

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ**

Jana Stránská

**BIOMECHANICKÁ KRITÉRIA PORANĚNÍ
A AUTONOMNÍ VOZIDLA**

Bakalářská práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jana Stránská

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Biomechanická kritéria poranění a autonomní vozidla**

Název tématu (anglicky): Biomechanical injury criteria and self-driving cars

Zásady pro vypracování

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

- Seznamte se s kritérii poranění vyhodnocovanými při legislativních a spotřebitelských testech, vypracujte rešerši
- Popište aktuálně používané zádržné systémy v osobních automobilech
- Popište vyvíjené zádržné systémy s ohledem na autonomní vozidla
- Zhodnoťe zdali a jaká kritéria poranění musí být brána v potaz pro nestandardní polohu sezení a nové typy nehod autonomních vozidel
- Na základě předchozích kapitol vypracujte návrh ideálního zádržného systému pro pasažéra ve vozidle s úrovní automatizace 4 (s ohledem na jeho obálku)



FAKULTA VYBAVENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: FIRST, Jiří a kol. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. Vyd. 1. Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5.
Platné předpisy, směrnice a normy

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Mík, Ph.D.
Ing. Martin Šotola, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

22. června 2018

(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:

26. srpna 2019

- 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



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jana Stránská
jméno a podpis studenta

V Praze dne 22. června 2018

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této bakalářské práce. Zejména pak děkuji Ing. Martinovi Šotolovi, Ph. D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce. Dále také děkuji Ing. Josefu Míkovi, Ph. D. za rady které mi poskytoval po celou dobu mého studia.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině 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 Fakultě dopravní.

- Nemám závažný důvod proti užívání 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).*
- Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací*

V Praze dne 25. 8. 2019

.....

Podpis

Anotace bakalářské práce

Název práce: Biomechanická kritéria poranění a autonomní vozidla

Autor: Jana Stránská

Rok obhajoby: 2019

Vedoucí práce: Ing. Martin Šotola, Ph. D.

Ing. Josef Mík, Ph. D.

Ústav dopravních prostředků K616

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní

Abstrakt: Předmětem bakalářské práce „Biomechanická kritéria a autonomní vozidla“ je představení biomechanických kritérií, které jsou ukazateli závažnosti poranění při dopravních nehodách. Dále jsou zde stručně uvedeny zádržné systémy, které se využívají v automobilech, a legislativa pasivní bezpečnosti. Součástí práce je také kapitola věnovaná autonomním vozidlům. V závěrečné části práce je uveden návrh zádržného systému pro pasažéra v autonomním vozidle s úrovní automatizace 4 a vyšší, kde je důraz na nestandardní polohu sezení a nové typy nehod.

Klíčová slova: autonomní vozidla, biomechanická kritéria poranění, pasivní bezpečnost, zádržné systémy

Abstract bachelor's thesis

Title: Biomechanical injury criteria and self-driving cars

Author: Jana Stránská

Document type: Bachelor thesis

Year of presentation: 2019

Supervisor: Ing. Martin Šotola, Ph. D.

Ing. Josef Mík, Ph. D.

Department of Vehicle Technology K616

Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation
Sciences

Abstract: The purpose of the bachelor's thesis called „Biomechanical injury criteria and self-driving cars“ is to introduce biomechanical injury criteria, which are an indicator of the seriousness of injuries in traffic accidents. Furthermore, there are brief introduction into restraint systems, that use in cars and passive safety legislation. The work also includes a chapter devoted to self-driving cars. In conclusion of the thesis, there is s proposal of a restraint system for a passenger in an self-driving cars with the level of automation 4 and higher, where is emphasis on a out of position and new types of accidents.

Keywords: self-driving cars, biomechanical injury criteria, passive safety, restraint systems

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	BIOMECHANIKA	8
2.1	BIOMECHANICKÁ KRITÉRIA	8
2.1.1	<i>Poranění hlavy</i>	10
2.1.2	<i>Poranění krční páteře</i>	12
2.1.3	<i>Poranění hrudníku</i>	14
2.1.4	<i>Poranění břicha</i>	16
2.1.5	<i>Poranění pánve</i>	16
2.1.6	<i>Poranění končetin</i>	17
2.1.7	<i>Poranění kloubů</i>	18
2.1.8	<i>Poranění svalů a šlach</i>	18
3	ZÁDRŽNÉ SYSTÉMY	19
3.1	BEZPEČNOSTNÍ PÁSY	19
3.2	AIRBAGY.....	23
3.3	OPĚRKY HLAVY	26
4	LEGISLATIVA	28
4.1	PŘEDPIS EHK/OSN 94	29
4.2	PŘEDPIS EHK/OSN 95	30
4.3	PŘEDPIS EHK/OSN 131.....	31
4.4	PŘIPRAVUJÍCÍ SE LEGISLATIVA	31
5	AUTONOMNÍ VOZIDLA	32
5.1	STUPEŇ AUTOMATIZACE	32
5.2	AUTONOMNÍ VOZIDLA V SOUČASNOSTI	33
6	SYSTÉMY BUDOUCNOSTI	34
6.1	OUT OF POSITION	34
6.2	VENKOVNÍ AIRBAG	36
6.3	INTEGRACE AIRBAGŮ A BEZPEČNOSTNÍCH PÁSŮ DO SEDAČKY.....	37
7	FIGURÍNY	39
7.1	THOR	39
7.2	THUMS	40
8	POKRYTÍ AIRBAGŮ	42
8.1	ČELNÍ NÁRAZ - OFFSET.....	42
8.2	ČELNÍ NÁRAZ - SMALL OVERLAP	42
8.3	BOČNÍ NÁRAZ – SIDE BARRIER	43
8.4	BOČNÍ NÁRAZ - FARSIDE.....	43
8.5	AIRBAGY PRO AUTONOMNÍ VOZIDLA ÚROVNĚ 3	44
9	SEADLA PRO AUTONOMNÍ VOZIDLA	46
10	BIOMECHANIKA A AUTONOMNÍ VOZIDLA	48
11	ZÁVĚR	49
12	ZDROJE	50

Seznam použitých jednotek zkratek

ms	milisekunda = 0,001s
g	tíhové zrychlení = 9,81 m/s ²
Nm	Newton metr
kN	kilo Newton = 1000 N
mm	milimetr = 0,001 m
m	metr
km/h	Kilometr za hodinu
°	stupeň
l	litr
AIS	Abbreviated Injury Scale – mezinárodní stupnice poranění
APF	Abdominal Peak Force – kritérium poranění břicha
FFC	Femur Force Criterion – kritérium poranění stehenní kosti
GAMBIT	The generalized model for brain injury threshold – všeobecný model pro hranici poranění mozku
HIC	Head Injury Criterion – kritérium poranění hlavy
NIC	Neck Injury Criterion – kritérium poranění krku
PSPF	Pelvis Performace Criterion – kritérium poranění pánve
RDC	Rib Deflection Criterion – kritérium stlačení žeber
SI	Severity Index – index zatížení
TCFC	Tibia Compression Force Criterion – kritérium stlačení holenní kosti
TI	Tibia Index – index holenní kosti
TTI	Thoracis Trauma Insex – index hrudního traumatu
V*C	Viscous Criterion – viskózní kritérium
WSU	Wayne State University
EHK	Evropská hospodářská komise
OSN	Organizace spojených národů
OICA	Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles – Mezinárodní organizace automobilových konstruktérů
OOP	Out of position – mimo polohu

1 Úvod

V poslední době se v oblasti automobilového průmyslu čím dál více řeší otázka bezpečnosti. Výrobci, i uživatelé, požadují větší bezpečnost ve svých automobilech, ale nic nesmí být prováděno na úkor pohodlnosti a ovladatelnosti, kterou uživatelé požadují také. Stále více prvků se začíná řešit pomocí elektronických zařízení, která nám pomáhají při každodenním provozu. Díky tomuto se stává reálnější, že v horizontu deseti let se na silnicích začnou pohybovat automobily, které již nebudou ke svému řízení potřebovat řidiče a vše se bude řídit pomocí senzorů a řídicích jednotek. Jak se mohlo zdát před desítkami let toto nereálné až komické, tak autonomní vozidla se již brzy stanou realitou. Je tedy nutné se poohlédnout i po bezpečnostních prvcích, které se budou muset změnit na rozdíl od dnešních vozidel, která jsou řízena řidičem, a ten má jasně definovanou polohu.

V mé bakalářské práci se budu nejprve zabývat biomechanickými kritérii, která se využívají k analýze mechanismu poranění a následnému hodnocení poranění při legislativních a spotřebitelských testech. Dále se budu zabývat analýzou současného stavu zádržných systémů v osobních automobilech a legislativou, která se zabývá pasivní bezpečností vozidel.

Hlavním cílem je vytvořit koncepční návrh bezpečnostních systémů, které se budou moci využívat v autonomních vozidlech, kde poloha řidiče nebude jasně daná.

2 Biomechanika

Biomechanika je vědní obor, který spojuje studium mechanicky a biologických vlastností. Biomechanika poranění se zabývá popisem mechanismu poranění jednotlivých struktur organismu. Definiuje maximální přípustné hodnoty, které je schopen organismu snést. Tyto hodnoty se pak využívají k navrhování vhodných technických řešeních. [1]

Biomechanika vychází především z naměřených hodnot z experimentů a z analýzy dopravních nehod. Sleduje se řada faktorů Především zpomalení a zrychlení, lokalizace sil působících na tělo, rozdělení sil na ploše těla, závislost síly a dráhy či závislost síly a času. Za cíle si dává určit množství traumatologických nálezů, hledat limity pro různé typy poranění, analyzovat mechanismus poranění, vyhodnocovat poranění a účinnost konstrukčních opatření a zádržných systémů. [1]

2.1 Biomechanická kritéria

Biomechanická kritéria jsou mezní hodnoty, které je schopen člověk s určitou pravděpodobností přežít. Například kritérium HIC určuje, že pokud nebude překročena mezní hodnota, pasažér s pravděpodobností 95% nehodu přežije. Tyto hodnoty se používají při testování. Hodnoty vznikly na základě měření z experimentů, pokusů či reálných dopravních nehod.

Mezi nejdůležitější biomechanická kritéria patří maximální zatížení člověka při zpoždění, poranění hlavy, hodnoty pevnosti lebky a odolnost mozku, poranění hrudníku a orgánů uvnitř, hodnoty pevnosti obratlů, páteře či pánve. [1]

Závažnost jednotlivých poranění se určuje nejčastěji mezinárodní stupnicí AIS (Abbreviated Injury Scale). Stupně škály AIS [1]:

- 0 – bez zranění
- 1 – malé zranění
- 2 – střední zranění
- 3 – závažné zranění – není životu nebezpečné
- 4 – velmi vážné zranění – životu nebezpečné, přežití pravděpodobné
- 5 – kritické zranění – přežití nejisté
- 6 – maximální – nelze přežít, smrtelné úrazy
- 9 – neznámé

Stupně poranění jednotlivých částí těla jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka 1 Stupnice závažnosti poranění AIS [1]

	Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny
1	Bolest Malátnost	Zlomenina 1 žebra	Povrchové poranění	Natažení	Zlomenina prstu
2	Bezvědomí 1 h Lin. zlomenina	2-3 žebra Zlom. Sternum ¹	Poranění kontuze ² jater, ledvin	Malá zlomenina bez vlivu na kanál	Jednotlivá zlomenina, zlomenina pánve
3	Bezvědomí 1-6 h Vpáčená zlomenina	≥4 žebra 2-3 žebra + pneumothorax ³ nebo hemothorax ⁴	Slezina, ledviny velké poranění	Prasklý disk s poškozením nervu	Vykloubení kolena, zlomenina stehenní kosti
4	Bezvědomí 6-24 h Otevřená zlomenina	≥4 žebra s hemothorax nebo pneumothorax – kolaps hrudníku	Játra velké zranění, roztržení	Částečné poškození míchy	Amputace nad kolenem, rozdrcená pánev
5	Bezvědomí >24 h Velký hematom ⁵	Roztržení aorty	Roztržení ledvin, jater	Quadruplegie ⁶	Otevřená rozdrcená pánev

¹ Sternum – hrudní kost

² Kontuze – zhmoždění, pohmoždění

³ Pneumothorax – nahromadění vzduchu v pleurální dutině (uzavřený prostor obklopující plíce) s částečným nebo úplným kolapsem plíce

⁴ Hemothorax – přítomnost krve v pleurální dutině

⁵ Hematom – modřina, krevní výron – nahromadění krve ve tkáni v prostoru mimo cévy

⁶ Quadruplegie – úplné ochrnutí všech čtyř končetin, těžké poranění páteře, přerušení míchy

2.1.1 Poranění hlavy

Poranění hlavy je nejčastější zranění. Jedná se o cca 50 % všech úrazů a z toho tři čtvrtě případů je smrtelných. Poranění hlavy můžeme rozdělit do dvou oblastí. První oblastí je poranění obličejové části a druhou oblastí je poranění mozkové části hlavy. [2]

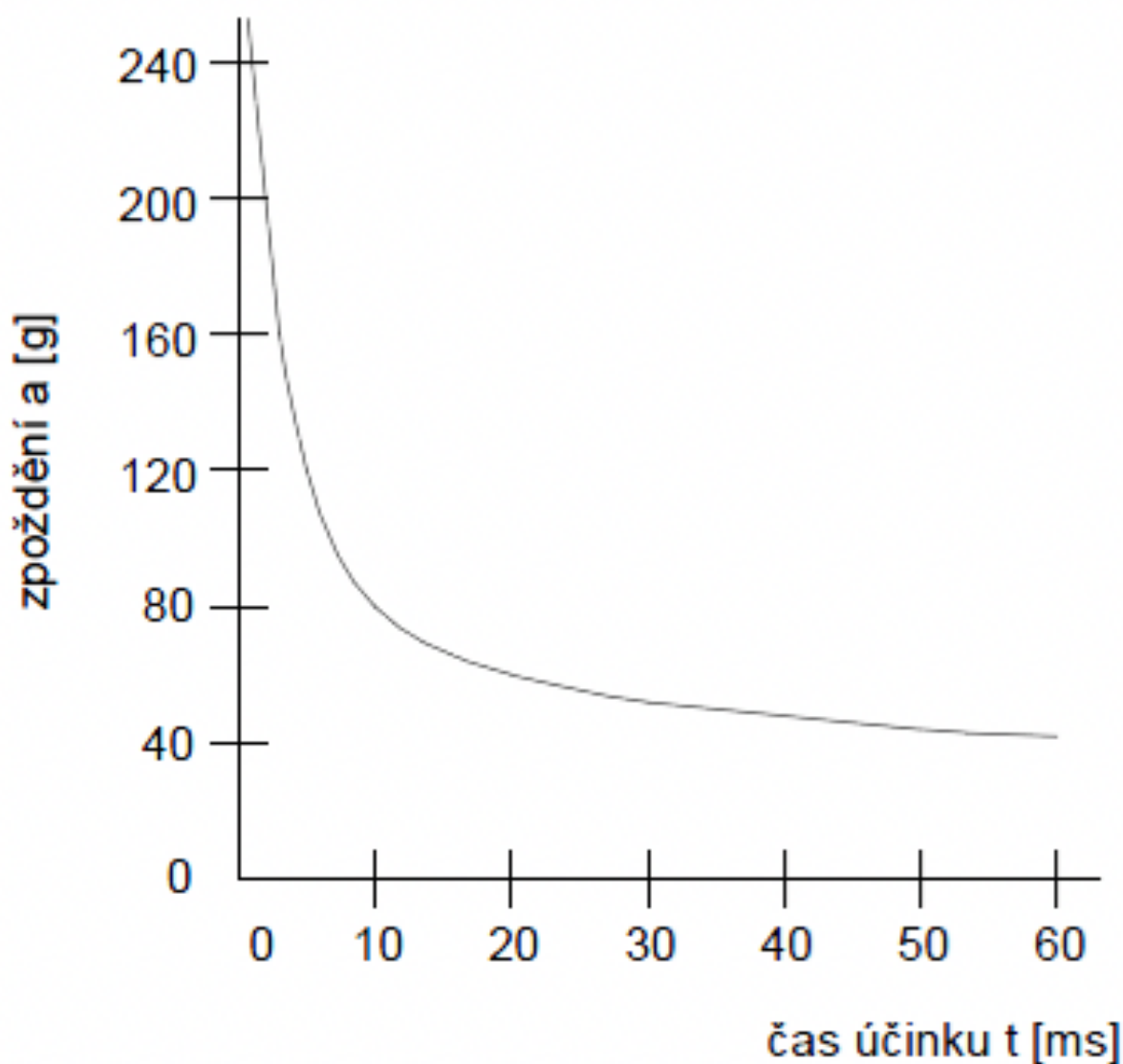
Mezi lehká poranění obličejové části hlavy patří povrchové poranění kůže. U těžkých poranění obličeje mohou být postiženy slinné žlázy, lícni nerv či smyslové orgány. Časté jsou také zlomeniny dolní čelisti či obličejové kostry. Zraněný je často ohrožen na životě udušením či vykrvácením. [1]

Poranění mozkové části hlavy zahrnuje zlomeniny kostí lebky a poranění mozku. Při zlomeninách jsou často poškozeny cévy, nervy a člověk je ohrožen meningitidou (infekční onemocnění, při kterém dochází k zánětu mozkových blan). U mozku může být poškozena vlastní hmota či jeho obaly. Často dochází k otřesu mozku, které bývá doprovázeno bezvědomím, zvracením či ztrátou paměti. Mezi těžké případy patří poranění spojená s krvácením do mozku či trombóza (krevní sraženina). [1]

Poranění hlavy je způsobeno vnějšími silami či silami setrvačnými. Častěji se vyskytují poranění kontaktní. Kontaktní statická síla má za následky zlomeniny, kdež to kontaktní síla dynamická má za následky poranění mozku. Bezkontaktní poranění setrvačnou silou způsobuje kontuzi (pohmoždění), difusní poranění mozku či krevní výrony. [1]

WSU – křivka

Špičkové zatížení lidského mozku je určeno pomocí WSU – křivky (Wayne State University) - obrázek 1. Tato křivka ukazuje závislost zpoždění hlavy a [g] na době účinku t [ms]. Hodnoty, které se nacházejí nad WSU – křivkou, jsou brány jako životu nebezpečné. Hodnoty, které se nacházejí pod křivkou, jsou brány jako hodnoty únosné. Křivka je stanovena pouze pro čelní náraz na rovnou plochu. Avšak na jejím základě byl určen limit 80 g po dobu trvání 3 ms.



Obrázek 1 Hranice snesitelnosti zpoždění v závislosti na době působení síly pro lidský mozek (WSU - křivka) [2]

Index zatížení SI

Na základě WSU – křivky byl určen index zatížení SI (Severity Index). Ten jako hranici pro přežití stanovuje hodnotu SI = 1000. Skutečnou hodnotu SI můžeme vypočítat ze vztahu:

$$SI = \int_0^t a_r^{2,5} dt$$

kde t [s] znamená konec nárazu a a_r [g] je zpoždění ve směrech souřadných os x , y , z vypočtené jako:

$$a_r = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

HIC kritérium

Při testech vozidel se využívá také kritérium HIC (Head Injury Criterion). Jako vstupní hodnoty se využijí data naměřená akcelerometry (přístroje či součástky měřící zrychlení) v těžišti hlavy figuríny. Výsledná hodnota by neměla překročit hodnotu 1000. Celkový časový interval je 36 ms (za tento čas nesmí dojít ke kontaktu hlavy s pevnou částí vozidla). V případě kontaktu hlavy s pevnou částí je to 15 ms. Pro kritérium HIC platí vztah:

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

GAMBIT kritérium

GAMBIT – Všeobecný model pro hranici poranění mozku (The generalized model for brain injury threshold) je kritérium, pomocí kterého můžeme vyhodnotit relativní pravděpodobnost poškození mozku. Poprvé byl zaveden v roce 1985. Navrhuje kritérium prahu poškození mozku, které se snaží zohlednit kombinované účinky translační a rotační kinematiky. Zpočítat ho můžeme pomocí vzorce:

$$G(t) = \left[\left(\frac{a(t)}{a_c} \right)^n + \left(\frac{\alpha(t)}{\alpha_c} \right)^m \right]^{\frac{1}{5}},$$

Kde $a(t)$ a $\alpha(t)$ jsou okamžité hodnoty translačního a rotačního zrychlení, n , m a s jsou konstanty vybrané tak, aby odpovídaly dostupným datům. [3]

2.1.2 Poranění krční páteře

Poranění páteře se vyskytuje velmi často. V 50 % případů se jedná o poranění krční páteře. Krční páteř se skládá ze 7 obratlů. První dva obratle, atlas a axis, mají odlišný tvar od ostatních a umožňují pohyb hlavy. Atlas zajišťuje kývavé pohyby a axis zajišťuje otáčení hlavy kolem svislé osy.

Při dopravní nehodě je pasažér ohrožen nejvíce při nárazu zepředu, kdy prudkým zrychlením hlavy dopředu a hned zas nazpět může dojít k poškození v oblasti krční páteře. Problém zde je, že trup je zadržen bezpečnostními pásy, kdežto hlava je volná, krční svaly ji nedokáží

udržet. Důležité jsou v tomto směru hlavové opěrky, které musí být dobře nastavené, aby při návratu hlavy dozadu dokázaly hlavu řádně ochránit od vážnějších následků, jako je například zlomenina obratlů a s tím často spojené poškození míchy, ochrnutí či ohrožení na životě.

Pro poranění krční páteře jsou stanoveny doporučené hodnoty maximálního momentového ohybu: [1]

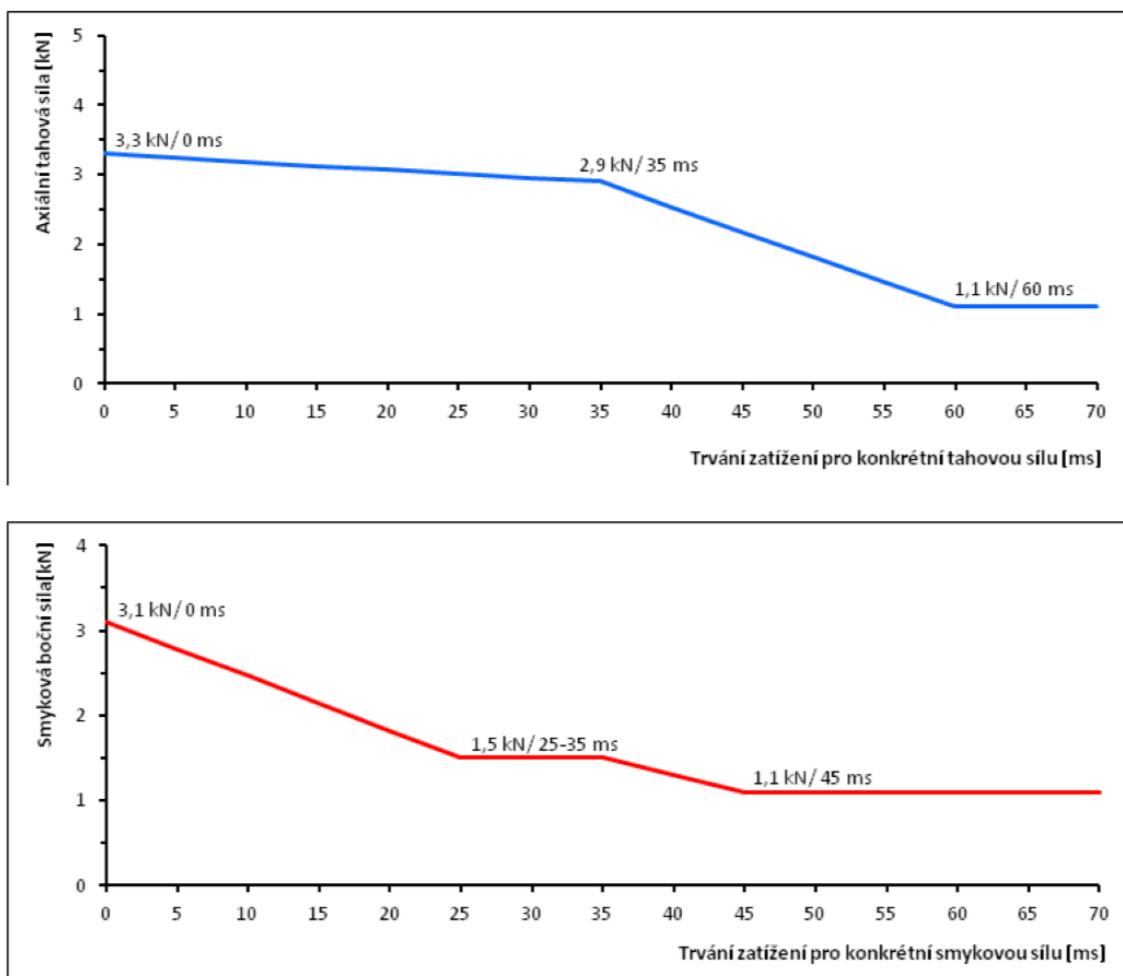
Čelní ohyb – 50,2 Nm

Zaklonění – 20,3 Nm

Boční ohyb – 47,5 Nm

NIC kritérium

Při testech vozidel se také využívá kritérium NIC (Neck Injury Criterion). Využívá se pouze při nárazech zezadu. Sleduje hodnoty axiální tahové a smykové boční síly na krku, které nesmí překročit hodnoty podle grafů na Obrázku 2. [4]



Obrázek 2 Axiální tahové síly a smykové síly působící na krk v závislosti na čase [4]

NIC se spočítá jako:

$$NIC = a_{rel} \times 0,2 + v_{rel}^2$$

kde a_{rel} a v_{rel} jsou relativní horizontální zrychlení a rychlost mezi dnem a vrcholem krční páteře. Konstanta 0,2 představuje délku hrdla v metrech. [5]

2.1.3 Poranění hrudníku

Poranění hrudníku je po poranění hlavy druhým nejčastějším zraněním. Jedná se o cca 20 % všech úrazů. Závažná zranění bývají příčinou smrti až v 25 % případů. Hrudník je tvořen z 12 žeber připevněných ke 12 hrudním obratlům a vepředu jsou spojeny hrudní kostí. Hrudní koš obsahuje nejdůležitější orgány lidského těla jako je srdce, plíce, velké cévy či jícn. [2]

Poranění lze rozdělit na tři části. První část je komoce neboli otřes při nárazu hrudníku. Druhá část je kontuze nebo pohmoždění, které je doprovázeno zlomeninami žebor, proražením orgánů jako jsou játra, slezina či ledviny. A třetí část je komprese neboli stlačení, které vede k roztržení plíce. [1]

Hodnocení poranění hrudníku nejčastěji vychází z experimentů. Biomechanická kritéria popisuje více způsobů, která jsou uvedena dále.

Kritérium 3MS

Kritérium popisuje, že na lidské tělo nesmí déle jak 3 ms působit zrychlení větší než 60 g, které bylo naměřeno při zkoušce. U kritéria 3 ms pro hlavu je brána limitní hodnota 80g. [1]

Měření maximálních sil

Kritérium popisuje maximální síly, které mohou působit na hrudník. Maximální síla působící na hrudní kost je stanovena hodnotou 3,29 kN, na rameno a hrud' naměřená síla nesmí překročit hodnotu 8,0 kN. [1]

TTI kritérium

Kritérium TTI (Thoracic Trauma Index) se používá pro boční náraz a vypočítá se pomocí vzorce:

$$TTI = 1,4 \times AGE + 0,5 \times (RIBY + T12Y) \times \frac{MASS}{M_{St}}$$

AGE – věk

RIBY – maximální zrychlení 4 až 8 žebra na nárazové straně [g]

T12Y – maximální zrychlení na 12 hrudním obratli [g]

MASS – hmotnost testované osoby

M_{St} – 75 kg

Kritérium TTI je dáno v g. Pro čtyřdveřové automobily je maximální hodnota TTI = 85 g. Pro dvoudveřové automobily je maximální hodnota TTI = 90 g. [1]

V*C kritérium

V*C kritérium (Viscous Criterion) definuje přípustné hodnoty pro měkké tkáně. Používá se pro nárazy při rychlosti nad 30 m/s a vypočte se podle vzorce:

$$V * C = \frac{d[D(t)]}{dt} \times \frac{D(t)}{D}$$

$D(t)$ – deformace hrudníku v čase

D – dohodnutá veličina – polovina rozměru hrudníku torza

Maximální limitní hodnota je 1,0 m/s a maximální deformace žeber 42 mm. [1]

RDC kritérium

Kritérium RDC (Rib Deflection Criterion) je kritérium stlačení žeber. Bývá sledováno při bočních nárazech. Maximální deformace je 42 mm.

2.1.4 Poranění břicha

V dutině břišní se nachází mnoho důležitých orgánů jako například játra, ledviny, slinivka břišní či slezina. Tyto orgány jsou velmi křehké a snadno může dojít k jejich zranění, které může vést až k ohrožení života. Mezi nejčastější zranění patří ruptura (roztržení) jater či sleziny. K poranění ledvin nedochází tak často, avšak jejich poranění mívá často následky v podobě krvácení a poškození jejich funkce.

K poranění v oblasti břicha dochází často i při správném použití bezpečnostních pásů. Problémový je především dvoubodový bezpečnostní pás, který vede přes břicho a případě nárazu, musí udržet celou hmotnost pasažéra na místě a může pasažéra poranit.

Při testování se používá kritérium APF (Abdomial Peak Force). Maximální hodnota na nárazové straně je 2,5 kN. Je to maximum součtu tří sil měřených 39 mm pod povrchem. [4]

2.1.5 Poranění pánve

Pánev je tvořena ze 2 kostí pánevních, kosti stydké a sponě stydké. Pánev je pak připojena pomocí kyčelního kloubu ke kosti stehenní. V pánvi se nachází důležité orgány močového a pohlavního systému.

Při závažném poranění pánve dochází ke zlomenině, která může být doprovázena krvácením a tím i ohrožením na životě. Při zlomenině také dochází k celkové ztrátě stability těla.

Speciální problematiku pak tvoří případy poranění těhotné ženy. V tomto případě může dojít k ohrožení samotného dítěte, ale i ženy.

Kritérium PSPF

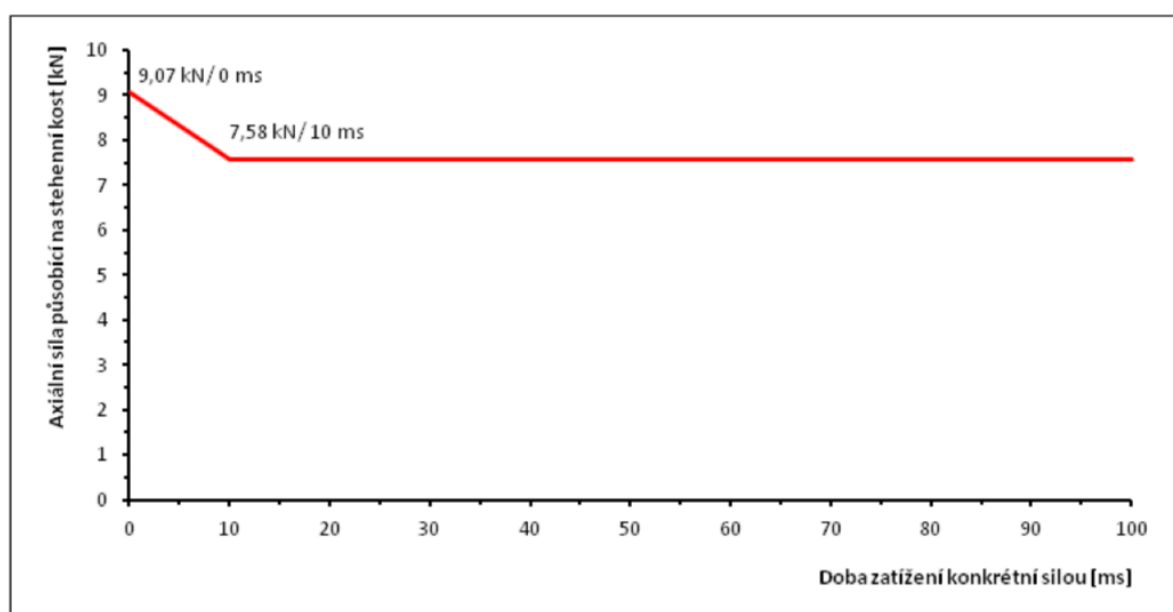
Kritérium PSPF (Pelvis Performance Criterion) udává limitní sílu, která může být naměřena ve sponě stydké. Maximální hodnota působící síly je 6 kN. [1]

2.1.6 Poranění končetin

Končetiny se skládají především z dlouhých kostí, které jsou spojeny klouby. Nejzranitelnější jsou nohy, které tvoří cca 40 % všech úrazů. Nejvíce jsou ohrožena kolena, která mohou při nárazu narazit do přístrojové desky. U horních končetin je nejvíce ohrožen ramenní kloub a nadloktí.

FFC kritérium

FFC (Femur Force Criterion) je kritérium poranění stehenní kosti. Tlaková síla, která působí na stehenní kost nesmí přesáhnout limitní hodnoty v grafu, viz. Obrázek 3. [4]



Obrázek 3 Velikost síly působící na stehenní kost v závislosti na čase [4]

TI kritérium

TI (Tibia Index) hodnotí tlakové síly, které působí v osovém směru a velikosti ohybových momentů, na holenní kost během nárazu. Limitní hodnota je stanovena jako $TI=1,3$. Kritérium lze spočítat jako: [4]

$$TI = \left| \frac{M_R}{(M_C)_R} \right| + \left| \frac{F_Z}{(F_C)_Z} \right|$$

$$M_R = \sqrt{(M_x)^2 + (M_y)^2}$$

M_x – ohybový moment vztažený k ose x [Nm]

M_y – ohybový moment vztažený k ose y [Nm]

(MC) R – kritický ohybový moment [Nm]

F_z – tlakové napětí působící v ose z [kN]

(FC) Z – kritická tlaková síla působící v ose z [kN]

TCFC kritérium

TCFC (Tibia Compression Force Criterion) je kritérium, které hodnotí tlakovou sílu působící na holenní kost. Síla, která na kost působí a způsobuje ohybový moment, nesmí přesáhnou limitní hodnotu, která se rovná 8 kN.

2.1.7 Poranění kloubů

Poranění kloubů postihuje vaziva či kloubní pouzdra. Může se jednat o poranění uzavřená nebo otevřená, která jsou doprovázeny krvácením. Mezi lehká poranění kloubů můžeme zařadit mikroskopická poranění. Mezi těžká poranění se řadí celé poškození struktur. Poraněného místo bolí, často se vytvoří otok, výron nebo dojde k poruše funkce. [1]

2.1.8 Poranění svalů a šlach

Svalová soustava je spojena se soustavou kosterní. Sval je aktivní složka, která umožňuje pohyb. Šlachy jsou části, které spojují svaly s kostmi. Mechanismem vzniku krytých poranění šlach a svalů je náhlý a prudký svalový stah nebo úder do svalu. [1]

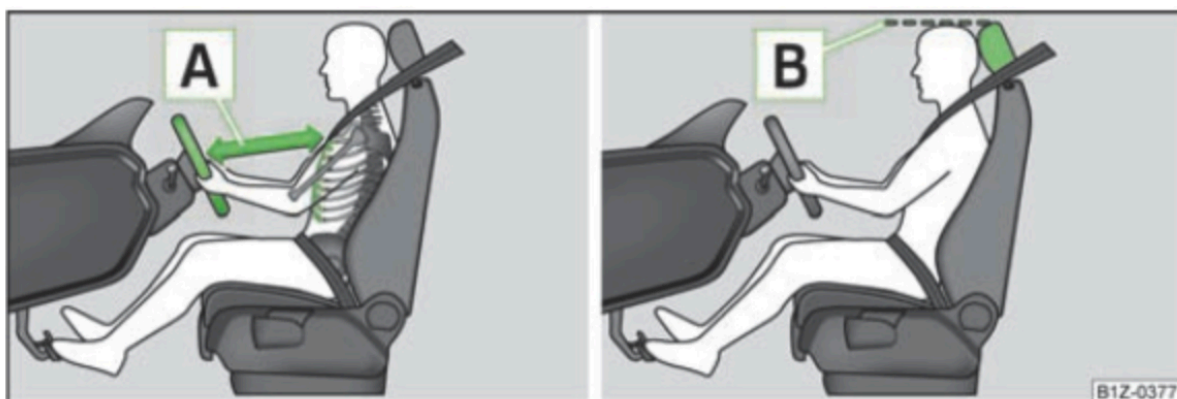
3 Zadržné systémy

Zadržné systémy jsou prvky pasivní bezpečnosti. Jedná se o technická zařízení, která slouží ke snížení rizika poranění uživatele v případě náhlého snížení rychlosti vozidla. Slouží k eliminaci nežádoucího pohybu posádky během střetu. Jejich konstrukce vychází především ze znalosti mechanismu poranění při nehodě.

Mezi zadržné systémy patří:

- Bezpečnostní pásy
- Airbagy
- Opěrky hlavy
- Dětské zadržné systémy

V následujících odstavcích jsou popsány standardní zadržné systémy, které definují přesnou polohu řidiče (viz. Obrázek 4) i ostatních cestujících.



Obrázek 4 Správná poloha řidiče

A - vzdálenost hrudníku od volantu - nejméně 25 cm

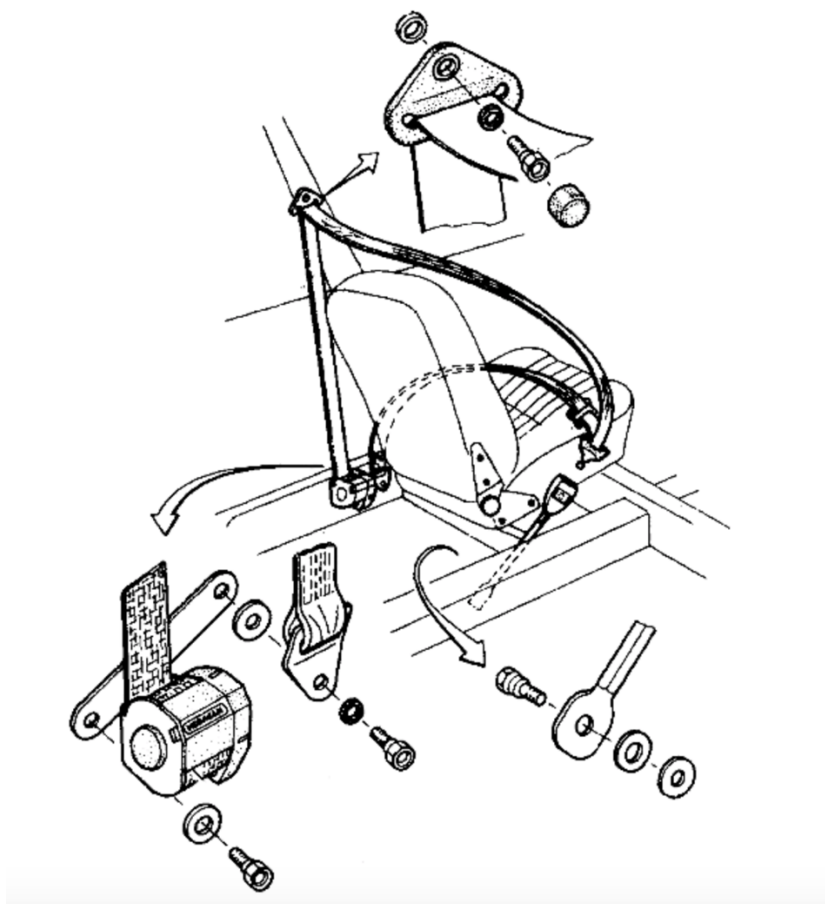
B – Nastavení hlavové opěrky [6]

3.1 Bezpečnostní pásy

Jedná se o popruhový zadržný systém, pomocí kterého je pasažér připoután k sedadlu. Jeho úkolem je pohlcení kinetické energie během nárazu a zamezení pohybu dopředu.

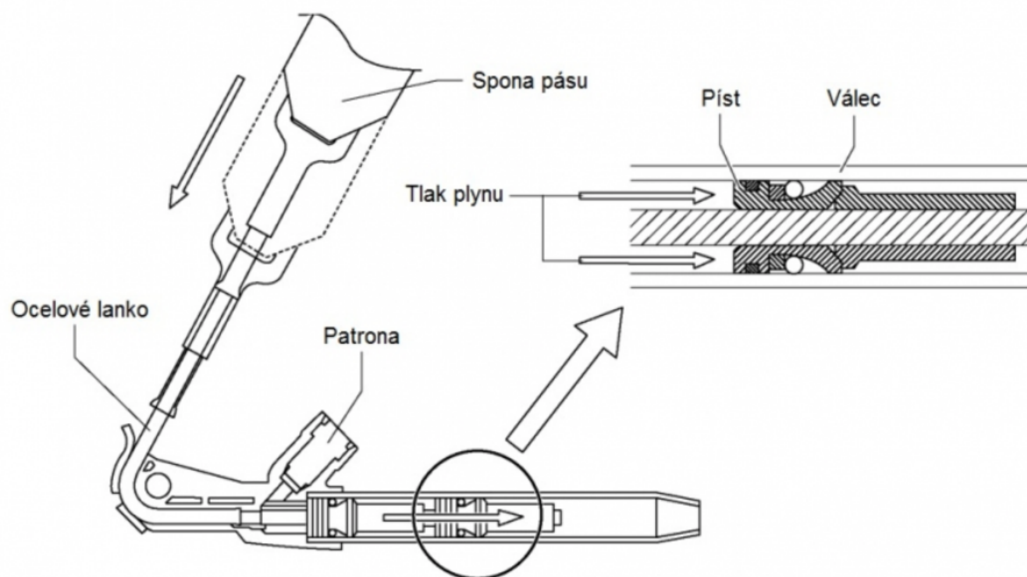
Bezpečnostní pás v motorových vozidlech je vyroben z textilního materiálu a pevně ukotven v několika bodech. Dříve se používali bezpečnostní pásy pevné (tzv. statické). U nich se vyskytoval velký problém se správným seřízením. Seřízení se provádělo ručně. Pro každého pasažéra bylo nutné provést správné nastavení v závislosti na jeho proporcích a poloze sedadla. Toto často vedlo k nesprávnému nastavení bezpečnostního pásu, kdy pás byl moc volný či naopak příliš utážen. Často lidé pás přes sebe jen přehodili, aby předešli problémům se silniční kontrolou a nedbali o správné seřízení, o svou bezpečnost.

V dnešní době se používají bezpečnostní pásy samonavíjecí neboli automatické – viz. Obrázek 5. Popruh je delší než u pevných pásů, avšak je speciálním zařízením na těle sám napínán. Funguje na principu navíjení pásu pomocí spirálové pružiny. Pružina při tahu pás uvolňuje, a naopak při odlehčení pás navíjí zpět. Součástí je také mechanismus, který v případě prudkého trhnutí pás zablokuje. Bez tohoto mechanismu by bezpečnostní pás ztratil ochrannou funkci. Záchytná účinnost samonavíjecího pásu je o něco málo menší nežli u pevného pásu, protože vždy, než dojde k zablokování, se část odvine. Z tohoto důvodu jsou samonavíjecí pásy doplněny předepínači.



Obrázek 5 Schéma tříbodového samonavíjecího pásu a jeho upevnění [7]

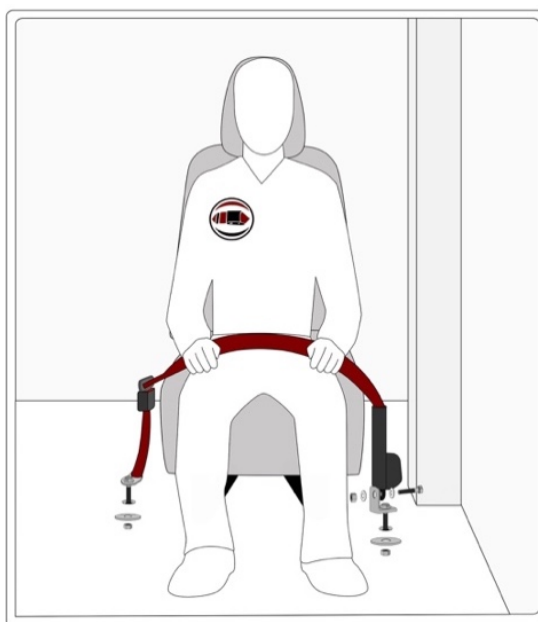
Předepínač je mechanismus přidaný k bezpečnostnímu pásu, který pomocí pyrotechnické patrony posune samonavíjecí mechanismus o nastavenou vzdálenost proti pohybu bezpečnostního pásu (viz. Obrázek 6). Tímto tak smaže vliv zpoždění náběhu. Předepínače jsou na jedno použití a po havárii se musí vyměnit, protože protažení ke kterému došlo při střetu je nevratné. [8]



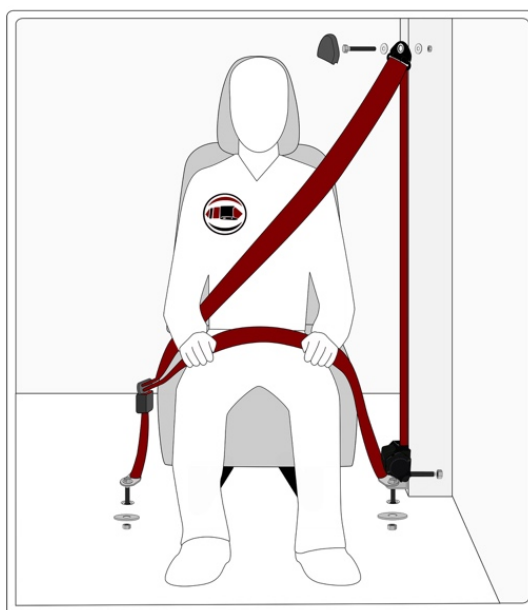
Obrázek 6 Předepínač bezpečnostního pásu [8]

Aby se předešlo poranění od příliš přitažených pásů, jsou pásy vybaveny omezovací silou v tahu. Je-li překročena hodnota 5 kN začne se hřídelka, na níž je pás navinut, zkrucovat. Tímto dojde k povolení pásu a síla se již dále nemůže zvětšovat.

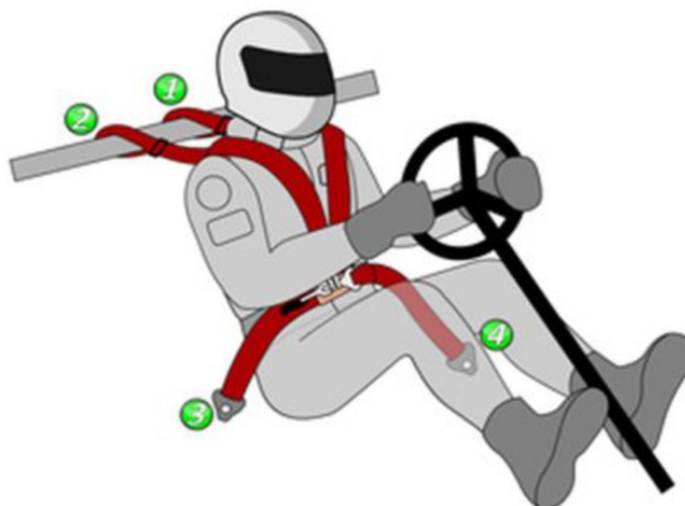
Bezpečnostní pásy rozdělujeme do několika skupin, a to podle počtu bodů. Dvoubodové zádržné systémy (viz. Obrázek 5) se v dnešní době již moc nevyužívají, avšak stále se s nimi můžeme setkat ve starších automobilech, především na zadních sedadlech, či v autobusech. V dnešní době jsou nejvíce rozšířené bezpečnostní pásy třibodové (viz. Obrázek 6), které najdeme téměř ve všech automobilech. Čtyř a více bodové pásy (viz. Obrázek 7) nejsou v běžném provozu tolik obvyklé. Nalezneme je především v závodních automobilech. [9]



Obrázek 7 Dvoubodový bezpečnostní pás [10]



Obrázek 8 Třibodový bezpečnostní pás [10]



Obrázek 9 Čtyřbodový bezpečnostní pás [10]

3.2 Airbagy

Airbag je textilní vak, který se v případě nehody nafoukne. Má za úkol pohltit energii při nárazu a zamezit zranění posádky o volant, palubní desku či jinou část automobilu. Airbag slouží pouze ke zpomalení nárazu, nikoliv k zadržení, tudíž je nutno ho používat v kombinaci s bezpečnostními pásy. Pokud dojde k nárazu, vak se během velmi krátké doby (cca 40 ms) nafoukne, vytvoří ochranu pro pasažéry a velmi krátce po aktivaci (cca 1 s) se automaticky vyfoukne, aby nedošlo k dalším zraněním. Airbag je jednorázovým bezpečnostním prvkem automobilu a po jeho aktivaci je nutné ho vyměnit za nový. Nejde nijak opravit a použít znovu. Airbagy mají omezenou životnost. Výrobci udávají že po 10 – 15 letech by se měly vyměnit za nové, i když nedošlo k jejich aktivaci.

Podle umístění rozlišuje airbagy čelní, které jsou umístěny ve volantu či palubní desce automobilu. Airbagy boční, které v případě bočního nárazu chrání pánev a hrudník. Airbag hlavový, který brání střetu hlavy s bočním okýnkem a A, B, C sloupky či kolenní, který chrání kolena řidiče před nárazem do přístrojové desky. Rozmístění airbagů je možné vidět na obrázku 10. Číslo 1 představuje čelní airbag řidiče umístěn ve volantu, číslo 2 je čelní airbag spolujezdce, číslo 3 je boční airbag a číslo 4 je hlavový airbag. [11]



Obrázek 10 Rozmístění airbagů ve vozidle [12]

V dnešní době se již rozšiřují v nových vozidlech airbasy kolenní – viz obrázek 11. Nacházejí se pod volantem v palubní desce a mají za úkol v případě nárazu chránit dolní končetiny před nárazem na tvrdou přístrojovou desku.



Obrázek 11 Kolenní airbag [13]

Dalším typem airbagů, které se začínají stále více využívat v automobilech, jsou far-side airbasy neboli airbag pro případ bočního nárazu ze vzdálené (opačné) strany, než je řidičova – obrázek 12. Tyto airbasy mají za úkol v případě nárazu zamezit kontaktu pasažérů mezi sebou a kontaktu s jednotlivými částmi interiéru na opačné (deformované) straně.



Obrázek 12 Vzdálený boční airbag [14]

3.3 Opěrky hlavy

Opěrka hlavy patří mezi prvky pasivní bezpečnosti. Často je však opomíjena a je brána jen jako prvek k opření hlavy při jízdě. Správně nastavená opěrka zabraňuje záklonu hlavy při nárazu zezadu a zpětnému pohybu hlavy zpět do sedačky při čelním nárazu. V těchto situacích nedokáží svaly hlavu udržet a mohlo by dojít k poškození v oblasti krční páteře.

Nejdůležitější je správné nastavení opěrky. Opěrka by měla být v úrovni temene hlavy, aby se mohla opřít celá hlava – viz Obrázek 13. [6]



Obrázek 13 Správně a špatně nastavená opěrka hlavy [6]

4 Legislativa

Stejně tak jako v jiných oblastech, tak i v oblasti pasivní bezpečnosti jsou zapotřebí předpisy, které budou zaručovat vysoký standard a bezpečnost. Starají se o to především předpisy Evropské hospodářské komise Spojených národů (United Economic Commission for Europe), takzvané EHK/OSN předpisy. Předpisy zabývající se pasivní bezpečností jsou uvedeny v následující tabulce 2.

Tabulka 2 Seznam EHK/OSN předpisů [15]

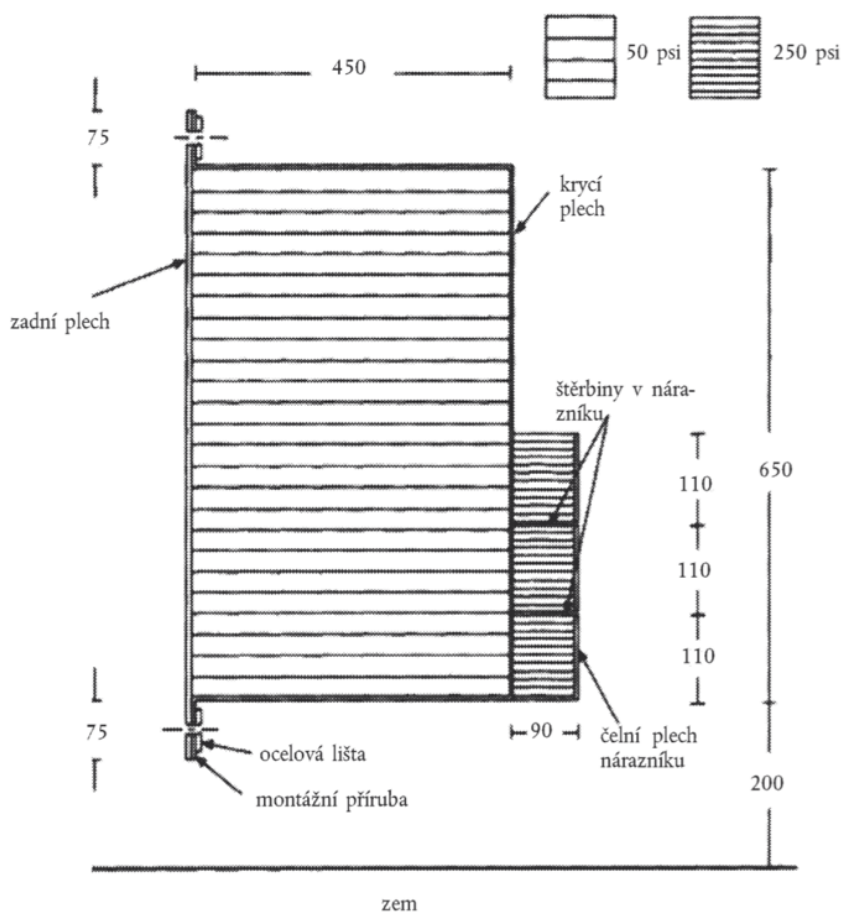
Předpis č.	Název
12	Náraz na sloupek řízení
14	Kotevní místa bezpečnostních pásů
16	Bezpečnostní pásy pro dospělé cestující
17	Sedadla, jejich úchyty a hlavové opěrky
21	Vnitřní výčnělky vozidel
25	Opěrky hlavy
26	Vnější výčnělky osobních automobilů
29	Ochrana cestujících v kabině nákladního automobilu
32	Náraz na vozidlo zezadu
33	Náraz na vozidlo zepředu
43	Bezpečnostní skla a zasklívací materiály
44	Zadržovací prostředky pro děti
58	Zařízení proti podjetí zezadu
61	Vnější výčnělky před zadním panelem kabiny
66	Pevnost karosérie autobusů a autokarů
73	Zařízení pro boční ochranu
80	Pevnost sedadel a jejich úchytů v autobusech
93	Zařízení proti podjetí zepředu
94	Ochrana při vyoseném čelním nárazu
95	Ochrana při bočním nárazu
114	Náhradní systémy airbagů
127	Ochrana chodců při jejich střetu s vozidlem
129	Vyspělé dětské zádržné systémy

131	Systémy záchranného brzdění
135	Boční náraz na sloup
137	Čelní náraz se zaměřením na zádržné systémy
144	Systémy tísňového volání (AECS)
145	ISOFIX

4.1 Předpis EHK/OSN 94

Předpis EHK/OSN 94 – Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících při čelním nárazu

Předpis stanovuje zkoušení vozidel při čelním nárazu do pevné bariéry s deformovatelnou přední částí – obrázek 14. Zkušební bariéra musí mít nejméně 70 000 kg. Rychlost v okamžiku nárazu musí být 56 km/h a vozidlo do ní musí narazit 40 % ± 20 mm čelní plochy. [16]



Obrázek 14 Deformovatelná bariéra pro zkoušku čelním nárazem [16]

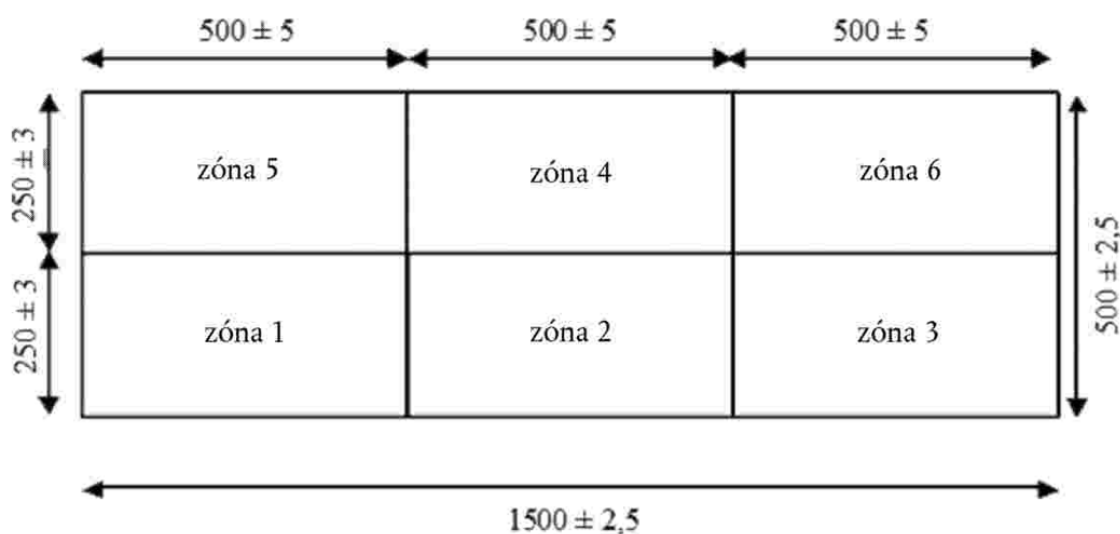
Zkouška se považuje za splněnou, pokud jsou během ní splněna všechna následující biomechanická kritéria: [16]

- Kritérium poranění hlavy (HIC) a 3ms kritérium
- Kritérium poranění (NIC)
- Kritérium stlačení hrudníku (THCC)
- Kritérium měkkých tkání (V*C)
- Kritérium stehenní kosti (FFC)
- Kritérium holenní kosti (TCFC)
- Index holenní kosti (TI)

4.2 Předpis EHK/OSN 95

Předpis EHK/OSN 95 – Jednotná ustanovené pro schvalování vozidel z hlediska ochrany cestujících při bočním nárazu

Předpis stanovuje zkoušku bočního nárazu do testovaného vozidla. Testované vozidlo se nachází v klidové poloze a do něj narazí bariéra s rychlostí 50 ± 1 km/h. Rychlost musí být ustálena nejméně 0,5 m před nárazem. Nárazová bariéra má šířku 1500 mm a výšku 500 mm – obrázek 15. [17]



Obrázek 15 Konstrukce nárazového tělesa [17]

Zkouška se považuje za splněnou, pokud jsou během ní splněna všechna následující biomechanická kritéria: [17]

- Kritériu poranění hlavy (HIC)
- Kritérium deformace žeber (RDC)
- Kritérium měkkých tkání (V*C)
- Kritérium poranění pánve (PSPF)
- Kritérium poranění břicha (APF)

4.3 Předpis EHK/OSN 131

Předpis EHK/OSN 131 – Pokročilé systémy záchranného brždění

Předpis se zabývá systémy záchranného brždění, které se používají pro nákladní vozidla. Systém musí fungovat pouze v případě, kdy brždění zabrání nebo zmírní závažnost nehody. Dál se pasivní bezpečnosti nevěnuje. Avšak tento krok je náznakem do budoucnosti směrem k autonomním vozidlům. U autobusů a nákladních automobilů je to cesta k větší bezpečnosti z důvodu vysoké kinematické energie nárazu a omezených deformačních zón, nejen jejich ale hlavně osobních automobilů se kterými by kolidovaly. [18]

4.4 Připravující se legislativa

3. – 4. června 2019 se konalo zasedání, při kterém OICA (Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles) představila názory na certifikaci automatizovaných/autonomních vozidel a „Více pilířový přístup pro certifikaci automatizovaných vozidel“. Pracovní skupina, která se zabývá legislativou pro autonomní vozidla vytvořila Rámcový dokument o automatických vozidlech. Otázky, témata a výstupy z tohoto dokumentu mají sloužit jako vodítko k informování o svých dalších diskuzích a strukturování práce. Další zasedání se bude konat 24. – 27. září 2019. Na něm se bude otázka autonomních vozidel a související legislativy řešit dále. [19]

5 Autonomní vozidla

Autonomní vozidlo nebo také samo řídicí vozidlo je takový motorový dopravní prostředek, který nepotřebuje ke svému ovládní řidiče. Jeho orientování na pozemní komunikaci i mimo ni je částečně či zcela závislé na počítačových systémech a řidič se tak může během jízdy věnovat i jiným činnostem, než je teď možné. Toto se očekává hlavně u vozidel s vyššími stupni automatizace.

5.1 Stupeň automatizace

V dnešní době rozlišujeme šest stupňů automatizace. Stupně jsou označovány čísly od 0 do 5, kdy stupeň 0 označuje vozidla bez automatizace a stupeň 5 vozidla, které jsou plně automatizované.

- Stupeň 0 – Označuje vozidla bez automatizace.
- Stupeň 1 – „hands on“ - asistence řidiče – Vozidlo obsahuje například adaptivní tempomat či aktivní parkovací asistent. Tyto systémy pomáhají řidiči při jízdě, avšak ten musí celou dobu ovládat vozidlo.
- Stupeň 2 – „hands off“ - částečná automatizace – Vozidlo řídí automat, který zrychluje či brzdí. Avšak řidič musí sledovat provoz, kontrolovat systém a v případě problému musí být okamžitě schopen převzít řízení.
- Stupeň 3 – „eyes off“ – podmíněná automatizace – Vozidlo se v určitém prostředí umí pohybovat samo a řidič se nemusí věnovat řízení. Nejčastější prostředí, ve kterých se auta budou schopna pohybovat, budou dálnice. Řidič musí být schopen v určitém čase (který stanovuje výrobce) řízení vozidla převzít. Takovéto automobily jsou očekávány v roce 2020 nebo dříve. [20]
- Stupeň 4 – „mind off“ – vysoká automatizace – Kromě nebezpečného prostředí (nebezpečné počasí) řídí vozidlo pouze automat. Pokud by proces předání na konci definovaného prostředí selhal, systém automatického řízení je schopen uvést vozidlo do bezpečného stavu. Řidič do řízení nijak nemusí zasahovat. V současné době se předpokládá zavedení čtvrtého stupně automatického řízení na rok 2025 a dále. [20]
- Stupeň 5 – „řízení volitelné“ – Pátá úroveň automatického řízení se od úrovně čtyři liší tím, že automat řídí od začátku cesty do libovolného cíle, který zadá řidič. Tuto úroveň

Ize označit jako pilotní funkci. Vzhledem k tomu, že pátá úroveň bude zahrnovat všechny typy silnice (městské, meziměstské silnice, dálnice), jsou požadavky na komplexní model větší než na úrovni 4. V současné době se neočekává zavedení pátého stupně plně automatického řízení dříve než v roce 2025. [20]

5.2 Autonomní vozidla v současnosti

V současné době je situace automatického řízení rozdílná v mnoha státech. V USA jsou již v testovacím provozu automobily s úrovní automatizace 4 a 5, avšak v České republice je povoleno testovat pouze automobily se stupněm automatizace 1 a 2. Tyto dvě kategorie zahrnují prvky jakými jsou například lane assistant, který hlídá vůz v jízdním pruhu a koordinuje případné vybočení do jiného pruhu či vyjetí do protisměru, či adaptivní tempomat, který udržuje nastavenou rychlost a zároveň dodržuje rozestup od vozu, který jede před ním. [21]

Stejně tak jako v jiných oblastech, je i v oblasti autonomních vozidel nedostatečná legislativa velkým problémem. Na většině míst nejsou zákony, které by regulovaly používání samořízených automobilů. Již dnes je ale zřejmé, že se za pár let stanou autonomní vozidla realitou. Tohle by se mohlo udát v horizontu 20 let. Velký problém může nastat v tzv. přechodném období, kdy se budou na silnicích mísit autonomní vozidla různého stupně s manuálními vozidly. Toto by mohlo vyřešit vymezení některých komunikací, převážně dálnic a parkovišť, pouze pro autonomní vozidla. [22]

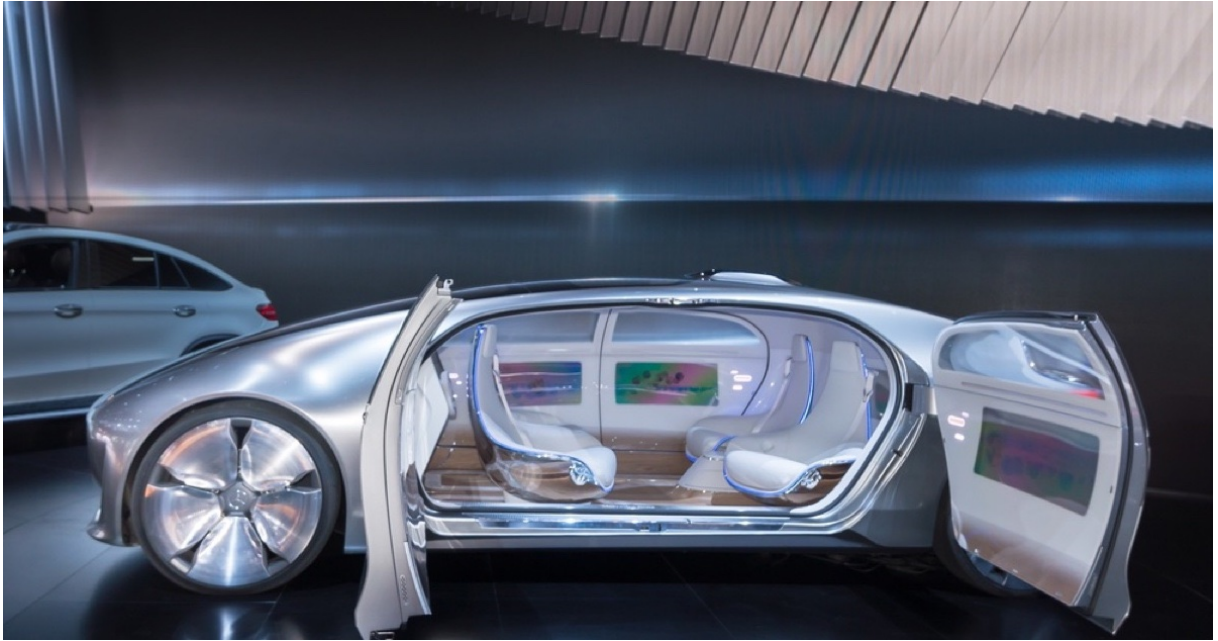
6 Systémy budoucnosti

Do budoucnosti se očekává, že s příchodem autonomních vozidel se upraví pozice pasažérů ve vozidle. Při testování nebude možné se spolehnout na definovanou polohu a bude se muset více brát v potaz tzv. OOP neboli out of position. S příchodem této změny je nutné brát také v potaz to, že veškeré zádržné systémy jsou navrženy a testovány pro stávající definovanou polohu. Nutností tedy bude i změna bezpečnostních prvků aby se dodržel vysoký standard bezpečnosti a také došlo ke snížení počtu nehod a jejich následků.

6.1 Out of position

Out of position - OOP, tzv. mimo polohu, označuje polohu cestujícího ve vozidle, která není normální vzpřímenou a dopředu sedící polohou.

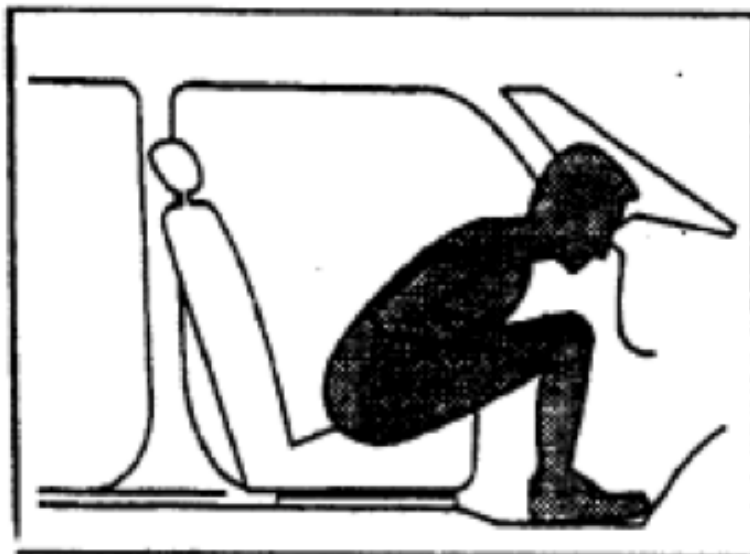
V dnešní době se s pozicí můžeme setkat už i při srážce, když cestující ovládá autorádio či mobilní telefon připevněný v držáku nebo při panickém brzdění u nepřipoutaných cestujících. Už i malé změny v poloze pasažéra mohou mít velký vliv na skutečnou kinetickou odezvu a to zejména při nárazech zezadu. U autonomních vozidel se navíc dá očekávat, že přední sedadla nebudou standardně otočena dopředu po směru jízdy, ale že budou otočena dozadu - Obrázek 16. Avšak toto se nemusí jevit jako nejlepší řešení. Na jízdě s předními sedadly o 180° je pozitivní kontakt s ostatními členy ve vozidle, avšak na druhou stranu mohou při jízdě vznikat nevolnosti při rychlém brzdění, zatáčení v prudkých zatáčkách či při rychlejším projetí křižovatkou. Postupně se také odchází od prvotního názoru, že všude kolem budou obrazovky a zatemněná okna. [23]



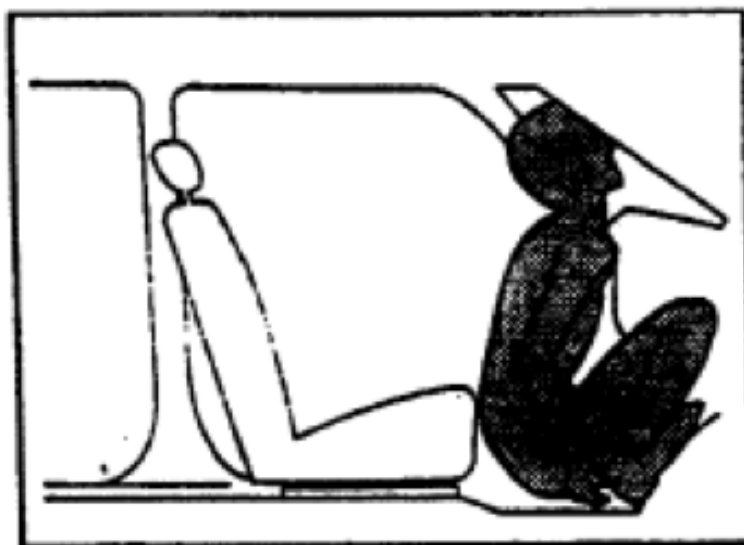
Obrázek 16 Autonomní vozidlo a otočená sedadla [24]

Osoby nacházející se v OOP, mimo polohu, jsou vystaveny zvýšenému riziku zranění při použití standartních zádržných systémů. I nehody při nízkých rychlostech mohou způsobit životu nebezpečná poranění hlavy a airbagy mohou celou situaci ještě zhoršit.

V dnešní době se již provádějí testy závažných poloh OOP. Jako jedna z nestandardních poloh je poloha simulace skleslé polohy spolujezdce vpřed, který je připoutaný bezpečnostním pásem. Pasažér sedí na sedadle s trupem nakloněným dopředu, hlava se opírá o horní zadní hranu přístrojové desky, kolena jsou od přístrojové desky vzdáleny (neopírají se) – obrázek 17. Další opravdu nestandardní polohou je sedící pozice na podlaze v těsné blízkosti s přístrojovou deskou. Hlava se nachází nad horní částí přístrojové desky, hrudník je v kontaktu s přístrojovou deskou – obrázek 18.



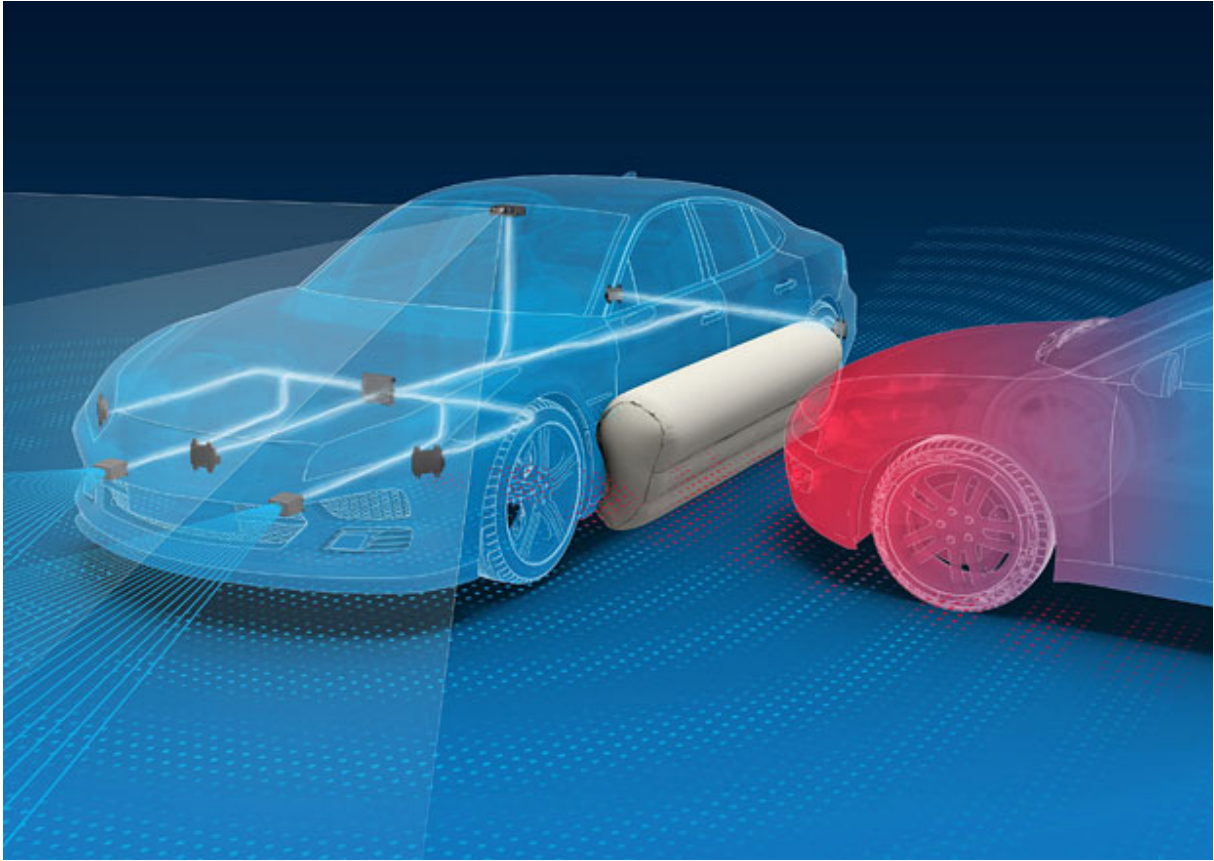
Obrázek 17 OOP - simulace skleslé polohy spolujezdce vpřed



Obrázek 18 OOP - sedící pozice na podlaze

6.2 Venkovní airbag

V případě čelních a zadních nárazů je kinetická energie pohlcována v deformačních zónách, které jsou v mnoha případech dostatečné a dobře chrání posádku ve vozidle. Problém ovšem nastává při bočních nárazech, kde je velmi omezený prostor pro deformační zónu. Zde je zóna závislá na použití materiálů a tuhosti dveří, pantů, prahů a hlavně sloupků. Toto by mohlo vyřešit použití tzv. přednárazových airbagů – obrázek 19. [25]



Obrázek 19 Přednázarový airbag [25]

S koncepcí těchto airbagů přišla firma ZF TRW Automotive Holding Corp. Tyto airbasy se mají aktivovat ještě před samotným nárazem. Což je rozdíl oproti stávajícím airbagům, protože ty se aktivují až v momentě nárazu. Za úkol si dávají vytvořit deformační zónu, která je na stranách vozidla nedostatečná. Tím by airbag pohltil množství kinetické energie při samotném nárazu. Dle výzkumů firmy ZF by takového řešení deformační zóny mohlo snížit zranění posádky při bočním nárazu až o 40 % než jak je tomu v dnešní době se stávajícími zádržnými systémy. Firma ZF TRW nyní testuje airbasy, které mají objem 200 l a jsou 2 m dlouhé, 0,7 m vysoké a 0,15 – 0,2 m široké. K jejich nafouknutí jsou zapotřebí 2 patrony. [25]

6.3 Integrace airbagů a bezpečnostních pásů do sedačky

Airbasy, tak jak se v dnešní době známe, jsou zabudovány v palubních deskách, sedadlech, dveřích, jsou pro autonomní vozidla zcela nevhodné. Tím, jak se mění poloha cestujících do tzv. out of position, neboli mimo polohu, by airbasy, ale také bezpečnostní pásy, nemusely plnit svou funkci ochrany a ještě navíc by mohly následky nehody zhoršit. Nová koncepce airbagů a bezpečnostních pásů počítá s integrací airbagů do sedadla. Po nárazu by došlo k nafouknutí airbagů, které by vytvořily „vanu“ podél celého opěradla a sedáku. Takový to airbag

by mohl chránit posádku daleko lépe, než jak je tomu u dnešních airbagů, protože cestující by byl pevně zafixován v sedadle a nemohlo by dojít k jeho posunutí vlivem nedostatečného držení bezpečnostních pásů. [25]

Navíc by se tak vyřešil i fakt, kdy pasažér si bude měnit polohu sedadla otočením o 180° pro jízdu pozadu. Airbag by byl pevně zabudován do sedadla, jak znázorňuje obrázek 20 a po aktivaci by vytvořil ochranu kolem celého sedadla pasažéra nezávisle na poloze. S touto inovací přišla společnost Autoliv, která počítá s využitím těchto airbagů právě do autonomních vozidel kategorie 4 a více. Bezpečnostní pásy by také byly zabudovány do sedadel, aby mohly plně plnit svou funkci a zachytily pasažéra co nejrychleji po nárazu a co nejefektivněji došlo k jejich využití. [26]



Obrázek 20 Airbag zabudovaný do sedadla [26]

Pokud se sedadlo dostane do polohy s více položeným sedadlem, hrozí zde vyšší riziko nebezpečí podklouznutí pod bezpečnostním pásem. K tomuto sedadla i bezpečnostní pásy musí být uzpůsobena. Dalo by se to vyřešit umístěním airbagu v přední části sedáku, či zvedací přední částí sedáku, kdy v případě nárazu se sedák přizvedne a zamezí tak podklouznutí pasažéra pod bezpečnostním pásem.

7 Figuríny

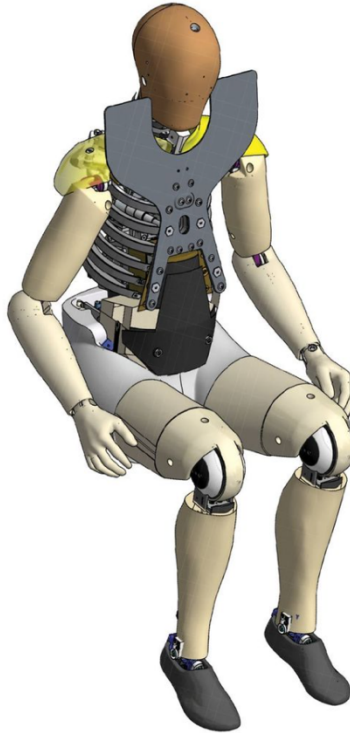
Využívání lidí při testování je již dlouhou dobu nemožné. Při testování autonomních vozidel by se mohly využívat figuríny THOR. Dále by se při testování mohly využívat virtuální modely těla pro simulace zvané THUMS.

7.1 THOR

THOR (Test device for Human Occupant Restraint) je nové testovací zařízení pro lidský zadržný systém – obrázek 21. THOR-50M nahradí v testech stávající figurku Hybrid III. Tato nová figurka se začne používat od roku 2020 při spotřebitelských testech Euro NCAP při testech do progresivní bariéry, která nahradí test ofsetové deformovatelné bariéry. Tyto spotřebitelské testy jdou více s novými technologiemi, jsou rychlejší a příchod autonomních vozidel již více očekávají a své testování k tomu směřují. V laboratořích se můžeme s touto figurkou setkat již více než 2 roky.

THOR je vybaven až 150 miniaturizovanými senzory a tak umožňuje vyhodnocovat více kritérií. Dále z figuríny již nebude vycházet velký svazek drátů, který prochází středem vozidla do kufru a při poškození jednoho kanálu se musel vytáhnout celý balík. Vše se bude nacházet uvnitř figurky, včetně napájení, baterie. Navíc se na něm budou moci modelovat i nehody starších či obézních lidí.

Tyto figurky by se v průběhu let mohly využívat při testování autonomních vozidel, kdy se pravděpodobně bude měnit konfigurace sedadel. [27]

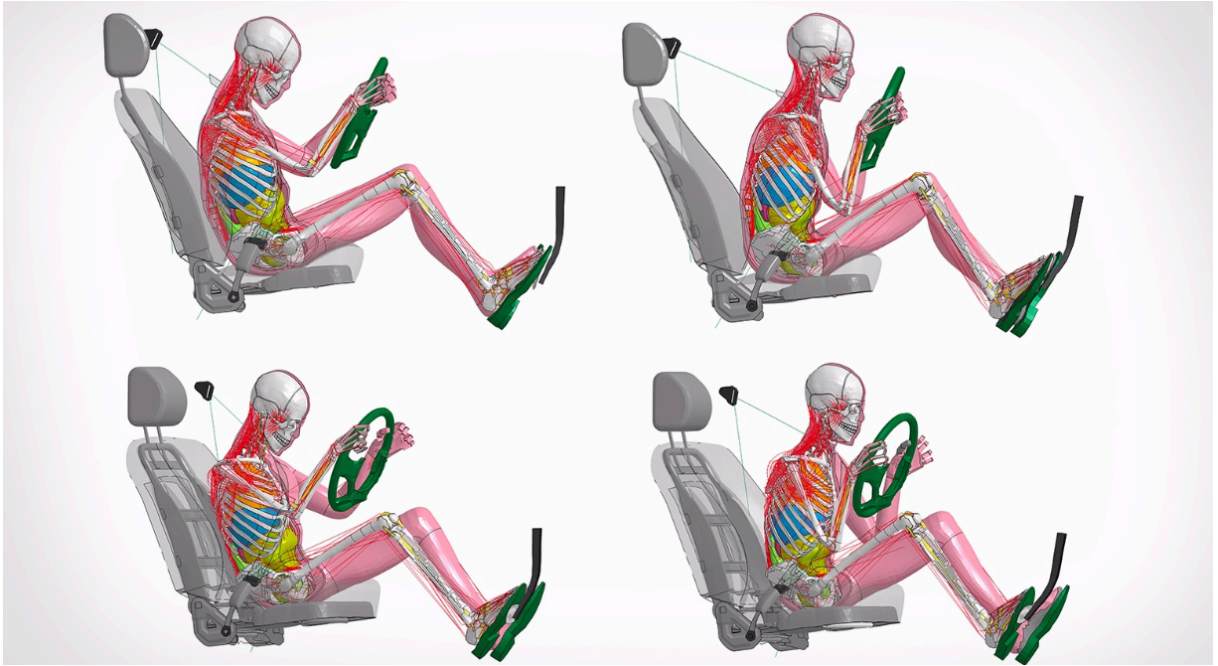


Obrázek 21 Figurína THOR [28]

7.2 THUMS

THUMS (Total Model for Human Safety) je rodina modelů virtuální reality, která pomáhá lépe porozumět vlivu dopadu na lidské tělo a vyvinout pokročilejší a účinnější funkce zařízení, které budou chránit posádku před zraněním – obrázek 22. Systém je tak propracovaný, že můžeme simulovat mnoho různých aspektů lidského těla, od kůže a kosti až po svalovou tkáň a vnitřní orgány. To umožňuje pochopit skutečná zranění, která by cestující mohli utrpět při dopravní nehodě.

Modelovací systém se začal vyvíjet v roce 1997 a byl neustále zlepšován množstvím cenných informací. V roce 2000 byla spuštěna první verze THUMS, která od té doby prošla čtyřmi významnými vylepšeními. Byl přidán obličej a kosti či přesný model mozku. Čtvrtá verze umožňuje důkladné studium vnitřních orgánů. [29]



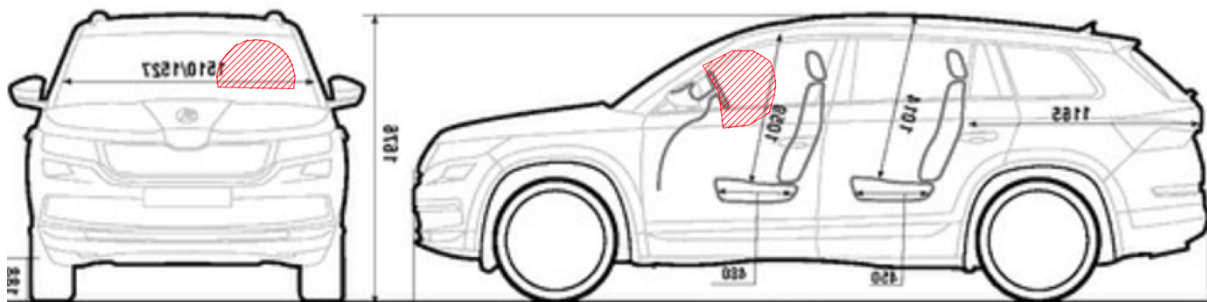
Obrázek 22 Virtuální figurína THUMS [29]

8 Pokrytí airbagů

V dnešní době se k ochraně řidiče automobilu používají dva základní airbagy. Jedná se o airbag čelní, který se pro řidiče nachází ve volantu a o airbag boční, který se nachází po levé straně řidiče. Ovšem mají tyto airbagy dostatečná pokrytí při všech typech nárazů?

8.1 Čelní náraz - offset

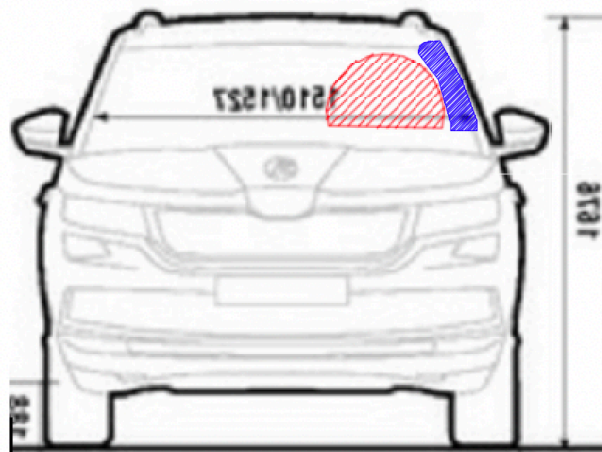
Při čelním nárazu poskytuje pasažérovi ochranu především čelní airbag. Společně s bezpečnostními pásy má za úkol snížit rozdíl rychlostí po nárazu pasažéra a vozidla a zabránit tak dopadu na tvrdé komponenty vozidla. Plochy pokrytí čelním airbagem znázorňuje obrázek 23.



Obrázek 23 Plochy pokrytí čelním airbagem

8.2 Čelní náraz - Small overlap

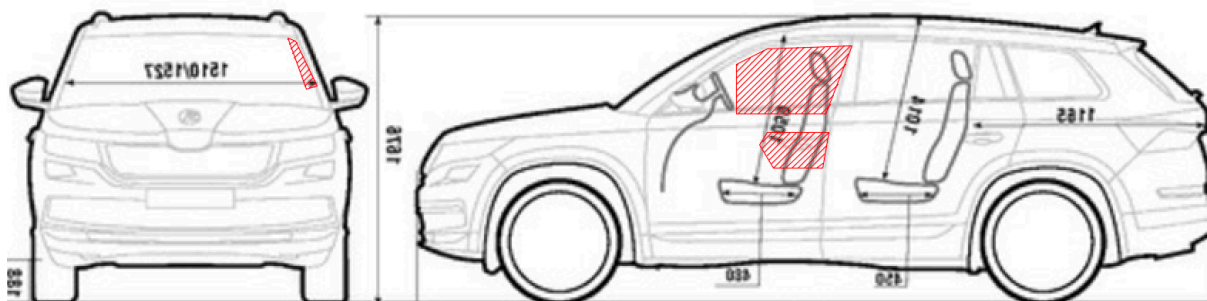
Small overlap neboli čelní zkouška malého překrytí - Tato zkouška se testuje na 25 % překrytí vozidla. To sebou nese značné odlišnosti oproti jiným testům. Při nárazu malou plochou na straně řidiče se následně vozidlo dostane do rotace. Je přetáčeno setrvačnou silou na pravou stranu a hlava směřuje nikoliv dopředu, ale přímo na A sloupek, který není pokryt žádným airbagem viz. obrázek 24.



Obrázek 24 Modře znázorněná zóna nepokrytého A sloupku

8.3 Boční náraz – side barrier

Druhý používaný airbag je boční, který se aktivuje při bočním nárazu. Tyto airbasy poskytují ochranu při nárazu ze strany řidiče – side barrier. Zajišťují, aby nedošlo k nárazu do B sloupku, dveří a okýnka – obrázek 25.



Obrázek 25 Pokrytí airbagů při bočním nárazu ze strany řidiče

8.4 Boční náraz - farside

Ovšem problém nastává, pokud boční náraz bude ze strany od spolujezdce – farside. V tuto chvíli se řidič dostává setrvačnou silou do pohybu na stranu spolujezdce. Tříbodový bezpečnostní pás nemusí řidiče zcela dobře zachytit a může tak dojít ke kontaktu se spolujezdcem, či ke zranění.

Pro tyto případy by bylo třeba pro zvýšení bezpečnosti do vozidla přidat hlavové opěrky kolem hlavy, či zvýšit loketní opěrky, které by cestujícího zastavily. Jako nejlepší ochrana se ale jeví

využití far side airbagů – obrázek 26, které by zamezily případnému kontaktu pasažérů mezi sebou a dále také kontaktu s jednotlivými částmi interiéru.



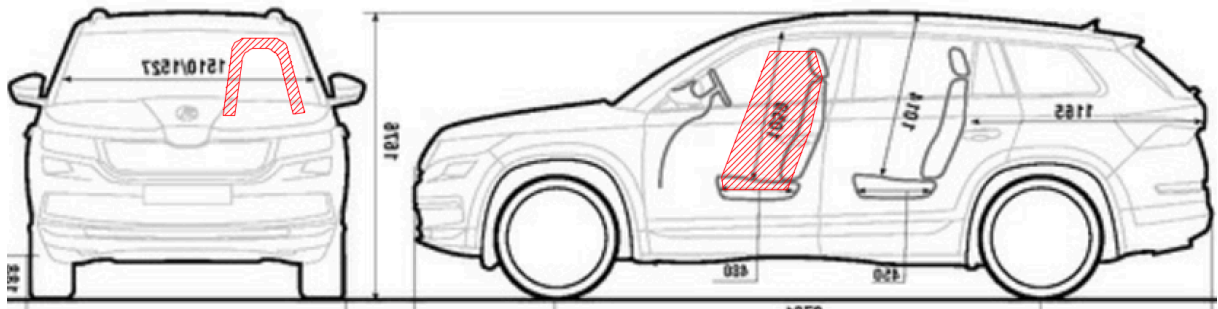
Obrázek 26 Vzdálený boční airbag [30]

8.5 Airbagy pro autonomní vozidla úrovně 3

Třetí stupeň – podmíněná automatizace – Vozidlo se umí v určitém prostředí pohybovat samo a řidič se tam nemusí věnovat řízení a může se věnovat jiným věcem. Řidič si tak během jízdy bude moci číst knihu, či pracovat na integrovaném palubním počítači. Toto však může mít nepříznivý vliv na jeho bezpečnost při dopravní nehodě. Displej se bude nacházet na místě jako teď uprostřed automobilu. Řidič tedy bude nakloněn do středu automobilu. Při této poloze tříbodový bezpečnostní pás již nemusí plnit zcela svou funkci, neboť řidič z něj může vyklouznout a hrudník nebude nijak upevněn.

Při čelním nárazu se může řidič dostat až do kontaktu s palubním počítačem, či přístrojovou deskou. Při nárazu zezadu zase hrozí riziko, že řidič vlivem setrvačnosti narazí zády do okraje sedadla, které je zpevněné. Dále také jeho hlavu nebude moci zadržet hlavová opěrka, protože hlava se s největší pravděpodobností bude vyskytovat mimo a může dojít k vážnému poškození v oblasti krční páteře.

Pro tyto vozidla se zdají být vhodnou volbou airbagy integrované do sedadla, které vyřeší nejen nahnutí řidiče nad integrovaný palubní počítač, ale i případné sklopení sedadla či jeho otočení. Pokrytí airbagů integrovaných do sedadel je znázorněno na obrázku 27. Tyto airbagy vytvoří kolem pasažéra jakousi „vanu“, která ho bude chránit daleko efektivněji nežli standartní airbagy.



Obrázek 27 Pokrytí airbagu integrovaného do sedadla

9 Sedadla pro autonomní vozidla

V dnešní době výrobci automobilů montují přední sedadla na podlahu vozidla v každém rohu jedním šroubem. Zadní sedadla jsou také přišroubována ke karoserii vozidla. Toto je velmi jednoduchý, bezpečný a rychlý způsob montáže sedadel na výrobní lince. Avšak s příchodem autonomních vozidel, kde budou sedadla mobilní, flexibilní a konfigurovatelná, se toto asi bude muset změnit.

Cestující ve vozidle, které nebudou muset ovládat a budou se moci věnovat jiným věcem, nežli řízení (stupeň automatizace 4 a vyšší), nebudou chtít s velkou pravděpodobností sedět vzpřímeně a směřovat dopředu v jasně definované poloze. Budou se tedy se sedadly otáčet, ležet naplocho či se pohybovat po kabině – obrázek 28.



Obrázek 28 Rozmístění sedadel po automobilu - otočené přední sedadla o 180°[31]

V dnešní době při nárazu tělo tlačí na bezpečnostní pás, který přenáší toto zatížení na karoserii na dvou místech, kde je bezpečnostní pás namontován – na sloupku B a na podlaze. Pokud se sedadlo pohybuje po celém vozidle, bezpečnostní pásy již nelze namontovat na B sloupek nebo připevnit k podlaze. Musí se pohybovat se sedadlem. Budou tedy do sedadel integrovány – viz Obrázek 29. Všechny síly působící na pásy se budou přenášet na karoserii přes sedadlo na kterém budou také připevněny. Proto musí být sedadla dostatečně pevná, aby vydržela.



Obrázek 29 - Integrovaný bezpečnostní pás do sedačky [32]

Společnost Faurecia pracuje již na dokonale lehké avšak silné konstrukci sedadel. Dále vyvíjí systémy sedadel, které se pohybují po kolejnicích v podlaze, což bude umožňovat pohyb se sedadlem po kabině. [31]

10 Biomechanika a autonomní vozidla

Aktuální biomechanická kritéria obecně pokrývají zranění člověka, která u něj mohou nastat. Zabývají se všemi částmi těla. Proto se do budoucna s příchodem autonomních vozidel nepředpokládají jejich výrazné změny.

Do budoucna se počítá s vysokou pravděpodobností, že z analýz nehod vozidel s pokročilým řídicím systémem, či z nehod autonomních vozidel, vzejdou nové konfigurace nehod, které se v dnešní době nestávají. K analýzám nehod můžeme využít například projekt GIDAS (German In-Depth Accident Study), který je v Německu největší a shromažďuje velmi komplexní data dopravních nehod. V České republice je projekt CzIDAS (Czech In-Depth Accident Study), který se podílí na Národním výzkumu dopravních nehod.

S příchodem nových nehod, se budou muset stanovit jim odpovídající poranění. Pokud budou nové nehody statisticky významné, bude jich vyšší procento, bude nutné přidat nové konfigurace nehod do testů. Avšak toto zůstává stále otázkou.

Výrazně však vzroste důležitost virtuálních modelů pro simulování lidského těla. Bude tak nutné simulovat, jak se změní poloha člověka pokud dojde k zásahu pokročilých asistenčních systémů řidiče (ADAS) a systémů autonomních vozidel (brždění, úhybný manévr). K těmto účelům simulace mohou posloužit virtuální modely THUMS.

Fyzické figuríny se v blízké budoucnosti zaměřují hlavně na starší řidiče, protože vlivem stáří se mění vlastnosti celého těla a jejich biomechanická odezva těla je výrazně jiná, nežli je tomu u mladší populace.

11 Závěr

Bezpečnostní prvky procházející neustálým vývojem jsou stále kvalitnější. Poskytují vyšší stupeň ochrany a proto jsou ve větší míře umísťovány do vozidel. Avšak všechny jsou konstruovány a testovány pouze na jasně danou pozici ve které se řidič nachází. Problém tedy nastává, kdy se stane realitou výskyt autonomních vozidel v běžném provozu. Pro autonomní vozidla čtvrtého a vyššího stupně automatizace je více než pravděpodobné, že zádržné systémy využívané v dnešní době nebudou to nejlepší řešení a to právě v důsledku změny pozice řidiče.

Nejlepším řešením pro autonomní vozidla čtvrtého a vyššího stupně automatizace se zdá být kombinace bezpečnostních pásů integrovaných do sedadel a vanový airbag. Kombinace těchto dvou zádržných systémů by měla poskytnou dostatečnou ochranu cestujícímu, který se nebude věnovat řízení a sledování provozu, či bude dokonce se svým sedadlem otočen proti směru jízdy.

Biomechanická kritéria s příchodem autonomních vozidel se výrazně měnit nebudou, protože pokrývají obecně zranění člověka. Je však pravděpodobné, že dojde k novým typům dopravních nehod a tím i změně testů.

Pro zpracování schémat pokrytí airbagů při jednotlivých nárazech byl použit program Autodesk AutoCAD 2018 a textová část byla zpracována v programu MS Word.

Věřím, že poznatky získané během tvorby bakalářské práce a navržená řešení použiji i v budoucnu při tvorbě další práce.

12 Zdroje

- [1] KOVANDA, Jan a ŠATOCHIN, Vladimír. Pasivní bezpečnost vozidel. 1. vydání Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 69 s. ISBN 80-01-02235-8
- [2] VLK, František. Karosérie motorových vozidel: Ergonomika, biomechanika, struktura, pasivní bezpečnost, kolize, materiály. 1. vydání Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 243 s. ISBN 80-238-5277-9.
- [3] NEWMAN James A. A GENERALIZED ACCELERATION MODEL FOR BRAIN INJURY THRESHOLD (GAMBIT). [online]. [cit. 2019-08-12]. Dostupné z: http://www.ircobi.org/wordpress/downloads/irc1986/pdf_files/1986_9.pdf
- [4] KOVANDA, Jan a kolektiv autorů. Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků. 1. vydání Praha: Vydavatelství ČVUT v Praze, Fakulta dopravní – Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství, 2016. 242 s. ISBN 978-80-01-05893-0
- [5] The neck injury criterion: future considerations [online]. [cit. 2019-02-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457501000203>
- [6] Jak si správně a bezpečně nastavit sedadlo ve voze a opěrku hlavy? [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.havex.cz/cz/jak-si-spravne-a-bezpecne-nastavit-sedadlo-ve-voze-a-operku-hlavy>
- [7] Záměna předních pásů za samonavíjecí [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <http://skoda.panda.cz/clanek.php?id=280>
- [8] Jak funguje předepínač bezpečnostního pásu? Vysokorychlostní kamera to ukáže [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/jak-funguje-predepinac-bezpecnostniho-pasu-vysokorychlostni-kamera-to-ukaze/>
- [9] FIRST, Jiří a kol. Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry. 1. vydání Praha: S&T CZ, 2008. 348 s. ISBN 978-80-254-1805-5
- [10] TEKNÖS, Oliver. Bezpečnostný pás musíme používat už 50 rokov [online]. [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.topspeed.sk/bezpecnostny-pas-musime-pouzivat-uz-50-rokov/12482>

- [11] Airbagy [online]. [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.bezpecneesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/airbagy>
- [12] Cestovní horal z Japonska [online]. [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.aad.sk/sections.php?op=viewarticle&artid=697>
- [13] Kolenní airbag. [online]. [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/articles/kolenni-airbag>
- [14] General Motors will introduce the first front-centre air bag to help protect drivers and frontpassengers in far-side impact crashes. It will be added in some 2013 models. [online]. [ci. 2019-07-08].
- [15] EHK/OSN Integrované české překlady předpisů. [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/>
- [16] Regulation no. 94 [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2017/R094r3e.pdf>
- [17] Regulation No. 95 [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R095r2e.pdf>
- [18] Regulation No. 131. [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R131r1e.pdf>
- [19] Highlights of the 177th WP.29 session and Other GRVA relevant information. [online]. [cit. 2019-07-04]. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2019/wp29grva/GRVA-03-07e.pdf>
- [20] KUHRT Christian, SCHNUPP Ralf, FUTTERLIEB Ernst, RINK Klaus, PETERS Bardo, FESER Michael. Function bundle integrated safety – portfolio of functions from passive to cooperative safety. 13th International Symposium and accompanying Exhibition on Sophisticated Car Safety Systems. Airbag 2016.
- [21] Stát má plán na nástup samořiditelných aut, bude je testovat v provozu. [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/doprava/samoriditelná-autoministerstvo-dopravy-vize.A170722_154416_eko-doprava_san
- [22] Profesionální řidiče nahradí „stupeň 5“. otázkou je, kdy se to stane. [online] [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/veda/autonomni-auto-porsche-lidar-sea-international.A170614_083717_veda_kuz

[23] FOREMAN Stephen M., CROFT Arthur C. Whiplash injuries – The Cervical Acceleration/Deceleration Syndrome. Vydavatelství: Lippincott Williams & Wilkins, 2002. 595 s. ISBN 0-7817-2681-6.

[24] If a Black Box in Apple's Autonomous Cars Recorded Everything, Would You Care?. [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.macobserver.com/analysis/black-box-apples-autonomous-car-recorded-everything-care/>

[25] DUSIL Tomáš. ZF vyvíjí vnější airbag, který bude suplovat deformační zónu. [online]. [cit. 2019-05-02]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/zf-vyviji-vnejsi-airbag-ktery-bude-suplovat-deformacni-zonu-126138>

[26] Future Technologies. [online]. [cit. 2019-05-28]. Dostupné z: <https://www.autoliv.com/products/passive-safety/future-technologies>.

[27] EVANS Rachel, Automotive testing technology international, Crash test dummies. [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://www.ukimediaevents.com/publication/59393367/114>

[28] PLUNGIS Jeff, The \$400,000 Man: A Smarter Crash-Test Dummy Called Thor. [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-02-18/meet-thor-the-most-lifelike-crash-test-dummy-yet>

[29] Better designed for you THUMS. [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/articles-news-events/2016/thums>

[30] GM to introduce industry – first front center airbags. [online]. [cit. 2019-06-18]. Dostupné z: <https://newatlas.com/gm-front-center-airbag/20002/>

[31] TRUETT Richard. SEAT FEAT. [online]. [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://www.autonews.com/article/20181126/SHIFT/181129993/seat-feat>

[32] BELMONT III ISS. [online]. [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <http://www.superior-seats.com/Belmont-III-ISS>

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 HRANICE SNESITELNOSTI ZPOŽDĚNÍ V ZÁVISLOSTI NA DOBĚ PŮSOBNÍ SÍLY PRO LIDSKÝ MOZEK (WSU - KŘIVKA) [2]	11
OBRÁZEK 2 AXIÁLNÍ TAHOVÉ SÍLY A SMYKOVÉ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA KRK V ZÁVISLOSTI NA ČASE [4]	14
OBRÁZEK 3 VELIKOST SÍLY PŮSOBÍCÍ NA STEHENNÍ KOST V ZÁVISLOSTI NA ČASE [4]	17
OBRÁZEK 4 SPRÁVNÁ POLOHA ŘIDIČE A - VZDÁLENOST HRUDNÍKU OD VOLANTU - NEJMÉNĚ 25 CM B – NASTAVENÍ HLAVOVÉ OPĚRKY [6]	19
OBRÁZEK 5 SCHÉMA TŘÍBODOVÉHO SAMONAVÍJECÍHO PÁSU A JEHO UPEVNĚNÍ [7]	20
OBRÁZEK 6 PŘEDPÍNAČ BEZPEČNOSTNÍHO PÁSU [8]	21
OBRÁZEK 7 DVOUBODOVÝ BEZPEČNOSTNÍ PÁS [10]	22
OBRÁZEK 8 TŘÍBODOVÝ BEZPEČNOSTNÍ PÁS [10]	22
OBRÁZEK 9 ČTYŘBODOVÝ BEZPEČNOSTNÍ PÁS [10]	23
OBRÁZEK 10 ROZMÍSTĚNÍ AIRBAGŮ VE VOZIDLE [12]	24
OBRÁZEK 11 KOLENNÍ AIRBAG [13]	25
OBRÁZEK 12 VZDÁLENÝ BOČNÍ AIRBAG [14]	26
OBRÁZEK 13 SPRÁVNĚ A ŠPATNĚ NASTAVENÁ OPĚRKA HLAVY [6]	27
OBRÁZEK 14 DEFORMOVATELNÁ BARIÉRA PRO ZKOUŠKU ČELNÍM NÁRAZEM [16]	29
OBRÁZEK 15 KONSTRUKCE NÁRAZOVÉHO TĚLESA [17]	30
OBRÁZEK 16 AUTONOMNÍ VOZIDLO A OTOČENÁ SEDADLA [24]	35
OBRÁZEK 17 OOP - SIMULACE SKLESLE POLOHY SPOLUJEZDCE VPŘED	36
OBRÁZEK 18 OOP - SEDÍCÍ POZICE NA PODLAZE	36
OBRÁZEK 19 PŘEDNÁRAZOVÝ AIRBAG [25]	37
OBRÁZEK 20 AIRBAG ZABUDOVANÝ DO SEDADLA [26]	38
OBRÁZEK 21 FIGURÍNA THOR [28]	40
OBRÁZEK 22 VIRTUÁLNÍ FIGURÍNA THUMS [29]	41
OBRÁZEK 23 PLOCHY POKRYTÍ ČELNÍM AIRBAGEM	42
OBRÁZEK 24 MODŘE ZNÁZORNĚNÁ ZÓNA NEPOKRYTÉHO A SLOUPKU	43
OBRÁZEK 25 POKRYTÍ AIRBAGŮ PŘI BOČNÍM NÁRAZU ZE STRANY ŘIDIČE	43
OBRÁZEK 26 VZDÁLENÝ BOČNÍ AIRBAG [30]	44
OBRÁZEK 27 POKRYTÍ AIRBAGU INTEGROVANÉHO DO SEDADLA	45
OBRÁZEK 28 ROZMÍSTĚNÍ SEADEL PO AUTOMOBILU - OTOČENÉ PŘEDNÍ SEDADLA O 180° [31]	46
OBRÁZEK 29 - INTEGROVANÝ BEZPEČNOSTNÍ PÁS DO SEDAČKY [32]	47

Seznam tabulek

TABULKA 1 STUPNICE ZÁVAŽNOSTI PORANĚNÍ AIS [1]	9
TABULKA 2 SEZNAM EHK/OSN PŘEDPISŮ [15]	28