

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



Bakalářská práce

Historický vývoj pasivních prvků bezpečnosti ve vozidlech

Krejčová Natálie

© 2023 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Natálie Krejčová

Technika a technologie v dopravě a spojích
Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Historický vývoj pasivních prvků bezpečnosti ve vozidlech

Název anglicky

Historical development of passive safety elements in vehicles

Cíle práce

Cílem práce je literární rešerše historického vývoje prvků pasivní bezpečnosti vozidel.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Přehled řešené problematiky
4. Závěr
5. Seznam použitých zdrojů
6. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran včetně obrázků a tabulek

Klíčová slova

airbag, bezpečnostní pás, autosedačka, aktivní kapota

Doporučené zdroje informací

JURGEN R. K.: Passenger safety and convenience systems. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, 2000. PT (Series) (Warrendale, Pa.), 83. ISBN 076800683X.

KOVANDA, J.: Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.

KOVANDA, J. Konstrukce automobilů : pasivní bezpečnost. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01459-2.

PETERS G. A., PETERS B. J.: Automotive vehicle safety. New York: Taylor & Francis, 2002. ISBN 0415263336.

SEIFFERT U., WECH L.: Automotive safety handbook. London, UK: Professional Engineering Pub., c2003. ISBN 076800912X.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. David Marčev, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2022

doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2022

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 01. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Historický vývoj pasivních prvků bezpečnosti ve vozidlech" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30. 3. 2023

Krejčová Natálie

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu Ing. Davidu Marčevovi, Ph.D. za odborné vedení a věnovaný čas pro konzultace v průběhu zpracování bakalářské práce. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Historický vývoj pasivních prvků bezpečnosti ve vozidlech

Abstrakt

Bakalářská práce se věnuje základním prvkům pasivní bezpečnosti a jejich historickým vývojem. Text práce je koncipován do sedmi celků, kde každý z nich se zabývá právě jedním pasivním prvkem. V první kapitole je zpracován vývoj karoserie a její základních částí. V druhé kapitole je shrnut vývoj základních druhů bezpečnostních pásů a jejich doplňků. Následuje část zabývající se airbagy. Důležitým prvkem, kterému je věnována samostatná kapitola, jsou dětské autosedačky. Práce se věnuje jejich vývoji od prvních návrhů, až po nejbezpečnější varianty, které se pro přepravu dětí používají nyní. Další část bakalářské práce zpracovává téma ochrany chodců. Následující kapitola obsahuje vývoj hlavových opěrek a jejich důležitost z hlediska ochrany pasažérů. Poslední část bakalářské práce se zabývá ponehodovými opatřeními, a to hlavně systémem eCall.

Klíčová slova: bezpečnostní pás, airbag, dětská autosedačka, aktivní kapota, karoserie, systém eCall, hlavová opěrka

Historical development of passive safety elements vehicles

Abstract

The bachelor's thesis deals with the basic elements of passive safety and their historical development. The text of the thesis is designed in seven units and each of them is about one passive element. The first chapter deals with the evolution of bodywork and their basic parts. The second part summarizes the evolution of the basic types of seat belts and their accessories. This is followed by the section on airbags. Child restraint systems are an important element which is the subject of a separate chapter. The thesis covers their development from the earliest designs to the safest variants which are now used for transporting children. The next part of the thesis deals with pedestrian protection. The following chapter covers the development of head restraints and their importance in terms of occupant protection. The last part of the bachelor's thesis deals with post-accident measures, especially the eCall system.

Keywords: seat belt, airbag, child car seat, active hood, bodywork, system eCall, headrest

Obsah

1 Úvod	1
2 Cíl práce.....	2
3 Přehled řešené problematiky	3
3.1 Karoserie.....	3
3.1.1 Historický vývoj karoserie.....	5
3.2 Bezpečnostní pásy.....	9
3.2.1 Historický vývoj bezpečnostních pásů	10
3.3 Airbagy	16
3.3.1 Historický vývoj airbagů	18
3.4 Dětské autosedačky.....	23
3.4.1 Historický vývoj dětských autosedaček	25
3.5 Systémy pro ochranu chodců.....	29
3.5.1 Historický vývoj systémů pro ochranu chodců	30
3.6 Hlavové opěrky	34
3.6.1 Historický vývoj hlavových opěrek.....	35
3.7 Ponehodová opatření.....	37
3.7.1 Historický vývoj ponehodových opatření.....	38
4 Závěr	40
5 Seznam použitých zdrojů	42

Seznam obrázků

Obrázek 1 Prvky karoserie vozidel [3]	4
Obrázek 2 Benz Patent-Motorwagen [4]	5
Obrázek 3 Koncept VESC [11]	8
Obrázek 4 Druhy bezpečnostních pásů [2]	9
Obrázek 5 Bezpečnostní pás zhotoven Edwardem J. Claghornem [17]	11
Obrázek 6 Třibodový bezpečnostní pás s jeho vynálezcem Nilsem Bohlinem [21]	13
Obrázek 7 Mechanický předpínač bezpečnostního pásu [2]	14
Obrázek 8 Nafukovací bezpečnostní pásy [25]	16
Obrázek 9 Druhy airbagů [34]	17
Obrázek 10 Kolenní airbag [34]	20
Obrázek 11 Systém A.R.T.S. [35]	21
Obrázek 12 První airbag na motocyklu [38]	22
Obrázek 13 Jedna z prvních dětských autosedaček [43]	25
Obrázek 14 Autosedačka Tot-Guard [43]	26
Obrázek 15 Integrovaný zádržný systém [46]	27
Obrázek 16 Aktivní kapota [56]	31
Obrázek 17 Kombinace airbagů s aktivní kapotou [58]	32
Obrázek 18 Aktivní opěrka hlavy automobilní společnosti BMW [62]	36
Obrázek 19 Systém Neck-Pro [63]	37
Obrázek 20 Princip fungování systému eCall [68]	39

1 Úvod

V posledních desítkách let je ve vozidlech velká pozornost věnována pasivní bezpečnosti. Dbá se na bezpečnost jak posádky uvnitř vozu, tak i osob vyskytujících v jeho blízkém okolí. Důležitým faktorem je i způsob přepravy dětí s ohledem na jejich maximální bezpečnost. V dnešní době, kdy jsou vozidla schopna vyvíjet čím dál tím větší rychlosti a současně dochází i ke zhušťování provozu na komunikacích, je právě pasivní bezpečnost vozidel velice důležitým tématem, kterým je potřebné se zabývat.

Mezi pasivní prvky bezpečnosti, jimiž se tato práce zabývá, patří všechna opatření, která se týkají zmenšení následků po dopravní nehodě. K jejich aktivaci dochází až v momentě, kdy dojde ke kolizi. Z důvodu poměrně vysoké nehodovosti, a s tím spojeným nebezpečím pasažérů, věnuje automobilový průmysl pasivním prvkům bezpečnosti velkou pozornost a snahu o neustálé vyvíjení nových a lepších prvků. Proto je velice důležité na tuto problematiku upozorňovat a nebrat ji na lehkou váhu. Jelikož zranění vzniklá právě absencí, nebo v důsledku nepoužití pasivních prvků bezpečnosti bývají často velice těžká, až fatální.

V této práci jsou zmíněny nejdůležitější prvky pasivní bezpečnosti. Postupně jsou probrány prvky jako je samotná karoserie vozidla, bezpečnostní pásy, airbagy, dětské autosedačky, prvky pro ochranu chodců, hlavové opěrky a v poslední kapitole jsou probrány ponehodová opatření. Každá kapitola se zabývá jedním konkrétním prvkem a jeho historickým vývojem od prvopočátků, přes prvky, které si nezískaly oblibu a využití, až po prvky, která nabízejí vozidla nyní.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je zpracování uceleného souhrnu nejdůležitějších pasivních prvků bezpečnosti a z dostupných zdrojů shrnout historický vývoj těchto prvků a poukázat na jejich důležitost.

3 Přehled řešené problematiky

V této části práce jsou postupně probrány základní pasivní prvky bezpečnosti, jako jsou bezpečná konstrukce karoserie, bezpečnostní pásy, dětské zádržné systémy, airbagy, hlavové opěrky, prvky pro ochranu chodců a ponehodová opatření. Každému z těchto prvků je věnována samostatná kapitola, kde je popsán jejich historický vývoj.

3.1 Karoserie

Důležitou součástí vozidel, co se týče bezpečnosti, je zejména konstrukce karoserie. Jedná se o základní část vozu poskytující prostor pro přepravu věcí a osob. Slouží k ochraně pasažérů při kolizi i k ochraně proti vnějším vlivům, jako je déšť či vítr. V neposlední řadě zajišťuje komfort posádce vozu. Na její struktuře závisí ochrana cestujících v případě kolize. Při návrhu karoserie je ale nutné dbát také na kompatibilitu vozu ve vztahu k ostatním vozidlům, cyklistům a chodcům. Struktura karoserie by měla podle druhu namáhání mít dostatečnou schopnost absorpce energie vzniklé při kolizi, která by neměla překročit biomechanické toleranční limity. To znamená, že nosná struktura karoserie musí mít při deformaci silovou charakteristiku takovou, aby zpoždění cestujícího při nehodě nepřekročilo mezní hodnoty. Dalším důležitým faktorem je dostatečná pevnost a tuhost. Tyto aspekty jsou do značné míry ovlivněny použitým materiálem, konstrukčním řešením a technologií výroby. [1] [2]

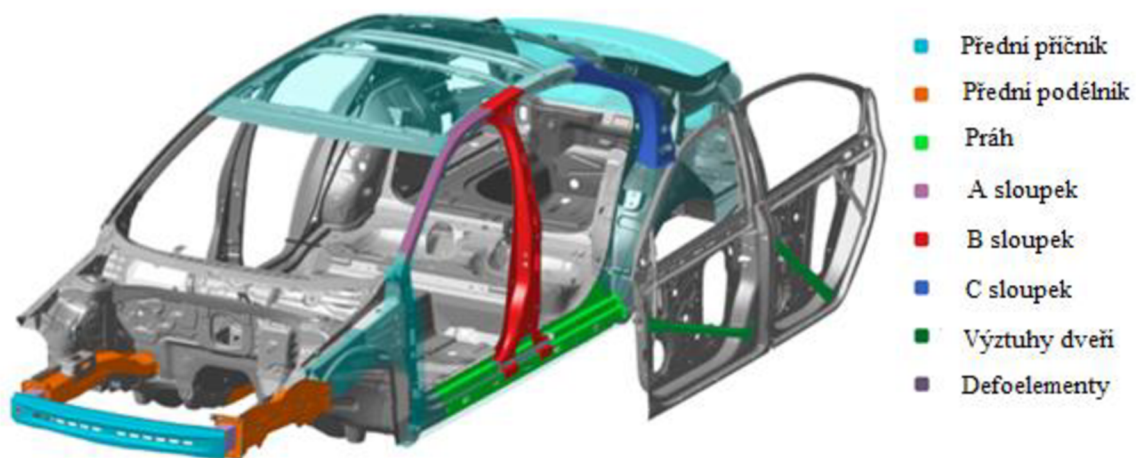
Karoserie je jedna z nejrozsáhlejších konstrukčních skupin vozu tvořící podstatnou část hmotnosti. Skládá se z mnoha dílů a je funkčně rozdělena do dvou částí:

- **Deformační část.** Hlavním cílem deformační části karoserie je pohltit a ztlumit energii, která vzniká při nárazu. Jedná se tedy o přední a zadní část automobilu.
- **Prostor pro posádku.** Tento prostor se v žádném případě deformovat nesmí. Naopak musí být pevný, aby v něm byla posádka v co největší bezpečí. Jedná se o kabinu vozidla.

Mezi klíčové části karoserie z hlediska pasivní bezpečnosti patří (viz obr. 1):

- **přední příčník**
- **přední podélník**
- **práh**
- **A sloupek**
- **B sloupek**
- **C sloupek**
- **výztuhy dveří**
- **Defoelementy**, které absorbují kinetickou energii při menších nárazech. Zhruba v rychlosti do 15 km/h. Toto zařízení se snadno demontuje a nahrazuje novými, přičemž zbytek karoserie není poškozen. To výrazně snižuje náklady na servis.

Obrázek 1 Prvky karoserie vozidel [3]



Pro zachycení sil, které vznikají při dopravní nehodě, má konstrukce tři hlavní deformační zóny. Ty se záměrně deformují a tím pohlcují značné množství energie, která vznikla nárazem vozidla. [3]

3.1.1 Historický vývoj karoserie

Pasivní bezpečnost z hlediska konstrukce vozidla prošla velice dlouhým vývojem a spoustou různých provedení. Jako průkopníka karoserie bychom mohli považovat Carla Benze, který roku 1885 zhotovil Benz Patent-Motorwagen (viz obr. 2). Jedná se o historicky úplně první vůz se spalovacím motorem na světě. Tento otevřený vůz je postavený na podvozku (rámu) ze svařovaných a kroucených trubek. Jelikož má vůz poháněnou zadní nápravu, aby mohl být v případě potřeby tlačén, vyskytl se při návrhu vozidla problém s řízením. Řízení, které bylo v té době používáno u kočárů nebylo možné v tomto voze adaptovat. Řešením problému s řízením se stala právě konstrukce tříkolky. Benz Patent-Motorwagen má tedy karoserii otevřené dvoumístné motorové tříkolky. Carl Benz požádal o patent na motorové vozidlo až 29. ledna 1886, který mu byl okamžitě vystaven. Tento vůz se navíc stal jistou inspirací při studentském projektu, kde mladí návrháři ze Sindelfingenu přišli s konceptem, ze kterého nakonec vzešel F-Cell Roadster. Tento vůz již využívá soudobých materiálů a karoserie je vyrobena z laminátu. [4] [5] [6]

Obrázek 2 Benz Patent-Motorwagen [4]



Naprostý přelom nastává v roce 1922, kdy byl přiveden na trh vůz s názvem Lancia Lambda. Tento automobil se jako první vzdal klasického podpůrného rámu, který byl do té doby používán a nahradil ho ocelovým skeletem. Ten je nyní považován za první samonosnou karoserii na světě a aktuálně se používá u všech osobních automobilů. Samonosná karoserie tvoří pružný celek, která nepotřebuje rám podvozku jako nosný prvek. Karoserie se lisuje z ocelového plechu a má místa pro dveře. Dokonce obsahuje mnoho otvorů pro snížení hmotnosti a zároveň je dostatečně tuhá. Tuto skořepinovou konstrukci si nechal sám zakladatel značky patentovat a 7. března 1919 mu byl patent vydán. [7]

Ve 20. letech minulého století se výrobci začali zabírat naplněním potenciálu oblých tvarů a aerodynamiky. Do této doby byly vozy vyráběny výhradně hranaté. Jednou z prvních variant, které spatřila světlo světa byl vůz zaoblených tvarů Volkswagen Brouk, který se na trhu objevil na konci 30. let minulého století. Hranaté tvary šly tedy u běžných automobilů stranou. To však ale neznamenal, že úplně vymizely. Zejména pro potřeby armády byly tyto tvary i nadále hojně používána. Důkazem tomu byla vozidla Land Rover nebo Jeep. [8]

Zlom v bezpečnosti automobilů přišel zhruba před 70 lety, tedy v roce 1950. V té době si maďarský inženýr Béla Barényi pracující ve společnosti Mercedes Benz uvědomil, že pokud dokážeme absorbovat kinetickou energii vzniklou při nárazu, výrazně by se tím mohla zvýšit bezpečnost. Přichází proto s myšlenkou deformačních zón. Tyto zóny měly za úkol svou deformací ochránit posádku vozidla při kolizi. Jeho cílem bylo tenkrát chránit posádku při nárazu do rychlosti 65 km/h zepředu a 50 km/h zezadu. Rozdělil proto karoserii na tři části. Na prostřední pevnou bezpečnostní buňku, kde seděli cestující, která byla zepředu a zezadu obklopena měkkými deformačními zónami. Tento model, který byl z důvodu již zmíněných požadavků velice neestetický nazval Terracruiser. Zajímavostí bylo například sedadlo pro řidiče umístěné uprostřed vozidla. Dále byl vůz vybaven bočními výztuhami, které měly snížit riziko poranění při bočním nárazu. Bohužel ale při sérii crash testů bylo zjištěno, že na první pohled nevinně vypadající části interiéru mohou být naopak velice nebezpečné. Proto byl tento projekt ukončen. Barényiho poznatky a vynálezy se ale svého uplatnění v pozdějších dobách dočkaly. Řadu těchto konstrukčních řešení si totiž nechala firma Daimler-Benz patentovat. [9]

Výzkumy dále přinášely nové materiály. Nejvýznamnějším objevem se stal bezesporu duroplast, který byl poprvé aplikován v roce 1958. Tento materiál byl poprvé použit na Trabantu. Duroplastové díly byly zpracovávány lisováním. Mezi výhody těchto karoserií patří jejich malá hmotnost a odolnost proti nárazům. Navíc u nich nedochází ke korozi. Se zánikem Trabantu, ale dochází k současnému zániku duroplastu v automobilovém průmyslu. [10]

Obrovským milníkem se stal rok 1959, kdy byla spuštěna sériová výroba Mercedesu W111. Tento vůz se stal prvním automobilem vybaveným deformačními zónami karoserie. Tyto vozy byly vybaveny zámkami dveří s kolíčky. Toto opatření dává posádce prostor pro přežití a znemožňuje jejich vypadnutí z vozu během kolize. V tomto modelu se ale změnilo podstatně víc, například se zde prvně objevuje tuhá bezpečnostní buňka, která má speciálně navržený interiér. Jejím hlavním cílem je minimalizovat poranění při kolizi. Mezi další novinky v těchto vozech řadíme například posunutí řízení co nejvíce dozadu nebo upravený prostor pod kapotou, tak aby se snáze deformoval. Úpravami prošly i klíčky stahování okének či vnitřní kliky, které byly zapuštěny do dveří a přibyl i bezpečnostní sloupek řízení. Na středu volantu bylo použito měkké čalounění, jehož úkolem bylo snížit riziko poranění hlavy řidiče a polstrovaná byla i přístrojová deska. [9]

Švédská automobilka Volvo v roce 1972 přišla s revolučním konceptem, který nesl označení VESC (Volvo Experimental Safety Car) (viz obr. 3). Jednalo se o přelomový model v oblasti bezpečnosti, který předběhl svou dobu. Později byly některé z jeho prvků aplikovány do sériové výroby. Právě prvním takovým vozem se stal model V240. Mezi stěžejní prvky v oblasti bezpečnosti představené v konceptu VESC patřily například vyztužené střechy a integrovaná klec pro snížení deformace a udržení prostoru pro přežití posádky v případě, že dojde k převrácení vozidla. Další novinkou se stala i moderní konstrukce uchycení motoru eliminující vniknutí motoru do prostoru cestujících při nárazu. Zlepšená byla i ochrana při bočním nárazu, tam došlo k vyztužení boků trubkovitými profily. Novinkou byly i výrazné nárazníky, které poskytovaly ochranu cestujícím do mezní hodnoty nárazové rychlosti 16 km/h. [11]

Obrázek 3 Koncept VESC [11]



Novým typem karoserie se stal v roce 1994 celohliníkový rám. S touto přelomovou technologií přišla firma Audi s modelem A8. Tento materiál se stal velice oblíbeným především díky nízké hmotnosti. Své využití našel u delších segmentů jako je kapota, blatníky, přední čelo nebo výztuha nárazníku. [12]

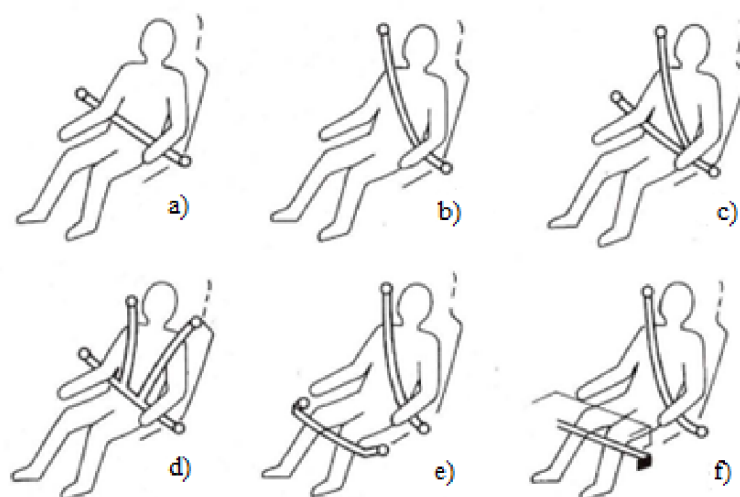
V dnešní době se na stavbu automobilů využívá velká škála materiálů. Jako jsou například běžné konstrukční oceli, nízkolegované a vysokolegované oceli, nerezové oceli, korozivzdorné oceli, tvárné litiny nebo hliníkové slitiny. Jelikož se postupem času stále zvyšují požadavky na vyšší bezpečnost vozidel při crash testech, stala se nejčastěji používaným materiálem vysokopevnostní ocel zpracovávaná mnoha netradičními metodami. To umožnilo rapidně snížit hmotnost karoserie vozu a současně zlepšit tuhost a deformační charakteristiky. V interiéru se poté používají různé druhy plastů a tkanin. Právě plasty se používají i pro blatníky, kapotu a víko zavazadlového prostoru. Důvodem je především úspora hmotnosti a nákladů na výrobu. [2]

3.2 Bezpečnostní pásy

Nejrozšířenějším zadržným systémem ve vozidlech je právě bezpečnostní pás, který se zároveň řadí mezi systémy popruhové. Jde o zařízení, které je používáno pro zvýšení bezpečnosti posádky a snížení následků v případě dopravní nehody na co nejnižší úroveň. I přes počáteční obavy se brzy prokázala jedinečnost tohoto bezpečnostního prvku při záchraně lidských životů. Proto se právě používání bezpečnostních pásů postupem času stalo povinné napříč vyspělým světem a v současné době patří mezi standardní výbavu všech vyráběných vozů. Zároveň je legislativou stanovena povinnost používání těchto pásů během jízdy na pozemních komunikacích. Tato povinnost je stanovena zákonem 361/2000 Sb. Jedná se o popruhový systém, jehož funkcí je udržet tělo při nárazu připoutáno k sedadlu, a tím ho chránit před nárazem do částí interiéru a vyletěním z vozidla. Bezpečnostní pásy poměrně dobře chrání pasažéry při čelním nárazu, nárazu zezadu a při převrácení vozidla. Jeho účinek ale poněkud klesá při bočním nárazu nebo šikmém nárazu zepředu. Tento zadržný systém nejlépe plní svou funkci při nižších rychlostech, přibližně do 50 km/h, kdy je jeho účinnost optimalizovaná dalším významným prvkem pasivní bezpečnosti, a to airbagy. [1] [2] [13]

Součástí pásů mohou být přepínače, omezovače síly a navíječe. V dnešní době máme spoustu druhů bezpečnostních pásů, které lze podle konstrukce a počtu úchytných bodů základně rozdělit do několika kategorií (viz obr. 4). Podle počtu úchytných bodů se bezpečnostní pásy dělí na dvou až osmibodové. Přičemž v současnosti jsou nejvíce používané pásy třibodové. [2]

Obrázek 4 Druhy bezpečnostních pásů [2]



a) dvoubodový (břišní), b) dvoubodový (diagonální), c) třibodový, d) čtyřbodový, e) ramenní a kolenní, f) diagonální s kolenní opěrkou

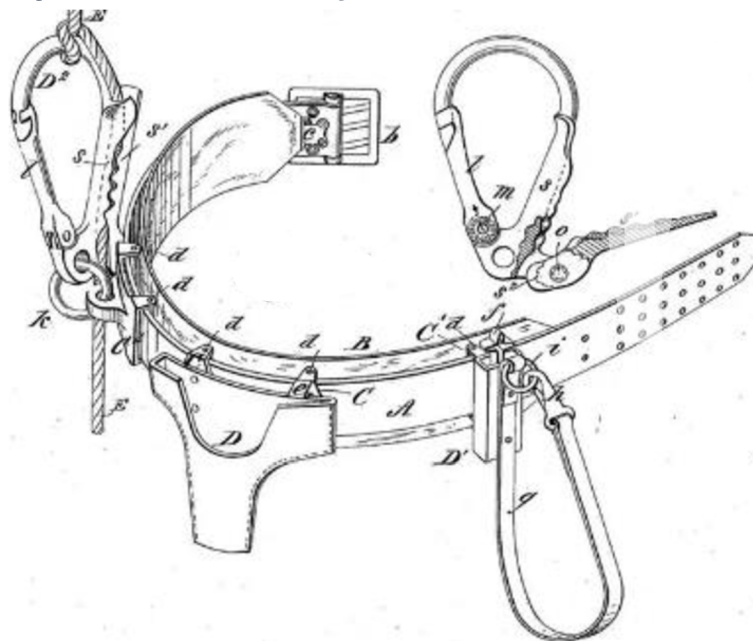
Důležitost tohoto zádržného systému prokazují i statistiky ze zdrojů BESIP, které poukazují na rizika poranění či smrti u nepřipoutaných pasažérů. Rizika poranění jsou u takové posádky sedících na předních sedadlech až osmkrát vyšší než u připoutaných pasažérů a narůstá se zvyšující se rychlostí vozidla. U posádky sedící na zadních sedadlech jsou tyto rizika o něco málo menší, což však neznamená, že použití pásů je méně důležité. Během nehody totiž může nepřipoutaný pasažér zranit jak sebe, tak cestujícího před sebou. Dle statistik bylo v roce 2020 při dopravních nehodách na pozemních komunikacích v České republice v osobních automobilech usmrcenou 65 pasažérů, kteří nebyli připoutáni. Těžce zraněných osob bylo 104 a lehce zraněných bylo 550. Celkově došlo v tomto roce k 1964 dopravním nehodám, kde členové posádky byli nepřipoutáni. Největší podíl nepřipoutaných osob byl v roce 2020 sledován u spolucestujících na zadních sedadlech. [14]

3.2.1 Historický vývoj bezpečnostních pásů

Historický vývoj bezpečnostních pásů byl v minulosti velice pestrý. Jejich rozkvetl započal už před více než 250 lety. První zmínka o tomto pasivním prvku bezpečnosti vznikla již v polovině 19. století, kdy s první myšlenou bezpečnostního pásu přišel vědec a vynálezce George Cayley, který se zabýval jeho využitím převážně v letectví. Jelikož ale jejich design nebyl v té době ještě dostatečně propracovaný, byl pro vozidla nepoužitelný. [15] [16] [17]

Důležitým milníkem se stal rok 1885, kdy byl Američanovi Edwardu J. Claghornu udělen 10. února 1885 patent na první bezpečnostní pás. Jednalo se o jednoduchý popruh vedoucí přes klín (viz obr. 5). Tento pás byl vybaven háčky, které se zachytávaly k pevným předmětům, aby zajistily pasažéry. Dále bylo jeho součástí mnoho dalších doplňků. Z tohoto provedení se koncem 19. století vyvinul pás dvoubodový břišní, který používáme dodnes. Bohužel ale tento systém neposkytoval patřičnou bezpečnost. Tento pás byl veden přes klín a připoutaná osoba byla tudíž fixována pouze za oblast břicha, což nevedlo k velké ochraně. Pás sice udržel tělo v sedadle a bránil vypadnutí z vozidla, ale pohybu těla ve směru zrychlení už ne. Tento jev je nazýván nůžkovým efektem a dochází při něm k vymrštění nohou, hlavy a trupu právě ve směru zrychlení. Právě pánev s trupem tak vytváří pomyslné nůžky, které se uzavírají. Tělo tedy není chráněno proti nárazu zepředu ani z boku a může dojít k mnoha poraněním. Proto se od tohoto provedení ustoupilo a nyní se s nimi můžeme setkat už jen ve starších vozidlech na zadním prostředním sedadle. I přes to bezpečnostní pásy v této době získaly částečnou popularitu, ale ještě z daleka nebyly tak rozšířené. [2] [16] [17]

Obrázek 5 Bezpečnostní pás zhotoven Edwardem J. Claghornem [17]



Jako další průkopník vývoje bezpečnostních pásů následoval Louis Renault, který byl v roce 1903 první, kdo poprvé použil a nechal si patentovat pás pětibodový. Toto provedení funguje na principu uchycení osoby za pas a ramena. Právě pátý popruh je veden mezi nohama a bod uchycení je umístěn tangenciálně k hrudníku. Z počátku byly využívány převážně v letadlech. Nyní se už běžně používají u dětských autosedaček a závodních automobilů, kde je obzvláště nutné rozložení sil na více částí těla. [18]

V roce 1946 přišel Dr. C. Hunter se systémem samonavíjení neboli automatickým bezpečnostním pásem. Toto zařízení umožňuje volný pohyb těla a automatické přizpůsobení rozměrů pásu dle aktuální potřeby. Funguje na principu pružiny. Ramenní pás je veden přes průvlečný úchyt na boční stěně do navíjecí cívky. Ta se při tahu uvolňuje a po ukončení se pás znovu vtáhne zpět pod pružným napětím. Navíjecí zařízení je uloženo v dutině spodní části středního sloupku karoserie vozidla. Horní úchyt průvleku pásu je montován na posuvném držáku, který je na středním sloupku výškově nastavitelný v rozsahu 100 mm. Pás je tedy možno seřizovat podle výšky pasažéra. Samonavíjecí prvek současně musí disponovat blokovacím mechanismem, který zablokuje pás v případě prudkého nárazu. Dle předpisu EHK musí být toto zařízení aktivováno při zpoždění vozidla, které je větší než 0,4 g nebo při vytažení pásu se zrychlením větším než 0,6 g. Tudiž tato blokovácí funkce může být aktivována dvěma dynamickými ději. A to rychlým vytáhnutím popruhu nebo zrychlením při nárazu vozidla v jakémkoli směru. [2] [19]

Společnost Volvo v roce 1958 uvádí na trh diagonální bezpečnostní pás, který se řadí mezi dvoubodové. Mezi dvoubodové řadíme i pás dvoubodový břišní, který se přepíná pouze přes pánev. Narozdíl od nich jsou diagonální břišní pásy vedené přes hrudník. Bohužel ale ani tento typ pásů nebyl z bezpečnostního hlediska nejvhodnější. A to z důvodu spony na hrudníku a kvůli nevhodné konstrukci při nehodě, kdy tělo pasažéra mělo tendenci podklouznout a případně se o něj zachytit krkem. Z tohoto důvodu docházelo k vážným zraněním a brzy se od něj upustilo. [20]

V následujících letech byla snaha o vylepšení stávajících bezpečnostních pásů. Průlom nastal v roce 1959, když dva Američané jménem Roger W. Griswold a Hugh De Haven navrhli první podobu třibodového pásu, který známe v dnešních vozidlech. Už ve stejném roce přichází s jeho vylepšením Nils Bohlin, švédský inventer pracující pro Volvo (viz obr. 6). Nils Bohlin vynalezl moderní bezpečnostní pás, takový jako ho nyní známe ve většině automobilů. Právě jeho patent třibodového bezpečnostního pásu výrazně zvýšil bezpečnost posádky v případě srážky vozidla. Systém se skládá z bederního a diagonálního pásu a má geometrii do tvaru písmene V, jehož špička míří směrem dolů. Jeden kotvicí bod se nachází nad ramenem a další dva jsou umístěny po obou stranách sedadla. Design tohoto pásu byl vytvořen, aby pomohl zajistit jak horní, tak i spodní část těla. Toto konstrukční provedení nově rozkládá síly působící na lidské tělo i do oblasti trupu, a tím napomáhá eliminovat zranění o boční stranu karoserie. Dalším důležitým faktorem je jeho jednoduché, pohodlné, rychlé a univerzální používání. Společnost Volvo nechala po udělení patentu na tento pás v roce 1962 patent volně dostupný. To zapříčinilo poměrně rychlé zavedení třibodového bezpečnostního pásu na přední sedačky v tu dobu nových automobilů. Současně s již zmiňovaným jednoduchým používáním se proto postupem času stal nejvíce uplatňovaným, a i v současné době stále používaným řešením. [2] [21]

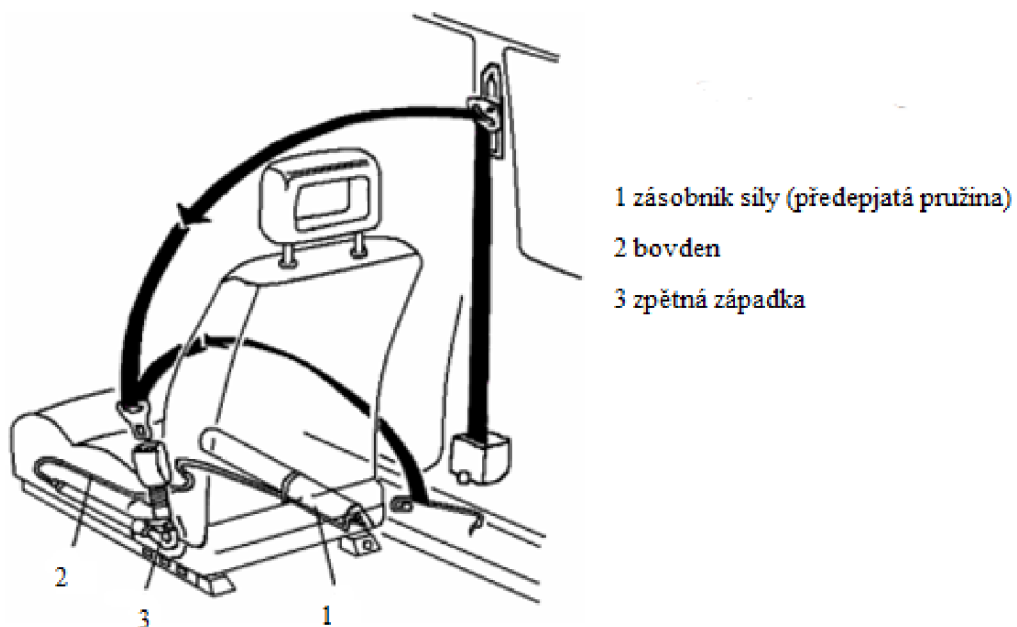
Obrázek 6 Tříbodový bezpečnostní pás s jeho vynálezcem Nilsem Bohlinem [21]



Od té doby docházelo k postupnému přijímání zákonů stanovujících povinné poutání ve všech zemích světa. První zemí, která určila povinnost bezpečnostních pásů jako součást povinné výbavy, byla Austrálie. V tehdejší Československu byla stanovena povinnost poutat se bezpečnostním pásem od 1. ledna 1967 vyhláškou č. 80/1966 Sb. To však platilo jen na předních sedadlech a jen při jízdách mimo obec. Vyhláškou č. 100/1975 Sb. byla, s účinností od 1. ledna 1976, tato povinnost rozšířena na všechna sedadla vybavená bezpečnostními pásy. Později vyhláškou č. 99/1989 Sb. s účinností od 1. ledna 1990 se v Československu stanovuje povinnost používání bezpečnostních pásů i v obci. [22]

V 80. letech byl poprvé k navijecímu mechanismu s blokovací funkcí doplněn předpínač. Tento systém předpínání bezpečnostních pásů se ukázal jako perfektní řešení eliminující negativní efekty navijecího zařízení bezpečnostních pásů. Jelikož z důvodu elasticity pásu, zpoždění blokace navijecího zařízení a posuvu cestujícího dopředu může dojít ke kontaktu hlavy posádky s volantem, palubní deskou nebo zadní stranou předních opěradel. Tím se výrazně snižuje i účinnost airbagů. Vhodným řešením se tedy ukázal právě předpínač bezpečnostních pásů. Díky předpínači dojde ke snížení dopředného pohybu posádky na pouhé jednotky centimetrů, a tím se zabrání k nárazu hlavy posádky do částí interiérů a zvýší se tím již zmiňovaná účinnost airbagů. Zároveň je díky rychlejšímu nástupu bezpečnostního pásu déle využíváno schopností deformačních zón automobilu. Předpínací zařízení se aktivuje v případě, kdy dojde k zaslání impulsu z řídicí jednotky. Ta vyhodnocuje závažnost kolize pomocí snímačů zrychlení. V případě, kdy dojde k překročení určených hodnot zrychlení se aktivuje předpínání pásů. Ty se předepnou silou 3 až 5 kN za dobu 0,008 až 0,012 s. V případě předepnutí pásů dojde k jeho utažení a tím i těsnějšímu obepnutí těla cestujícího pásem. Zařízení předpínače je celé umístěno ve spodní části konstrukce sedadla. Samotný mechanický předpínač funguje na principu předepnuté pružiny jako zásobníku síly, bovdenu a zpětné západky (viz obr. 7). Když dojde k aktivaci, uvolní se předepnutá pružina, která zatáhne za bovden a ten přes zpětnou západku posune zámek se sponou bezpečnostního pásu až o 8 cm směrem k podlaze vozidla. [2]

Obrázek 7 Mechanický předpínač bezpečnostního pásu [2]

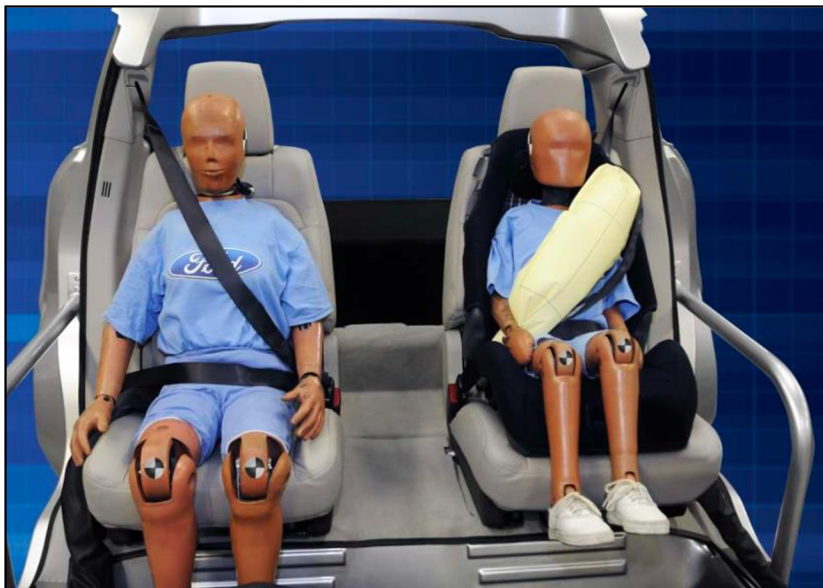


Automobilka Audi přichází v roce 1991 na trh s novým systémem, který umožňuje napínání bezpečnostních pásů pod názvem Procon-ten. V momentě, kdy dojde k nárazu vozidla při nehodě a motor se posune dozadu, napnou se ocelová lanka nad převodovkou, čímž dojde k přitážení volantu vpřed a vtáhnutí samonavíjecích pásů na předních sedačkách. U tohoto systému je navíc žádoucí, aby síla v pásu nepřekročila danou hodnotu. A právě k tomuto účelu je využíváno omezovače síly. [23]

V roce 1995 byl představen omezovač síly pásu v oblasti ramene a je považován za jedno z největších zlepšení funkce bezpečnostních pásů. Aby v případě prudkého nárazu nedocházelo k přílišnému přitážení bezpečnostního pásu, začaly být samonavíjecí pásy vybaveny právě omezovači síly. Z biomechanického hlediska je totiž nežádoucí, aby síla v pásu překročovala danou hodnotu. Aktivují se v případě, že na osobu začne působit větší síla než 5 kN. V tento moment se začne ohýbat hřídél pásu a následně dojde k jeho povolení. Omezovač ale musí být dimenzovaný v souladu s dráhou, která je k dispozici k dopřednému posunutí cestujícího. [24]

I prvek jako bezpečnostní pásy se neustále vyvíjí. Jedním z posledních průlomů ve vývoji tohoto zádržného systému nastal v roce 2009, kdy společnost Ford představila nové vylepšení. Jedná se o nafukovací bezpečnostní pásy (viz obr. 8), kde při dopravní nehodě dojde k velmi rychlému zvětšení objemu popruhu. Tudíž se energie nárazu rozprostře až na 5x větší plochu než u běžných pásů. Proto je tento pás mnohem účinnější při nárazu z boku. Jelikož tento pás lépe udrží cestujícího díky své větší šířce. Podobně jako u airbagů se pásy aktivují ve chvíli, kdy senzory zaznamenají situaci odpovídající nehodě. V ten moment je ze zásobníku do pásu uvolněn stlačený plyn. Celý proces nafukování trvá přibližně 40 milisekund. Tento airbag umístěný v pásu má válcový tvar a je stlačen chladným plynem, který dovnitř proudí speciálně konstruovanou sponou z nádržky pod sedadlem. Díky aplikaci právě stlačeného vzduchu oproti obvykle používané chemické reakci, při níž se uvolňuje teplo, pás po nafouknutí nepálí. Po aktivaci pás zůstává ještě pár sekund nafouknutý, poté vzduch postupně vyprchává skrze póry v materiálu. Za běžných okolností tento pás funguje naprosto totožně jako klasický konvenční bezpečnostní pás. Lze ho tedy použít i pro zachycení dětských autosedaček a je kompatibilní i se sedáky pro větší děti. [25]

Obrázek 8 Nafukovací bezpečnostní pásy [25]



3.3 Airbagy

Airbag je jedním z nejvýznamnějších prvků pasivní bezpečnosti vozidel. Jeho hlavním úkolem je ochránit především hlavu a hrudník posádky při nehodě. Vzdušné vaky mají oproti popruhovým systémům jednu nespornou výhodu, a to přímou ochranu hlavy před nárazem do vnitřních částí vozidla. Jedná se o textilní vaky, které jsou spouštěny elektrickým signálem. Ten se sepne v případě, že jedno z čidel nainstalované na vozidle zaznamená, že zrychlení v tomto místě přesáhlo daný limit pro určitou dobu. Vaky se zcela naplní vzduchem během zhruba 40-50 ms po zážehu, přičemž plyn se do difúze začne vyvíjet až po 2 až 4 ms. Airbagy nejúčinněji pracují právě v kombinaci s bezpečnostními pásy. Proto je evropský airbag pro řidiče menší než ten americký. Ten totiž nepředpokládá současné použití bezpečnostních pásů. Evropský airbag pro řidiče má objem 30 litrů, oproti tomu americký má objem dvojnásobný, tedy 60 litrů. Po kontaktu těla s vakem dochází ihned k postupnému vyprazdňování výtokovými otvory, aby se cestující nezadusil. Vyfukování airbagu probíhá 80 až 100 ms. Vyfouknutím není náraz navíc pro člověka tak tvrdý. Celý proces nafouknutí a vyfouknutí tedy trvá o něco více než jednu desetinu sekundy. Vak airbagu je vyroben z nepropustného plátna ze syntetických vláken a mívá 2 až 4 otvory určené pro vyfouknutí. Pasivní zádržný systém jako je právě airbag by měl fungovat vždy. Řidič vozidla pro aktivaci vzdušných vaků v dnešní době nic nedělá, proto je nutná kontrolka, která signalizuje, zda je systém airbagů funkční. [1] [2]

Mezi komponenty airbagu patří:

- **elastická kapsle** naplněná vzduchem
- **generátor plynu**
- **ovládací systém** sestaven z řídicí jednotky a snímače nárazu

V dnešní době se ve vozidlech setkáme s velkým množstvím druhů airbagů. Můžeme do nich řadit (viz obr. 9):

- **airbag předního typu**, který je instalovaný ve volantu pro řidiče a ve vrchní části předního panelu pro spolujezdce
- **airbag bočního typu**
- **airbag kolenního typu**
- **airbag závěšového typu**
- **airbag centrálního typu**
- **airbag určený pro chodce**

Obrázek 9 Druhy airbagů [34]



Statistiky prokazují, že v případě čelního nárazu vozidla, které je vybaveno airbagy s kombinací současného použití bezpečnostního pásu, dochází k výraznému snížení počtu usmrcených osob. U cestujících se riziko usmrcení snižuje o 15 % a u řidičů vozidel dokonce o 25 %. Stejně je tomu v případě vážných zranění. Použití airbagů s bezpečnostními pásy snižuje riziko poranění hrudníku o 65 % a poranění hlavy o 75 %. [26]

3.3.1 Historický vývoj airbagů

Historický vývoj vzdušných vaků byl v průběhu let poměrně pestrý. Jeho vznik můžeme datovat do roku 1920, kdy s konceptem nafukovacích vaků poprvé přišli dva zubní lékaři, Harold Round a Arthur Parrott. Jednalo se o vzduchem naplněné vaky k pokrytí letadel a jiných vozidel. O patent požádali 22. listopadu 1919 a obdrželi jej 17. února 1920.

Ve vývoji airbagů se stal důležitý rok 1951. Dne 6. října 1951 si německý vynálezce Walter Linderer nechal patentovat vak plněný vzduchem. Patent mu byl vydán ale až 12. listopadu roku 1953. Jednalo se o vak, který byl aktivován jak kontaktem s nárazníkem, tak ho mohl aktivovat sám řidič. Studie v 60. letech ale bohužel prokázaly, že stlačený vzduch nedokáže dostatečně rychle nafouknout airbag při srážce, tudíž není tak účinný.

V roce 1952 vynalezl američan John W. Hetrick takzvaný moderní airbag, který byl ale patentován až v roce následujícím, tedy 1953. Získal tehdy patent na sestavu bezpečnostního polštáře pro automobilová vozidla. V té době se ale jednalo pouze o teorii, která neměla v praxi reálné využití. [27]

Dalším důležitým milníkem ve vývoji vzdušných vaků se stal rok 1964, kdy japonský automobilový inženýr Yasuzaburo Kobori použil pro nafouknutí airbagů chemickou mikrovýbušninu. Ta vak nafoukla mnohem rychleji než stlačený vzduch, který byl dosavad používán. [28]

Mercedes-Benz začal s vývojem airbagu v roce 1966 a rok později, tedy v roce 1967 začal provádět první pokusy směřující k efektivní tvorbě plynu. Za což získal i patent. Úplně první nárazovou zkoušku prototypu airbagu realizoval v roce 1968 a o 3 roky později, tedy v roce 1971, si nechal tuto technologii airbagu patentovat. [29]

V roce 1967 americký vynálezce Allen Breed prodal firmě Chrysler svůj senzor, který vyvinul pro detekci nárazu. Tento komponent tvoří základní součást systému airbag a nemohl by bez něj fungovat. V tomto období se tedy stává airbag použitelným. Současně v této době přichází myšlenka, že by airbag mohl být používán jako plná náhrada bezpečnostních pásů. Z tohoto důvodu se v této době, a to hlavně v USA od používání bezpečnostních pásů ve značné míře upustilo. [30]

V roce 1971 přichází na trh zkušební série automobilů firmy Ford vybavená airbagy a o rok později, tedy v roce 1972 se na trhu objevuje i první sériově vyráběný automobil, který má ve své výbavě airbag. Tyto airbagy nainstalované v hlavici volantu nesou označení čelní. Jednalo se u vozy Chevrolet Impala, model 1973. V roce 1974 už byly airbagy vyráběny jako rozšiřující výbava u mnoha dalších automobilových značek. Jako například Buick, Cadillac a Oldsmobile a další. Tyto vozy se ale bohužel neseťkaly s velkým úspěchem a prodalo se jich velice málo. V tomto roce byl ještě uveden na trh takzvaný dvoustupňový polštář, který chránil jak řidiče, tak i spolujezdce. Tento airbag byl nabízen v luxusních vozech za příplatek. Hlavním úkolem čelních airbagů je chránit řidiče, popřípadě spolujezdce na předním sedadle před poraněním hlavy a hrudníku při nárazu vozidla. Jelikož je dráha pohybu hlavy obzvláště u řidiče poměrně krátká, musí k aktivaci airbagu dojít velice rychle. U čelního airbagu ukrytého v přístrojové desce pro spolujezdce je tato dráha poněkud delší, a proto může být mez nafouknutí tohoto airbagu a něco málo pomalejší. [2] [31]

Před více než 40 lety v roce 1980 uvedla společnost Bosch ve spolupráci s firmou Daimler-Benz AG do sériové výroby první elektronickou řídicí jednotku na světě. Tento systém využívá externí a interní senzory otáčení, zrychlení a tlaku k zaznamenání závažnosti a také typu dopravní nehody. Spouštěcí algoritmus pomocí údajů od senzoru pozná, zda se jedná pouze o prudké brzdění nebo silný náraz, případně hrozící převrácení. Pokud je situace vážná, systém iniciuje generátor pyrotechnického plynu a podle potřeby aktivuje airbag a předpínáč pásů. [32]

V roce 1981 vybavila automobilová společnost Mercedes-Benz airbagy vůz svého v tu dobu luxusního modelu Mercedes-Benz W126. U tohoto automobilu bylo poprvé použito hydropneumatické pérování. Tento systém při nárazu, který je detekován senzory, zapříčiní předepnutí bezpečnostních pásů a následné vybuchnutí airbagu. To vedlo k tomu, že airbag přestal být chápán jako náhrada pásů, nýbrž jako jeho doplněk zvyšující bezpečnost cestujících. Tento systém se osvědčil natolik, že se používá ve vozech dodnes. [33]

Společnost Volvo přichází roku 1995 s prvním bočním airbagem a uvádí ho do sériové výroby. Boční airbag chrání hrudník, bederní partie a hlavu osob sedících na předních sedadlech vozidla a je aktivován při bočním nárazu. Je umístěn v zadní opěře sedadla, dveřích nebo v B-sloupku vozidla. Přičemž experimenty prokazují, že nejúčinnější umístění je právě z boku zadní opěry. Vzhledem k velmi malé deformační oblasti, je u těchto airbagů nutné dosáhnout krátké doby od nárazu do naplnění vaků. [1] [2]

Vyvinutí tzv. kolenních airbagů (viz obr. 10) se datuje do období roku 1996. Tyto kolenní airbagy jsou namontovány pod palubní deskou a mají chránit nohy pasažérů sedících na předních sedadlech. Oproti ostatním typům airbagů je ale jejich přínos značně malý, jelikož riziko poranění snižují o necelé jedno procento. [34]

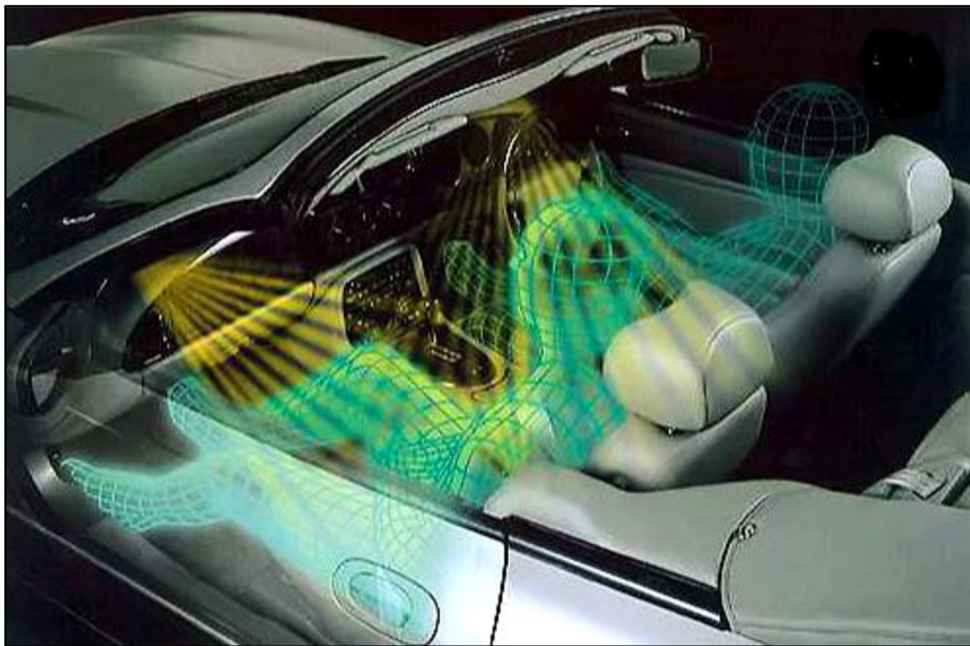
Obrázek 10 Kolenní airbag [34]



Automobilová společnost BMW roku 1998 přichází s novinkou, a to s hlavovými airbagy, které jsou součástí standardní výbavy. Hlavový airbag pracuje na principu klasického airbagu a je umístěn na stranách pod stropem vozidla. Při aktivaci se vak rozbálí mezi bočním okénkem a hlavou pasažéra. Tímto umístěním poskytuje cestujícím ochranu krku a hlavy při bočním nárazu. Naopak při nárazu čelním zůstává neaktivován. Někdy je tento airbag nazýván jako hlavová zástěna, jelikož při nafouknutí pokrývá téměř celou boční stěnu. Jeho objem je o něco menší než u ostatních airbagů a to zhruba 25 až 30 litrů. Velikost odpovídá rozměrům a konstrukci automobilu. [2]

Mezi nejnovější provedení patří tzv. inteligentní airbagy neboli systém A.R.T.S., který jako první představila automobilka Jaguar ve své standardní výbavě roku 2001 (viz obr. 11). Ve vozech vybavených systémem A.R.T.S. jsou zabudovány senzory, které sledují pozici cestujících a jejich váhu, užití bezpečnostních pásů a mnoho dalšího. Pomocí těchto informací dokáže systém regulovat rychlost a objem naplnění polštáře při kolizi. Další výhodou tohoto systému je aktivace jen potřebných airbagů při nehodě. Zamezí se tím tak například aktivaci airbagu spolujezdce v případě, že toto místo není zrovna obsazené. Tím se může předcházet zbytečným opravám, kdy byl vak aktivován přebytečně [35]

Obrázek 11 Systém A.R.T.S. [35]



V roce 2005 byl představen takzvaný generátor plynu adaptivních airbagů. Tento systém umožňuje dva stupně aktivace airbagu v závislosti na intenzitě nárazu, a tím předvolit míru svého nafouknutí. Adaptivní airbag určuje míru nafouknutí podle hmotnosti a polohy cestujícího. Tímto způsobem napomáhá optimalizovat střet těla s airbagem, a tudíž snižuje následky zranění pasažéra. [36] [37]

V roce 2006 představila Honda první sériový motocyklový airbag, a to na modelu Gold Wing (viz ob.12). Tento systém se aktivuje pouze v případě čelní srážky, když jsou detekovány síly přesahující stanovené hodnoty. V případě, kdy řídicí jednotka vyhodnotí situaci jako adekvátní k aktivaci airbagu, pošle elektronický signál do jednotky vyvíječe plynu. Ten posléze okamžitě reaguje na elektronický signál právě nafouknutím airbagu. U tohoto motocyklu jsou na předních vidlicích po dvou přidělaný celkově čtyři nárazové senzory, modul airbagu obsahující vyvíječ plynu a airbag, který je umístěn přímo před jezdce. Dále je na motocyklu ještě namontována elektronická řídicí jednotka, která je umístěna napravo od modulu airbagu. [38]

Obrázek 12 První airbag na motocyklu [38]



Jednou z největších novinek jsou airbagy pod označením Interseat Protection, které brání nárazu mezi dvěma vedle sebe sedícími pasažéry. Mezi nejnovější typy airbagů dále patří třeba i vzdušný vak kolem opěrek hlav vzadu nebo airbagů zabudovaných v sedadlech pro ochranu pánve. [39]

Světovou premiéru v roce 2020 oslavil zadní airbag, který byl jako první instalovaný v nové generaci vlakové lodi Mercedes-Benz třídy S. Tento airbag chrání cestující na zadních sedadlech v případě čelní srážky. Umístění tohoto druhu airbagu je ze zadní části předního sedadla a novinkou je i nezvyklý tvar tohoto airbagu. Nemá totiž tradiční tvar jako ho známe u ostatních druhů airbagů, ovšem tvar písmene U, které se otvírá k zadnímu cestujícímu. V případě nehody se tak dá očekávat, že bude navádět hlavu pasažéra sedícího na zadních sedačkách do nejměkčí části airbagu. Technici navíc mysleli i současnou spolupráci tohoto systému s nafukovacími zadními pásy. Tento systém by proto měl být schopen fungovat i s instalovanou dětskou autosedačkou. [40]

Vývoj airbagů sahá do počátku 20. století, nejedná se tedy o žádnou novinku. I přesto vývoj airbagů neustále probíhá a každým rokem je možné se na nových modelech vozidel setkat s novými technologiemi, novými typy airbagů a prostory ve vozidlech pro jejich umístění.

3.4 Dětské autosedačky

Dětské autosedačky mají za úkol chránit malé pasažéry vozidla v případě autonehody. Stejně jako bezpečnostní pásy omezují pohyb pasažéra při kolizi, popřípadě při prudkém zpomalení vozidla. Dítě menší než 150 cm a lehčí než 36 kg musí být dle ustanovení zákona převáženo v autosedačce. To platí jak v obci, tak i mimo ni. Bohužel ale stále existují případy, kdy je dítě přepravováno bez tohoto zádržného systému nebo dokonce v náruči jiného pasažéra. Proto je tento přestupek trestán přičtením 4 bodů v rámci bodového systému. Výjimky povolené zákonem se vztahují na přepravu dětí ve vozidlech policie, hasičského záchranného sboru, zdravotní záchranné služby, horské služby a taxislužby, kde nemusí být připoutány v autosedačce. Dětský zádržný systém je možné umístit na místo ve vozidle, které je vybaveno bezpečnostními pásy nebo systémem ISOFIX. Rozdělení autosedaček podle výšky dítěte je uvedeno v normě ECE R129 (i-Size). Tato norma navíc vyžaduje používání systému ISOFIX ke snížení rizika chybné instalace dětského zádržného systému. Podle hmotnosti dítěte rozdělujeme zádržné systémy do 5 základních hmotnostních skupin podle bezpečnostní normy ECE R44. Nyní existují i varianty dětských autosedaček, které zahrnují více těchto skupin:

- **Skupina 0** je určena pro děti do hmotnosti 10 kg. Tedy do věku přibližně jednoho roku. V tomto případě je dítě umístěno v autosedačce čelem proti jízdě a je nutností, aby vozidlo na tomto místě nebylo vybaveno airbagem, popřípadě musí být airbag odpojen.
- **Skupina 0+** je určena pro děti do hmotnosti 13 kg. Společně s autosedačkami skupiny 0 jsou známá pod označením vajíčko.
- **Skupina I** je od 9 do 18 kg dítěte. Této hmotnosti děti dosahují ve věku 1 až 4 roky. Takové děti už umí samy sedět. Děti jsou stále připoutány vlastním pětibodovým pásem. Pro skupinu I není přikázán směr převodu, dětskou autosedačku lze tedy umístit jak ve směru jízdy, tak proti směru jízdy vozidla. Pro menší děti je však po směru jízdy zvýšené riziko poranění krční páteře.
- **Skupina II** je pro děti s váhou 15 až 25 kilogramů, což přibližně odpovídá věku 4 až 6 let. Dítě je v autosedačce hmotnostní skupiny II převáženo po směru jízdy a je připoutáno pomocí třibodového bezpečnostního pásu automobilu. Pro správné vedení bezpečnostního pásu je dětský zádržný systém vybaven úchyty, pomocí nichž je pás uveden do požadované polohy.
- **Skupina III** je pro děti o hmotnosti od 22 do 36 kg. Stejně jako je tomu u skupiny II je dítě poutáno třibodovým bezpečnostním pásem automobilu. Tato skupina dost často umožňuje odejmutí záďové opěrky, čímž vznikne takzvaný podsedák neboli zvýšené sedadlo. Díky tomuto zvýšení dochází ke správnému vedení pásu. Tento podsedák už ale neposkytuje žádnou ochranu při bočním nárazu vozidla. Během nehod navíc dochází k jeho posunutí, a tak i vychýlení dítěte.

Dále můžeme dětské autosedačky ještě dělit podle kategorie na:

- **univerzální** (Univerzální autosedačky lze použít na většině míst k sezení ve voze.)
- **omezené** (Zádržný systém kategorie omezené je určen na konkrétní místa pro dané typy vozů.)
- **polo-univerzální** (U polo-univerzálních sedaček se jedná o systém, který je vhodný pouze pro některé typy vozidel, jejichž seznam je uveden výrobcem dětského zádržného systému.)
- **pro určité vozidlo**

Ze statistik vyplývá, že pokud jede dítě bez autosedačky, je vystaveno až 11x vyššímu riziku tragického následku, než kdyby autosedačku mělo. Při jízdě v obci je dítě vystaveno dokonce 23x vyššímu riziku usmrcení než s použitím autosedačky. [41] [42]

3.4.1 Historický vývoj dětských autosedaček

První návrhy autosedaček se objevily relativně brzy, a to ve třicátých letech minulého století. S bezpečností, tak jak ji vnímáme dnes, ale neměly nic společného. Hlavním důvodem, proč se začaly montovat do vozidel byla snaha dostat dítě pod kontrolu a aby se dítě při jízdě nepohybovalo ve voze. Konstrukce dětských autosedaček byla zavěšována na opěradlo spolujezdce. Tento typ sedaček byl naschvál navrhován tak, aby pasažér seděl výš a měl tedy rozhled o oken. Postupem času byl k těmto autosedačkám přidělávám i nezávislý volant nebo klakson, či páčka připomínající řadící páku pro zabavení dítěte (viz obr. 13).

Obrázek 13 Jedna z prvních dětských autosedaček [43]



Nezávisle na sobě v roce 1962 přichází dvojice vynálezců, kteří se zasloužili o stavbu první skutečné autosedačky. Prvním z nich byl Jean Ames, který navrhl dětskou sedačku otočenou proti směru jízdy a doplnil ji o popruhy, které připomínají kšandy. Jeho hlavní myšlenkou totiž bylo, že orientace zádržného systému ve směru zpomalování vozu je bezpečnější. Leonard Rivkin ve stejném roce se nad problematikou dětských autosedaček zamýšlel trochu jinak. Jeho návrh autosedačky využíval trubkový rám a směřoval dopředu. Tento systém bylo možné montovat dopředu, dozadu a v některých automobilech i mezi sedadla.

Začátkem 70. let přichází General Motors s inovativní sedačkou pro batolata, která byla otočena proti směru jízdy. Dále přichází s modelem pro kojence, který byl naopak umístěn po směru jízdy. Další autosedačka, která se objevuje na trhu nese název Tot-Guard od firmy Ford Motor Company (viz obr.14). Tako autosedačka se na trh dostala v roce 1968 byla připevněna k vozidlu bezpečnostními pásy a byla plastová.

Obrázek 14 Autosedačka Tot-Guard [43]



Od roku 1971 se stalo v Americe povinností používat dětské autosedačky, které jsou připevněny k vozidlu bezpečnostními pásy. Tyto bezpečnostní pásy, kterými se upevňuje zádržný systém musí být minimálně tříbodové. Následující rok, tedy 1972, firma Volvo uvádí dětskou bezpečnostní autosedačku obrácenou proti směru jízdy. [43]

Problémy s připevněním dětských zádržných systémů ke konstrukci vozidla vedly k vývoji nových upevňovacích systémů. V roce 1990 byl vyvinul systém ISOFIX ve spolupráci výrobců autosedaček Britax-Römer a automobilky Volkswagen. Jedná se tedy o standardizovaný mezinárodní systém pro ukotvení autosedaček ve vozidlech. Upnutí autosedačky tímto systémem je mnohem snadnější a pevnější než s použitím bezpečnostních pásů. Používáním systému se snižuje i riziko nesprávného použití. ISOFIX se skládá ze dvou částí. První jsou normované kotevní body, které jsou umístěny vzadu mezi sedákem a opěradlem na krajních sedadlech. Druhá část je umístěna přímo na autosedačce. Touto částí se dětská autosedačka pevně zaklapne ke kotevním bodům a tím i ke konstrukci vozidla. Prvním vozem s tímto systémem se stal Volkswagen Golf IV v roce 1997. [43] [44]

V 90. letech přichází do povědomí i dětský zádržný systém s bezpečnostním pultem. Tyto autosedačky nejčastěji pocházely z USA a byly vybaveny pětibodovým pásem, a to bylo stanoveno i legislativou USA. U některých modelů byl pult přímo součástí pásového systému. Bohužel ale tato idea koncem 90. let minulého století vymizela. [45]

V roce 1990 přichází automobilka Volvo s novinkou v podobě prvního integrovaného dětského zádržného systému (viz obr.15). Jednalo se o podsedák, který byl zabudovaný uprostřed mezi zadními sedadly a byly jimi vybaveny vozy Volvo 850 a 900. O několik let později přichází znovu automobilka Volvo s vylepšením ve vozech S40. Jednalo se o sadu dvou vysouvacích podsedáků umístěných v krajních zadních sedadlech. [46] [47]

Obrázek 15 Integrovaný zádržný systém [46]



V roce 2002 přichází na trh systém LATCH vyvinutý pro správnou instalaci dětských autosedaček bez použití bezpečnostních pásů. Jedná se o systém s obdobnou funkcí jako systém ISOFIX. Nejvíce užívaný je tento systém v Severní Americe a Kanadě. Jeho účelem je snadná instalace do vozidla bez použití bezpečnostních pásů. Tento systém se skládá z vestavěných popruhů a háčků na dětské autosedačce a z kotevního vybavení ve vozidle. Rozdíl mezi ISOFIX a LATCH je právě především v odlišných úchytech na zádržném systému, jelikož systémem LATCH jsou dětské autosedačky k úchytům automobilu poutány právě již zmíněnými popruhy zakončenými háky. [43] [48]

Českou společností Gumotex byla v roce 2009 přivedena na trh první nafukovací autosedačka. Tento zádržný systém byl určen pro děti o hmotnosti 15 až 36 kilogramů. Původně měl být tento systém využíván ve vozech záchranné služby, ale ačkoli byla autosedačka homologována, testy ji vyhodnotily jako nevyhovující z hlediska bezpečnosti. [49]

V roce 2014 byl automobilovou společností Volvo představen nafukovací dětský zádržný systém určený pro přepravu dětí proti směru jízdy. Naopak od prototypu od společnosti Gumotex je tento systém vybaven prvky, které chrání při bočním nárazu. Model tohoto systému byl vyroben z drop-stitch materiálu. Tento materiál je velice pevná tkanina, která může být vystavována silnému vnitřnímu tlaku. Tyto autosedačky jsou do vozidla instalovány pomocí úchytů na bázi LATCH. Tento systém zatím ještě nebyl uveden do sériové výroby. [47] [50]

3.5 Systémy pro ochranu chodců

Mezi velice nebezpečné situace se řadí srážka vozidla s chodcem nebo cyklistou. Ti totiž na rozdíl od cestujících v automobilu kolem sebe nemají žádné deformační či zádržné systémy. Chodec proto přichází do přímého kontaktu s vozidlem, kdy nejprve jsou zasaženy nohy nárazníkem vozu a až poté dojde k nárazu pánve o hranu kapoty. Proto velice záleží na výšce hrany vozidla a výšce sražené osoby. Jelikož hlava může dopadnout na poměrně pružnou kapotu nebo v horším případě na rám čelního skla. Druhou fází srážky chodce je sekundární náraz, který vzniká kvůli brždění vozidla a chodec je tím vržen na vozovku. Tato fáze bývá mnohdy ještě nebezpečnější, jelikož hrozí přejetí, či náraz například o obrubník. Nejčastější příčinou těchto nehod je náhlé vstoupení chodce do vozovky. Tento střet má většinou fatální následky a je prokázáno, že se zvyšující se rychlostí riziko negativního následku rapidně roste. Při nehodě vozidla s chodcem jsou nejčastěji poraněny dolní končetiny. Druhým nejčastějším poraněním je poranění hlavy. Charakter této srážky závisí na mnoha aspektech. V oblasti aktivní bezpečnosti má pro ochranu chodců velký význam vysoká účinnost brzdové soustavy a výhled řidiče, který má z vozidla. Jedná se především o spodní úhel vidění, čelní okenní sloupek a dobré osvětlení. Významným hlediskem jsou i vlastnosti karoserie, a to především její tuhost a tvar. Značné následky srážky lze tedy zmírnit některými úpravami přidě automobilu.

Systémy pro ochranu chodců můžeme rozdělit do několika druhů. Základní rozdělení dělíme na 4 druhy:

- **pasivní, kontaktní, tvarem účinné systémy** (Do skupiny pasivní, kontaktní, tvarem účinné systémy patří tvarová opatření přídí, jako je zaoblení hran, oblé tvary nebo přední hrana kapoty, která je posunuta za nárazník.)
- **pasivní, kontaktní, poddajností účinné systémy** (Pasivní, kontaktní, poddajností účinné systémy zahrnují obložení nárazníků, přední hrany kapoty a bočních hran plastickými materiály.)
- **pasivní variabilní systémy** (Pasivní variabilní systémy jsou takové systémy, u kterých je ochranné zařízení uvedeno v činnost až nárazem chodce.)
- **aktivní variabilní systémy** (Poslední skupinou jsou aktivní variabilní systémy, které se vyznačují tím, že k jejich aktivaci dojde v případě, kdy je čidlem zaslán signál. Nespouští se tedy až mechanickým nárazem chodce.)

Ze statistik vyplývá, že v roce 2020 bylo evidováno 2574 nehod s účastí chodců. Při těchto střetech zemřelo 81 osob a 362 bylo těžce zraněno. V tomto roce tedy usmrčením skončilo 3,1 % dopravních nehod s účastí chodců. U těžce zraněných osob je to 13,9 % nehod. Ze zkoumání také vyplývá, že při rychlosti do 30 km/h je 90% šance, že sražená osoba přežije. Tato vyhlídka se ale s rychlostí razantně snižuje. V rychlosti 40 až 50 km/h se možnost přežití snižuje na pouhých zhruba 20 %. Tato skutečnost byla jedním z důležitých důvodů pro zavedení nejvyšší dovolené rychlosti v obci na 50 km/h. [1] [2] [51] [52]

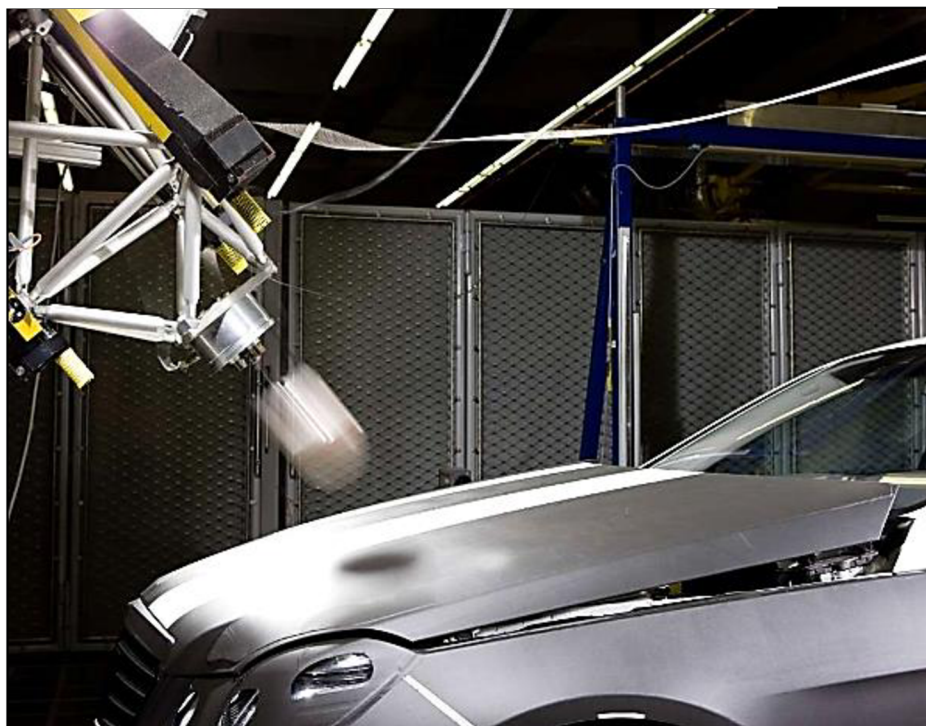
3.5.1 Historický vývoj systémů pro ochranu chodců

V prosinci roku 1996 vznikla společnost Euro NCAP, která testovala automobily pomocí nárazových zkoušek a hodnotila je na základě výsledků maximálně 5 hvězdičkami. Toto celkové hodnocení se skládá ze skóre ve čtyřech oblastech. Tím je právě ochrana chodců, ochrana dětí, ochrana dospělých a bezpečnostních asistentů. Celkové hodnocení se poté vypočítá jako vážený průměr právě z těchto čtyř zmíněných oblastí. Test pro ochranu chodců se provádí simulací nehody zahrnující děti i dospělé při nárazu v rychlosti 40 km/h a tyto testy vycházejí z evropských směrnic. Od roce 1998 tedy ochrana chodců hraje v hodnocení automobilů významnou roli. Od té doby začaly vozy výrazně měnit svůj tvar. Přední maska a nárazník vozu začaly být více zaoblené, čelní sklo se sklonilo pod větším úhlem a zavedla se sklopná zpětná zrcátka. Nejen změny tvarů přídě automobilů procházely velkými obměnami, ale začaly se do vozidel montovat různé bezpečnostní prvky. Jejichž hlavním cílem mělo být zmírnění dopadů srážky vozidla s chodcem. Jedním z nich byl například i takzvaný poddajný sklopný příčnick. Jedná se o pasivní variabilní systém, u kterého je ochranné zařízení uvedeno v činnost nárazem chodce. Právě při srážce se příčnick natočí nahoru a zabrání sklouznutá sraženého chodce z kapoty na vozovku. [53] [54]

Automobilka Toyota v roce 2008 přišla s myšlenkou airbagů pro chodce. Konstrukce těchto airbagů pro chodce vycházela z již osvědčených airbagů používaných uvnitř vozu. Snahou tedy bylo rozmístit airbasy pro chodce na ta místa, kde je obtížná jiná ochrana. Obzvlášť oblast čelního skla a A sloupků. Jelikož právě tyto místa musí být z hlediska ochrany posádky velice tuhá. V těchto místech se tedy objevují protichůdné požadavky na konstrukci. K zamezení styku chodce s těmito oblastmi jsou tak právě vhodné systémy airbagů pro chodce, díky kterým lze tato místa překrýt. [55]

V roce 2011 se stává novým prvkem bezpečnosti namířeným pro ochranu chodců při střetu tzv. aktivní kapota (viz obr. 16), která je aktivní pouze v případě, že je zapnuté zapalování a vozidlo se pohybuje rychlostí v rozmezí zhruba 20 km/h až 50 km/h. Princip její činnosti spočívá ve zvednutí kapoty u její paty čelního skla dřív, než na ni tělo, respektive hlava sraženého chodce stihne dopadnout. Tímto zvednutím až o 10 centimetrů se zvětší prostor pro deformaci, který pohltí větší množství energie a zároveň klesne riziko nárazu hlavy do tvrdých komponentů pod kapotou. Součástí systému aktivní kapoty je samozřejmě kapota, závěsy kapoty, zvedací zařízení kapoty, které se nachází poblíž již zmíněných závěsů kapoty, snímače nárazu a systém sledování s kontrolkou připravenosti. Dále jsou pod kapotou poblíž zvedacích zařízení umístěné výstražné štítky, které mají informovat servisní pracovníky a pracovníky záchranných složek o umístění zvedacích zařízení kapoty. Primárním cílem aktivní kapoty je tedy zvýšit rozdíl mezi kapotou a tvrdou strukturou pod ní. Druhým neméně důležitým cílem je zlepšení úhlu mezi kapotou a čelním sklem. Aktivní kapota je tedy vybavena mnoha různými senzory, které jsou umístěny v předním nárazníku automobilu. Jde o senzory zrychlení nebo pásové senzory tlaku, optická vlákna a fólie. [56]

Obrázek 16 Aktivní kapota [56]



Následovala je firma Autoliv, která v roce 2012 vytvořila systém ochrany chodců Pedestrian Protection Airbag (PPA). Tento systém tvoří právě dvojice airbagů chránící na každé straně chodce před nárazem do A sloupku. Při nárazu je zaslán elektrický impulz ze senzoru v předním nárazníku. Tento impulz aktivuje oba airbagy a společně s nimi vystřelí aktivní kapotu. Tato kombinace aktivní kapoty a airbagů výrazně snižuje pravděpodobnost úmrtí. [57]

V roce 2012 automobilka Volvo, která je známá pro bezpečnost svých vozů přichází se sériovou výrobou vozidla, jež je vybaveno právě kombinací airbagu s aktivní kapotou (viz obr. 17). Jedná se model V40. V případě aktivace se zvedne zadní část kapoty o 6 centimetrů a odtud se před čelním sklem nafoukne bezpečnostní vak. Tento airbag má tvar písmene U a pokrývá oblast pod zvednutou kapotou a asi jednu třetinu čelního skla a A sloupky. Tento systém má za úkol prodloužit deformační zónu kapoty a zamezit kontaktu hlavy s tvrdými strukturami čelních sektorů. Z tohoto důvodu se u použití tohoto systému snižuje zranění trupu a hlavy chodce. [58]

Obrázek 17 Kombinace airbagů s aktivní kapotou [58]



Mercedes-Benz si v roce 2015 nechalo patentovat nové řešení airbagu pro chodce, ačkoli tyto airbasy již roce 2012 představila automobilová společnost Volvo. Toto řešení se od nich totiž lehce liší. Stejně tak jako provedení Volvo je airbag vlastně rozšířením vyskakovací kapoty, která výrazně snižuje riziko poranění sraženého chodce. Ve chvíli, kdy systém vyhodnotí, že je srážka s chodcem nevyhnutelná zadní část kapoty se zvedne nahoru a bezpečnostní vaky se nafouknou v prostoru A sloupků. Hlavním rozdílem je tedy tvar bezpečnostních vaků. Airbasy jsou umístěné ve speciální trubce, jejíž konec je připevněn k horní části předního sloupku karoserie a druhý k hraně kapoty. Bohužel u tohoto systému se ukázalo mnoho problémů, a tak zatím není v praxi využíván. [59]

S konceptem, který se bohužel neprosadil přišla i automobilka Fiat ve spolupráci s technickou univerzitou Chalmers ve městě Göteborg ve Švédsku. Jednalo se o koncept takzvaného aktivního nárazníku a jeho využití pro pasivní bezpečnost vozidel při výrobě automobilů zatím nedošlo. Tento konstrukční prvek měl zajistit prodloužení deformačního prostoru, což by mělo zajistit zmenšení zranění sraženého chodce a zabránění fraktuře holení kosti. Jednou z možností je vysunutí aktivního nárazníku těsně před momentem, kdy je chodec automobilem sražen. Toto vysunutí nárazníku je možné provést různými konstrukčními prvky. Například vysunutím pomocí tlumičů plněných stlačeným plynem, které přes písty posunou nárazník vpřed. Impulz k vysunutí nárazníku přijde od řídicí jednotky do zámku pístu ve chvíli, kdy je analyzován chodec. Vrácení nárazníku do původní polohy je možno provést elektromotorem, který je s písty tlumičů propojen lanky. [55]

3.6 Hlavové opěrky

Hlavová opěrka je jedním ze základních prvků pasivní bezpečnosti, která je součástí sedadla. Úloha hlavových opěrek ve vozidlech je nezastupitelná. Jejich úkolem je bránit poranění krční páteře a míchy, která vznikají při extrémním pohybu hlavy dozadu. Největší riziko tedy vzniká v případě, kdy do vozu narazí jiný vůz zezadu. I když k těmto střetům dochází při poměrně nízké rychlosti vozidel, je hlava, respektive krk pasažéra vystaven obrovskému silovému namáhání. To je velice často příčinou bolestivých poranění s častými trvalými následky. Aby opěrka hlavy při těchto incidentech nejlépe zasáhla, musí být nejen dobře řešena, ale také dobře nastavena. Správná pozice je taková, kdy se temeno a horní okraj opěrky kryjí, tudíž jsou na stejné úrovni. V případě, že opěrka sklouzne níž, než je rovina uší, riziko vážného zranění povážlivě stoupá. Druhým podstatným kritériem je vzdálenost hlavy od opěrky. Tato vzdálenost by neměla překročit 4 centimetry. Sedadla vozů jsou běžně vybavena hlavovými opěrkami na předních i zadních místech. Opěrky lze také zcela vyjmout po uvolnění pojistky. [2] [60]

Opěrky hlavy lze ve vozidle rozdělit na dvě základní skupiny:

- Mezi **pasivní opěrky** hlavy jsou řazeny systémy, které jsou v opěradle uchycené napevno.
- Naopak systém **aktivních opěrek** hlavy je aktivován tlakem horní části těla cestujícího na předním sedadle do opěradla, který je vyvolaný reakcí na náraz do zadní části vozidla. V takovou chvíli je hlavová opěrka vysouvána vzhůru a lépe chrání krční oblast pasažéra. Tento mechanický systém je instalovaný v opěradle sedadla je spojen s opěrkou.

3.6.1 Historický vývoj hlavových opěrek

První hlavová opěrka byla vynalezena již v roce 1921 Benjaminem Katzem. V automobilech se ale začala standardně používat až v 60. letech. Jako součást povinné výbavy byly hlavové opěrky nařízeny až koncem 60. let ve Spojených státech. První patenty na systémy podobné hlavovým opěrkám začaly vznikat již v roce 1923. [61]

V roce 1999 zavedla firma Opel takzvané aktivní opěrky hlavy. Tento systém, který je čistě mechanický výrazně snižuje riziko poranění krční páteře a míchy při nárazech zezadu. Systém je uváděn do činnosti tlakem horní části těla pasažéra, vyvolaný reakcí na náraz do zadní části vozidla. Pákový systém, který je ukryt v opěradle sedadla je spojen s opěrkou hlavy a při nárazu zezadu ji posouvá směrem nahoru a vpřed. To podstatně zkracuje vzdálenost mezi opěrkou a hlavou pasažéra. Tímto se výrazně snižuje silové namáhání v oblasti krku. Hmotnost tohoto systému činí zhruba jeden kilogram a nijak nenarušuje funkčnost bočních airbagů. Ty jsou totiž zabudované o něco málo níže po stranách opěradel. Jako u všech druhů hlavových opěrek, i tady platí, že pro jejich schopnost efektivně snižovat riziko poranění v případě nehody, musí být nastavené do správné polohy. Optimální nastavení je v případě, kdy konec opěrky je ve stejné výšce, jako nejvyšší bod hlavy pasažéra. Změna nastavení opěrky je možná po předchozím zatlačení směrem dopředu a uvolnění zámku jistícího mechanismu. [2]

Mnichovská automobilní společnost BMW v roce 2007 sériově zavedla nové aktivní opěrky hlavy (viz obr. 18). Tyto opěrky mají za úkol chránit krční páteř pasažéra při nárazech zezadu, i při malých rychlostech. U BMW tento bezpečnostní systém nese název PAHR. Na rozdíl od předešlých aktivních hlavových opěrek není tento systém aktivován pohybem těla cestujícího, ale velmi rychle nastavená opěrky provádí elektronika na základě informací, které získala od kolizních senzorů. Opěrka se v ten moment posune o 60 mm dopředu a 40 mm nahoru, takže vzdálenost hlavy od opěrky se zmenší ještě před působením nárazové energie. Riziko poranění krční páteře se tak snižuje na minimum. [62]

Obrázek 18 Aktivní opěrka hlavy automobilní společnosti BMW [62]



V roce 2009 představila automobilka Mercedes-Benz nový experimentální vůz pro výzkum v oblasti bezpečnosti vozidel. Novým prvkem se stal i systém Neck-Pro (viz obr. 19). Tyto hlavové opěrky jsou nainstalovány v sedadle řidiče a spolujezdce. Slouží ke snížení rizika krční páteře v případě zadního nárazu. K jejich vývoji vedl i fakt, že právě tato poranění, která jsou způsobena náhlým trhavým pohybem hlavy a následným namáháním krčních obratlů, jsou jedním z nejčastějších typů nehod v Evropě. Neck-Pro je systém aktivních hlavových opěrek, které jsou spojeny s elektronickou řídicí jednotkou. V případě, že senzorový systém detekuje zadní náraz, dojde k uvolnění předepjaté pružiny uvnitř opěrek hlavy, což má za následek, že se opěrka velice rychle posune dopředu. Opěrka se během pár milisekund dokáže posunout až o 40 milimetrů nahoru a 30 milimetrů dopředu. Poté lze lehce opěrku zasunout zpět do původního polohy pomocí speciálního nástroje, který je dodáván společně s vozem. [63] [64]

Obrázek 19 Systém Neck-Pro [63]



Vývoj hlavových opěrek se od jejich vzniku poměrně dost posunul. Oproti samotnému počátku tohoto systému, kdy hlavové opěrky nebyly běžnou výbavou všech sedadel, se dnes s hlavovými opěrkami setkáváme u všech míst, co v kabině vozidla jsou.

3.7 Ponehodová opatření

Problematika ponehodových opatření úzce souvisí s pasivní bezpečností vozidel a přímo na ni navazuje. Jedná se o opatření, která mají za úkol zajistit bezpečnost posádky bezprostředně po dopravní nehodě. Kladou tedy důraz na zamezení vzniku sekundárního poranění osob po ukončení nehody. Při nárazu jsou proto ve vozidlech automaticky spuštěny některé úkony, které mají za úkol zajistit bezpečnost vozidla ihned po nehodě. Mezi ponehodové opatření řadíme i zabránění vytvoření nebezpečných situací, které by mohly vzniknout jako následek dopravní nehody. Jedná se například o vznik požáru nebo výbuchu. Z tohoto důvodu po nehodě dochází k okamžitému přerušení dodávky pohonných hmot do motoru a zabránění jejich úniku mimo vozidlo. V momentě dopravní nehody dochází ke spuštění varovných světel, které zajišťují označení havarovaného vozidla. Dalším důležitým úkonem je okamžité odemčení všech dveří vozidla, aby se dosáhlo snadného výstupu posádky z vozidla. V neposlední řadě mezi ponehodová opatření řadíme i systém automatického nouzového volání k dopravní nehodě. Ponehodová neboli sekundární zranění pasažérů vozidla vznikají především vlivem vnějšího prostředí jako je například již zmíněný požár. Méně často dochází k sekundárním zraněním v průběhu zásahu složek Integrovaného záchranného systému. [1] [65]

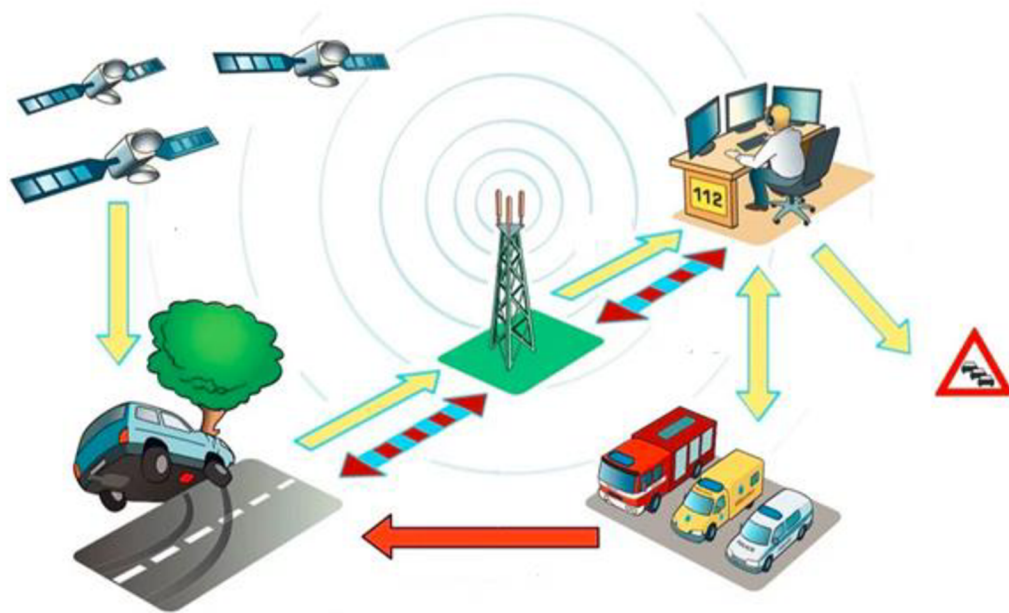
3.7.1 Historický vývoj ponehodových opatření

Již koncem 20. století přišla firma Bosch se systémem automatického tísňového volání, které samočinně dokázalo přivolat pomoc pro posádku havarovaného vozu. V Československu se zrodil nápad na obdobu tohoto systému v 70. letech 20. století a v roce 1972 byl patentován a nesl název AUTOVOC. Tento systém byl vytvořen Ing. Miroslavem Studničkou a Jaroslavem Kavalírem a v tu dobu představoval revoluční prostředek pro přivolání pomoci v případě dopravní nehody. AUTOVOC v té době využíval k automatickému určení polohy havarovaného vozidla systém radiových vln. Palubní jednotka umístěná ve vozidle disponovala třemi tlačítky. Konkrétně červeným, bílým a černým. První červené tlačítko s bílým křížkem sloužilo k zavolání zdravotní služby. Prostřední bílé tlačítko s černým nápisem VB bylo určeno pro přivolání veřejné bezpečnosti a poslední černé tlačítko se bílým symbolem sloužilo k přivolání technické pomoci. Vývoj tohoto systému ale bohužel skončil s příchodem zkušebního provozu v roce 1982. [66] [67] [68]

V roce 2013 byl přijat základní koncept systému eCall (viz obr. 20). O pár let později se Evropská unie sjednotila a povinně zavedla spuštění tohoto systému od 1. dubna 2018 ve všech vozech, které byly schváleny do výroby po 31. březnu 2018. Tato povinnost se vztahuje na osobní automobily s nejvýše 8 sedadly, ale i na lehká užitková vozidla. Tento systém jsme ale mohli objevit ve vozech už mnohem dříve. K prvním automobilům vlastnícím příslušný modul v interiéru patřily vozy od značek BMW, Volvo, Citroen, Peugeot nebo Škoda auto ve vozech Kodiaq a Superb. Jedná se o celoevropský systém, jehož úkolem je automatické přivolání pomoci k havarovanému vozidlu na území Evropské unie a přilehlých zemí. Celý systém se skládá ze tří základních částí. Konkrétně z palubní jednotky umístěné uvnitř vozidla, mobilní komunikační sítě a z centra pro tísňové volání. Ve vozidlech s tímto systémem je tedy umístěna vozidlová jednotka IVS, jejímž úkolem je rozpoznat vznik dopravní nehody a automaticky zahájit tísňové volání na linku 112. Tuto komunikaci mezi střediskem tísňové linky PSAP a vozidlem probíhá prostřednictvím mobilní sítě. Na tísňovou linku je pomocí technologie in-band modemu zaslán soubor formou MSD se základními údaji o voze. Především o jeho poloze, směru jízdy, identifikační číslo, typ motoru nebo počet osob ve vozidle. Zároveň je zahájen telefonický hovor mezi vozidlem a operátorem, který poskytuje další informace od posádky o nehodě a operátor tak může zjistit zdravotní stav osob. Aby se minimalizovaly falešné popluchy, musí jednotka před zavoláním dostat signál od minimálně dvou čidel. Například nárazových čidel, jednotek airbagů, senzorů přetížení nebo od předpínačů

bezpečnostních pásů. Tento systém lze ale aktivovat i ručně, pomocí tlačítka. ECall se aktivuje pouze v případě vážné dopravní nehody, jinak je neaktivní. Což znamená, že až na momenty nehody nedochází k žádnému sledování polohy a přenosu údajů o vozidle. Hlavním cílem tohoto projektu je tedy snížit následky dopravních nehod. Každým rokem se totiž stane mnoho dopravních nehod, kam se záchranáři nedokáží dostat tak brzy, aby mohli zachránit životy. Častým důvodem jsou právě případy, kdy se členové dopravní nehody vážně zraní a nedokážou si přivolat pomoc a nikdo jiný není na blízku. Právě v těchto momentech by měl být obrovským přínosem systém eCall. [1] [68] [69] [70]

Obrázek 20 Princip fungování systému eCall [68]



4 Závěr

Výsledkem bakalářské práce je popis nejdůležitějších prvků pasivní bezpečnosti ve vozidlech a následné probrání jejich historického vývoje. Ten je popsán od prvních návrhů, přes prvky, které si nezískaly oblibu a využití, až po nejnovější prvky, které jsou nabízeny ve vozidlech nyní. Pasivní prvky bezpečnosti jsou velice důležitou částí vozidel, jelikož zmírňují nebezpečí a závažnost zranění posádky a ostatních účastníků silničního provozu.

Historie bezpečnosti vozidel sahá až k počátku 2. poloviny 20. století. Za největší nutnost by se dala považovat samotná karoserie vozu. Ta se vyvíjela jak v oblasti tvarů, tak hlavně použitím nových materiálů. V dnešní době je snaha používat co nejlehčí a zároveň co nejpevnější materiály, což je ale poměrně finančně náročné. Jedním z velice důležitých prvků se stal bezpečnostní pás. Ten má několik druhů provedení a rozděluje se podle počtu bodů uchycení. Nejvíce využívaným se stal pás tříbodový, který byl původně bez předpínačů. Nyní už je vybaven jak navíječi, tak i právě předpínači. Postupem času přicházely i další prvky, jako je například airbag, který byl nejprve nainstalován pouze na místě řidiče. Dlouhou dobu byl airbag vnímán jako náhrada bezpečnostních pásů. To ale mnohdy mělo katastrofální následky. Proto je momentálně airbag používán jako jejich doplněk. Právě kombinace těchto dvou prvků přináší největší možnou bezpečnost. V dnešní době je airbagů ve vozidlech mnohem více a jsou umístěny na různých místech. Velkou pozornost si určitě zaslouží dětské zádržné systémy, které prošly obrovským vývojem. První návrhy dětských autosedaček neměly s bezpečností moc společného a od těch aktuálních se velice liší. Dalším prvkem pasivní bezpečnosti, jemuž vývoji je věnována samostatná kapitola, je hlavová opěrka. Ta chrání cestujícím při střetu oblast hlavy a krku. Důležitým faktorem je i její správné seřízení. Novější vozidla jsou aktuálně často vybavena takzvanými aktivními hlavovými opěrkami, které jsou schopny při nárazu zmenšit mezeru mezi hlavou a opěrkou. Z hlediska bezpečnosti je třeba dbát i na ochranu lidí, kteří jsou mimo vozidlo. Proto byly vynalezeny systémy pro ochranu chodců, které mají za úkol snížit riziko poranění při sražení osoby. K tomu přispěla aktivní kapota, která se při nárazu přizvedne, a tím napomůže zmenšení nárazu hlavy sraženého člověka do tvrdých částí pod kapotou. Tento prvek byl později vylepšen o airbasy pro chodce, které brání nárazu člověka do tvrdých částí vozu. Posledním prvkem pasivní bezpečnosti, který je oproti ostatním prvkům teprve v počátcích vývoje je systém eCall, který umožňuje zavolání složek záchranné služby v případě, že dojde k dopravní nehodě. Systém eCall patří mezi ponehodová opatření.

Rozvoj pasivní bezpečnosti ve vozidlech stále pokračuje. Sofistikovanost a pokročilost prvků roste každým rokem a výrobci vozidel investují nemalé peněžní prostředky ve snaze i nadále tyto prvky ještě více vylepšovat, a tím snižovat rizika poranění pasažérů. Zvyšování bezpečnosti vozidel je dlouhý a poměrně složitý proces a mezi výrobci panuje určitá rivalita a snaha být ve vývoji co nejlepší. Čímž mohou zaujmout potenciálního zákazníka.

Do budoucna je tendence automobilových výrobců vytvořit co nejlepší a nejúčinnější pasivní prvky bezpečnosti, jelikož počet dopravních nehod ročně je poměrně vysoký. Tato skutečnost je do určité míry způsobena stále vyšším počtem vozidel a zvyšováním jejich rychlostí. Je tedy nutností, aby se tyto prvky dále vyvíjely, a tím se zvyšovala bezpečnost pasažérů uvnitř vozu i mimo něj.

5 Seznam použitých zdrojů

- [1] KOVANDA, Jan. Bezpečnostní aspekty návrhu dopravních prostředků. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2016. ISBN 978-80-01-05893-0.
- [2] VLK, František. Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, jízdní soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [3] Karoserie. Bezpečné cesty [online]. © 2014 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie>
- [4] ADLER, Dennis. Mercedes-Benz . MotorBooks International, 2008.
- [5] DRAGON, Aleš. Mercedes-Benz F-Cell Roadster: Návrat do budoucnosti. Auto.cz [online]. 29. 3. 2009 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-f-cell-roadster-navrat-do-budoucnosti-5087>
- [6] Benz Patent-Motorwagen (1885) – První skutečný automobil v dějinách. Auto.cz [online]. 2. 6. 2007 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://blog.auto.cz/sleeper/2007-06/benz-patent-motorwagen-1885-prvni-skutecny-automobil-v-dejinach/>
- [7] DRAGON, Aleš. Lancia Lambda (1922-1931): Technicky dokonalý průkopník z Turína. Auto.cz [online]. 26. 1. 2022 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/lancia-lambda-1922-1931-technicky-dokonalny-prukopnik-z-turina-142477>
- [8] KOLMAN, Stanislav. Nyní jsou v módě SUV. Víte ale, jaké karosérie aut byly oblíbené dříve?: 14.2.2017. E15 [online]. [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/magazin/nyni-jsou-v-mode-suv-vite-ale-jake-karoserie-aut-byly-oblibene-drive-1328322>
- [9] DRAGON, Aleš. Mercedes-Benz slaví 50 let deformačních zón ve svých vozech. Auto.cz [online]. 12. 7. 2009 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-slavi-50-let-deformacnich-zon-ve-svych-vozech-4341>
- [10] HYAN, Tomáš. Trabant, na který se zapomnělo: Mezityp 600 je z východoněmeckých dvoutaktů nejvzácnější. Garáž.cz [online]. 16. 12. 2022 [cit. 2023-02-15]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/auta-historie-technika-trabant-na-ktery-se-zapomnelo-mezityp-600-je-z-vychodonemeckych-dvoutaktu-nejvzacnejsi-21009406>

- [11] BUREŠ, David. Volvo VESC v roce 1972 předběhlo dobu. Jeho unikátní parkovací kameru by hipsteri milovali. Auto.cz [online]. 16. 9. 2018 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-vesc-v-roce-1972-predbehlo-dobu-jeho-unikatni-parkovaci-kameru-by-hipsteri-milovali-124600>
- [12] KOLMAN, Stanislav. Jak vypadá hliníková karoserie nové Audi A8? Napoví následující video. Autorevue.cz [online]. 18. dubna 2017 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/jak-vypada-hlinikova-karoserie-nove-audi-a8-napovi-nasledujici-video>
- [13] Bezpečnostní pásy. Bezpečné cesty [online]. © 2014 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/bezpecnostni-pasy>
- [14] Bezpečnostní pásy. Besip [online]. © 2022 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://besip.cz/Statistiky/Statistiky-nehodovosti-v-Ceske-republice/Statisticke-analyzy/Bezpecnostni-pasy>
- [15] OLŠANSKÝ, Milan. Kde se vzal, tu se vzal – bezpečnostní pás!. Trucker [online]. 27.06.2019 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/truck/kde-se-vzal-tu-se-vzal-bezpecnostni-pas_47066.html
- [16] ATKINS, Harry. When Were Seatbelts Invented?. Historyhit [online]. 8.4.2022 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.historyhit.com/when-were-seatbelts-invented/>
- [17] MEHTA, Tushar. What Was the First Car to Use Seat Belts?. Slashgear.com [online]. 27.12.2021 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.slashgear.com/what-was-the-first-car-to-use-seat-belts-27704224/>
- [18] Bezpečnostní pásy v autě aneb jejich vývoj a důležitost. Portál řidiče [online]. 4. 8. 2022 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/bezpecnostni-pasy-v-aute-vyznam-zakon-a-vyjimky>
- [19] VLK, František. Karosérie motorových vozidel: Ergonomika, biomechanika, struktura, pasivní bezpečnost, kolize, materiály. 1. Vydání. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
- [20] Volvo - padesát pět let bezpečnostního pásu. Autokaleidoskop [online]. 30.4.2014 [cit. 2023-02-17]. Dostupné z: <https://www.autokaleidoskop.cz/Historie/Volvo-padesat-pet-let-bezpecnostniho-pasu/>
- [21] Nils Bohlin, the Volvo engineer who saved thousands of lives. History defined [online]. © 2023 [cit. 2023-02-19]. Dostupné z: <https://www.historydefined.net/nils-bohlin/>

- [22] Prvnímu bezpečnostnímu pásu je 130 let, chránil před vypadnutím z vozu. Idnes [online]. 10.2.2015 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/bezpecnostni-pas.A150209_150556_automoto_fdv
- [23] VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonómika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.
- [24] Vynález, který na silnicích zachránil nejvíc životů slaví 60 let. Chvála patří Volvu. Muži v česku [online]. [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.muzivcesku.cz/vynalez-ktery-na-silnicich-zachranil-nejvic-zivotu-slavi-60-let-chvala-patri-volvu/>
- [25] Ford - nafukovací bezpečnostní pás do výroby. Autokaleidoskop [online]. 10.11.2009 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.autokaleidoskop.cz/Ruzne/Ford-nafukovaci-bezpecnostni-pas-do-vyroby/>
- [26] BALÁTĚ, Mojmir. Co říkají statistická čísla o airbagu. Auto.cz [online]. 30. 7. 1998 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/co-rikaji-statisticka-cisla-o-airbagu-429>
- [27] History and Innovation of the Automobile Air Bag. Buildpriceoption [online]. 7.9.2020 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.buildpriceoption.com/history-and-innovation-of-the-automobile-air-bag/>
- [28] HOLM, Tobias. Who Was the Inventor of the Airbag. Techhistorical [online]. 23.1.2022 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://techhistorian.com/inventor-airbag/>
- [29] Airbag slaví 40leté výročí. Do výbavy ho zavedl Mercedes-Benz. Auto-mania.cz [online]. 28. 12. 2020 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://auto-mania.cz/airbag-slavi-40lete-vyroci-do-vybavy-ho-zavedl-mercedes-benz/>
- [30] Proč má airbag označení SRS? A jak vlastně funguje?. AutoRoad.cz [online]. 10.2.2017 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://autoroad.cz/technika/83906-proc-ma-airbag-oznaceni-srs-a-jak-vlastne-funguje>
- [31] THE FIRST PRODUCTION CAR TO FEATURE ‘AIR BAG’ TECHNOLOGY, POSSIBLY THE LAST EXAMPLE REMAINING, 1973 CHEVROLET IMPALA V8 4-DOOR SEDAN. Bonhams [online]. 7.7.2009 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: <https://www.bonhams.com/auctions/17320/lot/234/>
- [32] Před 40 lety přišla společnost Bosch s elektronickou řídicí jednotkou airbagů. Technický deník [online]. 26.11.2020 [cit. 2023-02-20]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/denni-zpravodajstvi/pred-40-lety-prisla-spolecnost-bosch-s-elektronickou-ridici-jednotkou-airbagu_51595.html

- [33] DRAGOUN, Aleš. Mercedes-Benz W126: Luxusní sen z osmdesátých let oslavil čtyřicítka. Auto.cz [online]. 12.12.2019 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-benz-w126-luxusni-sen-z-osmdesatych-let-oslavil-ctyricitku-132382>
- [34] JÁNSKÝ, Martin. Kolenní airbagy jsou v zásadě k ničemu. Garáž.cz [online]. 8.9.2019 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.garaz.cz/clanek/kolenni-airbagy-jsou-v-zasade-k-nicemu-21002335>
- [35] ŠTACHA, Jiří. Nové "inteligentní" airbagy pro Jaguar XK. Auto.cz [online]. 7.10.2000 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/nove-inteligentni-airbagy-pro-jaguar-xk-556>
- [36] SAJDL, Jan. Size Adaptive Airbag. Autolexicon.net [online]. © 2023 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/size-adaptive-airbag/>
- [37] PECÁK, Radek. Mercedes-Benz vybavuje své vozy airbagy již desítky let. Letos přidal nový typ. Deník.cz [online]. 23.12.2020 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/automagazin/mercedes-benz-vybavuje-sve-vozy-airbagy-jiz-desitky-let-letos-pridal-novy-typ-20.html>
- [38] DUMITRACHE, Alina. Honda Gold Wing Motorcycle Airbag System Explained. Autoevolution [online]. 28.10.2009 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/honda-gold-wing-motorcycle-airbag-system-explained-12559.html>
- [39] SAJDL, Jan. Interseat Protection. Autolexicon.net [online]. © 2023 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/interseat-protection/>
- [40] MÁRA, Ondřej. Nový Mercedes třídy S nabídne čelní airbag i pro zadní sedadla. Auto.cz [online]. 27. 7. 2020 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/novy-mercedes-tridy-s-nabidne-celni-airbag-i-pro-zadni-sedadla-135362>
- [41] Dětské autosedačky. Bezpečné cesty [online]. © 2014 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/pasivni-prvky-bezpecnosti/detske-autosedacky>
- [42] Dětské autosedačky - jak vybírat? Podrobná příručka + test 2019. Který.cz [online]. [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.ktery.cz/s/detske-autosedacky/>

- [43] MIHÁLIK, Miro. Půl století dětských autosedaček: Od látkové pleny po kosmický program. Autorevue.cz [online]. 28.5.2018 [cit. 2023-02-21]. Dostupné z: <https://www.autorevue.cz/pul-stoleti-detskych-autosedacek-od-latkove-pleny-po-kosmicky-program>
- [44] DEDICATED CHILD ATTACHMENT SYSTEM (ISOFIX). National Academies [online]. © 2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://trid.trb.org/view/722508>
- [45] Testy bezpečnosti: autosedačka s bezpečnostním pultem a boční ochranou Juno-fix. Babyweb [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.babyweb.cz/testy-bezpecnosti-autosedacka-s-bezpecnostnim-pultem-bocni-ochranou-juno-fix>
- [46] Volvo slaví 25 let integrovaného dětského podsedačku. Motor info [online]. 5.5.2015 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <http://www.motorinfo.cz/volvo-slavi-25-let-integrovaneho-detskeho-podsedaku.html>
- [47] BUREŠ, David. Volvo se už 50 let stará o bezpečnost dětí. Auto.cz [online]. 15. 4. 2014 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-se-uz-50-let-stara-o-bezpecnost-deti-80700>
- [48] What is LATCH?. Chop.edu [online]. ©2022 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.chop.edu/pages/what-latch>
- [49] DTest: Obavy z nafukovací dětské autosedačky potvrzeny. DTest [online]. 5.6.2012 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.dtest.cz/clanek-2262/dtest-obavy-z-nafukovaci->
- [50] Volvo vymyslelo nafukovací dětskou sedačku. Dá se složit do tašky. Deník.cz [online]. 15.4.2014 [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/auto/volvo-vymyslelo-nafukovaci-detskou-sedacku-da-se-slozit-do-tasky-20140415.html>
- [51] KOVANDA, Jan. Dětské autosedačky potvrzeny. Konstrukce automobilů: pasivní bezpečnost. Praha: ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01459-2.
- [52] Chodci. Besip [online]. ©2022 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://besip.cz/Statistiky/Statistiky-nehodovosti-v-Ceske-republice/Statisticke-analyzy/Chodci>
- [53] Crash testy Euro NCAP. Bezpečné cesty [online]. © 2014 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.bezpecnecesty.cz/cz/bezpecnost-automobilu/crash-test-videa/crash-testy-euro-ncap>
- [54] The European New Car Assessment Programme. Euro NCAP [online]. © 2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en>

- [55] MRÁZEK, Jan. Vliv prvku pasivní bezpečnosti vozidel při kolizích s chodci. [online]. Brno: VUT 2010. Diplomová práce. VUT – Ústav soudního inženýrství. [vid. 2015. 5. 1.]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41247
- [56] OLIVÍK, Pavel. Aktivní kapota: měkčí dopad pro chodce. Autorevue.cz [online]. 14.8.2011 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: https://www.autorevue.cz/aktivni-kapota-mekci-dopad-pro-chodce_1
- [57] Ochrana chodců. Autoliv [online]. [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: https://www.autoliv.com/safety-solutions/pedestrian-protection?utm_source=Google+Ads&utm_medium=CPC&utm_campaign=SearchAds-VRU+airbags&utm_id=18919111194&creative=634900197795&keyword=pedestrian%20protection%20airbag&matchtype=p&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQiAo-yfBhD_ARIsANr56g5pWrvuBv6LGuIwDL-2ov1pmuA-kaGYTln6AHIOxhwAKWuTQfdSunsAg48EALw_wcB
- [58] BUREŠ, David. Volvo předvádí airbag pro chodce. Auto.cz [online]. 11. 3. 2012 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/volvo-predvadi-airbag-pro-chodce-video-65536>
- [59] BUREŠ, David. Mercedes si nechal patentovat airbag pro chodce, Volvo to před časem vzdalo. Auto.cz [online]. 9. 8. 2017 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/mercedes-si-nechal-patentovat-airbag-pro-chodce-volvo-to-pred-casem-vzdalo-109012>
- [60] Aktivní opěrka hlavy. Autolexicon.net [online]. © 2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/aktivni-operka-hlavy/>
- [61] NOVOHRADSKÝ, Jan. Vývoj produktu s ohledem na náklady. 2014.
- [62] MIHALIK, Miro. BMW: Nové aktivní opěrky. Auto.cz [online]. 16. 8. 2007 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/bmw-nove-aktivni-operky-10321>
- [63] NECK-PRO.sec.com [online]. © 2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://500sec.com/neck-pro-crash-responsive-head-restraints-standard-in-four-mercedes-model-series/>
- [64] NECK-PRO: crash-responsive head restraints standard in four Mercedes model series. Mercedes-Benz Group Media [online]. © 2023 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/en/instance/ko/NECK-PRO-crash-responsive-head-restraints-standard-in-four-Mercedes-model-series.xhtml?oid=9918459>

- [65] KUKAČKA, Karel. Návrh nových prvků aktivní a pasivní bezpečnosti osobních automobilů užívaných seniory. 2015.
- [66] AUTOVOC. Kavalir.cz [online]. [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.kavalir.cz/senior/AUTOVOC.htm>
- [67] „AUTOVOC“ ≈ Radiový systém přivolání pomoci. Zelenavlna.com [online]. 22.4.2013 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://zelenavlna.com/ostatni/autovoc-radiovy-system-privolani-pomoci/>
- [68] Systém, kterým si automobil v případě nehody sám zavolá o pomoc, už je v ostrém provozu. <https://faei.cz/> [online]. 4.4.2018 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://faei.cz/system-kterym-si-automobil-v-pripade-nehody-sam-zavola-o-pomoc-uz-je-v-ostrem-provozu/>
- [69] BARTÁK, Petr. Jak funguje nouzové volání eCall: Pozor na čudlík!. Auto.cz [online]. 19. 5. 2019 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jak-funguje-nouzove-volani-ecall-pozor-na-cudlik-129228>
- [70] Systém eCall využívající linku tísňového volání 112 ve vozidlech. Europa.eu [online]. 1.4.2022 [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: https://europa.eu/youreurope/citizens/travel/security-and-emergencies/emergency-assistance-vehicles-ecall/index_cs.htm