

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh nových prvků aktivní a pasivní bezpečnosti osobních
automobilů užívaných seniory

Diplomová práce
2015

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel Kukačka**
Osobní číslo: **D13653**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury:
Ochrana životního prostředí v dopravě**
Název tématu: **Návrh nových prvků aktivní a pasivní bezpečnosti osobních
automobilů užívaných seniory**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

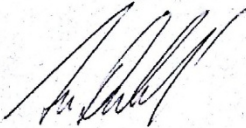
- 1) Analýza příčin nehod řidičů - seniorů a jejich důsledky, zejména z pohledu újmy na jejich zdraví a taktéž se zaměřením na zvyšování pravděpodobnosti přežití řidičů - seniorů, ostatních cestujících i ostatních účastníků silničního provozu po dopravní nehodě,
- 2) Analýza současného stavu a vývojových trendů v oblasti využitelných asistenčních systémů řidiče a prvků pasivní bezpečnosti osobních automobilů,
- 3) Nastínění teoretických možností vedoucích k zamezení vzniku dopravních nehod řidičů - seniorů a snížení následků těchto nehod,
- 4) Návrh prvků aktivní bezpečnosti speciálně vhodných nebo určených pro bezpečnostní výbavu osobních automobilů užívaných seniory,
- 5) Návrh prvků pasivní bezpečnosti speciálně určených pro bezpečnostní výbavu osobních automobilů užívaných seniory,
- 6) Závěr - zhodnocení přínosů navrhovaných řešení, zpracování studie reálné proveditelnosti.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


Savaresi, S.: Active Braking Control Systems Design for Vehicles, Springer, 2010, 277 s.;
Bizon, N., Dascalescu L., Tabatabaei N.: Autonomus Vehicles - Intelligent Transport Systems and Smart Technologies, Nova Science Publishers, 2014, 562s.;
Delgrossi, L., Zhang, T.: Vehicle Safety Comunciations, WILEY Publications, 2012, 396s.;

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Milan Graja, CSc.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: 25. února 2015
Termín odevzdání diplomové práce: 22. května 2015


doc. Ing. Ivo Drahošský, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 22. 05. 2015

Bc. Karel Kukačka

Poděkování:

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování doc. Ing. Milanu Grajovi, CSc. za jeho cenné rady, pomoc při získávání potřebných informací a podkladů a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za umožnění studia na vysoké škole a vytvoření vhodných podmínek pro tvorbu této práce.

Anotace

Tato diplomová práce pojednává o oblasti bezpečnosti řidičů - seniorů v osobních automobilech. Jsou zde provedeny analýzy jejich podílu na nehodovosti v České republice i v Evropě a následky těchto nehod zejména z pohledu újmy na jejich zdraví s ohledem na kritéria poranění. Práce také analyzuje současný stav vývojových trendů v oblasti využitelných asistenčních systémů řidiče a prvků pasivní bezpečnosti osobních automobilů. Dále jsou zde uvedeny požadavky na osobní automobil pro seniory z hlediska konstrukce, systémů aktivní a pasivní bezpečnosti a ergonomie. Diplomová práce také obsahuje řadu úvah o činnosti pasivních bezpečnostních systémů a návrhy některých alternativních řešení těchto systémů. Závěr práce obsahuje příklad čelního nárazu automobilu s řidičem seniorem a činnost jednotlivých prvků bezpečnosti.

Klíčová slova

Řidiči senioři, analýza nehod, aktivní bezpečnost, pasivní bezpečnost, vozidlo pro seniory, alternativní bezpečnostní prvky

Title

Design of new active and passive safety devices of cars used by seniors

Annotation

This diploma thesis is focused on the field of elderly drivers safety in their passenger cars. There are analyses made of their participation in accidents in the Czech Republic and in Europe and the consequences of these accidents, especially in terms of damage to their health with respect to injury criteria. This thesis also analyses the current state of development trends on the field in assistant driver systems and passive safety devices of passenger cars. Further are there presented requirements for passenger cars for seniors in terms of construction, active and passive safety systems and ergonomics. The thesis also contains a series of considerations on the activities of passive safety systems and suggestion for some alternative solutions of these systems. Presented in the conclusion of this work is an example of the frontal crash of a passenger car with an elderly car driver and actions of individual safety devices.

Keywords

Elderly drivers, accident analysis, active safety, pasive safety, senior's vehicle, alternative safety devices

OBSAH

Úvod	12
1 Analýza nehod řidičů seniorů	15
1.1 Druhy a typy nehod typické pro seniory	19
1.1.1 Druhy nehod.....	19
1.1.2 Typy nehod.....	22
1.2 Posouzení okolností nehod seniorů	25
1.3 Kritéria poranění	28
1.3.1 Kritérium poranění hlavy – HIC	29
1.3.2 Kritérium poranění krku – NIC	29
1.3.3 Kritéria poranění hrudníku.....	30
1.3.4 Hodnocení závažnosti poranění podle metodiky AIS.....	32
1.4 Následky nehod seniorů.....	34
2 Analýza současného stavu a vývojových trendů v oblasti využitelných asistenčních systémů řidiče a prvků pasivní bezpečnosti osobních automobilů.....	39
2.1 Systémy aktivní bezpečnosti vhodné pro seniory	41
2.1.1 Základní systémy aktivní bezpečnosti	41
2.1.2 Pokročilé asistenční systémy řidiče.....	44
2.1.3 Vývojový trend systémů aktivní bezpečnosti.....	49
2.2 Systémy pasivní bezpečnosti vhodné pro seniory	55
2.2.1 Vývojový trend systémů pasivní bezpečnosti	56
3 Návrh prvků aktivní a pasivní bezpečnosti vhodných pro seniory	58
3.1 Zóna 1 - Prvky aktivní bezpečnosti	60
3.1.1 Systémy a prvky aktivní bezpečnosti.....	60
3.1.2 Alternativní konstrukce brzd.....	64
3.1.3 Doplnková brzdná zařízení	67
3.2 Zóna 2 - Prvky pasivní bezpečnosti	70
3.3 Zóna 3 - Prvky pasivní bezpečnosti klasické.....	75
3.4 Zóna 4 - Doplnky prvků pasivní bezpečnosti určené pro starší řidiče a cestující	77
4 Ekologický přínos diplomové práce.....	82
5 Modelový příklad čelního nárazu osobního automobilu s řidičem seniorem.....	83
5.1 Deformační charakteristiky příděl	83
5.2 Průběh čelního nárazu s řidičem seniorem.....	86
6 Závěr.....	88
7 Seznam bibliografických citací	90

Seznam ilustrací a tabulek

Seznam grafů

Graf 1 - Podíl usmrcených seniorů ke všem usmrceným účastníkům silničního provozu (převzato z [7]).....	15
Graf 2 - Závažnost dopravních nehod dle věku viníků [převzato z 7].....	15
Graf 3 - Struktura následků dopravních nehod dle věku viníků [převzato z 7].....	16
Graf 4 - Podíl usmrcených seniorů (64+) v jednotlivých kategoriích v Evropě [převzato z 7]	17
Graf 5 - Druh nehody v závislosti na věku řidiče [(převzato z 8)	20
Graf 6 - Typ nehody v závislosti na věku řidiče [převzato z 8]	24
Graf 7 - Příčina nehody v závislosti na věku [převzato z8]	25
Graf 8 - Porovnání času vzniku nehody mezi řidiči 65+ a ostatními řidiči [převzato z 8]	26
Graf 9 - Místa vzniku nehod v závislosti na věku řidičů [převzato z 8]	27
Graf 10 - Kritérium namáhání krku v tahu [převzato z 21].....	30
Graf 11 - Kritérium namáhání krku ve smyku [převzato z 21]	30
Graf 12 - Závislost závažnosti poranění na věku [převzato z 8]	34
Graf 13 - Zastoupení zranění částí těla v závislosti na věku [převzato z 8].....	35
Graf 14 - Pravděpodobnost zlomeniny žeber nebo hrudní kosti v závislosti na věku [převzato z 8] ..36	
Graf 15 -Podíl zranění způsobených zádržným systémem vůči ostatním zraněním kategorie MAIS 2+ v závislosti na věku [převzato z 8].....	37
Graf 16 - Riziko zlomeniny žeber připoutaných řidičů dle věku [převzato z 8].....	37
Graf 17 - Pravděpodobnost zlomeniny žeber v závislosti na kompresi hrudníku u 30 a 70 letých řidičů [převzato z 8]	38

Seznam obrázků

Obrázek 1 - číslo aktivní a pasivní bezpečnost osobních automobilů [převzato z 24]	40
Obrázek 2 - Vývoj brzdových systémů [převzato z 27]	43
Obrázek 3 - Pokročilé asistenční systémy řidiče [převzato z 28]	44
Obrázek 4 - Myšlenková mapa inteligentního systému dopravy a služeb [převzato z 16]	51
Obrázek 5 - Lexus RX450h - automobil, které dokáže jezdit zcela sám a bez člověka díky technologii Driverless Car od Googlu [převzato z 39]	53
Obrázek 6 - Vozy s autopilotem různých výrobců [převzato z 41]	54
Obrázek 7 - Porovnání délky brzdných drah u vozidla s hydraulickými brzdami a ABS s vozidlem s brzdovým systémem EWB a ABS [převzato z 45]	66

Obrázek 8 - Airbag pod vozidlem [převzato z 47]	68
Obrázek 9 - Schéma umístění brzdného pásu u osobního automobilu [upraveno z 48]	69
Obrázek 10 - Schéma automobilu s předním airbagem [převzato z 42]	71
Obrázek 11 - Mechanické schéma absorberu kinetické energie [převzato z 42]	72
Obrázek 12 - Schéma osobního automobilu s lineárním motorem a elektromechanickou baterií [převzato z 42]	73
Obrázek 13 - Schéma osobního automobilu se systémem protipohybu [převzato z 42]	74
Obrázek 14 - Airbag motocyklové bezpečnostní [převzato z 50]	78
Obrázek 15 - Materiály dětské autosedačky Kiddy [převzato z 51]	79
Obrázek 16 - Nafukovací bezpečnostní pásy [převzato z 52]	80
Obrázek 17 - Dveřní výztuha Pre - Safe structure [převzato z 53]	81
Obrázek 18 - Dynamický model nárazu vozidla na pevnou překážku. [převzato z 42]	83
Obrázek 19 - Deformační síly a zpoždění v závislosti na deformační charakteristice přídě [převzato z 42]	85
Obrázek 20 - Schéma osobního automobilu se znázorněním prvků aktivovaných při čelním nárazu [upraveno z 48]	87

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Hodnocení závažnosti poranění podle metodiky AIS [převzato z 23]	32
Tabulka 2 - Vybrané asistenční systémy vhodné pro výbavu vozidel užívaných seniory [překlad z 2]	48
Tabulka 3 - Technologie aktivní bezpečnosti nabízené výrobcí automobilů v sériově vyráběných automobilech [zdroj - autor]	60
Tabulka 4 - Technologie konvenčních prvků pasivní bezpečnosti [zdroj - autor]	75

Seznam zkratek a značek

- ABS** - Anti-lock Brake system
- ACC** - Adaptive Cruise Control
- AIS** - Abbreviated Injury Scale
- BAS** - Brake Assistant
- BESIP**- Bezpečnost silničního provozu
- CCIS** - Co-Operative Crash Injury
- EPP** - Expandovaný polypropylen
- EPS** - Expandovaný polystyren
- ESC** - Electronic Stability Control
- ESP** - Electronic Stability Program
- EWB** - Electronic Wedge Brake
- GIDAS** - German In-Depth Accident Study
- HIC** - Head Injury Criterion
- ITS** - Intelligent Transport System
- MAIS** - Maximum of AIS
- MPV** - Multi Purpose Vehicle
- NIC** - Neck Injury Criterion
- PAHR** - Pro Active Head Restraint
- RHR** - Reactive Head Restraint
- SUV** - Sport Utility Vehicle
- ThCC** - Thorax Compression Criterion
- THPC** - Thorax Performance Criterion
- VC** - Viscosious Criterion

Terminologie

Kognitivní funkce	- Jsou funkce zodpovědné za poznávací procesy a operace, např. úroveň koncentrace, pozornosti, paměti a myšlení.
Exekutivní funkce	- Jsou funkce zodpovědné za schopnost a dovednost plánovat, rozhodovat a realizovat cílevědomé postupy a výkony.
Frailty Bias	- Je jev vyskytující se v oboru analýzy dopravních nehod. Jedná se o tzv. zkreslení křehkostí. Tzn., že staří lidé mají křehčí tělesnou schránku a v obecných statistikách zranění "zkreslují" výsledná data.
Weaker Road User	- Ohrožený (slabší účastník silničního provozu). Např. cyklista, senior, dítě, atd.
Seeing and Being Seen	- Znamená v překladu vidět (dívat se) a být viděn.
Self - Esteemu	- Globální a situační sebehodnocení. Kladný či záporný postoj k vlastnímu já.
Crossing Accident	- Nehoda, při níž dojde ke střetu vozidel, nebo vozidla a chodce, při křížení jejich směrů. Většinou na křižovatkách a přechodech pro chodce.
Driving Accident	- Nehoda jdoucí na vrub řidiče. Způsobena nezvládnutím vozidla např. při nepřiměřené rychlosti.

ÚVOD

Stárnutí evropské populace je jeden ze současných významných demografických trendů. V současné době více jak 15% populace ČR patří do skupiny seniorů [1].

V roce 2008 experti předpověděli, že se do roku 2050 zastoupení lidí starších 64 let v Evropské unii zvýší z tehdejších přibližně 17% na přibližně 33% [2].

Zvyšující se počet starších lidí má za následek větší počet řidičů seniorů. Jejich zastoupení v celkové řidičské populaci a jejich podíl na celkové reálné nehodovosti v České republice je obtížné přesněji určit, protože nejsou k dispozici údaje např. o jízdách výkonech, o využívání řidičského oprávnění, o typu užívaných vozovek a charakteru lokalit, v nichž starší řidiči odjezdí nejvíce kilometrů. Problém lze ale definovat jako celkové stárnutí řidičské populace, tj. rostoucí podíl osob starších, a to i přes masivní nástup mladé generace řidičů. Tento jev je pozorován všeobecně v evropských i zámořských zemích, kde znepokojuje nejen osoby zodpovědné za bezpečnost silničního provozu, ale i konstruktéry a výrobce osobních automobilů i městských autobusů, urbanisty i sociology [3].

Přestože v celkovém rozvoji motorizace za vyspělými zeměmi ČR ještě zaostává, podíl těchto osob bude stoupat i v ČR. Respekt a tolerance vůči starším řidičům v silniční dopravě je výrazem kulturní úrovně jednotlivce, ale i řidičské populace jako celku a v konečném důsledku i celé společnosti [3].

Senioři patří mezi druhou největší skupinu řidičů s nejvyšším počtem úmrtí, po mladých řidičích. Senioři tvoří 8 - 10% všech mrtvých za volantem a to především z důvodu vyšší pravděpodobnosti vážného zranění či smrti z důvodu fyzické křehkosti a horšímu zdravotnímu stavu. Studie, která porovnávala důsledky dopravních nehod u řidičů různého věku, poukazuje na dvakrát vyšší pravděpodobnost smrti řidičů ve věku 70 - 74 než u skupiny řidičů ve věku 30 až 59. U skupiny řidičů nad 80 let a více se pravděpodobnost úmrtí zvýšila na pět. Tento fakt je znám jako "frailty bias" v analýze dopravních nehod [1].

Podle britské studie zveřejněné před dvěma lety řidiči starší 70 let řídí podle všeho bezpečněji než čerství řidiči mladší třiceti let. Ti nejčastěji hazardují, nepřizpůsobují jízdou stavu vozovky a překračují povolenou rychlost. Senioři jsou v porovnání s nimi výrazně ukázněnější. Ve výsledných číslech ale tyto prohřešky mladých řidičů nejsou tak patrné,

protože lehčí či středně těžká dopravní nehoda je pro důchodce mnohem nebezpečnější než pro mladé řidiče [4].

Období stárnutí a stáří je mapováno z různých pohledů - lékařských, psychologických, ekonomických, sociologických. Ve vztahu k bezpečnému řízení motorových vozidel se jako rozhodující jeví celková tělesná i duševní kondice, bez ohledu na skutečný zdravotní stav, chronologický (fyzický) věk, sociální postavení nebo ekonomickou situaci [3].

Pro úspěšné zvládnutí složitého úkolu, jakým je řízení motorových vozidel, je potřeba mnoha kognitivních schopností. Řízení vyžaduje schopnost identifikovat a věnovat pozornost relevantním informacím a na straně druhé ignorovat nepodstatné informace v dopravní situaci. Taktéž odpovídající reakční časy jsou rozhodující pro zamezení kolizí a reakční doba se prodlužuje s věkem řidiče. Dalším aspektem relevantním pro řízení jsou exekutivní funkce. Exekutivní funkce klesají v průběhu stárnutí jedince. Exekutivní funkce jsou odpovědné za regulaci a kontrolu kognitivních procesů, včetně pracovní paměti, logického myšlení, řešení problémů, jakož i plánování. S věkem dochází i k poklesu různých rozměrů pozornosti, jako je vizuální pozornost, selektivní pozornost, rozdělená pozornost, udržení pozornosti (tj. bdělost) a přesouvání pozornosti z jednotlivých podnětů [1].

S přibývajícím věkem stoupá i podíl osob různě závažně nemocných. Typickými chorobami vyššího věku, které mohou více či méně ovlivnit celkovou způsobilost k řízení motorových vozidel, patří diabetes, poruchy krevního oběhu, ateroskleróza, stavy krátce po mozkové mrtvici, ale i drastická a razantní léčba, např. nádorových onemocnění [3].

Věk je jen číslo a samozřejmě existuje mnoho starších řidičů, kteří mají jen malé nebo žádné fyzické nebo duševní omezení. Přesto pro mnohé řidiče v důchodovém věku s sebou pochopitelně přináší onemocnění a podmínky, které mohou řízení znesnadnit a učinit ho nepříjemné nebo vyloženě nebezpečné.

Senioři se stávají účastníky nebo oběťmi dopravních nehod ve všech rolích účastníků silničního provozu. Ze statistik vyplývá, že pro seniory je vyšší pravděpodobnost být usmrcen následkem nehody jako tzv. weaker road user (slabší účastník silničního provozu) - chodec a cyklista nebo jako spolujezdec mladšího řidiče, než zemřít jako řidič osobního automobilu. Z tohoto faktu vyplývá, že je důležité se zabývat nejen systémy aktivní a pasivní bezpečnosti

automobilů vzhledem k řidičům seniorům, ale mnohem prostějším principem “seeing and being seen” (vidět a být viděn) [2].

Z hlediska duševního a fyzického zdraví starších občanů je klíčové snažit se o zachování jejich mobility. Mobilita je spojena s duševní pohodou, nezávislostí a soběstačností. Použití auta je spojené s lepším tělesným i duševním zdravím, auto umožňuje starším lidem s fyzickým omezením zachovat si určitou nezávislost a podílet se na každodenních činnostech a ke zvýšení pozitivního self - esteemu. Často také představuje subjektivně poslední pojitko s předchozím aktivním obdobím a příslušností k "normální" populaci [1, 3].

Naštěstí dnešní moderní automobily jsou vybaveny řadou funkcí, které sice nejsou primárně cílené na důchodce, ale značně pomáhají kompenzovat mnoho zdravotních problémů a omezení, které přicházejí s věkem. Jsou to různé systémy, zaměřeny především na komfort obsluhy vozidla nebo obecně řečeno - ergonomii. Mezi tyto systémy patří například: elektricky nastavitelná sedadla, nízko položené prahy dveří, nastavitelné pedály, vyhřívaná sedadla, teleskopický volant, velká širokoúhlá zpětná zrcátka a další systémy zaměřující se na ergonomii vozidel používaných řidiči seniory.

Dalším druhem systémů, kterými jsou moderní automobily vybaveny, jsou systémy aktivní bezpečnosti. Pro řidiče seniory jsou zvláště vhodné systémy typu: asistence brzdění, podpory jízdy v jízdních pruzích, tempomat, systémy nočního vidění podporující jízdu v noci, monitoring pozornosti (bdělosti) řidiče apod.

V poslední řadě pomáhají řidičům přežít nebo maximálně zmírnit následky nehody systémy pasivní bezpečnosti. V této kategorii systémů lze najít bezpečnostní technologie jako např.: systémy airbagů, bezpečnostních pásů, ochrany chodců při srážce, systémy absorpce kinetické energie apod. Problémem těchto systémů je fakt, že tyto systémy stejně tak jako systémy uvedené výše, nejsou primárně určeny a nastaveny pro starší řidiče, jejichž tělesná schránka není zdaleka tak pevná a odolná v porovnání s tělesnou schránkou mladších řidičů. Z uvedeného je patrné, že nehoda nebo incident, ze které mladý řidič vyvázne bez zranění nebo pouze s lehkým zraněním, může být pro staršího řidiče nehoda smrtelná nebo vážně ohrožující jeho zdraví.

Cílem této práce je navrhnout nové prvky aktivní a pasivní bezpečnosti nebo optimalizovat stávající, jejichž primární zaměření bude právě na zamezení nebo zmírnění zdravotních následků dopravní nehody s účastí seniorů.

1 ANALÝZA NEHOD ŘIDIČŮ SENIORŮ

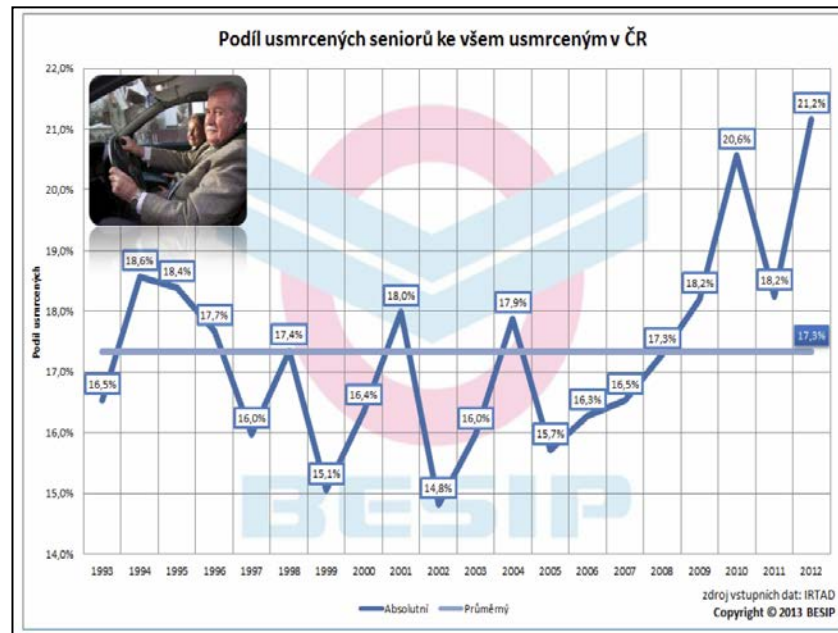
Podle posledních studií je právě automobil prostředkem, který splňuje potřeby seniorů v individuální mobilitě. Až dvě třetiny všech dopravních přesunů u seniorů jsou realizovány prostřednictvím osobního automobilu. Podle statistik není výskyt dopravních nehod u řidičů ve věku 65 let a více o nic vyšší, než v jiných věkových kategoriích. Skokově se začíná zvyšovat až zhruba od 75 let. Zpočátku totiž starší řidiči kompenzují ztrátu svých fyzických sil větší zkušeností za volantem či opatrným stylem jízdy [7]. Postupem času ale začnou do řízení vstupovat nežádoucí faktory, které jsou spojené s věkem řidičů. Klesá pozornost, zmenšuje se zorný úhel vidění, projevují se různá fyzická i duševní onemocnění, snižuje se schopnost řešit složitější problémy v dopravním provozu apod. Dále je nutné poznamenat, že starší lidé jsou účastníky v provozu nejen jako řidiči a spolujezdcí, ale také jako chodci a cyklisté.

Pro uvedení do problematiky je nutné uvést několik základních statistik, které charakterizují postavení řidičů seniorů vzhledem k podílu usmrcených osob v silničním provozu České republiky a Evropské unie. Jednou z nich je závažnost (počet usmrcených osob na 1000 nehod) nehod způsobených seniory. Další důležitou statistikou je struktura následků těchto nehod (usmrceno, těžce zraněno, lehce zraněno). V neposlední řadě je zapotřebí poukázat na podíl usmrcených seniorů v jednotlivých kategoriích ve vztahu k užívání pozemní komunikace.

Následující graf zobrazuje vývojový trend podílu usmrcených seniorů ke všem usmrceným účastníkům silničního provozu v České republice. Průměrný podíl usmrcených seniorů od roku 1993 do roku 2012 je 17,3 % vůči všem usmrceným na pozemních komunikacích v ČR. Posledním nejaktuálnějším zobrazeným rokem je rok 2012 s absolutní hodnotou 21,2% usmrcených seniorů ze všech usmrcených v ČR. Zarážející je, že v roce 2012 byl podíl seniorů v české populaci 16%.

Graf 1 - Podíl usmrčených seniorů ke všem usmrčeným účastníkům silničního provozu

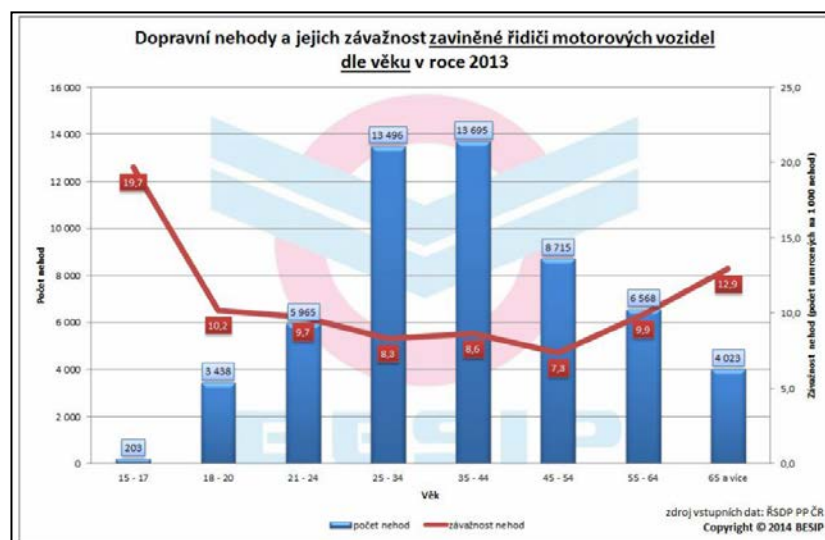
[převzato z 7]



V porovnání se statistikou Evropské unie z roku 2013, kde se v roce 2012 senioři podíleli dvaadvaceti procenty ze všech usmrčených osob v silničním provozu v EU, při tehdejší podílu v populaci 18%, je v ČR o 6,9% vyšší pravděpodobnost usmrcení seniora než v EU [7].

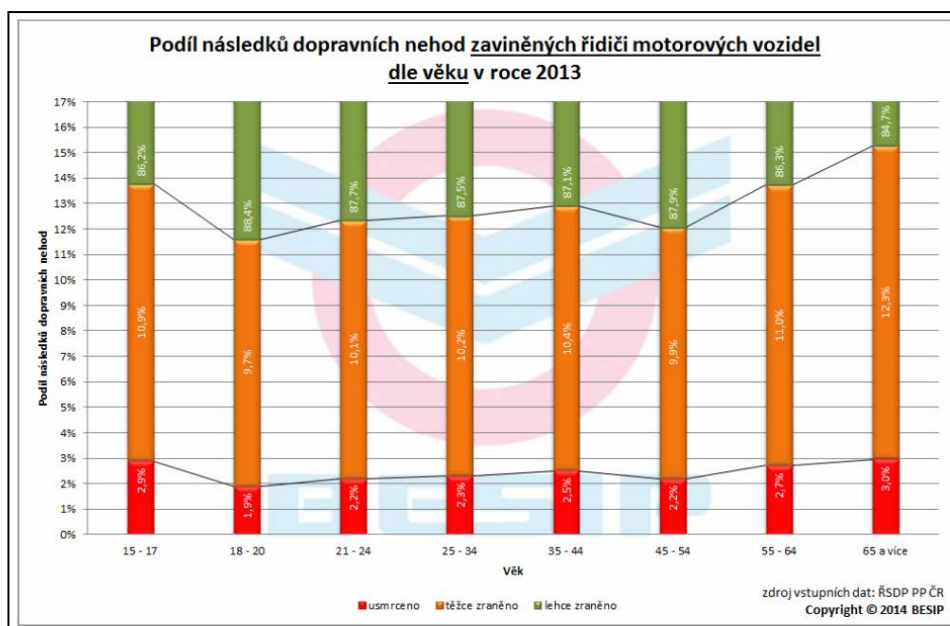
Z pohledu závažnosti podle statistiky národní databáze Policejního prezidia České republiky z roku 2013 vykazují viníci ve věku 65 let a více druhou nejvyšší závažnost dopravních nehod (12,9 usmrčených osob na 1 000 nehod) hned po věkové kategorii mladých řidičů 15-17 let (19,7 usmrčených osob na 1000 nehod) [7]. Graf 2.

Graf 2 - Závažnost dopravních nehod dle věku viníků [převzato z 7]



Dopravní nehody lze také kategorizovat podle jejich následků na zdraví zúčastněných osob. Následující graf poukazuje na podíl následků dopravních nehod zaviněných řidiči motorových vozidel dle věku v roce 2013. Z grafu je patrné, že řidiči ve věku 65 let a více mají ze všech svých zaviněných nehod nejvyšší procento usmrcených a těžce zraněných osob v silničním provozu [7]. Graf 3.

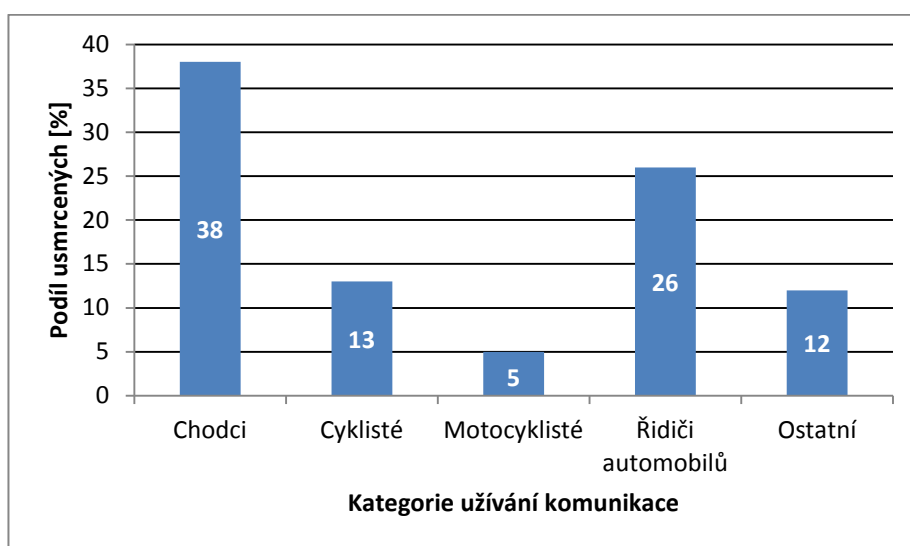
Graf 3 - Struktura následků dopravních nehod dle věku viníků [převzato z 7]



V poslední řadě nelze opomenout statistiku národního expertního orgánu BESIP. Následující graf 4. rozděluje podíl usmrcených seniorů do jednotlivých kategorií dle užívání pozemní komunikace.

Z grafu je patrné, že největší podíl usmrcených seniorů zastupují chodci (38%) a řidiči automobilů (26%). O něco níže jsou cyklisté (13%), ostatní užívání p. komunikace (12%) a motocyklisté (5%).

Graf 4 - Podíl usmrcených seniorů (64+) v jednotlivých kategoriích v Evropě [převzato z 7]



Z výše uvedených statistik je evidentní, že problém nehodovosti seniorů jak z pohledu viníků, tak z pohledu obětí má vzrůstající charakter. Podíl usmrcených seniorů ke všem usmrceným v ČR z roku 2012 je 21,2 % i přes to, že v roce 2012 byl podíl seniorů v české populaci 16%. Řidiči senioři ve věku 65 let a více vykazují druhou nejvyšší závažnost dopravních nehod (12,9 usmrcených osob na 1 000 nehod) hned po věkové kategorii mladých řidičů 15-17 let (19,7 usmrcených osob na 1000 nehod). V porovnání s řidiči ostatních věkových kategorií mají řidiči ve věku 65 let a více ze všech svých zaviněných nehod nejvyšší procento usmrcených a těžce zraněných osob v silničním provozu.

Z posledního grafu 4 zabývajícím se závislostí podílu usmrcených seniorů na druhu užívání pozemní komunikace v Evropě je patrné, že nejčetnější skupinou usmrcených seniorů nejsou senioři v roli řidičů automobilů, ale jsou to senioři v roli chodců. To znamená, že v první řadě je nutné se zabývat možnostmi zabránění střetům vozidel s chodci a dále pak snižováním následků těchto nehod.

1.1 Druhy a typy nehod typické pro seniory

Na základě německé studie z roku 2013 lze určit 9* nejčastějších druhů a 7 typů dopravních nehod starších řidičů [8].

Druh nehody popisuje celé dění události nehody jako je směr ve kterém se vozidla poprvé střetla, nebo pokud nejde o případ kolize mezi vozidly, tak se jako počátek nehody bere první mechanický náraz vozidla.

Typ nehody popisuje situaci, která vyústila v nehodu, tzn. fázi v dopravní situaci, kdy následující průběh událostí nebylo možné řídit z důvodu nesprávné předchozí činnosti nebo z jiné příčiny. Na rozdíl od druhu nehody, typ nehody nepopisuje skutečnou kolizi, ale ukazuje, jak se konflikt odstartoval před potenciální budoucí kolizí.

1.1.1 Druhy nehod

1) Kolize s jiným vozidlem, které se rozjíždí, zastavuje nebo stojí

Rozjíždění nebo zastavení je zde myšleno v souvislosti s úmyslným zastavením nebo rozjetím se, které není způsobeno dopravní situací. Stojícím vozidlem je v rámci tohoto druhu nehody myšleno vozidlo, které stojí nebo parkuje na okraji vozovky, na odstavných pásech silnice (dálnice), na vyznačených parkovacích místech přímo na okraji vozovky a na stezkách pro pěší. Kolize při vjíždění nebo vyjíždění na parkovací místa s oddělenou příjezdovou cestou patří do kategorie nehod 5[8].

2) Kolize s jiným vozidlem jedoucím v přímém směru nebo čekajícím vlivem dopravní situace

Nehody způsobené nárazem zezadu do vozidla, které je stále v pohybu nebo zastavuje kvůli dopravní situaci. Nárazy do zadní části rozjíždějího nebo zastavujícího vozidla, které se rozjíždí nebo zastavuje, bez ohledu na dopravní situaci, patří do kategorie 1[8].

* V následujícím grafu je uvedeno 10 druhů nehod z důvodu rozdělení kolize druhu: "Opuštění vozovky vpravo nebo vlevo" na dva různé druhy nehody.

3) Kolize s jiným vozidlem jedoucím rovnoběžně stejným směrem

Nehody, které se vyskytují při jízdě bok po boku (boční náraz jednoho z vozidel) nebo při změně jízdních pruhů (zkřížení jízdní dráhy) [8].

4) Kolize s jiným protijedoucím vozidlem

Kolize s protijedoucím vozidlem, kde žádný s kolidujícími partnerů neměl záměr vybočit a přejet do opačného pruhu[8]

5) Kolize s jiným vozidlem, které vjíždí na vozovku nebo ji přejíždí

Mezi tento druh nehody jsou zahrnuty nehody s vozidly, které křížují směr jízdy ostatním vozidlům a s vozidly, která se chystají vjet nebo vyjet z jiných silnic, cest nebo prostor. Nárazy zezadu do vozidel čekajících na odbočení patří do kategorie č. 2[8].

6) Kolize mezi vozidlem a chodcem

Osoby, které pracují na vozovce nebo se nacházejí blízko vozovky a vozidel, jako pracovníci údržby silnic, policisté nebo cestující, kteří se dostali ven z vozidla po nehodě, nejsou považováni za chodce. Kolize s těmito osobami jsou zaznamenány v 10. skupině - jiný druh nehody[8].

7) Kolize s překážkou na vozovce

Mezi tyto překážky jsou zahrnuty například padlé stromy, kameny, ztracený náklad - kam patří i volně pobíhající zvířata. Kolize s vedenými zvířaty nebo s jezdci na zvířatech jsou zařazeny do skupiny 10 - jiný druh nehody[8].

8) Opuštění vozovky vpravo nebo vlevo

Tyto druhy nehod nezahrnují kolize s ostatními účastníky silničního provozu. K těmto nehodám dochází, když se řidič vozidla snaží zabránit střetu s jiným účastníkem silničního provozu a vybočí z vozovky vpravo nebo vlevo a tím způsobí nehodu[8].

9) Nehody jiného druhu

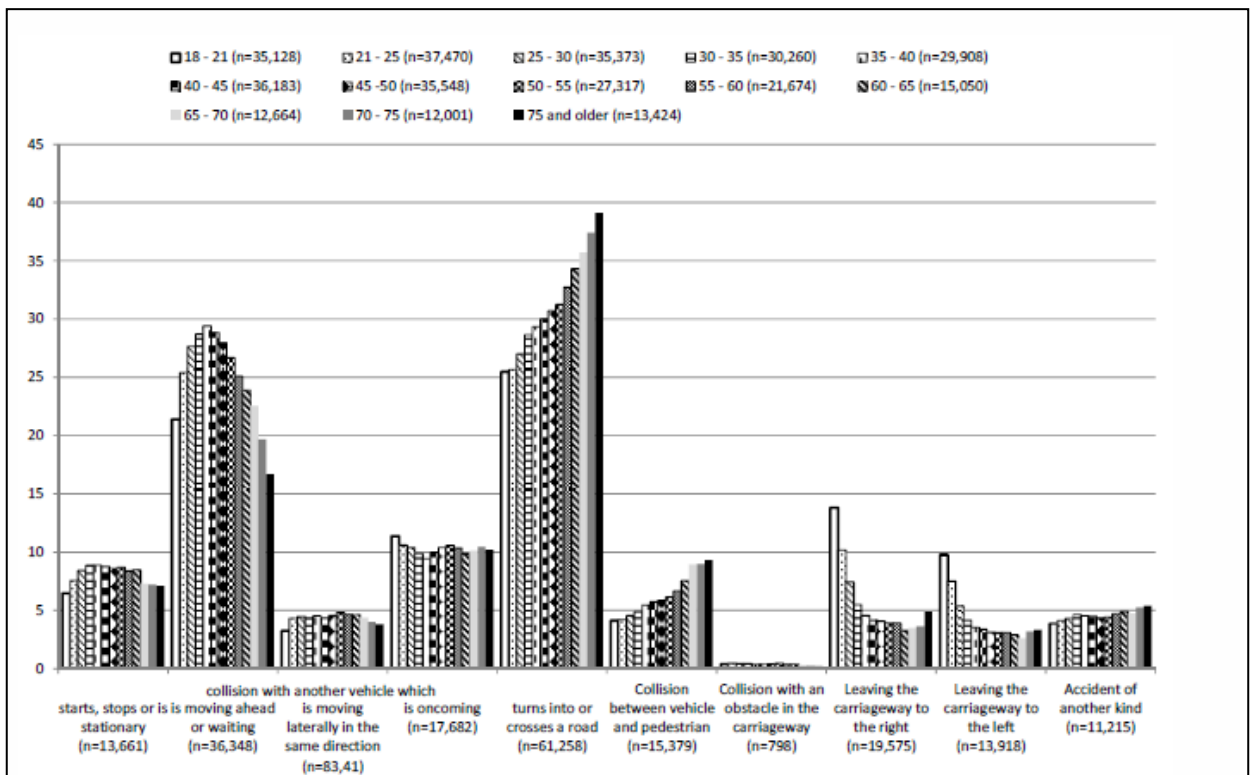
Tato kategorie pokrývá všechny nehody, které nemohou být zařazené do druhů nehod uvedených výše[8].

Graf 5. ukazuje, že zvláště náročné a nebezpečné jsou pro seniory situace, kde dochází ke křižování směrů s ostatními účastníky silničního provozu. Podíl tohoto druhu nehod "kolize s jiným vozidlem, které vjíždí na vozovku nebo ji přejíždí" se výrazně zvyšuje s věkem a přísluší právě seniorům.

Dále je z grafu patrné, že pravděpodobnost kolize s chodci se také zvyšuje s věkem řidiče, i když absolutní počet těchto nehod je relativně nízký. V kolizích s vozidly jedoucimi ve stejném nebo opačném směru, jsou starší řidiči málo zastoupeni.

Zajímavý je pohled na nehody typu: "Kolize s jiným vozidlem", které se rozjíždí, zastavuje nebo stojí" a " Kolize s jiným vozidlem jedoucím v přímém směru nebo čekající vlivem dopravní situace", kde se pravděpodobnost nehody s věkem snižuje.

Graf 5 - Druh nehody v závislosti na věku řidiče [převzato z 8]



1.1.2 Typy nehod

1) Driving accident (nehoda jdoucí na vrub řidiče)

Nehoda, která byla způsobená řidičovou ztrátou kontroly nad vozidlem (nepřiměřenou rychlostí, nesprávným posouzením stavu nebo povahy vozovky atd.), bez účasti dalších účastníků, kteří k nehodě přispěli. Výsledkem nekontrolovaného pohybu vozidla může dojít ke kolizi s ostatními účastníky silničního provozu. Nehoda typu "Driving accident" nezahrnuje nehody, ve kterých řidič ztratí kontrolu nad vozidlem, z důvodu kolize s jiným uživatelem silničního provozu, se zvířetem nebo překážkou na vozovce, z důvodu náhlého zdravotního problému nebo náhlé poruše vozidla. V průběhu této nehody může toto vozidlo kolidovat s ostatními účastníky silničního provozu, tzn., že pro tento typ nehody není podmínkou pouze kolize s jedním vozidlem [8].

2) Nehoda způsobená při odbočování

Nehoda, která byla způsobena konfliktem mezi vozidlem, které "odbočovalo/vyjíždělo" a mezi dalším účastníkem silničního provozu blížícího se ze stejného nebo opačného směru (včetně chodců) na křižovatkách, dálničních uzlech a vjezdech do provozoven a parkovišť. [8].

4) Nehoda způsobená vjížděním na silnici nebo jejím přejížděním

Nehoda byla způsobena konfliktem mezi účastníkem, který vjížděl na silnici nebo jí přejížděl a vozidlem, které mělo přednost v jízdě při přejíždění, na dálničních uzlech nebo na výjezdech z provozoven a parkovišť [8].

4) Nehoda způsobená při přecházení vozovky

Nehoda byla způsobená konfliktem mezi vozidlem a chodcem s výjimkou situace, kdy se chodec pohyboval po vozovce a s výjimkou situace kdy vozidlo opouštělo silnici. Do tohoto typu nehody se započítává situace, kdy nedošlo ke kontaktu vozidla s chodcem v případě, že chodec nehodu zavinil. Typ nehody, kdy došlo k nehodě s chodcem jdoucím podél vozovky je zaznamenán v 6. typu nehody [8].

5) Nehoda zahrnující účast stojícího vozidla

Nehoda byla způsobena konfliktem mezi pohybujícím se vozidlem a zaparkovaným/stojícím vozidlem, anebo vozidlem které parkovalo/zastavovalo. Nehody, kdy vozidla stojí a čekají, kvůli dopravní situaci, zde nejsou zahrnuty [8].

6) Nehoda mezi pohybujícími se vozidly na vozovce

Nehoda, způsobená mezi účastníky silničního provozu pohybujícími se ve stejném nebo opačném směru, pokud již tento konflikt není zařazen v předchozích [8].

7) Jiný druh nehody

Do této kategorie jsou zahrnuty nehody, které nemohou být přiřazeny do ostatních typů nehod. Příklady: Otáčení se, couvání, nehody mezi parkujícími vozidly, překážkami nebo zvířaty na vozovce, nehody způsobené náhodnou poruchou vozidla (porucha brzd, defekt pneumatiky, atd.) [8]

Pokud analyzujeme typ nehody závislé na věku účastníka, tak z grafu č. 6 je pozoruhodné vysoké absolutní a relativní číslo nehody způsobené "vjížděním na silnici nebo její přejížděním". Nehody způsobené opouštěním silnice se také zvyšují s věkem, ale ne tak rapidně jako předchozí uvedený typ.

U nehody typu " crossing accidents " je se zvyšujícím se věkem z grafu patrný mírný nárůst. Nicméně, nárůst je menší než se očekávalo podle předchozího provedeného rozdělení - podle druhu nehody "kolize mezi vozidlem a chodcem". Ostatní nehody chodců jsou pravděpodobně zahrnuty v nehodě typu " nehoda způsobená opouštěním silnice".

Nehody typu "driving accidents" jsou především problémem pro skupinu mladších řidičů, jak se očekávalo z předešlé analýzy - podle druhu nehody "opuštění silnice vlevo nebo vpravo".

Nehody s vozidly, které cestují ve stejném nebo opačném směru zahrnují méně starších řidičů než mladších. Z důvodu předchozí studie druhů nehody bylo toto také očekávané.

Ve výsledku jsou ze souhrnu analýz druhu a typu nehody patrné dva největší deficity starších řidičů.

- 1) nesprávné vnímání komplexnosti dopravní situace (např. křižovatky)
- 2) pomalejší reakční čas, jak je ukázáno např. v rozdělení nehod z chodci

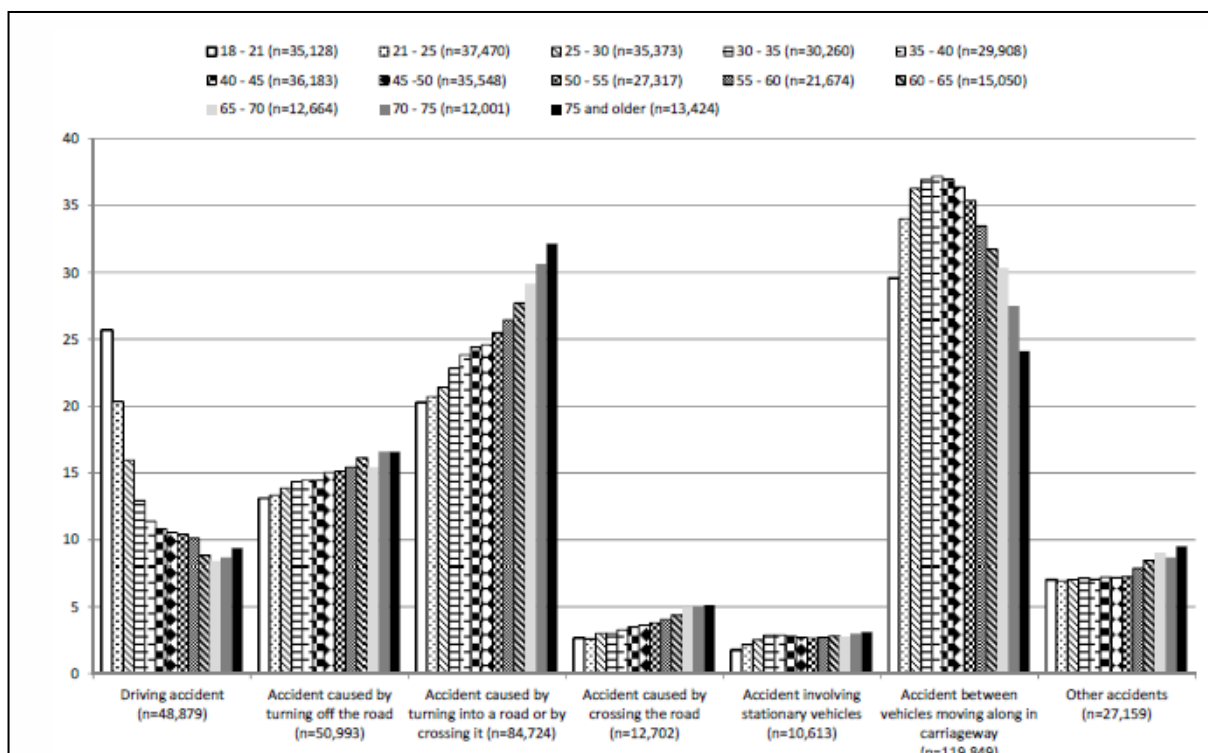
Podle Chaparro et al., Staplin et al. a Weller et al. mají senioři často problémy se situacemi, které vyžadují rozdělení pozornosti. Být zaměřen pouze na jeden úkol v komplexní situaci je problém [8].

Tyto poznatky odpovídají poznatkům v ostatní literatuře zabývající se tímto tématem, a taky analýzám chyb vedoucím k nehodám.

Reakční čas mezi mladšími a staršími řidiči analyzoval Eder [12]. Již v laboratorních testech byl průměrný reakční čas starších řidičů znatelně delší. V následných jízdách

zkouškách byla tato hypotéza potvrzena. Je však důležité poznamenat, že výkonnost seniorů je na základě výše uvedené literatury velmi heterogenní. To znamená, že mladší kontrolní skupina prováděla zadané úlohy velmi podobně (úzký rozsah). Starší skupina vykazovala velké rozdíly (široký rozsah). Obecně schopnost řídit vozidlo nemůže být určována podle věku řidiče. Je to více otázka mentální způsobilosti než aktuálního věku.

Graf 6 - Typ nehody v závislosti na věku řidiče [převzato z 8]

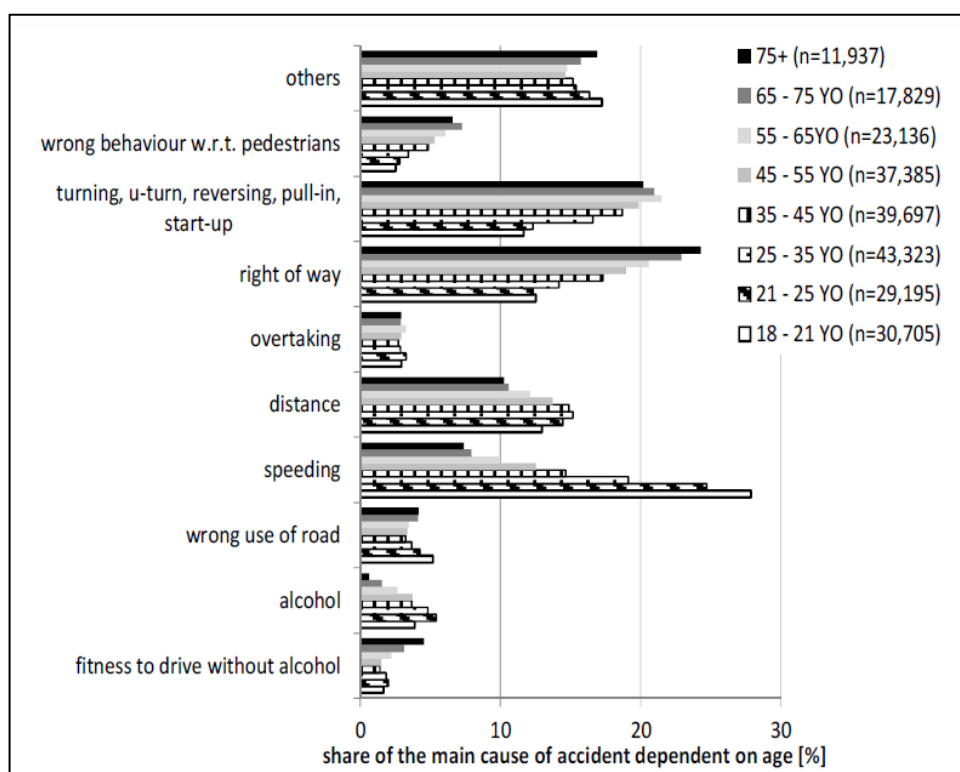


1.2 Posouzení okolností nehod seniorů

V následující části textu jsou nehody starších řidičů posouzeny z hlediska příčiny nehody, denní doby a podle lokality, kde se staly.

Při pohledu na příčiny nehod starších řidičů jsou mezi hlavními příčinami jejich nehod nedání přednosti v jízdě, odbočování, otáčení, couvání, zařazování se do provozu, rozjíždění a další (graf 7). Dále je z grafu patrné, že schopnost řídit bez požití alkoholu před jízdou se u starších řidičů snižuje. Nicméně, alkohol je příčinou nehody seniorů velmi zřídka.

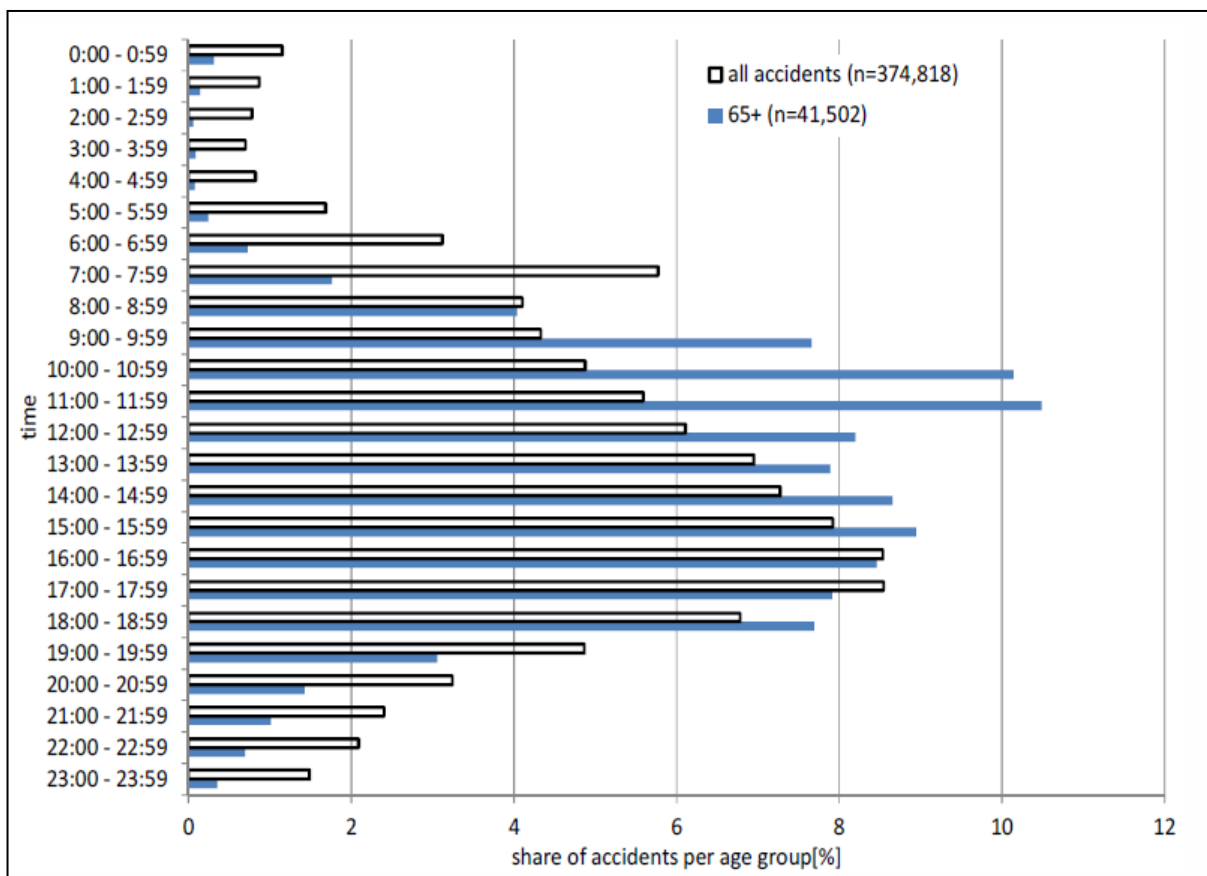
Graf 7 - Příčina nehody v závislosti na věku [převzato z 8]



Za účelem dosažení co nejuplněnějšího posouzení okolností nehod řidičů seniorů jsou zde také zanalyzovány nehody seniorů dle času, kdy se staly. Z následujícího grafu vyplývá, že s výjimkou menšího poklesu v čase od 16:00 - 18:00 jsou od deváté hodiny ranní do sedmé hodiny večerní senioři častějšími účastníky dopravních nehod než ostatní účastníci silničního provozu. Naopak od osmé hodiny večerní do šesté hodiny ranní je jejich podíl na účasti při dopravní nehodě nižší. Krátkodobé snížení nehodovosti seniorů mezi čtvrtou a šestou hodinou odpolední může být zapříčiněno např. masivní migrací ostatních účastníků v produktivním věku ze zaměstnání.

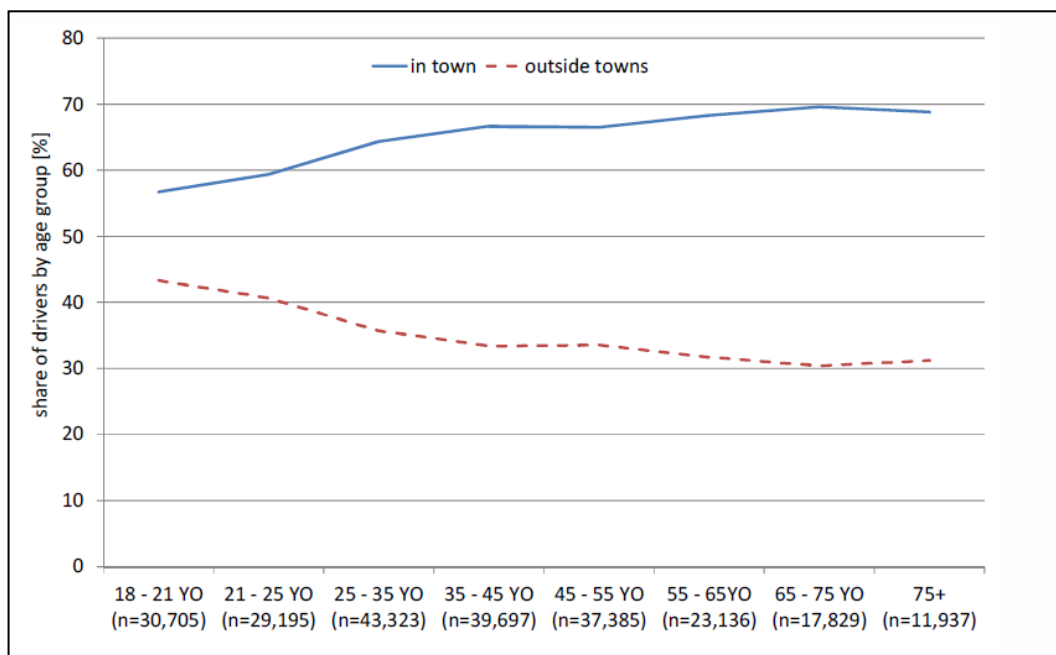
Z grafu je tedy možné vyčíst, že senioři jsou v dopravním provozu nejvíce aktivní v dopoledních a brzkých odpoledních hodinách oproti mladším účastníkům, kterých je v dopravním provozu nejvíce zastoupeno odpoledne, večer a v noci.

Graf 8 - Porovnání času vzniku nehody mezi řidiči 65+ a ostatními řidiči [převzato z 8]



Následující graf ukazuje nehody řidičů všech věkových kategorií v závislosti na místě vzniku. Z grafu je patrné, že nehody ve městech jsou oproti nehodám mimo město častější bez ohledu na věk řidiče. Dále je možné si povšimnout, že přibližně od 40. roku života řidiče se zvyšuje procento pravděpodobnosti nehody ve městě. Naopak nehody mimo město mají se zvyšujícím se věkem řidiče klesající charakter. To může být zpočátku způsobeno díky stoupající praxi řidičů ve věku přibližně od 25 do 50 let a dále snižující se četností jízd mimo město u řidičů 50 let a více.

Graf 9 - Místa vzniku nehod v závislosti na věku řidičů [převzato z 8]



Tuto kapitolu lze shrnout následovně: Nejvíce nehod s účastí seniorů se stává uvnitř měst při přejíždění (přecházení) a během denní doby. Senioři mají dva specifické problémy. Jsou to: řešení komplexních situací a dlouhá reakční doba, kterou je možné zkrátit za pomoci asistenčních systémů.

1.3 Kritéria poranění

Aby bylo možné kvalifikovat účinnost prvků pasivní bezpečnosti z hlediska ochrany cestujících vozidla, byla pro tento účel stanovena biomechanická kritéria poranění. Jejich cílem je kvantifikovat a kvalifikovat následky na základě mechanického namáhání lidského organismu během nárazu. Dále tyto kritéria stanovují přípustné limity namáhání, které jsou mezními hodnotami z hlediska přípustnosti namáhání tkáně [20].

Kritéria poranění byla stanovena na základě zjištěných poznatků biomechaniky poranění o jednotlivých částech lidského těla. Biomechanika je vědní obor zabývající se vlivem působení mechanického namáhání na biologickou tkáň. Jejím podoborem je pak biomechanika poranění, která se zabývá takovým působením mechanického namáhání, které způsobuje dlouhodobé mechanické změny tkání či jednotlivých orgánů (zranění) nebo porušení jejich správné funkce. Biomechanika poranění má proto následující cíle:

- Kvantifikování traumatologických nálezů
- Hledání limitů poranění a vývoj výzkumných metod
- Analýza mechanismů poranění kritických částí
- Hodnocení poranění a účinnost konstrukčních opatření a zádržných systémů

Jak je patrné z výše uvedených bodů, biomechanika poranění sleduje jednotlivé části lidského těla, které jsou členěny podle důležitosti (kritičnosti) funkce z hlediska přežití při jejich poranění. Na základě toho jsou pak stanovena kritéria poranění pro části lidského těla, obsahující důležité životní orgány. V následujících podkapitolách jsou popsána kritéria poranění používaná pro vyhodnocení zkoušek pasivní bezpečnosti prováděných podle současné evropské legislativy [20].

1.3.1 Kritérium poranění hlavy – HIC

Poranění hlavy patří mezi nejzávažnější poranění při dopravních nehodách. Jeho důsledkem bývá poranění mozku (potrhání, zhmoždění a otřes mozku), který je v dutině lebeční volně uložen. Při velkém zrychlení (zpomalení), které působí na lidské tělo během nárazu, tak vlivem setrvačných sil dochází k pohybu mozku vůči lebce a následně k nárazu mozku na lebeční kost. Během nárazu může také dojít ke kontaktu hlavy s pevnými částmi (povrchem interiéru) vozidla, což výsledná zranění ještě zhoršuje. Hrozí pak možnost poranění lebky (fraktura lebky).

Pravděpodobnost poranění hlavy při nárazu je stanovena HIC kritériem (Head Injury Criterion). Toto kritérium se určí z intervalu průběhu celkového zrychlení, naměřeného v těžišti hlavy figuríny podle vzorce 1. Délka intervalu je stanovena na 36 ms (HIC36), pro případ, že při nárazu nedošlo ke kontaktu hlavy s pevným tělesem nebo 15 ms (HIC15), pro náraz hlavy do tvrdé překážky. Interval se určuje z oblasti maximálního zrychlení, které při nárazu na hlavu působilo. Limitní hodnota je u obou případů $HIC = 1000$.

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

kde: a..... výsledné zrychlení [$m \cdot s^{-2}$],

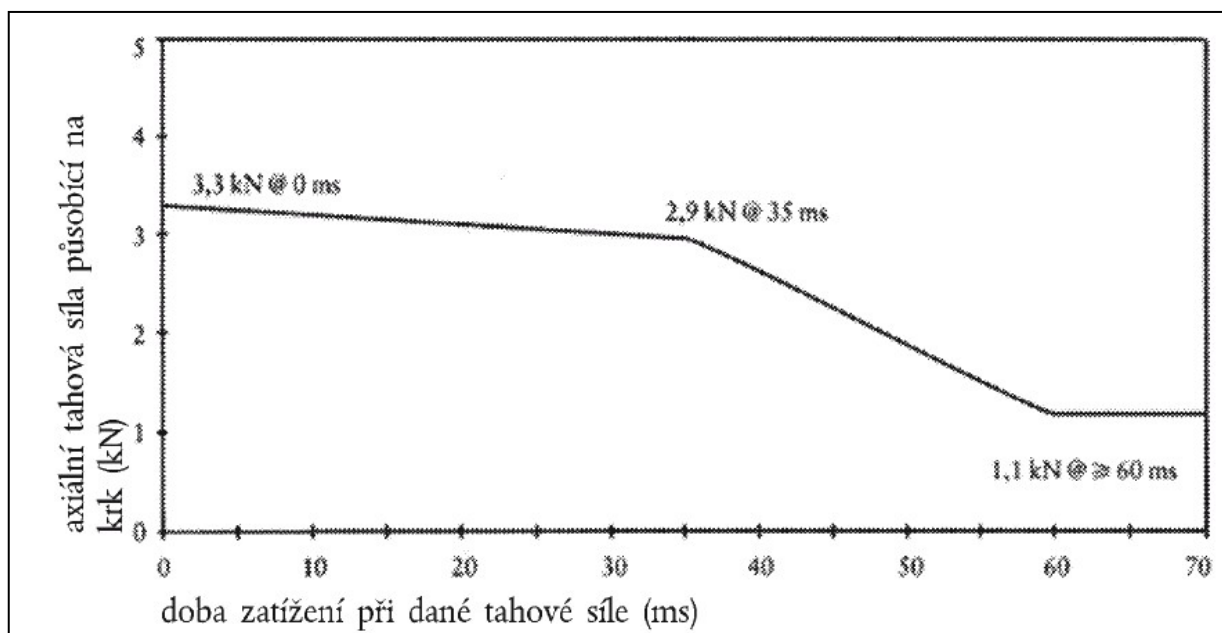
t_1začátek časového intervalu pro výpočet HPC,

t_2konec časového intervalu pro výpočet HPC.

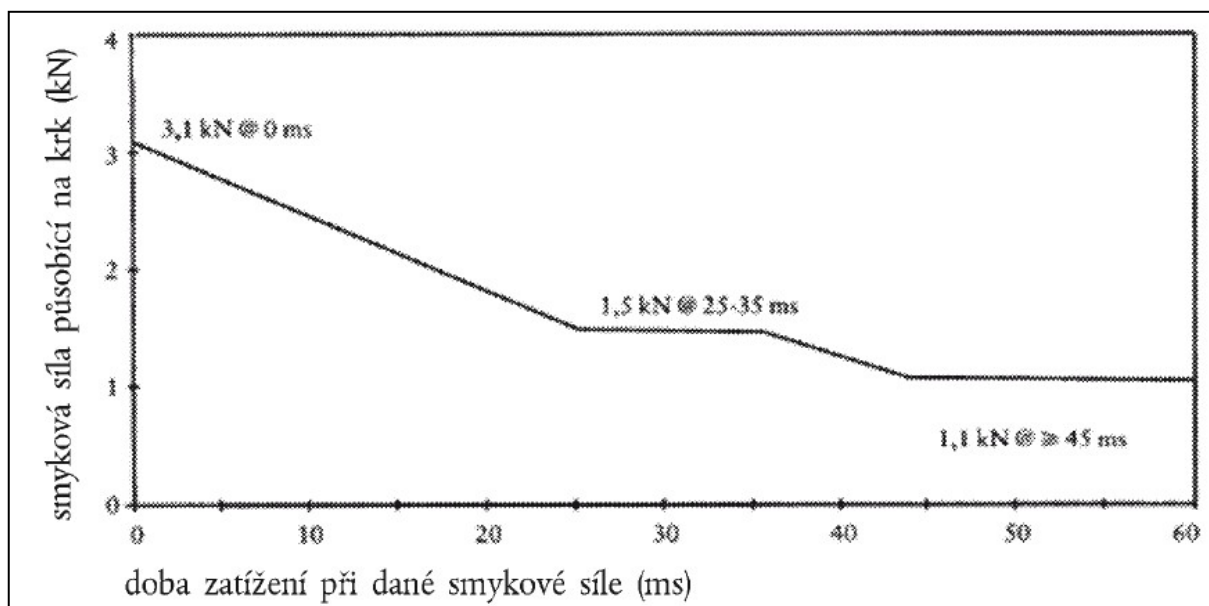
1.3.2 Kritérium poranění krku – NIC

Kritérium poranění krční páteře NIC (Neck Injury Criterion) se používá pro zkoušku čelním nárazem. Toto kritérium stanovuje maximální síly a napětí působící na krční páteř. Jeho hodnoty nesmí přesáhnout hodnoty podle obrázků 19 a 20.

Graf 10 - Kritérium namáhání krku v tahu [převzato z 21]



Graf 11 - Kritérium namáhání krku ve smyku [převzato z 21]



1.3.3 Kritéria poranění hrudníku

Viskózní kritérium – VC

Poraněním hrudníku se zabývá kritérium VC (Viscous Criterion), nazývané kritérium měkkých tkání [22].

Viskozitní kritérium se používá pro čelní i boční náraz. Viskozitní kritérium je časová funkce tvořená rychlostí deformace působením síly: $V(t)$ a okamžitou kompresí funkcí: $C(t)$

Výsledná hodnota kritéria VC (viscous criterion) je počítána podle vzorce.

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

V(t) se počítá z rozdělení deformací a C(t) je počítáno ve vztahu k výchozí tloušťce trupu.

Kritérium stlačení hrudníku - ThCC

Kritérium stlačení hrudníku mezi hrudní kostí a páteří (Thorax compression criterion), využívá absolutní hodnotu komprese vyjádřenou v milimetrech. Používá se pro zkoušku čelního nárazu dle předpisu EHK 94 a směrnice EHS 96/97. Maximální přípustná hodnota stlačení je 50 mm [22].

Kritérium stlačení hrudníku – THPC

Pro boční náraz se používá kritérium THPC (Thorax performance criterion) předepsaného předpisem EHK/OSN 95. Toto kritérium je složeno z VC kritéria a kritéria deformace žeber RDC (Rib Deflection Criterion), jehož limitní hodnota je 42 mm [22].

Třímilisekundové kritérium – 3ms

Pro hlavu a hrudník platí také kritérium ThAC (Thorax Acceptability Criterion), které bývá nazýváno „třímilisekundové kritérium“. Toto kritérium stanovuje limitní hodnotu zrychlení, která nesmí být překročena po dobu delší než 3 ms. Limitní hodnota pro výsledné zrychlení na hlavě je podle EHK/OSN 94 stanovena na 80 g pro zrychlení na hrudníku pak 60 g. V případě dětských figurín je předepsána limitní hodnota zrychlení na hrudníku dle ThAC 55 g.

Limitní hodnoty zrychlení u seniorů norma neudává. Vzhledem k tomu, že se v současnosti nepoužívají speciální figuríny pro simulaci "křehčí" tělesné schránky seniorů, by bylo vhodné alespoň normu EHK novelizovat. Limitní hodnoty zrychlení by bylo možné například upravit na stejné limitní hodnoty, jako se používají u dětských figurín.

1.3.4 Hodnocení závažnosti poranění podle metodiky AIS

Význam jednotlivých hodnot AIS:

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

Z anatomického hlediska jsou jednotlivé typy poranění rozděleny podle závažnosti a je jim podle toho přiřazen odpovídající stupeň AIS. Přehled typů poranění s odpovídajícím stupněm AIS pro sledované části těla je uveden v tabulce 1. Jedná se pouze o zjednodušenou verzi, úplný seznam poranění rozdělený dle metodiky AIS je více podrobný.

Tabulka 1 - Hodnocení závažnosti poranění podle metodiky AIS [převzato z 23]

AIS	Hlava	Hrudník	Břicho	Páteř	Končetiny
1	Bolest; Malátnost	Zlomenina jednoho žebra	Povrchové poranění	Natažení	Zlomenina prstu
2	Bezvědomí 1hod.; Lin. zlomenina	2-3 žebra zlom.; Sternum	Poranění, kontuze jater, ledvin	Malá zlomenina bez vlivu na kanál	Jednotlivá zlomenina tibie, pánve
3	Bezvědomí 1 – 6 hod.; Vpáčená zlomenina	≥4 žebra, 2-3 žebra + pneum. nebo hemotorax	Slezina, ledviny – velké poranění	Prasklý disk s poškozením nervu	Vykloubení kolena; Zlomenina stehenní kosti
4	Bezvědomí 6-24 hod.; Otevřená zlomenina	≥4 žebra s pneum. nebo hemoth. - kolaps	Játra velké zranění, roztržení	Částečné poškození míchy	Amputace nad kolenem, rozdrčená pánev

5	Bezvědomí >24 hod., Velký hematom (100 cm ³)	Roztržení aorty	Roztržení ledvin	Quadruplegie	Otevřené rozdrčení pánve
---	--	-----------------	---------------------	--------------	-----------------------------

Metodika AIS umožňuje stanovit závažnost poranění také podle výsledků kritérií poranění, používaných pro vyhodnocení nárazových testů a jejich počítačových simulací. Stupně AIS jsou určeny podle výsledné hodnoty kritéria poranění příslušného orgánu nebo části těla.

1.4 Následky nehod seniorů

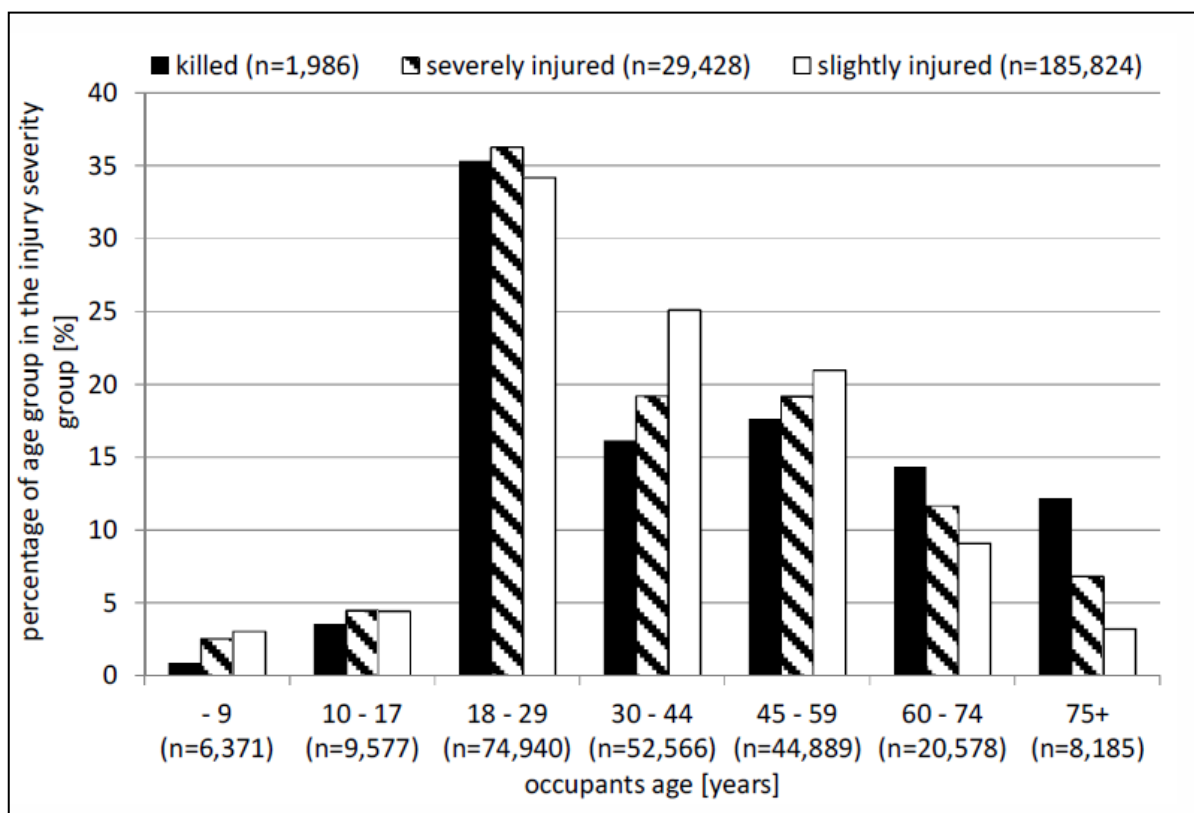
Závažnost zranění je v národních statistikách rozdělena do tří skupin na:

- usmrcen (všechny osoby, které zemřou přímým následkem nehody do třiceti dní od nehody),
- těžce zraněn (všechny osoby, které byly okamžitě po nehodě odvezeny do nemocnice, kde z důvodu lékařské péče setrvaly minimálně 24 hodin),
- lehce zraněn (všechny ostatní zraněné osoby)
- nezraněn [8].

Dále v textu jsou uvedeny pojmy AIS 2+ a MAIS 2+. Oba dva tyto pojmy patří do základní stupnice AIS. AIS 2+ znamená zranění na stupnici 2 a vyšší. Označení MAIS 2+ znamená maximální (nejzávažnější) zranění z AIS 2+.

Data německé národní databáze z roku 2011 ukazují, že riziko stát se účastníkem nehody se snižuje (při pohledu na hodnoty lehkých zranění jakožto indikátoru počtu nehod) s věkem, ale riziko být těžce zraněn nebo usmrcen při dopravní nehodě se zvyšuje[13]. Graf 12 [8].

Graf 12 - Závislost závažnosti poranění na věku [převzato z 8]

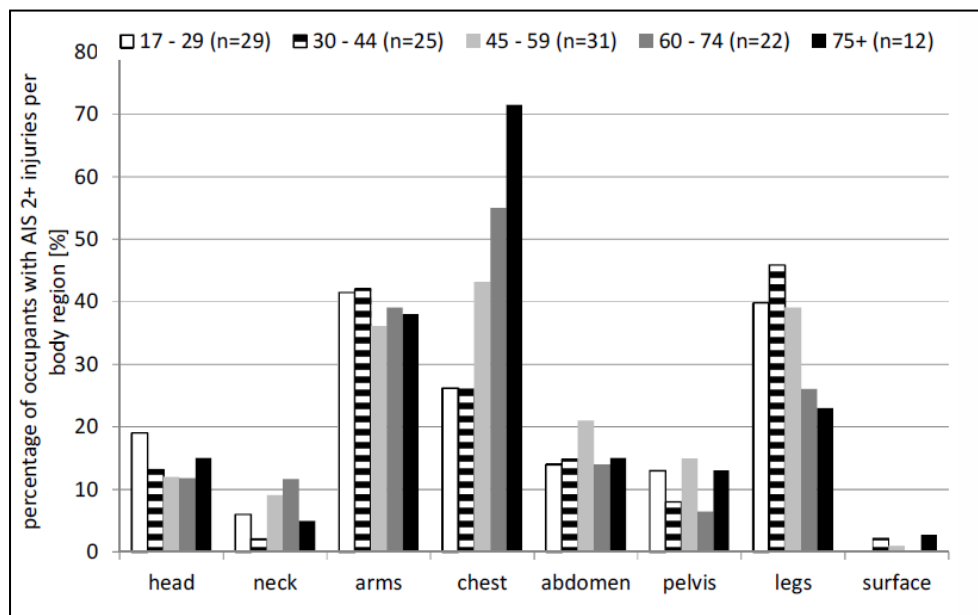


Podle stejných datových podkladů CCIS analyzoval Thompson a spol. zastoupení zranění jednotlivých částí těla v závislosti na věku. Analýza ukazuje, že na poranění většiny

částí těla v kategorii AIS 2+ nemá mimo hrudníku a nohou věk vážný dopad. Graf 13.

Snížení rizika poranění nohou s věkem dle AIS 2+ není založeno na fyziologických rozdílech mezi mladými a starými subjekty, ale je to spíše výsledek individuálních nehod[14]. Dle amerických nehodových dat se riziko zranění nohou zvyšuje až od 75 let [8].

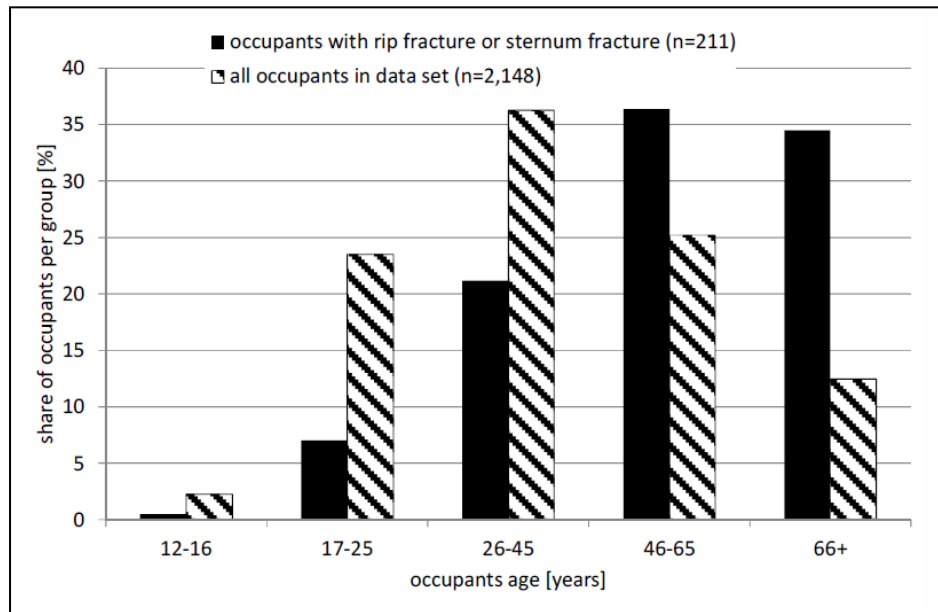
Graf 13 - Zastoupení zranění částí těla v závislosti na věku [převzato z 8]



Poranění hrudníku

Naopak značný vzrůst pravděpodobnosti zranění hrudi může být důsledkem fyziologického vývoje těla při stárnutí. Struktura kostí se s věkem mění, ztrácí své mechanické vlastnosti a stává se křehčí. Při bližším pohledu na graf č. 14 může být tato hypotéza potvrzena. Zejména riziko zlomeniny žeber a zlomeniny hrudní kosti se s věkem zvyšuje [8].

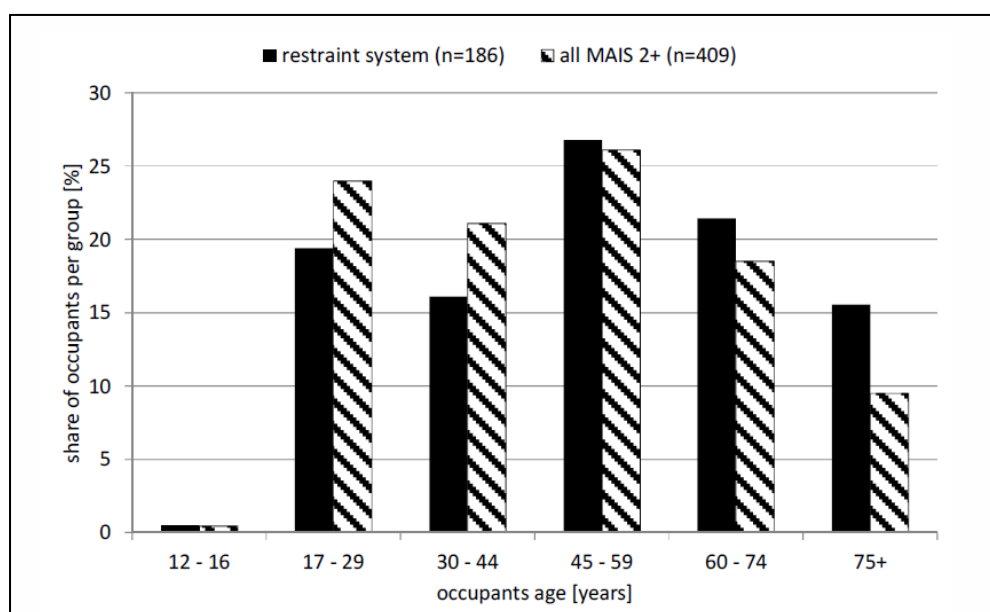
Graf 14 - Pravděpodobnost zlomeniny žeber nebo hrudní kosti v závislosti na věku [převzato z 8]



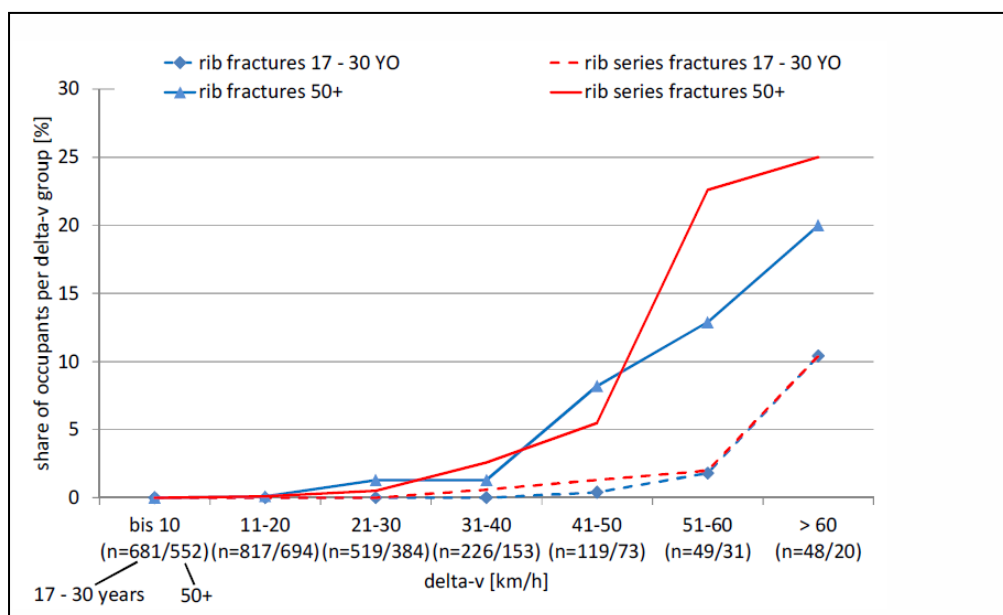
Zranění hrudníku jsou způsobeny především kontaktem mezi tělem a zádržným systémem (bezpečnostní pás, bezpečnostní pás v kombinaci s airbagem). Zranění hrudníku způsobená např. vniknutím cizího předmětu do automobilu, deformací karoserie apod., nejsou u věkové skupiny starších řidičů zastoupena v takové míře [8]. Graf dále ukazuje, že pravděpodobnost zranění způsobené zádržným systémem se zvyšuje již od 45. roku. Graf 14.

Je důležité poznamenat, že zranění způsobené zádržným systémem samozřejmě není závažnější než zranění způsobené nárazem bez zádržného systému. Naopak existují možnosti jak zádržný systém vylepšit a snížit jeho nepříznivé dopady.

Graf 15 - Podíl zranění způsobených zádržným systémem vůči ostatním zraněním kategorie MAIS 2+ v závislosti na věku [převzato z 8]



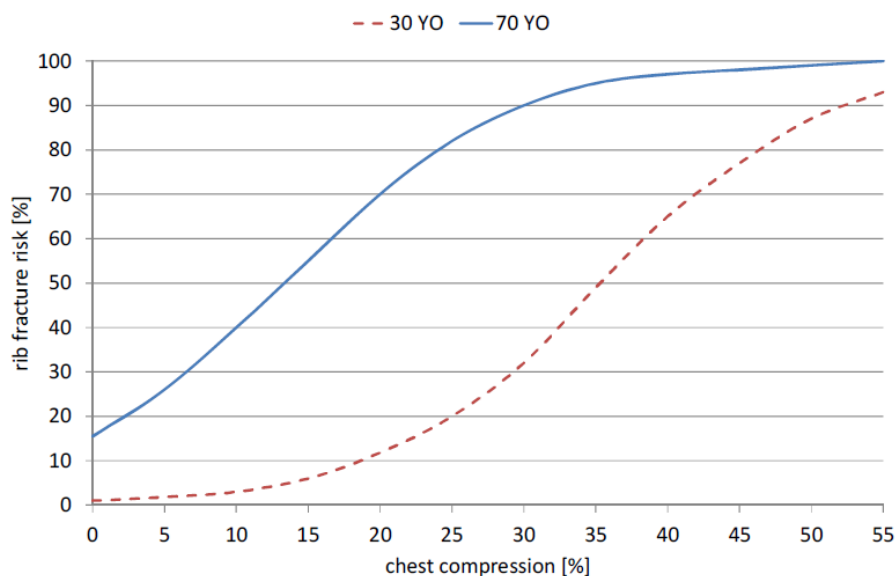
Graf 16 - Riziko zlomeniny žebér připoutaných řidičů dle věku [převzato z 8]



Kent a kol. analyzovali zlomeniny žebér a sérii zlomenin žebér (zlomenina sedmi a více žebér) v závislosti na stlačení hrudníku (relativní průhyb). Došli k výsledku, že padesáti procentům zlomenin žebér dojde u třicetiletých při 35% stlačení hrudníku, zatímco u 70letých je to již při 13% stlačení [15]. Graf 16. Pokud jsou kompresní limity transformovány do figuríny Hibrid 3 (50% muž), tak by tyto procenta odpovídaly 80 mm

stlačení u třicetiletých a 30 mm u sedmdesátiletých. Graf 17. Aktuální limit pro stlačení je 50 mm v Evropě a 76,2 mm v USA.

Graf 17 - Pravděpodobnost zlomeniny žeber v závislosti na kompresi hrudníku u 30 a 70 letých řidičů [převzato z 8]



Pokud se shrne výše uvedené, tak je patrné, že riziko poranění se s věkem zvyšuje, což je způsobeno hlavně fyziologickými změnami struktury kostí, k jejichž zlomeninám dochází z důvodu nemožnosti adekvátně nastavit nebo přizpůsobit zádržný systém vzhledem k fyziologické struktuře těla seniorů. Nejvíce markantní rozdíl mezi seniory a mladými účastníky silničního provozu je evidentní právě z pohledu rizika zlomeniny žeber.

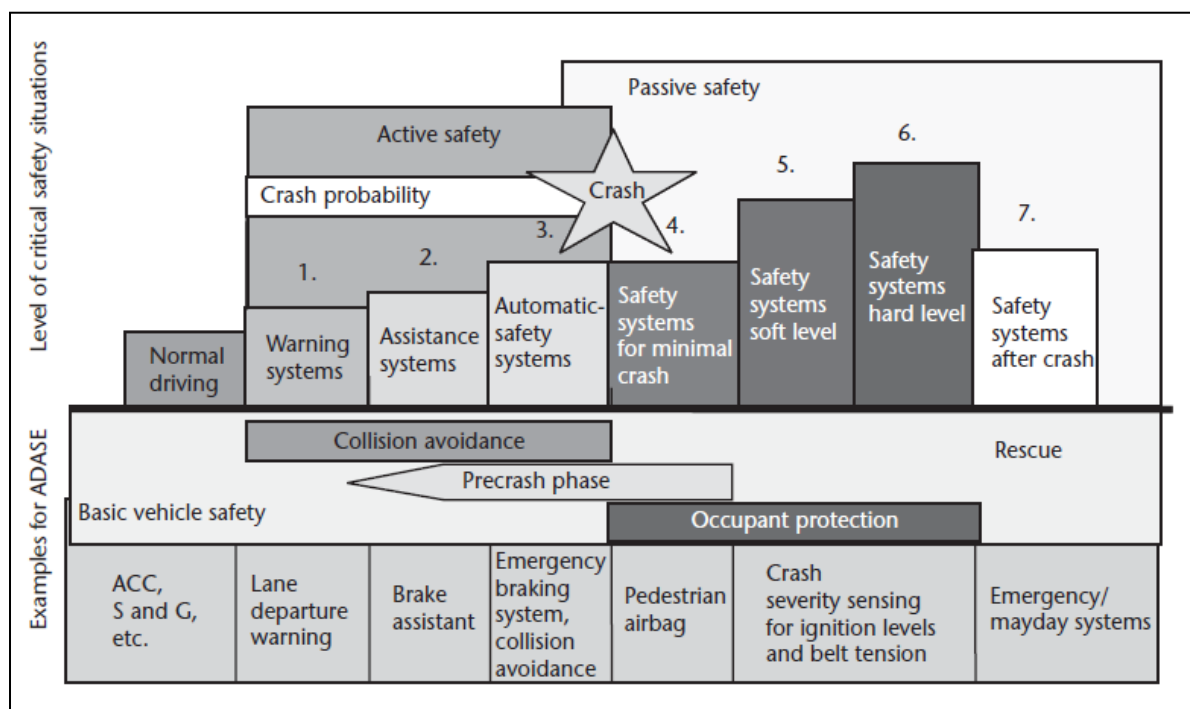
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU A VÝVOJOVÝCH TRENDŮ V OBLASTI VYUŽITELNÝCH ASISTENČNÍCH SYSTÉMŮ ŘIDIČE A PRVKŮ PASIVNÍ BEZPEČNOSTI OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

Výrobci osobních automobilů nabízejí v současné době široké spektrum asistenčních systémů řidiče a prvků pasivní bezpečnosti. Mnoho z těchto systémů je již v základní výbavě vozidla, která je nastavena výrobcem, dle konkurenčních trendů na trhu osobních vozidel anebo bezpečnostní prvky nových osobních automobilů nařizuje přímo legislativa Evropské unie. To znamená, že koupí nového vozu, díky novým prvkům aktivní a pasivní bezpečnosti, výrazně narůstá stupeň bezpečnost posádky, ale i ostatních účastníků silničního provozu, oproti koupi ojetého vozidla.

Výhody technických systémů prevence nehody jsou jedna věc. Akceptování a schopnost používat nové technologie cílovou skupinou je věc druhá. Faktem je, že stávající generace seniorů není navyklá na používání těchto technologických inovací z doby, kdy byla ještě mladá. Průzkumy mezi profesionálními řidiči ukazují, že se stoupajícím věkem řidičů nákladních vozidel, stoupá neschopnost používat asistenční systémy, u kterých se předpokládá další manipulace (obsluha) s nimi během řízení jako je například systém hands - free telefonování za jízdy [2].

Následující obrázek velice dobře zobrazuje komplexnost odvětví automobilové bezpečnosti. Je zde zobrazena činnost konkrétních systémů aktivní a pasivní bezpečnosti. Je možno ho rozdělit do čtyř specifických zón. Při postupu shora dolů obrázek nejprve rozděluje bezpečnost vozidla na aktivní a pasivní. Pod těmito dvěma kategoriemi jsou zobrazeny druhy systémů k ní přidružené. Ve třetí řadě je zobrazena konkrétní fáze nebo činnost druhů prvků aktivní a pasivní bezpečnosti. V poslední řadě jsou zobrazeny konkrétní systémy aktivní a pasivní bezpečnosti.

Obrázek 1 - Aktivní a pasivní bezpečnost osobních automobilů [převzato z 24]



Legenda k obrázku:

Active safety - aktivní bezpečnost, Passive safety - pasivní bezpečnost, Crash probability - pravděpodobnost nehody, Crash - náraz/nehoda, Normal driving - běžná jízda (bez aktivního zásahu bezpečnostních systémů), Warning systems - varovné systémy, Assistance systems - asistenční systémy, Automatic-safety systems - automatické bezpečnostní systémy, Safety systems for minimal crash - Bezpečnostní systémy pro minimální náraz (z pohledu poškození automobilu), Safety systems soft level - bezpečnostní systémy nižší úrovně, Safety systems hard level - bezpečnostní systémy vyšší úrovně, Safety systems after crash - po nehodové bezpečnostní systémy, Basic vehicle safety - základní bezpečnost ve vozidle, Collision avoidance - vyvarování se nehodě, Pre-crash phase - přednehodová fáze, Occupant protection - ochrana posádky, Rescue - záchrana, ACC (adaptive cruise control) - adaptivní tempomat, Lane departure warning - systém varování při opuštění jízdního pruhu, Brake assistant - brzdový asistent, Emergency braking system - systém nouzového brždění, Pedestrian airbag - airbag určený chodcům, Crash severity sensing for ignition levels and belt tension - sledování závažnosti nehody z důvodu úrovně aktivovaných bezpečnostních systémů a předeptnutí bezpečnostních pásů, Emergency/mayday systems - nouzové/záchranné systémy

2.1 Systémy aktivní bezpečnosti vhodné pro seniory

Jsou systémy, které aktivně pomáhají zabránit nebo předejít dopravním nehodám. Řadí se mezi ně základní bezpečnostní systémy typu ABS, BAS, ESC, pokročilé asistenční systémy jako je adaptivní tempomat nebo systém nočního vidění, předehodové a ponehodové systémy.

2.1.1 Základní systémy aktivní bezpečnosti

Mezi základní systémy aktivní bezpečnosti, kterými by mělo být vybaveno vozidlo užívané seniory je systém ABS, BAS a ESC. Těmito technologiemi je v dnešní době vybavena většina nových automobilů i při volbě vozu v základní výbavě. Již s těmito základními technologiemi je možno dosáhnout znatelného zvýšení bezpečnosti řidičů, posádky a ostatních účastníků silničního provozu.

Anti-lock brake system (ABS)

Pokud se přední kola vozidla při jízdě během nouzového brzdění zablokují, tak i přes to, že vozidlo může být v podstatě v pohybu v přímém směru a bez rotace, stává se vozidlo prakticky neovladatelným. V případě zablokování zadních kol vozidla při nouzovém brzdění dochází ke snížení stability vozidla a i malá boční síla může vést k nebezpečné situaci jako je například v angličtině označovaný jev "tail whipping" (šlehnutí ocasu). Kromě toho místní intenzivní tření způsobené zablokováním kol značně zkracuje životnost pneumatik. Jako řešení problémů uvedených výše se objevil antiblokační brzdový systém ABS. Brzdový systém ABS zabráňuje zablokování kol při prudkém brzdění, tím zamezuje smyku, udržuje trakci s povrchem vozovky a umožňuje řidiči ovládat vozidlo [25].

Systém zabráňuje zablokování kol při brzdění tím, že automaticky reguluje brzdnou sílu v třmenech tak, aby nedošlo k zablokování kol. Každé kolo má vlastní snímač otáček, který dává řídicí jednotce informace o rychlosti otáčení jednotlivých kol. Pokud řídicí jednotka dostane signál, že je kolo blokováno, krátkodobě sníží tlak v brzdovém systému a tím uvede kolo znovu do pohybu.

Vzhledem k tomu, že protiblokovací systém (ABS) byl u sériově vyráběného vozu poprvé použit již v roce 1954 (výrobcem Lincoln) je v současnosti jedním z nejvyspělejších systémů aktivní automobilové bezpečnosti [25].

Samozřejmě jako všechny složité kontrolní systémy má i své rezervy, které jsou dány především nejistotou aktuálních brzdných podmínek, neznalostí okamžitých požadavků kontrolního systému a dalších faktorů. Z důvodu neznalosti těchto parametrů je u systému ABS využíváno hodnocení brzdné situace pomocí prahové logiky. Kontrolní strategie je jednoduše realizovatelná s dobrými výsledky a nyní je to již vospělá aplikace. Nicméně, prahová hodnota může být určena pouze prostřednictvím velkého počtu jízdních zkoušek. Různá vozidla požadují různá nastavení, takže vývojový cyklus je dlouhý. Během kontrolního procesu není prahová logika ustálená, a tudíž dochází k tomu, že kontrolní efekt není dost dobrý a brzdná dráha se stává delší.

Od 29. 10. 2007 vstoupila v platnost směrnice 2007/46/ES, která mimo jiné nařizuje povinnost vybavovat všechna nově prodávaná vozidla na území Evropské unie brzdovým systémem ABS [17].

Brake Assist

Výzkumem provedeným v roce 1992 firmou Mercedes bylo zjištěno, že více než 90% řidičů nebrzdí při krizovém brzdění dostatečnou silou a nevyužívají tak plného potenciálu brzdového systému svého automobilu. Stejně tak výzkum společnosti Bosch ukazuje ve své studii nehod s nárazem zezadu, kdy došlo ke zranění, že třetina řidičů před nárazem nebrzdila vůbec a polovina nebrzdila naplno. To znamená, že jen šestina ze vzorku analyzovaných řidičů byla v krizové situaci schopna beze zbytku využít potenciálu brzdové soustavy automobilu [26].

Na základě těchto poznatků byl vyvinut brzdový asistent BAS, který tento problém řeší. Systém BAS dokáže z rychlosti a průběhu sešlápnutí brzdového pedálu poznat, že se jedná o krizové brzdění a automaticky velice rychle zvýší brzdový tlak na maximum a tím sníží brzdnou dráhu[26].

V listopadu roku 2009 vznikla na základě evropské směrnice 661/2009/EC povinnost instalovat brzdový asistent (BAS) do všech nových osobních a užitkových automobilů, které jsou prodávány na území EU [18].

ESC (ESP)

Systém elektronické kontroly stability vozidla zvyšuje kontrolu nad vozidlem v krajních jízdních situacích, např. při rychlé jízdě do zatáčky nebo na kluzkém povrchu. V

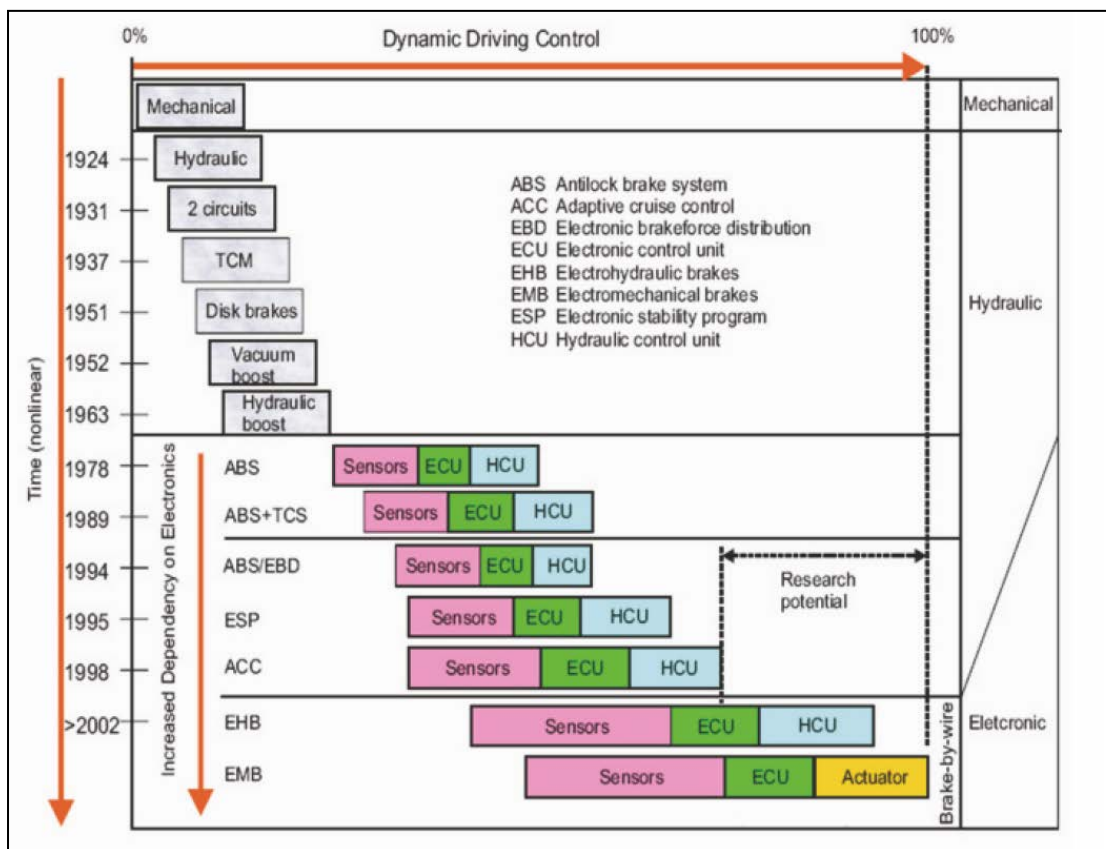
závislosti na jízdních podmínkách se snižuje nebezpečí smyku a zlepšuje jízdní stabilita. Systém pracuje při jakékoli rychlosti vozidla [26].

Systém ESC (ESP) je jakýmsi nadřazeným systémem ostatních brzdových a stabilizačních systémů vozidla. V dnešních moderních vozidlech tento systém zastřešuje systémy, jako jsou například: ABS, ASR, BAS, MKB a další. Řídící jednotka systému ESC porovnává informace ze svých vlastních senzorů a ze senzorů ostatních podřízených zařízení skutečný směr jízdy s údaji o řidičem zvoleném směru jízdy. Pokud se údaje neshodují, řídicí jednotka vyhodnotí situaci jako smyk a prostřednictvím podřízených systémů se snaží vůz stabilizovat - vyrovnávat smyk.

Odhaduje se, že systém ESC dokáže redukovat až 30% fatálních nehod způsobených nezvládnutím vozidla [26].

Od prvního listopadu roku 2014 je v platnosti nařízení Evropské unie, podle kterého musí být všechna osobní auta a lehká užitková vozidla (LUV) vybavena standardně tímto systémem.

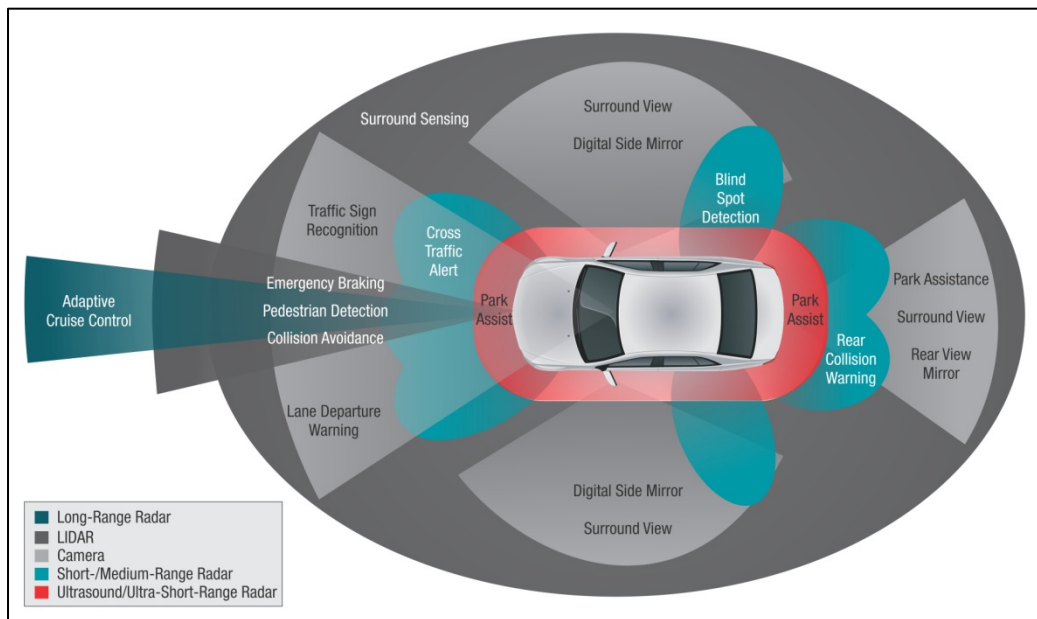
Obrázek 2 - Vývoj brzdových systémů [převzato z 27]



2.1.2 Pokročilé asistenční systémy řidiče

Většina pokročilých aktivních bezpečnostních systémů používá vnitřní a vnější senzory a akční členy pro poskytnutí asistence řidiči v konkrétních situacích nebo dokonce dokáží provádět určitý úkon autonomně. V přítomnosti potenciálního rizika řidiče varují vizuálními a zvukovými prostředky. Pokud řidič na varování nebere zřetel, systém zahájí např. nouzové brzdění samovolně, aby tak zabránil případnému nárazu.

Obrázek 3 - Pokročilé asistenční systémy řidiče [převzato z 28]



Adaptivní tempomat

Stejně jako tradiční tempomat udržuje adaptivní tempomat rychlost nastavenou řidičem. Navíc je vpředu vybaven radarem nebo laserem (levnější varianta) pro detekci rychlosti vozidla vpředu a automaticky nastaví a upravuje rychlost pro bezpečnou vzdálenost mezi vozidly. Pokud nejsou před vozidlem žádné překážky, nebo pomalu jedoucí vozidla, tak adaptivní tempomat pracuje jako normální tempomat a udržuje rychlost nastavenou řidičem. Řidič může také nastavovat vzdálenost mezi vozidly manuálně. Pokud systém adaptivního tempomatu detekuje pomalejší vozidlo vpředu, upraví podle něho svou rychlost tak, aby byla dodržena vzdálenost mezi vozidly nastavená řidičem. V momentě, kdy pomalejší vozidlo zrychlí nebo např. přejede do jiného pruhu, systém zvýší rychlost na rychlost řidičem nastavenou [29].

Hlídaní mrtvého úhlu

Vozidlo je na bocích a v zadní části osazeno radarovým nebo ultrazvukovým zařízením, které monitoruje oblast mrtvého úhlu, který není možný vidět ve zpětných zrcátkách. Pokud se řidič chystá přejet do jiného jízdního pruhu, který je obsazený, systém hlídání mrtvého úhlu vydá zvukové a vizuální varování, jenž upozorní řidiče, že jízdní pruh není volný a snaží se tak zabránit případné nehodě [30].

Tento systém je možno nejvíce uplatnit při jízdě na komunikaci s více jízdními pruhy jedním směrem ve městě i mimo něj.

Některé systémy místo vizuálního a zvukového varování upozorňují vibracemi volantu nebo sedadla. Nejvyspělejší systémy dokážou dokonce zamezit řidiči zatočit do jízdního pruhu, který je obsazený. Například systém společnosti Mercedes nejdříve upozorní řidiče rozsvícením červené diody ve zpětném zrcátku. V případě, že řidič ignoruje varování, červená dioda začne blikat a systém vydá výstražný tón. Pokud se řidič rozhodne změnit jízdní pruh i přes tyto varování zasáhne systém ESC, který přibrzdí příslušná kola a vrátí vozidlo zpět do původního pruhu [31, 32].

Sledování bdělosti řidiče

Ospalost nebo pozdější stádium mikrospánků je významnou příčinou dopravních nehod. Podle Americké automobilové asociace přibližně v 16,5 % smrtelných dopravních nehodách vyskytuje ospalý řidič nebo řidič, který měl mikrospánek. Systémy sledování bdělosti řidiče používají různé algoritmy k určení míry bdělosti řidiče. Některé systémy jako například systém Driver Alert, vyvinutý firmou Volvo, monitoruje trajektorii vozu v jízdním pruhu a porovnává ji s uloženou databází. Jiné systémy, jako např. systém představen firmou Toyota monitoruje činnost očních víček a při vyhodnocení, že je řidič ospalý vydává akustický signál až do doby, dokud řidič nezastaví. Společnost Mercedes - Benz představila komplexní systém, který monitoruje vzory řízení, brzdění, zrychlování, počasí a stav vozovky, z čehož následně vyhodnocuje ospalost řidiče [33, 34].

Systém nočního vidění

Při nepříznivých světelných podmínkách získá řidič díky tomuto systému lepší přehled o situaci před vozidlem. Termovizní kamera citlivá na vyzařované teplo zachytí osoby, zvířata i předměty mnohem dříve nežli lidské oko. Obraz termovizní kamery je přenášen na centrální

display, na kterém se objekty zobrazí tím světleji, čím větší teplo vyzařují. Termovizní kamera dohlédne až do 300 metrů [35].

Některé systémy tohoto zaměření dokážou řidiče dokonce informovat o nebezpečí skrytém ve tmě. Pokud infračervená kamera zjistí možné nebezpečí (např. chodec na krajnici) v neosvětlené oblasti, zaměří na něj reflektory, aby byl řidič schopen toto nebezpečí zaregistrovat co nejdříve [35].

Infračervená kamera je skryta pod nárazuvzdorným sklem předního nárazníku. Úhel snímání kamery je závislý na rychlosti. Ve vysokých rychlostech lze zapnout digitální zoom, který zvětší vzdálené objekty až o padesát procent [35].

Adaptivní světlomety s asistentem dálkových světel

Podle odborných studií klesá vizuální vnímavost v noci a při nedostatečném osvětlení až na pouhých 4 procenta, přitom však až 90 procent všech informací potřebných pro řízení vozu přijímá řidič právě prostřednictvím zraku. Proto hraje pro bezpečnost provozu za špatných světelných podmínek mimořádně důležitou roli světelná technika automobilů [36].

Adaptivní světlomety se přizpůsobí průběhu zatáčky a světelný kužel vždy osvětluje silnici. Senzory sledují úhel natočení volantu, odchylku od okraje silnice a rychlost. Adaptivní světlomety jsou zárukou optimální viditelnosti do zatáček na nočních silnicích, včasného rozpoznání průběhu vozovky či možného nebezpečí [36].

Asistent dálkových světel dokáže regulovat dálková světla v závislosti na provozu, optimálně osvětluje vozovku a umožňuje uvolněnější jízdu. Pokud je systém aktivován, sleduje obrazový senzor na vnější straně zpětného zrcátka osvětlenost a provoz před vozidlem až do vzdálenosti 400 metrů. Podle situace se asistent rozhoduje, jak dálkových světel využít a jejich intenzitu bezstupňově reguluje. Protijedoucí automobily jsou rozpoznány na vzdálenost cca 1000 m [35].

Přednehodové systémy

Přednehodové systémy jsou aktivovány bezprostředně před nehodou za účelem snížit závažnost následků nehody. Pokud prostřednictvím skupiny senzorů systém vyhodnotí, že je náraz nevyhnutelný, zahájí opatření pro minimalizaci zranění cestujících. V závislosti na konkrétním systému mohou být odstartována různá opatření, zahrnující nalakování brzdového okruhu pro maximalizaci brzdného účinku, nastavení sedadel do vzpřímené polohy, úprava

opěrky hlavy pro minimalizaci pravděpodobnosti poranění krční páteře, zavření bočních oken (pokud jsou otevřená), napnutí bezpečnostních pásů a další. Přednehodové systémy jsou schopny všechny tyto opatření uskutečnit za méně než dvě sekundy bezprostředně před srážkou.

Ponehodové systémy

Jak je z názvu patrné, k aktivaci ponehodových systémů dochází až v době, kdy bezpečnostní systém vozidla vyhodnotil, že došlo k nehodě. Jsou to systémy, které se snaží v případě nehody automaticky informovat záchranné složky (E-call), anebo systém multikolizní brzdy, který má za úkol zabránit případnému dalšímu střetu po nehodě, kdy se může vůz dát samovolně do pohybu.

E-call

Tento ponehodový systém se dokáže samostatně spojit s pohotovostní centrálou informovat ji o nehodě a poskytnout nejdůležitější informace jako je: čas nehody, lokace nehody, počet pasažérů, typ vozidla a další [37].

Projekt tohoto automatického tísňového volání 112 z osobních vozů, které by mělo být instalováno ve všech nových osobních automobilech a dodávkách od října 2017, ročně díky rychlejší pomoci zraněným zachrání v Evropě tisíce lidských životů a u dalších desetitisíců nehod zmírní jejich následky [37].

Multikolizní brzda

Multikolizní brzda je prvek aktivní bezpečnosti, zabraňující dalším střetům po nehodě, kdy se vůz může dostat např. do protisměru [38].

Podle statistik se prakticky každá čtvrtá nehoda se zraněním osob stává vícenásobnou kolizí. To znamená, že po prvním nárazu následují další. Vůz totiž není po prvním nárazu pod plnou kontrolou řidiče a může tak např. vybočit do protisměru, narazit do stromu nebo srazit chodce [38].

Multikolizní brzda sice působí až po vzniku nehody, přesto je třeba ji považovat spíše za prvek aktivní bezpečnosti. Jejím primárním cílem je totiž zabránit případné další nehodě způsobené nekontrolovatelným pohybem vozidla po prvním střetu. Situace při druhém nárazu

může být o to horší, že při druhém střetu již nefungují bezpečnostní prvky jako airbagy nebo předepínače bezpečnostních pásů [38].

Funkce multikolizní brzdy je prostá. Pokud u vozidla vybaveného multikolizní brzdou dojde k nehodě, při které je aktivovaný jeden z airbagů řidiče či spolujezdce, vozidlo začne automaticky brzdit. Automatické brzdění nastává i v případě, že řidič má sešlápnutý brzdový pedál nedostatečnou intenzitou [38].

Řízené snížení rychlosti probíhá v součinnosti dalších jízdních systémů (ESC, ABS, rozložení brzdného tlaku), které pomáhají udržet vozidlo stabilizované a brání mu ve vybočení z jeho jízdního pruhu.

Následující tabulka obsahuje vybrané asistenční systémy, které jsou zvláště vhodné pro výbavu vozidel užívaných řidiči seniory, a jejich přínos pro starší řidiče. Tyto technologie jsou vybrané speciálně podle specifických omezení (fyzických, psychických) a požadavků seniorů.

Tabulka 2 Vybrané asistenční systémy vhodné pro výbavu vozidel užívaných seniory [překlad z 2]

Technologie ve vozidle	Potencionální přínos pro starší řidiče
Varovné systémy	<p>Snížení počtu úkolů:</p> <p>Automatizace mnoha z jízdních procesů</p> <p>Prevence potenciální nehody, jako například:</p> <ul style="list-style-type: none"> - varování řidiče před nebezpečím, - nastavení vzdálenosti mezi vozidly, - asistence při odbočování vlevo na křižovatce. <p>Asistence při projíždění složitými křižovatkami.</p> <p>Zvýšení řidičovi sebejistoty.</p>
Adaptivní tempomat	<p>Snížení počtu úkolů.</p> <p>Asistence jízdy vpřed (plynulá vzdálenost).</p> <p>Uvolnění řidiče z posuzování vzdálenosti a regulace rychlosti.</p>

	<p>Zvýšení kapacity a efektivnosti systému infrastruktury.</p> <p>Minimalizace intervalů mezi vozidly a zvýšení bezpečnosti (bez tohoto systému mohou starší řidiči z důvodu strachu či nejistoty neopodstatněně snižovat rychlost a tím zvyšovat vzdálenost mezi vozidly).</p>
Záchranný varovný systém nebo automatický lokační systém vozidla	<p>Zvyšuje bezpečnost (oblast mimo město).</p> <p>Zvyšuje řidičovu sebejistotu.</p>
System navigace ve vozidle	<p>Zvýšení sebejistoty řidiče.</p> <p>Přístup k důležitým informacím.</p> <p>Zvýšení mobility.</p>
Systemy zlepšení vidění	<p>Zvýšení jistoty a mobility řidiče.</p> <p>Umožnění jízdy starším řidičům v noci nebo za nepříznivých podmínek.</p>
Asistence změny jízdního pruhu	<p>Poskytuje pomoc při obtížích se zpracováním informací.</p> <p>Pomáhá řidiči s výběrem jízdního pruhu a stará se o aktuální změny jízdního pruhu.</p>
Detekce mrtvého bodu a překážek	<p>Poskytuje podporu v detekování objektů blízko pomalu se pohybujícímu vozidlu.</p>
System sledování dopravního značení	<p>Zlepšení vnímání důležitých informací.</p> <p>Projekce dopravního značení umístěného u strany vozovky.</p>

2.1.3 Vývojový trend systémů aktivní bezpečnosti

Z analýzy systémů aktivní bezpečnosti používaných v dnešní době je patrné, že trend se bude vyvíjet cestou stále propracovanějších, propojenější a složitějších elektronických systémů, které budou zabezpečovat stále větší stupeň bezpečnosti uživatelů osobních automobilů. Stále větší a větší počet operací, které dříve prováděl řidič, bude automatizováno a zvláště starším nebo nezkušeným mladým řidičům tím bude usnadněno ovládání vozidla.

Jednou z možností se jeví vzájemná bezdrátová komunikace mezi vozidly (V2V) a mezi vozidly a infrastrukturou (V2I). Pokud by všechna vozidla mohla mezi sebou navzájem komunikovat a navíc komunikovat ještě s infrastrukturou, nemělo by již docházet k závažným nehodám s fyzickou újmou účastníků silničního provozu. Jistým náznakem tohoto vývoje v oblasti komunikace je výše uvedený systém eCall (emergency call) [16].

Následující schéma zobrazuje myšlenkovou mapu systému inteligentní dopravy a služeb (ITS). Vlevo nahoře jsou uvedeny výhody, které řešení ITS přinese. Jsou to zvýšení bezpečnosti a efektivnosti dopravy.

Pod výhodami je kategorie zúčastněných stran, které se podílí na fungování ITS. Jsou to například výrobci vozidel, automobiloví dodavatelé, jednotlivá města a podobně.

Dalším odvětvím je odvětví rozvoje, které má za úkol postupně zlepšovat (rozvíjet) systémy a služby ITS.

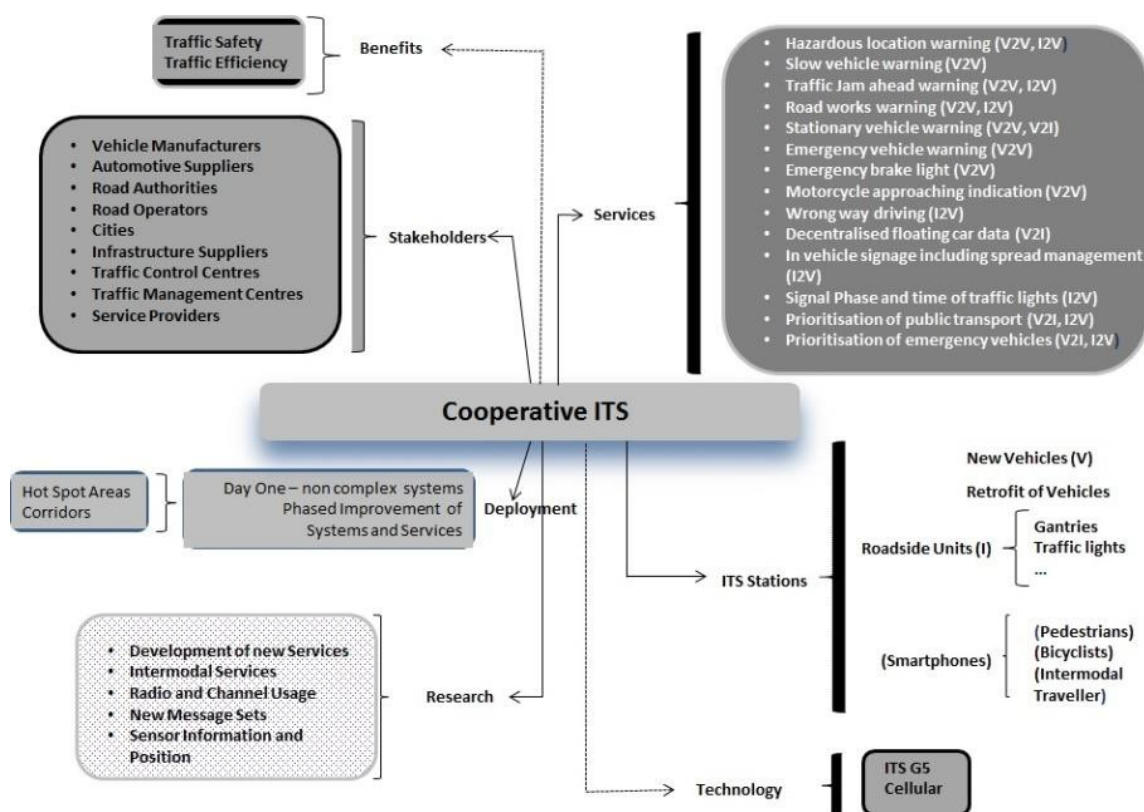
Vlevo dole je zobrazena skupina jednotlivých oblastí výzkumu ITS. Jedná se především o výzkum v oblastech způsobů komunikace a nových služeb.

Vpravo nahoře se nacházejí jednotlivé služby, které může ITS nabízet. Je zde zmíněno velké množství varovných systémů (varování před nebezpečným úsekem cesty, varování před pomalým vozidlem,...). Také do těchto služeb patří služby, které upřednostňují jízdu veřejné dopravy a vozidel záchranných složek.

Pod těmito službami je oblast stanic ITS. Ze schématu je patrné, že jako stanice mohou složit nová vozidla, starší vozidla (po dovybavení potřebnými systémy), stanice podél komunikací a chytré telefony.

Poslední skupinou je technologie, která by zabezpečovala komunikaci mezi vozidly, infrastrukturou a zúčastněnými stranami.

Obrázek 4 - Myšlenková mapa inteligentního systému dopravy a služeb [převzato z 16]



Legenda k obrázku:

Cooperative ITS (Intelligent Transport Systems and Services) - spolupráce inteligentních dopravních systémů a služeb, Benefits - výhody, Services - služby, Stakeholders - zainteresované subjekty, Deployment - rozvoj, ITS Stations - stanice inteligentních dopravních systémů a služeb, Research - výzkum, Technology - technologie, Traffic safety - bezpečnost provozu, Traffic Efficiency - efektivnost provozu, Vehicle Manufacturers - výrobci automobilů, Automotive Suppliers - dodavatelé v automobilovém průmyslu, Road Authorities - silniční orgány (úřady), Road Operators - provozovatelé silnic, Cities - města, Infrastructure Suppliers - dodavatelé (zřizovatelé) infrastruktury, Traffic Control Centres - kontrolní střediska dopravy, Traffic Management Centres - řídicí střediska dopravy, Service Providers - poskytovatelé služeb, Hot Spot Areas Corridors - oblast koridorů s aktivními body, Day One - non complex systems - den první - nekomplexní systémy (při zavedení systému ITS), Phased Improvement of Systems and Services - Postupné zlepšování systémů a služeb, Development of new Services - vývoj nových služeb, Intermodal Services - kombinované služby, Radio and Channel Usage - využití rádia a ostatních kanálů, New Message Sets - nové sady zpráv, Sensor Information and Position - informace ze senzorů a pozice, Hazardous location warning - upozornění na nebezpečné lokace, Slow vehicle

warning - upozornění na pomalu jedoucí vozidlo, Traffic Jam ahead warning - upozornění na blížící se dopravní zácpu, Road works warning - varování před prací na silnici, Stationary vehicle warning - varování před stojícím vozidlem, Emergency vehicle warning - varování před blížícím se záchranným vozidlem, Emergency brake light - nouzová brzdová světla, Motorcycle approaching indication - indikace blížícího se motocyklu, Wrong way driving - varování při jízdě v protisměru, Decentralised floating car data - decentralizace dat z pohybujících se vozidel, Signal Phase and time of traffic lights - signální fáze a časování semaforů, Prioritisation of public transport - upřednostnění městské hromadné dopravy, Prioritisation of emergency vehicles - prioritizace záchranných vozidel, New Vehicles - nová vozidla, Retrofit of Vehicles - dovybavení vozidel, Roadside Units - zařízení podél komunikace, Gantries - portály, Traffic lights - semaforey, Smartphones - chytré telefony, Pedestrians - chodci, Bicyclist - cyklisté, Intermodal Traveller - intermodální cestovatelé, ITS-G5 Cellular - buňková mobilní síť (cellular) inteligentního dopravního systému a služeb pracujících na frekvenci od 5,470 GHz do 5,905 GHz.

Poslední stupeň, který lze na základě rychlosti historického vývoje systémů aktivní bezpečnosti odhadnout (předpovědět) je stupeň plné automatizace osobních vozidel.

Na automobily bez řidičů si budeme muset začít zvykat. Automobily vybavené videokamerami, radarovými senzory a měřícími lasery využívají pro orientaci a navigaci podrobné mapy, které vznikají při projektech Google Maps a Street View. Bez počítače, ve kterém se informace ze všech čidel sbíhají, by se ale samo nic nedělo. Na základě instrukcí z počítače, akční členy - na základě zadané trasy z GPS navigace - akcelerují, točí volantem, řadí, dávají přednost v jízdě i brzdí. Všechna zařízení, která monitorují okolní provoz, navíc vyžadují naprostou spolehlivost - proto je tu super rychlý scanner okolního dění na střeše auta [39].

Je potřebné poznamenat, že řada technologií, které jsou používány v automobilech bez řidiče, se už běžně montují do klasických automobilů. Jako např. asistent, který automobil drží ve správném pruhu, dynamický hlídač odstupe od ostatních automobilů nebo parkovací asistent. Doplněn je navíc systém, který rozpozná barvu na semaforech, a zpřesněná navigace. Automobily bez řidičů nejsou jen pouhým testem nebo rozmarem. Svoji konkurenceschopnost prokázaly v hustém provozu San Francisca nebo Las Vegas a zdárně si vedly i v husté tmě [39].

Google se svým projektem „Driverless Car“, tedy technologií autonomního vozidla bez řidiče, pokračuje mílovými kroky kupředu, nedávno se dočkal první fáze schválení v

rámci legislativy v Nevadě. Zapracování automobilů bez řidiče do nových zákonů by mělo proběhnout do roku 2015. Do té doby bude muset být za volantem i tohoto automatického automobilu stále i člověk.

Google nyní oficiálně oznámil překročení hranice 300 000 ujetých mil bez nehody na všemožných a rušných silnicích v Silicon Valley, Los Angeles nebo San Francisku. Jízdy samozřejmě probíhají za všech podmínek, ve dne i v noci, dešti i zimě.

Obrázek 5 - Lexus RX450h - automobil, které dokáže jezdit zcela sám a bez člověka díky technologii Driverless Car od Googlu [převzato z 39]



Podle statistiky již Google dosáhl lepšího výsledku než průměrný Američan, který má nehodu v průměru každých 165 000 mil. Google zatím jezdil ve vozidlech ve dvou lidech, jeden za volantem a druhý obvykle na sedadle spolujezdce. Bezpečnostní opatření pro případnou chybu, která se v počátcích vývoje mohla stát. Nyní však Google přejde pouze na jednu osobu [40].

Google spolupracuje s různými automobilkami a výrobcí samotného počítačového hardwaru. Chystá se dodávat kompletní řešení, které si mohou výrobci automobilů licencovat a implementovat do svých vozů.

Platforma se tak může během několika let velmi rychle rozšířit do automobilů různých značek. Mezi prvními by prý měly být značky Volkswagen (a tím možná i Škoda), Toyota

nebo Lexus. Google se díky své současné aktivitě snadno může stát hlavním a největším dodavatelem tohoto systému.

Vozy s autopilotem pomohou seniorům. Google, Mercedes-Benz, Toyota, Nissan a další společnosti již ukázaly světu svou verzi auta bez řidiče. Zájem o ně by mohla mít především starší generace [41].

Obrázek 6 - Vozy s autopilotem různých výrobců [převzato z 41]

Firmy se předhánají, kdo první začne prodávat auta bez řidiče

Mercedes-Benz S 500 Intelligent Drive

- V září ujel prototyp vozu 100 kilometrů bez zásahu řidiče na trase Mannheim-Pforzheim.
- Podle automobilky by se měla verze s „autopilotem“ začít prodávat do roku 2020.

Nissan Leaf Autonomous Drive

- Nissan v současnosti testuje svou novou verzi Nissan Leaf, ale tentokrát bez řidiče.
- V září dala japonská vláda automobilce pro jedno auto povolení, a v zemi se tak smí prohánět testovací vůz.
- Šéf Nissanu Carlos Ghosn v srpnu řekl, že k zákazníkům by se měla tato auta dostat v roce 2020.

Google

Technologická společnost již několik let pracuje na projektu „driveless car“. Svoji technologii doposud Google testoval na vozích Toyota Prius a Lexus RX450h. Podle posledních informací by však měla společnost vyvíjet i vlastní auto bez řidiče.

Tesla Motors

Na vlastním autě bez řidiče pracuje i výrobce elektromobilů, společnost Tesla Motors. Podle šéfa společnosti Elona Muska by ho Tesla chtěla začít vyrábět do tří let.

Vizionář Musk a jeho elektroroadster, Tesla už své průkopnictví dokázala v případě elektromobilů. Letos očekává, že po celém světě prodá 21 tisíc aut na baterie.

Foto archiv MAFRA / MH

2.2 Systémy pasivní bezpečnosti vhodné pro seniory

V dnešní době je ochrana posádky vozidla primárním kritériem při návrzích nových modelů vozidel. Na bezpečnost posádky v případě srážky má dnes vliv celková konstrukce vozidla. Jedná se o správně navržený skelet karoserie s dostatečnými deformačními zónami, vhodné materiály profilů karoserie, zádržné systémy, airbagy, a další systémy zabráňující vzniku vážných poranění posádky vozidla.

Je důležité se zamyslet, zda je pokrok v oblasti pasivní bezpečnosti cestou správným směrem. V současné době je totiž vývoj zaměřen z větší části na předcházení nehodám a tedy vývoji v oblasti aktivních bezpečnostních systémů. Tento jev lze v praxi vidět například u výrobce Volvo - s tradicí založenou na bezpečnosti posádky automobilu. Při otázce, zda bude airbag pro chodce použit i v dalších modelech značky Volvo viceprezident automobilky Lex Kerssmakers řekl: *„S největší pravděpodobností ne, protože není nutný a navíc, což je důležitější, zaměřujeme se více a více na aktivní bezpečnost, kde budeme mít systém City Safety standardem. Raději budeme mít auto, které zabrzdí, než které něco trefí.“*

Bezpečnostní vaky - airbagy

Bezpečnostní vaky byly původně vyvinuty jako ochrana proti přímému nárazu hlavy a hrudníku na volant a přístrojovou desku. Dnešní moderní vozidla mohou být vybavena až 10 druhy airbagů. Nejedná se o vzduchové vaky pro co nejkompaktnější ochranu posádky vozidla a v některých provedeních i ochrany chodců. Aby byl plně využit bezpečnostní přínos vnitřních airbagů, je zapotřebí jejich sladění s funkcí bezpečnostních pásů a v těch nejmodernějších vozidlech i dalších systémů jako je před nárazové polohování sedadla a systém aktivní opěrky hlavy.

O co nejdokonalejší spolupráci těchto systémů se stará řídicí jednotka, která má za úkol co nejpřesněji nastavit průběh činnosti jednotlivých systémů tak, aby společně snížily následky na co nejnížší míru[43].

Pokrok v oblasti airbagů lze očekávat ve využití algoritmů z krátkovlnných radarů. Krátkovlnné radary dokážou rozpoznat náraz dřív, než snímače zpomalení a diagnostická jednotka pak může vozidlo lépe připravit na náraz. Zádržný systém je pak lépe optimalizovaný a zvýší se tak pasivní bezpečnost [42].

Také v případě systému nafouknutí airbagů existuje určitý pokrok. Airbagy se nafukují pomocí tzv. vyvíječů plynu. Standardní vyvíječe používají k vytvoření potřebovaného

talku pro nafouknutí airbagu výbušnou sloučeninu sodíku a dusíku, která je zažehnutá a přibližně do 30 ms airbag naplní. Problémem je, že samotná směs pro vytvoření tlaku je zdraví škodlivá a přináší rizika pro následné ekologické zpracování[42].

Další nevýhodou tohoto systému je vysoká teplota vyvíječe po aktivaci a tím i vysoká teplota vyvíjeného plynu (dusíku). Odlišnou koncepcí mají systémy využívající stlačený plyn (zásobník stlačeného plynu je naplněn asi na 20 MPa), u kterých se nevyskytují potíže s používáním nebezpečných chemikálií. Vyvíjený plyn je studený a není proto nutná jeho filtrace [42, 43].

Aktivní opěrky hlavy

Hlavním úkolem aktivní opěrky hlavy je zmenšení vzdálenosti mezi hlavou cestujícího a opěrkou hlavy při nárazu, čímž se snižuje riziko poranění krční páteře (hyperextenze krku). V závislosti na systému se hlavová opěrka začne pohybovat směrem nahoru a dopředu, čímž se snižuje vzdálenost mezi hlavou cestujícího a opěrkou [43].

Druhy aktivních opěrek:

- RHR (Reactive Head Restraint) - opěrka hlavy, která se automaticky posunuje vpřed a vzhůru na počátku nárazu. Pohyb je odstartován signálem ze senzorů na nárazníku nebo ze senzorů zpomalení uvnitř automobilu[43].
- PAHR (Pro Active Head Restrain) - opěrka hlavy, která se automaticky posunuje vpřed a vzhůru během nehody. Pohyb je vyvozován hmotností cestujícího, který se opře do opěradla v oblasti beder. V bederní opěrce je zabudován pákový mechanismus, který je spojen s hlavovou opěrkou. Tlak, vyvolaný zády pasažéra stlačí bederní opěru a ta přes pákový mechanismus začne pohybovat hlavovou opěrkou směrem nahoru a dopředu. Po skončení nárazu se systém vrátí zpět do původní polohy[43].

2.2.1 Vývojový trend systémů pasivní bezpečnosti

Stejně jako u systémů aktivní bezpečnosti má největší podíl na vývoji systémů pasivní bezpečnosti vysoká úroveň v oblasti elektronických systémů, které umožňují spolupráci jednotlivých bezpečnostních prvků. Právě ona spolupráce prvků aktivní a pasivní bezpečnosti přináší velký potenciál ke zvýšení úrovně bezpečnosti vozidel [44].

Z hlediska odolnosti vozidel vůči nárazu, jsou vozidla navržena tak, aby byla schopna odolávat v sérii testů specifických čelních a bočních nárazů a střetům s chodci popř. cyklisty. Dobrý výsledek těchto testů však neznamena dobrý výsledek v reálném světě, protože každá nehoda je jiná a systémy pasivní bezpečnosti ve vozidle nemohou být samy o sobě správně optimalizovány pro konkrétní nehody [44].

Studie ukázali, že doba do nárazu, který je vyhodnocen jako nevyhnutelný, je poměrně dlouhá. Tato doba by mohla být využita pro shromažďování informací k rozhodování palubního počítače, jak nejlépe chránit cestující v automobilu. Svým způsobem by vozidlo "reagovalo" na nehodu [44].

Příkladem této přednehodové oblasti ochrany může být rozhodování vozidla který airbag vystřelit a jakou intenzitou nebo dokonce nastavit správnou výšku podvozku k dosažení lepší geometrické kompatibility mezi vozidly [44].

V budoucnosti můžeme také očekávat automobily, které budou z pohledu nejen pasivní bezpečnosti uzpůsobeny na míru jednotlivým věkovým skupinám. Vyplývá to z požadavků na bezpečnost automobilů, které se s jejich používáním neustále zvyšují. Právě v ochraně starších řidičů nebo spolujezdců existují v dnešní době značné rezervy. Je zapotřebí brát v úvahu vyšší zranitelnost seniorů a přizpůsobit jim systémy pasivní bezpečnosti s ohledem na jejich křehčí tělesnou schránku, protože právě u nich často dochází ke zranění v důsledku činnosti systémů pasivní bezpečnosti [44].

Pokrok ve vývoji prvků pasivní bezpečnosti se může také ubírat cestou vývoje různých druhů nekonvenčních řešení absorpce energie při nárazu vozidla. K těmto řešením patří speciální výztuhy karoserií automobilu, absorbující nárazníky a přídavné airbasy.

Z dlouhodobějšího hlediska je možnost, že odvětví pasivní bezpečnosti zanikne, protože z důvodu pokročilých systémů aktivní bezpečnosti nebo autonomních vozidel ho nebude zapotřebí. Faktem je, že pokrok není vymýšlet další systémy pasivní bezpečnosti, ale aktivně nehodám předcházet.

3 NÁVRH PRVKŮ AKTIVNÍ A PASIVNÍ BEZPEČNOSTI VHODNÝCH PRO SENIORY

Dle provedených analýz jsem vytvořil seznam požadavků na vozidlo určené řidičům seniorům. Jedná se především o požadavky na typ karoserie osobního automobilu, výbavu asistenčními systémy a prvky aktivní a pasivní bezpečnosti. Pro bezpečné a komfortní užívání osobního automobilu je neméně důležitá také oblast ergonomie.

Vozidlo pro seniory by mělo splňovat následující parametry:

- maximální a světelnými efekty nerušený výhled z automobilu (maximalizace prosklených ploch, velká zpětná zrcátka, sluneční clony a další),
- karoserie robustnější konstrukce s vyšší světlou výškou vozidla, vyšším posezem řidiče, který umožňuje snadnější nastupování a vystupování do a z vozidla,
- maximum asistenčních a komfortních systémů řidiče, zejména takových, aby měl řidič senior k dispozici jejich nepřetržitou asistenci již při chůzi k vozu (např. bezkontaktní odemykání), při nastoupení do vozidla (rozpoznání řidiče), při jízdě (udržování jízdy v pruhu) a nakonec při parkování vozu (parkovací asistent),
- maximálně intuitivní a jednoduché ovládání vozidla a jeho palubních systémů (čitelnost, srozumitelnost, přehlednost)
- maximální pohodlí v automobilu snižující únavu řidiče (ergonomická sedadla, automatická klimatizace, adaptivní tempomat, automatická převodovka)
- prvky aktivní i pasivní bezpečnosti přizpůsobené jejich křehčí tělesné schránce (křehčí kosti, vaziva, úpony vnitřních orgánů apod.).

Ze současné nabídky výrobců osobních automobilů těmto požadavkům nejvíce odpovídají vozidla typu karoserie SUV (sport utility vehicle) a v menší míře pak vozidla MPV (multi-purpose vehicle).

Automobily typu SUV se vyznačují mohutnější karoserií uloženou na vyšším podvozku. Vozidla působí dojmem, že jsou určena jako stroje do terénu, z nichž kdysi vzešla. V Evropě ale SUV odrostla svým kořenům natolik, že se zde pojem SUV používá téměř výhradně pro vozy se samonosnou karoserií (nevhodnou pro jízdu v terénu) a nesouvisí se schopnostmi jízdy mimo zpevněné cesty. Dávno neplatí, že by SUV měla výhradně pohon všech kol, ačkoli většina z nich ho nabízí přinejmenším za příplatek.

Vozidla karoserie SUV si tedy jejich uživatelé oblíbili z pohledu především na komfort ovládání, který tento typ automobilu přináší (výborný výhled z vozu, bezproblémové nastupování atd.).

Také z hlediska pohodlí jsou automobily tohoto typu na velmi vysoké úrovni. Největší měrou je to dáno většími koly automobilu, která s vhodně zvolenými pneumatikami znamenají vyšší jízdní komfort. V interiéru vozidla mohou být díky většímu vnitřnímu prostoru větší ovládací prvky, pohodlnější sedadla, více odkládacích přihrádek, větší zavazadlový prostor apod.

Další výhodou pro uživatele těchto automobilů je jejich bezpečnost oproti vozům nižší konstrukce karoserie. Díky větším rozměrům vozu může být pohlceno více energie z nárazu karoserií a energie nárazu působí oproti menším vozidlům na úrovni více pod řidičem.

Samozřejmě jako každý jiný druh karoserie má i karoserie typu SUV své nevýhody. Vozidla s touto karoserií se vyznačují vyšší spotřebou a tedy vyššími provozními náklady a vyšším emisním zatížením životního prostředí. Dále mají výše posazené těžiště, které udává větší náchylnost k překlolení automobilu a snižuje ovladatelnost vozu. Možnost překlolení a snížení ovladatelnosti vozu je zde myšlena z pohledu limitních hodnot vozidla a pro řidiče seniory nehrají tyto parametry velkou roli. V neposlední řadě je bezpečnost, která je poskytnuta členům posádky tohoto vozu je vykoupena bezpečností ostatních účastníků silničního provozu při srážce s tímto vozem. Naštěstí dnešní vozidla SUV nabízí mnoho možností jak těmto nehodám předejít nebo maximálně snížit jejich následky.

Vozidla kategorie MPV (multi-purpose vehicle; doslova víceúčelový vůz, častěji velkoprostorový vůz) vznikla před lety jako civilizovanější alternativa k velkým dodávkám. Svě označení si vysloužila vysokou variabilitou interiéru a nadprůměrnou praktičností. Výrobci je používají pro modely se zvýšenou stavbou karoserie, zpravidla určené rodinám s dětmi. Auta ve třídě nemusí být větší ani praktičtější než klasické hatchbacky a kombi, ale nabízejí vyšší posez, lépe se do nich nastupuje a působí uvnitř vzdušněji. Právě z tohoto důvodu jsou vhodné také pro starší řidiče, kterým poskytují dobrý uživatelský komfort.

Ve srovnání s vozidly kategorie SUV jsou menší, nenabízejí tedy stejně vysokou úroveň pasivní ochrany posádky, často není v nabídce pohon všech kol, nebo je obsažen až v nejdražších provedeních daného modelu vozu.

3.1 Zóna 1 - Prvky aktivní bezpečnosti

Tato kapitola se zabývá návrhem prvků aktivní bezpečnosti vhodných pro seniory. Navrhl jsem zde uvedeny prvky, které výrobci automobilů v současné době nabízejí ve výbavě automobilů, prvky které jsou zatím ve fázi vývoje s předpokladem brzkého použití v sériově vyráběných automobilech a v poslední řadě jsou zde uvedeny alternativní řešení, jenž by bylo teoreticky možno použít.

3.1.1 Systémy a prvky aktivní bezpečnosti

Tabulka 3 - Technologie aktivní bezpečnosti nabízené výrobcí automobilů v sériově vyráběných automobilech [zdroj - autor]

Technologie	Úkol	Přínos pro starší řidiče
<i>Asistenční systémy řidiče</i>		
Adaptivní světlomety s funkcí automatických dálkových světel	Udržovat vozovku správně osvětlenou v každé situaci s ohledem na ostatní účastníky silničního provozu.	Zajištění dobré viditelnosti při jízdě v noci, zvýšení řidičovi sebejistoty bezpečnosti.
Systém nočního vidění	Sledovat vozovku před vozidlem a upozornit na případná nebezpečí.	Snížení pravděpodobnosti střetu vozidla se zvěří, neosvětleným chodcem nebo cyklistou.
Adaptivní tempomat	Udržovat řidičem nastavenou rychlost. Pokud není dosažena má za úkol udržovat nastavenou vzdálenost za vozidlem vpředu.	Uvolnění řidiče z neustálého posuzování správné vzdálenosti a zvýšení jistoty řidiče seniora.
Systém hlídání mrtvého úhlu	Kontrolovat a upozorňovat na překážky nacházející v mrtvém úhlu zpětných zrcátek.	Varování nebo částečné zamezení při snaze přejet do obsazeného jízdního pruhu. Snížení rizika nehody.
Systém varování při opuštění jízdního pruhu	Sledovat polohu vozidla v jízdním pruhu. V případě vyjetí z pruhu neprodleně informovat řidiče.	Asistence při únavě nebo nepozornosti řidiče, které mohou být u starších řidičů velmi časté.
Systém nouzového brzdění	Automaticky zabrzdit vozidlo v případě hrozící kolize a předejít nárazu, nebo maximálně zmírnit jeho následky.	Automatické zabrzdění při nepozornosti řidiče nebo jeho pomalého reflexu na včasné brzdění.
Systém automatického zabrzdění v křižovatce	Automaticky zabrzdit automobil, pokud řidič začne odbočovat do cesty protijedoucího vozu.	Odvrácení nebezpečí srážky při špatném porozumění charakteristice křižovatky.
Navigační systém	Navigovat řidiče do	Zvýšení řidičovi sebejistoty a

	zadaného cíle a upozorňovat ho na omezení a případná nebezpečí na trase.	bezpečnosti při jízdě.
System čtení dopravního značení	Sledovat dopravní značení a promítnout ho řidiči na zobrazovací zařízení.	Snížení počtu úkolů. Řidič senior má více prostoru na sledování dopravní situace před vozidlem.
Asistent jízdy v kolonách	Zajistit bezpečné a pohodlné následování vozidla před sebou při jízdě v pomalu se pohybujících kolonách.	Snížení únavy řidiče způsobené neustálým rozjížděním se a zastavováním. Zvýšení řidičova komfortu.
Asistent rozjezdu do kopce	Automaticky držet vozidlo zabrzděné než se začne rozjíždět.	Zvýšení bezpečnosti za vozidlem (při náhlém couvnutí). Zvýšení komfortu obsluhy vozidla.
Sledování vozovky před vozidlem	Hodnotit stav vozovky před vozidlem a případně o jeho špatném stavu varovat řidiče nebo upravit nastavení podvozku.	Snížení pravděpodobnosti nehody vlivem nepřizpůsobení jízdy nebo nastavení podvozku stavu a povaze vozovky.
Adaptivní podvozek	Správně nastavit charakteristiku tlumení v závislosti na stavu vozovky a aktuálním jízdním požadavkům (brzdění, zrychlování, atd.)	Zvýšení bezpečnosti a komfortu jízdy správným nastavením podvozku v každé situaci.
Automatické stěrače	V závislosti na množství srážek automaticky zabezpečovat nejlepší možný výhled z vozu.	Odpadá nutnost manuálně nastavovat funkci stěračů a řidič se může více věnovat jízdě.
Parkovací asistent	Upozornit řidiče na volné parkovací místo a samovolně na něj zaparkovat.	Řeší složité situace při parkování, které řidič senior již nezvládá a zvyšuje spolehlivost a bezpečnost parkování.
Automatická převodovka	Optimálně využívat potenciál motoru.	Snížení počtu řidičových úkonů. Získanou míru pozornosti může řidič věnovat raději sledováním provozu kolem vozidla.
Automatická klimatizace	Přesné nastavení a udržení řidičem nastavené teploty.	Zvyšuje komfort jízdy a snižuje únavu řidiče.
Sledování bdělosti řidiče	Správně vyhodnotit stupeň únavy řidiče a upozornit ho na tuto skutečnost.	Může pomoci zabránit i fatálním dopravním nehodám, kdy řidič dostane např. mikrospánek.
Kontrola tlaku v pneumatikách	Přesně měřit hodnotu tlaku v každé pneumatice a informovat řidiče v případě	Zabezpečuje správnou trakci vozidla s vozovkou.

	limitních hodnot.	
Bezklíčové odemykání, zamykání a startování vozu	Automaticky odemknout a zamknout vůz v závislosti na přítomnosti řidiče. Nastartovat vůz při stlačení tlačítka.	Odpadá nutnost pamatovat si "v které kapse" mám klíček, stačí ho mít někde u sebe. Praktické například při příchodu k automobilu s plnou náručí věcí.
System rozpoznání řidiče	Rozpoznat konkrétního řidiče a přizpůsobit automobil jeho dříve nastavenému profilu.	Nastaví řidiči automobil na míru podle jeho dříve zvolených preferencí. Přizpůsobí např. sedadlo, klimatizaci, rádio, navigaci a další.
Předehodový systém	Zahájit opatření pro minimalizaci zranění cestujících.	Přesné nastavení jednotlivých bezpečnostních systémů a minimalizace závažnosti zranění.
Ponehodový systém	Zajistit vozidlo po nehodě proti samovolnému pohybu (multikolizní brzda) a informovat o nehodě záchranné složky (e-call).	Snížení pravděpodobnosti další nehody a urychlení adekvátní lékařské pomoci.
System naklápění karoserie do zatáček	Naklopit karoserii v závislosti na rychlosti a úhlu zatáčky. Zvýšit komfort delšího cestování a snížit hodnotu příčného přetížení, které působí na posádku.	Snížení únavy řidiče a zvýšení komfortu jízdy.
Bezkontaktní otevírání zavazadlového prostoru	Po zaznamenání pohybu nohy pod zadní částí nárazníku vozidla otevřít zavazadlový prostor.	Možnost otevření zavazadlového prostoru i s plnými rukama zavazadel.
<i>Prvky aktivní bezpečnosti</i>		
Sluneční clona	Chránit řidiče před oslněním ostrým světlem.	Snížení únavy při řízení za jasného světla a zvýšení viditelnosti.
Aktivní pedál akcelérátoru	Upozornit řidiče před blížícím se nebezpečím.	Možnost zabránění nehodě.
Přehledné ovládání palubních systémů v mateřském jazyce.	Umožnit intuitivně, jednoduše a rychle ovládat palubní systémy vozu.	Snížení nároků na práci s palubními systémy. Zjednodušení práce řidiči.
Ergonomický volant	Zachovat ergonomii při správném držení volantu.	Umožní řidiči pohodlnou obsluhu vozu.
Head - up display	Čitelně promítat důležité provozní informace o vozidle na čelní sklo.	Dochází ke zvýšení pozornosti řidiče, který nemusí uhnout pohledem dolů např. na rychloměr.
Panoramatická střecha	Prosvětlit interiér a zpříjemnit atmosféru uvnitř	Zvýšení komfortu ovládání palubních systémů a

	vozu.	ovladačů, pohody při jízdě a bdělosti řidiče.
Výstražná brzdová světla	Při rychlém zpomalení automobilu spustit blikání brzdových světel.	Snížení rizika nárazu zezadu.

3.1.2 Alternativní konstrukce brzd

Použitím jiných alternativ konstrukce brzd, lze dosáhnout rychlejšího nástupu brzdného účinku bez prodlevy s vyšším brzdícím účinkem, snížit "vadnutí" brzd a snížit počet komponentů brzd, tzn. snížení hmotnosti vozidla a četnosti servisních úkonů. Níže uvedené alternativy se také jeví jako ekologičtější a měli by tedy méně zatěžovat životní prostředí.

EWB (electronic wedge brake; elektronická klínová brzda)

System elektronické klínové brzdy (EWB) je založen na poměrně staré „technologii“ klínových brzd známých ještě z dob kočárů a povozů či prvních vozů z 19. století, kdy na samotné kolo či kotouč tlačil jednoduchý klín. Inženýři ze Siemens VDO tento základní princip využili a přenesli ho do podoby využívající nejmodernější technologie. Dřevěné klíny nahradily klíny ocelové, které jsou vtlačovány mezi třmen a brzdové destičky. Tímto účinkem na kotouč pak redukuje rychlost [45].

K ovládání klínových prvků slouží rychlé krokové elektromotorky, které vytočí osu působící na zvlněnou desku a posunou ji. Naproti ní je umístěna stejně zvlněná deska. Mezi oběma deskami jsou malé válečky, které při posunu vyvolaném otočením osy motorku zvětšují rozteč mezi oběma zvlněnými deskami. Tak vznikne síla potřebná ke styku brzdové destičky s kotoučem. Celá soustava navíc využívá samotnou rotaci kotouče v prospěch zvětšení sil. Klín je totiž pohybem kotouče po pohybu motorku vtlačován mezi brzdovou destičku a třmen a není zapotřebí dalšího silového působení ze strany motorku [45].

Velkou výhodou tohoto systému je konstrukční jednoduchost a nenáročnost. Celá soustava má méně prvků, je mnohem lehčí (i o více jak 15 kg), navíc odpadávat starosti s brzdovou kapalinou a vůbec celým hydraulickým vedením a na funkci krokových elektromotorků stačí klasický 12V systém vozu [45].

Ovšem tou největší výhodou je rychlost klínové brzdy – v porovnání s běžným hydraulickým brzdovým systémem je až dvakrát rychlejší. Stejně tak i systém ABS pracuje mnohem rychleji. Funkci a časování totiž obstarávají procesory, které jsou pro každý motorek samostatné a jemně snímají pozice brzdového pedálu. System pak výrazně snižuje reakční rychlost soustavy a zkracuje brzdnu dráhu za všech povrchových podmínek. Použité procesory lze navíc jednoduše naprogramovat – funkce motorků může být přizpůsobena automobilu či dokonce řidiči na míru. Ani napojení parkovací brzdy na celý systém není v tuto chvíli zásadním problémem [45].

Brake-by-Wire

Tato technologie elektricko-mechanického brzdového systému je jistým vývojovým stádiem systému elektronické parkovací brzdy, která přinesla zvýšení komfortu jejího používání a vyšší spolehlivost. Termín elektronická parkovací brzda zde však znamená, že je elektricky ovládaná.

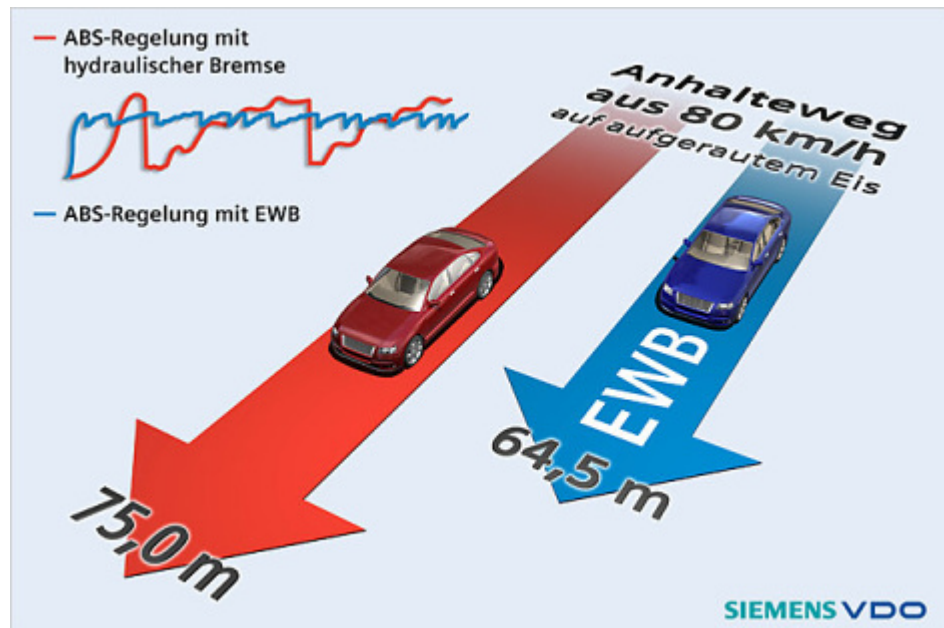
Existují dva hlavní systémy. První z nich je systém Cable Pull System. Pracuje na stejném principu jako ručně ovládaná mechanická parkovací brzda jen s tím rozdílem, že napnutí ovládacího lanka zajišťuje elektrický motorek. Druhý brzdový systém je ovládaný pomocí řídicí jednotky systému ESC. Pokud řidič stiskne tlačítko parkovací brzdy, jednotka systému ESC vygeneruje brzdový tlak, který přepustí ze standardního brzdového okruhu do speciálního brzdového válce, určeného pouze pro parkovací brzdu. Ten následně působí tlak na brzdové desky. Tlak v brzdovém válci je elektricky kontrolován solenoidovým ventilem [46].

Stejně jako systému EWB se jedná o systém kompletně bez hydraulického brzdového systému. Koncept brzdového systému Brake-by-Wire používá k vytvoření brzdné síly na každém kole totožný mechanismus. Tento mechanismus se skládá z elektrického motoru, který přes převodovku aplikuje sílu na osu, která působí na brzdové destičky a následně na brzdový kotouč.

Z následujícího obrázku je patrné, že při jízdě na vozovce pokryté vrstvou drsného ledu a při rychlosti 80 km/h má vozidlo se standardními hydraulickými brzdami a systémem ABS brzdnou dráhu 75m. V porovnání s ním má vozidlo s brzdovým systémem EWB o 10,5 m brzdnou dráhu kratší. Pokud vezmeme v úvahu, že reakční doba soustředěného řidiče se běžně pohybuje v rozmezí od 0,37 - 0,79 s, tak při rychlosti 80 km/h je mezi těmito dvěma hodnotami rozdíl 11,67m ujeté vzdálenosti.

V případě úvahy, že hodnoty brzdné dráhy na následujícím obrázku jsou vztaženy pro mladého a pozorného řidiče s reakčním časem 0,37 s můžeme uvažovat, že pokud by jel řidič senior (reakční čas 0,79) v automobilu s brzdovým systémem EWB s ABS a mladý řidič v automobilu s běžným hydraulickým systémem brzd s ABS, mohli by se jejich brzdné dráhy téměř vyrovnat. Skutečný rozdíl brzdných drah by byl "pouze" o 1,17 m delší u řidiče seniora.

Obrázek 7 - Porovnání délky brzdných drah u vozidla s hydraulickými brzdami a ABS s vozidlem s brzdovým systémem EWB a ABS [převzato z 45]



3.1.3 Doplnková brzdna zařízení

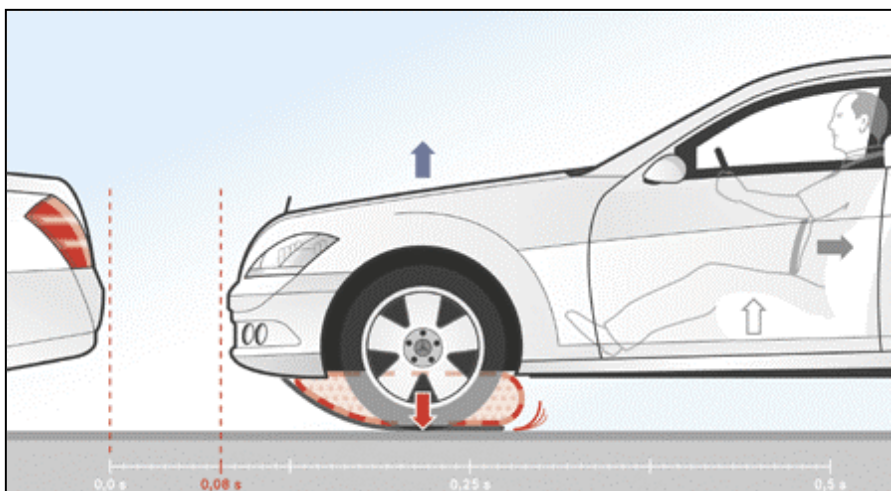
Pro zkrácení brzdne dráhy lze dále uvažovat s doplnkovými zařízeními, která by byla skryta pod vozidlem, a při potřebě rychlého zpomalení při nouzovém brzdění by došlo k jejich aktivaci. Ideální by bylo, kdyby se zpomalovací zařízení po svém zásahu automaticky vrátilo zpět do původní pozice (bez potřeby servisního úkonu, výměny atd.,...) a bylo připraveno k opětovné aktivaci. S dnešními technickými možnostmi by se právě zmíněný prostor pod vozidlem dal využít pro integraci takovýchto zařízení. U vozidel s pohonem pouze jedné nápravy by neměl být velký problém s nedostatkem místa k umístění takovýchto zařízení. U vozidel s pohonem všech kol však problém nastává v důsledku většího počtu komponentů (kloubová hřídel, diferenciály...) pohonu a tedy méně místa pro instalaci alternativního zpomalovacího zařízení. Tento problém je však řešitelný pohonem všech kol, který neobsahuje mechanické vazby mezi jednotlivými součástmi.

Vzduchový vak

Jedním takovým případem doplnkového brzdneho zařízení může být podlahový airbag pod karosérií, který vyvinula firma Mercedes. Airbag je uložen v přední části karosérie pod přední nápravou automobilu. Aktivuje se ve chvílích, kdy už nelze zabránit střetu s překážkou, což je signalizováno řídicí jednotkou pomocí senzorů v přední automobilu. Jedná se tedy o zařízení, které je po své aktivaci bez servisního zásahu dále nepoužitelné. Dle vývojových pracovníků Mercedesu má samotný airbag hned několik pozitivních funkcí [47]. Jsou to hlavně:

- Zvýšení tření – rozprostřením vaku pod vozidlem se zvýší tření mezi ním a vozovkou a vozidlo je tak schopno vykonat větší brzdny účinek. To má za následek snížení nárazové rychlosti a tím zmírnění následků nehody.
- Nadzvednutí automobilu – má vliv na posádku vozidla. Když dojde k nadzvednutí, tak jsou cestující pevněji usazeni do sedadel (trup tlačěn do opěradla a stehna přitlačována k sedáku) a jsou lépe připraveni na náraz. Tímto účinkem klesá riziko vážných poranění.

Obrázek 8 - Airbag pod vozidlem [převzato z 47]

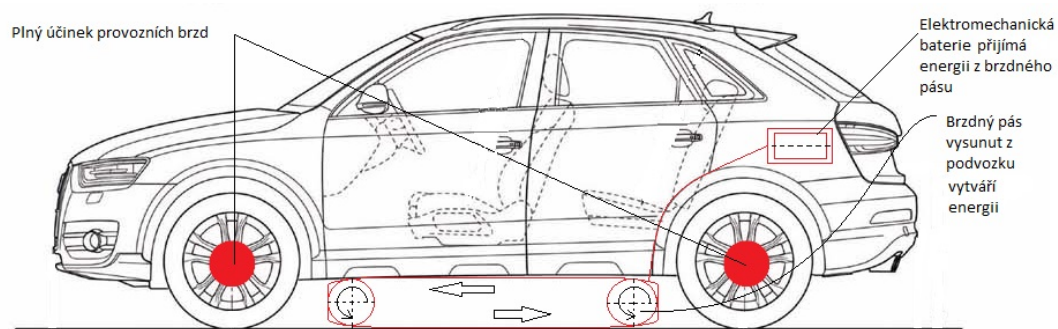


Brzdný pás

Jednalo by se o zařízení, které by bylo skryto v místě středového tunelu pod vozidlem. V případě potřeby rychlého zpomalení (plný brzdový tlak v klasickém brzdovém okruhu) by se následně vysunulo speciální zařízení, jehož brzdný pás s vysokou přilnavostí by přišel do kontaktu s vozovkou, a následným převedením vzniklé energie na další zařízení by došlo ke zpomalení. Samotné zpomalení by mohlo být vyvozováno např. rotací jednotlivých segmentů uvnitř zařízení, kterými by pás otáčel.

Další možností by bylo převedení energie z pásu do setrvačnicku umístěného například v zavazadlovém prostoru. Energií by bylo možno z pásu předat mechanicky nebo v podobě elektrické energie. V případě mechanického řešení by brzdný pás působil následně na převodovku, která by roztočila setrvačnick, a tím by došlo ke zmaření energie z brzdění. V druhém případě by byl brzdný pás propojen se speciálním generátorem, který by svou rotací vytvořil el. energii a převedl jí například do elektromechanické baterie, kde by došlo ke zmaření energie.

Obrázek 9 - Schéma umístění brzdného pásu u osobního automobilu [upraveno z 48]



3.2 Zóna 2 - Prvky pasivní bezpečnosti

V této kapitole se zabývám návrhem netradičních prvků pasivní bezpečnosti, které dokážou prodloužit deformační zóny automobilu při nárazu. Následující text je inspirován analogií se zvířaty, která před dopadem nebo nárazem vystrkují přední končetiny, což vede k následné akumulaci energie pro další pohyb a následné zmaření energie dopadu nebo nárazu.

Přídavné vnější airbagy

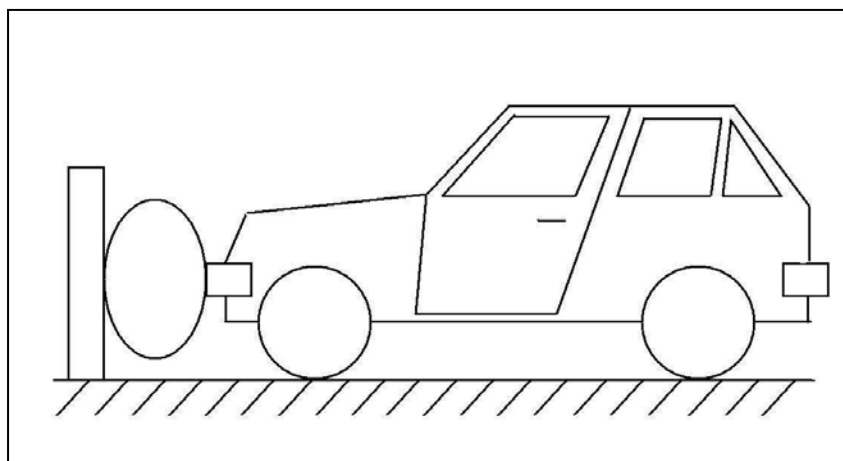
Jedním z typů vnějšího airbagu by mohl být čelní airbag umístěný v přídě vozidla. Aktivován by byl na podobném principu jako podlahový airbag, tzn., že čidla v přídě by v nevyhnutelné situaci (například pro určitou rychlost jízdy by byla stanovena minimální vzdálenost od překážky – pokud by vzdálenost byla pod touto hranicí, došlo by k aktivaci) dala signál řídicí jednotce a ta by dala pokyn k vystřelení airbagu. Jednotka by měla také vyhodnocovat velikost překážky před sebou, protože při srážce s chodcem by aktivace tohoto airbagu byla nežádoucí. V případě nárazu na velkou hmotnou překážku (jiné vozidlo nebo pevná bariéra) k prodloužení deformační zóny a tím k větší šanci pohltit co nejvíce energie. Vak by měl být v ideálním případě v okamžiku nárazu plně nafouknut tak, aby v následné fázi nehody došlo k jeho postupnému vyprazdňování. Po úplném vyfouknutí vaku by došlo ke klasické deformaci přední části karosérie, ovšem už s menší energií [42].

Pro správnou funkci je nutné stanovit parametry, při kterých se má airbag spouštět (rychlost vozidla a vzdálenost od překážky), a pak také definovat způsob řízeného vyprazdňování vaku (určení velikosti výfukových otvorů, jejich umístění) [42].

Technologie airbagů je dobře zvládnutá už v interiéru vozidel, problémy mohou být ve správné volbě materiálu. Smýkání po vozovce nebo náraz na tvrdou členitou překážku (na rozdíl od opření lidského těla do vaku) už vyžaduje vysoce odolné materiály [42].

Další důležitou věcí je nutnost osadit automobil senzory, které by detekovaly kritické situace. Zde by zřejmě bylo možné využít při vhodném naprogramování senzory využívané jako aktivní prvky bezpečnosti vozidel („Pre-crash“ systémy pro odvrácení střetu).

Obrázek 10 - Schéma automobilu s předním airbagem [převzato z 42]



Absorbující nárazník

Jako další možnost ke snížení následků nárazu se jeví použití tzv. absorbujících nárazníků. Účelem těchto absorbujících nárazníků je převést kinetickou energii nárazu pomocí nekonvenčních řešení na jiný druh energie, než je deformační energie karoserie.

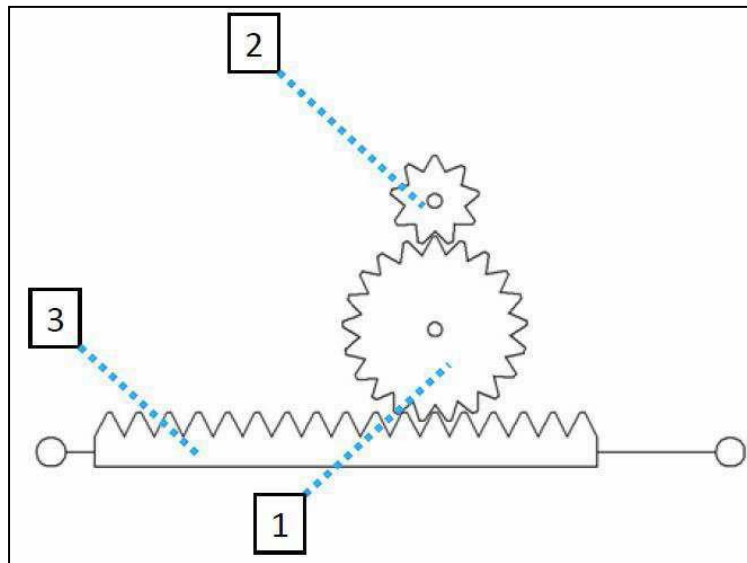
Absorbující nárazníky se umísťují před vozidlo tak, aby byly schopny co nejlépe absorbovat energii z čelního nárazu. Pro správnou funkci systému je tedy důležité postavení vozidel při střetu. Pokud se bude jednat o přímý čelní náraz, bude systém fungovat správně. Pokud ovšem dojde k šikmému čelnímu nárazu, logicky se účinnost systému sníží [42].

Koncepce absorbujících nárazníků:

- EPAR (polský akronym Energy accumulating - dispersing converter). Technicky je tento systém řešen dle obr. 18. Přímocharý pohyb narážející hmoty je převeden na rotační pohyb akumulátoru pomocí ozubeného hřebene 3, který roztáčí převodové ozubené kolo 1. Toto ozubené kolo tvoří převod s ozubeným kolem 2 pohánějícím akumulátor energie (setrvačnick), který se díky tomuto převodu roztočí a pohlcuje se v něm kinetická energie vzniklá přímočarým pohybem hřebene [42].

V automobilech se prozatím neuplatňuje (probíhá vývoj), z části je to zřejmě díky tomu, že obsahuje spoustu mechanických dílů, pro něž už nezbyvá v přední části vozu mnoho volného prostoru. Pravděpodobně zajímavěji by celá koncepce vypadala, kdyby se systém modifikoval s pomocí elektrických součástí, tak aby náročnost na zástavbový prostor byla menší.

Obrázek 11 - Mechanické schéma absorbérů kinetické energie [převzato z 42]



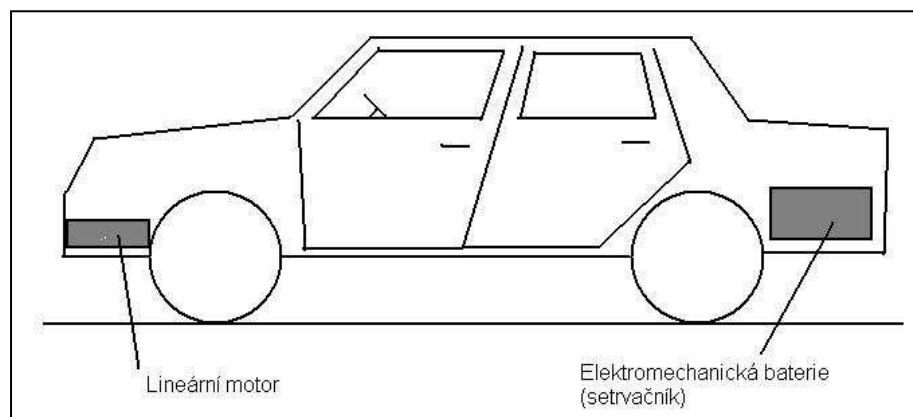
- Lineární motor - Hlavním prvkem celého systému by byl lineární motor, který by nahrazoval funkci ozubeného hřebene systému EPAR. Jedná se o lineární motor, který firma Bose využívá ve vývoji svých inteligentních tlumičů [42].

Konstrukčně je motor řešen tak, že hlavní částí je magnetický válec, na nějž se osazuje cívka. Pokud se na cívku přivede elektrická energie, začne se magnetický válec pohybovat. Pomocí přesného elektronického řízení, dokážou tlumiče efektivně pohlcovat jakékoliv nerovnosti. V tomto případě bude motor použit opačným způsobem, tzn. ve funkci generátoru elektrické energie. Pohybem válce uvnitř cívky se bude vytvářet elektrická energie, kterou bude možno dále využít [42].

Elektrickou energii by bylo možno naakumulovat například do elektromechanické baterie, která umožňuje přeměnit elektrickou energii na mechanickou a tuto energii po omezenou dobu akumulovat. Uloženou mechanickou energii lze následně zpět přeměnit na elektrickou a využít v jiných částech vozidla. Tato myšlenka je používána v současnosti ve vozech Formule 1 pod názvem KERS (Kinetic Energy Recovery System) [42].

Jedná se v podstatě o náhradu mechanického systému EPAR. Lineární motor je uložen v přední části vozu, magnetický válec je vysunut. Elektromechanická baterie může být uložena v podstatě kdekoliv, ale jelikož v přední části je vlivem přítomnosti spalovacího motoru minimum místa, jeví se jako vhodné umístění v zadní části vozidla v zavazadlovém prostoru. Při nárazu dojde k deformaci přídě a zasunutí magnetického válce dovnitř cívky, čímž se vytvoří elektrická energie nutná pro pohon setrvačníku. V něm se následně energie naakumuluje [42].

Obrázek 12 - Schéma osobního automobilu s lineárním motorem a elektromechanickou baterií [převzato z 42]



Posuvná sedadla

Další z možností jak zvýšit stupeň ochrany posádky automobilu při nárazu je posunout cestující proti pohybu vozidla. Milan Matějka ve své diplomové práci popisuje variantu s použitím dvou lineárních motorů [42].

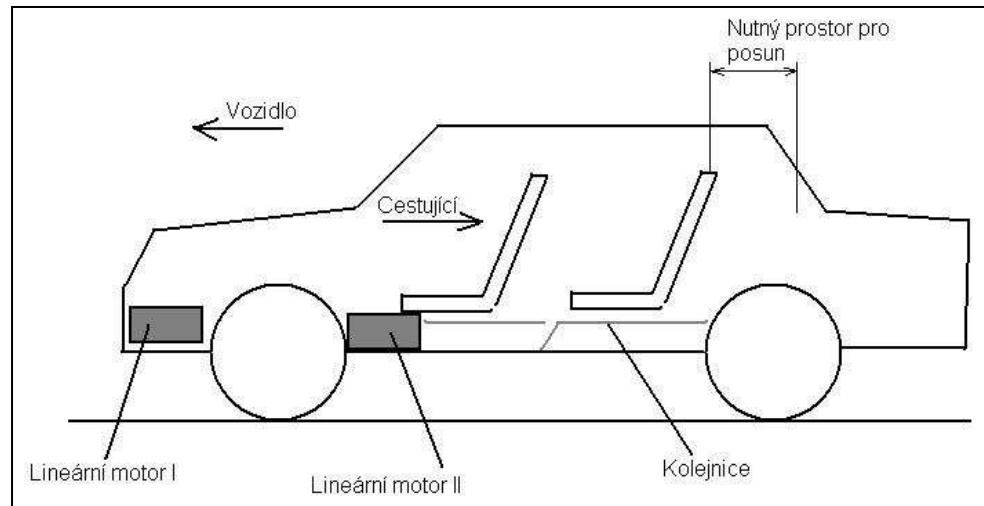
První lineární motor by byl umístěn v přední části vozu a plnil by funkci absorberu kinetické energie a následně funkci elektrogenerátoru [42].

Druhý lineární motor by byl umístěn v oblasti podlahy interiéru vozidla a plnil by funkci motoru. Pomocí přijaté energie z prvního motoru by byl schopen pohybovat s cestujícími proti pohybu vozidla. Při přesně řízeném pohybu by došlo k nárůstu délky deformační zóny, zmařilo by se více energie a tím by pokleslo zatížení působící na cestující [42].

Možným konstrukčním řešením této varianty by mohly být posuvné sedačky. Byly by opatřeny kolejničkami, umožňující jejich pohyb. Druhým, ale technicky velmi složitým řešením by mohlo být ovládání pohybu celého vnitřního prostoru pro cestující.

V současné době je možné se domnívat, že koncepci druhé z výše uvedených variant použili ruští inženýři ve svém novém tanku T-15. Dle dostupných zdrojů není posádka tanku umístěna ve věži, nýbrž sedí dole na místě řidiče ve speciální obrněné kapsli, která má údajně speciální aktivní tlumicí systém na principu protipohybu, jenž chrání tankisty před smrtícím zrychlením při nárazu [49].

Obrázek 13 - Schéma osobního automobilu se systémem protipohybu [převzato z 42]



3.3 Zóna 3 - Prvky pasivní bezpečnosti klasické

Tato kapitola obsahuje konvenční prvky pasivní bezpečnosti. U konkrétních bezpečnostních prvků jsem popsal jejich úkol a požadavky na ně z hlediska potřeb řidiče seniora.

Tabulka 4 - Technologie konvenčních prvků pasivní bezpečnosti [zdroj - autor]

Technologie	Úkol	Požadavky z pohledu potřeb seniora
Bezpečnostní vaky-airbagy	Co nejefektivněji pohltit energii nárazu a minimalizovat zranění cestujících.	<ul style="list-style-type: none"> • maximální počet airbagů a nafukovacích clon ve vozidle • kombinace maximálně efektivní bezpečnosti a šetrnosti k tělesné schránce seniora (adaptivní airbagy)
Aktivní opěrky hlavy	V případě nárazu zezadu zajistit vysunutí opěrky vpřed, co nejbližší k pasažérovu týlu a tím minimalizovat zranění krční páteře.	<ul style="list-style-type: none"> • poskytovat seniorovi oporu nejen v případě nárazu • nevyžadovat nutnost nastavení pro správnou funkci ochrany - • ergonomicky maximálně adaptivní
Zádržný systém	Úkolem zádržného systému je držet cestujícího při zpědomání způsobeném nárazem. Kinetická energie cestujícího je tak zachycena jako práce zádržného systému. Zároveň však musí	<ul style="list-style-type: none"> • šetrnost vůči trupu - maximalizace styčné plochy pásu těla (bezpečnostní pás s integrovaným airbagem) • činnost předepínání a

	být dodrženy biomechanické limity a dopředný posuv musí být udržen v patřičných mezích v rámci geometrie vnitřního prostoru vozidla.	následného uvolňování bezpečnostního pásu přizpůsobena křehčí tělesné schránce
Konstrukce prostoru pro cestující	Ochrana posádky automobilu před zraněními způsobenými deformací karoserie. Zajistit co nejmenší deformaci a nejvyšší pevnost ochranné klece kolem posádky.	<ul style="list-style-type: none"> • Maximálně pevná ochranná konstrukce vysoké pevnosti z oceli legované borem
Deformační zóny karoserie	Pohltnit a ztlumit energii nárazu.	<ul style="list-style-type: none"> • Maximální velikost (plocha, objem) deformačních zón - vozidlo typu SUV.
Sedadlo	Poskytovat řidiči oporu při jízdě. Udržovat posez komfortní a ergonomický. Udržet ho na místě v případě nárazu. Mírnit následky nárazu.	<ul style="list-style-type: none"> • absorpce energie v prostoru mezi sedadlem a jeho rámem • přizpůsobení se řidičovu tělu (co největší plocha styku s tělem)

3.4 Zóna 4 - Doplnky prvků pasivní bezpečnosti určené pro starší řidiče a cestující

V následující kapitole jsem navrhl některé doplňky pasivní bezpečnosti určené pro starší řidiče a cestující.

Výztuha trupu řidiče

Vzhledem k tomu, že u řidičů ve starším věku roste riziko poranění trupu a páteře při nárazu, lze uvažovat o řešení cestou "vyztužení" jejich těla. Jako jedno z řešení se nabízí systém bezpečnostní vesty s integrovaným airbagem (airbagy), které se již několik let používají ke zvýšení úrovně bezpečnosti motocyklistů.

Největším problémem je zařídit to, aby se bezpečnostní vesta nafoukla včas a po celou dobu nárazu zůstala nafouklá. Existují dvě alternativy, které se rozdělují podle iniciace nafouknutí.

První verze funguje tak, že si jezdec připne jakousi pojistku k motocyklu a jakmile dojde k nárazu, natáhne se příslušné lanko a tím se airbag aktivuje (princip otevření padáku). Reakční doba tohoto druhu provedení je přibližně 250 ms^{-1} .

Druhé provedení systému nafukovací vesty používá dva druhy senzorů, z nichž první se umísťuje na přední vidlice (přední senzor) a druhý se montuje pod sedlo motocyklu (boční senzor). Oba tyto senzory spolu komunikují prostřednictvím SIM karty. Pokud vyhodnotí, že došlo k nárazu, aktivují systém plnění bezpečnostní vesty chladným vzduchem (je integrován ve vestě) a za 35 ms^{-1} dojde k plnému naplnění airbagu nafukovací vesty. Výhodou tohoto systému je, že není nutné žádné mechanické spojení jezdce s motocyklem. Nevýhodou je, že vesta bude fungovat pouze na jednom stroji [50].

Následující obrázek zobrazuje konkrétní produkt renomovaného výrobce motocyklového oblečení. Je dobře viditelné, že vystřelený ochranný vak ochraňuje trup, záda, klíční kosti, ramena a krční páteř motorkáře.

Obrázek 14 - Airbag motocyklové bezpečnostní [převzato z 50]



Pro účel použití v osobních automobilech jako ochrana starších řidičů při nárazu by bylo možné toto provedení upravit. Použil by se stávající tvar vesty, ale snížil by se objem vaku pro zádovou část a pro ochranu krční páteře a naopak by se přidal materiál na bocích hrudníku. Snížení objemu vaku v oblasti zad je z důvodu nutnosti styku sedadla a těla řidiče, které mu vytváří oporu. Snížení objemu vaku v oblasti krční páteře by bylo ze stejného důvodu jako v oblasti zad a to kvůli práci hlavové opěrky. Propojení vaku na bocích vesty by sloužilo ke zpevnění celé vesty a k ochraně při bočním nárazu do vozidla.

Aktivace by fungovala prostřednictvím stejného nebo jiného bezdrátového systému, který by ovládala např. jednotka ESC při signálu z nárazového čidla, měřiče zpomalení, anebo informací od radarového snímače. Také je nutné zajistit, aby se těsně před nafouknutím ochranné vesty uvolnil bezpečnostní pás.

Materiál prvků interiéru

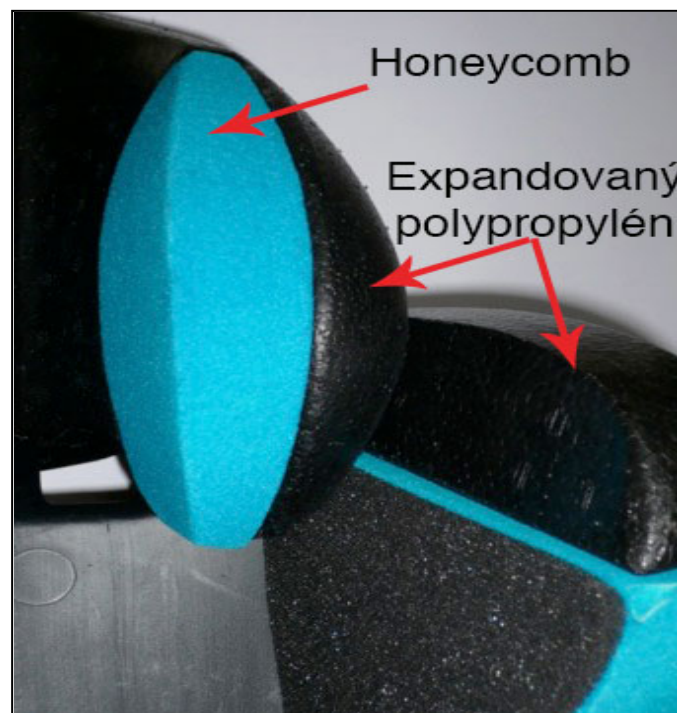
Na zvýšení stupně bezpečnosti seniorů uvnitř automobilu zvláště při lehčích nárazech má také vliv použitý materiál prvků v interiéru vozu.

Například výrobce dětských autosedaček Kiddy používá k zajištění bezpečnosti cestujících místo běžně používaného expandovaného polystyrénu (EPS; naprostá většina autosedaček i renomovaných výrobců) expandovaný polypropylén (EPP). Expandovaný polypropylén se vyznačuje výbornými mechanickými vlastnostmi a vysokou schopností absorpce kinetické energie [51].

Ve srovnání s křehkým a drolicím se expandovaným polystyrénem (EPS), je EPP pružný a soudržný. EPP se často používá v automobilovém průmyslu na díly s vysokou mechanickou odolností, která je kombinována s extrémní schopností absorpce kinetické energie. První aplikace EPP v konstrukci automobilů byly v roce 1992 do nárazníků automobilů Volvo. V dnešní době se díly z EPP používají také ve dveřních výplních, jsou z nich vyráběna dna zavazadlových prostorů a mnoho dalších částí vozidel [51].

V místech potřeby zvýšené ochrany (oblast hlavy, ramen, kyčlí) používá Kiddy materiál Honey Comb V2. Tento extrémně absorbující materiál s voštinovou strukturou podobnou včelím plástvím poskytuje při malých rozměrech vysokou absorpci kinetické energie. Honey Comb absorbuje 5x více než stejně silný EPS. Třicentimetrová vrstva tak vydá za 15 cm EPS. Optimalizované umístění Honey Combu zajišťuje, že v případě bočního nárazu poskytuje nejlepší možnou ochranu [51].

Obrázek 15 - Materiály dětské autosedačky Kiddy [převzato z 51]



Nafukovací bezpečnostní pásy

Toto inovativní řešení spojuje přednosti tradičního bezpečnostního pásu a airbagu. Nafukovací bezpečnostní pás rozloží energii nárazu do pětikrát větší plochy těla než tradiční pás, což vede k menšímu zatížení hrudníku a snižuje riziko nekontrolovatelného pohybu hlavy a krku cestujícího. K těmto typům zatížení dochází častěji právě u lidí, kteří sedí na

zadních sedadlech, protože to nezřídka bývají děti či senioři a navíc je nechrání tradiční nafukovací vak [52].

V případě čelního nebo bočního nárazu dokáže tento pás lépe udržet cestujícího ve správné pozici, protože je širší. K aktivaci airbagu integrovaného do bezpečnostního pásu dojde předtím, než se nafouknou airbasy vpředu [52].

Airbasy v bezpečnostních pásech mají válcový tvar a nafukují se stlačeným chladným plynem, který do nich proudí skrz speciálně konstruovanou sponu z nádržky uložené pod sedadlem. Jakmile se začne plnit vzduchem, prorazí airbag textilií bezpečnostního pásu a roztáhne se do stran okolo trupu cestujícího – to vše za přibližně stejnou dobu, za jakou automobil jedoucí běžnou dálniční rychlostí urazí dráhu jednoho jediného metru [52].

Obrázek 16 - Nafukovací bezpečnostní pásy [převzato z 52]



Dveřní výztuha Pre - Safe Structure

Jedním ze systému ve fázi vývoje v oblasti deformačních zón patří tzv. Pre - Safe Structure. Jde o speciální kovové profily, které jsou uloženy ve výztuhách karoserie. V případě, kdy je senzory zaznamenán náraz a řídicí jednotka vyhodnotí tuto skutečnost jako kritický stav, je aktivován generátor plynu a výztuhy se nafouknou. Jejich nafouknutí trvá několik milisekund. Tlak v těchto výztuhách dosahuje 1 - 2 MPa. Výztuhy dokážou udržet 100 kg zátěž. Jejich funkce se dá přirovnat k funkci airbagu, ale s tím rozdílem, že jsou z kovového materiálu a výztuhy se nevyfukují [53].

Obrázek 17 - Dveřní výztuha Pre - Safe structure [převzato z 53]



4 EKOLOGICKÝ PŘÍNOS DIPLOMOVÉ PRÁCE

Předpokládá se, že řidiči - senioři budou dodržovat maximální povolené rychlosti v obci (50 km/h), mimo obec (90 km/h) a mírně vyšší rychlostí pojedou na dálnici. Analýza v první části ukazuje, že řidiči senioři nemají problém s neukázněným chováním a nedodržováním předepsané rychlosti v silničním provozu.

Vzhledem k této skutečnosti lze tedy uvažovat s využitím bezpečnostních systémů, které dokážou nehodě zabránit, např. systémy nouzového brzdění, nebo minimalizovat její následky, z hlediska poškození automobilu. To znamená například využití absorbérů na principu vzduchových vaků, lineárních motorů, atd., s minimem destrukce materiálu a případnou akumulací kinetické energie při nárazu. Tato řešení minimálně poškozují životní prostředí a mohou být nazývána ekologická.

Naopak klasická řešení (absorpce kinetické energie při nárazu deformačními zónami) je možno považovat za neekologická. I při nízkých rychlostech nárazu dochází k deformacím, při vyšších rychlostech k destrukci automobilu a k úniku pohonných a provozních hmot v místě dopravní nehody. Uniklé kapaliny z poškozeného vozidla se musí asanovat a poškozené části automobilu je nutno přepravit k likvidaci (recyklace, rekuperace, skládkování,...). Všechny tyto činnosti nadměrně zatěžují životní prostředí a spotřebovávají mnoho energie.

Dále je nutno se zaměřit na skutečnost, že senioři často jezdí se staršími vozy. Tyto automobily nadměrně zatěžují životní prostředí. Znečišťují ovzduší množstvím emisí, které produkují, protože v době, kdy byly konstruovány, se na ekologii automobilu nebral takový zřetel, a také nebylo možné využít dnešní technologie pro redukci emisí spalovacích motorů. Existuje předpoklad, že tyto starší vozy potřebují častější servisní zásahy a mají vyšší spotřebu pohonných i provozních hmot. Autoopravna je neekologičtější pokud se v ní co nejméně opravuje, tzn. v ideálním případě pouze servisní prohlídky osahující běžné servisní úkony a případně výměna vadného komponentu. U starších vozidel je často nutno provádět rozsáhlé demontáže a opravy, které jsou neekologické.

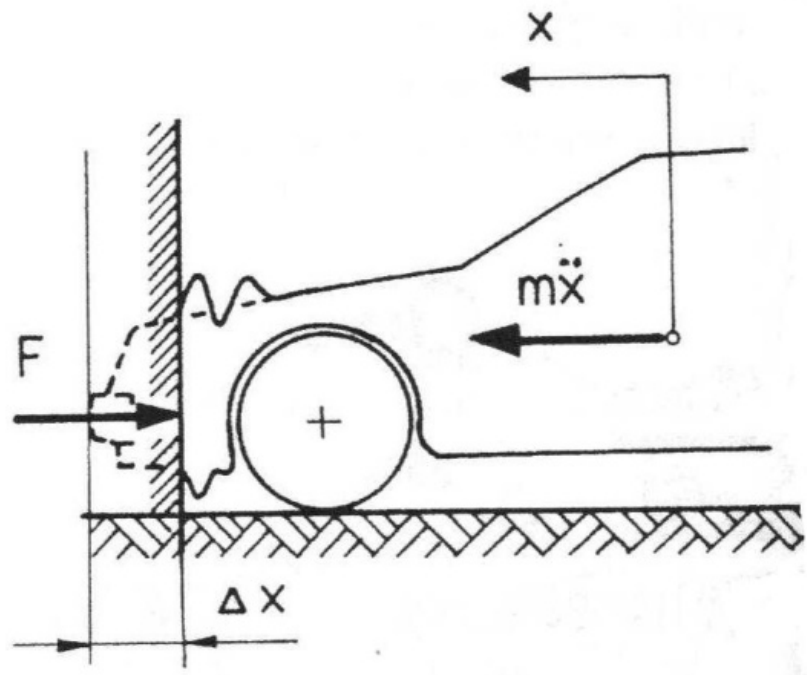
Z hlediska bezpečnosti seniorů a ekologického zatížení životního prostředí je důležité, aby používali nové, moderní osobní automobily, které jim oproti starším opotřebovaným vozům poskytnou několikanásobně vyšší úroveň bezpečnosti a komfortu s nižšími provozními náklady.

5 MODELOVÝ PŘÍKLAD ČELNÍHO NÁRAZU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S ŘIDIČEM SENIOREM

5.1 Deformační charakteristiky přídě

Matematicky lze náraz vozidla na pevnou překážku popsat jednoduchým dynamickým modelem viz obrázek 18. Předpokladem je plně plastický ráz, tzn. že koeficient restituce (poměr nárazové rychlosti k rychlosti odrazu na pevné bariéře) je roven nule. Ve skutečnosti ovšem dochází i k elastickým deformacím, dochází k zpětnému vypružení karosérie a koeficient restituce může dosahovat hodnoty okolo 0,1. Popišme si situaci bez použití nekonvečních prvků [42].

Obrázek 18 - Dynamický model nárazu vozidla na pevnou překážku [převzato z 42]



Pro náraz na pevnou bariéru lze napsat pohybovou rovnici ve tvaru

$$m \cdot \ddot{x} + F = 0$$

Na průběh nárazu vozidla bude mít vliv průběh deformační síly F . Dle [1] a [4] lze uvažovat tři možné závislosti.

a) **Deformační síla je konstantní během celé deformace** – $F = konst = m \cdot a_{\max}$

Z energetické rovnice vychází

$$F \cdot \Delta x_{\max} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 \Rightarrow \Delta x_{\max} = \frac{v_0^2}{2 \cdot a_{\max}}$$

b) **Deformační síla úměrná deformaci** - $F = c \cdot \Delta x$ **a zároveň** $F_{\max} = m \cdot a_{\max}$

Energetická rovnice rovnováhy
bude mít tvar

po integraci a úpravě

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \int_0^{\Delta x_{\max}} c \cdot \Delta x \cdot dx \qquad \Delta x_{\max} = \frac{v_0^2}{a_{\max}}$$

c) **Deformační síla závislá na rychlosti deformace** - $F = k \cdot \Delta \dot{x}$

Pohybová rovnice má v tomto případě tvar ($\Delta x = x$)

$$m \cdot \ddot{x} + k \cdot \dot{x} = 0$$

Řešení pro posuv nedeformované části vozidla vyjde ve tvaru

$$x = v_0 \cdot \frac{m}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m} t} \right), \text{ tedy } \dot{x} = v_0 \cdot e^{-\frac{k}{m} t}$$

Maximum deformační rychlosti nastane v momentě nárazu ($t = 0$), kdy

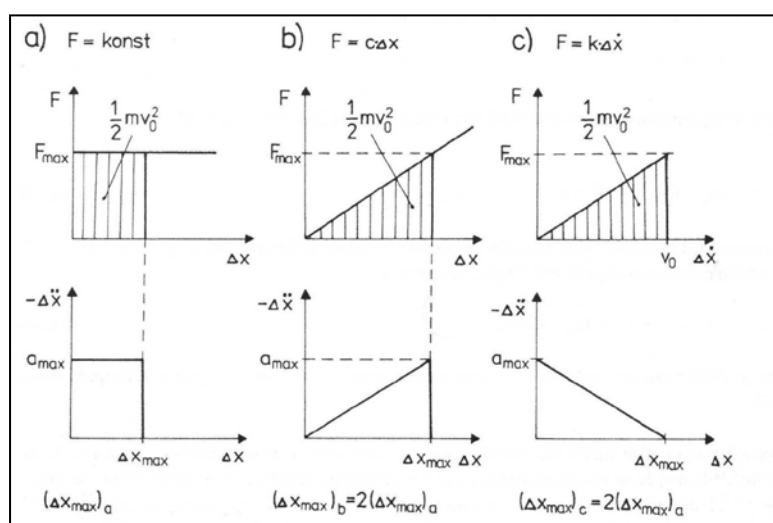
$$\Delta \dot{x}_{\max} = v_0$$

Aby byla splněna podmínka $\ddot{x}_{\max} = a_{\max}$, musí platit $k = \frac{m \cdot a_{\max}}{v_0}$, maximální

$$\text{deformace (pro } t \rightarrow \infty) \text{ je potom } \xi_{\max} = \frac{v_0^2}{a_{\max}}$$

Na obrázku 19 jsou průběhy deformačních sil a deformačních zrychlení v závislosti na deformaci [42].

Obrázek 19 - Deformační síly a zpoždění v závislosti na deformační charakteristice přídě [převzato z 42]



Legenda k obrázku:

a – deformační síla konstantní, b – deformační síla úměrná stlačení přídě, c – deformační síla úměrná rychlosti stlačování přídě

Z průběhů vyplývá, že při závislosti deformační síly na deformaci nebo rychlosti deformace vychází velikost deformační zóny dvojnásobná, než v případě konstantní deformační síly. Z hlediska průběhu maximálního zpoždění jsou nevhodné varianty s konstantní deformační silou a se závislostí na rychlosti deformace (maximální zpoždění v okamžiku nárazu).

Při využití nekonvenčních prvků dojde ke změnám, které ovlivní velikost výsledného zpoždění. V případě absorbujícího nárazníku dojde k úpravě energetické rovnice (x.1) na tvar

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 + \int_0^{\Delta x_{\text{max}}} F \cdot dx, \text{ kde}$$

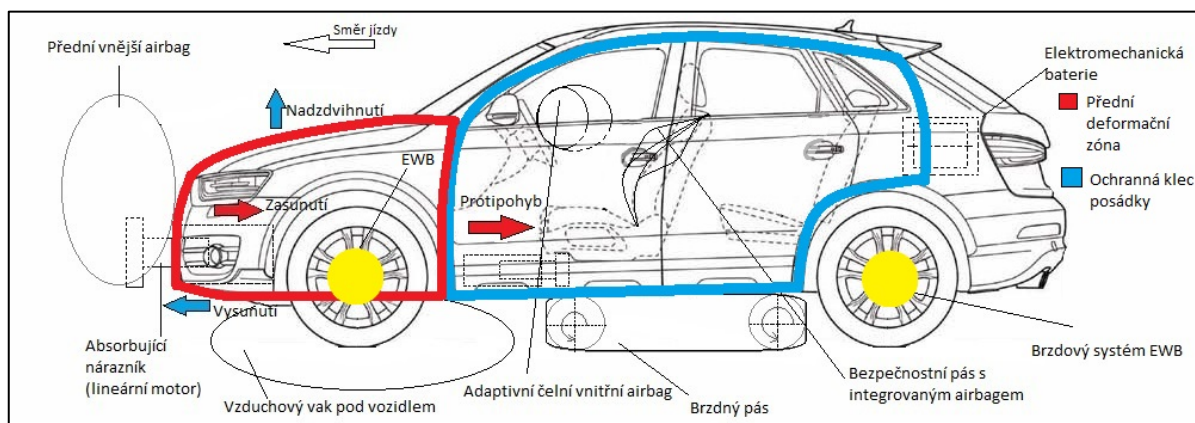
I [$\text{kg} \cdot \text{m}^2$] je moment setrvačnosti setrvačnicku a ω [s^{-1}] je jeho úhlová rychlost.

Z rovnice vyplývá, že část celkové kinetické energie nárazu je naakumulována do setrvačnicku a deformační zóna musí pohltit méně energie, což má za následek nižší zpoždění působící na cestující. V případě airbagů je výsledek v podstatě úplně stejný, opět dojde ke snížení zpoždění. U podlahového airbagu je to cestou snížení nárazové rychlosti v_0 (vytvoří se méně kinetické energie), u předního airbagu je to prodloužením deformační zóny (větší dráha na pohlcení kinetické energie).

5.2 Průběh čelního nárazu s řidičem seniorem

1. Signalizována pevná překážka.
2. Zahájeno samočinné brzdění nebo brzdění z popudu řidiče prostřednictvím systému EWB.
3. Zpomalení je vyhodnoceno jako málo účinné, dochází k přitažení bezpečnostního pásu, nastavení sedadla do přednehodové pozice a k přiblížení hlavových opěrek k týlu řidiče.
 - a) Aktivuje se vzduchový vak pod vozidlem
 - b) Dojde vysunutí brzdného pásu
4. I tak je zpomalení vyhodnoceno jako nedostačující. Je předpokládán náraz do pevné překážky. Dojde k jedné z níže uvedených variant.
 - a) Aktivují se přední vzduchové vaky před automobilem.
 - b) Dojde k vysunutí předního absorbujícího nárazníku.
 - c) Aktivují se adaptivní vnitřní přední airbagyU prvních dvou variant dojde také k aktivaci airbagu v bezpečnostním pásu.
5. Náraz je příliš silný a dochází k deformaci přední části vozidla. Jsou deformovány deformační zóny, ale ochranná klec kolem cestujících zůstává bez větší deformace.
6. Zpomalení je vyhodnoceno jako nepřijatelné pro řidiče seniora a je aktivován systém korekce protipohybem sedadla (airbag v bezpečnostním pásu je stále plně nafouklý).
7. Náraz je u konce, ochranná klec je stále bez větší deformace. Aktivuje se multikolizní brzda, aby se předešlo další nehodě pohybem vozidla.
8. Systém E-call informuje příslušné záchranné složky o nehodě a sdělí jim důležité informace.

Obrázek 20 - Schéma osobního automobilu se znázorněním prvků aktivovaných při čelním nárazu [upraveno z 48]



6 ZÁVĚR

Problematika bezpečnosti seniorů v roli řidičů a spolujezdců v osobních automobilech se stává téměř každým dnem aktuálnější. Je to způsobeno především globálním stárnutím populace a vývojem společnosti. Pokud si chce senior ve stáří zachovat fyzické i duševní zdraví, nezávislost a soběstačnost, je v některých případech pravidelné používání automobilu nezbytné. Automobil umožňuje starším lidem s fyzickým omezením zachovat si určitou nezávislost. Mohou se samostatně dopravit na kratší vzdálenosti, jako například k lékaři, do obchodu, ale i na delší vzdálenosti např. za svými kamarády a rodinami, kteří často bydlí daleko.

Tyto výše uvedené přednosti jsou však vykoupeny jejich zranitelností při případné dopravní nehodě. Statistiky jasně ukazují, že starší řidiči mají vyšší pravděpodobnost úmrtí nebo těžkého zranění, než ostatní účastníci silničního provozu. Je to dáno přirozeným procesem stárnutí, kdy se tělesná schránka stává křehčí, řidič senior tedy zranitelnější.

Proces stárnutí s sebou nepřináší jen chřadnutí tělesné schránky. Chřadne bohužel i její obsah, z čehož je pro řízení automobilu je nejdůležitější mozek. Řízení motorového vozidla v dnešní úrovni hustoty provozu je poměrně složitý (komplexní) úkol. Značná část seniorů tedy již nezvládá vnímat všechny potřebné informace každé unikátní dopravní situace a adekvátně se jim přizpůsobit. Je to způsobeno klesající úrovní exekutivních funkcí v průběhu stárnutí. Exekutivní funkce jsou odpovědné za regulaci a kontrolu kognitivních procesů, včetně pracovní paměti, logického myšlení, řešení problémů, jakož i plánování. S věkem dochází i k poklesu různých rozměrů pozornosti, jako je vizuální pozornost, selektivní pozornost, rozdělená pozornost, udržení pozornosti (tj. bdělost) a přesouvání pozornosti z jednotlivých podnětů.

V tomto ohledu mohou snížené schopnosti seniorů posílit asistenční systémy ve osobních vozidel vybavě vozidel. Z analýz uvedených v této práci je patrné, že asistenčních systémů, které by mohly pomoci seniorům s jejich specifickými problémy při řízení automobilu, je na trhu poměrně velké množství.

Plně vybavený automobil těmito asistenčními systémy může riziko nehody ve většině případů značně snížit. Technologie v dnešní době jsou na vysoké úrovni a je tedy možné si za peníze koupit vyšší úroveň bezpečí. Bohužel velká část seniorů si nemůže dovolit investovat značný obnos finančních prostředků do koupi "bezpečného vozu". Musí se tedy spokojit s cenově dostupnějšími variantami nových vozů. I v tomto případě, ale tyto cenově dostupnější

varianty, nabízejí oproti starším vozům poměrně vysokou úroveň bezpečnosti, která je daná moderní konstrukcí karoserie, výbavou základními systémy aktivní bezpečnosti a systémy pasivní bezpečnosti na přijatelné úrovni.

Oblast aktivní bezpečnosti v automobilech se vyvíjí cestou stále propracovanějších, propojenější a složitějších elektronických systémů, které spolu navzájem budou tvořit systém inteligentní dopravy. Jedná se především o bezdrátové propojené (komunikaci) vozidel mezi sebou (V2V) navzájem a komunikaci s infrastrukturou (V2I). V současné již různí výrobci testují vozidla, která nepotřebují řidiče. Vozidla bez řidiče se v blízké budoucnosti mohou stát běžnou záležitostí a současné statistiky nehodovosti by mohla srazit ke dnu.

Naopak oblast pasivní bezpečnosti vozidel takový rozmach jako oblast aktivní bezpečnosti nevykazuje. Mým názorem je, že se výrobci snaží stále zdokonalovat stávající konvenční systémy, které vznikly i před desítkami let a není kladen takový důraz na vývoj a integraci alternativních pasivních bezpečnostních systémů. Může to být dáno tím, že hlavní důraz je v dnešní době dán na schopnost vozidla aktivně pomáhat řidiči a zabránit případné dopravní nehodě, což je samozřejmě cesta správným směrem. Dle mého názoru, již v blízké budoucnosti nebude prvků pasivní bezpečnosti zapotřebí.

Mým úkolem v této diplomové práci bylo navrhnout prvky aktivní a pasivní bezpečnosti, které jsou speciálně vhodné nebo určeny pro bezpečnostní výbavu osobních automobilů užívaných seniory. Tento návrh jsem provedl v závěrečné části práce. Také jsem se zaměřil na výběr typu vozidel, která by byla pro seniory vhodná. Dále jsem se zaměřil na problematiku ochrany životního prostředí z hlediska jeho poškozování provozováním starších automobilů. V poslední kapitole této práce jsem vytvořil a ilustroval modelovou situaci průběhu čelního nárazu na pevnou překážku s řidičem seniorem ve vozidle.

Oblast bezpečnosti seniorů v silničním provozu je velice široká. Tato práce slouží jako jakýsi úvod do této problematiky a vymezuje jednotlivé příležitosti ke zlepšování bezpečnosti v konkrétních oblastech automobilové bezpečnosti. Je zaměřena především na ochranu řidiče a posádky vozidla. Jednotlivé problematiky, které jsou v práci uvedené by mohly sloužit jako námět k dalším, více specializovaným, diplomovým pracím.

Nejvíce obsáhlou skupinou ve statistikách úmrtí seniorů v silničním provozu jsou však chodci. Je tedy důležité se této problematice věnovat komplexně, to znamená z pohledu správně nastavené legislativy začínaje a kondičními jízdami pro seniory konče.

7 SEZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH CITACÍ

1. MAREK, Vlastimil a Iveta HLOŽKOVÁ. Mladí řidiči a senioři. PARÁKOVÁ, Kamila a Pavel ŘEZÁČ. *Observatoř bezpečnosti silničního provozu* [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/mladi-ridici-a-seniori/>
2. KUBITZKI, Jörg a Timmo JANITZEK. Safety and Mobility of Older Road Users [elektronicky, pdf]. Munich: Allianz Deutschland AG, 2009, 157 s. [cit. 18.3.2015]. Dostupné z: http://archive.etsc.eu/documents/Safety%20and%20Mobility%20of%20Older%20Road%20Users%20Final%20Report%202009_English.pdf
3. Je starší řidič za volantem rizikovým prvkem silničního provozu?. In: REHNOVÁ, Vlasta. *Observatoř bezpečnosti silničního provozu* [online]. 2007 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.czrso.cz/clanky/je-starsi-ridic-za-volantem-rizikovym-prvkem-silnicniho-provozu/>
4. Řidičem až v důchodu. A proč ne?. In: POŠTULKOVÁ, Michaela. *Žijeme naplno.cz* [online]. 2014 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.zijemenaplno.cz/Clanky/a514-Ridicem-az-v-duchodu-A-proc-ne.aspx>
5. INTERNATIONAL TRAFFIC SAFETY DATA AND ANALYSIS GROUP. Road Safety Annual Report 2014. Road Safety Annual Report 2014 [online]. Paris, 2014 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/7514011e.pdf?expires=1427137713&id=id&accname=guest&checksum=D7306E8FF2562EB3FFAC53D07266960B>
6. BESIP - MINISTERSTVO DOPRAVY. Senior. Senior [online]. 2014 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/senior>

7. BESIP - MINISTERSTVO DOPRAVY. Věk a praxe v řízení: Základní statistické ukazatele ve formě komentovaných grafů. Věk a praxe v řízení: Základní statistické ukazatele ve formě komentovaných grafů [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: https://www.chomutov-mesto.cz/?download=_/m-om-dopravni/priloha-c.-1---dopravni-nehody-dle-v-ku-a-ridicke-praxe.pdf

8. JOHANNSEN a Gerd MÜLLER. ACCIDENT AND INJURY RISKS OF ELDERLY CAR OCCUPANTS. ACCIDENT AND INJURY RISKS OF ELDERLY CAR OCCUPANTS [online]. 2013 [cit. 2015-03-31]. Dostupné z: <http://www-esv.nhtsa.dot.gov/Proceedings/23/files/23ESV-000223.PDF>

9. CHAPARRO, A, JM WOOD a T CARBERRY. Effects of Age and Auditory and Visual Dual Tasks on Closed-Road Driving Performance: Optometry and Vision Science [online]. 2005 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://journals.lww.com/optvissci/Fulltext/2005/08000/Effects_of_Age_and_Auditory_and_Visual_Dual_Tasks.18.aspx

10. STAPLIN, L, K BALL, D PARK, L.E. DECINA, K.H. LOCOCO, K.W. GISH a B KOTWAL. Synthesis of Human Factors Research on Older Drivers and Highway Safety: Older Driver Research Synthesis. 1998. Dostupné také z: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/97094/97094.pdf>
<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/97094/97094.pdf>

11. GEORG RUDINGER, Kristina Kocherscheid. Ältere Verkehrsteilnehmer - Gefährdet oder gefährlich? Defizite, Kompensationsmechanismen und Präventionsmöglichkeiten. 1. Aufl. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2011. ISBN 3862348857.

12. EDER, K. Experimentelle Untersuchung des Reaktionsverhaltens älterer Pkw-Lenker. Berlin, 2005. Diplomová práce.

13. HAUTZINGER, Von Heinz, Manfred PFEIFFER a Jochen Schmidt. [Hrsg. Bundesanstalt für Strassenwesen. Red. Referat ÖFFENTLICHKEITSARBEIT]. Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am

- Unfallort: [Bericht zum Forschungsprojekt 82.221/2002]. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW, Verl. für Neue Wiss, 2006. ISBN 9783865095053.
14. THOMPSON, Alex, Mervyn EDWARDS, Marcus WISCH, Thorsten ADOLPH, Aleksandra KRUSPER a Rob THOMSON. Report detailing the analysis of national accident databases [online]. 2011 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.transport-research.info/Upload/Documents/201204/20120404_125405_55483_D1.1_FIMCAR_Accident_Analysis_final.pdf
 15. KENT, Richard, SHERWOOD, Chris, LESSLEY, David, OVERBY, Brian, MATSUOKA, Fumio. Age-related changes in the effective stiffness of the human thorax using four loading conditions [online]. 2014 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/236211028_Age-related_changes_in_the_effective_stiffness_of_the_human_thorax_using_four_loading_conditions
 16. Bizon, Nicu, Lucian Dascalescu, and Naser Tabatabaei. Autonomous vehicles : intelligent transport systems and smart technologies. Hauppauge, New York: Nova Science Publishers, Inc, 2014. Print.
 17. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/46/ES. 2007. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:32007L0046>
 18. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/661/ES. 2009. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/search.html?qid=1431894483927&text=661/2009/EC&scope=EURLEX&type=quick&lang=en>
 19. MINISTERSTVO DOPRAVY. Evropský parlament schválil nasazení systému pro automatické tísňové volání z paluby vozidla „eCall“: Tisková zpráva [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Media/Tiskove_zpravy/evropsky_parlament_schvalil_tisnove_volani_ecall.htm

20. Kovanda, J. Šatochin V. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02235-8
21. ECE Regulation 94. Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the occupants in the event of a frontal collision
22. Brennecke, F.: eCall systems functionalities' specification, 2013, v. 1.0
23. Kovanda, J., Riva, R. VEHICLE – HUMAN INTERACTION. Milano: Edizioni Spiegel, 1999. ISBN 88-7660-104-X
24. BISHOP, Richard. Intelligent vehicle technology and trends. Boston, MA: Artech House, c2005, xviii, 344 p. Artech House ITS library.
25. CHEN, Hong, GONG, Xun, HU, Yun-Feng, LIU, Qi-Fang, GAO, Bing-Zhao, GUO, Hong-Yan. Automotive Control: the State of the art and Perspective [online]. 2013 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874102913600336>
26. DELGROSSI, Luca a Tao ZHANG. Vehicle safety communications: protocols, security, and privacy. Hoboken: Wiley, 2012, xxvi, 372 p. Wiley series on information and communications technologies.
27. SAVARESI, Sergio M a Mara TANELLI. Active braking control systems design for vehicles. New York: Springer Verlag, 2010, xxi, 254 p. Advances in industrial control. ISBN 1849963495.
28. Vision-Based Advanced Driver Assistance: TI Hopes You'll Give Its Latest SoCs a Chance: The most trusted source of analysis, advice, and engineering for embedded processing technology and applications. [Http://www.bdti.com](http://www.bdti.com) [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.bdti.com/InsideDSP/2013/10/23/TI>
29. SAJDL, Jan. ACC (Adaptive Cruise Control). [Http://www.autolexicon.net/cs/](http://www.autolexicon.net/cs/) [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/acc-adaptive-cruise-control/>

30. Blind Spot Information System with Cross Traffic Alert. [Http://www.ford.com](http://www.ford.com) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/safety/blind-spot-information-system-with-cross-traffic-alert.html>

31. Preventivní bezpečnost. [Http://www.volvocars.com/cz](http://www.volvocars.com/cz) [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.volvocars.com/cz/vozy/modely/volvo-xc60/specifikace>

32. Active Blind Spot Assist: The Electronic Shoulder Check. [Http://www.daimler.com/en](http://www.daimler.com/en) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.daimler.com/dccom/0-5-1210218-1-1210314-1-0-0-1210228-0-0-135-0-0-0-0-0-0-0-0-0.html>

33. Driver Alert Control (DAC). [Http://support.volvocars.com](http://support.volvocars.com) [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://support.volvocars.com/uk/cars/Pages/owners-manual.aspx?mc=Y555&my=2015&sw=14w20&article=2e82f6fc0d1139c2c0a801e800329d> 4e<http://www.techhive.com/article/141603/article.html>

34. ATTENTION ASSIST. [Http://www.mbusa.com](http://www.mbusa.com) [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.mbusa.com/mercedes/benz/safety>

35. SAIDL, Jan. BMW Night Vision. [Http://www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net) [online]. 2011 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/bmw-night-vision-nocni-videni/Adaptivni-svetlomety>

36. VLK, František. Osvětlení motorových vozidel. Si-2006-05-292-300 [online]. 2008 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.sinz.cz/archiv/docs/si-2006-05-292-300.pdf>

37. ECall automatické tísňové volání z vozidla. [Http://www.czechspaceportal.cz](http://www.czechspaceportal.cz) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---dopravni-telematika/ecall/Multikolizní-brzda>

38. Multikolizní brzda. [Http://www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/multikolizni-brzda/>
39. Graja, M. Technický provoz vozidel silniční a městské hromadné dopravy 2013. Dostupné z: <http://portal.upce.cz>. Kapitola 9.4 - Silniční motorová vozidla bez řidičů?
40. Auto bez řidiče ujelo už 300 000 mil , řídí bezpečněji než člověk. [Http://www.zive.cz](http://www.zive.cz) [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/bleskovky/google-auto-bez-ridice-ujelo-uz-300-000-mil-ridi-bezpecneji-nez-clovek>
41. Vozy s autopilotem pomohou seniorům. [Http://www.lidovky.cz](http://www.lidovky.cz) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://byznys.lidovky.cz/uterni-ln-rusnokova-vlada-se-zapojila-do-antikampane-pct-/media.aspx?c=A131021_223221_ln-media_sm
42. MATĚJKA, Milan. Návrh koncepce osobního automobilu s nekonvenčními prvky pasivní bezpečnosti. Pardubice, 2012. Diplomová práce.
43. Bezpečnost posádky vozidla: Bezpečnost silničního provozu [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.vutbr.cz/usi/dokumenty/dokumenty-ke-stazeni-f23776/bezpecnost-vozidel-silnicniho-provozu-materialy-k-predmetu-d75943/08-bezpecnost-posadky-vozidla-pdf-p67169>. Učební text.
44. Cars In The Future : Passive Safety. [Http://www.rospa.com](http://www.rospa.com) [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.rospa.com/road-safety/advice/vehicles/cars-in-the-future/passive-safety/>
45. Electronic Brakes. [Http://www.topspeed.com](http://www.topspeed.com) [online]. 2006 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.topspeed.com/cars/car-accessories/electronic-brakes-ar15749.html>
46. Electric parking brakes (EPB). [Http://www.automotive-technology.co.uk](http://www.automotive-technology.co.uk) [online]. 2013 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.automotive-technology.co.uk/?p=1565>

47. The Mercedes-Benz ESF 2009 Experimental Safety Vehicle. [Www.emercedesbenz.com](http://www.emercedesbenz.com) [online]. 2009 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.emercedesbenz.com/autos/mercedes-benz/concept-vehicles/the-mercedes-benz-esf-2009-experimental-safety-vehicle/>
48. Audi Q3 quattro - dimensions. [Http://www.iamaudi.com](http://www.iamaudi.com) [online]. 2014 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.iamaudi.com/audi-q3-small-suv-the-little-audi-that-could/>
49. VODIČKA, Milan. Ruský tank T-15 střílí sám. A hodně daleko. Praha: MF DNES, 2015. Dostupné také z: <http://www.pressreader.com/czech-republic/dnes-prague-edition/20150507/281586649161593/TextView>
50. DAINESE. [Http://www.motoobleceni-dainese.cz](http://www.motoobleceni-dainese.cz) [online]. 2011 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.motoobleceni-dainese.cz/microsite/d-air-airbag/d-air-street>
51. KIDDY. [Http://www.kiddy.bejby.cz](http://www.kiddy.bejby.cz) [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.kiddy.cz/high-tech-materialy/o-kiddy/autosedacky-high-tech-materialy>
52. Rear Inflatable Seat Belts. Comfort_and_Protection.pdf [online]. 2011 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.at.ford.com/SiteCollectionImages/2013_NA/August/Comfort_and_Protection.pdf
53. SAIDL, Jan. Pre-Safe Structure. [Http://www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net) [online]. 2011 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/pre-safe-structure/>