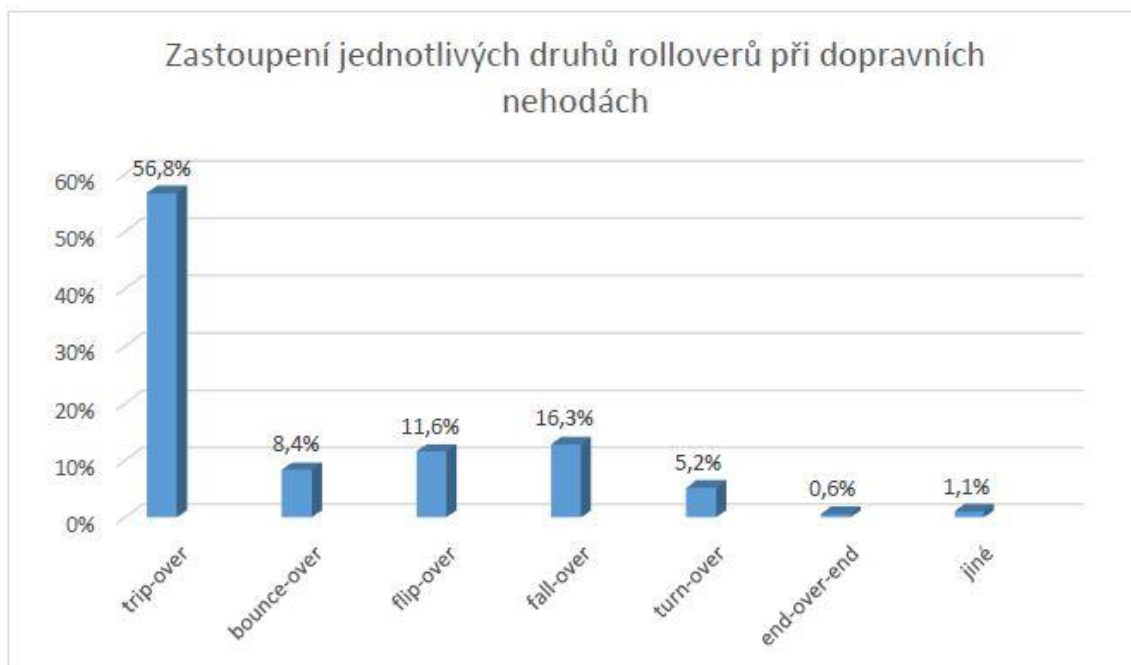
Obrázek 13: Animace turn-overu [17]

7.1.6 End-over-end

Může k němu například dojít, pokud vozidlo vjede ve vysoké rychlosti na oblast s prudkou změnou podélného sklonu a tím dojde k odlehčení či zvednutí zádě vozu a převržení. Tento typ se vyskytuje velmi zřídka, vozidlo rotuje a převrátí se kolem jeho příčné osy. [16,17]

7.2 Statistika jednotlivých druhů při DN

Data, která budou uvedena v následujícím grafu (obr. 14), zachycují procentuální zastoupení jednotlivých druhů rolloverů při dopravních nehodách. Statistika je z roku 2014 z USA, ale je pravděpodobné, že by se podobné hodnoty mohly naměřit i jinde. [17]



Obrázek 14: Statistika rolloverů [17]

Jak je zřejmé, nejčastěji dochází k trip-overu, tedy k bočnímu smýkání vozidla a k jeho následnému zpomalení o nízkou pevnou překážku. Na druhém místě jsou nehody, kdy se vozidlo dostane mimo vozovku do místa s velkým příčným sklonem a odstředivá síla ho převrhne. Následuje další nejčastější typ, kdy naopak se vozidlo dostane do místa, kde dochází ke zvýšení podélného sklonu. Bounce-over, který obsadil čtvrté místo, má za následek naražení vozidla do pevné překážky a poté jeho převrácení. Zbylé druhy už mají minimální podíl při dopravních nehodách.

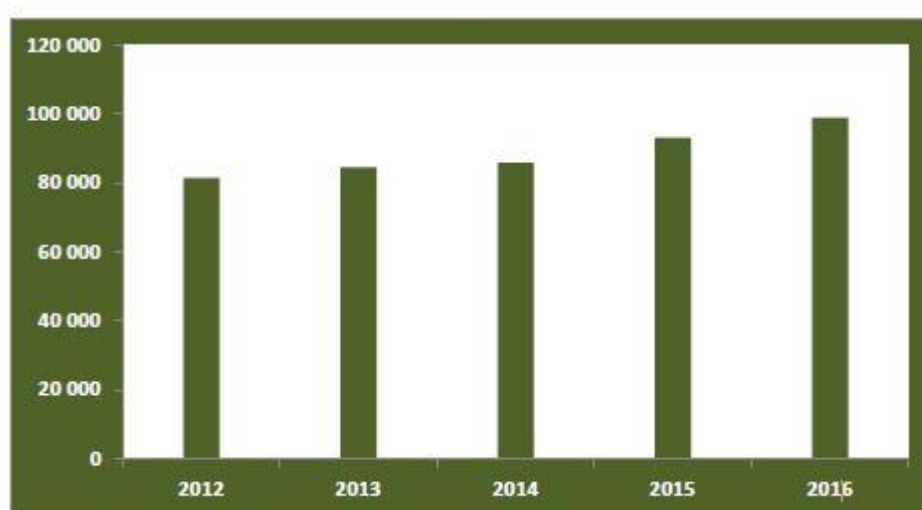
8 Statistika dopravních nehod

Statistiky nehodovosti zahrnují pouze ty dopravní nehody, které vyšetřovala Policie České republiky. Statistiky týkající se úmrtí při převrácení vozidla se většinou u nás neobjevují, protože to nepatří k nejčastějším nehodám. V následujících grafech a tabulkách, ale najdeme porovnání se statistikou z USA, kde naopak převrácení vozidla patří na druhé místo nejčastějších nehod z pohledu počtu usmrcení ve vozidle. Důvod je jednoduchý. Zákony v jednotlivých státech USA se liší. V pár státech existuje tzv. primární vynucení, což umožňuje zastavení automobilu a udělení pokuty při nepoužití bezpečnostních pásů. Zatímco ve většině

ostatních států to zákon umožňuje, ale pouze jen v kombinaci s jiným dopravním přestupkem.
[21]

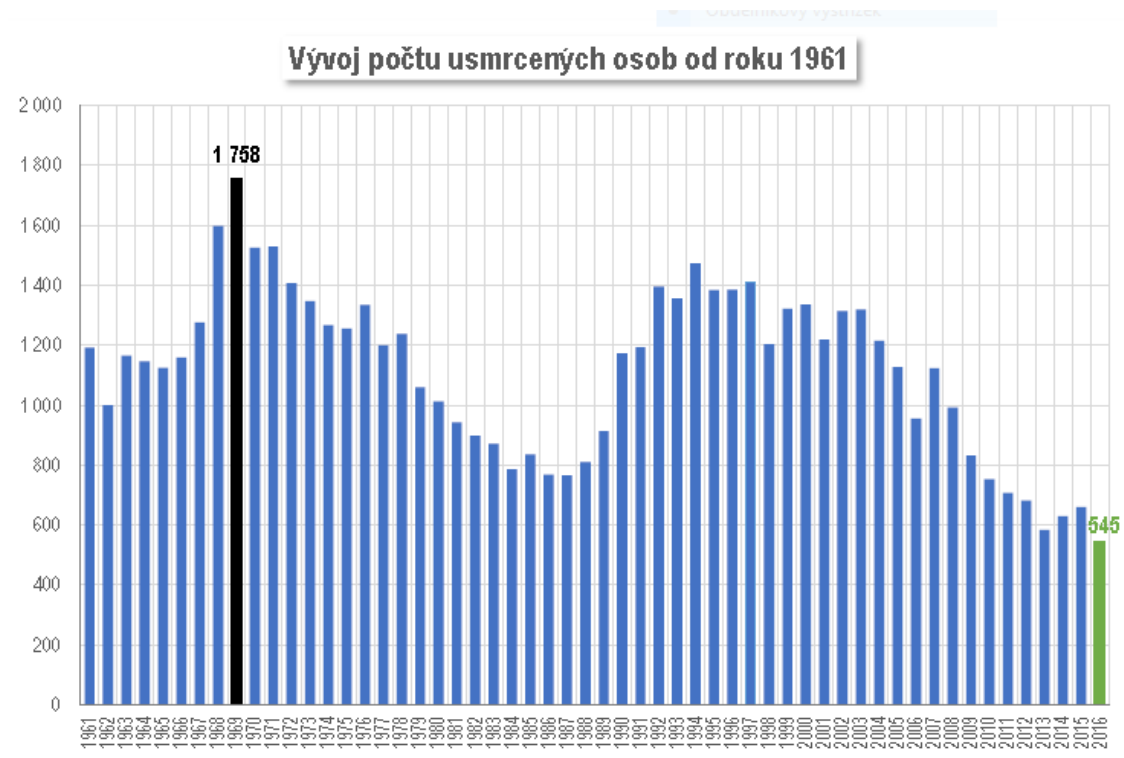
8.1 Statistika nehod v České republice

Na následujícím grafu (obr. 15) je zaznamenán celkový počet evidovaných nehod v ČR v období leden–prosinec v letech 2012–2016:



Obrázek 15: Celkový počet nehod: leden-prosinec, 2012-2016

6,2 % = 5 797 nehod je rozdíl mezi rokem 2016 a 2015. Každý den roku 2016 šetřila Policie ČR v průměru 270 nehod. S porovnáním počtu usmrcených z roku 2015 klesl počet o 115 osob. Počet usmrcených osob je od roku 1961 nejnižší (545 osob), naopak nejvíce osob bylo usmrceno v roce 1969 (1758 osob) dle grafu na obrázku č. 16 na následující straně.



Obrázek 16: Vývoj počtu usmrcených od roku 1961

8.1.1 Příčiny nehod

Příčin nehod je hned několik. V minulém roce bylo nejčastější příčinou dopravních nehod nevěnování se řízení, dále nesprávné otáčení či couvání, nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem a další. Pod vlivem alkoholu či jiných omamných látek bylo zaznamenáno celkem 4 624 nehod, z nichž 62 bylo smrtelných (obr. 18).

| Příčina nehody | Počet nehod | Počet usmrcených osob |
|------------------------|-------------|-----------------------|
| Nepřiměřená rychlost | 13 914 | 192 |
| Nesprávné předjíždění | 1 564 | 19 |
| Nedání přednosti | 14 333 | 92 |
| Nesprávný způsob jízdy | 53 167 | 193 |

Obrázek 17: Nejčastější nehody v roce 2016

8.2 Statistika nehod v USA

V následujících statistikách budou data z dopravních nehod v USA, kdy příčinou usmrcení pasažérů bylo převrácení vozidla. Vozidlo je označené jako převrácené tehdy, kdy se ocitne buď na boku či střeše kdykoli během havárie. Ve výše uvedené kapitole již byly zmíněné různé druhy nehod převrácení, tedy k převrácení může dojít po čelním či bočním nárazu s jiným

vozidlem či s pevnou překážkou. Dále je možné, že vozidlo při nehodách opouští vozovku a může vézt k vymrštění posádky z vozidla, čímž se zvyšuje pravděpodobnost úmrtí a o to více, pokud pasažéři nejsou připoutáni bezpečnostními pásy. [22]

Tabulka 2: Úmrtí při převrácení vozidla 2005

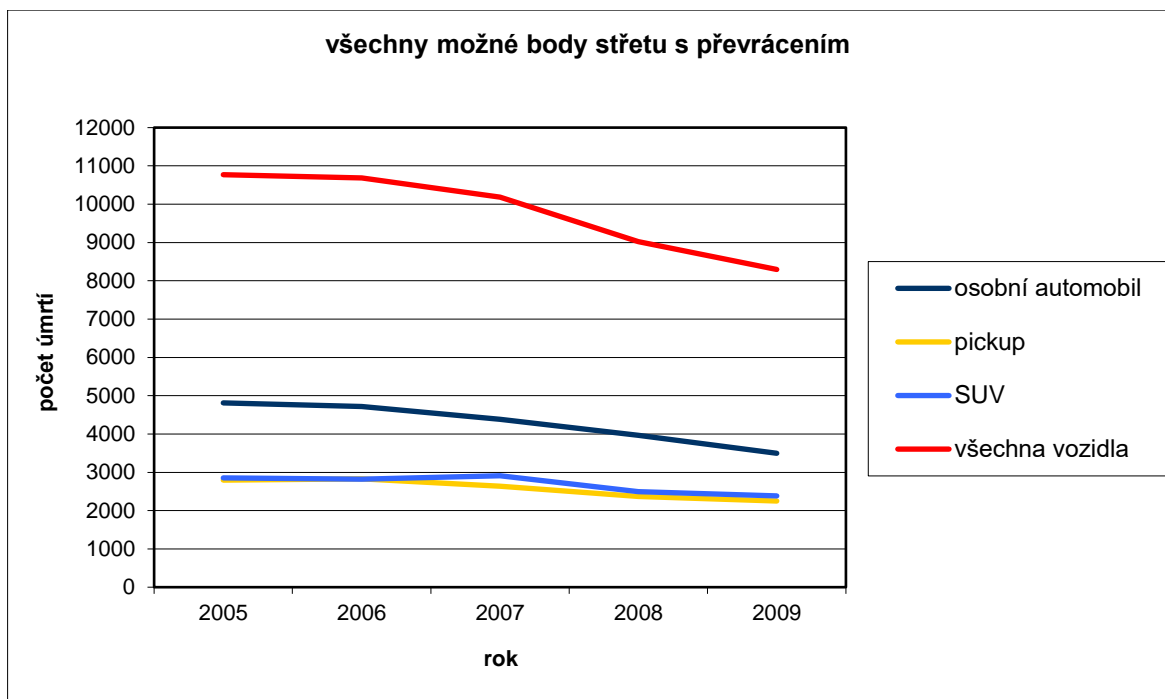
| Úmrtí cestujících ve vozidle při převrácení vozidla 2005 | | | | | | | | |
|--|------------------|-----|--------|-----|-------|-----|-----------------|-----|
| bod střetu | osobní automobil | | pickup | | SUV | | všechna vozidla | |
| | počet | % | počet | % | počet | % | počet | % |
| čelní | 1932 | 40 | 1040 | 37 | 841 | 30 | 3910 | 36 |
| boční | 933 | 19 | 456 | 16 | 410 | 14 | 1855 | 17 |
| zadní | 191 | 4 | 126 | 5 | 125 | 4 | 456 | 4 |
| žádný | 781 | 16 | 704 | 25 | 917 | 32 | 2484 | 23 |
| ostatní | 975 | 20 | 472 | 17 | 557 | 20 | 2065 | 19 |
| všechny možné | 4812 | 100 | 2798 | 100 | 2850 | 100 | 10770 | 100 |

Tabulka 3: Úmrtí při převrácení vozidla 2007

| Úmrtí cestujících ve vozidle při převrácení vozidla 2007 | | | | | | | | |
|--|------------------|-----|--------|-----|-------|-----|-----------------|-----|
| bod střetu | osobní automobil | | pickup | | SUV | | všechna vozidla | |
| | počet | % | počet | % | počet | % | počet | % |
| čelní | 1769 | 40 | 1001 | 38 | 931 | 32 | 3794 | 37 |
| boční | 844 | 19 | 448 | 17 | 461 | 16 | 1797 | 18 |
| zadní | 174 | 4 | 72 | 3 | 122 | 4 | 378 | 4 |
| žádný | 650 | 15 | 639 | 24 | 861 | 30 | 2212 | 22 |
| ostatní | 943 | 22 | 477 | 18 | 535 | 18 | 2001 | 20 |
| všechny možné | 4380 | 100 | 2637 | 100 | 2910 | 100 | 10182 | 100 |

Tabulka 4: Úmrtí při převrácení vozidla 2009

| Úmrtí cestujících ve vozidle při převrácení vozidla 2009 | | | | | | | | |
|--|------------------|-----|--------|-----|-------|-----|-----------------|-----|
| bod střetu | osobní automobil | | pickup | | SUV | | všechna vozidla | |
| | počet | % | počet | % | počet | % | počet | % |
| čelní | 1519 | 43 | 870 | 39 | 853 | 36 | 3303 | 40 |
| boční | 634 | 18 | 352 | 16 | 356 | 15 | 1370 | 17 |
| zadní | 124 | 4 | 85 | 4 | 96 | 4 | 309 | 4 |
| žádný | 480 | 14 | 449 | 20 | 620 | 26 | 1580 | 19 |
| ostatní | 740 | 21 | 494 | 22 | 459 | 19 | 1734 | 21 |
| všechny možné | 3497 | 100 | 2250 | 100 | 2384 | 100 | 8296 | 100 |



Obrázek 18: Všechny body s převrácením vozidla

V tabulkách 2, 3 a 4 jsou rozdělené počty nehod podle bodu střetu a typu vozidel. V tabulkách jsou roky 2005, 2007 a 2009. V posledním grafu (obr. 18) jsou také porovnané se statistikami z roků 2006 a 2008. Z grafu je zřejmé, že nehody při všech bodech střetu s převrácením vozidla klesají.

Proces převrácení můžeme rozdělit na:

- jízdní fázi před převrácením,
- dosažení kritického bodu (již už není šance na zabránění převrácení)
- počátek převrácení
- fáze samotné rotace

9 Crashtesty

Na Fakultě dopravní – Ústav dopravní techniky-Českého vysokého učení technického proběhly v roce 2010 a v roce 2011 dva dynamické testy převrácení osobního vozidla. Šlo o Škodu Octavia Combi 1,9 TDI, 1997 a o Škodu Favorit 135 GLX, 1993. Oba testy měly za cíl sledovat funkčnost a účinnost prvků pasivní bezpečnosti s ohledem na poranění posádky a dále také prověřit odolnost karoserie starších modelů vozidel vzhledem k převrácení vozidla. V testech došlo k převrácení vozidla a k opětovnému převrácení zpět na kola. Poté se určily následky této dopravní nehody. [23, 24]

9.1 Škoda Octavia Combi

Místem pro uskutečnění testu byl zvolen zkušební svah v areálu SZZPLS, a.s. Praha 6, Třanovského 622/11. Zkušební svah, kde bylo vozidlo svrženo za pomoci vysokozdvizného vozíku překlopením přes levý bok na střechu, je znázorněn na obrázku 19.



Obrázek 19: Zkušební svah a počáteční poloha vozidla [23]

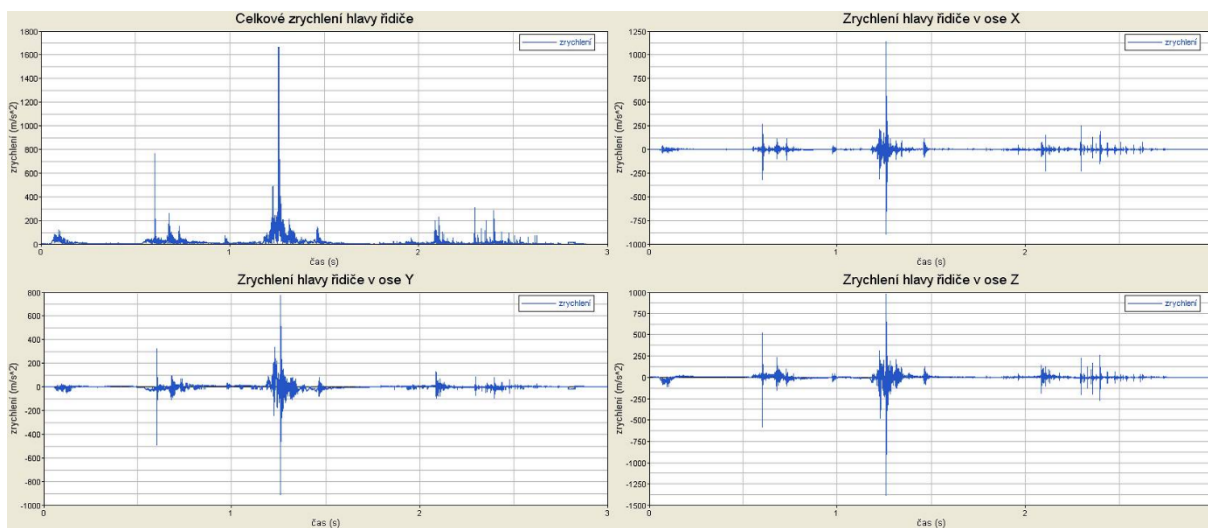
9.1.1 Průběh testu

Vozidlo bylo před crashtestem zbaveno všech provozních kapalin, které by se mohly při úniku do okolí vsáknout do půdy. Ve vozu byly použity dvě figuríny představující řidiče a dítě. Figurína řidiče byla připoutána třibodovým bezpečnostním pásem a vybavena snímači zrychlení v hlavě. Na zadním sedadle řidiče byla dětská figurína připoutána dětským zádržným systémem skupiny 0. Po svržení vozidla levým bokem, se převrátilo na střechu, poté přes pravý bok zpět na kola a došlo k zastavení pádu. Konečná poloha je na obrázku 20.



Obrázek 20: Konečná poloha vozidla [23]

Během testu se měřilo zrychlení, které působilo v hlavě dospělé figuríny – řidiče. Zrychlení bylo měřené v osách X (jízdní směr vozu), Y (kolmo na jízdní směr v horizontální rovině) a Z (svisle) a následně se dopočítala celková zrychlení v hlavě. Hodnoty jsou v grafech na obrázku 21.



Obrázek 21: Zrychlení celkové a v jednotlivých osách [23]

Z celkového zrychlení z výše uvedeného grafu (obr. 21) se stanovilo HIC kritérium. Zrychlení je vypočteno pomocí vzorce (1):

$$HIC = \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} (t_2 - t_1) \quad 2$$

Vzorec HIC kritéria (1)

HIC vyšlo 301,4. Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole v této bakalářské práci, pokud je HIC kritérium menší než limit 1000, jde o méně závažné poranění hlavy. V tomto experimentu nebyla deformace karoserie příliš velká, aby došlo k vniknutí pevných částí do prostoru pro přežití. Ovšem díky neaktivnímu předepínači bezpečnostního pásu a vlivem jeho pružnosti, se figurína částečně pohnula a ve chvíli, kdy se automobil nacházel na střeše, tak došlo ke kontaktu hlavy se stropem vozidla. Figurína dítěte upevněná v dětské autosedačce byla nedotčena. Na obrázku 22 jsou vidět umístěné figuríny ve vozidle. [23]



Obrázek 22: Umístění figurín ve vozidle [23]

9.1.2 Závěr testu

Z výsledků je zřejmé, že ochrana posádky byla dostatečná a oba dva pasažéři by ji přežili, i za skutečnosti, že se figurína řidiče během testu posunula a došlo ke kontaktu hlavy se stropem vozu. Důvodem posunu byla volnost bezpečnostního pásu, který byl napínán pouze svým navijákem a nebyla možná aktivace předepínače bezpečnostního pásu vzhledem

² Kde: a = výsledné zrychlení jako násobek „g“ [ms^{-2}]. t_1 a t_2 jsou časové okamžiky v průběhu nárazu, určující počátek a konec procesu, pro něž je hodnota HIC nejvyšší

k nastavení prvků pasivní bezpečnosti. Dalším faktem je, že dětská figurína byla nedotčena a dostatečně ochráněna. Důležité je zmínit, že bylo použito bezpečnostních pásů, které i když neudržely pasažéry pevně v sedačce, tak bylo schopno zabránit samovolnému pohybu po interiéru vozidla či následnému vypadnutí z vozidla, což by výrazně zvýšilo riziko dalšího poranění. [23]

9.2 Škoda Favorit

Místem pro uskutečnění testu byl taktéž zvolen zkušební svah v areálu SZZPLS, a.s. Praha 6, Třanovského 622/11. Zkušební svah, kde bylo vozidlo svrženo za pomoci vysokozdvížného vozíku překlopením přes levý bok na střechu, je znázorněn na obrázku 23. Tento test navazoval na výše zmíněný experiment vozidla Škoda Octavia Combi. [24]



Obrázek 23: Zkušební svah a počáteční poloha vozidla [24]

9.2.1 Průběh testu

Tento druhý dynamický test probíhal podobně jako ten první. Vozidlo bylo před crashtestem též zbaveno všech provozních kapalin, které by se mohly při úniku do okolí vsáknout do půdy. Ve vozu byly použity opět stejné dvě figuríny představující řidiče a dítě. Figurína řidiče byla připoutána tříbodovým bezpečnostním pásem a vybavena snímači zrychlení v hlavě. Na zadním sedadle řidiče byla dětská figurína připoutána dětským zádržným systémem skupiny 0. Po svržení vozidla přes levý bok se převrátilo na střechu, poté přes pravý bok zpět na kola, a nakonec došlo k převrácení na levý bok, kde zůstalo. Konečná poloha je na obrázku 24.



Obrázek 24: Konečná poloha vozidla [24]

9.2.2 Závěr testu

I zde byly figuríny připoutány bezpečnostním pásem bez předepínače, ale na rozdíl od prvního experimentu, vykonávaly pouze kývavý pohyb ve směru rotace vozidla (Y-příčná osa). Z videa bylo patrné, že došlo ke kontaktu hlavy figuríny řidiče s levým bočním oknem, ovšem poranění a jeho závažnost nebylo možné určit. Figurína dítěte byla opět nedotčena a dostatečně chráněna. Jako kritické místo při převrácení byla zvolena okna automobilu. Vlivem vnějšího tlaku na okno u řidiče a následného dopadu hlavy figuríny na něj došlo k rozbití. Tudíž, zde vznikla pravděpodobnost, že by došlo k závažnějšímu poranění hlavy řidiče jak od nárazu na pevnou překážku, tak od střepů rozbitého skla. [24]

9.3 Vyhodnocení testů

V porovnání obou testů vyšel o něco lépe novější model vozidla, tedy Škoda Octavia Combi. U obou testů nedošlo k narušení prostoru pro přežití. Čelní okno Škody Octavie bylo lepené, a tedy během testu nevypadlo, jako u druhého testovaného vozidla. Jak již bylo zmíněno, kritickým místem byla zvolena okna automobilu. U testu se Škodou Favorit došlo k rozbití bočního okna u řidiče. Vzhledem ke stáří vozidla, tak vybavení vozu, například bočním airbagem, hlavovým či nafukovací záclonkou, chybí. Tato vybavení by zmírnila následný dopad hlavy figuríny, který se stal během testu. Oba dva automobily také postrádaly aktivní předepínače bezpečnostních pásů, což by znamenalo menší pohyb posádky ve vozidle a nedošlo by ke kontaktu hlavy řidiče se stropem (viz výše uvedený test se Škodou Octavií).

10 Návrhy opatření

Mezi hlavní smrtící příčinu na pozemních komunikacích v České republice patří jednoznačně nepřiměřená rychlost, s kterou souvisí agresivita, arogance a nekázeň některých řidičů.

Nárůst počtu dopravních nehod není zapříčiněn pouze neschopností řidičů, ale také nekázní chodců a cyklistů, velmi nízkém dodržování dopravních předpisů, zvýšením agresivity řidičů a majitelů silných automobilů či nepoužívání bezpečnostních pásů apod.

Nejen pro převrácení vozidla, které není až tak diskutabilní téma, jako silniční nehody obecně, je potřeba zlepšit dopravní nehodovost a navrhnout určitá dopravně-bezpečnostní opatření.

Tato opatření rozdělujeme do pěti hlavních skupin:

- 1) Opatření zaměřená na účastníky na PK, do kterých patří výchova a vzdělávání, určitá legislativa a vymáhání práv a kampaně zaměřené na nejen současné problémy v dopravě.
- 2) Opatření zaměřená na vozidla, kdy například organizace EuroNCAP provádí spotřebitelský test bezpečnosti nových vozů, tzv. bariérové zkoušky, které nezávisle hodnotí pasivní i aktivní prvky bezpečnosti všech značek vozidel a výsledky jsou vyjádřeny počtem hvězdiček.
- 3) Opatření zaměřená na infrastrukturu pozemních komunikací
- 4) Opatření zaměřená na aktivní a pasivní prvky bezpečnosti
- 5) Opatření zaměřená na využití nehodových dat k minimalizaci či eliminaci dopravních nehod

Dle uvedených skupin by se mohlo říci, že pro snížení počtu usmrcených je nezbytné, abychom se zaměřili především na první bod ve výše uvedených skupinách, ovšem skupiny spolu souvisí a nejideálnějším řešením je, aby fungovalo vše společně.

10.1 Simulátory ÚAMK

Ústřední automotoklub (ÚAMK) se již mnoho let zajímá a řeší bezpečnost silničního provozu. Každým rokem umírá na evropských silnicích téměř 50 tisíc lidí při dopravních nehodách a více než 1,5 milionu je zraněno. Proto je velmi důležité propagovat bezpečnou jízdu a podporovat dopravní výchovu mládeže jak ve školním věku, tak už i v předškolním. ÚAMK představil několik svých projektů. Jedná se například o Mobilní školy bezpečné jízdy, Automobilové trenažéry a cyklistické trenažéry, a také o simulátory – Posuvný simulátor nárazu a Otočný simulátor. [25] Vzhledem k tématu této bakalářské práce je vhodné zmínit se zde o otočném simulátoru.

10.1.1 Otočný simulátor

V případě tohoto typu nehody zažívá nejen řidič, ale i ostatní cestující ve vozidle různé stavy, které si na tomto simulátoru můžeme vyzkoušet. Zároveň si lze také nacvičit správné vyproštění z havarovaného vozu. Jestliže přece jen dojde k převrácení a konečná poloha vozidla je na střeše, je důležité správné vyproštění, protože by mohlo dojít k poranění krční páteře při odjištění zámku bezpečnostního pásu. Tento simulátor je přínosem při dopravní výchově, který dá důkaz všem, kteří si to vyzkouší. To, jaké síly působí při převrácení vozidla a že je opravdu důležité, aby se ve vozidle používaly bezpečnostní pásy. [25] Na obrázku 25 je simulátor převrácení zobrazen.



Obrázek 25: Simulátor převrácení vozidla [25]

10.1.2 ÚAMK – test nehod kabrioletů

Všechny crashtesty a zkoušky, které se s vozidly provádějí, poukazují na možná rizika při různých typech dopravních nehod. Výsledky jsou pak přínosem nejen pro výrobce automobilů, ale i pro motoristickou veřejnost. Každá nehoda je jedinečná, má svůj unikátní průběh a samozřejmě závěr, na který se při těchto testech poukazuje. Německý automobilový klub (ADAC) ve spolupráci s dalšími partnerskými kluby, včetně ÚAMK provedl test kabrioletů nižší třídy přetočené na střechu. Testované byly vozy Opel Cascada, Renault Mégane CC, Peugeot 308 CC a Volkswagen Golf Cabrio a zkoumala se pevnost konstrukce a jak moc dokážou zkoušená vozidla ochránit posádku jak na předních, tak i na zadních sedačkách. [26]

Výsledná hodnocení jsou uvedena v tabulce 5:

Tabulka 5: Výsledky testu kabrioletů [26]

VÝSLEDKY TESTU BEZPEČNOSTI KABRIOLETŮ PŘI PŘEVŘÁCENÍ³

| Vůz | Podíl | Opel Cascada | Renault Mégane CC | Peugeot 308 CC | VW Golf Cabrio |
|--|-------|-----------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| <i>Pasažéři na předních sedadlech</i> | | | | | |
| Zatížení hlavy | 60 % | o | o | -- | -- |
| Prostor k přežití | 40 % | + | o | ++ | -- |
| <i>Pasažéři na zadních sedadlech</i> | | | | | |
| Zatížení hlavy | 60 % | ++ | ++ | o | o |
| Prostor k přežití | 40 % | ++ | ++ | ++ | ++ |
| CELKEM | | + | + | o | - |
| Známka | | 1,6 | 2,1 | 2,8 | 3,6 |

Z výsledků je zřejmé, které vozidlo skončilo jako nejbezpečnější z testovaných a které dopadlo nejhůře, co se týče ochrany posádky. Vozidla byla převrácena přes levou stranu v rychlosti 48,3 km/h. Z testu vyplynulo, že prakticky ve všech kabrioletech je nejohroženější hlava pasažéra sedícího vpředu vpravo a pasažéra sedícím za ním. Pokud by se převracelo přes pravou stranu bude to naopak.

Nejlepší výsledek si tedy odnesl Opel Cascada se známkou 1,6, na druhém místě Renault Mégane CC se známkou 2,1. Na třetím místě skončil Peugeot 308 CC se známkou 2,8. Nejhůře dopadl Volkswagen Golf Cabrio, který dostal známku 3,6. U posledních dvou vozů byla zaznamenána silná deformace rámu čelního skla.

U Opelu Cascada (obr. 26) se vpředu A-sloupek deformoval a posunul cca o 12 cm dolů. Tím je riziko úrazu vysoké, ale díky dobře fungujícím bezpečnostním pásům jsou následky poměrně nízké. U cestujících vzadu se díky aktivnímu systému ochrany při převrácení hlavy vyhnou jakémukoli kontaktu s vozovkou. U Renaultu Mégane CC se sice rám čelního skla deformoval o 5 až 7 cm, ale po celé své šířce, tudíž naměřené hodnoty kontaktu hlavy s vozovkou přesahují biomechanické limity. Zadní cestující se zde opět vyhnuly kontaktu

³ Hodnocení ADAC: ++ (0,6-1,5) velmi dobrý, + (1,6-2,5) dobrý, o (2,6-3,5) uspokojivý, - (3,6-4,5) dostatečný, -- (4,6-5,5) nedostatečný

s vozovkou díky aktivnímu systému. Bezpečnostní pásy, které neudržely řidiče a spolujezdce v sedadlech, mohou za citelný kontakt hlav s vozovkou, a proto skončil Peugeot 308 CC na třetím místě. Poslední Volkswagen Golf Cabrio dopadl nejhůře. A-sloupek na straně řidiče se zdeformoval o 8 cm a na straně spolujezdce o 15 cm směrem dolů. To znamená nízkou ochranu předních cestujících. U zadních cestujících došlo ke kontaktu s vozovkou, i přes aktivní systém ochrany při převrácení, protože vzadu nejsou předepínače bezpečnostních pásů.

I když nejsou nehody převrácení kabrioletů časté, důsledky pro cestující jsou však mnohem horší než u klasických osobních automobilů. Důležité je, aby člen posádky nepřevyšoval ochranné prvky vozidla a horní hranu čelního skla. Dalším opatřením je, aby byla správně nastavena výška pásů a zvolena co nejnižší možná vhodná pozice pro sezení. [26]



Obrázek 26: Opel Cascada-vítěz testu kabrioletů [26]

11 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala problematikou převrácením vozidla při dopravních nehodách. Protože jde o méně probírané téma, bylo nutné probrat všechny části, které souvisí s tímto typem nehod. Šlo tedy o prvky pasivní bezpečnosti a jejich možnosti ochrany posádky při dopravních nehodách. Dále byly rozděleny druhy nehod převrácení vozidla a na základě dostupných dat a informací byly popsány dva crashtesty provedené na fakultě K616 – Ústav dopravní techniky. Na závěr bylo navrženo několik opatření k minimalizaci či eliminaci dopravních nehod. Práce je rozdělena do několika částí.

V první části jsou dopravní nehody rozdělené podle typologie do několika skupin. S dopravními nehodami souvisí prvky aktivní a pasivní bezpečnosti. Dále je popsán jednotlivých prvků především pasivní bezpečnosti, které se snaží co nejvíce zmírnit následky dopravních nehod. K těmto prvkům patří i zkoušky, které se provádějí na vozidlech. Zkoušky jsou prováděny dle platné legislativy.

V druhé části se zaměřilo přímo na problematiku určeného druhu dopravní nehody – převrácení vozidla. Po rozdělení typů nehod převrácení vozidla je uvedena statistika dopravních nehod, včetně nehod s převrácením vozidla, které se především objevuje v USA. Dle statistik je zřejmé, že v USA počet úmrtí při tomto typu dopravní nehody, je mnohem vyšší než v České republice. Důvodem je rozdílná legislativa, která upravuje použití bezpečnostních pásů. V USA je sice povinné se před každou jízdou připoutat bezpečnostním pásem, ovšem ve většině států se za nepoužití nepokutuje, pokud současně nebyl spáchán jiný dopravní přeštek. Tím tedy řidiči připoutání pásem zanedbávají a při vzniku těchto nehod je pravděpodobnost úmrtí vyšší. Podle uvedených statistik je vidět, že počet úmrtí klesá. Možným důvodem, by mohlo být, že se čím dál více řidičů a pasažérů, po větší dopravní výchově a upozorňování médií na následky dopravních nehod, poutá.

Třetí část je věnována dynamickým testům, které byly provedené Fakultou dopravní Ústavem dopravní techniky Českého vysokého učení technického v Praze. V roce 2010 a 2011 se konaly dva crashtesty, rozdílných vozidel – Škoda Octavia Combi a Škoda Favorit. Cílem těchto testů bylo zjistit funkčnost a účinnost prvků pasivní bezpečnosti a zaměřit se na možnosti poranění, která mohou vzniknout při tomto typu dopravní nehody a následné možnosti ochrany posádky. V konečném porovnání testů vyšlo, že lépe uspěl novější model vozidla Škoda Octavia Combi. Vzhledem ke stáří vozidel je důležité zmínit, že k bezpečnostním pásům chybí jak jejich předepínače, aby nedošlo k velkému samovolnému pohybu posádky, tak i určité airbagy, které by zmírnily následné nárazy.

V poslední části jsou navržena opatření pro minimalizaci či eliminaci všech dopravních nehod, včetně převrácení vozidla. Je důležité, aby probíhala dopravní výchova nejen u řidičů, ale i u mladých a nejlépe začít už v předškolním věku. Organizací, které se tímto zabývají je více, mezi ně patří již výše zmíněný ÚAMK, který používá simulátor převrácení vozidla.

Oproti minulosti je dnešní moderní automobil mnohem bezpečnější. Obsahuje spoustu prvků aktivní bezpečnosti, které mohou pomoci, aby k dopravním nehodám nedocházelo. Pokud však k dopravním nehodám dojde, automobil obsahuje také stále vylepšované prvky pasivní bezpečnosti, které zmírňují následky nehod. Bohužel, i přesto všechno, si někteří řidiči neuvědomují, že je samotné bezpečnostní prvky neochrání, pokud se nebudou na silnicích chovat, tak jak by měli a nebudou ohrožovat ostatní v jízdě.

12 Použité zdroje

- [1] KOVANDA, J. – ŠATOCHIN, V. *Pasivní bezpečnost vozidel*. Praha: Skriptum ČVUT, 2000. 69 s. ISBN 80-01-02235-8.
- [2] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
- [3] ŠACHL, Jindřich a kolegové. *Analýza nehod v silničním provozu*. Praha: Skriptum ČVUT, 2007.
- [4] VLK, František. *Lexikon moderní automobilové techniky*. Brno, 2005. 344 s. ISBN 80-239-5416-4.
- [5] VLK, František. *Stavba motorových vozidel*. Brno, 2005. 344 s. ISBN 80-239-5416-4.
- [6] WOJCIK, Rudolf. *Porovnání ocelí a technologií při výrobě automobilové karoserie*. [online] Brno: VUT 2011. Bakalářská práce. VÚT – Ústav strojírenské technologie. Dostupné z WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=40077
- [7] KOVANDA, Jan. *Konstrukce automobilů: Pasivní bezpečnost*. Praha: ČVUT, 1996. 50 s. ISBN 80-01-01459-2.
- [8] VLK, František. *Karoserie motorových vozidel: Ergonomika. Biomechanika. Struktura. Pasivní bezpečnost. Kolize. Materiály*. 1. vyd. Brno 2000. 499 s. ISBN 80-238-8757-2.
- [9] MRÁZEK, Jan. *Vliv prvku pasivní bezpečnosti vozidel při kolizích s chodci*. [online]. Brno: VUT 2010. Diplomová práce. VUT – Ústav soudního inženýrství. [vid. 2015. 5. 1.]. Dostupné z WWW: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41247
- [10] Pavel Kasík. *Letecké nehody jsou děsivé, ale jízda autem je 62krát nebezpečnější*. *Idnes.cz* [online]. 2015-03-28. Dostupné z WWW: http://technet.idnes.cz/jak-bezpecne-je-letani-letecke-nehody-statistiky-f64-/tec_technika.aspx?c=A150324_175335_tec_technika_pka
- [11] ANDRES, Josef. *Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod*. CDV. 2001. Dostupné z WWW: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/97>
- [12] BESIP. *Moderní technologie vozidel*. Dostupné z WWW: <http://www.ibesip.cz/cz/ridic/bezpecne-vozidlo/moderni-technologie-vozidel>
- [13] DRAGOUN SLEEPER Aleš. *Béla Barényi a historie bezpečnosti vozů Mercedes-Benz*(video). *Auto.cz*[online]. © 2016, 1. 3. 2014 [cit. 2016-04-08]. ISSN 1213-8991.

Dostupné z WWW: <http://www.auto.cz/bela-barenyi-historie-bezpecnosti-vozu-mercedes-benz-video-79824>

[14] Tomáš Rybecký. *Nafukovací pásy ochrání cestující ve Fordu Mondeo*. Zprávy.cz [online]. 2012-06-24. Dostupné z WWW: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/nafukovaci-pasy-ochrani-cestujici-ve-fordu-mondeo/r~i:article:749699/?redirected=1503348333>

[15] Jan Sajdl. *Airbag*. Autolexikon.net. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.autolexikon.net/cs/articles/airbag/>

[16] *Test and simulation tools in rollover protection development* [online]. 2009. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z WWW: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0122-O.pdf>

[17] SAE J2926. *Rollover Testing Methods*. Washington DC, USA: SAE International. 2011

[18] KNEBL, Vladimír. *Vyhodnocení doplňkové výbavy karoserií vozidel z pohledu legislativy* [online]. Brno. 2012. [cit. 2016-01-16]. Dostupné z WWW: http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53324

[19] Dostupné z WWW: <http://www.bezpecnecesty.cz/cz/informace/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>

[20] DRAGOUN SLEEPER Aleš. Béla Barényi a historie bezpečnosti vozů Mercedes-Benz(video). Auto.cz[online]. © 2016, 1. 3. 2014 [cit. 2016-04-08]. ISSN 1213-8991. Dostupné z: <http://www.auto.cz/bela-barenyi-historie-bezpecnosti-vozu-mercedes-benz-video-79824>

[20] JAMRICOVÁ, Zuzana. *Bezpečnost automobilov : Airbagy*. Trenčianská univerzita A.Dubčeka. 2000, 5, s. 1-20.

[21] Dostupné z WWW: <http://www.czrso.cz/clanky/zkusenosti-z-usa/>

[22] Dostupné z WWW: <https://www.nhtsa.gov/research-data/fatality-analysis-reporting-system-fars>

[23] KOVANDA, Jan a kolegové. *Test převrácení vozidla Škoda Octavia Combi-zpráva*. VYZ616.00x/10. 2010

[24] KOVANDA, Jan a kolegové. *Test převrácení vozidla Škoda Favorit-zpráva*. VYZ616.00x/10. 2012

[25] Dostupné z WWW: <http://www.uamk.cz/sluzby-produkty-nabidka/simulator-narazu-a-otocny-simulator>

[26] Dostupné z WWW: <http://www.autoweb.cz/uamk-kabriolety-otocene-na-strechu-vysledky-u-nekterych-jsou-pry-doslova-sokujici/>

13 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Statistika úmrtí z roku 2012 [10] | 9 |
| Obrázek 2: Rozdělení pasivní bezpečnosti [4] | 14 |
| Obrázek 3: Karoserie [18] | 15 |
| Obrázek 4: Klíčové části karoserie [19] | 16 |
| Obrázek 5: Druhy bezpečnostních pásů: a) dvoubodový (břišní), b) dvoubodový (diagonální), c) třibodový, d) čtyřbodový (šle), e) ramenní a kolenní, f) diagonální s kolenní opěrkou [8] . | 18 |
| Obrázek 6: Vlevo klasický bezpečnostní pás, vpravo nafukovací bezpečnostní pás [14] | 19 |
| Obrázek 7: Různé druhy airbagů ve vozidle [20] | 20 |
| Obrázek 8: Aktivace čelních airbagů [15] | 20 |
| Obrázek 9: Animace trip-overů [17] | 26 |
| Obrázek 10: Animace bounce-overu [17] | 27 |
| Obrázek 11: Animace flip-overu [17] | 27 |
| Obrázek 12: Animace fall-overu [17] | 28 |
| Obrázek 13: Animace turn-overu [17] | 28 |
| Obrázek 14: Statistika rolloverů [17] | 29 |
| Obrázek 15: Celkový počet nehod: leden-prosinec, 2012-2016 | 30 |
| Obrázek 16: Vývoj počtu usmrcených od roku 1961 | 31 |
| Obrázek 17: Nejčastější nehody v roce 2016 | 31 |
| Obrázek 18: Všechny body s převrácením vozidla | 33 |
| Obrázek 19: Zkušební svah a počáteční poloha vozidla [23] | 34 |
| Obrázek 20: Konečná poloha vozidla [23] | 35 |
| Obrázek 21: Zrychlení celkové a v jednotlivých osách [23] | 35 |
| Obrázek 22: Umístění figurín ve vozidle [23] | 36 |
| Obrázek 23: Zkušební svah a počáteční poloha vozidla [24] | 37 |
| Obrázek 24: Konečná poloha vozidla [24] | 38 |
| Obrázek 25: Simulátor převrácení vozidla [25] | 40 |
| Obrázek 26: Opel Cascada-vítěz testu kabrioletů [26] | 42 |

14 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1: Rozdělení dopravních nehod [11] | 10 |
| Tabulka 2: Úmrtí při převrácení vozidla 2005 | 32 |
| Tabulka 3: Úmrtí při převrácení vozidla 2007 | 32 |

| | |
|--|----|
| Tabulka 4: Úmrtí při převrácení vozidla 2009 | 32 |
| Tabulka 5: Výsledky testu kabrioletů [26] | 41 |