



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Lukáš Svoboda

BEZPEČNÝ MOTOCYKL: AIRBAG NA MOTOCYKLU

Bakalářská práce

2018

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):

Lukáš Svoboda

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Airbag pro motocykl**

Název tématu (anglicky): Airbags for motorcycle

Zásady pro vypracování

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

- Zpracujte statistiku dopravní nehodovosti se zaměřením na dopravní nehody motocyklů
- Nastudujte a charakterizujte problematiku pasivní bezpečnosti motocyklů a zpracujte rešerši používaných bezpečnostních prvků na motocyklech
- Prostudujte princip funkce airbagů, včetně airbagů pro motocykly
- Analyzujte využitelnost airbagu na motocyklu a navrhněte možná zlepšení pro jejich implementaci
- Zhodnoťte navržená řešení



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: Kramer, F.: Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen, Wiesbaden, 2009, ISBN 978-3-8348-0536-2
Hönig, M.: Airbag na motocykl, disertační práce, FD ČVUT, 2009

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Mík, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce:

22. června 2016

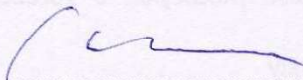
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

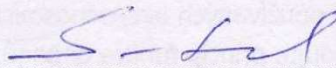
Datum odevzdání bakalářské práce:

27. srpna 2018


- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia




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


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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


.....
Lukáš Svoboda
jméno a podpis studenta

V Praze dne 5. prosince 2017

Poděkování

V první řadě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Josefu Míkovi, Ph.D., za jeho velmi cenné rady a poznámky a za jeho trpělivost. Dále bych rád poděkoval svým rodičům, že mi umožnili studium a za jejich podporu, která mě dovedla až k závěrečné práci.

Prohlášení

Tímto předkládám k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Děčíně, dne 27. srpna 2018

Lukáš Svoboda

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

AIRBAGY PRO MOTOCYKL

Bakalářská práce
srpen 2018
Lukáš Svoboda

ABSTRAKT

Předmětem této práce je bezpečnost motocyklu, podrobněji rozepisuje problematiku airbagu pro motocykl. Jako úvod do bezpečnosti jsou uvedeny statistiky nehodovosti a jejich rozdělení, pasivní bezpečnost motocyklu a veškeré bezpečnostní prvky dále popsány. Jedním z těchto prvků je airbag, který tato práce rozebírá dopodrobna. Nejprve je uveden historický vývoj a základní použití airbagu, poté následují typy využití na motocyklu. Ke konci nechybí ani vlastní návrh airbagu pro motocykl.

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is a motorcycle safety, in more detail writes about problematics of airbag system for motorcycle. As introduction to the safety are mentioned statistics of traffic accidents and their distribution, passive safety of the motorcycle and safety features further described. One of these features is airbag system, which is described in detail. First is shown historical development and basic usage of the airbag, then follow types of usage on the motorcycle. In the end is not even missing own design of airbag for motorcycle.

Klíčová slova:

Statistika, airbag, pasivní bezpečnost, motocykl, systém, azid sodný, airbagová vesta/bunda

Key words:

Statistics, airbag, passive safety, motorcycle, system, sodium azide, airbag vest/jacket

Obsah

1. Úvod	6
1.1 Statistika dopravní nehodovosti se zaměřením na motocykly	7
1.2 Nejčtenější příčiny nehod zaviněných řidiči motocyklů	10
1.3 Rozdělení nehod zaviněných řidiči motocyklu	11
1.3.1 Nehody zaviněné řidiči motocyklu podle praxe v řízení.....	11
1.3.2 Usmrcené osoby na motocyklech podle věku.....	12
1.3.3 Nehody zaviněné řidiči motocyklu podle objemu motoru.....	13
2. Pasivní bezpečnost motocyklu	16
2.1 Bezpečnostní prvky motocyklu	16
2.1.1 Bezpečnostní přilba	16
2.1.2 Deformační zóny	17
2.1.3 Asistenční systémy motocyklu	18
3. Princip funkce airbagů.....	22
3.1 Historie airbagu	22
3.2 Složení airbagového systému.....	22
3.3 Chemické reakce, oxidační čidla.....	24
3.4 Airbagy pro čelní nárazy.....	25
3.5 Boční ochrana airbagy	29
4. Airbag pro motocykl	32
4.1 Airbag na motocyklu pro čelní náraz.....	32
4.2 Airbagové bundy, vesty a jiné	35
4.2.1 Princip funkce airbagových bund	36
4.3 Technologie Helite Turtle	39
5. Matracový airbag	41
6. Závěr.....	43
Seznam obrázků	44
Seznam grafů.....	44
Seznam tabulek	44
Použitá literatura.....	45

Seznam použitých zkratk

DN	Dopravní nehoda
PB	Pasivní bezpečnost
AB	Aktivní bezpečnost
IMU	Inertial measurement unit
ECU	Electronic control unit

1. Úvod

Dnešní poměrně dost řešenou světovou problematikou je bezpečnost silničního provozu. Různé firmy pracují na výzkumu a vylepšeních bezpečnosti jak v automobilu, na motocyklu, tak i na chodníku pro chodce či cyklostezkách. S dobou silniční provoz poměrně intenzivně houstne a tím se i zvyšují možnosti vzniku nehody a pravděpodobnost zranění, nebo dokonce smrti. Dobrou známkou této problematiky je ale fakt, že počet zraněných na nehodu klesá, což znamená, že i s rozvíjející se dopravní sítí se zvyšuje bezpečnost provozu. Pro zajištění této bezpečnosti je nutné přizpůsobovat okolí dopravního prostoru a zavádět a zkoumat různá vylepšení či nové prostředky.

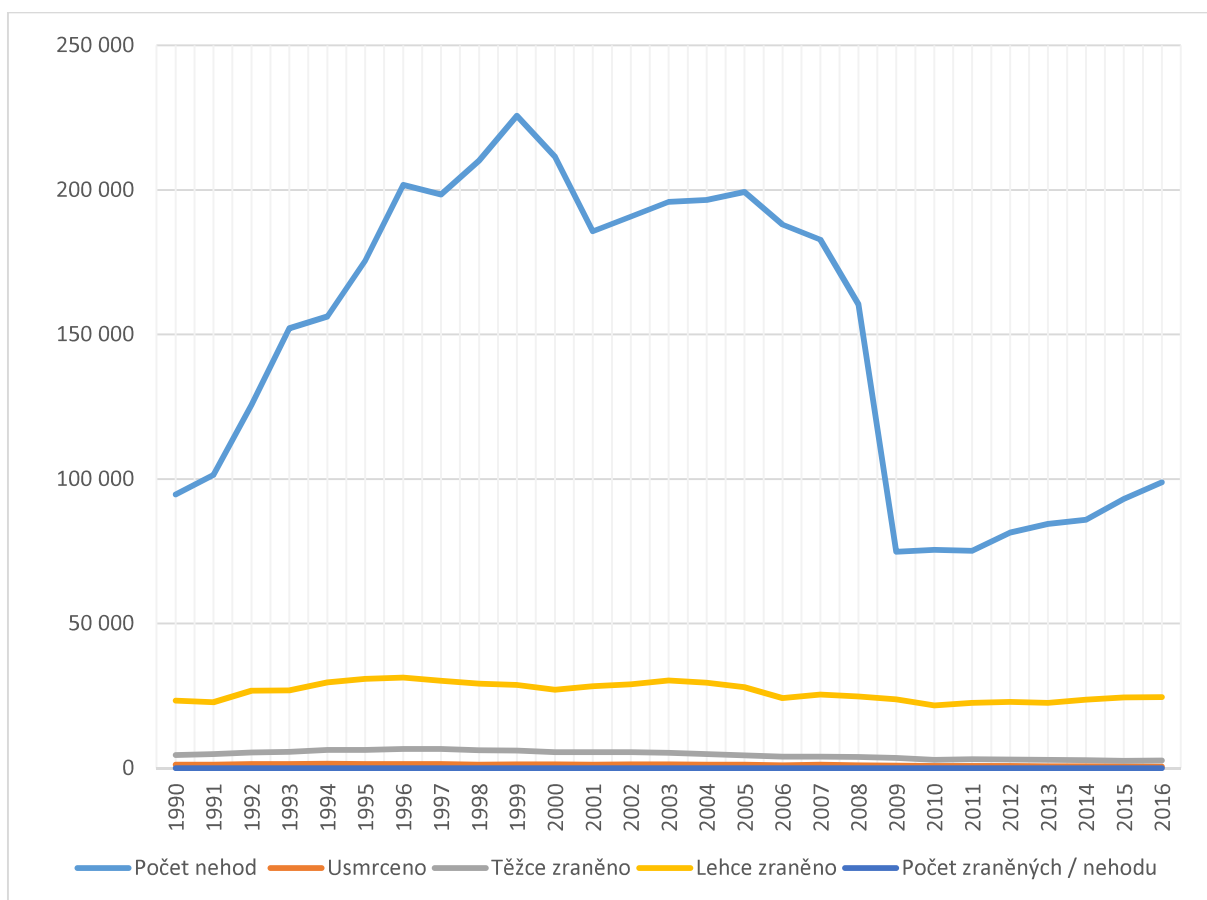
Jedním z těchto prostředků je airbagový systém, který je v poslední době žádaným prvkem pro automobily a tím i prvním zájmem výzkumu automobilek. Poměrně nově začíná být airbag uplatňován i na motocyklech, kde ho poprvé uvedla japonská automobilka Honda, jako přední airbag pro čelní náraz. Dnes avšak začíná být velmi populární vcelku levná alternativa, a to airbagová vesta nebo bunda. Jejím účelem je chránit veškeré rizikové části těla, jako je krk, páteř, žebra, kyčel... Přestože je princip airbagu v bundě či vestě podstatně jiný jak v provedení, tak v účelu, je i přes svou jednoduchost velmi účinný a schopný vcelku účinně zachránit život v nečekaných situacích, jako jsou právě dopravní nehody.

Tato práce se touto problematikou zabývá a řeší různá alternativní řešení využití tohoto prvku včetně návrhu vlastního řešení.

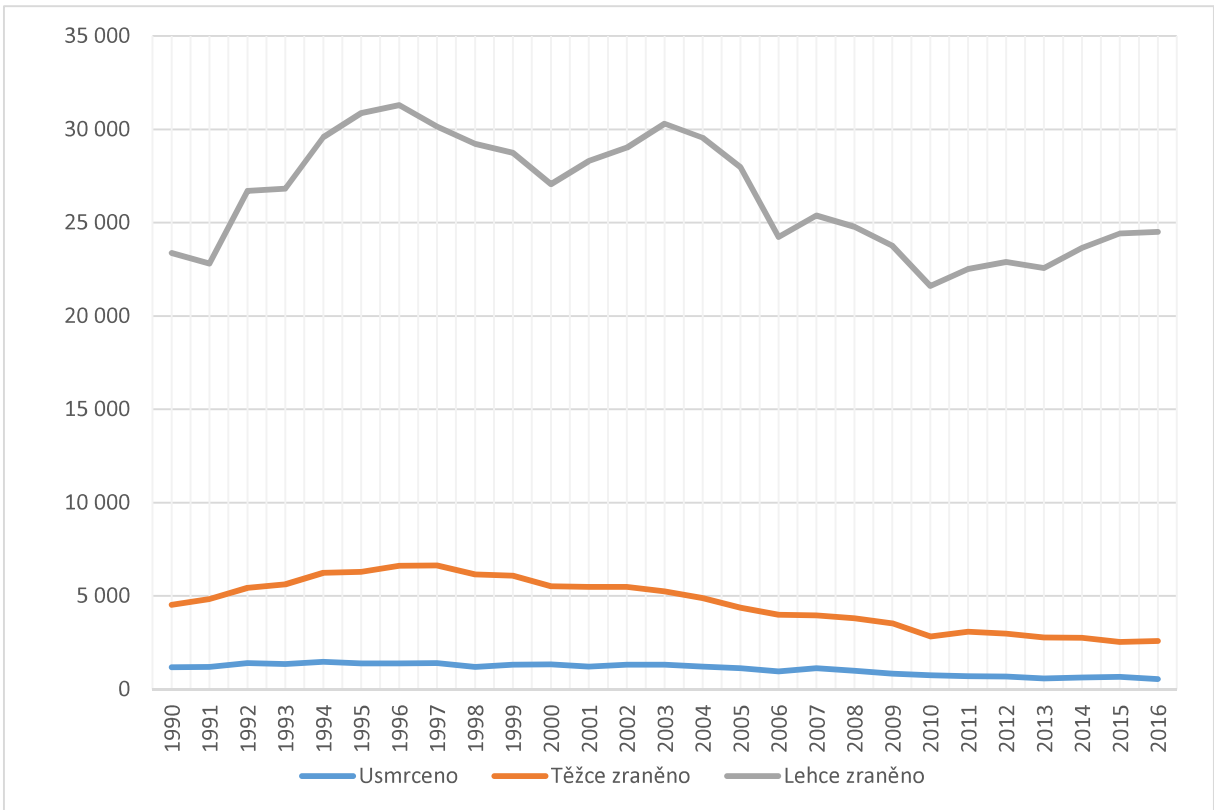
1.1 Statistika dopravní nehodovosti se zaměřením na motocykly

Statistiky a její výstupy zpracovává, včetně jejich grafických zpracování, Ředitelství služby dopravní policie. Tyto statistiky jsou využívány různými orgány, převážně tedy Policií ČR. Vést statistickou evidenci vyplývá ze zákona o silničním provozu. Co se týče porovnání počtu nehod automobilů a motocyklů, tedy pokud počítáme pouze automobily osobní, řidiči motocyklů způsobují výrazně méně nehod (přibližně 30x méně) - například v roce 2015, z celkového počtu 98 864 nehod, způsobili řidiči osobních vozidel 52 169 nehod. Motocyklisté pouze 1 828 nehod (108 řidičů mopedu, 111 řidičů malého motocyklu). Avšak závažnost nehod těchto dvou skupin se naprosto jasně liší. Což lze pozorovat při porovnání počtu úmrtí motocyklistů, které je přibližně 8x menší, než u automobilu (je nutno se pozastavit také nad tím, že automobil je určen pro více osob, a i přes tak vysoký rozdíl počtu nehod je tento poměr tak malý). Opět pro příklad z roku 2015, z celkového počtu usmrcených 545, bylo 369 řidičů osobního vozidla a 31 řidičů motocyklu. [1] [2] [3]

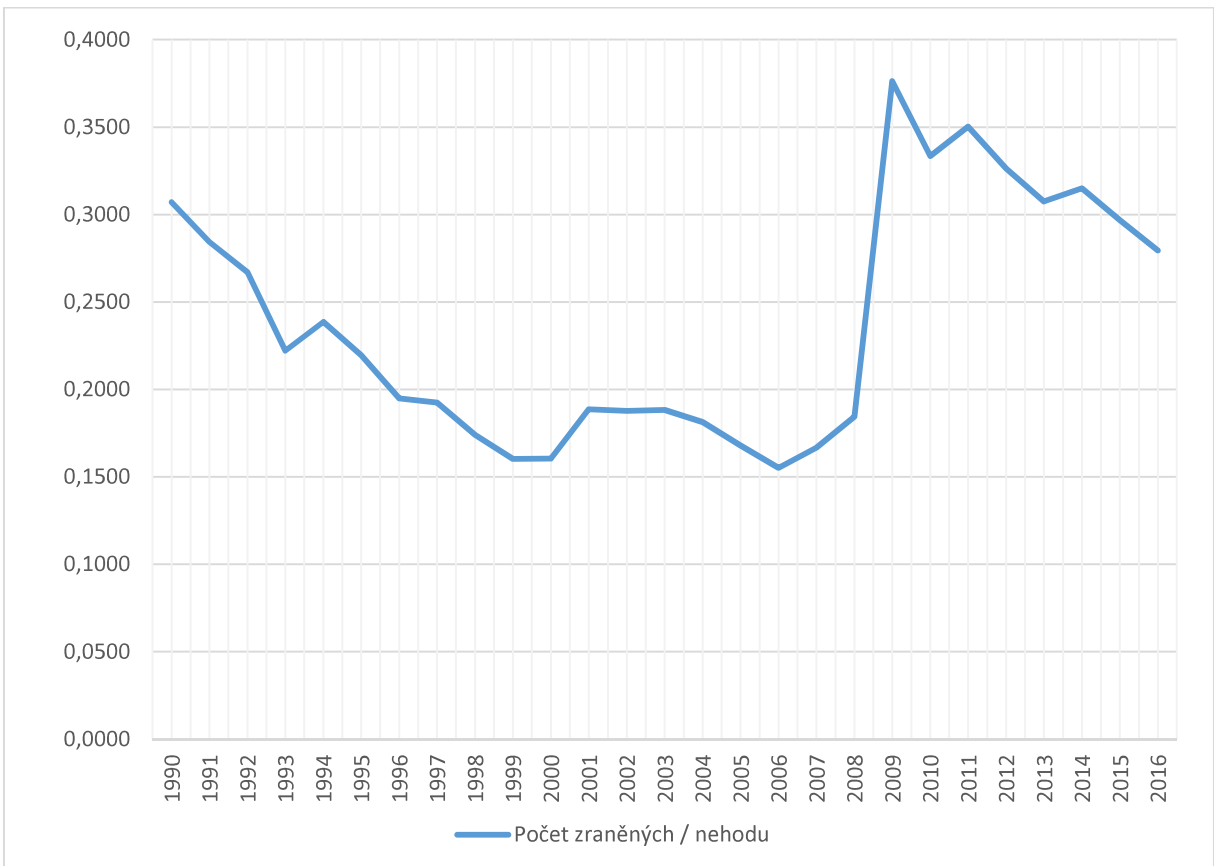
Graf č.1 znázorňuje počet nehod od roku 1990 do roku 2016, s porovnáním se zraněnými a usmrcenými. Graf č.2 znázorňuje detailněji pouze zraněné a usmrcené. Jak je vidět z grafu, těžce zraněných je přibližně pětina z počtu lehce zraněných. [3]



Graf 1 Počet nehod 1990-2016 [3]



Graf 2 Počet zraněných 1990-2016 [3]



Graf 3 Počet zraněných na nehodu, 1990-2016 [3]

Pokles počtu nehod a zároveň nárůst počet zraněných / nehodu v roce 2009 je způsoben změnou zákona č. 274/2008 Sb. Po této změně není nutné hlásit dopravní nehodu, při které nebyla zraněná žádná osoba, škoda nepřekročila 100 000 Kč, při které nebyla způsobena škoda třetí osobě neúčastnící se nehody a nebyla poškozena komunikace. [4]

Od změny zákona v roce 2009 je tedy hlášeno mnohem méně nehod. Jak je vidět z grafu č.1, v roce 2009 je zraněných osob při nehodě asi třetina celkového počtu nehod. Je tak zřejmé, že asi dvě třetiny nehod zavinily hmotnou škodu přes 100 000 Kč, nebo byla způsobena škoda třetí osobě neúčastnící se nehody. [4]

1.2 Nejčastější příčiny nehod zaviněných řidiči motocyklů

Nejčastější příčinou nehod veškerých řidičů motorových vozidel, tím je myšleno i řidičů automobilů, je jednoznačně nevěnování se řízení vozidla. Mezi další problémy patří i problémy s dodržováním bezpečné vzdálenosti za vozidlem, nesprávné otáčení či couvání. Tabulka níže ukazuje deset nejčastějších příčin dopravních nehod všech řidičů motorových vozidel.

Tabulka 1 Nejčastější příčiny dopravních nehod všech řidičů motorových vozidel

1	Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla
2	Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem
3	Nesprávné otáčení nebo couvání
4	Jiný druh nesprávného způsobu jízdy
5	Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky
6	Nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky
7	Nezvládnutí řízení vozidla
8	Nedání přednosti proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST
9	Vyhýbání bez dostatečného bočního odstupu
10	Jízda po nesprávné straně vozovky, vjetí do protisměru

Tabulka 1: [cit. 2018-20-07] Dostupné na WWW:

https://www.cspsd.cz/storage/216_c8db35730d7173095b60d732099525f5.jpg

Co se týče řidičů motocyklistů – příčinou jejich nehod bývá zejména nepřízpůsobení technickému stavu vozovky či nezvládnutí řízení motocyklu. Tabulka níže uvádí opět deset nejčastějších příčin dopravních nehod, ale zaviněných řidičem motocyklu.

Tabulka 2 Nejčastější příčiny dopravních nehod způsobených řidiči motocyklů

1.	Nepřízpůsobení rychlosti dopravně technickému stavu vozovky
2.	Nezvládnutí řízení vozidla
3.	Nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem
4.	Nepřízpůsobení vozidla vlastnostem vozidla a nákladu
5.	Řidič se nevěnoval řízení vozidla
6.	Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky
7.	Jízda po nesprávné straně, vjetí do protisměru
8.	Nepřízpůsobení rychlosti hustotě provozu
9.	Předjíždění vlevo vozidla odbočujícího vlevo
10.	Nedání přednosti proti příkazu d.z. "Dej přednost!"

Tabulka 2: [cit. 2018-20-07] Dostupné na WWW:

<https://www.motorkari.cz/upload/images/clanky/2017-02/35949/cetnost.jpg>

Pokud tyto tabulky porovnáme, je možno spatřit rozdíly mezi motocykly a ostatními motorovými vozidly, a chováním jejich řidičů. Je jasně vidět, že motocyklista si nemůže dovolit nevěnovat se řízení vozidla, zatímco touha po rychlosti na motocyklu občas neumožní odhadnout technický stav vozovky. To, že motocykl je náročnější na řízení, než automobil je asi jasné,

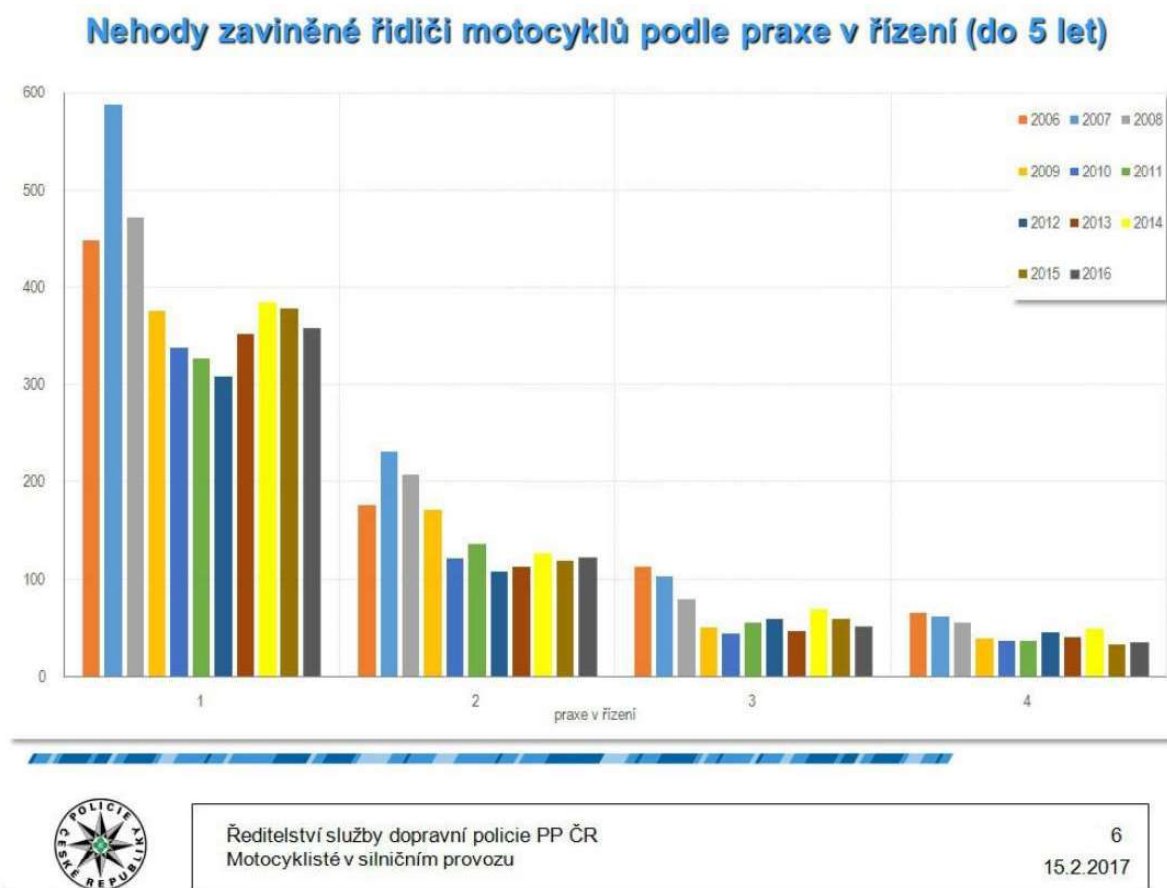
o čemž vypovídá i výsledek. Co je v tabulkách ale velmi zajímavé je, jaké množství řidičů motocyklu předjíždí zleva vozidlo odbočující vlevo, když tato příčina vzniku nehody dostala do tabulky deseti nejčastějších.

1.3 Rozdělení nehod zaviněných řidiči motocyklu

Nehody zaviněné řidiči motocyklu bývají rozdělovány podle všech možných parametrů – podle věku, praxe v řízení, ročních obdobích, měsíců, dnů v týdnu, objemu motoru motocyklu, atd. Rozhodl jsem se zde uvést pár příkladů rozdělení.

1.3.1 Nehody zaviněné řidiči motocyklu podle praxe v řízení

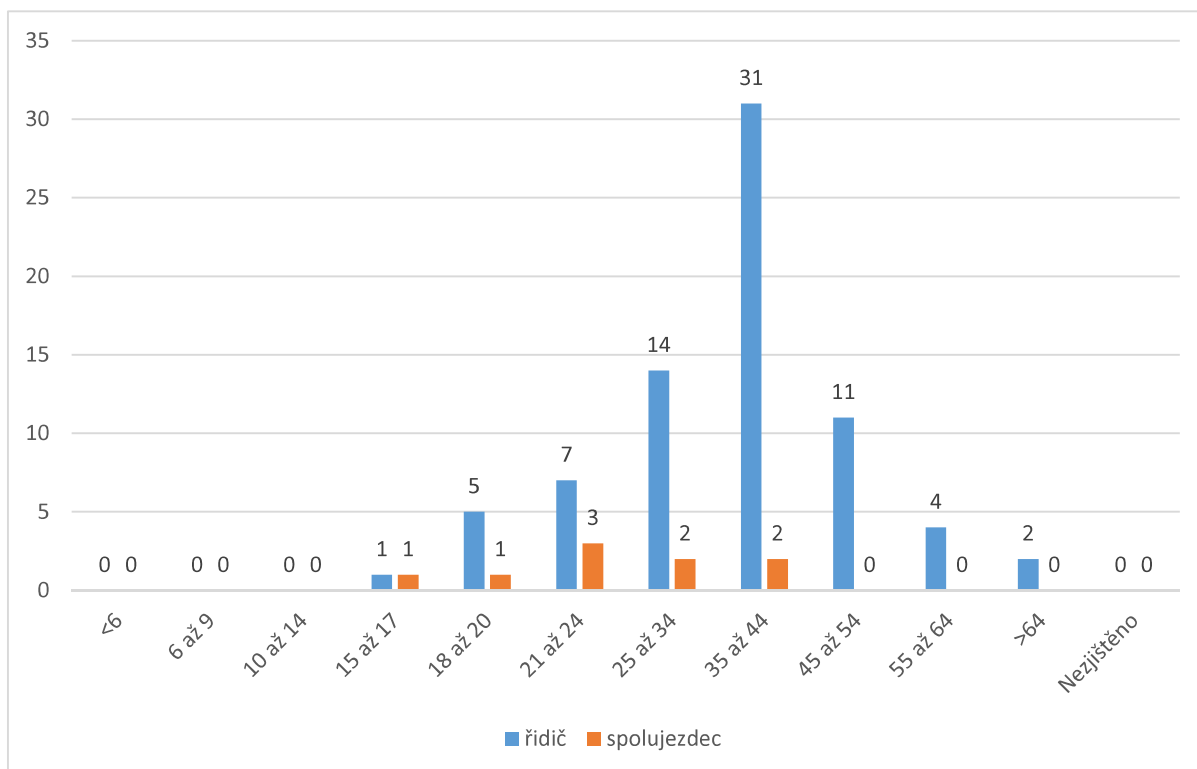
Jak je zřejmé, nejvíce nehod zavinějí noví řidiči. Počty nehod se však rapidně snižují s praxí. Už po pouhém roce počet nehod zaviněných nováčky klesl na třetinu, po čtyřech letech až na desetinu. Statistiky vyplývají z výzkumu od roku 2006 do 2016.



Graf 4 Nehody zaviněné řidiči motocyklů, podle praxe v řízení (do 5 let) [22]

1.3.2 Usmrcené osoby na motocyklech podle věku

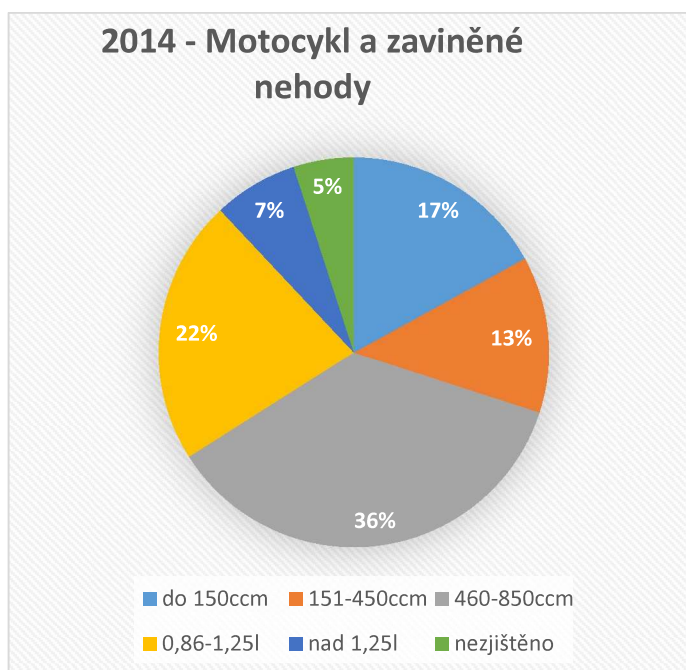
Jak bylo možno vidět grafu č.1 v kapitole 1.2.1, noví řidiči způsobují pochopitelně nejvíce nehod. Noví řidiči bývají mladí, nerozvážení a nehod v tomto věku je nejvíce. Avšak u problematiky usmrcených osob na motocyklu podle věku je to jiné - nejvíce usmrcených osob je kolem 40 let věku. Níže na grafu jsou znázorněny osoby usmrcené na motocyklu podle věku, za rok 2014:



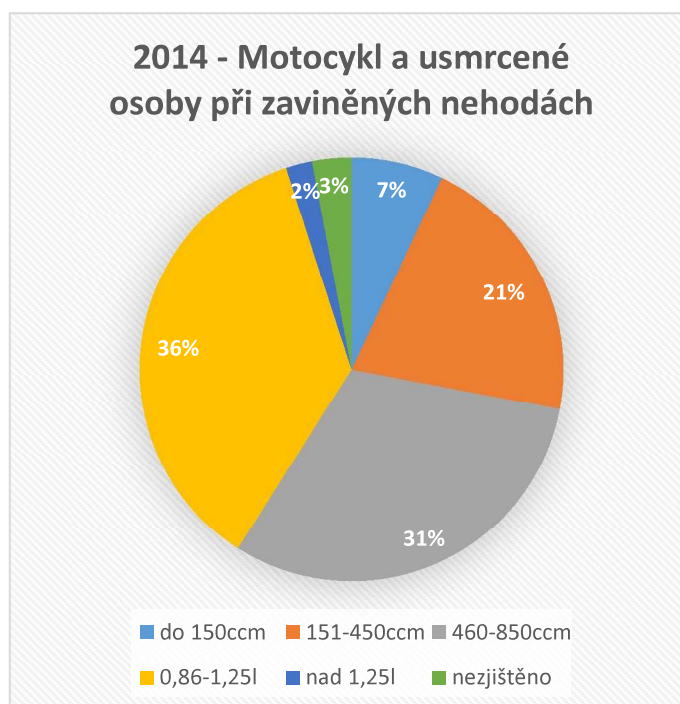
Graf 5 Usmrcené osoby na motocyklu podle věku, 2014 [1]

1.3.3 Nehody zaviněné řidiči motocyklu podle objemu motoru

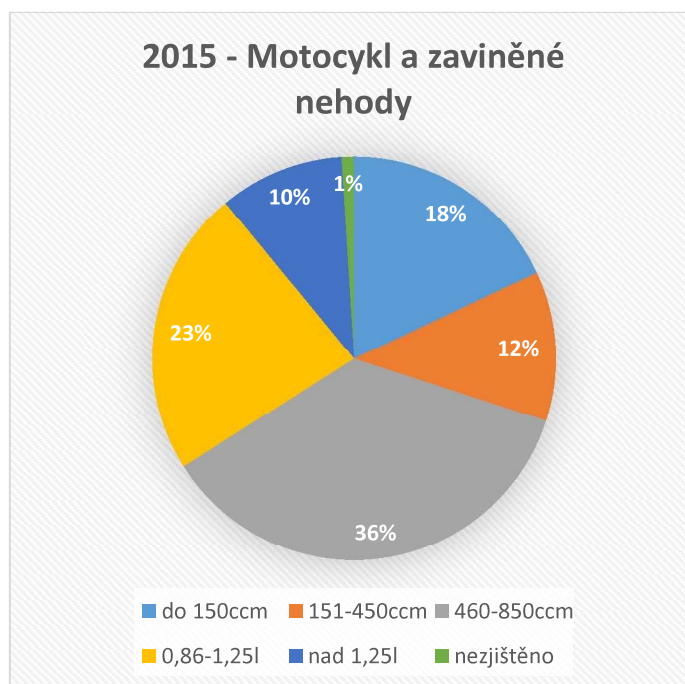
Posledním rozdělením a shrnutím dopravních nehod bude rozřazení podle objemu motoru. Tyto statistiky jsou zaměřeny čistě na motocykly bez porovnání s jinými druhy vozidel. Z důvodu komplikací při shánění dat stejného druhu z více let jsou zde uvedeny 3 roky, porovnání od roku 2014 do roku 2016.



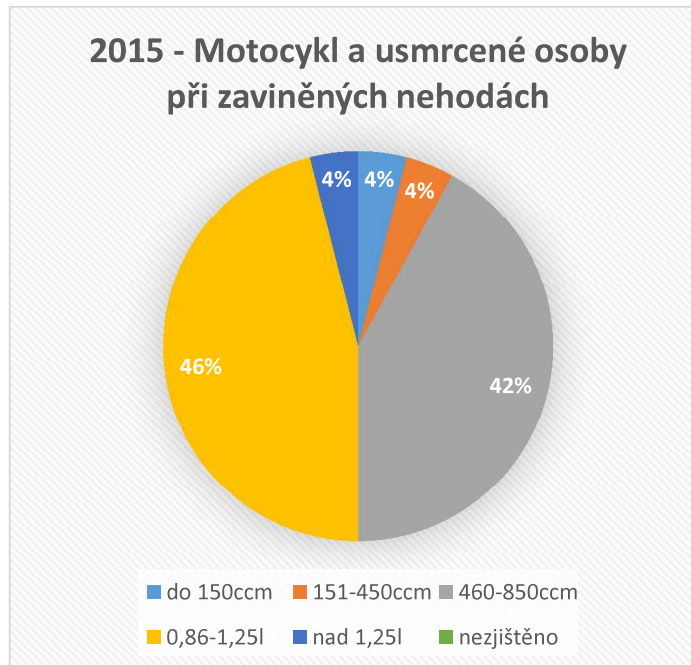
Graf 6 2014 - Motocykl a zaviněné nehody [1]



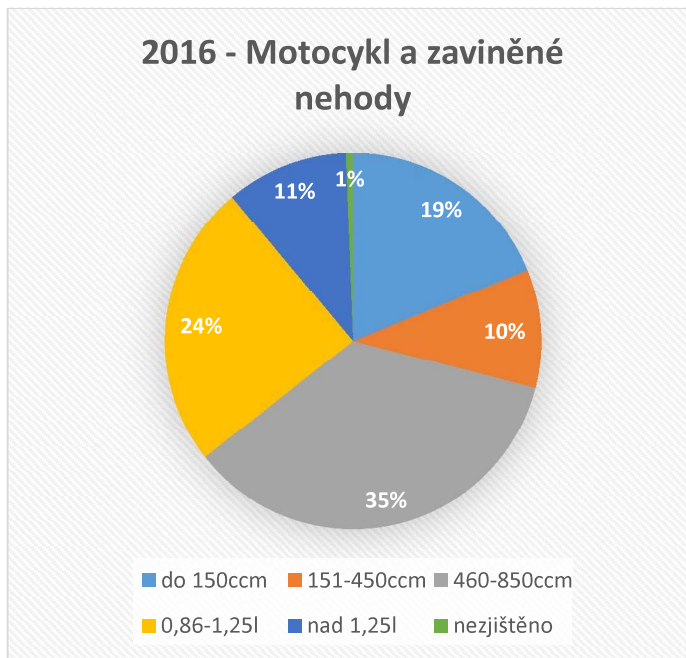
Graf 7: 2014 - Motocykl a usmrcené osoby při zaviněných nehodách [1]



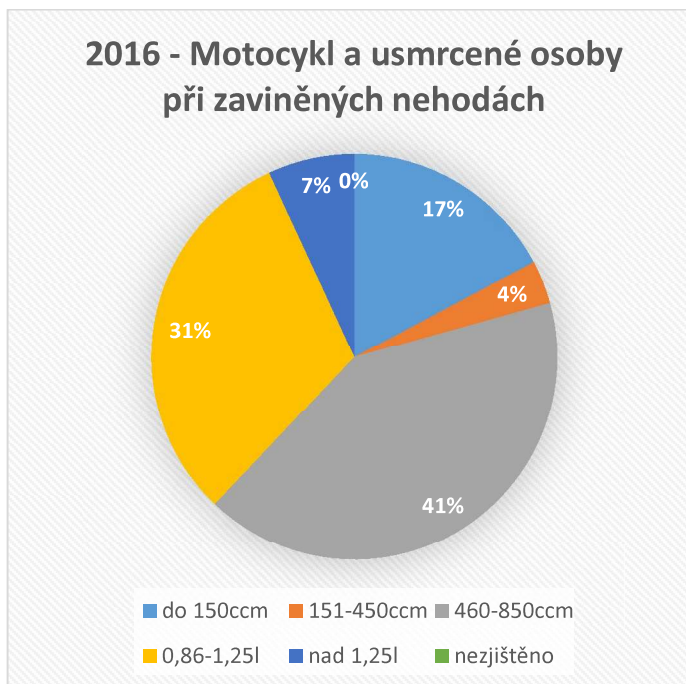
Graf 8: 2015 - Motocykl a zaviněné nehody [2]



Graf 9: 2015 - Motocykl a usmrcené osoby při zaviněných nehodách [2]



Graf 10: 2016 - Motocykl a zaviněné nehody [3]



Graf 11: 2016 - Motocykl a usmrcené osoby při zaviněných nehodách [3]

2. Pasivní bezpečnost motocyklu

Co se bezpečnosti týče, dělí se na aktivní a pasivní. Prvky aktivní bezpečnosti jsou ty, které mají zabránit či předejít vzniku nehody. Prvky pasivní bezpečnosti se uplatňují až ve chvíli vzniku dopravní nehody, mají pak co nejvíce minimalizovat následky dopravní nehody.

2.1 Bezpečnostní prvky motocyklu

Bezpečnostních prvků na motocykl je mnoho, i když se to na první pohled nezdá. Mohou být na řidiči samotném, na motocyklu, ale dokonce i mimo motocykl a jezdce. To jsou hlavně deformační zóny, které jsou zmíněny níže. Poslední dobou se ve výrobnách motocyklů přidává poměrně velké množství asistentů a systémů, což dělá z motocykl stroj náročnější na údržbu, než dříve a z jednoduchého jednostopého stroje s motorem se stává složitý počítač.

2.1.1 Bezpečnostní přilba

Podle zákona mezi povinné bezpečnostní prvky patří pevně upevněná **bezpečnostní přilba** a **ochrana zraku** (kryt či brýle), pokud jejich použití v určitých podmínkách nesnižuje bezpečnost jízdy.

“ (1) Řidič motorového vozidla je kromě povinností uvedených v § 4 a 5 dále povinen...“

“...h) mít za jízdy na motocyklu nebo na mopedu na hlavě nasazenou a řádně připevněnou ochrannou přilbu schváleného typu podle zvláštního právního předpisu a chránit si za jízdy zrak vhodným způsobem, například brýlemi nebo štítem, pokud tím není snížena bezpečnost jízdy, například za deště nebo sněžení.“ [5]

Přilby se vyrábí různých tvarů, avšak většinou bývají vybírány hlavně podle stylu jízdy. Vyrábějí se otevřené, které nechrání čelist a hrozí tak poškození obličeje a nemívají kryt přes obličej. Dalším typem je helma integrální, která se skládá z jednoho kusu, včetně čelistní části, s výklopným krytem. Posledním typem je helma vyklápěcí, která umožňuje vyklopit i část ochraňující čelist.

Nejdůležitější částí motorkářské přilby je vnější skořepina. Ta se skládá většinou z vysoce odolných karbonových vláken skládaných až do 35 vrstev. Druhou velmi důležitou částí přilby je vnitřní výstelka, která je většinou z polystyrenu. U dražších přileb se používá tvrzený polystyren či jiné materiály polystyrenu podobné. Vnitřní výstelka je u levnějších výrobků lepená, avšak žádoucí je z jednoho kusu. To je ale náročnější na výrobu a jednodušší vnitřní výstelky z tvrzeného polystyrenu vyjdou mnohem draž, co se ceny týče. Po větším nárazu by měla být přilba vyměněna z důvodu možného poškození skořepiny a tím zhoršení ochranných vlastností. Také není vhodné ochrannou přilbu půjčovat jiným osobám z důvodu adaptace přilby na tvar hlavy. [6]

2.1.2 Deformační zóny

Dalším prvkem PB motocyklu jsou **deformační zóny**. U automobilu se dá říci, že deformační zóny tvoří karoserie. U motocyklu to tak jednoduché není, jelikož pochopitelně řidič není na motocyklu uzavřen, jako v ochranné kleci. S čímž by měl každý účastník silničního provozu počítat a respektovat to. Tím jsou myšleni i samotní řidiči motocyklu. Deformační zóny (utlumení nárazů) tvoří primárně ohyb přední vidlice motocyklu, sekundárně pád na překážku a pak teprve na vozovku. Při pádu na vozovku je velmi důležité oblečení řidiče. Proto je dobré uvažovat nad rozdílem bavlněného trička a celokožené kombinézy a na jízdy/cesty vybrat vhodné oblečení.

Ochranné oblečení by mělo chránit proti všem možným poraněním způsobených dopravní nehodou. Tím jsou myšleny spáleniny, odřeniny, řezné rány ze šrotu, zlomeniny, naražení a nejen to: ochrana slouží taky proti žívlům, jako je vítr, déšť, kamínky a jiné části a hmyz. Typy ochranného oblečení jsou dva:

Textilní – Tkaná textilie může být velmi efektivní ochranou proti poraněním, pokud je k tomu určená. Různé technologie vláken udržují řidiče v suchu a je více vzdušná, což je hlavní výhoda tohoto oblečení oproti koženému.

Kožené – Kožené oblečení má větší životnost a nabízí lepší ochranu proti mechanickým poraněním. Není ale zdaleka tak vzdušná a v létě ne tak příjemná. Cena je v porovnání s textilní vyšší.

Kombinace obou – převážně bývá textilní s koženými výztuhami na mechanicky namáhaných místech, jako jsou klouby.

Popřípadě mohou být deformační zónou, co se „oblečení“ týče, různé chrániče, krunýře. Nejvýhodnějším a zároveň nejpoužívanějším je chránič páteře, kotníků a prstů u nohou (boty na motocykl), rukavice, dále chrániče kloubů a holení. Vrchní vrstva se skládá z tvrzeného plastu odolného proti oděru se spodní vrstvou, která by měla být prodyšná, měkká a přiléhavá k tělu.

Tyto typy chráničů jsou schvalovány evropskou normou **ČSN EN 1621-2 (832881) Ochranné oděvy pro motocyklisty proti mechanickým nárazům**. [7]

Sekundárně tvoří deformační zónu kapota jiného vozidla – tento prvek bývá vyvíjen už při návrhu a výrobě samotného automobilu. Bývá to totiž první objekt, se kterým se sražená osoba střetne. Ať už cyklista, řidič, nebo chodec.

Dalším objektem střetu bývá buď vozovka samotná, nebo její okolí, krajnice, objekty poblíž. Některé objekty poblíž komunikace však mohou být smrtící.

Velmi užitečným prvkem PB motocyklu jsou **airbagy**. Airbagy se tato práce bude zabývat dopodrobna.

Jedním velmi žádaným, až potřebným, avšak přesto někým neoblíbeným prvkem, je **reflexní vesta**. Reflexní vesta umožňuje jiným účastníkům provozu včas upozorovat motocyklistu a vyvarovat se tak možným následným excesům či nehodám. Reflexní prvky nemusí být pouze ve formě vesty, bohatě stačí reflexní pás, kšandy, či jiné formy zvýraznění řidiče v křiklavých a výrazných barvách, které jsou velmi dobře zpozorovatelné na velmi oblíbené barvě motokářů-černé. Když už je řeč o viditelnosti, je nutno zmínit jako bezpečnostní prvek i zpětná zrcátka.



Obrázek 1: Reflexní bunda, alternativní řešení reflexní vesty

Obrázek 1:[cit. 2018-10-08] Dostupné na WWW:
<https://www.insportline.cz/p34369/Moto-bunda-W-TEC-Astar-2jakost.jpg>

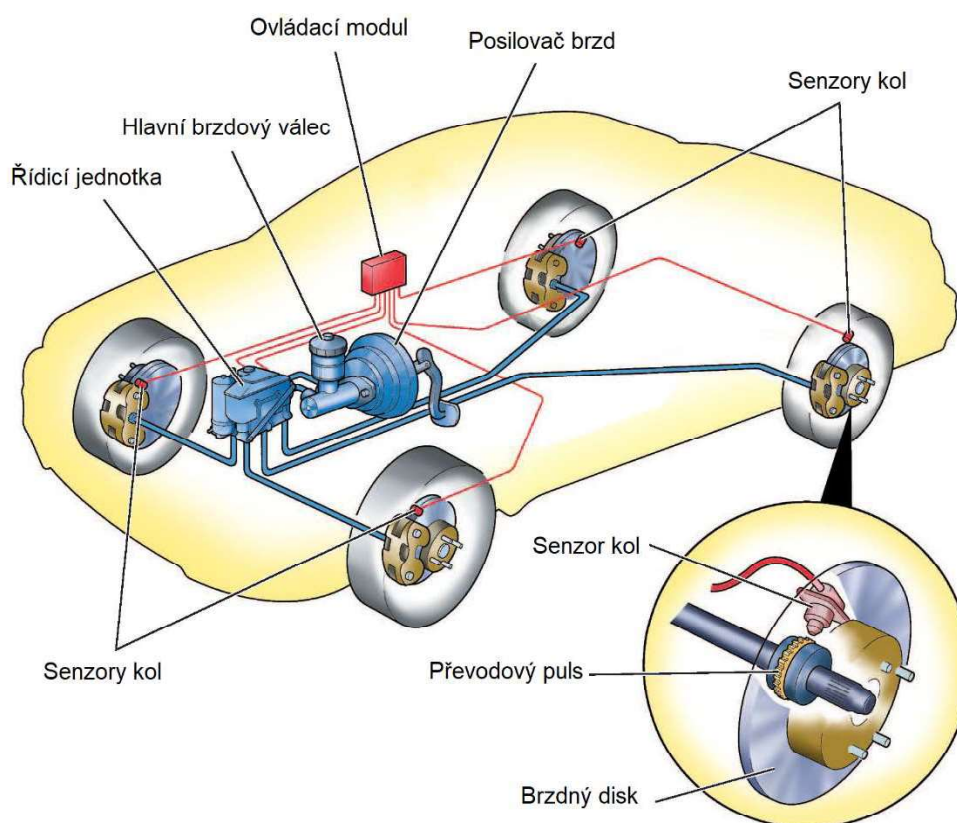
Vedlejším prvkem pasivní bezpečnosti, i když se nejedná jen o ochranu osob, je padací rám. Stejně jako všechny ostatní prvky minimalizuje škody následku dopravní nehody i obyčejného pádu motorky na místě. Chrání nohy řidiče, spodní část motocyklu a motor.

2.1.3 Asistenční systémy motocyklu

Pro začátek tohoto tématu je nutno zmínit řídicí jednotku **IMU** (Inertial measurement unit). Tato jednotka provádí sběr veškerých informací o momentálním stavu motocyklu, co se jí týče – aktuální rychlost, tlak na předním i zadním kole, náklon motocyklu, vybočení vidlice, tlak na brzdové páčce, v brzdových kapalinách, otáčky motoru, zrychlení, zpomalení... Pomocí těchto dat vytvoří výpočty dalších veličin potřebných k následnému vyhodnocení situace, jako je například tření, úhlová rychlost... Potřebné veličiny a následné informace či signály zasílá do dalších vyhodnocovacích jednotek určitých systémů. Problematika systémů je záležitost novějších motocyklů (s výjimkami). [10]

Zprvu je nutno uvést **ABS** (Anti-lock brake system). Při nečekaných prudkých reakcích řidiče (prudké brzdění), nebo při snížené adhezi vozovky (náledí, mokro) může dojít k zablokování kol a následnému smyku. Smyk pak způsobí neovladatelnost vozidla a zavinit řadu dopravních nehod. Úlohou ABS je tomuto smyku zamezit. Tento systém obsahuje 4 základní prvky. Těmi jsou snímače otáček kol, které vysílají informace do řídicí jednotky, která je následně zpracovává a určuje obvodovou rychlost, řídicí jednotka, která po výpočtech provedených

z přijatých informací odesílá další signály na hydraulickou jednotku, dále hydraulická jednotka (umístěna mezi brzdovými válečky kol a hlavním brzdovým válcem), ovládána signály z řídicí jednotky a následně řídí tlak v brzdových válečkách pomocí elektromagnetických ventilů a na konec samotné brzdy, na které je převáděn následný brzdný tlak vyvolaný z hydraulické jednotky, který může být i mnohem menší, než původní brzdný tlak vyvolaný řidičem. Každý brzdný váleček je ovládán individuálně, což umožňuje korigovat každé kolo vozu zvlášť. Pokud řídicí jednotka vyhodnotí nebezpečí prokluzu kola, pošle do hydraulické jednotky signál, který způsobí spuštění čerpadla pro zpětnou dodávku (povolení brzd) a spuštění elektromagnetických ventilů. Tím se brzdy povolí a dostanou vůz ze smyku. Poté se vrací do normálního stavu. [8] [9] [10]

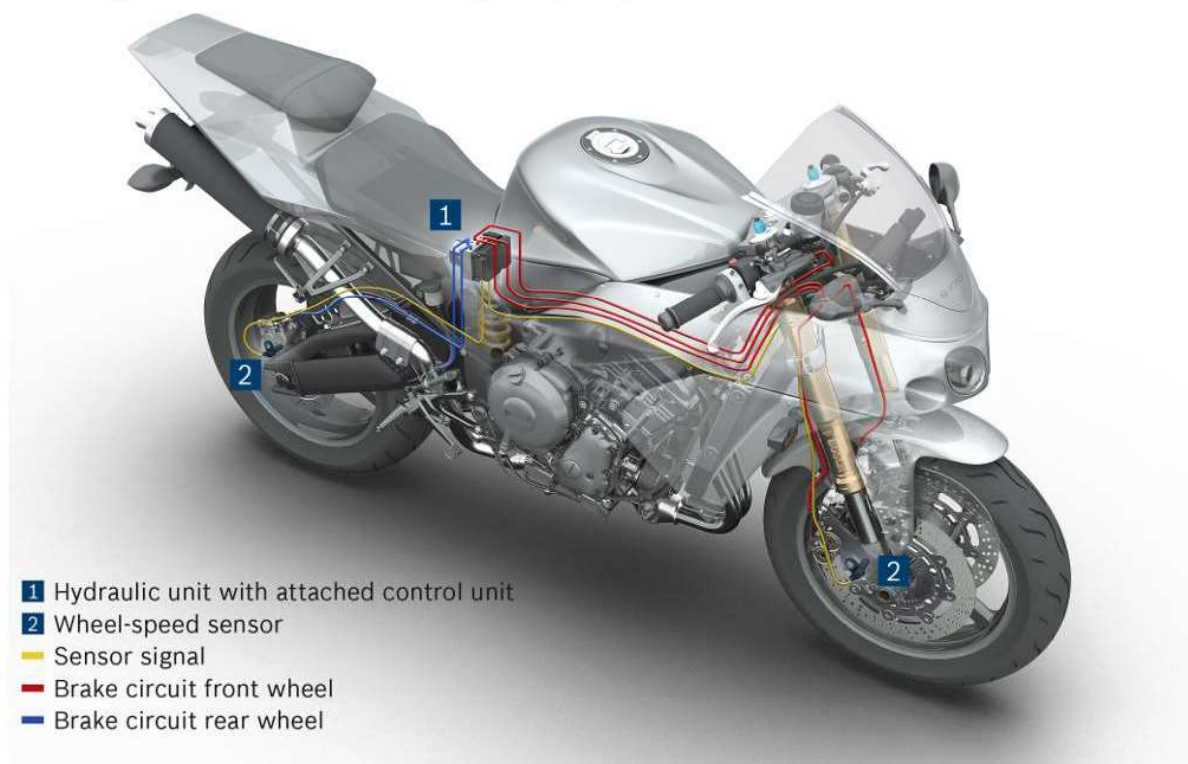


Obrázek 2 ABS u automobilu

Obrázek 2: [cit. 2018-06-07] Dostupné na WWW:
<https://www.motor-works.com/wp-content/uploads/ABS.jpg>

ABS na motocyklu je od roku 2016 nařízen montovat do všech nových motocyklů. Funguje dá se říci stejně, jako u automobilů, navíc je ale důležitý v zamezení pádu motocyklu. Tento prvek však vyvolává množství hádek mezi motorkáři, zda-li je tento systém na motocykl potřeba, nebo jestli je více prospěšný, než neprospěšný. Brzdná dráha s ABS i bez něj byla testována zkušenými jezdci a ve výsledku bylo zjištěno, že brzdná dráha je opravdu o kousek kratší bez tohoto systému. Začátečníkům je ale tento prvek určitě doporučován. [10]

The components of Bosch motorcycle ABS including electronic Combined Brake System (eCBS)



Obrázek 3 ABS na motocyklu

Obrázek 3: [cit. 2018-23-08] Dostupné na WWW: https://s1.cdn.autoevolution.com/images/news/mandatory-abs-for-motorcycles-over-125cc-from-2017-27630_1.jpg

Popis obrázku č.3: Obrázek znázorňuje komponenty motocyklového ABS od značky Bosch zahrnující i systém CBS. Číslo 1 v obrázku je hydraulická jednotka s přiřazenou řídicí jednotkou. Číslo 2 znázorňuje umístění senzorů rychlosti kol. Žluté obvody zobrazují vedení signálů ze senzorů, červené jsou brzdné obvody předního kola a modré zadního. [8]

Hned po ABS následuje „**zatáčecí ABS**“ (také nese názvy **MSC, KIBS, EVO ABS Cornering**... Každý výrobce má svůj název). Princip je stejný, jako ABS – snaží se vyvarovat blokaci kol. Funguje ale trochu jinak, v jiných případech. Dobře spolupracuje s jednotkou IMU a se signály z ABS. Uprostřed zatáčky, pokud je stlačena brzda, tyto informace zpracovává a podle náklonu motocyklu a tlaku v brzdách a na kolech se snaží zamezit podklouznutí kol v zatáčce, čemuž také napomáhá rozložení brzdného účinku mezi obě kola. Systém je možno nastavovat nebo vypnout. [10]

Když už byla zmínka o rozkládání brzdného účinku mezi obě kola, dalším, podobným systémem je **CBS/C-ABS** (Combined braking system), nebo také kombinované ABS. Ten funguje na stejném principu jako ABS, navíc ale kombinuje a elektricky koriguje přední i zadní brzdu při brzdění a zvyšuje tak efektivitu využití brzd pomocí elektrické jednotky. Princip funkce tohoto systému může být buď mechanický, nebo hydraulicky řízený. Jednodušší, mechanické provedení, se využívá pouze u malých skútrů. Princip spočívá v tom, že při brzdění prochází

mechanická síla z levé brzdové páčky skútru přes ekvalizér, který sílu vyrovná a část usměrní na druhé kolo. Pravá brzdová páčka skútru pak brzdí pouze přední kolo. [11] [12]

Hydraulicky řízené provedení je o trochu složitější. Při brzdění přední brzdou, tedy pravou páčkou, vznikne u předního kola v hydraulických pístech tlak, který dále převede další hydraulický tlak na sekundární brzdový válec. Hydraulický tlak se z brzdného válce převede pomocí PCV (proportional control valve - regulační ventil) na brzdy druhého kola. [12]

C-ABS je na světě první technologie, která dává řidiči rozšířený přístup k výkonným vlastnostem sportovních motocyklů a tím přináší lepší ovladatelnost a jistotu. U tohoto systému jsou ale i případy, kdy zablokoval přední kolo na kluzkém povrchu (najetí na mokré bílé vodorovné značení jako je přechod apd.). Není proto mezi řidiči motocyklů moc oblíbený. [10]

Kontrola trakce je dalším systémem (jinými názvy/zkratkami **TCS, MTC, DTC, ATC, HSTC, S-KTRC**... opět podle výrobce) je systém korigující zrychlení. U starších motocyklů funguje na principu senzorů rychlosti otáčení předního a zadního kola. U novějších pomocí již zmíněné jednotky IMU. Funguje v celku jednoduše: Pokud se zadní, hnací, kolo pohybuje rychleji, než přední, znamená to, že buď prokluzuje, nebo se motocykl zvedá na zadní kolo. V případě zvednutí předního kola se ale jedná o „**Kontrolu zvedání předního kola**“, který funguje stejně. Systém pak sníží výkon motoru (ubráním plynu, škrťací klapkou...) a až se rychlost otáčení obou kol opět vyrovná, vyrovná se i výkon motoru. [10]

Posledním zde uvedeným systémem je systém pro **brzdění motorem (EBD, MSR, EBR, KEBC**... dle výrobce), opět řízený pomocí IMU. Ten slouží zejména k zamezení zablokování kol v zatáčce při deceleraci motorem (zejména u podřazení). Pokud mají kola tendence se zablokovat, zvýší systém přísun paliva do motoru a zamezí tak zablokování kol a následnému kluzu. [10]

Systémů a asistentů na motocykl je mnohem více, avšak ostatní již nespádají pod bezpečnostní prvky, jako spíše pod zjednodušení či zpohodlnění jízdy (asistent rozjezdu do kopce, asistent řazení, tempomat, ...).

3. Princip funkce airbagů

Tato kapitola obsahuje něco z historie airbagů, jejich princip a obecné využití. Níže bude zmíněno momentální využití v automobilech, typy a příklady užitečnosti airbagů.

3.1 Historie airbagu

Vývoj airbagů začíná v pozdějších šedesátých letech 20. století. Tohoto času využíval systém pro nafouknutí pytle bombičky s natlakovaným plynem. Přestože při testování tohoto způsobu v simulacích nehod byly vykazovány dobré výsledky, praxe byla jiná. Tlak plynu v lahvičce výrazně ovlivňovala teplota prostředí. Při vysokých teplotách, v létě, byl tlak moc vysoký a při nízkých zimních teplotách naopak moc nízký. Tak jako tak, airbag nefungoval správně. Při vysokém tlaku airbagu hrozilo zranění prudce nafouklým vakem, nebo se – při nízkých teplotách – vak nenafoukl vůbec. Nějaký čas trvalo, než bylo řešení pyrotechnickým způsobem představeno výrobcům automobilů a následnému vyhnutí všech nevýhod, které obnášela tlaková lahvička s plynem. [13]

Požadavky legislativy Spojených států pro testování airbagů s a bez použití předních bezpečnostních pásů vedly ke komplikovaným vývojům designu airbagových systémů. Nařízení od National Highway Traffic Safety Administration stanovit, přes FMVSS 208¹, že testování by mělo být prováděno s nepřipásanými figurínami, bylo založeno na míře využití spodního bezpečnostního pásu v té době, zejména v některých státech USA, kde nebylo od zákona povinné používání bezpečnostních pásů. [13]

Věříme, že airbag je pouze doplněk hlavního zádržného systému: bezpečnostních pásů. Veřejnost by se v žádném případě neměla cítit bezpečně, že vůz samotný nabízí adekvátní ochranu, pokud nemají bezpečnostní pás. Mezitím, jak bude zmíněno dále, bylo od FMVSS 208 mnoho dalších požadavků, jako například osádka vozu různého věku, pozice sedadla a variace zádržných systémů (například při použití dětské sedačky). Ze začátku byly airbagy navrženy pouze pro čelní nárazy. [13]

3.2 Složení airbagového systému

První součástí, která při snímání nárazu vozidla hraje roli, je nárazový senzor příčného a podélného zrychlení. Jeho uložení je v přední části automobilu. Při srážce během účinku deformačních zón zaznamenává zpomalení, a to následně zasílá do řídicí jednotky. [13]

Řídicí jednotka vyhodnocuje data zasláná ze senzorů. Při vyhodnocení prudkého zpomalení vyšle následný impuls na roznětku do inflátoru. Podrobněji se řídicí jednotkou zabývá kapitola 2.1.3 a 4.1.

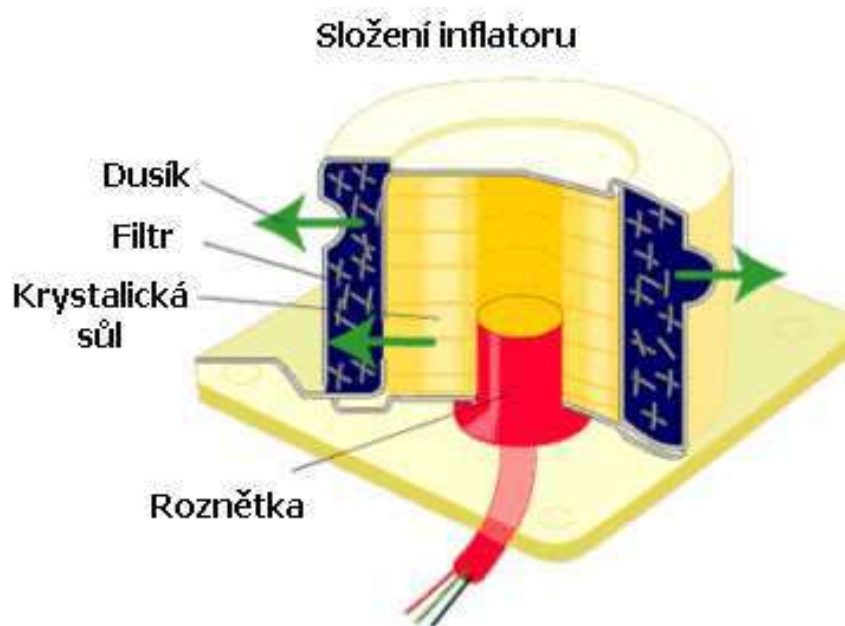
Inflátor airbagu je klíčový prvek celého systému. Jeho cílem je po vyhodnocení dat ze senzorů řídicí jednotkou pomocí chemické reakce naplnit airbag plynem – dusíkem. Jeho složení je poměrně jednoduché.

¹ **Federal Motor Vehicle Safety Standard 208** je standardem regulujícím ochranu před nárazem cestujících v automobilu v USA [15]

Schránka, převážně válcovitého tvaru, má několik přepážek. Uprostřed samotné schránky je elektrická roznětka. Jak bylo zmíněno, roznětka získává signál ke vzplanutí z řídicí jednotky a tím zahájí proces nafouknutí airbagu.

Roznětka je obklopena krystalickou látkou, azidem sodným NaN_3 (smíšeným s oxidačním činidlem), kterým je inflátor naplněn v celé vnitřní komoře inflátoru až k prvním přepážkám. Při zažehnutí roznětkou je azid sodný přeměňován na dusík a odpadní látku – sodík. Mezi prvními a druhými přepážkami je vložen filtr, který tyto dvě výchozí složky filtruje a skrze druhou přepážku propouští pouze dusík. [16]

Oxidační činidlo smíšené s azidem sodným má za cíl reagovat se vzniklým sodíkem, který by mohl být samotný nebezpečný (sodík je velmi reaktivní s širokou škálou jiných látek). [16]



Obrázek 4 Složení inflátoru

Obrázek 4: [cit. 2018-23-08] Dostupné na WWW:
http://www.autolexicon.net/obr_clanky/cs_airbag_003.jpg

Vak airbagu musí mít takové složení, aby vydržel tlak způsobený expanzí plynu a následný náraz osádky vozu. Zároveň nesmí být moc silný, aby jeho velikost umožnila složení do komory airbagu. Zranění expanzí airbagu je celá řada, materiál proto musí být zaměřen i na bezpečnost samotné dynamiky vaku jako předmětu. Materiál tkaniny vaku se dnes používá polyamid 6,6 – nylon, jelikož ze zkoušených materiálů má nejvyšší schopnosti pohlcení energie, co se poměru prodloužení a pevnosti týče. Dalšími výhodami nylonu jsou vysoká měrná tepelná kapacita a nízká hustota. Což znamená, že vak je lehký a méně náchylný na krystalickou změnu vláken způsobenou tepelnou energií v porovnání s jinými tkaninami, například polyesterem. [17]

Tento vak je složen v minimální objem ve schránce, kde je napojen na inflátor. Ten po zažehnutí generuje dusík, kterým je vak naplněn během několika desítek milisekund. Hned po nafouknutí a utlumení nárazu hlavy je vypouštěn.

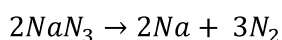


Obrázek 5 Nežádoucí exploze airbagu; Crash test: Honda, 2012

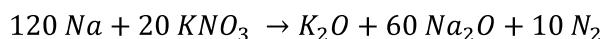
Obrázek 5: [cit. 2018-26-08] Dostupné na WWW: https://img.washingtonpost.com/rf/image_1024w/2010-2019/WashingtonPost/2012/10/10/Development-Transportation/Videos/Images/air-bag-explosion.jpg

3.3 Chemické reakce, oxidační činidla

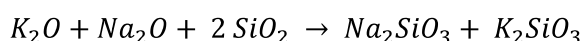
Následující chemická rovnice znázorňuje zažehnutí **azidu sodného (NaN₃)** roznětkou a následné štěpení na **dusík (N₂)** a **sodík (Na)**.



Oxidačním činidlem v airbagovém inflátoru je **dusičnan draselný (KNO₃)** a **oxid křemičitý (SiO₂)**. Po první reakci reaguje **dusičnan draselný**, tím vzniká další dusík, oxid draselný (K₂O) a oxid sodný (Na₂O). Oxid sodný by se ze schránky inflátoru neměl vůbec dostat, protože je silně dráždivý při kontaktu s pokožkou, očima či při vdechnutí.



Třetí, finální reakcí, je redukce oxidů pomocí **oxidu křemičitého**, jako oxidačního činidla, následně z oxidu sodného a oxidu draselného vzniká pouze neškodný křemičitan sodný a křemičitan draselný.

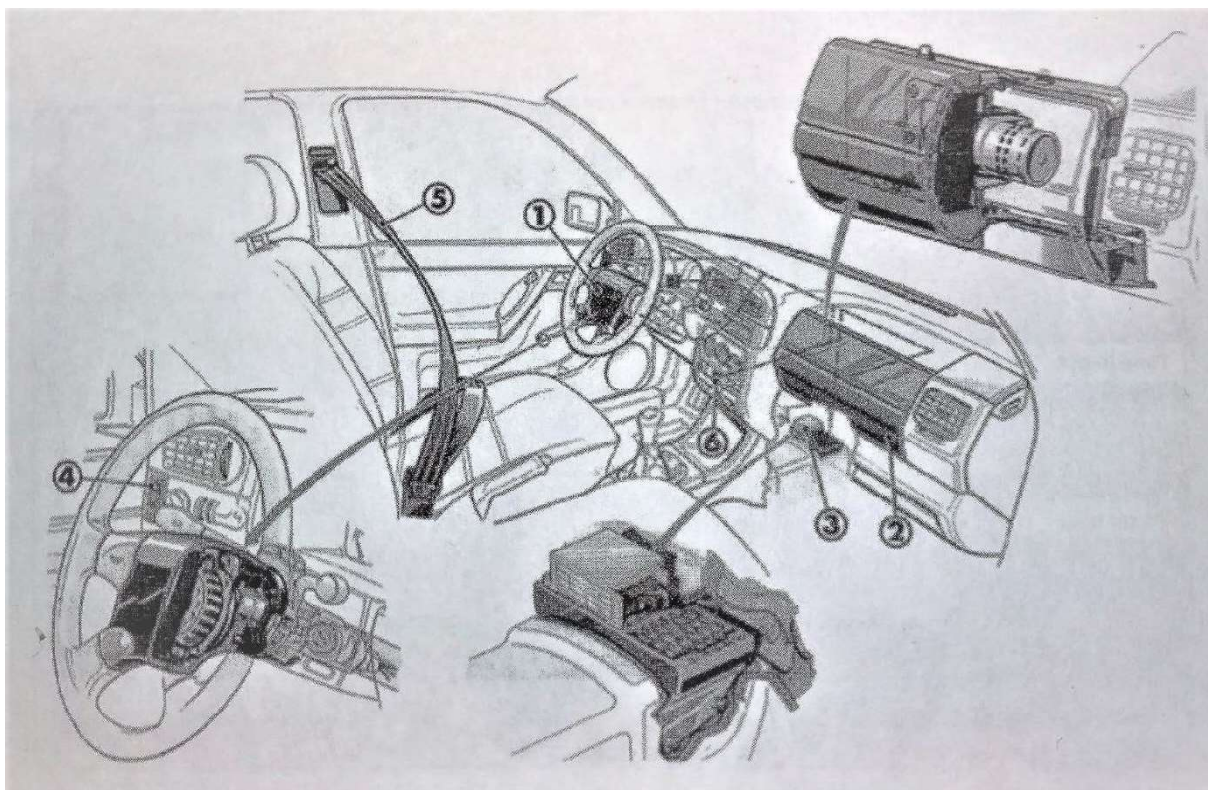


Bez oxidačních činidel může dojít v inflátoru k explozi, která roztrhne schránku a může tak dojít k vážnému nebo smrtelnému poranění osádky vozu. Avšak jsou případy, kdy inflátor

explodoval i s těmito čínidly. To bylo většinou stářím samotného inflátoru. V takovém případě se alespoň nedostanou do prostoru automobilu škodlivé látky. [16]

3.4 Airbagy pro čelní nárazy

Pokud analyzujeme využití třibodového bezpečnostního pásu samotného v čelních kolizích, cestující nejprve vykonává pohyb vpřed vzhledem k Prostoru interiéru vozidla, než se pás zasekne. Poté pokračuje pohyb vpřed vzhledem k cestujícímu nižší rychlostí. Poté následuje pohyb cestujícího směrem dolů kvůli pásu přes klín cestujícího. Pás přes rameno tento pohyb zastaví, ale díky zpětnému tahu ramenního pásu proces končí silnou rotací hlavy směrem dolů, která může být zastavena pomocí předního airbagu. Navíc je zamezeno možnému přímému kontaktu hlavy s interiérem vozu. [13]



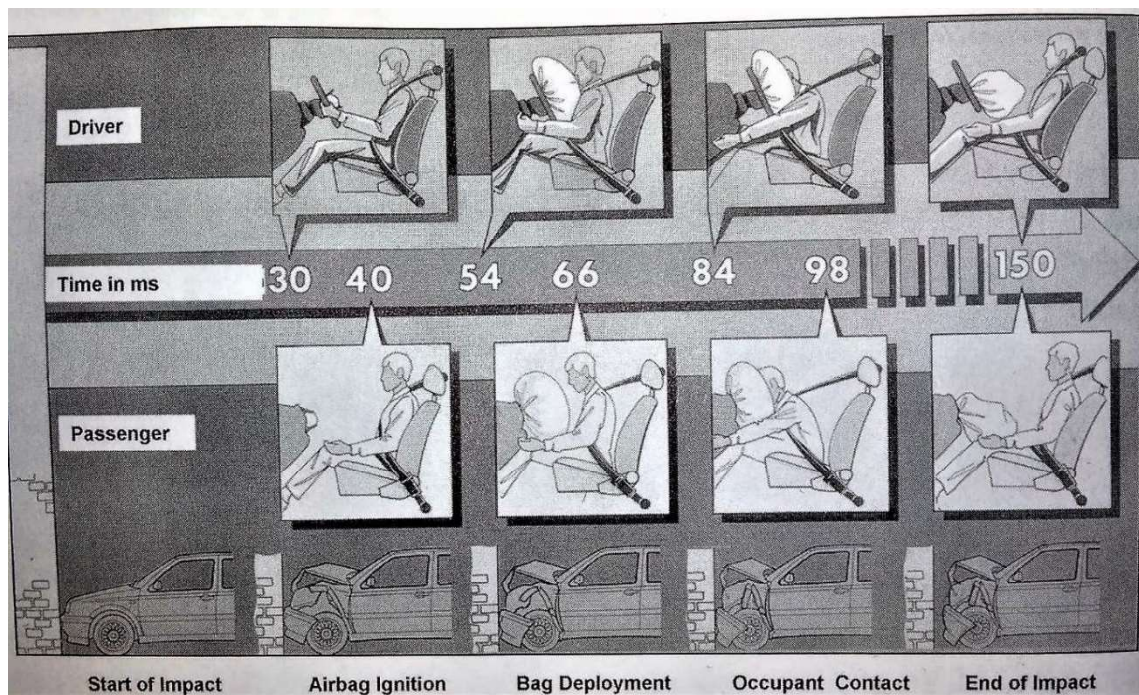
Obrázek 6 Rozpoložení systému airbagů [13]

Popis obrázku 4:

1) Modul řidiče; 2) Modul spolujezdce; 3) Kontrolní schránka se senzory; 4) LED dioda poruch systému; 5) Bezpečnostní pás; 6) Zařízení pro vyhodnocení

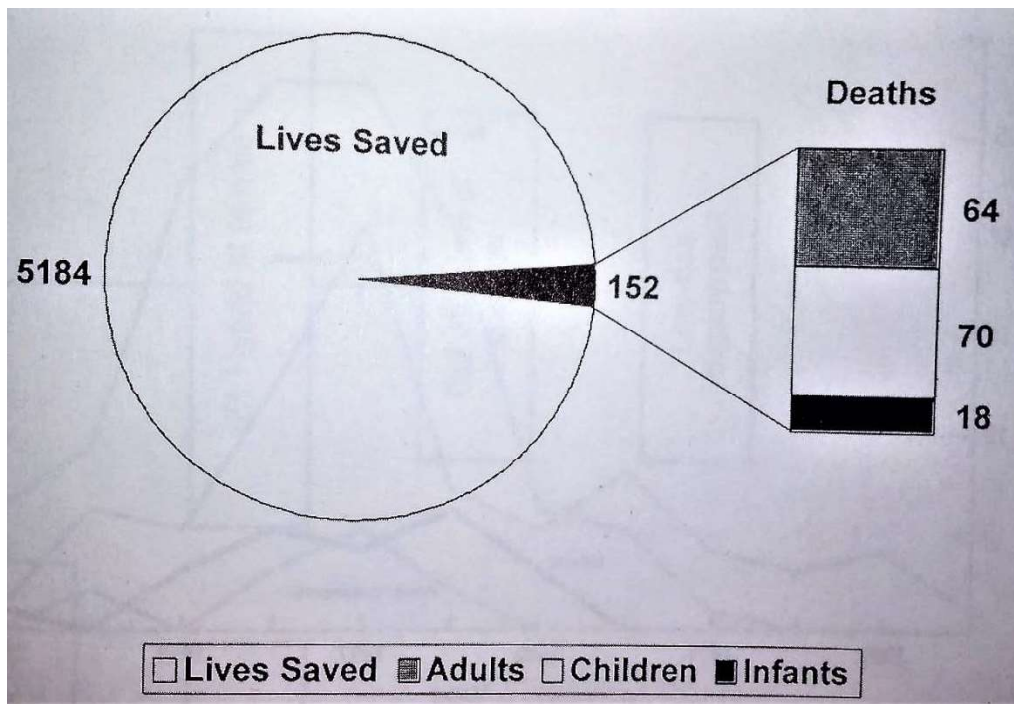
Systém airbagu se skládá z několika komponentů: Dvě schránky s pyrotechnickým práškem, vzduchové vaky pro řidiče a spolujezdce s vhodným krytem, skříňka s elektrickými obvody a několika senzory, speciální vysílač signálu pro vzplanutí airbagu ve volantu a ECU (elektrická řídicí jednotka) obsahující diagnostický systém. Pro tvorbu plynu se využívá čistě pyrotechnický prášek, výjimečně byly použity nějaké hybridní návrhy. Pyrotechnická složka by

měla vytvořit co nejméně emisních látek, jak jen je to možné. Materiál vaku se skládá částečně z polyamidu (PA) nebo polyesteru (PETP), s malými vyfukovacími otvory pro kontrolované vypuštění po nehodě. Po srážce, ke které došlo lehce pod 20 km/h rychlosti překážky, řídicí jednotka (ECU) vyhodnotí, zda má zažehnout nafouknutí. Po zažehnutí vytvoří pyrotechnický prach plyn, který vyplní airbag. V 50 km/h rychlosti dopadu na překážku je čas vzplanutí senzoru menší, než 30 ms (0,030 s). Počáteční tlak airbagu leží mezi 1,8 a 2,2 bary. [13]



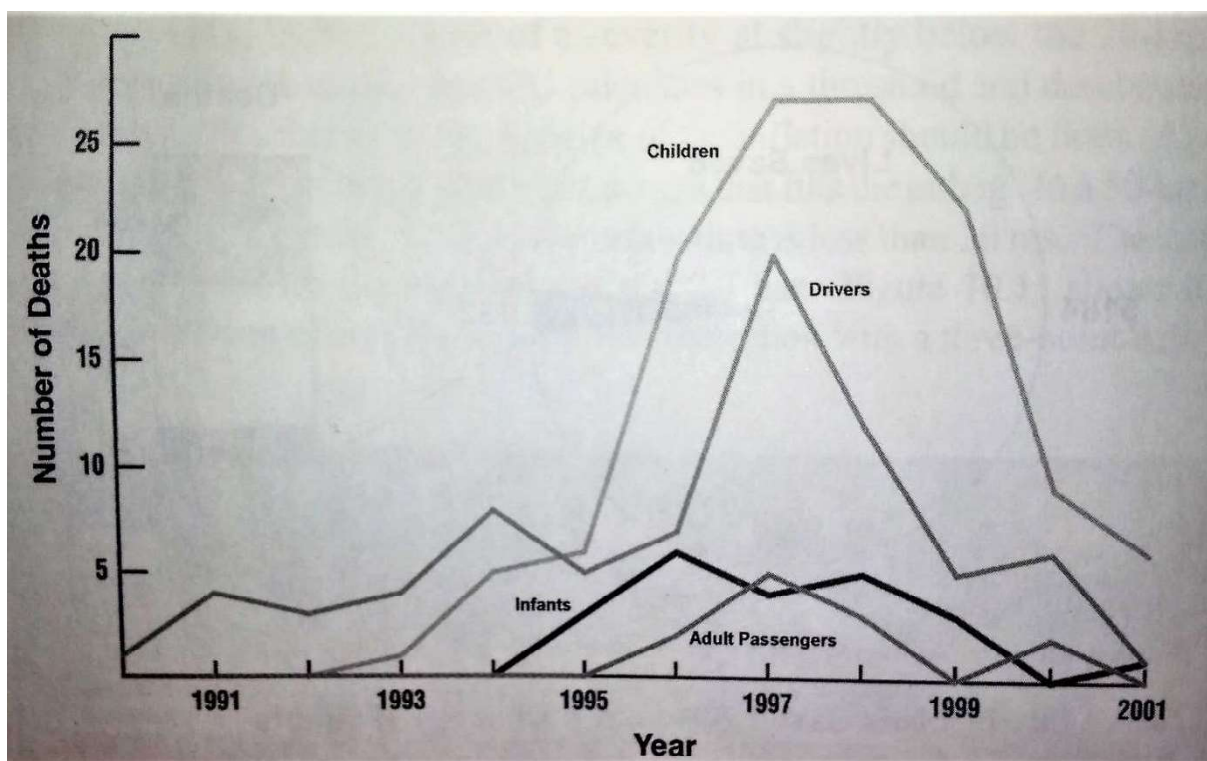
Obrázek 7 Nafouknutí airbagů řidiče a spolujezdce, s časovou osou [ms] [13]

Kvůli americkým nárokům na airbagový systém, co musí fungovat s i bez bezpečnostního pásu, tlak v airbagu musel být mnohem vyšší pro případ, že by osádka nebyla připásána. Pokud je pás použit, musí airbag zabránit pouze v rotaci hlavy. Pokud pás není použit, hmotnost, která musí být pohlcena, je 5x větší. Jednoduché přirovnání popisuje tento příklad: hmotnost hlavy 50 % mužů je přibližně 6,8 kg, přičemž hmotnost tělní části je průměrně 36 kg. Takto vysoký tlak a rychlost inflace airbagu při rychlosti až 100 km/h vytvořil několik nehod s těžkými zraněními. Následující obrázek znázorňuje počty zachráněných osob airbagem, oproti úmrtím. [13]



Graf 12: Počet zachráněných a ztracených životů díky airbagu [13]

Nové statistiky ukazují, že se mezitím, díky vylepšení systému, počty smrtí způsobených nafukujícím airbagem snížily z vrcholového počtu 56 (rok 1997) na 8 úmrtí v roce 2001. O tom nasvědčuje následující graf znázorňující úmrtí dospělých, dětí, nemluvňat a řidičů. [13]



Graf 13 Počet úmrtí nafouknutím airbagu [13]

Ve většině případů bylo mnoho zranění jen následky nesprávného použití automobilové pozice sedadla a bezpečnostního pásu. Tyto nedostatky mohou být rozděleny do následujících skupin:

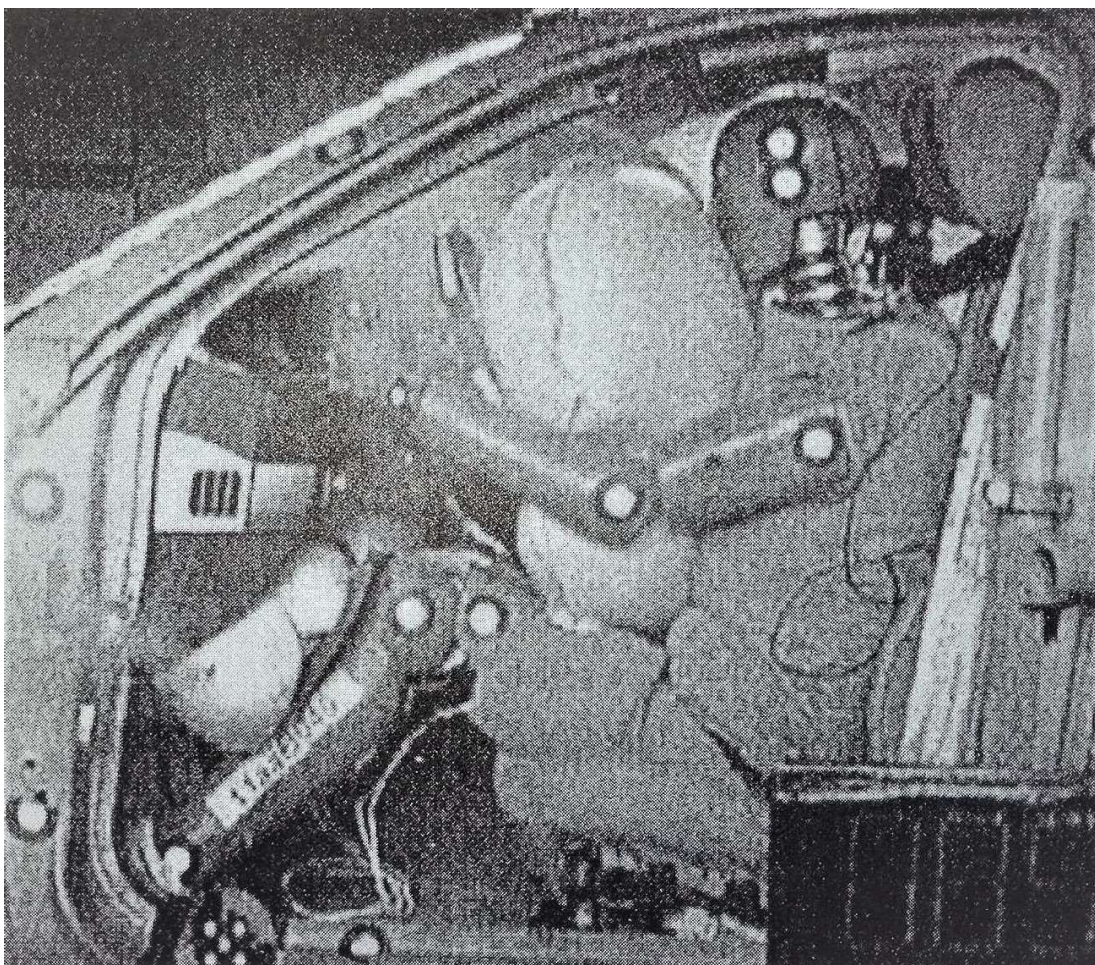
- Situace „mimo pozici“
- Nesprávný typ dětské sedačky a její pozice usazení
- Děti přímo naproti přednímu airbagu pro spolujezdce

Okamžitá reakce na tuto situaci většiny evropských automobilek byla umožnit airbag spolujezdce vypnout (například pokud jsou využívány dětské sedačky). Mezitím někteří výrobci nabízeli dvoustupňové airbagové systémy. Což znamená, že pokud je srážka méně závažná, airbag se nafoukne za delší čas a tlak je menší, než při nehodách ve vyšších rychlostech. Navíc, standard FMVSS 208 byl revidován do většího rozsahu a evropská legislativa a testy NCAP silně ovlivnily design airbagů pro čelní náraz. [13]

„**Euro NCAP (European New Car Assessment Programme)** je nezávislé konsorcium, které provádí nárazové zkoušky automobilů (tzv. crashtesty). Testovaným vozům pak vydává Euro NCAP hodnocení bezpečnosti v podobě udělení hvězdiček za bezpečnost (max. 5 hvězdiček). Založeno bylo v prosinci roku 1996 a v roce 1998 se stalo oficiálně nezávislou mezinárodní organizací, fungující podle belgických zákonů. S organizací Euro NCAP spolupracuje množství institucí včetně Evropské komise, nebo Mezinárodní automobilové federace.“ [18]

Jako výsledek změny těchto požadavků se zjistilo, že airbagové systémy budou mít mnohem složitější návrh, který je znám jako inteligentní zádržné zařízení. Pro čelní nárazy jsou ve výzkumu další typy airbagů, jako je například airbag chránící kolena. Rozšíření standardu FMVSS 208 by mělo zvýšit úroveň ochrany pro širší skupinu osádky vozů a zároveň minimalizovat riziko osob různého věku, osob připásaných a nepřipásaných, cestujících „mimo pozici“ a dospělé menšího věku, dětí a nemluvňat. [13]

Následující obrázek znázorňuje přední airbag s využitím airbagu na ochranu kolen a holení.

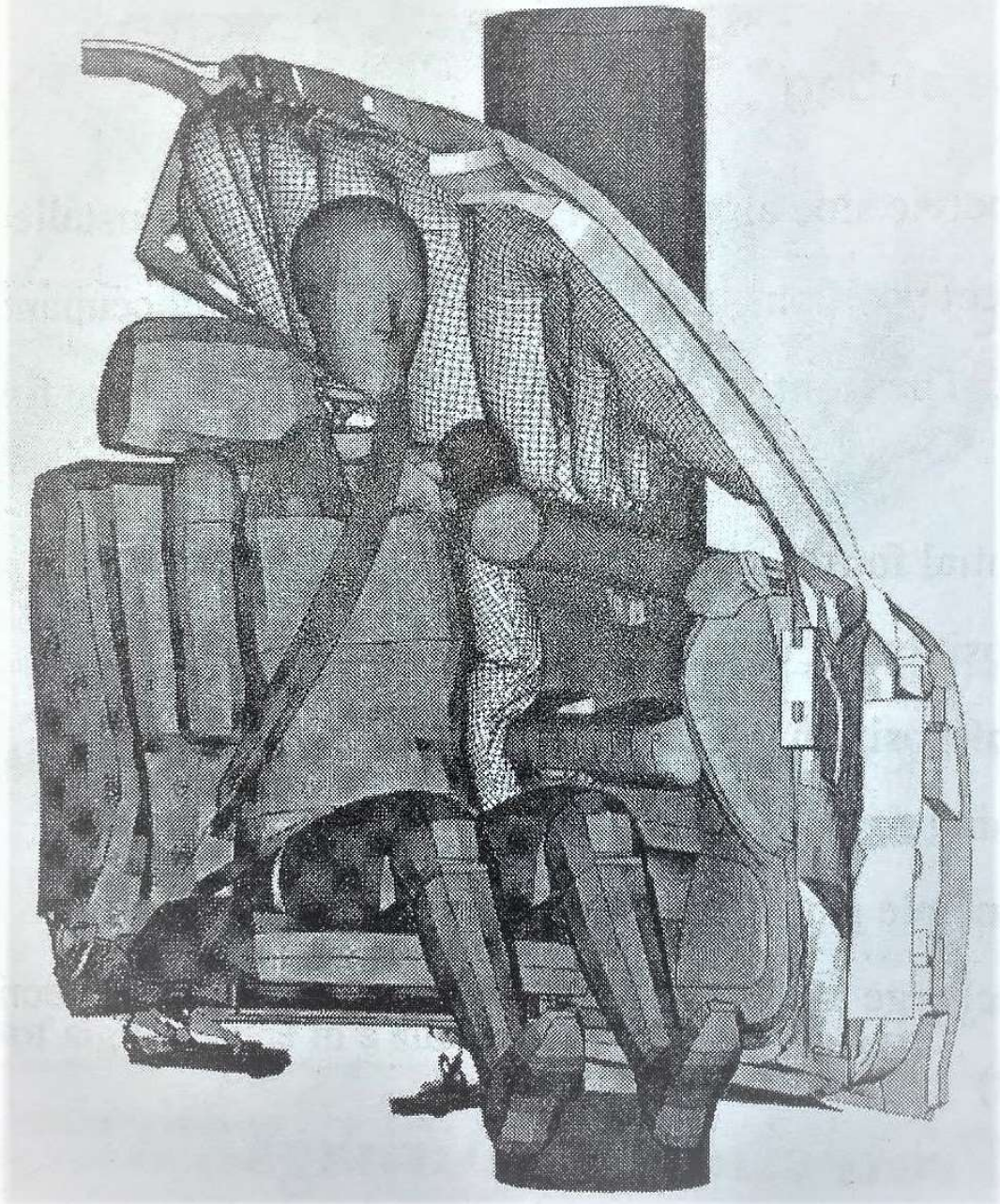


Obrázek 8 Přední airbag, airbag na ochranu kolen [13]

3.5 Boční ochrana airbagy

Jako výsledek velkého úspěchu předních airbagů byly vynalezeny automobilkou Volvo i boční airbagy v místech horní části trupu. Speciální návrhové funkce pro tento systém jsou senzory pro vyhodnocování bočního zrychlení a airbagy převážně instalované na vnější boční části opěradla. Jelikož je volného prostoru mezi vnitřní částí dveří a cestujícím opravdu málo v porovnání s celním nárazem, veškeré zásahy airbagu při boční srážce musí být mnohem rychlejší. Například, senzory pro boční náraz potřebují velmi silné spojení mezi nižší částí dveří a podlahy a montážním místem senzoru. Výsledky s airbagem v části trupu jako jediným, samostatným, nebyly dostatečně efektivní pro ochranu hlavy při bočních nárazech. Z tohoto důvodu byl airbag pro střet instalovaný do vnitřní části střechy automobilu pozitivní krok v následném pokroku snížení poranění při bočních nárazech. Pro ochranu před bočními nárazy tvoří kvůli složitému nehodovému mechanismu základ pro dobrou ochranu kombinace bezpečnostních pásů, pevných sedadel, dobrý návrh „klece“ pro osádku, pevné spojení mezi vnějšími částmi vozu a uložení senzoru, a instalace hrudního airbagu a airbagu na ochranu hlavy. [13]

Následující obrázek znázorňuje usazení airbagů v automobilu. Boční airbag zde chrání i osádku v zadní části automobilu před sloupky. Airbagem je pokrytá téměř celá délka oken. [13]



Obrázek 9 Airbag pro boční náraz - v sedadle, ve stropě [13]

Dalšími možnostmi pro návrh airbagu se nabízí ochrana chodců airbagem na kapotě automobilu. Při srážce chodce chodec rotuje hlavou směrem ke kapotě automobilu, kde je část nárazu absorbována. Poté je chodec odražen vpřed, před automobil.



Obrázek 10 Airbag pro ochranu chodců

Obrázek 10: [cit. 2018-30-07] Dostupné z WWW:
http://www.autoforum.cz/tmp/magazin/s2/Subaru_Impreza_2017_airbag_pro_chodce_03_800_600.jpg

4. Airbag pro motocykl

Problém airbagu spočívá v tom, že ho používá opravdu málo řidičů, ať už kvůli ceně, kvůli psychologickému odporu pro "omezení svobody jízdy" či snížení adrenalinového zážitku, nebo z důvodu jednoduché neinformovanosti ohledně tohoto prvku.

4.1 Airbag na motocyklu pro čelní náraz

Podle statistik je nejvíce nehod s poraněním motorkáře právě u čelní kolize, což činí 68 % nehod. Ostatní kolize tvoří 24 % z celkového počtu nehod a zbylých 8 % je způsobeno nekolizními nehodami, jako jsou například pády motocyklu. Co se zdroje poranění motorkáře týče, 71 % zranění motorkářů je způsobeno nárazem či pádem na vozovku nebo jiné překážky. Řidič motocyklu je totiž po čelním náraze vržen daleko vpřed, často se tak stává, že přeletí automobil, se kterým se srazil. V opačném případě se motorkář poraní nárazem či pádem na automobil, což tvoří 25 % zranění. Zbývá 4 % jsou způsobena jinými příčinami. Mezi ty může spadat například zlomenina nohy o vlastní motocykl, náraz do řídítek, ... [14]

Na základě těchto dat prováděla japonská automobilka Honda výzkum pro zvýšení bezpečnosti motocyklu. Tím, že většina nehod je způsobena čelním nárazem a většina zranění způsobena nárazem o vozovku, je potřeba snížit rychlost vrhu řidiče vpřed, popřípadě vrhu úplně zamezit. Automobilka Honda začala pracovat na výzkumu předního airbagu pro motocykl.

Airbag se u motocyklisty může objevit ve všech možných variantách. Nejjednodušší řešení, a také dá se říci nejpodobnější klasickému využití předních airbagů zmíněného výše, je umístění na nádrži před řidičem. Avšak tvar airbagu potřeboval trochu složitější návrh, protože každá srážka motocyklu s překážkou může mít dopad pod jiným úhlem. Pod určitým úhlem nárazu do boku vozidla se může dokonce motocykl sklouznout po automobilu a dojít tak k nárazu a vržení z boku. Airbag tak musí zachytit nevyšší možné spektrum úhlů vrženého řidiče, proto má tvar do V (*obrázek 15*), do kterého řidič zapadne během vrhu vpřed. [14]

Výzkum tohoto systému byl uveden veřejnosti v roce 2005, v roce 2006 byl pak prvním motocyklem na světě obsahujícím tento prvek, airbag pro čelní nárazy, motocykl Gold Wing od automobilky Honda. (*Obrázek 14: Přední airbag na motocyklu*) [14]

Jako každý jiný airbag, je navržen pro určitý typ kolize. Systém airbagu se tedy nespustí při bočním nebo zadním nárazu, ani při pádu motocyklu. Pro čelní náraz musí být určitá síla nárazu pro spuštění. Ta je stanovena podle a porovnává se silou vypočtenou řídicí jednotkou při srážce. Řídicí jednotka k tomu potřebuje data o zpomalení ze senzorů v přední části motocyklu (spodní část vidlice). [14]

Honda se už dlouho aktivně podílí na iniciativách týkajících se bezpečnosti motocyklů. Výzkum airbagů na motocykl začali už v roce 1990 s rozsáhlými crash testy a analýzou, s cílem vynalézt první airbag na motocykl na světě, vhodný pro využití při výrobě motocyklů. Tato pokročilá bezpečnostní technologie je navržena, aby pomáhala snižovat závažnost poranění hlavy a hrudníku v mnohých čelních kolizích.

Tento airbag pro čelní nárazy a jeho průběh nafouknutí při srážce je znázorněn na *obrázcích 11-13*. Na *obrázku č. 11* se motocykl řítí do boku automobilu. *Obrázek 12* pak znázorňuje zaznamenání nárazu senzory a vyhodnocení řídicí jednotkou nafouknutí airbagu. Na *obrázku č. 13* je řidič řídící se setrvačností vpřed zastaven či zpomalen již nafouklým airbagem.



Obrázek 11 Airbag na motocyklu - před nárazem [14]



Obrázek 12 Airbag na motocyklu - při nárazu [14]



Obrázek 13 Airbag na motocyklu - vržení řidiče [14]



Obrázek 14: Přední airbag na motocyklu, Honda Gold Wing

Obrázek 14: [cit. 2018-15-08] Dostupné na WWW:
<https://www.bestbeginnermotorcycles.com/wp-content/uploads/2017/07/Airbag.jpeg>



Obrázek 15 Tvar airbagu do "V", Honda Gold Wing

Obrázek 15: [cit. 2018-15-08] Dostupné na WWW:
https://s1.cdn.autoevolution.com/images/news/gallery/honda-gold-wing-motorcycle-airbag-system-explained_2.jpg

Senzory zpomalení se nacházejí v přední části motocyklu, většinou na přední vidlici u blatníku. Dalšími součástmi je pak řídicí jednotka ECU a samotný modul obsahující inflátor (zařízení s pyrotechnickou roznětkou a směsí pro nafouknutí airbagu) a airbag samotný. Tyto součásti se nachází v oblasti nádrže hned před řidičem, jak je možno vidět u již nafouklého airbagu na *obrázcích 14 a 15*.

4.2 Airbagové bundy, vesty a jiné

Dalšími typy airbagů, poslední dobou i více používány díky dnešní dostupnosti, jsou airbagové vesty či bundy. Dostupné jsou jak cenově, tak výběrem. Dnešní výrobci nabízí opravdu širokou škálu různých typů za přijatelnou cenu. První firmou vyrábějící tyto bezpečnostní doplňky v Evropě je firma Helite. Firma Helite byla založena roku 2002 ve Francii a zabývá se výhradně airbagy. V roce 2015 bylo více než 60 000 airbagů ve světě. [19]

Ceny obvyklejších bund s airbagovým systémem se pohybují už od 3 000 Kč a na první pohled není ani vidět nějaký rozdíl od obvyklé bundy. Jejich cenová dostupnost a jednoduchost provedení je opravdu revoluční a umožňuje nejen motocyklistům, ale také třeba jezdcům na koni, relativně bezpečný pád. Airbagové bundy chrání pas, bedra, hrudní koš, krk a hlavně páteř. [19]



Obrázek 16 Kožená airbagová bunda značky Helite

Obrázek 16: [cit. 2018-16-08] Dostupné na WWW:

https://sportpower.cz/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/i/n/insportline-p398355_27810.jpg

Jak je vidět z *obrázku 14*, přítomnost airbagového systému v dnešním motorkářském oblečení není na první pohled viditelná a bunda tak působí jako nenápadný obvyklý kus oblečení. Avšak v sobě skrývá vynález, který je schopen zachránit život. Na pravé straně bundy je vidět

kapsa na tlakovou bombičku s oxidem uhličitým (CO₂) a přezka k připojení trhačky (*Trhačka - viz. Kapitola 4.2.1, 2. odst.*).

4.2.1 Princip funkce airbagových bund

Jedna ze skutečností, že motorkáři moc nejezdí v zimních obdobích, umožňuje namísto roznětky s chemickou látkou využití bombičky s natlakovaným plynem. Navíc při pádu motocyklisty, který nějakou dobu „letí vzduchem“, není nutná tak urychlená reakce airbagového systému, jako v automobilu, kde hraje roli každá milisekunda. U obsahu tlakové bombičky se jedná o oxid uhličitý, objem bombičky slouží k nafouknutí 30–100 cm³ airbagu. Je nutno zmínit, že tlakové bombičky k airbagům slouží k jednomu použití a jejich objem záleží čistě na typu používané bundy/vesty. [19]



Obrázek 17 Nenápadné uložení tlakové bombičky s CO₂ v bundě s airbagem

Obrázek 17: [cit. 2018-16-08] Dostupné na WWW:

<https://cdn.myshoptet.com/usr/www.rockway.cz/user/shop/big/30850-6.jpg?5a79b908>

Každopádně hlavním rozdílem od ostatních airbagů je, mimo tvar, způsob spuštění airbagové vesty. Vesta neobsahuje žádné senzory ani snímače, které u automobilu zaznamenávají zpomalení, žádné elektrické řídicí ani vyhodnocovací jednotky, které data ze senzorů vyhodnocují. Princip je jednoduchý. Vesta či bunda obsahuje mechanický systém s tlakovou bombičkou CO₂, napojený páskem, tzv. „trhačkou“, na karoserii motocyklu. Pokud řidič při nehodě opustí motocykl, trhačka přetrhne pojistku, která umožní okamžité nafouknutí airbagu ve vestě či bundě. Prodleva nafouknutí od chvíle přetržení pojistky je o něco delší, než u airbagu s roznětkou – pohybuje se mezi 50–200 ms, podle objemu airbagu. Umístění trhačky by nemělo být nikde u řídítek. Ideální je umístění za rám pod sedlem. Utažení by nemělo omezovat řidiče v pohybu, naopak by ale trhačka neměla být povolena moc, což může způsobit opoždění nafouknutí airbagu. U sportovních motocyklů je ideální, když řidič na motocyklu stojí a trhačka je tak napnuta. Další nevhodné zapřažení trhačky je v okolí zdrojů vysokého tepla, jako je výfuk či motorové potrubí. Pásek je totiž ze syntetického vlákna a může se tak jednoduše přepálit. [19][20]

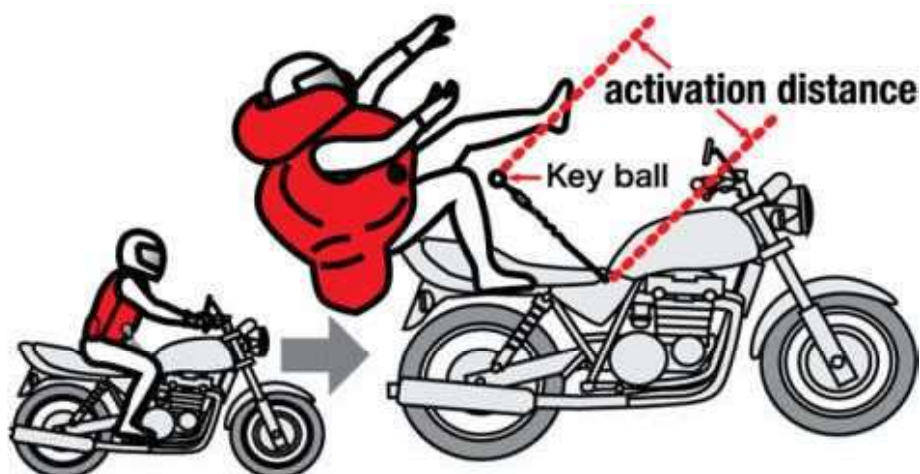
Pojistka takto udrží asi 30 kg zátěže, než dojde k přetržení a následnému nafouknutí airbagu. Tím se částečně zamezí například nechtěnému spuštění airbagu při výstupu z motocyklu. [20]

Dalším zásadním rozdílem od klasického airbagu je systém vypouštění. Automobilový airbag se vypouští prakticky okamžitě od jeho napuštění z důvodu uvolnění kabinového prostoru – slouží totiž k absorbování rotačního pohybu hlavy způsobeného zachycením bezpečnostními pásy. Zato motocyklový airbag v podobě vesty se nevypouští po aktivaci, nýbrž zůstává nafouklý a chrání tělo motocyklisty po dobu následujících pádů a kluzu po vozovce. []



Obrázek 18 Způsob uchycení trhačky k rámu motocyklu, s přezkou

Obrázek 18: [cit. 2018-18-08] Dostupné na WWW:
<https://www.motomach3.cz/files/image/Ruzne%202016/helite-trhacka.jpg>



Obrázek 19 Aktivační vzdálenost airbagu pomocí trhačky

Obrázek 19: [cit. 2018-18-08] Dostupné na WWW:
<https://hips.hearstapps.com/pop.h-cdn.co/assets/cm/15/05/480x249/54cb0b96297b4_-_safermoto-2.jpg?resize=480:*>

Oblasti těla chráněné airbagy záleží na typu vesty. Složitější prvky chrání samozřejmě více částí těla. Pro každou část těla je každý vak zvlášť. Podle závažnosti to jsou:

- Krk (krční páteř)
- Páteř
- Žebra
- Hrudní koš
- Klíční kosti, ramena
- Kyčelní kosti
- Kostrč, bedra

Nejzávažnějším poraněním je poranění krční páteře. Vedle toho, že poranění páteře může člověka částečně trvale paralyzovat, zlomení krční páteře může znamenat smrt na místě. Na *obrázku 20* je vidět krční airbag. Způsob jeho uchycení je také stylem vesty, kam se na žeberní oblasti umísťuje lahvička s CO₂. Airbag podél páteře bývá dost široký na to, aby chránil i bederní oblast. Ta však mívá u větších prvků vlastní ochrannou oblast. Na první pohled se může zdát, že zlomení žebere není tak kritické. Ovšem do té doby, než zlomené žebro probodne plíci, srdce, nebo jiné orgány. To může způsobit vnitřní krvácení nebo smrtelné poranění. Tyto tři části (krk, páteř, žebra) bývají základem ochrany airbagem. Další je v pořadí pás airbagu kolem boků.



Obrázek 20 Krční airbag

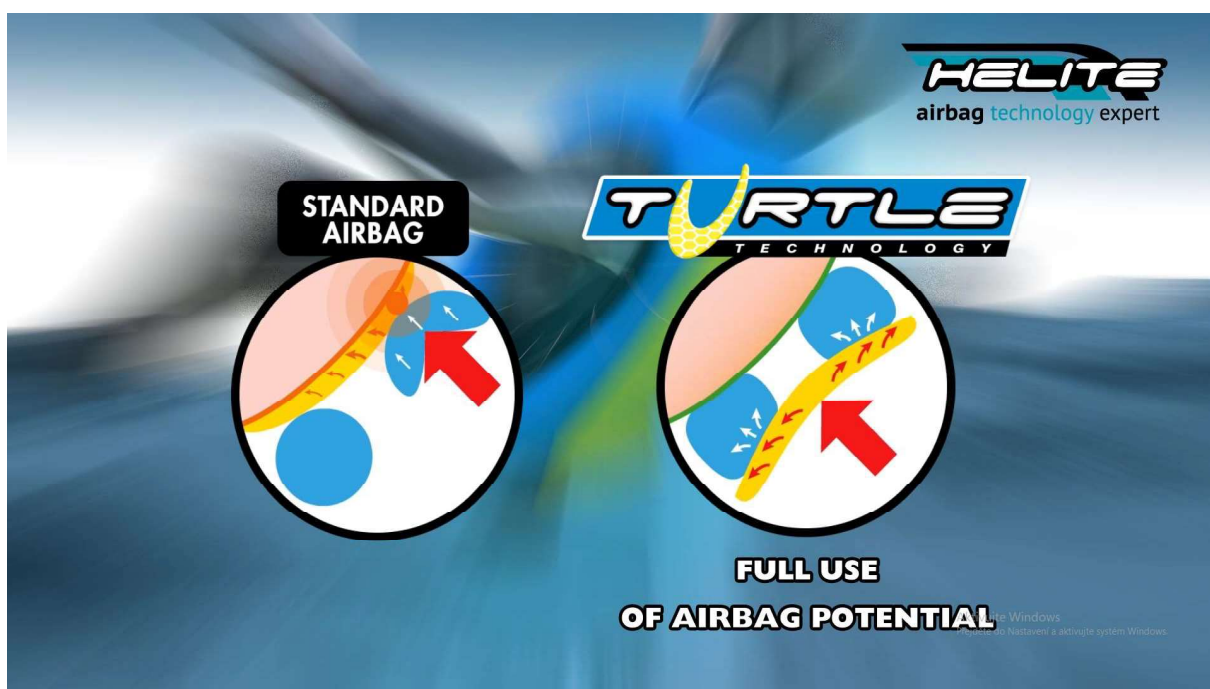
Obrázek 20: [cit. 2018-20-08] Dostupné na WWW:
<http://pro1.rs-taichi.com/share/item/prdct/000/000/724/image2.jpg>

4.3 Technologie Helite Turtle

S jedním velmi úspěšným řešením ohledně airbagových vest přišla firma Helite, která je nyní nejvýznamnějším výrobcem v oboru v Evropě. Jedná se o prvek Helite Turtle. Jeho princip spočívá v rozkladu bodových sil působících na tělo/vestu při nárazu nebo pádu. To vše díky silné skořepinové části na povrchu, tvořící krunýř (turtle = želva). Pod tímto krunýřem funguje, jako normálně, airbag, který po nafouknutí vytvoří vzduchovou bublinu. Nárazy na airbag jsou pak rozloženy po celé ploše skořepiny a výrazně se tak snižují následky nárazu. Navíc poskytuje výbornou ochranu proti ostrým předmětům, které by mohly airbagový plášť proříznout, nebo protrhnout. Tuto technologii popisují obrázky 21 a 22 níže.



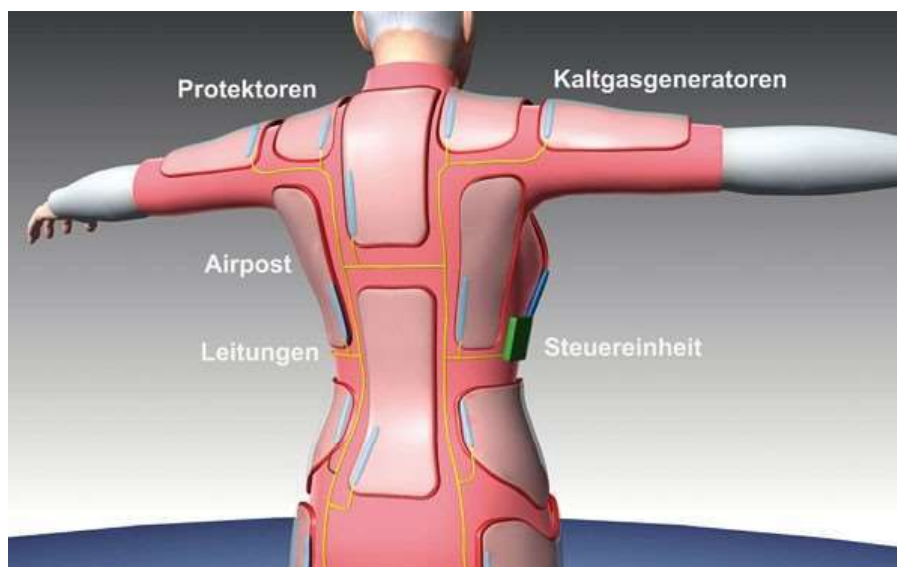
Obrázek 21 Helite Turtle technologie, rozložení sil 1



Obrázek 22 Helite Turtle technologie, rozložení sil 2

Obrázek 21, 22: [cit. 2018-21-08] Dostupné ve videu na WWW:
https://www.youtube.com/watch?time_continue=24&v=o--gqADpWBg

Jednou z méně možných alternativ těchto vest je, zatím ve výzkumu, airbag pro celé tělo (Full-body Airbag). Ten se skládá z 20 jednotlivých airbagů chránící celé tělo, které se aktivují pomocí řadou senzorů MEMS (microelectromechanical systems). Všech 20 airbagů se aktivují pomocí roznětky, plní se tedy dusíkem. Následující obrázek znázorňuje umístění některých airbagů na těle, obrázek poté pak znázorňuje, jak tento prvek vypadá po nafouknutí. [21]



Obrázek 23 Rozložení Full-Body airbagu [21]



Obrázek 24 Full-Body airbag po nafouknutí [21]

Jedná se opravdu o jeden z návrhů, který bude složitější vyvinout do využitelných kvalit a pokud se podaří, chvíli potrvá, než se dostane do volné prodeje. Avšak cena bude opravdu vysoká.

5. Matracový airbag

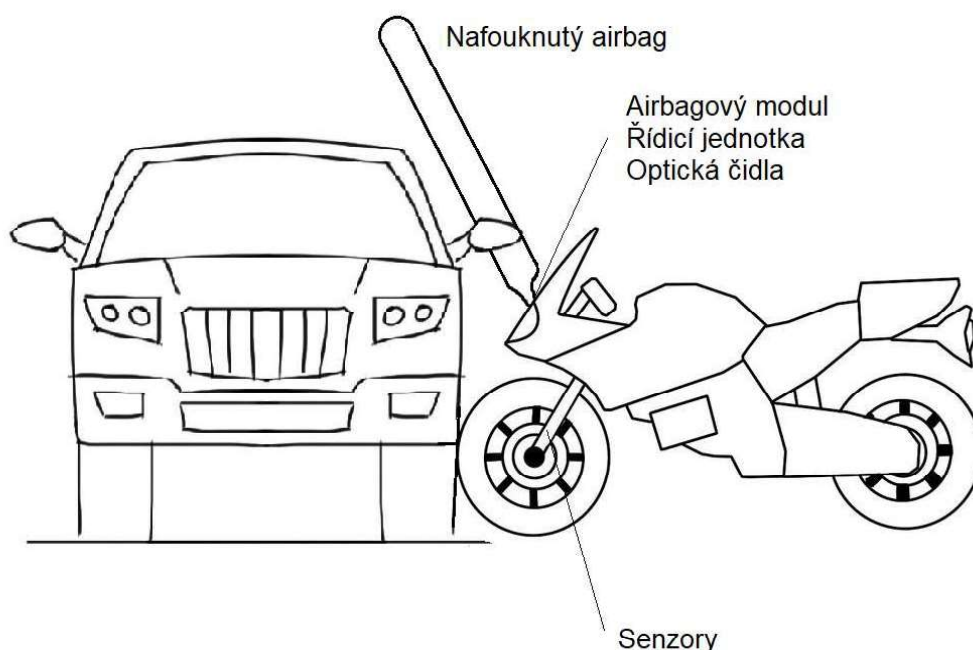
Jednou ze součástí této práce je vlastní návrh řešení ohledně dané problematiky. Sám jsem se pozastavil nad problémem deformačních zón a vržení řidiče po nárazu vpřed. Tento návrh by měl chránit řidiče chránit primárně před nárazem do automobilu či jiné pevné vyšší překážky. Pojmenován je podle svého tvaru – má totiž tvar matrace. Nachází se v přední části motocyklu, nejlépe okolo předního světlometu. U závodních motocyklů nad ním, u chopperů pak pod světlometem, kde se dá uschovat jako estetický doplněk do kožené brašny.

Součástí tohoto systému jsou:

- Senzory
- Optické čidlo
- Řídicí jednotka IMU
- Inflátor
- Airbag

Senzory snímají zrychlení, jako u ostatních sensorových airbagů. V tomto případě je to snímání čelního nárazu motocyklu při vyšších rychlostech. Výsledky následně zasílají do řídicí jednotky. Řídicí jednotka dá případně signál inflátoru, který nafoukne airbag. Jediný rozdíl je ale v optickém čidle. To snímá, zda-li je překážka před motocyklem v určité výši, například kolem jednoho metru, aby nedošlo k nechtěnému spuštění airbagu. To by bylo zbytečné v případě, že by řidič byl vržen přes překážku a jeho dopad byl dále, jak 2 m za překážku. Pokud čidlo rozezná, že před motocyklem ve chvíli nárazu není žádná vyšší překážka, airbag nespustí, jelikož by se jeho využitím nic nevyřešilo.

Výsledek bude takový, že řidič bude vržen do měkčí překážky, která je méně nebezpečná a sníží se tím poranění od prvotního nárazu.

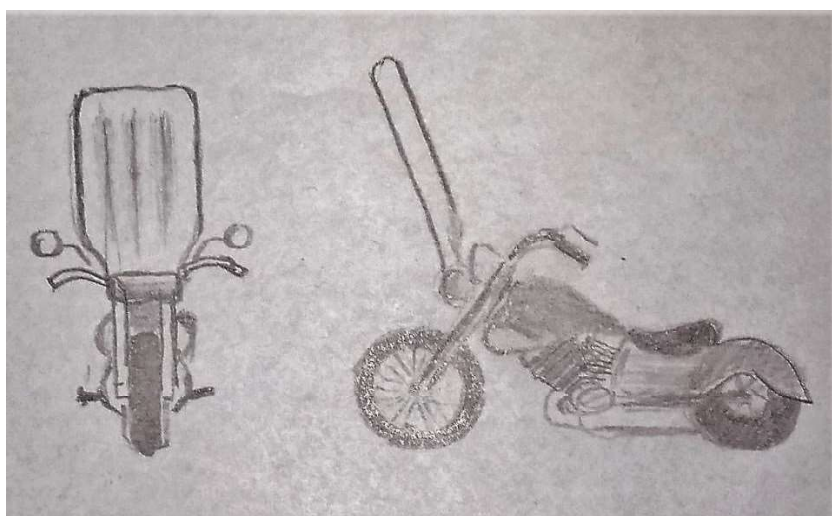


Obrázek 25 Matracový airbag

Obrázek 25: Dostupné na WWW; Upraveno

<https://www.wikihow.com/images/thumb/b/bd/Draw-a-Motorcycle-Step-5.jpg/aid2556475-v4-700px-Draw-a-Motorcycle-Step-5.jpg>

https://img.clipartxtras.com/096b95ee6455c2e8fdea6b939f74bc18_front-of-car-drawing-clipartxtras-simple-car-drawing-front-view_826-588.jpeg



Obrázek 26 Návrh motracového airbagu

6. Závěr

Tato práce byla sepsána na téma „Bezpečnost motocyklu“ pro seznámení s problematikou bezpečnosti a následně řešených bezpečnostních opatřeních. Problematikou bezpečnosti se dnes zabývá celá řada korporací a přicházejí stále s novými návrhy. S rostoucí dopravní sítí sice stoupá i hustota provozu, s čímž i počet nehod, přesto je ale provoz bezpečnější. Výrazně méně nehod totiž způsobí vážná poranění a mnohem méně lidí v následku dopravních nehod umírá.

Co se týče nehodovosti motocyklů, sice noví řidiči způsobují nejvíce nehod, ale nebývají zdaleka tak agresivní, jako čtyřicetiletí řidiči. Noví tak způsobují opravdu mnohem méně závažných nehod, zatímco zkušenější méně nehod z celkového počtu, ale jejich následky bývají častěji vážné. Tato skutečnost možná souvisí i s objemem motoru motocyklů, jelikož motocykly s větším objemem bývají nejmrtelnější (460 ml – 1,25 l). Nový motorkář většinou začíná i s menším motocyklem.

Bohužel bylo vyhledávání statistik komplikováno řadou faktorů, jako je nepřesnost či nesouhlasnost dat z různých let. Některé roky udávaly podobná, ale přesto jiná data, jako je například „Počet nehod motocyklistů“, „Počet nehod zaviněných motocyklisty“, „Počet nehod, při kterých zemřela osoba“, „Počet nehod, při kterých zemřel motocyklista“, a podobně. Takových dat byla celá řada, akorát každý rok měl zachycena jiná. To zkomplikovalo porovnání či vývoj statistik za delší dobu, proto zde byly podrobně uvedeny pouze statistiky za 3 roky (od r.2014 do r.2016) a pouze v některých hlediscích.

Fakt, že provoz je bezpečnější v porovnání s předchozími roky, je způsoben mimo jiné vývojem bezpečnostních prvků. Výrobci přichází s novými strukturami textilií, novými a odolnějšími materiály, elektronicky řízenými asistenty... Poslední dobou je nejzkoumanějším prvkem právě airbag, kterým se tato práce zabývala. Naopak tato práce nepopisovala výpočty, podrobné nárazové zkoušky a testy a jiné popisy vlastností ohledně mechaniky a dynamiky.

Práce popisuje airbasy jako obecně zkoumaný prvek, což zahrnuje i historii, využití a princip funkce u automobilu a jeho vývoj. Počátky výzkumů začínají v pozdějších šedesátých letech 20. století, kdy byl airbag montován v automobilech pro ochranu řidiče a spolujezdce při čelním nárazu. Efektivita využití airbagu se musela ještě nějakou dobu značně vyvíjet.

V bakalářské práci jsem se snažil popsat dostupnost různých prvků a seznámit tak čtenáře s onou problematikou. Dokázat, že airbag na motocykl není žádná náročná investice na jedno použití, naopak že je airbagová vesta dostupná jak nabídkou, tak finančně a její použití se dá opakovat pouhým dokoupením tlakové bombičky s oxidem uhličitým. Cílem je také seznámit čtenáře s porovnáním jednoduchosti a užitečnosti tohoto prvku, konkrétně jak může jednoduše zachránit život. Po internetu spousta uživatelů airbagové bundy sdílí své zážitky a příhody, kdy při nekolizní nehodě v rychlosti 180 km/h přežili pouze s několika naraženinami a po svých odjeli či došli domů.

Ve snaze zůstat zaměřen na problematiku motocyklu jsem vynechal návrhy vest pro jezdce na koni, která mimo jiné je stejná, jako airbagová vesta na motocykl (spuštění pomocí trhačky), ale také jakousi nafukovací cyklistickou přilbu. Ta kompletně nahrazuje obyčejnou přilbu pro cyklistu a při kolizi po nafouknutí pokryje celou hlavu, kromě obličeje. U využití nahrazením přilby za tento prvek se jedná se pouze o zvýšení pohodlí, nikoli o přímé zvýšení bezpečnosti.

K úplnému závěru je nutno zmínit vlastní návrh. Ten je formou matracového airbagu – airbagu ve tvaru matrace – který se po čelním nárazu, který vyhodí řidiče vpřed, nafoukne a redukuje tak náraz letícího řidiče do překážky.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Reflexní bunda, alternativní řešení reflexní vesty	18
Obrázek 2 ABS u automobilu.....	19
Obrázek 3 ABS na motocyklu	20
Obrázek 4 Složení inflátoru	23
Obrázek 5 Nežádoucí exploze airbagu; Crash test: Honda, 2012	24
Obrázek 6 Rozpoložení systému airbagů [13]	25
Obrázek 7 Nafouknutí airbagů řidiče a spolujezdce, s časovou osou [ms] [13].....	26
Obrázek 8 Přední airbag, airbag na ochranu kolen [13].....	29
Obrázek 9 Airbag pro boční náraz - v sedadle, ve stropě [13]	30
Obrázek 10 Airbag pro ochranu chodců.....	31
Obrázek 11 Airbag na motocyklu - před nárazem [14]	33
Obrázek 12 Airbag na motocyklu - při nárazu [14]	33
Obrázek 13 Airbag na motocyklu - vržení řidiče [14]	33
Obrázek 14: Přední airbag na motocyklu, Honda Gold Wing.....	34
Obrázek 15 Tvar airbagu do "V", Honda Gold Wing	34
Obrázek 16 Kožená airbagová bunda značky Helite	35
Obrázek 17 Nenápadné uložení tlakové bombičky s CO ₂ v bundě s airbagem.....	36
Obrázek 18 Způsob uchycení trhačky k rámu motocyklu, s přezkou	37
Obrázek 19 Aktivační vzdálenost airbagu pomocí trhačky	37
Obrázek 20 Krční airbag	38
Obrázek 21 Helite Turtle technologie, rozložení sil 1.....	39
Obrázek 22 Helite Turtle technologie, rozložení sil 2.....	39
Obrázek 23 Rozložení Full-Body airbagu [21]	40
Obrázek 24 Full-Body airbag po nafouknutí [21]	40
Obrázek 25 Matracový airbag	41
Obrázek 26 Návrh matracového airbagu	42

Seznam grafů

Graf 1 Reference k tabulce č.1; Počet nehod 1990-2016	7
Graf 2 Reference k tabulce č.1; Počet zraněných 1990-2016	8
Graf 3 Reference k tabulce č.1; Počet zraněných na nehodu, 1990-2016.....	8
Graf 4 Nehody zaviněné řidiči motocyklů, podle praxe v řízení (do 5 let)	11
Graf 5 Usmrčené osoby na motocyklu podle věku, 2014	12
Graf 6 2014 - Motocykl a zaviněné nehody	13
Graf 7: 2014 - Motocykl a usmrčené osoby při zaviněných nehodách	13
Graf 8: 2015 - Motocykl a zaviněné nehody	14
Graf 9: 2015 - Motocykl a usmrčené osoby při zaviněných nehodách	14
Graf 10: 2016 - Motocykl a zaviněné nehody	15
Graf 11: 2016 - Motocykl a usmrčené osoby při zaviněných nehodách	15
Graf 12: Počet zachráněných a ztracených životů díky airbagu.....	27
Graf 13 Počet úmrtí nafouknutím airbagu	27

Seznam tabulek

Tabulka 1 Nejčastější příčiny dopravních nehod všech řidičů motorových vozidel.....	10
Tabulka 2 Nejčastější příčiny dopravních nehod způsobených řidiči motocyklů.....	10

Použitá literatura

- [1] TESAŘÍK, Josef a Jan STRAKA. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2014* [online]. Praha: Ředitelství služby dopravní policie, 2015 [cit. 2018-05-14].
- [2] TESAŘÍK, Josef a Jan STRAKA. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2015* [online]. Praha: Ředitelství služby dopravní policie, 2016 [cit. 2018-05-14].
- [3] STRAKA, Jan a Jana Fablánová. *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2016* [online]. Praha: Ředitelství služby dopravní policie, 2017 [cit. 2018-05-14].
- [4] Změny v hlášení dopravní nehody od ledna 2009. *Povinne-ruceni.com* [online]. 2008. Dostupné z: <https://www.povinne-ruceni.com/clanky/zmeny-v-hlaseni-dopravni-nehody-od-ledna-2009/>
- [5] Zákon o provozu na pozemních komunikacích: § 6. In: . Praha, 2016, 361/2000 Sb.
- [6] LAVICKÝ, Vojtěch. Jak se vyrábí přilby Arai. *Motorkari.cz* [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/clanky-reportaze/jak-se-vyrabi-prilby-arai-36331.html>
- [7] ČSN EN 1621-2. Ochranné oděvy pro motocyklisty proti mechanickým nárazům - Část 2: Chrániče zad pro motocyklisty - Požadavky a zkušební metody. Praha, 2014.
- [8] PODUŠKA, Petr. Test ABS: padouch nebo hrdina?. *Motorkari.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/clanky-reportaze/test-abs-padouch-nebo-hrdina-24942.html>
- [9] MATTES, B. Bezpečnostní a komfortní systémy. Praha: Robert Bosch, 2000. Technická příručka. ISBN 80-902-5859-X.
- [10] ZAJÍČEK, Jan. Pronikněte do tajů moderních elektronických asistentů. *Motorkari.cz* [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/jak-na-to/proniknete-do-taju-modernich-elektronicky-ch-asistentu-38555.html>
- [11] Electronically Controlled Combined ABS. *Honda Worldwide* [online]. 2018. Dostupné z: <https://world.honda.com/motorcycle-picturebook/eCBS/>
- [12] Advanced Brake System. *Honda Worldwide* [online]. 2004. Dostupné z: <https://world.honda.com/motorcycle-technology/brake/>
- [13] SEIFFERT, Ulrich a Lothar WECH. *Automotive safety handbook*. [cit. 2018-08-26]. London, UK: Professional Engineering Pub., c2003. ISBN 07-680-0912-X.
- [14] Motorcycle Airbag. *Honda Worldwide* [online]. 2018 [cit. 2018-08-22]. Dostupné z: <https://world.honda.com/motorcycle-picturebook/Airbag/>
- [15] FEDERAL MOTOR VEHICLE SAFETY STANDARDS AND REGULATIONS [online]. U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Dostupné z: <https://icsw.nhtsa.gov/cars/rules/import/FMVSS/#SN208>
- [16] Gas Laws Save Lives: The Chemistry Behind Airbags. *Chemistry.wustl.edu* [online]. 1998 [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: <http://www.chemistry.wustl.edu/~edudev/LabTutorials/Airbags/airbags.html>
- [17] Airbags for Automobiles. *Textile Learner* [online]. Dostupné z: <http://textilelearner.blogspot.com/2012/09/air-bags-for-automobiles-materials-and.html>

[18] Euro NCAP [online]. [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP

[19] *Helite: Airbag technology expert* [online]. Dostupné z: <http://helite.cz/>

[20] *Motomach3* [online]. Dostupné z: <https://www.motomach3.cz/>

[21] A Full-Body Airbag, Because Nothing Is Safer. *Softpedia* [online]. 2015 [cit. 2018-08-27]. Dostupné z: https://news.softpedia.com/news/A-Full-Body-Airbag-Because-Nothing-Is-Safer-472730.shtml#sgal_0

[22] PODUŠKA, Petr. Statistiky nehod 2016. Jak vloni bourali motorkáři?. *Motorkari.cz* [online]. 2017 [cit. 2018-08-22]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/clanky-predstavujeme/statistiky-nehod-2016.-jak-vloni-bourali-motorkari-35949.html>