

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta



## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Mechanismy poranění hlavy při dopravní nehodě  
v závislosti na poloze sedačky

Vedoucí práce: **Prof. Ing. Jan Kovanda, CSc.**

Autor: **Bc. Ruslan Lyubachivskyy**

PRAHA 2012

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Lyubachivskyy Ruslan

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

**Mechanismy poranění hlavy při dopravní nehodě v závislosti na poloze sedačky**

Anglický název

**Mechanisms of head injuries in a crash, depending on seat configuration**

### Cíle práce

Analyzovat mechanismy poranění hlavy při dopravní nehodě v závislosti na poloze sedačky

### Metodika

- prostudovat základní literaturu v oblasti biomechaniky poranění hlavy a vybraných prvků pasivní bezpečnosti
- kontaktovat organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- experimentálně ověřit (PC simulací, prostřednictvím nashromážděných dat z cash-testů) vliv polohy sedačky na biomechaniku poranění hlavy
- navrhnout doporučení pro zvýšení bezpečnosti v této oblasti

### Osnova práce

1. Úvod
2. Historický vývoj a současný stav prvků pasivní bezpečnosti ovlivňující ochranu hlavové části lidského těla
3. Charakteristika mechanismů poranění hlavy
4. Experimentální ověření vlivu polohy sedačky vozidla na biomechaniku poranění hlavy
5. Vyhodnocení experimentu
6. Závěry a doporučení

**Rozsah textové části**

50 stran textu včetně obrázků, tabulek a grafů

**Klíčová slova**

mechanismy poranění, dopravní nehoda, hlava, sedačka

**Doporučené zdroje informací**

First, J.: Zkoušení automobilů a motocyklů. SnT Praha 2008  
Kovanda, J.: Konstrukce automobilů - pasivní bezpečnost. ČVUT 1996  
Kovanda, Šatochin: Pasivní bezpečnost vozidel. ČVUT 2000  
Kovanda, J., Riva, R.: Vehicle-human Interaction. Ed. Spiegel, Milano, 1999

**Vedoucí práce**

Kovanda Jan, prof. Ing., CSc.

**Termín zadání**

listopad 2010

**Termín odevzdání**

duben 2012

**doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Václav Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

V Praze dne 8.2.2011

## **Prohlášení o autorství**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma *Mechanismy poranění hlavy při dopravní nehodě v závislosti na poloze sedačky* zpracoval samostatně po odborných konzultacích s Prof. Ing. Janem Kovandou, CSc., za použití pramenů, které uvádím v seznamu literatury.

V Praze, dne 9. dubna 2012

.....  
Ruslan Lyubachivskyy

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval garantovi mé diplomové práce Prof. Ing. Janu Kovandovi, CSc. a Ing. Janu Krejčímu za odborné vedení, rady a konzultace k mé práci. Za jejich ochotu spolupracovat při tvorbě mé diplomové práce. A také bych chtěl poděkovat FD ČVUT za podklady a data potřebná k umožnění a k realizaci experimentu.

**Abstrakt:** Cílem práce je analyzovat mechanismy poranění hlavy při dopravní nehodě v závislosti na poloze sedačky. V mé práci se seznámíme s historickým vývojem a současným stavem prvků pasivní bezpečnosti, které ovlivňují ochranu hlavy. Popíšeme si jednotlivé části těla a jejich kritéria poranění. V mé práci se budeme podrobněji zabývat s nejkritičtějšími poraněními hlavy. Charakterizujeme si mechanismy poranění hlavy, jejich limity a možnosti ochrany. Experimentální část: čelní náraz vozidla do bariéry, kde je sledováno závažnost poranění hlavy kritéria HIC u řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů při normalizovaném nastavení sedačky. Na základě naměřených výsledku testů odvodíme možnosti zlepšení v oblasti pasivní bezpečnosti.

**Klíčová slova:** Pasivní bezpečnost, airbag, poranění hlavy, kritérium HIC, biomechanika

**Abstract:** The aim of the work is to analyse the mechanisms of head injuries in a car accident, depending on the position of the Chair. In my line of work, we introduce the historical evolution and the current status of the passive safety elements that affect the protection of the head. We'll describe the individual parts of the body and their injury criteria. In my line of work we're depth wounds of the head. We will describe the characteristics of the mechanism of injury of the head, their limits and possibilities of protection. Experimental part: frontal impact of the vehicle to the barrier, where it is examined, the severity of the head injury criterion HIC for the driver and the passenger, depending on the use of airbags during standard setting of the Chair. On the basis of the measured result of the tests we derive options for improvement in the area of passive safety.

**Key words:** Passive safety, airbags, head injury, criterion HIC, biomechanics

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PASIVNÍ BEZPEČNOST</b> .....	<b>2</b>
2.1	HISTORIE A SOUČASNOST.....	2
2.2	ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD.....	3
2.2.1	Statistika dopravních nehod.....	3
2.3	PRVKY PASIVNÍ BEZPEČNOSTI.....	5
2.3.1	Bezpečnostní pásy.....	6
2.3.2	Airbagy.....	8
2.3.3	Opěrky hlavy.....	10
2.3.4	Ochranné systémy při převrácení.....	11
2.3.5	Vliv zádržných systémů jako celků.....	12
<b>3</b>	<b>BIOMECHANIKA PORANĚNÍ</b> .....	<b>13</b>
3.1	PORANĚNÍ HLAVY A KRČNÍ PÁTEŘE.....	13
3.1.1	Poranění obličejové části.....	13
3.1.2	Poranění mozkové části.....	15
3.1.3	Kritérium poranění hlavy.....	16
3.1.4	Poranění krční páteře.....	17
3.2	PORANĚNÍ OSTATNÍCH ČÁSTI LIDSKÉHO TĚLA.....	18
<b>4</b>	<b>LEGISLATIVA</b> .....	<b>22</b>
4.1	NORMY EHK/OSN 94 A EHK/OSN95.....	22
4.2	OSTATNÍ NORMY.....	23
<b>5</b>	<b>EXPERIMENT</b> .....	<b>26</b>
5.1	STATISTICKÉ ÚDAJE.....	30
5.2	PŘIPRAVA EXPERIMENTU.....	34
5.3	VLASTNÍ EXPERIMENT.....	37
5.4	VÝSLEDEK EXPERIMENTU.....	41
5.5	HODNOCENÍ EXPERIMENTU.....	43
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA, ZDROJE</b> .....	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ</b> .....	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK</b> .....	<b>52</b>

# 1 Úvod

Naše ekonomická úroveň se stále zvyšuje, proto je zcela zřejmé, že si stále více lidí může dovolit vlastnit minimálně jeden automobil. Počet vozidel v silničním provozu stále stoupá. Přes to, že automobily poskytují pohodlí, komfort a některým každodenní dopravní prostředek, jak se např. dostat do práce, musíme si uvědomit i jejich celkem značná negativa. Jedním z největších negativ jsou automobilové dopravní nehody, jejichž následkem jsou hmotné škody, zranění a ztráty na životech.

Vozidla jsou vybavena množstvím bezpečnostních prvků, které můžeme rozdělit na dvě kategorie a to na aktivní a pasivní prvky. Aktivní prvky předcházejí možnosti vzniku dopravní nehody. Patří sem např. ABS, ESP, ale třeba i přesnost řízení, kvalita odpružení apod. Naopak prvky pasivní bezpečnosti mají za úkol snížit následky havárie. Mezi prvky pasivní bezpečnosti patří např. deformační zóny, airbagy, bezpečnostní pásy aj.

Funkce prvků pasivní bezpečnosti se prověřuje nárazovými zkouškami (tzv. crash-testy). Nárazové zkoušky provádějí buď samotní výrobci, nebo nezávislá mezinárodní organizace Euro NCAP. Při zkouškách se testuje velikost zpomalení působící na posádku vozidla při nárazu, stabilita karoserie, velikost síly, která je potřebná k otevření dveří po nárazu atd. Výsledky organizace Euro NCAP značně ovlivňují prodejnost vozidel. Proto výrobci stále zdokonalují bezpečnost svých vozidel.

Ve statistice počtu obětí dopravních nehod na milion obyvatel patří Česká republika v porovnání s ostatními evropskými zeměmi k podprůměru. Evropská unie jako celek má 86 mrtvých na milion obyvatel. Porovnáním této hodnoty s hodnotami v České republice zjistíme, že ČR je na tom o 50% hůře. Z této statistiky dále vyplývá, že naše silnice jsou 9. nejnebezpečnější ze všech 27 členských zemí EU. Musíme však uznat, že došlo v posledních letech ke zlepšení. V roce 1996 bylo na českých silnicích usmrceno 151 osob na milion obyvatel.

V dnešní společnosti je zřejmé, jak důležitou roli hraje problematika bezpečnosti dopravních prostředků. Dávno se nepovažuje tato problematika za jeden samostatný obor, ale o souhrn mezioborového vědního zkoumání. Má diplomová práce je členěna na několik základních celků, které postupně na sebe navazují a procházejí od předpokladů, přes reálné případy až k navržení opatření v oblasti pasivní bezpečnosti. První dvě kapitoly se snaží popsat historii a současný stav zkoumané problematiky a biomechaniku zranění zaměřená na oblast hlavy. Třetí kapitola je zaměřená na legislativu související s testováním vozidel.



Experiment obsažen ve čtvrté kapitole popisuje a potvrzuje statistiky úmrtnosti cestujících v závislosti použití airbagů a tím pádem bylo cílem zhodnotit a navrhnout vhodná opatření k minimalizaci úmrtí cestujících při automobilové nehodě.

## **2 Pasivní Bezpečnost**

Pasivní bezpečnost automobilů je soubor technických opatření směřující k ochraně cestujících v dopravním prostředku před mechanickým a biomechanickým zraněním způsobeným při nehodě vozidla. Pasivní bezpečnost se zabývá i ochranou ostatních osob účastníků silničního provozu (chodci). Je potřeba klást větší důraz na systémy pasivní bezpečnosti a zvyšovat jejich účinnost. Je způsobena prudkým nárůstem hustoty dopravního provozu a zvyšující se dopravní rychlostí.

### **2.1 Historie a současnost**

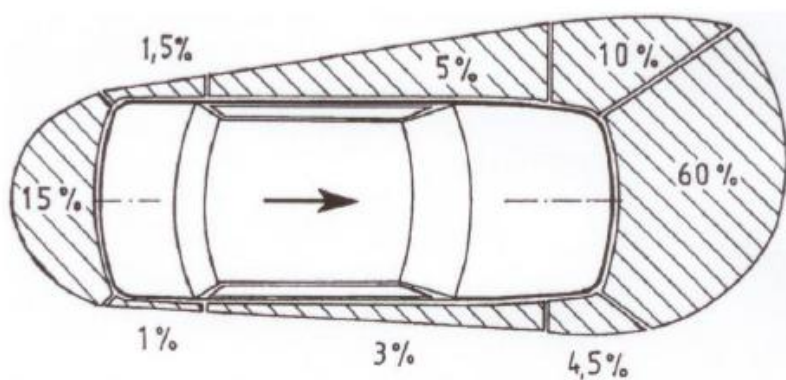
Problematika pasivní bezpečnosti byla poprvé řešena v padesátých letech minulého století v USA. Vyráběla se tam tehdy automobily, která byla velmi nebezpečná z hlediska ochrany pro cestující. Nikdo tehdy nekladal velkou pozornost na smrtelné nehody, neboť se to bralo jako daň za stále rostoucí počet vozidel a houstnoucí provoz. Tuto nepříznivou problematiku začal řešit prof. Larry Patrick pomocí sbíráním údajů o autonehodách a tím zjistil konstrukční nedostatky tehdy vyráběných vozidel. Výsledkem bylo stanovení základních kritérií pro ochranu posádky vozidla, která platí do současnosti. Postavil pár měřících přístrojů na zjištění odolnosti organismů proti střetům, aby tím potvrdil své teorie. Prvních konstrukčních změn na vozidlech dosahoval Prof. Larry Patrick díky nárazovým zkouškám, které absolvoval sám na sobě. Zkoušky prováděl při režimu připoutání i nepřipoutání bezpečnostním pásem a na základě těchto testů získal údaje o odolnosti lidského těla. Při zavedení testovacích figurín obsahující v sobě měřící senzory se údaje o odolnosti lidského těla zpřesnili.

V současnosti je návrh nového vozidla a jeho částí řízen požadavky stanovený homologačními předpisy Evropské hospodářské komise EHK/OSN a platnou legislativou v ČR. Dále znalostí i mechanismy poranění, deformační průběhy, pevnostní charakteristiky jednotlivých částí automobilů. V současné době se znalosti problematiky pasivní bezpečnosti opírají o statické metody zpracovávající údaje o dopravních nehodách nebo zkoušky simulující podmínky nejbližší k realitě, která jsou podporována údajem ze statického výzkumu a matematických simulací. Tyto podmínky jsou dané dle směrnic EHK/OSN 94 a EHK/OSN 95. Testy pasivní bezpečnosti obsahují také statické zkoušky (zkoušky zámků,

závěsů dveří, geometrie sedadel, opěrek hlavy atd.) a dynamické zkoušky kompletních vozidel, jejich systémů a i příslušných konstrukčních částí. Mezi dynamické zkoušky patří: čelní náraz na tuhou bariéru, vyosený čelní náraz na neformovatelnou bariéru, náraz zezadu, boční náraz pohyblivou bariérou a simulace převrácení automobilů. Tyto veškeré testy jsou prováděny podle předepsaných metodik EHK/OSN.

## 2.2 Analýza dopravních nehod

Řešení a zkoumání automobilové nehody je a bude prioritní součástí problematiky pasivní bezpečnosti. Tento rozbor nám dává veškerá data o nejčastějších typech kolizí, jejich směrech a rychlostech a samozřejmě o zranění všech účastníků dopravní nehody.



Obr. 1 Směry nárazů [8]

### 2.2.1 Statistika dopravních nehod

#### Nehodovost na pozemních komunikacích ČR za rok 2011

Policie ČR v roce 2011 šetřila 75 137 nehod, při kterých bylo 707 osob usmrceno, těžce zraněno bylo 3 092 osob a 22 519 osob bylo lehce zraněno. Odhadnutá hmotná škoda dopravní policií na místě nehody je 4 628,08 mil. Kč. [2]

Porovnání hodnot základních ukazatelů se stejným obdobím roku 2010 je následující:

*Nárůst zaznamenáváme v kategorii:*

Počet těžce zraněných o:	269 osob	tj. o 9,5%
Počet lehce zraněných o:	909 osob	tj. o 4,2%

*Nárůst zaznamenáváme v kategorii:*

Počet nehod o:	385	tj. o 0,5%
Počet usmrcených o:	46 osob	tj. o 6,1%
Odhad hmotné škody o:	296,9 mil. Kč	tj. o 6,0%.

Počet usmrcených osob v roce 2011 je od roku 1990 nejnižší a nejvíce usmrcených v tomto období bylo v roce 1994 (1 473 osob). Ani v jednom měsíci roku 2011 nepřekročil měsíční počet usmrcených hranici 100 osob; v období od roku 1990 jsme obdobný pozitivní stav dosud zaznamenali jen v roce 2009. Celkový počet usmrcených osob se v roce 2011 přiblížil magické hranici 700 osob. [2]

### **Rozdělení dopravních nehod**

#### Viníci nehod

Viník, zavinění nehody rok 2011	Počet nehod	Rozdíl nehod	Rozdíl v %	Počet usmrcených	Rozdíl usmrcených	Rozdíl v %
Řidičem motorového vozidla	66 089	-1 366	-2,0%	652	-23	-3,4%
Řidičem nemotorového vozidla	2 363	512	27,7%	22	-18	-45,0%
z toho dětmi	291	90	44,8%	1	1	
Chodcem	1 197	-46	-3,7%	26	-1	-3,7%
z toho dětmi	433	-53	-10,9%	0	-3	-100,0%
Jiným účastníkem	121	11	10,0%	2	2	
Závadou komunikace	448	0	0,0%	0	0	
Technickou závadou vozidla	456	-24	-5,0%	0	-4	-100,0%
Lesní, domácí zvěř	4 064	541	15,4%	0	-1	-100,0%
Jiné zavinění	399	-13	-3,2%	5	-1	-16,7%

*Tabulka č. 1: Přehled viníků dopravních nehod [2]*

Z celkového počtu připadá na řidiče motorových vozidel bezmála 88% nehod a 92,2% z celkového počtu usmrcených osob. Převážnou většinu těchto nehod zavinili řidiči osobních a nákladních automobilů sólo (41 897, resp. 6 253 nehod) a u těchto kategorií zaznamenáváme také největší absolutní pokles počtu nehod (o 434, resp. o 486 nehod) a významně méně bylo i nehod nákladních automobilů s návěsem (celkem 2 379 nehod, tj. o 250 nehod méně) apod. Méně nehod zavinili i chodci a nižší byl i počet nehod způsobených technickou závadou vozidla. Naproti tomu bylo více nehod zaviněných řidiči motocyklů (o 135, tj. o 10,2%) a malých motocyklů (o 42 nehod, tj. o 36,8%). Více nehod zavinili i cyklisté (o 468 nehod, tj. o 26,3% více) apod. [2]

Rok	Počet nehod	Usmrceno	Těžce zraněno	Lehce zraněno
2001	185664	1219	5493	28297
2002	190718	1314	5492	29013
2003	195851	1319	5253	30312
2004	196484	1215	4878	29543
2005	199262	1127	4396	27974
2006	187965	956	3990	24231
2007	182736	1123	3960	25382
2008	160376	992	3809	24776
2009	74815	832	3536	23777
2010	75522	753	2823	21610
<b>Σ</b>	<b>1649393</b>	<b>10850</b>	<b>43630</b>	<b>264915</b>

Tabulka č. 2: Statistika dopravních nehod za posledních 10 let [2]

### 2.3 Prvky pasivní bezpečnosti

#### Zádržné systémy

Zádržné systémy mají za úkol zabránit kontaktu jakýchkoli části těla posádky automobilu s vnitřním vybavením v důsledku prudkého zpomalení, které vzniká při nárazu, kdy se tělo pohybuje setrvačnou rychlostí. Tyto systémy tuto rychlost omezují, ale jen v takovém rozsahu, aby nedošlo k porušení biomechanických limitů těla.

Mezi zádržné systémy patří bezpečnostní pásy na všech sedadlech, které jsou v současných automobilech tříbodové, samonavíjecí, opatřené předepínačem a omezovačem napínací síly. Další důležitý prvek zádržného systému je vzduchový vak – airbag. V poslední době jsou vozidla vybaveny velkým počtem airbagů např. modely automobilky Škoda, mohou mít až 9 airbagů. Nesmíme zapomínat na bezpečnost dětí, které jsou často v automobilu. K tomu se využívají dětské sedačky, ty se používají proto, že klasické bezpečnostní pásy nejsou navrhovány na malé dětské tělo. Tyto sedačky musejí být upevněny tak, aby tvořily s karoserií automobilu pevné spojení. Takto vytvořené spojení bývá nejběžněji řešeno úchyty Isofix, umístěnými na zadních sedadlech vozidla, někdy i na sedadle spolujezdce, nebo pomocí bezpečnostního pásu.

Veškeré tyto zmíněné systémy musejí pracovat jako celek, aby bylo dosaženo co největší účinnosti při ochraně posádky vozidla. Znamená to, že při jízdě by měli být všichni cestující připoutáni bezpečnostním pásem, aby nastalo správné nasměrování a načasování těla proti airbagům.

Pokud bezpečnostní pás není využit, stává se z airbagů velice nebezpečný prvek, který může nepřipoutaného člena posádky vážně poranit nebo i usmrtit. V případě použití dětské sedačky na předním sedadle spolujezdce musí být airbag v tomto prostoru deaktivován.

### 2.3.1 Bezpečnostní pásy

Bezpečnostní pásy se dělí podle počtu bodů, jimiž je cestující připoután:

➤ Dvoubodové pásy

Břišní dvoubodové pásy se vzhledem k efektu „zavíracího nože“ používají zřídka

➤ Třibodový pás

Samonabíjecí aktivní třibodový pás je nejčastějším typem bezpečnostních pásů u osobních vozidel

➤ Čtyřbodové pásy

Používají výhradně u závodních a sportovních vozidel Rallye.

➤ Pětibodové pásy

Jsou standardně u dětských autosedaček a u závodních vozidel.

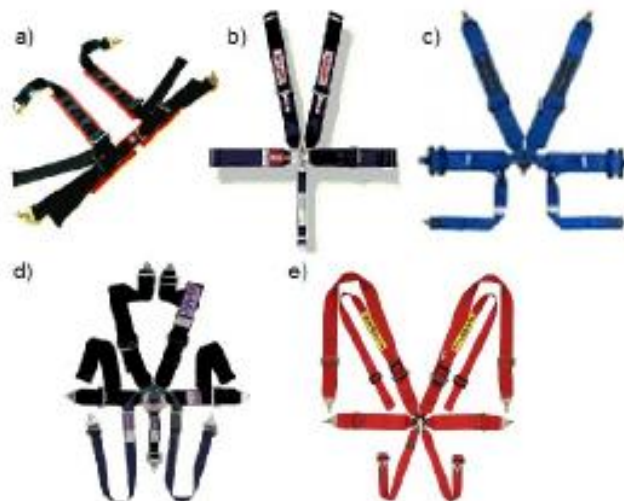
➤ Šestibodové pásy

Používají se v amerických automobilových závodech NASCAR.

➤ Sedmibodové pásy

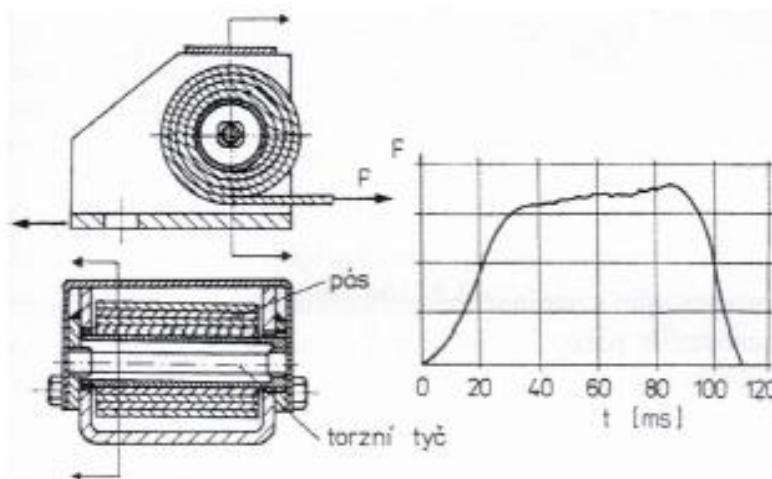
Jsou k vidění hlavně u formulí F1.

Pro uzávěr aktivních pásů se využívá tlačítkové ovládání; je-li zámek pásu v určité poloze, je jeho jednoruční obsluha jednoduchá.



Obr. 2 Druhy bezpečnostních pásů: a – čtyřbodový, b – pětibodový, c – šestibodový, d – sedmibodový, e – osmibodový. [3], [4]

Když vozidlo jedoucí rychlostí 50 km/h narazí čelně do pevné překážky musí bezpečnostní pásy zadržet energii, která je porovnatelná s energií, kterou dosáhne člověk při volném pádu ze 4. patra. Z pohledu biomechaniky je důležité, aby síla v pásu nepřesáhla určitou mez. Z tohoto důvodu se používají omezovače síly v zádržném systému. Pomocí plastické deformace v navíječi, kde se deformuje torzní tyčka nebo speciálním švem v pásu se dosáhne omezení zádržné síly.



Obr. 3 Omezovač síly v bezpečnostním pásu s torzní tyčkou [5]

Samonavíjecí pás je nepřetržitě navíjen zpět a v případě nehody dojde k jeho zablokování.

#### Blokování se uskutečňuje 2. možnostmi:

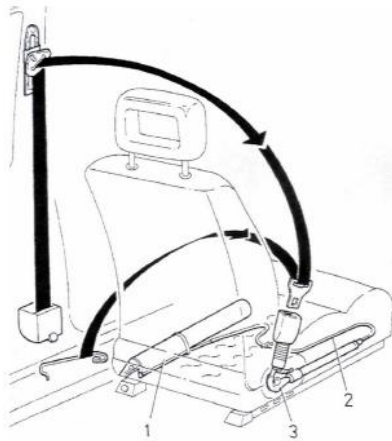
- Vykývnutím kyvadla (zpomalení vozidla)
- Setrvačником (rychle vytažení popruhu)

Pasivní popruhové systémy jsou aktivní, jakmile cestující usedne, kdy ho obepnou automaticky. Tyto popruhové systémy jsou tvořeny diagonálním pásem, doplněný o polštářky na kolena. Po zavření dveří automaticky připoutá cestujícího.

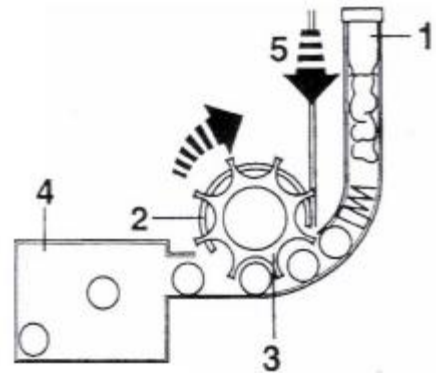
Předepínače bezpečnostních pásů slouží ke zmenšení dopředného pohybu cestujícího v okamžiku nárazu a tím pádem dává čas a prostor pro aktivaci airbagů. Aktivace předepínače při nárazu je za 13 ms napnutí silou 3-5 kN.

#### Rozdělení předepínaču:

- mechanické
- pyrotechnické



Obr. 4 Mechanický napínač pásu (Opel):  
 1 – zásobník síly (předepjata pružina),  
 2 - bovden, 3 – zpětná západka. [5]



Obr. 5 Pyrotechnický předpínač  
 – plynový generátor s pyropatronou,  
 2 – cívka bezpečnostního pásu, 3 -  
 ozubené kolo, 4 – zásobník ozubených  
 kuliček, 5 – bezpečnostní pás. [5]

### 2.3.2 Airbagy

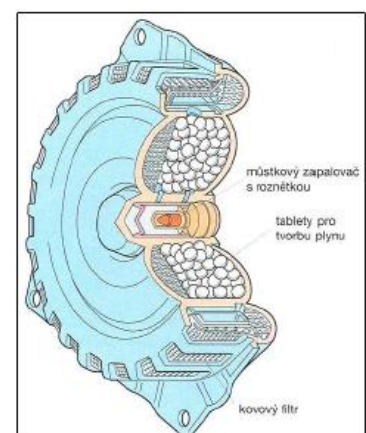
Airbagy slouží k zmírnování vážných poranění při závažných nehodách. Princip spočívá v nafouknutí vaku mezi posádkou a automobilem, který pomalu zpomalí pohyb těla cestujícího vůči automobilu. Airbagy chrání horní část těla a dolní část je chráněna kolenním polštářem nebo kolenním pásem. Výhoda airbagu vzhledem popruhovému systému je taková, že chrání hlavu před střetem s pevnou vnitřní částí automobilu.

Princip činnosti bezpečnostních vaků ve 3 krocích:

1. Vyhodnocení algoritmů z čidel zpomalení řídicí jednotkou a vyslání signálu k roznětkám předpínačů a bezpečnostních vaků.

2. Po detonaci roznětky v bezpečnostním vaku dojde k zažehnutí pyrotechnické patrony, vytvoření plynu (granule nitridu sodíku) a tím k naplnění bezpečnostního vaku vytvořenou směsí dusíku a oxidu uhličitého.

3. Vypuštění trvá kolem 80 až 100 ms a dochází k němu pomocí otvorů ve vaku nebo prodyšného materiálu, z kterého je vak vyroben. Vyprázdněním dochází k pohlcení energie.



Obr.6 Vyjíječ plynu [6]

Pro maximální ochranou účinnost při tomto ději je potřeba přesná souhra pyrotechnických elektricky odpalovaných airbagů a předpínačů bezpečnostních pásů tzn. dokonale načasování. Proto je ovládání těchto komponent u většiny automobilu sjednoceno do jedné elektronické řídicí jednotky přidělané v karoserii vozidla (např. systémy SRS u Volva).

Airbagy dělíme:

- Čelní airbagy
- Boční airbagy
- Okenní airbagy
- Ostatní airbagy (kolenní, mezipasažerový, v bezpečnostním páse, stehenní)

#### Čelní airbagy

- u řidiče
- u spolujezdce

**Čelní airbag (u řidiče)** – je zabudován do středové části volantu vozidla. Jeho funkcí je zabránit nárazu hlavy a hrudníku na volant nebo na čelní sklo automobilu. Objem airbagu řidiče bývá kolem 60 l a čas, za který se naplní do plného objemu, je kolem 50 ms. Airbagy jsou naplňovány generátorem plynu s pyrotechnickou zápalkou.

**Čelní airbag (u spolujezdce)** – je umístěn v horní části palubní desky na straně spolujezdce. Má za úkol ochránit cestujícího před kontaktem s tvrdými částmi palubní desky nebo čelním sklem ve vozidle. Jeho objem je kolem 120 l, aby vyplnil celý prostor před spolujezdcem. Airbag je naplňován hybridním generátorem plynu, který má pyrotechnickou zápalku i stlačený plyn.

#### Boční airbagy

Úkolem bočních airbagů je chránit oblast hrudníku, pánve, případně hlavy. Boční airbagy mají objem mezi 10 a 20 litry a jsou zabudovány buď ve dveřích, nebo v opěrkách sedadel. Tyto airbagy mohou být montovány i u zadních sedadel.

Při bočním nárazu není k dispozici téměř žádná deformační zóna, musí k aktivaci bočního airbagu a dosažení jeho správné polohy, dojít ještě rychleji než u čelních airbagů. Boční náraz je řídicí jednotkou rozpoznán během 3 ms, po 10 ms je airbag úplně nafouknut a schopen své funkce. Aby byl boční náraz a nutnost aktivace airbagu okamžité a správně vyhodnoceny, nachází se vpravo i vlevo, co možná nejdále od střední podélné roviny vozidla, jeden snímač. Aktivován je vždy ten airbag, který je na straně nárazu. Mezní aktivace bočních airbagů odpovídá nárazu na pevnou překážku rychlostí okolo 25 km/h. [24]



### Okenní airbagy

Při bočním nárazu je zatížení působící na hlavu a krční obratle velmi vysoké. Aby se zmenšila i tato špičková namáhání, byl jako doplněk k bočnímu airbagu, pro ochranu v oblasti pánve a prsou, vyvinut ještě hlavový airbag, pro ochranu hlavy a krku. Ten bývá umístěn v interiérové straně rámu střechy a většinou sahá od předního až po zadní střešní sloupek. Chrání tak nejen cestující vpředu, ale i ty na zadních sedadlech. Hlavové airbagy také účinně zabraňují přímému kontaktu střepů a jiných drobných úlomků, s hlavou pasažéra a sekundárně ho tak chrání před nepříjemnými zraněními. [24]

### Ostatní airbagy

*Kolenní airbag* – je zabudován pod přístrojovou deskou. V okamžiku nárazu zabraňuje styku dolních končetin s díly přístrojové desky a tvrdými strukturami pod přístrojovou deskou, nebo klíčkem zapalování, sloupkem volantu, atd. Zamezuje podklouznutí těla směrem pod přístrojovou desku.

*Mezipasažerový airbag (Interseat Protection)* – zamezuje kontaktu hlav vedle sebe sedících osob na předních i zadních sedadlech při bočním nárazu. Jsou zabudovány v oblasti mezi sedadly, případně v bočnici sedadel na druhé straně než je boční airbag.

*Airbagy v bezpečnostním páse* – mají funkci rozdělit sílu, která působí při nárazu na hrudník do větší plochy. Zmenšují riziko zranění hrudníku a nekontrolovatelného pohybu hlavy a krku. Tyto pásy se využívají na zadních sedadlech, které nejsou opatřeny airbagy. Lze používat i pro připoutání dětské sedačky nebo děti připoutané na podsedku.

*Hlavový airbag pro cestující vzadu* – Je schovaný pod čalouněním nad zadním oknem. Zmenšuje možnost úrazu hlavy a také snižuje závažnost zranění při nárazu zezadu.

*Stehenní airbag* – je zabudován pod přední hranou sedačkového polštářku a úkolem je snížení nebezpečí podklouznutí pod bezpečnostními pásy při nárazu.

### **2.3.3 Opěrky hlavy**

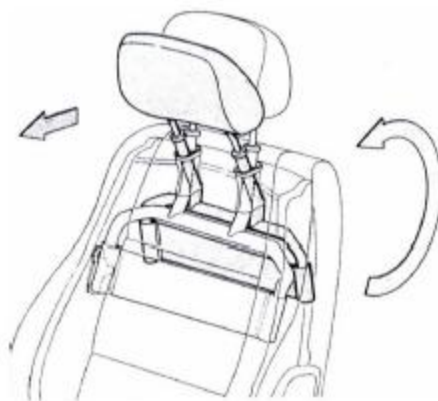
Mají za úkol zamezit prudkému pohybu hlavy směrem dozadu především při střetu zezadu. Rozdělují se na:

- Pasivní opěrky hlavy
- Aktivní opěrky hlavy

#### Aktivní opěrky hlavy

Účel aktivní opěrky hlavy spočívá ve zkrácování vzdálenosti mezi hlavou cestujícího a opěrkou hlavy při střetu, čímž se zmenšuje poranění krční páteře. K činnosti systému dojde

pomocí setrvačné síle působící na tělo pasažéra při nárazu zezadu. Přenos váhy cestujícího, která působí na sedadlo při setrvačné síle, způsobuje tlak zad na bederní opěru. V bederní opěrce je umístěn pákový mechanismus, který je spojen s hlavovou opěrkou. Tlak, způsobený zády cestujícího stlačí bederní opěru a ta přes pákový mechanismus začne hýbat hlavovou opěrkou směrem nahoru a dopředu, čímž se zmenšuje vzdálenost mezi hlavou pasažéra a opěrkou hlavy. Po ukončení nárazu se systém vrátí zpět do počáteční polohy.



*Obr.7: Aktivní hlavová opěrka – naklonění opěrky dopředu při nárazu. [5]*

Typy aktivních opěrek:

- RHR (Reactive Head Restraint)
- PAHR (Pro Active Head Restraint)

#### RHR (Reactive Head Restraint)

Tento typ opěrky hlavy se automaticky pohybuje vpřed a vzhůru během nehody. Pohyb je způsobován hmotností cestujícího, který se opře do opěradla.

#### PAHR (Pro Active Head Restraint)

Tato opěrka hlavy se automaticky pohybuje vpřed a vzhůru na počátku střetu. Pohyb je způsoben signálem z čidel na nárazníku nebo zevnitř vozidla.

### **2.3.4 Ochranné systémy při převrácení**

U kabrioletů a vozidel bez střechy je důležité, aby zde při převrácení pomohlo ochranné zařízení. Jako takové zařízení může sloužit rám čelního okna, pevný oblouk za zadními sedadly, zasouvací oblouky nebo integrované výsuvné opěrky hlavy.

Pro rozeznání nebezpečí a spuštění ochrany při převrácení existují 2. podmínky:

#### 1. podmínka

Jedno čidlo v podélném a jedno v příčném směru zaznamenávají zrychlení. Mikroprocesor zpracuje data a vyhodnotí výsledné zrychlení s nastaveným prahem o hodnotě kolem 5g.

#### 2. podmínka

Je-li sklon  $27^\circ$  a více a alespoň jeden z obou čidel pro pružení kol nápravy vyslal signál o úplném propružení nápravy (obě kola ztratila kontakt s vozovkou).

Pokud je jedna z těchto podmínek uskutečněná, systém se aktivuje. [5]

### **2.3.5 Vliv zádržných systémů jako celků**

Správný účinek prvků zádržného systému závisí na dokonalé spolupráci jednotlivých zádržných prvků. Například bez správného využití bezpečnostního pásu je airbag zbytečným doplňkem nebo komunikace mezi řídicí jednotkou – čidly – předpínáči pásu – airbagem. Pokud by byla nesouladnost v jakémkoliv prvků, tak při nehodě by následky mohly být katastrofální z hlediska pro pasažéry.



*Obr. 38 Test zádržných systému [25]*

### **3 Biomechanika poranění**

Počet zranění v silničním provozu v důsledku dopravních nehod je celospolečenský problém, který každý den způsobuje výrazné materiální škody. Úkolem biomechaniky je popsat a najít limity odolnosti lidské tkáně a matematicky charakterizovat takové fyzikální podmínky, které ještě nevedou k závažnému poranění organismu. V dnešní době vozidla samozřejmě splňují legislativní podmínky na bezpečnost pasažeru a můžeme říci, že jsou bezpečnější než jejich předchůdci. Na druhé straně je však důležité zdůraznit, že není možné zkonstruovat takové vozidlo, které je schopno ve sto procentech případů uchránit posádku před případným poraněním. Snahou konstruktérů vozidel je nastavit prvky pasivní bezpečnosti takovým způsobem, aby pasažéři, třeba i s nějakým poraněním, dopravní nehodu přežili. Mechanismy poranění se při nehodě samozřejmě rozvinou, ale počáteční a okrajové limity zátěže na lidský organismus by měli být takové, aby byly slučitelné se životem. [7, 8]

Biomechanika je mezioborová skupina, která se zabývá studiem mechanických pravidel a vlastnostmi biologických systémů a materiálů. V oblasti zkoumání automobilů se biomechanika poranění dostala do popředí zájmu především z důvodu snahy objevit maximální přípustná zatížení na jednotlivé struktury lidského organismu, při kterých ještě nedochází k rozšíření kritických poranění neslučitelných se životem. Snahou výrobců vozidel je navrhovat takové složení karoserie resp. takové zádržné systémy, které v případě dopravní nehody udrží mezní zátěž v předem definovaných podprahových limitech. Konstrukce zádržných systémů vychází především ze znalosti mechanismu poranění člověka při dopravní nehodě a vlivu působících sil na živou tkáň. [7, 8]

#### **3.1 Poranění hlavy a krční páteře**

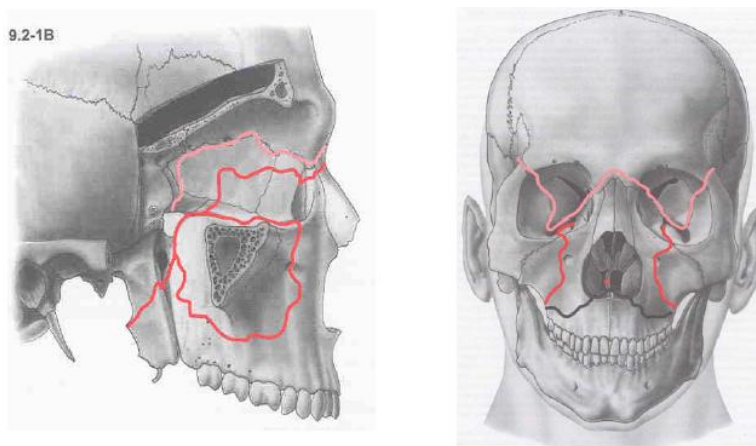
##### **3.1.1 Poranění obličejové části**

Pokud dojde ke zranění obličeje, jedná se o povrchové poškození kůže, které může směřovat až k poranění tvrdých a měkkých částí obličeje. U těžkých zranění mohou být zasaženy i smyslové orgány jako nos, nebo oči. Časté jsou pak zlomeniny obličejových kostí. Většina takovýchto zlomenin vzniká působením vnější síly při traumatu. Říká se jim také traumatické zlomeniny. [7, 9]

Typy poranění kosti se dělí na tři stavy: [7]

- Nalomení – kost je jen poškozena, není přerušena
- Zlomenina bez dislokace – kost je zlomená, úlomky však zůstávají ve své po-  
čáteční poloze
- Zlomenina s dislokací – kost je zlomená, úlomky jsou přesunuty kvůli působící  
vnější síle

Nejčastějším poraněním obličejové části jsou zlomeniny střední obličejové části a dále pak zlomeniny dolní čelisti. Podle statistik je až 60% případů zlomenin střední obličejové části zpříčiněno dopravní nehodou. Obvykle vzniká tato nehoda při nehodách za účasti motocyklistů, nebo při čelním nárazu automobilu, kdy pasažéři ve vozidle nebyly připoutáni bezpečnostními pásy. Zlomeniny střední části obličeje jsou známe svými lomnými liniemi a rozsahem odlomení obličejové části. Dělí se do tří skupin – LeFort 1, LeFort 2, LeFort 3. Další skupinu poranění tvoří zlomeniny lebeční klenby a lebeční spodiny. Vlastnost těchto zlomenin není typický a je závislý na intenzitě, působišti a směru působení síly. Místní zlomeniny lebeční klenby se vytvoří prohnutím lebky. Zlomeniny lebeční klenby, které postupují na lebeční spodinu, vznikají následkem celkové deformace lebky. Zlomeniny lebeční spodiny jsou pak zejména prodloužené zlomeniny lebeční klenby. Tyto zlomeniny jsou vzhledem k následkům velmi kritické. Při takto kritických zlomeninách dojde obvykle k poškození mozku nebo nervového systému a proto jejich následky bývají tragické. [7, 9]

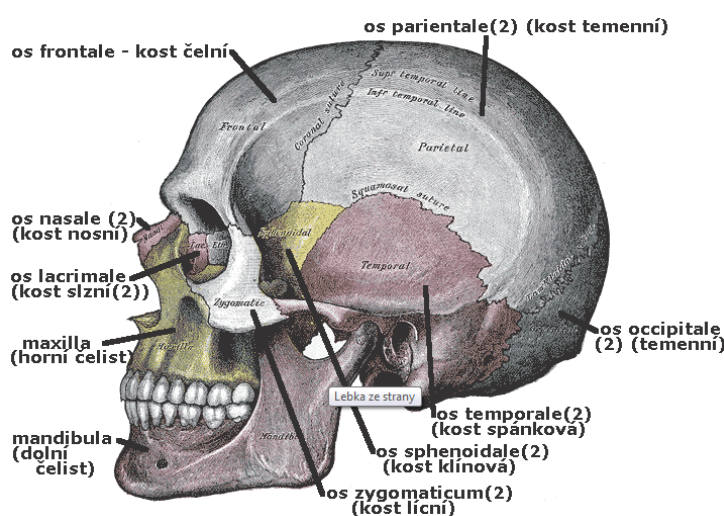


*Obr.8 Zlomeniny střední obličejové etáže – Le Fort I (černě), Le Fort II (červeně), Le Fort III (růžově). [14]*

### 3.1.2 Poranění mozkové části

Poškození mozku je jedno z nejkritičtějších poranění, se kterým se můžeme setkat. Při dopravních nehodách jsou celé dvě třetiny smrtelných nehod způsobeny právě poškozením mozku. Jedná se především o zlomeniny kostí lebky, o samotné poranění mozku, anebo jejich vzájemné propojení. Poranění mozku je potom vznikáno buď vnějšími statickými silami, nebo silami setrvačnými. Statická síla vede ke zlomeninám klenby nebo i spodiny lebeční a s tím související případné vpáčení kosti nebo jejich úlomků do obalů mozku, nebo přímo do jeho hmoty. Dynamické síly vytvářejí svou setrvačností náraz mozku na stěny lebky. Vnější síly statické jsou z hlediska poranění hlavy pak takové, které nemění svou velikost v časovém horizontu větším než 200 ms. Dynamické účinky působí v čase menším než 50 ms a jejich původ může být vytvořen vnější rázovou silou, nebo změnou pohybového stavu soustavy. [7, 9]

Při poranění také rozpoznáváme, zda nedošlo ke kontaktnímu, nebo bezkontaktnímu poškození mozkové části. Podle zjištěných případů z dopravních nehod je obvyklejší výskyt kontaktního poranění, kdy pak zhruba každé čtvrté poranění končí smrtelným úrazem. Bezkontaktní poranění se objevují vzácně. Případy úmrtí jsou však u tří případů ze čtyř. U kontaktního poranění statickou silou dochází k překročení limitu pevnosti kosti a jejímu následnému lomu. Při působení kontaktní dynamické síly na lebku dochází k vytvoření rázové vlny, která se dále pohybuje a může způsobit i poranění na opačné straně mozku. Bezkontaktní poranění vzniká setrvačnou silou, která působí jako odezva na zpomalení. [7, 9]



Obr. 9 Popis základních kostí mozkové části lebky [15]

Možnosti poškození mozku: [7]

- **Otřes mozku** – nejobvyklejším projevem bezkontaktních poranění je otřes mozku. Jde o reverzibilní poranění mozku, které je doprovázeno bezvědomím. Obvyklým jevem je také ztráta paměti z okamžiku dopravní nehody.
- **Zhmoždění mozku** – kritickým typem je zhmoždění mozku. Dochází při něm k vážnému poškození a vzniku organických strukturních změn. Při tomto druhu zranění dochází k mechanickému zhmoždění, vytvářejí se otoky mnohdy spojené s krvácením. Vážnost poškození je závislá na síle nárazu a z něj lze pak vyvozovat i důsledky pro pacienta.
- **Ohniskové poranění** – Ohnisková poranění jsou umístěna na malém prostoru, obsažená v hmotě mozku, nebo jeho obalu. Při tomto druhu je obvyklé poškození i na odvrácené straně mozku, kde nedošlo ke kontaktu. Je to způsobeno setrvačností mozku a odrazem rázové vlny.
- **Difúzní poranění** – Nejkritičtější typem poranění je difúzní, při němž dojde k poškození veškerých nervových buněk s celkovým otokem a nevratným změnám.

### 3.1.3 Kritérium poranění hlavy

Pro vyhodnocení výsledku zkoušek pasivní bezpečnost jsou určeny konkrétní limitní hodnoty, které se nesmí překročit. Tyto údaje jsou dané kritériem HIC (Head Injury Criterion). Je to v současnosti nejčastěji používané kritérium pro posouzení poranění hlavy. Vstupem pro výpočet naměřených údajů jsou zrychlení měřená akcelerometry v těžišti hlavy zkoušené figuríny. Pro výpočet se využívá výsledný vektor zrychlení ze všech směrů. [7, 9]

Výpočet kritéria HIC: [7]

$$HIC = \left\{ (t_2 - t_1) \left[ \frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]^{2,5} \right\}_{max} < 1000$$

$a(t)$ .....výsledné zrychlení hlavy v g [ $m/s^2$ ]

$t_2, t_1$ .....hraniční údaj intervalu [ms], kdy HIC je maximální

Vyhodnocení kritéria HIC vzniklo z výpočtu SI (Severity Index), neboli integrálu ze zrychlení v g umocněný hodnotou 2,5. Tento výpočet SI měl účinně zhodnotit výsledné naměřené signály. Maximální údaj tohoto kritéria, u kterého ještě nedojde k poranění neslučujících se životem, byla stanovena na hodnotu 1000. Limity hodnot časového intervalu jsou dány podle nejvyšších hodnot, které kritérium HIC v průběhu nárazu dosahuje. Rozsah pro tvrdý kontakt je stanoven na 15 ms, pro měkký kontakt je to 36 ms. [7]

### 3.1.4 Poranění krční páteře

Krční páteř je z anatomického pohledu tvořena sedmi obratli, označovanými C1 – C7. Obratle C1 (atlas) a C2 (čepovec) jsou z pohledu anatomického rozdílné a umožňují otáčení hlavy do stran. Zbylé obratle páteře mají podobnou strukturu, která je tvořena tělem obratle a výběžky, na které se upínají svaly. Ve středu obratlů je mezera, kterou probíhá páteřní kanál. Samostatné obratle jsou od sebe odděleny meziobratlovými ploténkami, kterými vedou nervová zakončení. Funkcí dvakrát esovitě prohnuté stavby páteře a meziobratlových plotének je mírnit nárazy, přenášet síly a umožňovat volný pohyb. [9]

Poranění krční páteře se při dopravních nehodách objevuje relativně často. Obzvláště při nárazech zezadu způsobí v přibližně 50% k jejímu poranění. Z pohledu úrazů jsou stěžejní mechanismy působící v podélné rovině symetrie automobilu a poranění krční páteře je určeno relativním pohybem hlavy a trupu a působením setrvačných sil. Staticky bylo naměřeno, že při setrvačném zatížení hlavy mezi 16 – 25G dochází ve 46% ke zranění, při 34 – 38G dochází k separaci v místě obratle C1 (atlasu). [9]

Posun hlavy vpřed není tak důležitý pro dospělého člověka jako u dětských pasažérů. Lidská hlava může mít 50 % své velikosti už v 18 měsících, zatímco hrudník získá 50 % velikosti dospělého jedince až v osmi letech věku. Tato neúměra je považována za důležitý činitel zranění. Kvůli tomu se maximální dráha hlavy dítěte v dětské sedačce bere 550 mm. Pro poškození krční páteře nejsou vytvořena žádná komplexní kritéria poranění.

Měřenými údaji jsou: [9]

- tahové síly ovlivňující šíji
- síly stříhu a maximální ohybové momenty: - čelní ohyb 50,2 Nm  
- zaklonění 20,3 Nm  
- boční ohyb 47,5 Nm





Obr. 10 Páteř [19]

Zvláště ohrožující je především zpětný pohyb směrem k opěrce hlavy, kdy při pohybu dozadu může dojít k rozlomení těla obratlů a k poškození míchy s trvalými následky v podobě ochrnutí a nehybnosti celého těla. [9]

### 3.2 Poranění ostatních částí lidského těla

**Hrudník** – do této skupiny řadíme nejen poranění hrudní stěny, ale také poranění orgánů zvané nitrohrudní, které jsou pro člověka životně důležité. Tyto orgány jsou umístěny v relativně tuhém hrudním koši. Z hlediska traumat hrudníku jsou ohroženy kosti, nervy, jícen, velké cévy, především pak srdce a plíce.

#### Kritéria poranění hrudníku

**3MS** – pro čelní náraz se využívá kritérium  $a_{3ms} < 60g$ . Z něho je vidět, že zrychlení působící po dobu větší než 3ms nesmí být větší než 60g. Dále platí, že při styku s volantem nesmí na hrudní kost působit síla větší jak 3,29 kN, na rameno a hrud' pak vyšší jak 8 kN. [11]

**TTI (Thoracic Trauma Criterion)** – kritérium TTI se využívá při bočním nárazu. Vyhodnocení podle kritéria TTI vůči stupnici AIS je spíše statistické, protože všem druhům

poranění nejde přiřadit stejný mechanismus. Maximální údaj kritéria TTI je 85g pro pěti-dveřová vozidla a 90g pro třídvéřová vozidla. [9]

$$TTI = 1,4AGE + \frac{1}{2} (a_{max}^{rib} + a_{T12}^{lspine}) \frac{m}{m_{std}}$$

AGE....věk

$a_{max}^{rib}$  ....max. zrychlení 4 až 8 žebra na nárazové straně v g [m/s<sup>2</sup>]

$a_{T12}^{lspine}$  ....max. zrychlení na 12 hrudním obratli v g [m/s<sup>2</sup>]

m.....hmotnost zkoušené osoby

$m_{std}$ .....75kg

**VC (Viscous Criterion)** - Rozdíl mezi údaji stlačení a hloubkou stlačení je ten, že stlačení je procentuální hodnota, která bere v potaz délku pro čelní náraz, resp. polovinu šířky pro boční náraz. Kritérium VC křivka, a proto se obvykle používá kritérium VC<sub>max</sub>, které pracuje s maximální hodnotou této křivky. Toto kritérium zobrazuje závislost pravděpodobnosti poranění na rychlosti nárazu.[9]

$$VC = V(t)C(t) = \frac{dD(t)}{dt} C(t)$$

V...rychlost stlačování

C...stlačení

D...hloubka stlačení

**ThPC (Torax Performance Criterion)** – kritérium hodnocené podle normy EHK/OSN č. 94 popisuje maximální čelní deformaci hrudníku na 75 mm.

**Břicho** – Mezi částmi, kde její zranění ohrožují danou osobu na životě, patří také břicho. Také jako hrudník zahrnuje životně důležité orgány, není ovšem přímo chráněno hrudním košem. Poškození se týká nejčastěji jater, sleziny, ledvin, střev a močového ústrojí. U žen, obzvláště pak u těhotných, hrozí poškození pohlavních orgánů.

**Pánev** – v prostoru pánve jsou důležité orgány – močový měchýř a rektum, u ženského pohlaví dále vaječníky, pochva a děloha. Pánev zahrnuje velké cévy, nervy a bohaté cévní pletence. Rozdrcení pánve, jež má za následek ztrátu stability celého těla, může způsobit masivní krvácení z uložených orgánů a cév.

Kosti pánve: [10]

➤ 1. Os sacrum (kost křížová)

- skládá se z 5 srostlých obratlů.
- vyklenutí kosti křížové dopředu – promontorium (to určuje, zda porod může být spontánní)

➤ 2. Os coccygis (kostrč) – je pohyblivá (kdyby nebyla, nemohlo by dojít k vaginálnímu porodu)

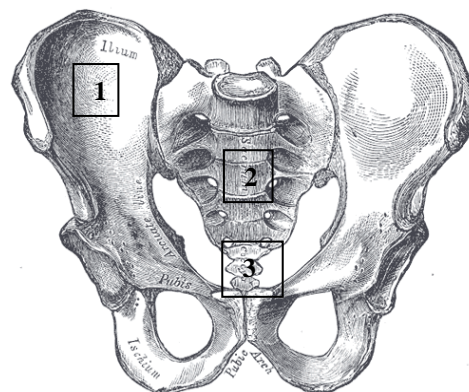
➤ 3. Os coxae – jednotná plochá kost, skládá se ze 3 samostatných kostí

- os ilium (kost kyčelní)
- os ischii (kost sedací)
- os pubis (kost stydká)

**Pánev (pelvis)** - je kostěný útvar vzniklý spojením

kostí: [10]

- Pánevních kostí (kost pánevní – os coxae- párová kost) – [1]
- Kostí křížovou (os sacrum) - [2]
- Kostrčí (os coccygis)- [3]



Obr.11 Pánev [17]

**Kritérium PSPF (Pelvis Performance Criterion)** - se používá pro vyhodnocení mezní zátěže na pánev. Mezní zátěž se měří ve sponě stydké a její údaj je maximálně 6 kN.

**Seat belt syndrom** - Bezpečnostní pásy velmi zvyšují bezpečnost pasažérů při všech typech nehod, zároveň však mohou být příčinou tzv. „seat belt“ syndromu. Špatné umístění pásů přes konvexitu (nejvíce vyčnívající část) těhotné dělohy výrazně zvyšuje přenos tlaku na

její povrch a může být spojeno s možným poškozením dělohy i plodu. Jsou-li pásy umístěny podle norem, k mimořádnému přenosu tlaku na dělohu nedochází, jak bylo dokázáno na figurínách při zkušebních haváriích ve výzkumných studiích předních světových výrobců automobilů (např. projekty MAMA-1 a MAMA-2 firmy General Motors – U.S.A., projekt LINDA firmy VOLVO – Švédsko). Nebezpečí „seat belt“ syndromu je možné zmenšit dodržováním určitých pravidel, o kterých by měli být seznámeni nejen lékaři, ale také především těhotné ženy a veřejnost obecně. Obzvláště je nutno zamezit relativní pohyb člověka vzhledem k pásu a k sedadlu, tj. pásy musí být správně použity, mít správnou funkci samonavíjecího zařízení a vlastní popruh nepoškozený.[26]

**Končetiny** – Horní končetiny jsou tvořeny kosti pažní a dvě kosti předloktní. Dolní končetiny tvoří kosti stehenní a dvěma kostmi bérce. Pokud není porušena vrchní kožní vrstva, jedná se o zlomeninu uzavřenou. V druhém případě se jedná o zlomeniny otevřené, u kterých obvykle dochází k rozvoji šokových stavů (protišoková opatření).

**Klouby** – Při zjišťování poškození kloubů nacházíme změny od mikroskopických trhlin až po totální rozlomení hlavicových a jamkových struktur kloubů. Poranění jsou buď uzavřená, nebo otevřená. Poškození kloubu je doprovázena značnou bolestivostí, výronem a prosáknutím kloubových tkání. Mechanické vlivy ovlivňují i vazivové aparáty. Jednotlivé klouby a vazy se rozlišují svojí stavbou, přičemž je i rozdílná pravděpodobnost poranění.

**Svaly a šlachy** – Svalová činnost je mechanicky spjata s kostrou těla člověka. Sval je činná složka schopná smrštění (rozpoznáváme svalovinu srdeční, hladkou a příčně pruhovanou). Na struktuře končetin se podílí svalstvo příčně pruhované. Šlachy jsou spojovacím elementem svalu na kost. Lidské tělo obsahuje přibližně 600 převážně párovými svaly, které tvoří až 40% celkové hmotnosti těla dospělého člověka. Obvyklým mechanismem úrazů je náhlý a prudký tah nebo úder do svalu nebo šlachy obvykle ve stavu svalové kontrakce.

## 4 Legislativa

V současnosti je legislativně řešena téměř každá část vozidla. V Evropě existují dvě základní normy z hlediska bezpečnosti vozidel:

- EHK/OSN č. 94 (řeší otázku čelní náraz)
- EHK/OSN č. 95 (řeší otázku boční náraz)

Problematika bezpečnosti vozidel se v České republice řídí podle vyhlášky Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb. O schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

### 4.1 Normy EHK/OSN 94 a EHK/OSN95

#### Norma EHK/OSN 94

Tato norma provádí zkoušky a schvalování vozidel s ohledem na bezpečnost posádky při přesaženém čelním nárazu. Platí pro veškerá vozidla kategorie M1 s hmotností do 2,5 t.

Ve svých ustanoveních detailně určuje postup provedení zkoušky. Jak už bylo řečeno, automobil naráží čelně do bariéry, jejíž hmotnost musí být minimálně 70 t, šířka minimálně 3 m a výška 1,5 m. Vozidlo je s výjimkou z 90% naplněné palivové nádrže bez provozních kapalin, rychlost je dána na 50 + 0, -2 km/h, sedadlo je seřizeno do středové polohy a stejně tak i sloupek řízení, opěrky jsou v maximální poloze a opěradlo má sklon 25°.

Norma udává podmínky splnění zkoušky. Popisuje maximální možné údaje pro biomechanická kritéria (hlavy, šije, stlačení hrudníku, měkkých tkání, stehenní kosti, holenní kosti, pohyb klouzajících kolenních kloubů), dále pak musí být možné otevřít minimálně jedny dveře, a to bez nutnosti použití náradí.

Kromě praktického podílu popisuje také postup podání žádosti homologace nebo rozšíření její platnosti, průběhy řízení a ověřování shodnosti výroby, postup odběru a hodnocení vzorků, případně postihy při nedodržení shodnosti. [12]

Kritérium	Maximální hodnota
Head performance criterion	1000
Torax performance criterion	75 mm
Femur performance criterion	10 kN
Max. tlak na zámek bezp. pásu	6 N

Tabulka č. 3: Maximální hodnoty jednotlivých kritérií [13]

## Norma EHK/OSN 95

Týká se schvalování vozidel kategorie M1 a N1 z pozice ochrany pasažérů při bočním nárazu. Opět jsou detailně popisovány kromě jiného podmínky a průběh provedení zkoušky. Z velké části jsou stejné jako v případě č. 94. Na rozdíl od této normy je požadována poloha hlavových opěrek tak, aby jejich horní hrana byla v rovině s hlavou figuríny, sedadlo se nastavuje do středové polohy.

K nárazu se využívá takzvaný impactor, což je hliníková bariéra rozčleněná do šesti segmentů s přesně danými rozměry, umístěna na pojízdném vozíku, který také má přesně dané rozměry (3000 mm, 1500 mm, 50 mm – délka, šířka, výška). Hmotnost je dána 950 kg s tolerancí 20 kg. Rychlost vozíku při nárazu by měla být 50 km/h. K testu se využívají figuríny EUROSID, na rozdíl do čelního nárazu, kde se testy realizují na figurínách HYBRID II a HYBRID III.

Kromě maximálních povolených hodnot daných kritérií se dále pozoruje možnost otevírání dveří, vyjmutí figuríny z automobilu a maximální přípustný únik kapalin z nádrží.  
[12]

Kritérium		Maximální hodnota
Head performance criterion	poranění hlavy	1000
Rib Deflection criterion	poranění žebér	42 mm
Soft Tissue criterion	poranění měkkých tkání	1,0 m/sec.
PSPF	poranění pánve	6 kN
Abdominal Peak Force	poranění břicha	2,5 kN vnitřní / 4,5 kN vnější síly

Tabulka č. 4: Maximální hodnoty kritérií EHK č. 95 [13]

## **4.2 Ostatní normy**

### Vyhláška č. 341 / 2002 Sb.

Bezpečnost automobilů, jejich konstrukce a další nároky obsahuje vyhláška Ministerstva dopravy č. 341 / 2002 Sb. O potvrzování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Kromě toho zde najdeme také veškerý přehled předpisů EHK a směrnic EHS/ES. Soupis těch, které se týkají bezpečnosti vozidel, obsahuje tabulka č. 3. [12]

Předmět	Předpis EHK č.	Směrnice EHS/ES
Palivové nádrže Zadní ochrana proti podjetí	58	70/221
Bezpečnost interiéru vozidel	21	74/60
Bezpečnost při nárazu na řízení	12	74/297
Pevnost sedadel	17	74/408
Vnější výčnělky	26	74/483
Kotevní úchyty bezp. pásů	14	74/115
Bezpečnostní pásy	16	77/541
Kryty kol	-	78/549
Opěrky hlavy	17,25	78/932
Bezpečnostní skla	43	92/22
Čelní náraz	94	96/79
Boční náraz	95	96/27
Dětské zádržné systémy	44	-

Tabulka č. 5: Předpisy EHK/EHS týkající se vozidel [13]

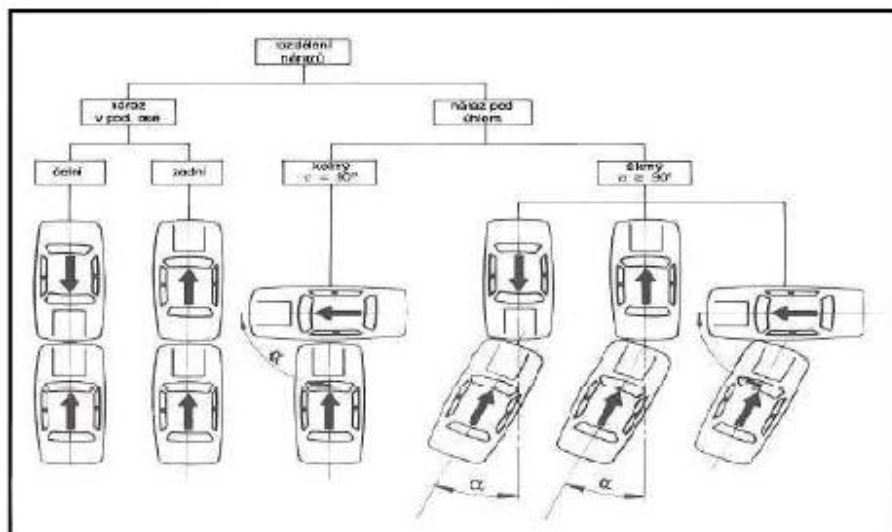
### ISO 6813 - 1981

Tento mezinárodní předpis (Road vehicles – Collision – Terminology) popisuje terminologii a hlavně specifikuje různé pozice vozidel při crash testu. Jedná se tedy o jakési rozšíření normy EHK, protože tyto předpisy předpokládají pouze s čelním nebo bočním střetem. Norma ISO 6813 upřesňuje tři základní pozice: čelní, boční náraz a náraz zezadu.

Kromě toho člení nárazy na nárazy v ose a přesazený náraz. Ten je dále rozčleněn podle velikosti přesazení na:

- 2/3 překryv
- ½ překryv
- 1/3 překryv
- boční smýkání

Pro kompletnost ještě dodejme, že také boční náraz je rozčleněn na náraz v ose a vyosený.  
[12]



Obr. 12 Pozice podle normy 8613 - 1981 [8]

#### ISO 3984 – 1982

Tato norma je označována jako Road vehicles – Passenger cars – Moving barrier Real collision test method. Jedná se o vymezení podmínek testu odolnosti vozidla proti nárazu zezadu pohyblivou bariérou. Kromě přesné definice pohyblivé bariéry jsou zde dány tři typy zadního nárazu lišící se úhlem směru a vybočením. [12]

#### ISO 3784 - 1976

Road vehicles – Measurement of impact velocity in collision test. Tento mezinárodní předpis zmiňuje podmínky na měřicí přístroje, které jsou používány při různých crash testech. Určuje jejich přesnost a kompatibilitu tak, aby se vzájemně propojila data pocházející z různých zkušeben. [12]



## 5 Experiment

Crash testy se dnes provádějí prakticky na všech osobních automobilech, které přicházejí na trh. Stejně tak se provádějí na užitkových vozech, přestože u nich klademe na bezpečnost menší nároky.

Provádění crash testů ve světě zajišťuje několik organizací. Ty jsou na sobě nezávislé a každá má svou metodiku testů. Liší se v typech prováděných nárazů, rychlostech, ale i v systému hodnocení výsledků. V Evropě je to např. Euro NCAP, v USA NHTSA, v Austrálii ANCAP.

### Evropa

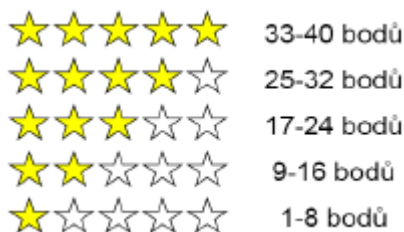
#### **Euro-NCAP (European New Car Assessment Programme)**

Neboli Evropský program hodnocení nových vozů. V Evropě jsou nejznámější testy Euro-NCAP.

*Euro NCAP provádí následující hlavní zkoušky:*

- čelní náraz do deformovatelné přepážky – 64 km/h
- boční náraz – 50 km/h
- střet s chodcem – 40 km/h
- boční náraz na sloupek – 29 km/h
- test ochrany dětí
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnostních systémů

Výsledky testu jsou vyjádřeny přidělením určitého počtu hvězdiček. Počet hvězdiček se pohybuje od 0 (nevyhovující) po 5 (bezpečné).

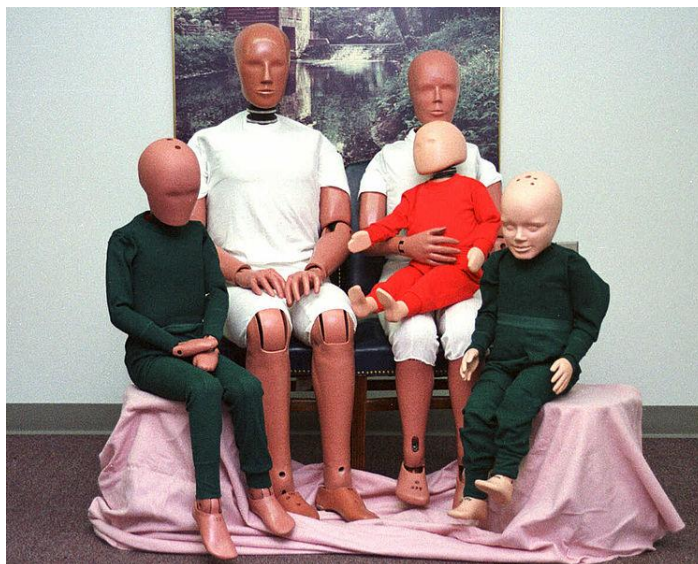


*Obr. 37 Hvězdičky ohodnoceny bodami při čelních a bočních testech [23]*

Pro vyhodnocení testu slouží figuríny se senzory zrychlení, díky těmto měřením lze získat představu o namáhání těla posádky. V rámci Euro NCAP se pro čelní náraz používá figurína Hybrid III a pro boční náraz figurína EuroSID I.

### **Figurína Hybrid III**

Figuríny Hybrid III, které se primárně používají, je 50 percentil figuríny což znamená, že je velikost průměrného dospělého muže (5'10 "a 171 liber). Figuríny Hybrid III, který je obecně přijímán jako nejlepší dostupné lidské náhrady, je vybaven senzory v jeho horní a dolní krku, který nám umožní zaznamenat množství síly, které mají vliv figuríny hlavu. Jsme schopni změřit, jak dlouho síla je aplikována na hlavu a jak daleko se krk ohýbá jako důsledek této síly. S těmito měření jsme schopni odhadnout potenciál pro poranění krku při převrácení vozidla. Při použití figuríny Hybrid III, můžeme provádět zkoušky opakovaně a máme spolehlivé výsledky.



*Obr. 13 Hybrid III rodina [18]*

Výsledky testů jsou volně dostupné a spotřebitel si tak může jednoduše zjistit na jaké úrovni bezpečnosti je jeho vůz. Dále jsou prováděny i testy bezpečnosti dětí a test bezpečnosti pro chodce - tyto testy jsou však hodnoceny zvlášť.

### **USA**

#### **NHTSA – NCAP (National highway traffic safety administration)**

V USA jsou nejrozšířenější crash testy organizace NHTSA (úřad pro bezpečnost silničního provozu). Tato organizace provádí tyto testy:

1. čelní náraz vozu rychlostí 56,3 km/h do betonového bloku (váha bet. bloku je 100t)
2. boční náraz do vozu rychlostí 62 km/h deformovatelnou bariérou o hmotnosti 1360 kg, pohybující se pod úhlem 27°.
3. test převrácení

## IIHS – NCAP (Insurance Institute for Highway Safety)

Tato organizace provádí tyto testy:

1. Čelní náraz proti deformovatelné bariéře s 40% překrytím (offset crash) na straně řidiče rychlosti 48 km/h
2. Boční náraz do stojícího vozidla deformovatelnou bariérou o hmotnosti 2000 kg, pohybující se pod úhlem 27° rychlostí 54km/h.

### Figuríny

#### Čelní náraz



Obr. 14 Hybrid III 5. percentile Žena [16]



Obr. 15 Hybrid III 50. percentile Muž [16]

#### Hybrid III 50. percentile Muž

- vzpřímený byl 168 cm (5'6") vysoký
- hmotnost 77 kg (170 lb)

#### Hybrid III 5. percentile Žena

- Výška – 152 cm
- Hmotnost – 50 kg (110 lb)

	12 měs. dítě	3leté dítě	6leté dítě	5% žena	50% muž
<b>Hmotnost (kg)</b>	9,98	15,47	23,41	49,0	78,15
<b>Sedící postava (m)</b>	0,75	0,95	1,14	1,5	1,75
<b>Posezení - výška (v)</b>	18,9	21,5	25,0	31,0	34,8

Tabulka č. 6: Porovnání hmotnosti, výšky a Sedící postava pro rodinu HYBRID III [21]



*Obr. 16 Hybrid III 95. percentile Velký Muž [16]*



*Obr. 17 Hybridní II 50. percentile Muž [16]*

#### Hybrid III 95. percentile Velký Muž

- Výška - 188 cm
- Hmotnost – 100 kg (223 Ib)

#### **Boční náraz**



*Obr. 18 EuroSID-1 (představuje 50 % dospělého muže) [16]*

#### ***EuroSID-1***

EuroSID-1 v podstatě sestává z kovové a plastové kostry, na které se vztahuje masa simulující materiálů. Sedí výška je 0.904 m. Celková tělesná hmotnost je 72 kg.

#### **Japonsko**

##### **Japan - NCAP**

Tato organizace provádí tyto testy:

1. Plný čelní náraz rychlostí 55 km/h

2. Boční náraz do stojícího vozidla deformovatelnou bariérou o hmotnosti 950 kg, na straně řidiče rychlosti 55 km/h

### Austrálie

#### **ANCAP (Australasian New Car Assessment Program)**

Tato organizace provádí tyto testy:

1. Čelní náraz proti deformovatelné bariéře s 40% překrytím na straně řidiče rychlosti 64 km/h.
2. Čelní náraz proti pevné bariéře (hmotnost betonového bloku 100t), plný čelní náraz rychlosti 56,3 km/h.
3. Boční náraz do stojícího vozidla deformovatelnou bariérou o hmotnosti 950 kg na straně řidiče rychlosti 50 km/h.

### Statistické údaje

CY	Frontal Fatalities	All Driver & RF Fatalities	Percent That Are Frontal	Car & LTV VMT (10 <sup>6</sup> miles)	Frontal Fatalities Per 10 <sup>9</sup> miles	Belted Frontal Fatalities at Seats With Air Bags		Observed On-Road Belt Use (%)	Percent of On-Road Fleet With Air Bags
						N	%		
1979	15,582	30,336	51.4	1,405,545	11.09	0	0.0	11	0.0
1980	15,215	30,368	50.1	1,402,531	10.85	0	0.0	no survey	0.0
1981	15,045	29,686	50.7	1,429,675	10.52	0	0.0	11	0.0
1982	12,922	26,103	49.5	1,467,854	8.80	0	0.0	11	0.0
1983	12,355	25,398	48.6	1,522,697	8.11	0	0.0	14	0.0
1984	12,670	26,438	47.9	1,585,049	7.99	0	0.0	14	0.0
1985	12,946	26,336	49.2	1,637,759	7.90	0	0.0	21	0.0
1986	13,542	28,451	47.6	1,694,082	7.99	0	0.0	37	0.0
1987	13,958	29,358	47.5	1,772,852	7.87	0	0.0	42	0.1
1988	14,288	30,328	47.1	1,872,478	7.63	1	0.0	46	0.1
1989	14,219	29,758	47.8	1,937,696	7.34	8	0.1	46	0.3
1990	13,765	28,979	47.5	1,982,837	6.94	40	0.3	49	1.2
1991	12,838	27,210	47.2	2,007,579	6.39	106	0.8	51	2.7
1992	12,461	26,076	47.8	2,078,432	6.00	140	1.1	no survey	4.6
1993	12,954	26,595	48.7	2,120,459	6.11	280	2.2	no survey	7.3
1994	13,183	27,235	48.4	2,170,723	6.07	486	3.7	58	11.3
1995	13,447	28,277	47.6	2,228,323	6.03	745	5.5	no survey	17.2
1996	13,501	28,649	47.1	2,286,394	5.90	1,147	8.5	61	24.2
1997	13,637	28,530	47.8	2,353,295	5.79	1,456	10.7	no survey	30.0
1998	13,264	28,170	47.1	2,417,852	5.49	1,772	13.4	69	36.2
1999	12,861	28,439	45.2	2,470,122	5.21	2,060	16.0	no survey	42.6
2000	13,062	28,440	45.9	2,523,346	5.18	2,474	18.9	71	48.9
2001	12,976	28,297	45.9	2,571,539	5.05	3,009	23.2	73	54.6
2002	13,160	29,049	45.3	2,624,508	5.01	3,236	24.6	75	59.8
2003	12,894	28,557	45.2	2,656,173	4.85	3,775	29.3	79	64.2
2004	12,521	28,136	44.5	2,727,054	4.59	4,083	32.6	80	67.9
2005	12,300	27,873	44.1	2,749,555	4.47	4,443	36.1	82	71.4
2006	12,163	27,218	44.7	2,771,684	4.39	4,630	38.1	81	74.7
2007	11,659	25,663	45.4	2,755,131	4.23	4,835	41.5	82	77.6

Tabulka č. 7: Počet úmrtí cestujících a procento všech úmrtí při čelním střetu (USA).

[zdroj: NHTSA]

Z tabulky 1-1 je vidět, že v roce 1979 bylo počet vozidel a LTV (lehké nákladní automobily a dodávky, nákladní auta, SUV, minivany) 1 405 545 000 000 a v roce 2007 počet vozidel mnohonásobně stoupl na 2 755 131 000 000. Čelní úmrtnost (frontal fatalities) od roku 1979 do roku 2007 klesala, neboť se začala zvyšovat bezpečnost automobilů díky

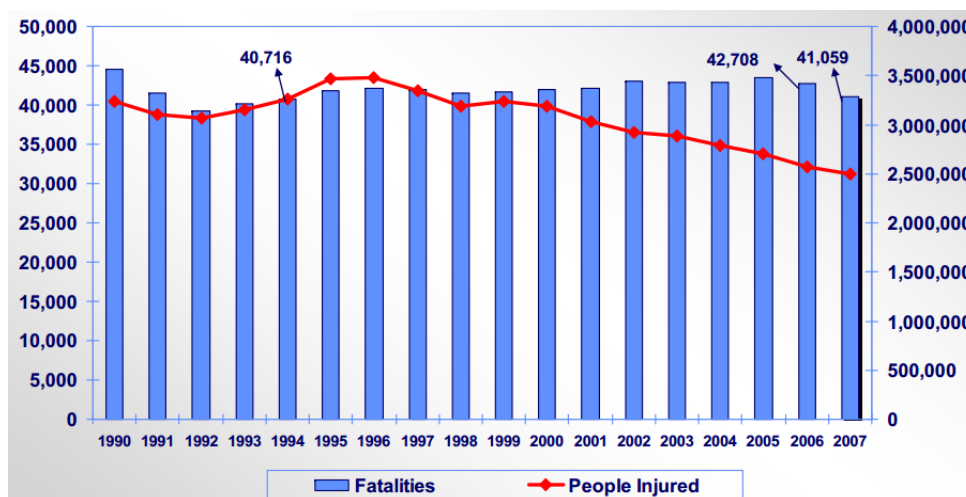
bezpečnostním pásům a airbagům. Čelní úmrtnost na 10<sup>9</sup> km se výrazně snížila z 11,09% na 4,23%. Bylo prováděno pozorování vozidel, které využívaly bezpečnostní pásy na silnicích v USA. V roce 2007 se začínalo využívat 82 % bezpečnostních pásů a 77,6 % vozidel bylo vybaveno čelními airbagy. V USA řidiči moc nepoužívali bezpečnostní pásy, až v roce 1988 první společnost Chrysler nabízí airbagy pro řidiče vozidel jako standardní vybavení svých vyrobených automobilů. V roce 1985 vstoupila platnost zákona, nutnost používání bezpečnostních pásů.

Více než 104 milionů (50,7%) z celkového počtu, téměř 206 milionů vozidel na pozemních komunikacích v USA, mají airbagy ve srovnání s 94 mil. vozidel v EUR. NHTSA odhaduje, že kombinace airbagů a bezpečnostního pásů snižuje riziko poranění hlavy o 81% ve srovnání s 60% snížení za bezpečnostních pásů. V tabulce (viz Tabulka č. 7) je vidět, kolik životů bylo zachráněno airbagem, bezpečnostním pásem a dětskou sedačkou.

Restraint Type	1975-97	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Seat Belts	100,791	11,680	11,941	12,882	13,295	14,264	15,095	15,548	15,688	15,458	15,147
Child Restraints	4,439	438	447	479	388	383	447	455	424	427	382
Air Bags	3,022	1,208	1,491	1,716	1,978	2,324	2,519	2,660	2,752	2,824	2,788

Tabulka č. 8: Odhadovaný počet zachráněných životů v zádržných systémech 1975-2007

[zdroj: NHTSA]



Graf č. 1: Průběh zabitých a zraněných osob (1990-2007) [20]

V roce 2007 se zabilo 41,059 osob v motorovém vozidle. Došlo k téměř 4% poklesu úmrtí od roku 2006, je to nejnižší pokles úmrtí od roku 1994. Pokud jde o počet zraněných, tak v roce 2007 byl největší pokles zraněných lidí (2 491 000 lidí). V tomto roce to bylo poprvé, co hodnota zraněných cestujících byla pod 2,5 milionu.



*Hodnocení účinnosti bezpečnostních pásů ve spojení s čelní airbagy*

K sezení	Přední Vlevo (Řidič)	Přední Vpravo	Přední Střední	Zadní Přívěsný	Zadní Střední	Další
<i>Osobní auta</i>						
<i>2-Point</i>	39%	39%	NA	NA	NA	NA
<i>3-Point</i>	54%	44%	NA	NA	NA	NA
<i>Lap / rameno</i>	54%	44%	NA	44	NA	NA
<i>Břišní pás</i>	39%	39%	19%	32%	32%	32%
<i>Neznámý typ</i>	39%	39%	19%	32%	32%	32%
<i>Lehké nákladní automobily a dodávky</i>						
<i>2-Point</i>	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>3-Point</i>	65%	63%	NA	NA	NA	NA
<i>Lap / rameno</i>	NA	NA	NA	73	NA	NA
<i>Břišní pás</i>	NA	NA	32%	63%	63%	63%
<i>Neznámý typ</i>	65%	63%	32%	63%	63%	63%

Tabulka č. 9: Hodnocení účinnosti bezpečnostních pásů ve spojení s čelními airbagy pro obyvatele více než 12 let [zdroje: Kahane, 2000, a Morgan, 1999]

Z tabulky č. 8 je vidět, že největší účinnost u osobních automobilů z hlediska bezpečnostních pásů (3 bodového a ramenního pásu) a čelního airbagu je na straně řidiče (54 %). Naopak nejmenší účinnost bezpečnostních pásů (břišní a neznámí typ pásů) s čelními airbagy u osobních vozidel je na přední střední části vozidla (19 %). U lehkých nákladních automobilů a dodávek je největší účinnost bezp. pásů (3 bodový a neznámý pás) a airbagů na straně řidiče (65 %). Neznámé pásové typy jsou s ohledem na účinnost břišní pásy. Čelní airbagy jsou uvedeny průměrnými hodnotami pro všechny typy čelních airbagů a vztahující se na přední část vozidla (řidič, spolujezdec). Označením „NA“ je myšleno, že nejsou žádné pásy daného druhu v místě sedadla.

	Upper Interior	Not Upper Interior	Total
Head injuries	229,346	315,787	545,133
Neck injuries	43,371	41,487	84,858
Torso, arms or legs	62,859	934,978	997,837
Burns	0	5,728	5,728
$\Sigma$	335,483	1,297,981	1,633,557

Tabulka č. 10: Úrazy v USA podle FMVSS, 1995-2009. [zdroj: FMVSS]

FMVSS (Federální bezpečnostní standardy pro motorová vozidla) přišli s výsledkami s nejčastějšími poraněními části těla při nehodě v USA v letech 1995 – 2009. V tabulce jsou jednotlivá zranění částí těla rozdělena na poranění horním interiérem a poranění nepůsobená interiérem. Největší hodnoty ukazují na poranění trupu, paží a nohou (997 837 případů).

### Airbagy – úmrtí rok 2001

Driver's Sidlo	RF Passenger Sidlo	Řidič Úmrtí	RF Passenger Úmrtí	Řidič / RF Poměr rizika
No air bag	No air bag	11894	12,493	0.952
Air-bag equipped	No air bag	1,658	2224	0,746

Tabulka č. 11: Úmrtí řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů. [zdroj: FMVSS]

	Frontal Úmrtí	Non-Frontal Úmrtí	Frontal/Non-Frontal Poměr rizika
RF seat without air bag	864	699	1,236
RF seat equipped with air bag	595	704	.845

Tabulka č. 12: Úmrtí spolujezdce v závislosti na použití airbagů. [zdroj: FMVSS]

V tabulce č. 10 je popsán úmrtí na straně řidiče a na straně spolujezdce s použitím airbagů a bez airbagů. Úmrtnost řidičů a spolujezdců bez airbagů je 11 894 – 12 493 obětí a s airbagem je úmrtnost mnohonásobně menší (1658 – 2224 obětí). V tabulce č. 11 je popsáno úmrtí pouze spolujezdce s airbagem a bez airbagů a to při čelní nebo jiné srážce. Tyto hodnoty byly udány pro rok 2001 organizací FMVSS (Federální bezpečnostní standardy pro motorová vozidla).

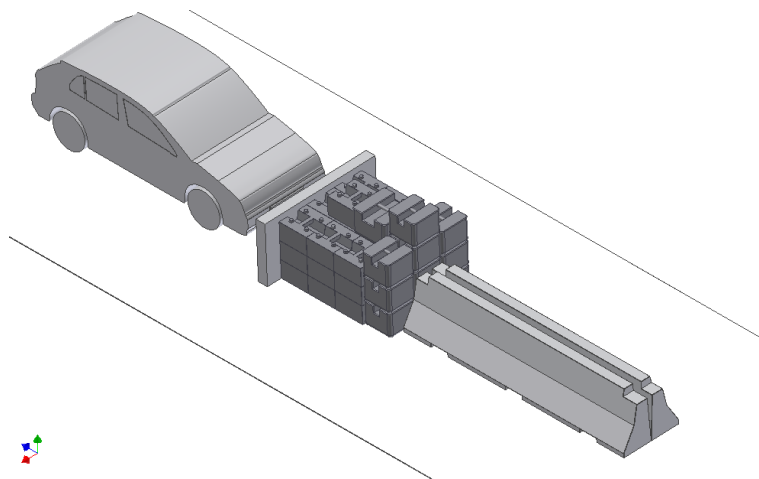
V závislosti na těchto tabulkách jsem se rozhodl provést experiment. Hlavním cílem experimentu bylo, zjistit zdali jsou tyto hodnoty pravdivé. Chtěl jsem si ověřit, zda je úmrtnost řidičů, tak vysoká. V už zmíněných tabulkách, jsou uvedena čísla počtu obětí za volantem bez airbagu. Celkem vysoké číslo úmrtnosti řidičů mě zaujalo. Proto jsem se rozhodl, že si tato čísla ověřím ve vlastním experimentu.



## Čelní střet osobní automobil – bariera

### Příprava experimentu (*Stanovení podmínek*)

Čelní střet jedoucího vozidla kategorie M1 s plným překrytím do nepohyblivé bariery. Konfigurace objektů dle obrázku 3.



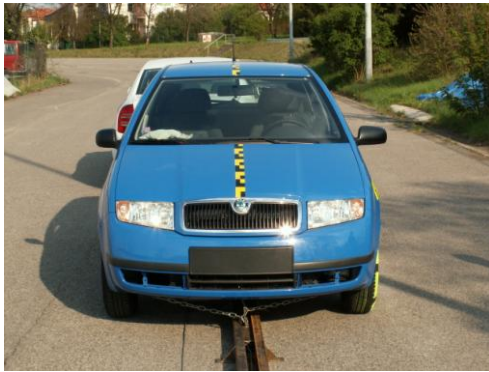
*Obr. 19 Konfigurace objektů při crash testu Škoda Fabia vs. pevná bariera s plným překrytím [zdroj: FD ČVUT]*



*Obr. 20 Příprava automobilu na test [zdroj: FD ČVUT]*

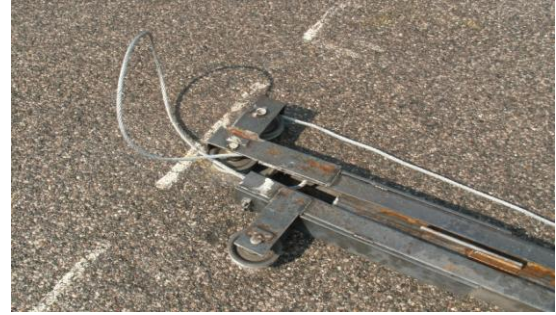
Pomocí speciálního zařízení bylo vozidlo urychleno do středu rovné suché vozovky. Vozidlo bylo osazeno zkušebními figurínami a měřicí technikou. Jeho kolizní rychlost byla 50km/h.

Nebyly stanoveny žádné atmosférické podmínky. Zaznamenané (snímané) veličiny jsou rychlost, zrychlení, obrazová dokumentace.



Obr. 21 Přední pohled vozů

[zdroj: FD ČVUT]



Obr. 22 Speciální zařízení pro urychlení

vozidla do středu rovné suché vozovky

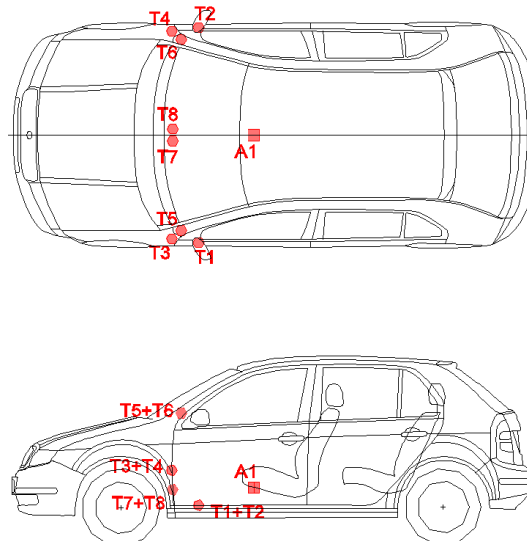
[zdroj: FD ČVUT]

### Příprava objektů

#### Vozidlo Škoda Fabia 1,2 HTP

V nebrzděném vozidle, které jelo 50km/h byly umístěny dva typy zkušebních figurín. Na místě řidiče: Hybrid II a na místě spolujezdce Manikin. Ochrana posádky při čelním nárazu je dostatečná pouze na místě řidiče (airbag v kombinaci s bezpečnostním psem). Na místě spolujezdce je ochrana nedostatečná, pouze bezpečnostní pás. Ostatní vybavení vozidla dle technických podmínek výrobce. Osazení automobilu tenzometrickými snímači napětí a snímačem zrychlení **dle obrázku č. 4.**

Motor v chodu na volnoběžné otáčce.



Obr. 23 Pozice tenzometrů  $T_x$  a akcelerometru  $A1$  na karoserii vozidla

[zdroj: FD ČVUT]

## **Bariera**

Bariera o hmotnosti 25 000 kg (stanoveno výpočtem) je pevná, nepohyblivá. Kolizní plocha je složena z betonu – jakost povrchu nspecifikována. Nehomogenní složení viz *suma*. Její upevnění není stanoveno.

***Suma: 12 600***

***Hmotnost bariery: 25 000 kg***

### ***Zkušební figurína Hybrid II***

Jak už bylo zmíněno na místě řidiče, byla umístěna zkušební figurína Hybrid II připoutaná bezpečnostním pásem.(Na místě řidiče ochrana airbagem.) Figurína odpovídá standardu EHK č. 94 [7].

Figurína vybavena měřiči zrychlení: - tříosým akcelerometrem v hlavě

- figurína je vybavena kamerou umístěnou v blízkosti levého oka, směr snímání vpřed. Kamera byla zapůjčena Ústavem pro výzkum motorových vozidel (ÚVMV), Novodvorská 994, Praha.

### ***Zkušební figurína Manikin***

Na místě spolujezdce byla umístěna figurína Manikin připoutaná bezpečnostním pásem, která odpovídá standardu ECE Regulations No. 16. Figurína vybavena tříosým měřičem zrychlení umístěným v hlavě.



*Obr. 24 Zkušební figuríny (zprava: Hybrid II, zleva: Manikin)*

*[zdroj: FD ČVUT]*

### **Přístrojové vybavení**

#### ***Měřiče zrychlení na figuríně:***

- Bruel a Kjaer BK2635
- magnetofon Peat XR 5000
- propojení kabelem, interní cejch 10. 10. 2003.

Vybavení bylo zapůjčeno Škoda výzkum s.r.o. Plzeň, odbor hluku a vibrací.

#### ***Rychlokamera:***

Kamera byla zapůjčena FTVS UK, Praha

- HG-100K, MotionXtra® HG-LE
- kapacita snímání do 100tis obr/s
- reálná rychlost snímání 500 obr/s

#### ***Kamera v blízkosti oka figuríny:***

- barevná web-kamera s rozlišením 512x384 napojená na kameru Sony 240 ER Digital 8

## **Vlastní experiment**

### ***Reálné podmínky***

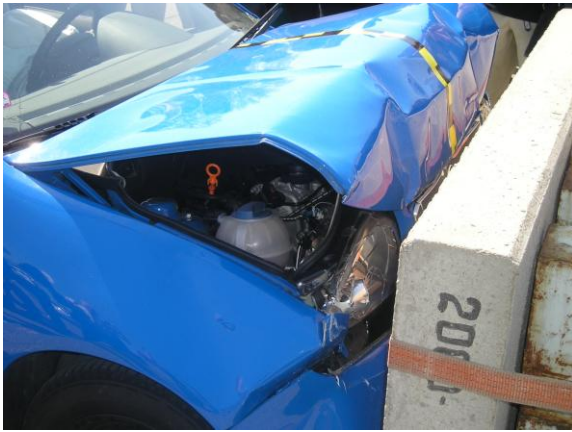
Experiment byl uskutečněn 02. 05. 2005 na zkušební dráze v areálu SZZPL, Praha 6 – Řepy, Třanovského 622. Při experimentu byla teplota vzduchu 25°C, rychlost větru byla 25m/. Nebyla zjištěna žádná relativní vlhkost vzduchu.

### ***Reálné parametry***

Pozn.: Pravděpodobná chyba měření neuvedena pro malý počet statistických znaků.

#### **a) Objekt vozidlo s posádkou (soustava)**

Ke střetu urychlen speciálním zařízením (viz. Zpráva VYZ616.005/04). Rychlost automobilu, jak už jsme zmínili, byla 50,77km/h. Celková hmotnost posádky byla 1208kg. Soustava měla kinetickou energii o hodnotě 120,1 kJ.



*Obr. 25 Střet vozů s bariérou [zdroj: FD ČVUT] Obr. 26 Konečná poloha figurín (zprava: Hybrid II, zleva: Manikin) [zdroj: FD ČVUT]*

### **b) Bariera**

Volně uložená nepohyblivá bariera na asfaltu betonové vozovce, nebyl zjištěn koeficient tření.



*Obr. 27 Boční pohled vozů a bariéry [zdroj: FD ČVUT]*



## Průběh experimentu (popis děje)

*Figuríny:*

<b>Popis děje</b>	<b>Figurína Hybrid II řidič A</b>	<b>Figurína MANIKIN spolujezdec B</b>
	<b>čas [ms]</b>	<b>čas [ms]</b>
První kontakt s bariérou	000	000
První pohyb způsobený nárazem (dopředný)	025	025
První kontakt řidiče s airbagem	47	-
Stálý kontakt hlavy s airbagem	179	
Maximální výchylka hlavy figuríny	092	096
Zpětný pohyb figuríny	092 - 303	096 - 330
Kontakt hlavy s opěrkou sedadla	229	193
Druhý pohyb způsobený odrazem od sedadla (dopředný)	310	335
Konečná poloha figurín	840	580

*Tabulka č. 13: Průběh střetu Škoda Fabia vs. pevná bariéra (figuríny) [zdroj: FD ČVUT]*



*Obr. 28 1. kontakt s bariérou*

*[zdroj: FD ČVUT]*



*Obr. 29 1. kontakt řidiče s airbagem*

*[zdroj: FD ČVUT]*



Obr. 30 Max. výchylka hlavy figuríny

[zdroj: FD ČVUT]



Obr. 31 Kontakt hlavy s opěrkou hlavy

[zdroj: FD ČVUT]



Obr. 32 Konečná poloha figurín [zdroj: FD ČVUT]

<b>Popis děje</b>	<b>Vozidlo A čas [ms]</b>	<b>Bariéra čas [ms]</b>
První kontakt s bariérou	000	000
Deformace nárazníku a masky	000-008	-
Počátek deformace kapoty, blatníku a světel	010	-
Kontakt tuhé struktury s bariérou	055	-
Pozorován začátek pohybu bariéry	-	035
Podélná rychlost vozidla $v = 0 \text{ m.s}^{-1}$	061	-
Pozorován počátek odskočení vozidla	078	-
Pozorován konec pohybu bariéry	-	169
Pozorován konec zpětného pohybu	580	-
Pozorován začátek druhého dopředného pohybu	620	-
Konečná poloha vozidla a bariéry	1000	357

Tabulka č. 14: Průběh střetu Škoda Fabia vs. pevná bariéra. [zdroj: FD ČVUT]



Obr. 33 První kontakt vozidla s bariérou  
[zdroj: FD ČVUT]



Obr. 34 Počátek deformace kapoty,  
blatníku a světel [zdroj: FD ČVUT]



Obr. 35 Kontakt tuhé struktury s  
bariérou [zdroj: FD ČVUT]



Obr. 36 Konec zpětného pohybu  
vozidla [zdroj: FD ČVUT]

## Výsledek experimentu

Figuríny:

### Místo řidiče (Hybrid II)

Body	4	3	2	1	0
Barva	Zelená	Žlutá	Oranžová	Hnědá	Červená
HIC	< 650	767	884	999	> 1000
$a_{(3ms)}$ [g]	< 72	77	82	87	> 88

Tabulka č. 15: Biomechanické kritérium poranění hlavy – HIC. [22]

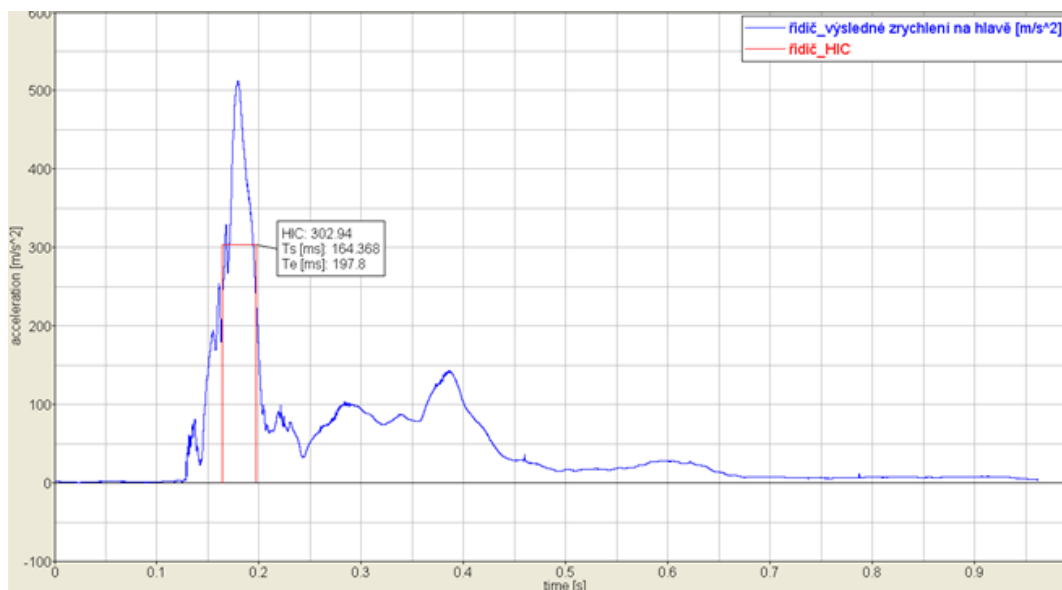
Podmínka:  $HIC \leq 1000$



*Kriterium poranění hlavy – graf :*

$$\text{HIC} = 302,94; T1 = 164,4 ; T2 = 197,8$$

Při experimentu, kdy byla figurína dostatečně chráněná (bezpečnostní pásy, airbag) dosáhlo její zranění hlavy hodnoty HIC 302,94 což je malá naměřená hodnota a nemělo by dojít ani k sebemenšímu poranění hlavy.



*Graf č. 2: Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny řidiče a kritérium poranění hlavy HIC [zdroj: FD ČVUT]*

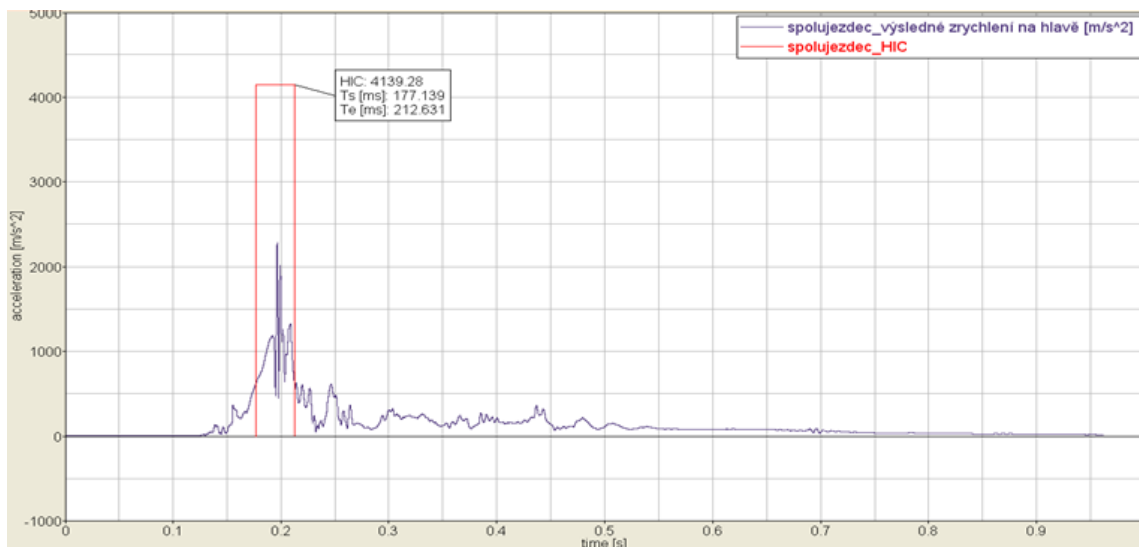
### **Místo spolujezdce (Manikin)**

Figurína umístěná na místě spolujezdce byla ochráněna pouze bezpečnostním pásem. Při experimentu její poranění hlavy dosáhlo hodnoty HIC 4139. Tato hodnota je vysoká a došlo by k vážným poraněním hlavy.

*Kriterium poranění hlavy:*

$$\text{HIC} = 4139; T1 = 177,14; T2 = 221,63$$

Když porovnáme naměřené hodnoty poranění hlavy figurín, zjistíme, že jejich hodnoty se výrazně liší. Figurína na místě řidiče byla dostatečně chráněna (airbag, bezpečnostní pásy) a její zranění by bylo minimální nebo žádné. Naproti tomu naměřená hodnota poranění hlavy u figuríny na místě spolujezdce byla velmi vysoká a došlo by k velkému poranění hlavy. Figurína nebyla dostatečně chráněna, pouze bezpečnostní pásy.



Graf č. 3: Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny spolujezdce a kritérium poranění hlavy HIC [zdroj: FD ČVUT]

## Hodnocení experimentu:

Provedl jsem experiment: kolize osobního automobilu – pevná bariéra. Po zhodnocení výsledků lze konstatovat:

Ochrana posádky osobního automobilu Škoda Fabia při čelním nárazu dle uvedených podmínek pevné bariery je dostatečná pouze na místě řidiče Hybrid II (řidič měl ochranu v podobě bezpečnostního pásu v kombinaci s airbagem). Zatímco na místě spolujezdce Manikin je ochrana nedostatečná (spolujezdec je chráněn pouze bezpečnostním pásem).

Data z testu ukazují, že kritérium poranění hlavy HIC u figuríny Hybrid II (řidiče) s využitím airbagu činí  $HIC = 302,94$  a tato hodnota splňuje danou podmínku  $HIC \leq 1000$ . U figuríny Manikin (spolujezdec) byla naměřena hodnota kritéria poranění hlavy  $HIC = 4139$  tzn., že hodnota je několikrát překročena dané podmínce a tím pádem dojde k velkému poranění hlavy respektive nastane smrt. Veškerá data a podklady experimentu byla použita ze studentských projektů provedených v minulosti.

Z výsledků experimentu mi byly potvrzeny statistiky (viz *Tabulka č. 11: Úmrtí řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů.*), které říkají, že větší šance na přežití mají cestující, kteří mají ve výbavě svého vozidla airbag.

## 6 ZÁVĚR

Diplomová práce je zaměřena na poranění hlavy řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů. Jsou zde uvedeny statistiky dopravních nehod, popis prvků pasivní bezpečnosti. V další pasáži rešeršní části práce je uveden přehled možných poranění základních částí lidského těla se zaměřením na poranění hlavy. Legislativa a jejich normy jsou seznámena v obecném pojetí a jejich významy. Úmrtí na straně řidiče, kde je umístěn airbag, jsou v daleko nižším počtu, než úmrtí na straně spolujezdce, kde airbag není umístěn. S problematikou pasivní bezpečnosti spolupracuje i disciplína, která se nazývá biomechanika. Díky ní se můžeme dozvědět o příčině a vzniku poranění při nehodě, a proto si dnes můžeme kupovat stále bezpečnější automobily. Zaměříme se na hlavovou část, kde zjišťujeme kritérium hlavy HIC, kde hodnoty nesmí překročit danou podmínku  $HIC \leq 1000$ .

Experiment byl proveden jako simulace čelního nárazu vozidla s dvěma testovacími figurínami Hybrid II a Manikin simulující reálného cestujícího. Testovací automobil značky Škoda Fabia 1,2 HTP je opatřen airbagem na straně řidiče, na straně spolujezdce airbag chybí. Zjišťovali jsme u figurín kritérium poranění hlavy HIC, zaznamenávali jsme údaje kritéria HIC u řidiče (Hybrid II) s použitím airbagů a bez použití airbagů na straně spolujezdce (Manikin). Při experimentu, kdy byla figurína řidiče dostatečně chráněná (bezpečnostní pásy, airbag) dosáhlo její zranění hlavy hodnoty HIC 302,94 což je malá hodnota, tím pádem neporušuje podmínku  $HIC \leq 1000$  a nemělo by dojít k sebemenšímu poranění hlavy. Figurína umístěná na místě spolujezdce byla ochráněna pouze bezpečnostním pásem. Při experimentu její poranění hlavy dosáhlo hodnoty HIC 4139. Tato hodnota je vysoká. Překračuje téměř čtyřnásobek povolené podmínky a došlo by k vážným poraněním hlavy, v nejhorším případě i smrti.

Porovnáme-li naměřené hodnoty poranění hlavy figurín, zjistíme, že jejich hodnoty se výrazně liší. Figurína na místě řidiče byla dostatečně chráněna (airbag, bezpečnostní pásy) a její zranění by bylo minimální nebo žádné. Naproti tomu naměřená hodnota poranění hlavy u figuríny na místě spolujezdce byla velmi vysoká a došlo by k velkému poranění hlavy. Figurína nebyla dostatečně chráněna, měla pouze bezpečnostní pásy. Naměřené hodnoty kritéria hlavy HIC u figurín v závislosti na použití airbagů při normované poloze sedaček mi potvrdili výše zmíněné statistiky (viz *Tabulka č.11: Úmrtí řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů.*). Šance na přežití člověka ve vozidle na straně, kde je umístěn airbag, je vyšší než u člověka, který nemá před sebou airbag. Veškeré podklady a data

potřebná k uskutečnění experimentu jsem převzal z dříve uskutečněných studentských projektů.

Ze získaných informací a poznatků z experimentu bych doporučil, aby každé vozidlo mělo bezpečnosti airbagy. Minimálně by měly airbagy být v přední části vozidla, jak u řidiče, tak u spolujezdce.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA, ZDROJE

- [1] KOVANDA, J.: *Pasivní bezpečnost vozidel*, Dílčí zpráva o řešení projektu č. FT-TA/024 ke dni 31. 10. 2004
- [2] Informace o nehodovosti na pozemních komunikacích České republiky za rok 2011, cit. 2011-2-21]. Dostupné na:  
<http://www.policie.cz/soubor/2011-12-informace-pdf.aspx>
- [3] Safety belts [online]. Technical F1 Dictionary, [7.4.2011]. Dostupné na [http://www.securon.co.uk/?gclid=CPnS6viFjK8CFQhe3wod\\_1Tk-A](http://www.securon.co.uk/?gclid=CPnS6viFjK8CFQhe3wod_1Tk-A).
- [4] Top formula [online]. Sabelt, [7.4.2011]. Dostupné na:  
[http://www.rusmich-tuning.cz/Sabelt/6-bodove-formulove-pasy-SABELT-Top-Formula\\_g5446.html](http://www.rusmich-tuning.cz/Sabelt/6-bodove-formulove-pasy-SABELT-Top-Formula_g5446.html).
- [5] VLK, František. *Automobilová elektronika 2 : Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. Brno, 2006. 308s. ISBN 80-239-7062-3.
- [6] *Systém pasivní bezpečnosti - FIAT ČR spol. s r.o.*, 2009
- [7] KOVANDA, J. – ŠATOCHIN, V.: *Pasivní bezpečnost vozidel*, ČVUT Praha 2001, 69 s. ISBN 80-01-02235-8
- [8] KOVANDA, J.: *Biomechanické limity pro minimalizaci zranění*, Dílčí zpráva o řešení projektu č. FT-TA/024 ke dni 31. 12. 2004 [cit. 2009-12-18].
- [9] HYNČÍK, L. – MARTINEC, P. – KOCKOVÁ, H. – CIMRMAN, R.: *Kritéria poranění a jejich implementace do biomechanického modelu člověka*, Dílčí zpráva o řešení projektu č. FT-TA/024 ke dni 31. 3. 2007
- [10] *Anatomie pánve, hlavičky, pánevní rozměry* [online], dokument. Dostupné z: [http://www.google.cz/webhp?source=search\\_app#hl=cs&output=search&scroll=ent=psyab&q=Anatomie+p%C3%A1nve%2C+hlavi%C4%8Dky%2C+p%C3%A1nevn%C3%AD+rozm%C4%9Bry%2C+hlavi%C4%8Dka+novorozence&oq=Anatomie+p%C3%A1nve%2C+hlavi%C4%8Dky%2C+p%C3%A1nevn%C3%AD+rozm%C4%9Bry%2C+hlavi%C4%8Dka+novorozence&aq=f&aqi=&aql=&gs\\_l=hp.3...2114l2114l0l2662l11110l0l0l0l0l0l0l0l0.frgbld.&pbx=1&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.,cf.osb&fp=19a1870942d1f0d9&biw=1366&bih=667](http://www.google.cz/webhp?source=search_app#hl=cs&output=search&scroll=ent=psyab&q=Anatomie+p%C3%A1nve%2C+hlavi%C4%8Dky%2C+p%C3%A1nevn%C3%AD+rozm%C4%9Bry%2C+hlavi%C4%8Dka+novorozence&oq=Anatomie+p%C3%A1nve%2C+hlavi%C4%8Dky%2C+p%C3%A1nevn%C3%AD+rozm%C4%9Bry%2C+hlavi%C4%8Dka+novorozence&aq=f&aqi=&aql=&gs_l=hp.3...2114l2114l0l2662l11110l0l0l0l0l0l0l0l0.frgbld.&pbx=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&fp=19a1870942d1f0d9&biw=1366&bih=667)

- [11] KOVANDA, Jan. Konstrukce automobilů Pasivní bezpečnost. První vydání. Praha: ČVUT, 1996. 50 s.
- [12] Anotace předpisu č.1 [online]. [cit. 2010-4-4]. Dostupné z:  
<http://predpisy.tuvsud.cz/bin/ehk/anotace/a94.htm>
- [13] DUŠEK, Tomáš. Pasivní bezpečnost vozidel a biomechanika poranění. Diplomová práce. Praha, 2007. 65 s.
- [14] KLEPÁČEK, I., MAZÁNEK, J. a kolektiv: Klinická anatomie ve stomatologii. Grada, Praha, 2001
- [15] GOOGLE.CZ.Obrázky [online]. Dostupné z:  
<http://alejaci.cz/ucivo/lebka.htm>
- [16] Humanetics Innovative Solutions [online]. Dostupné na:  
<http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies>
- [17] GOOGLE.CZ.Obrázky[online].Dostupné z:  
<http://sberatelekosti-bones.blog.cz/0808/rozdily-mezi-muzskou-a-zenskou-panvi>
- [18] General Motors Crash Test Dummies [online], publikováno 15. 7. 2010. Dostupný z: <http://blogs.internetautoguide.com/6666289/celebrities/general-motors-crash-test-dummies-retired-to-smithsonian-museum/index.html>
- [19] GOOGLE .CZ.Obrázky [online]. Dostupné z:  
[http://www.google.cz/search?hl=cs&q=p%C3%A1nev&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.,cf.osb&biw=691&bih=471&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=QFB0T8u0L8nzsgb-zY-TEDQ#q=p%C3%A1te%C5%99&um=1&hl=cs&tbm=isch&bav=on.2,or.r\\_gc.r\\_pw.r\\_qf.,cf.osb&fp=20d76097201e5f73&biw=691&bih=471](http://www.google.cz/search?hl=cs&q=p%C3%A1nev&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&biw=691&bih=471&um=1&ie=UTF-8&tbm=isch&source=og&sa=N&tab=wi&ei=QFB0T8u0L8nzsgb-zY-TEDQ#q=p%C3%A1te%C5%99&um=1&hl=cs&tbm=isch&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&fp=20d76097201e5f73&biw=691&bih=471)
- [20] National Highway Traffic Safety Administration [online]. Dostupné na:  
<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/CATS/index.aspx>
- [21] NHTSA [online]. Dostupné z:  
[http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?hl=cs&rurl=translate.google.cz&sl=en&tl=cs&u=http://www.nhtsa.gov/Research/Hybrid%2BIII%2B5th%2BPercentile%2BFemale&usg=ALkJrhgLPsPL6oSZ9Zjrlzz6CKCQnjcwrQ](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=cs&rurl=translate.google.cz&sl=en&tl=cs&u=http://www.nhtsa.gov/Research/Hybrid%2BIII%2B5th%2BPercentile%2BFemale&usg=ALkJrhgLPsPL6oSZ9Zjrlzz6CKCQnjcwrQ)

- [22] SKALÁK, P. Pasivní bezpečnost vozidel FMVSS 201, Přednáška [online], publikováno 28. 11. 2005. Dostupný z:  
<http://www.kvm.tul.cz/katedra/ped/KDS2/KDS%20II%20-%205.pdf>
- [23] LIŠKA, Radek. Historie a vývoj EuroNCAP – školící prezentace. 2006.
- [24] POKORNÝ, Jan. Bezpečnost a ochrana osádky. Interní materiály KDP DFJP Univerzity Pardubice, nepublikováno.
- [25] Žena a auto [online], publikováno 26. 9. 2011. Dostupný z:  
<http://www.zenaaauto.cz/ktere-sedadlo-je-bezpecne/1032/clanek.html>
- [26] KEPÁK, Jiří. Úrazová nemocnice, Brno [online], publikováno 8. 4. 2005. Dostupný z: <http://www.levret.cz/publikace/casopisy/mb/2005-8/?pdf=72>

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

*Obr. 1 Směry nárazů [8]*

*Obr. 2 Druhy bezpečnostních pásů: a – čtyřbodový, b – pětibodový, c – šestibodový, d – sedmibodový, e – osmibodový. [3], [4]*

*Obr. 3 Omezovač síly v bezpečnostním pásu s torzní tyčkou [5]*

*Obr. 4 Mechanický napínač pásu (Opel): 1 – zásobník síly (předepjata pružina), 2 - bovden, 3 – zpětná západka. [5]*

*Obr. 5 Pyrotechnický předpínač (Opel): 1 – plynový generátor s pyropatronou, 2 – cívka bezpečnostního pásu, 3 – ozubené kolo, 4 – zásobník ozubených kuliček, 5 – bezpečnostní pás. [5]*

*Obr. 6 Vyvíječ plynu [6]*

*Obr. 7 Aktivní hlavová opěrka – naklonění opěrky dopředu při nárazu [5]*

*Obr. 8 Zlomeniny střední obličejové etáže – Le Fort I (černě), Le Fort II (červeně), Le Fort III (růžově). [14]*

*Obr. 9 Popis základních kostí mozkové části lebky [15]*

*Obr. 10 Páteř [19]*

*Obr. 11 Pánevní [17]*

*Obr. 12 Pozice podle normy 8613 – 1981 [8]*

*Obr. 13 Hybrid III rodina [18]*

*Obr. 14 Hybrid III 5. percentile Žena [16]*

- Obr. 15 Hybrid III 50. percentile Muž [16]*
- Obr. 16 Hybrid III 95. percentile Velký Muž [16]*
- Obr. 17 Hybridní II 50. percentile Muž [16]*
- Obr. 18 EuroSID-1 (představuje 50 % dospělého muže) [16]*
- Obr. 19 Konfigurace objektů při crash testu Škoda Fabia vs. pevná bariera s plným překrytím*
- Obr. 20 Příprava automobilu na test*
- Obr. 21 Přední pohled vozů*
- Obr. 22 Speciální zařízení pro urychlení vozidla do středu rovné suché vozovky*
- Obr. 23 Pozice tenzometrů Tx a akcelerometru A1 na karoserii vozidla*
- Obr. 24 Zkušební figuríny (zprava: Hybrid II, zleva: Manikin)*
- Obr. 25 Střet vozů s bariérou*
- Obr. 26 Konečná poloha figurín (zprava: Hybrid II, zleva: Manikin)*
- Obr. 27 Boční pohled vozů a bariéry*
- Obr. 28 1. kontakt s bariérou*
- Obr. 29 1. kontakt řidiče s airbagem*
- Obr. 30 Max. výchylka hlavy figuríny*
- Obr. 31 Kontakt hlavy s opěrkou hlavy*
- Obr. 32 Konečná poloha figurín*
- Obr. 33 První kontakt vozidla s bariérou*
- Obr. 34 Počátek deformace kapoty, blatníku a světel*
- Obr. 35 Kontakt tuhé struktury s bariérou*
- Obr. 36 Konec zpětného pohybu vozidla*
- Obr. 37 Hvězdičky ohodnoceny bodami při čelních a bočních testech [23]*
- Obr. 38 Test zádržných systému [25]*



## 9 SEZNAM GRAFŮ

*Graf č. 1: Průběh zabitých a zraněných osob ( 1990-2007) [20]*

*Graf č. 2: Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny řidiče a kritérium poranění hlavy HIC*

*Graf č. 3: Průběh celkového zrychlení (SAE 1000) v hlavě figuríny spolujezdce a kritérium poranění hlavy HIC*

## 10 SEZNAM TABULEK

*Tabulka č. 1: Přehled viníků dopravních nehod [2]*

*Tabulka č. 2: Statistika dopravních nehod za posledních 10 let [2]*

*Tabulka č. 3: Maximální hodnoty jednotlivých kritérií [13]*

*Tabulka č. 4: Maximální hodnoty kritérií EHK č. 95 [13]*

*Tabulka č. 5: Předpisy EHK/EHS týkající se vozidel [13]*

*Tabulka č. 6: Porovnání hmotnosti, výšky a Sedící postava pro rodinu HYBRID III [21]*

*Tabulka č. 7: Počet úmrtí cestujících a procento všech úmrtí při čelním střetu (USA)*

*Tabulka č. 8: Odhadovaný počet zachráněných životů v zádržných systémech 1975-2007*

*Tabulka č. 9: Hodnocení účinnosti bezpečnostních pásů ve spojení s čelními airbagy pro obyvatele více než 12 let*

*Tabulka č. 10: Úrazy v USA podle FMVSS (1995-2009)*

*Tabulka č. 11: Úmrtí řidiče a spolujezdce v závislosti na použití airbagů*

*Tabulka č. 12: Úmrtí spolujezdce v závislosti na použití airbagů*

*Tabulka č. 13: Průběh střetu Škoda Fabia vs. pevná bariéra (figuríny)*

*Tabulka č. 14: Průběh střetu Škoda Fabia vs. pevná bariéra (vozidlo + bariéra)*

*Tabulka č. 15: Biomechanické kritérium poranění hlavy – HIC [22]*

## 11 SEZNAM ZKRATEK

**AIS** – (Abbreviated Injury Scale) – manuál k hodnocení poranění

**ANCAP** - (Australasian New Car Assessment Program) – australská organizace testující automobily

**A1** – akcelometr

**CY** – kalendářní rok

**ECE** - (Economic Commission for Europe) – evropská hospodářská komise

**EHK** – Evropská hospodářská komise

**ES** – evropské společenství

**Euro-NCAP** - (European New Car Assessment Programme) – organizace zabývající se zkouškami a posuzováním pasivní bezpečnosti osobních vozidel

**EuroSID** – (Side Impact Dummy) – evropská testovací figurína pro boční náraz

**FD ČVUT** – Fakulta Dopravní České Vysoké Učení Technické

**FMVSS** – (Federál Motor Vehicle Safety Standarts and Regulations) – celostátní standardy a nařízení pro motorová vozidla v USA

**FTVS UK** – Fakulta Tělesné Výchovy a Sportu Univerzita Karlova

**HIC** – (Head Injury Criterion) – kritérium poranění hlavy

**IHS – NCAP** - (Insurance Institute for Highway Safety) – pojišťovací institut pro bezpečnost silničního provozu

**ISO** – (International Organization for Standardization) – mezinárodní organizace pro normalizaci

**LTV** – lehké nákladní automobily a dodávky

**M1** – kategorie vozidla (nejméně mají čtyři kola a vozidla, která mají nejvýše osm míst k přepravě osob)

**NA** – bez bezpečnostních pásů

**NHTSA – NCAP** - (National highway traffic safety administration) – národní správa dálniční bezpečnosti v USA

**OSN** – organizace spojených národů

**PAHR** - (Pro Active Head Restraint) - typ aktivní hlavové opěrky

**PSPF** - (Pubic Symphysis Peak Force) – kritérium zatížení stydké kosti

**RF** – pravé přední sedadlo ve vozidle (spolujezdec)

**RHR** - (Reactive Head Restraint) – typ aktivní hlavové opěrky

**SAE** - Průběh celkového zrychlení  
**SI** – (Severity Index) – biomechanické kritérium  
**SRS** – (Supplemental Restraint Systém) – airbagový systém  
**SUV** – sportovní užitkové vozidlo  
**SZZPL** – Státní Zkušebna Zemědělských, Potravinářských Lesnictví  
**ThPC** - (Torax Performance Criterion) – kritérium pro hrudník  
**TTI** - (Thoracic Trauma Criterion) - kritérium poranění hrudníku pro boční náraz  
**Tx** – tenzometr  
**ÚVMV** - ústav pro výzkum motorových vozidel  
**VC** - (Viscous Criterion) – kritérium měkkých tkání  
**VMT** – (Vehicle Miles Traveled) - vozidla cestující v mílích  
**3MS** – kritérium poranění hrudníku pro čelní náraz