

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta dopravní



Bc. Josef Burket

**Vliv konstrukce předí osobních automobilů na střet
s dětským chodcem**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2013

Prohlášení

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

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

V Praze dne 6. května 2013

.....
Bc. Josef Burket

Poděkování

Zde chci poděkovat všem, kteří mi poskytli podporu, vybavení a podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak Ing. Zuzaně Schejbalové, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce, Ing. Tomáši Mičunkovi, Ph.D. a Ing. Michalu Frydrýnovi za zrealizování zkoušek automobilu Volvo V40, svým rodičům a blízkým za důležité rady a v neposlední řadě své přítelkyni Ing. Bc. Adéle Karáskové za psychickou podporu po celou dobu studia.

Název práce: Vliv konstrukce předí osobních automobilů na střet s dětským chodcem

Autor: Bc. Josef Burket

Obor: Dopravní systémy a technika

Druh práce: Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Schejbalová, Ph.D.

Ústav soudního znaleství v dopravě K622

Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

Abstrakt:

Předmětem diplomové práce je zhodnocení vlivu konstrukce předí osobních automobilů na kolizi s dětským chodcem. Dále zpracovává statistiky nehodovosti, bezpečnost chodců, konstrukci předí osobních automobilů a příslušnou legislativu. Obsahuje výsledky série dynamických zkoušek automobilů Škoda (Roomster, Octavia II a Yeti) a výsledky zkoušek systémů prevence střetu automobilu Volvo V40.

Dynamické zkoušky potvrdily souvislost mezi geometrií předě a úrovní biomechanického poškození figuríny. Hlavní parametry předě významně ovlivnily biomechaniku dolní končetiny, pánve a hrudníku. Přímá úměra rychlosti na velikosti HPC a závažnosti sekundárního nárazu nebyla zjištěna.

Testování nových prvků aktivní bezpečnosti včetně systému detekce chodců s automatickým brzděním proběhlo úspěšně. Systémy obecně fungovaly dobře, při detekci chodce byl vůz schopen automaticky zastavit. Systém je však deaktivován za soumraku z důvodu zhoršeného rozpoznávání obrysů těla, v případě detekce více osob najednou nebrzdí.

Klíčová slova:

bezpečnost, chodec, vozidlo, dopravní nehoda, kinematika, biomechanika, poranění, impaktor, ochrana, kapota, airbag, detekce, automatické brzdění.

Title: Influence of passenger car front design on the collision with child pedestrian

Author: Bc. Josef Burket

Branch: Transportation Systems and Technology

Document type: Master thesis

Thesis advisor: Ing. Zuzana Schejbalová, Ph.D.

Department of Forensic Experts in Transportation K622

Faculty of Transportation Sciences, CTU in Prague

Abstract:

The aim of the thesis was to evaluate the impact of passenger car front design on collision severity with child pedestrian. In addition the statistical data dealing with accident rate, pedestrian safety, the construction of car front and related legislation are also considered. It comprises results of serial dynamic tests of vehicles Škoda (Roomster, Octavia II and Yetti) as well as the results of testing the safety systems ensuring prevention of collision with a pedestrian in Volvo V40.

The dynamic tests confirmed the connection between car front geometry and the level of biomechanical dummy damage. The main parameters of the car front significantly determined biomechanics of lower limb, pelvis and thorax. Direct proportion between car speed and HPC and the impact of secondary crash was not proved.

Examination of new active safety elements including pedestrian detection with following automatic braking brought about positive results. In general, the systems functioned satisfactory. After pedestrian recognition the vehicle stopped automatically. However the system was deactivated at dusk because of aggravated recognition of the body silhouette, similarly, it did not recognized a group of people.

Keywords:

safety, pedestrian, vehicle, traffic accident, kinematics, biomechanics, injury, impactor, protection, bonnet, airbag, detection, automatic braking.

Obsah

Úvod	9
1 Pozemní komunikace a jejich bezpečnost	11
1.1 Bezpečnost silničního provozu	12
1.2 Statistiky nehodovosti v České republice	13
1.3 Bezpečnost chodců	16
1.4 Nehodovost v EU	18
2 Srážka vozidla s chodcem	20
2.1 Ochrana chodců při srážce s osobním automobilem	20
2.2 Veličiny a faktory používané u ochrany chodců:	21
2.3 Kinematika nehody s chodcem	22
Požadavky na průběh pohybu během kolize chodce s vozidlem:	22
2.4 Biomechanika	23
3 Konstrukce přídílí	26
3.1 Systémy pro ochranu chodců	29
3.1.1 Deformační prvky nárazníku	29
3.1.2 Konstrukce světlometu	31
3.1.3 Konstrukce kapoty	31
3.1.4 Aktivní kapota	33
3.1.5 Airbag pro chodce	34
3.1.6 Aktivní spojler a nárazník.....	35
3.1.7 Konstrukce čelního skla.....	35
4 Legislativa	36
4.1 Historie zkoušek pasivní bezpečnosti	36
4.2 Vývoj ochrany chodců	37
4.3 Původní legislativa – Směrnice 2003/102/ES.....	38
4.4 Současná legislativa – směrnice 78/2009/ES.....	40
4.5 Legislativní návrh GTR č. 9.....	42
4.6 Impaktory a zkoušení přídílí vozidel	44
4.6.1 Zkoušky impaktorů na různých typech karosérie.....	45
4.6.2 Impaktor dětské a dospělé hlavy	46
4.6.3 Impaktor dolní končetiny	47
4.6.4 Impaktor stehna	47

4.6.5	Impaktorem stehna – náběžná hrana kapoty.....	47
4.6.6	Impaktor pro detekci chodců (PDI).....	48
5	Příprava experimentu.....	49
5.1	Série dynamických zkoušek osobního automobilu s dětským chodcem	49
5.1.1	Metodika.....	49
5.1.2	Kolizní partneři.....	51
5.1.3	Měřicí systém	55
5.1.4	Další snímané veličiny a přístrojové vybavení.....	56
5.1.5	Obrazový záznam	57
5.1.6	Zaměření objektů.....	58
5.2	Volvo V40 – detekce chodců.....	59
5.2.1	Bezpečnostní výbava	60
5.3	Popis bezpečnostní výbavy	61
6	Výsledky měření a diskuze.....	65
6.1	Výsledky dynamických zkoušek střetu automobilu s dětským chodcem.....	65
6.1.1	Zkoušky v kolizní rychlosti 10 km/h.....	66
6.1.2	Zkoušky v kolizní rychlosti 20 km/h.....	69
6.1.3	Zkoušky v kolizní rychlosti 30 km/h.....	73
6.1.4	Shrnutí	77
6.2	Výsledky systémů prevence střetu.....	78
6.2.1	Varování před kolizí s funkcí automatické aktivace brzd a detekce chodců. 78	
6.2.2	City Safety	81
6.2.3	Ostatní výbava	81
6.2.4	Shrnutí	83
	Závěr.....	84
	Seznam použité literatury	85
	Seznam tabulek.....	90
	Seznam obrázků.....	91
	Seznam grafů	93
	Seznam příloh.....	94

Seznam použitých zkratek

ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
WSU	Wayne State University
SI	index zatížení (Severity Index)
HIC	kritérium poranění hlavy (Head Injury Criterion)
FMVSS	Federal Motor Vehicle Safety Standards
HPC	kritérium poranění hlavy (Head Performance Criterion)
NIC	kritérium poranění šíje (Neck Injury Criterion)
PSPF	zatížení stydkých kostí (Pubic Symphysis Peak Force)
RDC	kritérium průhybu žeber (Rib Deflection Criterion)
APF	maximální zatížení břicha (Abdomen Peak Force)
FFC	kritérium poranění stehenní kosti (Femur Force Criterion)
TCFC	kritérium stlačení holenní kosti (Tibia Compressive Force Criterion)
ThCC	biomechanické stlačení hrudníku (Thorax Compression Criterion)
GM	General Motors
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
NCAP	New Car Assessment Programme
ADAC	Německý autoklub (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club)
FIA	Mezinárodní automobilová federace (Federation Internationale de l'Automobile)
EEVC	Evropský výbor pro bezpečnost vozidel (European Enhanced Vehicle-safety Committee)
IHRA	International Harmonised Research Activities

ACEA	Asociace evropských výrobců automobilů (European Automobile Manufacturers' Association)
ABS	protiblokovacím systémem (Anti-lock Brake System)
ES	Směrnice Evropského parlamentu a Rady
EHS	Evropské hospodářské společenství
EHK	Evropská hospodářská komise
GTR	Global Technical Regulation
PDI	Pedestrian Detection Impactor
WAD	dosah ovinutí (Wrap Around Distance)
GPS	Global Positioning System
ESP	stabilizační systém s kontrolou trakce (Electronic Stability Control)
EBA	brzdový asistent
EBL	rozsvícení výstražných světel při nouzovém brzdění
LED	Light-Emitting Diode
RSI	Road Sign Information
BLIS	Blind Spot Information System
CTA	Cross Traffic Alert
DAC	Driver Alert Control
LKA	Lane Keeping Aid

Úvod

Neustálý rozvoj vědy, techniky a technologií všeho druhu s sebou přináší zkvalitnění našich životů. Díky globalizaci a automatizaci výroby se staly výrobky a technologie dostupnějšími a výrazně levnějšími než kdy v historii byly. Tento trend se nevyhnul ani automobilovému průmyslu, který se projevil silným nárůstem automobilové dopravy. Okolo přelomu druhého tisíciletí dosáhl v Evropě pomyslný stupeň automobilizace vrcholu. Rostoucí dopravu bylo nutné řídit a kontrolovat. Neustále sílící intenzita dopravy s sebou přinesla také zvyšující se počet nehod, ztrát na životech a zraněných. Veřejnost a automobilový průmysl se začaly touto problematikou více zabývat než v minulosti. Kromě pokročilých automatických řídicích systémů dopravy došlo k markantnímu zlepšení jak pasivní, tak i aktivní bezpečnosti všech vozidel.

Pozornost výrobců byla v první řadě zaměřena na zajištění bezpečnosti řidiče a posádky automobilu. S vývojem moderních technologií bylo možné se také více zaměřit i na další účastníky silničního provozu, se kterými může vozidlo kolidovat. Za nejzranitelnější z nich lze považovat chodce, a to především děti a seniory. Dětský chodec představuje nebezpečí především díky často nevyzpytatelnému chování a fyzické subtilitě. Senioři v pokročilém věku zase bývají často hendikepováni nedostatečnou rychlostí pohybu a reakcí.

Výrobci automobilů se proto snaží vyvinout konstrukční prvky i automatické systémy, které by mohly následky střetu s dalšími účastníky provozu zmírnit. Jedná se především o konstrukci deformačních zón předě a vybavení automobilů technologiemi, které dokážou chodce rozpoznat a zabránit střetu nebo zmírnit jeho následky. Většina dosud provedených studií byla zaměřena na střet automobilu s dospělými, dětským chodcům bylo věnováno podstatně méně pozornosti. Moje práce je proto věnována kolizi běžných automobilů s chodci v prostředí České republiky a dále také hodnocení účinnosti aktivních automatických bezpečnostních systémů u zástupce inteligentních vozů.

V první kapitole se zabývám bezpečností na pozemních komunikacích. Statistiky nehodovosti zaměřené na chodce dokládají vážnost této tematiky.

Srážka vozidla s chodcem je zahrnuta v kapitole 2, kde je vysvětlena kinematika nehody s chodcem a biomechanická zátěž působící na člověka popsaná kritérii.

Třetí kapitola je věnována konstrukci přídílí automobilů kategorie M1. Jsou zde vysvětleny typy přídílí a požadavky na tvar karoserie. Je zde zohledněna konstrukce příděl s ohledem na

ochranu chodců. Konstrukční systémy aktivní a pasivní bezpečnosti tvoří nedílnou součást této kapitoly.

Čtvrtá kapitola shrnuje historický vývoj ochrany chodců doplněný o příslušnou legislativu včetně výčtu používaných zkoušek a impaktorů.

V posledních dvou kapitolách jsou přípravy a vyhodnocení dvou experimentů. Jedním z experimentů je série dynamických zkoušek Ústavu soudního znaleství v dopravě K622 se třemi různými automobily, u kterých je následně porovnán vliv přídě na srážku s dětským chodcem. Druhým experimentem jsou zkoušky systému prevence střetu. Cílem bylo ověřit vlastnosti systému detekce chodců s automatickým brzděním.

1 Pozemní komunikace a jejich bezpečnost

Tématika dopravní bezpečnosti nabývá v poslední době čím dál větší důležitosti. Rozvíjí se několik samostatných oborů zabývajících se bezpečností dopravních prostředků, ale i bezpečností komunikací samotných.

Silniční dopravní prostředky se pohybují po pozemních komunikacích, které se dělí na dálnice, silnice (I., II., III. třídy), místní a účelové komunikace. Na základě statistik zohledňujících ujetou vzdálenost vozidla lze říci, že dálnice jsou nejbezpečnějšími komunikacemi vůbec. Důvody můžeme hledat ve směrovém uspořádání komunikace a mimoúrovňovém křížení. Na běžných silnicích dochází častěji a mnohdy zbytečně k rizikovým situacím.

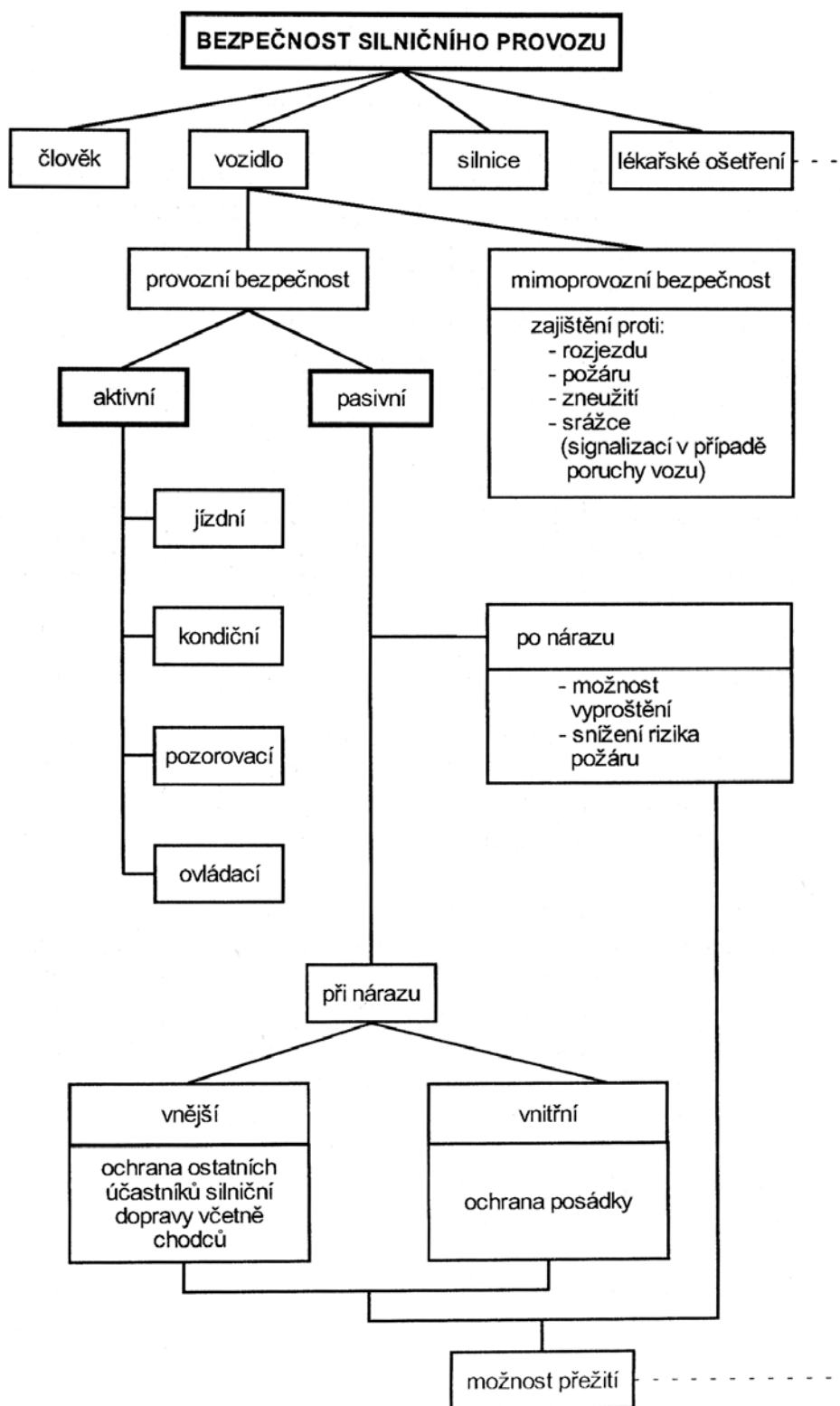
Více než 90% všech nehod má na svědomí právě lidský faktor. Z výzkumů dopravních nehod z poslední doby vyplývá celá škála problémového chování člověka. Patří sem např.:

- vysoká nehodovost dětských chodců,
- stárnoucí populace účastníků silničního provozu s neaktuálními dopravními návyky a zhoršenými smysly vnímání,
- řidiči s krátkou délkou praxe, kteří přeceňují své schopnosti a dovednosti,
- zvyšující se procento agresivních a bezohledných řidičů,
- řízení pod vlivem alkoholu a návykových látek,
- únava a informační přetížení,
- nevědomí ohledně odpovědnosti chování řidičů za své činy.

Definice dopravní nehody v silničním provozu:

- 1) Dopravní nehodou v silničním provozu rozumíme událost vzniklou v silničním provozu, při níž dojde k usmrcení nebo zranění osob, nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla.
- 2) Dopravní nehoda v silničním provozu je důsledek spolupůsobení čtyř faktorů „Řidič, Vozidlo, Komunikace, Provozní stav“ se sledem „Příčina – Důsledek – Následek.
- 3) Fyzikální děj o dvou, či více pohybech, který vede k újmě na zdraví nebo hmotné škodě.

1.1 Bezpečnost silničního provozu



Graf 1 – Bezpečnost silničního provozu [33]

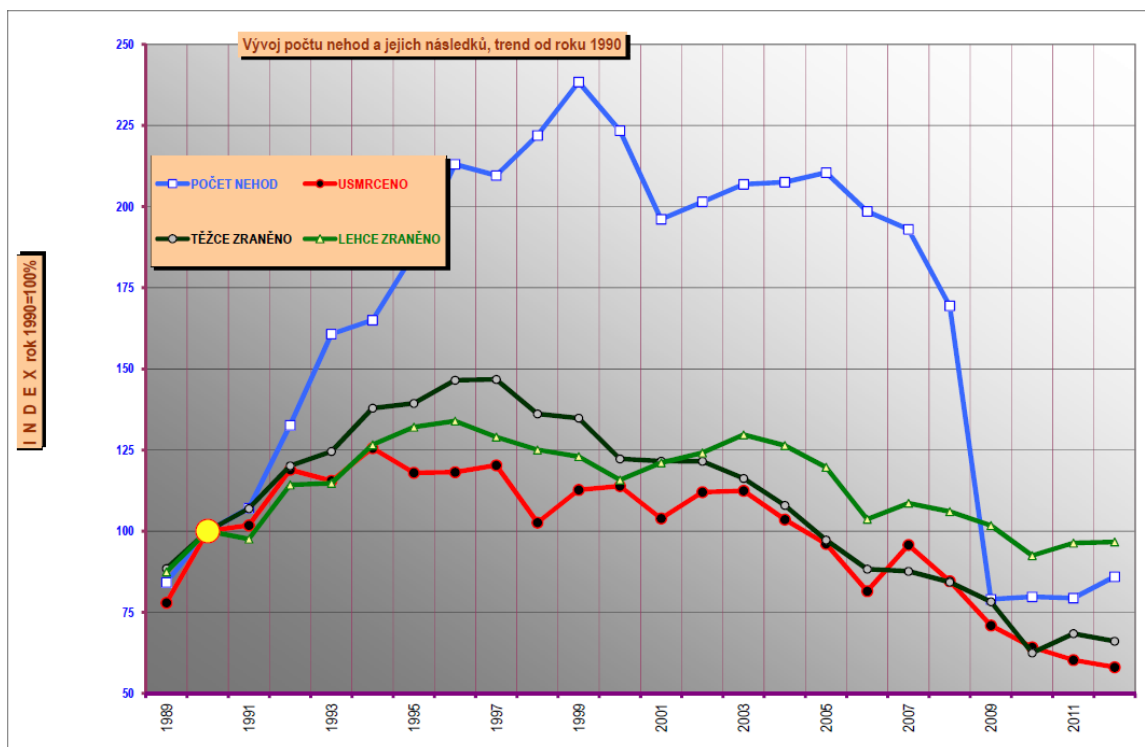
1.2 Statistiky nehodovosti v České republice

Po revoluci na konci osmdesátých let minulého století došlo k uvolnění trhu s automobily, tím pádem i rozmachu automobilizace v ČR. S rostoucí automobilizací rapidně vzrostla i nehodovost. Na grafu 1 je zobrazen průběh nehodovosti v ČR od roku 1990 do roku 2012. Z grafu je patrné, že kritické období následků dopravních nehod z hlediska usmrcených a těžce raněných osob bylo v letech 1994 – 1999. Následující období až do současnosti znamená progresivní růst bezpečnosti na našich komunikacích. Zvýšená bezpečnost souvisí jednak s dopravními restrikcemi, tak i s rozvojem dopravního inženýrství jako takového. Jedny z nejvýznamnějších změn poslední doby jsou např. snížení rychlosti v obci na 50 km/h (zákon č. 12/1997 Sb.), dále zavedení zákona č. 361/2000 Sb., který s sebou přinesl bodový systém, denní svícení a povinnost použití dětských zádržných systémů v osobních vozech. V neposlední řadě došlo k významnému posunu pasivní a aktivní bezpečnosti moderních silničních dopravních prostředků.

Maximální nahlášený počet nehod Policii ČR byl v roce 1999 (225 690 nehod). Nicméně je potřeba brát v úvahu legislativní změny v hlášení nehod za uplynulých 12 let. V roce 2008 nastala zásadní změna, na základě které účastníci nehody nemusí volat Policii, pokud hmotná škoda nepřesáhne 100.000 Kč, pokud nikdo neutrpí újmu na zdraví, nedojde-li k porušení vozovky nebo jejího vybavení, nedojde-li k úniku nebezpečných látek, či škodě na majetku třetí osoby.

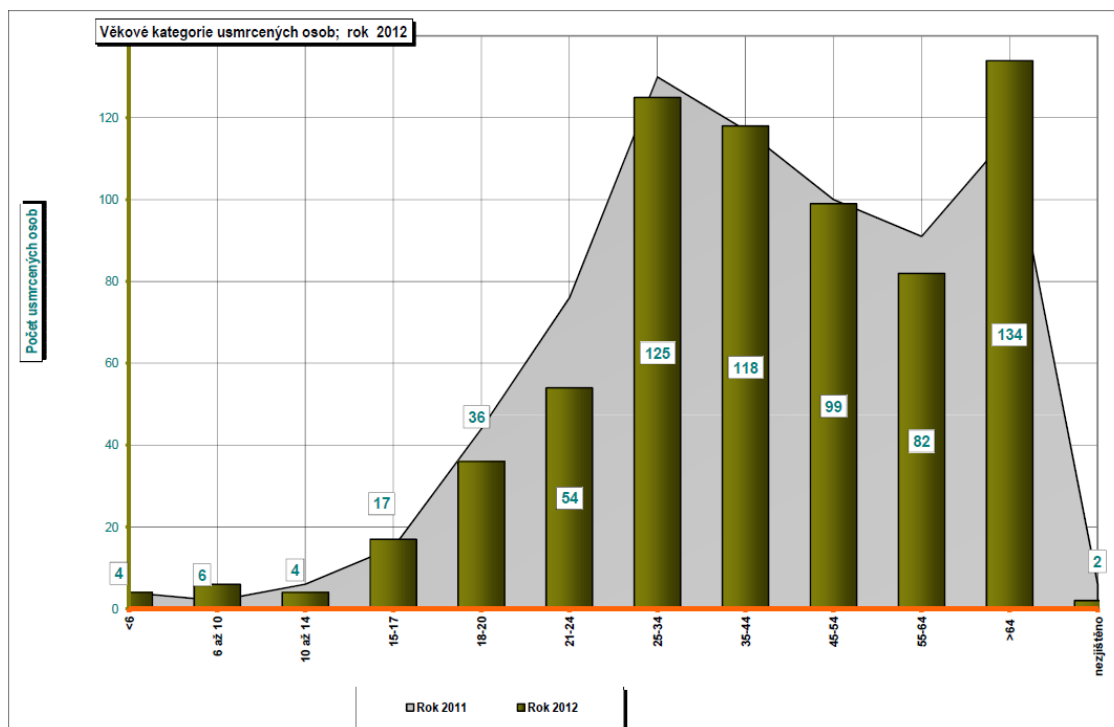
V uplynulém roce 2012 šetřila Policie ČR celkem 81 404 nehod, při kterých bylo usmrceno 681 osob, z toho bylo:

- 238 řidičů osobních automobilů
- 146 chodců
- 106 spolujezdců v osobním voze
- 79 řidičů motocyklů
- 64 cyklistů
- 26 řidičů nákladních automobilů
- 6 spolujezdců v nákladním automobilu
- 5 spolujezdců na motocyklech
- 3 řidiči mopedů
- 3 řidiči traktorů
- 3 řidiči malých motocyklů
- 1 cestující v autobusu
- 1 řidič nemotorového vozidla



Graf 2 – Vývoj počtu nehod a jejich následků [26]

Rozdělení všech usmrcených osob z roku 2012 na základě věkových kategorií je zobrazeno v grafu 2. Nejrizikovější skupina jsou občané nad 64 let, ve které bylo smrceno 134 osob.



Graf 3 – Věkové kategorie usmrcených osob [26]

Vývoj nehodovosti za posledních 10 let

Ač je počet usmrcených osob v roce 2012 poměrně vysoký, jedná se o poloviční úmrtnost oproti stavu před 10 lety, kdy v roce 2003 zemřelo na našich komunikacích 1319 osob. Počet těžce raněných klesl o celých 43% na 2986 osob a počet lehce raněných klesl o celých 25% na 22 590 osob. Je zřejmé, že posledních 10 let došlo k významnému posunu vpřed v oblasti bezpečnosti.

Tabulka 1 – Třídění podle viníka nehody [26]

Viník, zavinění nehody (2012)	Počet nehod	Počet usmrcených
Řidič motorového vozidla	70 441	627
Řidič nemotorového vozidla	2 467	32
Z toho dítě	279	0
Chodec	1 292	19
Z toho dětský chodec	501	2
Jiný účastník	145	0
Závada komunikace	282	0
Technická závada vozidla	465	0
Lesní, domácí zvíř	5 915	0
Jiné zavinění	397	3

Tabulka 2 – Třídění podle druhu srážky [26]

druh srážky (rok 2012)	Počet nehod	Počet usmrcených	Závažnost nehod
s jedoucím vozidlem	30 087	288	9,6
s vozidlem zaparkovaným	14 798	6	0,4
s pevnou překážkou	19 261	177	9,2
s chodcem	3 571	141	39,5
se zvířím	5 953	0	0,0
s vlakem	17	16	93,6
Havárie	5 088	46	9,0
Jiný druh nehody	2 475	7	2,8

1.3 Bezpečnost chodců

Jednou z nejrizikovějších skupin účastníku silničního provozu jsou právě chodci a cyklisté. Chodec je podle zákona O provozu na pozemních komunikacích klasifikován jednak jako osoba pohybující se pomocí chůze, tak i osoba na invalidním vozíku, kolečkových bruslích nebo lyžích.

Podle zákona 361/2000 Sb. patří mezi povinnosti a práva chodců:

- užívat chodníku nebo stezky pro chodce,
- kde není chodník, nebo je-li neschůdný, chodit po levé krajnici, a kde není krajnice nebo je-li neschůdná, chodit co nejbližší při levém okraji vozovky,
- mimo přechod pro chodce je dovoleno přecházet vozovku jen kolmo k její ose,
- před vstupem na vozovku se chodec musí přesvědčit, zdali může vozovku přejít, aniž by ohrozil sebe i ostatní účastníky provozu na pozemních komunikacích,
- chodec smí přecházet vozovku, jen pokud s ohledem na vzdálenost a rychlost jízdy příjíždějících vozidel nedonutí jejich řidiče k náhlé změně směru nebo rychlosti jízdy,
- jakmile vstoupí chodec na přechod pro chodce nebo na vozovku, nesmí se tam bezdůvodně zastavovat nebo zdržovat,
- chodec nesmí vstupovat na přechod pro chodce nebo na vozovku, přijíždějí-li vozidla s právem přednostní jízdy; nachází-li se na přechodu pro chodce nebo na vozovce, musí neprodleně uvolnit prostor pro projetí těchto vozidel,
- chodec nesmí vstupovat na přechod pro chodce nebo na vozovku bezprostředně před blížícím se vozidlem,
- chodec musí dát přednost tramvaji,
- chodec nesmí překonávat zábradlí nebo jiné zábrany na vozovce.

V drtivé většině dopravních nehod s chodcem figuruje porušení těchto pravidel. Mezi nejčastější příčiny dopravních nehod patří náhlé nebo neopatrné vstoupení chodce do vozovky (594 nehod), nesprávné zhodnocení dopravní situace chodcem nebo náhle

vstoupení do vozovky z nástupního ostrůvku. Jedna z dalších příčin je způsobení nehody chodcem pod vlivem alkoholu.

Za rok 2012 zavinili chodci celkem 1292 dopravních nehod, nejvíce nehod zavinily děti (478), proto je můžeme tuto kategorii považovat za ohroženou. Muži zavinili 476 nehod a ženy 267 nehod. Zbytek připadá na skupiny osob. Celkem 206 osob bylo pod vlivem alkoholu, každý šestý chodec - účastník nehody byl tedy pod vlivem alkoholu.

V případě nehody zaviněné řidičem motorového vozidla je nejčastější příčinou nedání přednosti chodci a nepřiměřená rychlost. Mezní nárazová rychlost, kdy chodec může přežít střet s osobním automobilem, je považována za 50 km/h. Při nárazové rychlosti do 30 km/h existuje velká pravděpodobnost, že chodec vyvázne pouze s lehčím zraněním. Z těchto parametrů mj. plyne maximální povolená rychlost v obci stanovená na 50 km/h a 30 km/h v obytných zónách.

Při nehodách v roce 2012 bylo usmrceno celkem 146 chodců a z toho 141 při srážce vozidla s chodcem. Pět chodců se stalo sekundárními účastníky nehody. Noční nehody tvoří 61% z počtu všech usmrcených chodců během roku. V níže uvedené tabulce je rozpis usmrcených chodců podle druhu komunikace, denní doby, včetně podílu počtu usmrcených chodců připadajících na noční dobu.

Tabulka 3 – Rozpis usmrcených chodců podle druhu komunikace, denní doby [26]

<i>druh komunikace rok 2012</i>	<i>celkem</i>	<i>v noci</i>	<i>ve dne</i>	<i>tj. % v noci</i>
Dálnice	4	3	1	75,0%
Silnice I.třídy	55	39	16	70,9%
Silnice II.třídy	18	8	10	44,4%
Silnice III. třídy	21	14	7	66,7%
Komunikace sledovaná	23	15	8	65,2%
Komunikace místní	20	7	13	35,0%
Celkem	141	86	55	61,0%

1.4 Nehodovost v EU

V rámci Bílé knihy EU o dopravě bylo navrženo několik ambiciózních plánů týkající se bezpečnosti na evropských komunikacích. Z posledního vydání z roku 2011 jde především o „vizi nula“ v bezpečnosti silničního provozu, která zahrnuje:

- *„harmonizaci a zavedení technologií bezpečnosti silničního provozu, jako jsou systémy pro podporu řízení, (inteligentní) omezovače rychlosti, kontrolky zapnutí bezpečnostních pásů, systém eCall, systémy spolupráce a rozhraní vozidlo-infrastruktura, jakož i vylepšené kontroly technické způsobilosti motorových vozidel, včetně kontrol alternativních pohonných systémů,*
- *vývoj ucelené strategie opatření pro zranění na silnicích a pohotovostní služby, včetně společných definic a standardních klasifikací zranění a smrtelných úrazů,*
- *zaměření se na odborné vzdělávání a výchovu všech účastníků; propagovat používání bezpečnostního vybavení (bezpečnostní pásy, ochranné oděvy, opatření proti neoprávněným úpravám),*
- *věnovat zvláštní pozornost zranitelným účastníkům, jako jsou chodci, cyklisté a motocyklisté, a to i pomocí bezpečnější infrastruktury a bezpečnějších technologií vozidel.“ [12]*

Evropská unie se intenzivně zabývá snižováním smrtelných úrazů při dopravních nehodách v Evropě. V Tab. 4 jsou uvedeny počty usmrcených chodců v jednotlivých státech EU. Data jsou aktualizována k březnu 2013. V příloze A se nachází graf Evropské unie s nehodovostí jednotlivých států podle způsobu přepravy.

Tabulka 4 – Počet smrtelných nehod v zemích EU: 2011 [12]

Stát		Počet chodců			
		dálnice	mimo město	město	celkem
Belgique/Belgié	2011	4	34	73	111
Bulgaria	2009	0	135	63	198
Česká Republika	2011	5	56	115	176
Danmark	2011	1	12	20	33
Deutschland	2011	32	154	428	614
Eesti	2009	0	12	11	23
Éire/Ireland	2010	4	21	19	44
Elláda	2011	8	40	175	223
España	2011	55	102	222	380
France	2011	26	143	350	519
Hrvatska	2011	0	4	67	71
Italia	2010	18	112	484	614
Kýpros - Kibris	2004	0	0	18	18
Latvija	2011	0	34	26	60
Luxembourg	2011	2	1	3	6
Magyarország	2010	13	59	120	192
Malta	2010	0	0	2	2
Nederland	2011	5	15	43	63
Österreich	2011	5	23	59	87
Polska	2011	8	483	917	1408
Portugal	2011	5	28	166	199
Romania	2011	4	150	593	747
Slovenija	2010	2	6	18	26
Slovensko	2010	2	38	86	126
Suomi/Finland	2011	1	12	28	41
Sverige	2009	3	16	25	44
United Kingdom	2010	24	79	302	405
Totals	2011	228	1769	4433	6430

2 Srážka vozidla s chodcem

Následky dopravních nehod a z toho plynoucí ekonomické a sociální důsledky nejsou pouze technickou otázkou, ale především vztahem člověk a vozidlo. Je potřeba zkoumat a vyhodnotit veškeré interakce mezi těmito prvky a mechanismy úrazu. Zde přichází na řadu vědní disciplína biomechanika, která se zabývá mechanickou strukturou, chováním a vlastnostmi živých organismů, jejich částí a mechanickými interakcemi mezi nimi a okolím. Potřebujeme znát, jaké zatížení člověk vydrží bez újmy na zdraví. Podstatné jsou kritické pevnosti tkání, orgánů a jejich seskupení. Biomechanika vychází především z experimentů, analýz nehod a určuje únosné míry zatížení pro lidské tkáně, orgány a jejich seskupení.

2.1 Ochrana chodců při srážce s osobním automobilem

Současné automobily jsou konstruovány tak, aby v případě střetu s chodcem nebo s jiným nechráněným účastníkem nehody byly následky minimalizovány. Tato problematika je zohledněna pomocí různých konstrukcí, např.:

- hran a výčnělků,
- tvarů kolidujících částí,
- tuhosti a drsnosti kolidujících částí,
- tříštivosti materiálů.

Osobní automobily a nákladní vozidla z nich odvozená do hmotnosti 2,5t jsou zkoušena a schvalována s ohledem na srážku s chodcem. Během zkoušek jsou simulovány reálné možnosti střetů pomocí testovacích figurín nebo impaktorů.

Nejčastěji jsou prováděny zkoušky:

- náraz hlavy dítěte do vršku kapoty,
- náraz hlavy dospělého do čelního skla,
- náraz horní části dolní končetiny do nárazníku,
- náraz spodní části dolní končetiny do nárazníku,
- náraz horní části dolní končetiny do hrany palubní desky.

2.2 Veličiny a faktory používané u ochrany chodců:

Veličiny

- délka [m],
- hmotnost [kg],
- čas [s],
- úhel [°],
- rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
- zrychlení [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$],
- síla [N],
- moment síly [Nm],
- kritérium poranění hlavy HPC,
- energie [J].

„Sleduje především následující faktory:

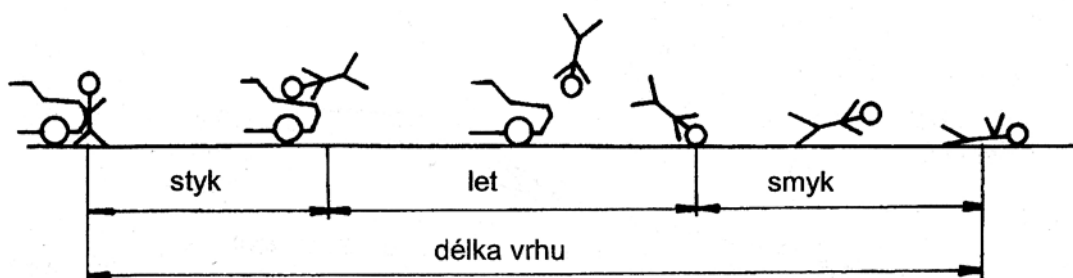
- špičkové zpomalení a zrychlení,
- střední zrychlení,
- výsledné zrychlení,
- dobu trvání zrychlení,
- změny hodnot zrychlení v závislosti na čase,
- lokalizaci sil působící na tělo řidiče,
- rozdělení sil na ploše těla,
- závislost síly a dráhy,
- závislost síly a času,
- funkční charakteristiku sil rezonanci organismu.

Mezi nejdůležitější biomechanická kritéria patří:

- maximální zatížení člověka při zpoždění,
- poranění hlavy s průměrnými a kritickými hodnotami pevnosti lebky a odolnosti mozku vůči poranění,
- poranění hrudníku a některých vnitrohručních orgánů,
- poranění vnitrobřišních orgánů,
- hraniční hodnoty pevnosti obratlů, páteře, pánve, rozsah kritických hodnot pevnosti kostí pánve.“ [33]

2.3 Kinematika nehody s chodcem

Při kolizi s chodcem dojde k vícenásobné přeměně energie. Na obrázku 1 je znázorněn pohyb chodce při nárazu s osobním automobilem, chodec se po primárním nárazu začne pohybovat rámcově stejnou rychlostí jako vozidlo. Nárazník zasáhne nejprve dolní končetiny, pánev je srážena přední hranou kapoty a nakonec hlava míří do oblasti kapoty a předního skla. Pokud vozidlo začne hned brzdit, chodec se od něj pohybuje nárazovou rychlostí a narazí na nejbližší překážku jako je vozovka, obrubník, jiné vozidlo atp., tento děj se nazývá sekundární náraz. Dále může následovat i série dalších nárazů.



Obrázek 1 – Kinematika nehody s chodcem [33]

Požadavky na průběh pohybu během kolize chodce s vozidlem:

- náraz by měl probíhat v pořadí: pánev → hrudník → hlava,
- doba styku chodce s vozidlem by měla být co nejdelší, aby došlo k odvalování, smýkání a deformaci,
- výška vrhu by měla být co nejmenší, jinak dojde prudkému sekundárnímu nárazu na vozovku nebo jinou překážku,
- zábrana při odhození dítěte proti následujícímu přejetí.

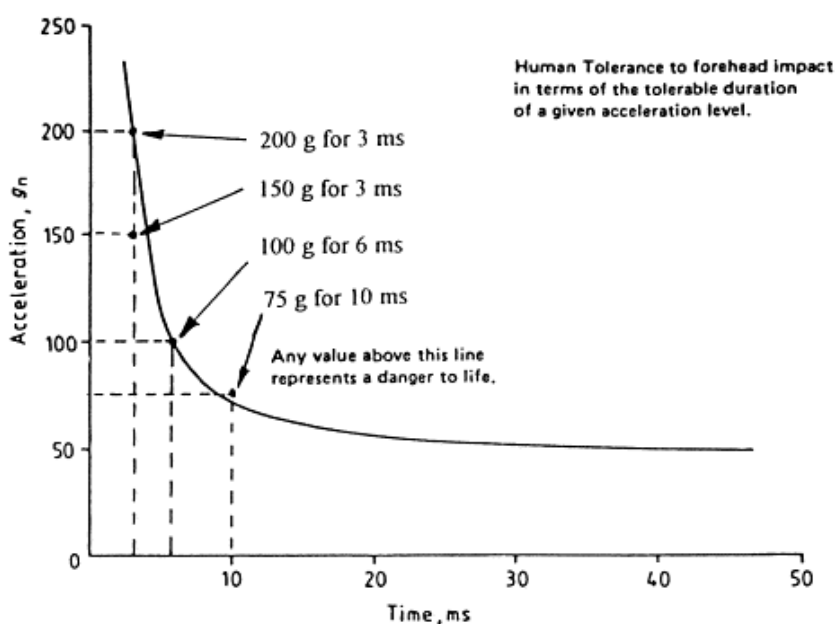
2.4 Biomechanika

Úkolem biomechaniky je zjistit zatžitelnost jednotlivých tkání a částí těla při dopravní nehodě a určit limitní hodnoty, které slouží pro porovnávání při dynamických zkouškách.

Ochranná kritéria neboli bezpečnostní limity vychází z mezních zatížení, která byla naměřena při pokusech s neživým materiálem nebo se zvířaty, kdy docházelo ke zlomeninám a poškození orgánů.

Kritéria poranění jsou na pomyslné hranici mezi přípustnými a nepřípustnými hodnotami zatížení. Z těch jsou odvozena kritéria ochrany neboli bezpečnostní limity mezního mechanického zatížení (síly, zrychlení), které lze změřit a aplikovat na testovací figuríny. Hodnoty mezního mechanického zatížení nesmí být překročeny.

Jedna z hlavních příčin smrti na silnicích je poranění hlavy v důsledku nárazu a to téměř u 70% dopravních nehod. Krajiní výchylky pro maximální zatížení hlavy byly stanoveny na základě křivky WSU (Wayne State University), ta udává hodnotu posunu hlavy v závislosti na času účinku. WSU křivka byla stanovena na základě sérií zkoušek pevnosti lebky a testů se zvířaty. Hodnoty nad touto křivkou jsou životu nebezpečné, hodnoty pod křivkou jsou únosné. Je vztažena pouze k čelnímu nárazu na pevnou rovnou překážku. Špičkové zpoždění hlavy a_r bylo stanoveno na 80 g během 3 ms.



Graf 4 – Křivka WSU [4]

Index zatížení SI (Severity Index) vychází z křivky WSU a stanovuje hranici SI = 1000 jako hranici pro přežití při vnitřním poranění hlavy. Reálná hodnota SI se vypočítá podle následujícího vzorce:

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

Výsledné zpoždění a_r [g] se vypočítá na základě směrů souřadných os x , y , z :

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

Jedním z dalších posouzení zranění hlavy je HIC (Head Injury Criterion). Doby výsledného zpoždění hlavy t_1 a t_2 jsou hodnoty, mezi kterými leží maximum indexu HIC. Normy FMVSS 208 uznává index HIC jako mezní hodnotu zranění hlavy. V tabulce 5 jsou zobrazeny jednotlivé typy zranění (0 – 6) s indexem HIC.

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

Tabulka 5 – Typy zranění hlavy klasifikované indexem HIC [24]

	Typ zranění	Mortalita [%]	HIC index	Zranění hlavy
0	Žádné	0	0 – 134	Žádné
1	Menší	0 – 7	135 – 519	Bolest hlavy nebo nevolnost
2	Střední	7 – 18	520 – 899	Bezvědomí kratší než 1 h, lineární zlomenina
3	Vážné bez ohrožení života	18 – 42	900 – 1254	Bezvědomí 1 – 6 h, propadlá zlomenina
4	Těžké s ohrožením života	42 – 70	1255 – 1574	Bezvědomí 6 – 24 h, otevřená zlomenina
5	Kritické s velkou pravděpodobností smrti	70 – 87	1575 – 1859	Bezvědomí delší než 24 h, velký hematom
6	Fatální	87 – 100	> 1860	Neslučitelné se životem

Biomechanické kritérium hlavy HPC (head performance criterion) je standardizovaná maximální hodnota zrychlení hlavy. Hodnota HPC je shodná s hodnotou předcházející hodnotou kritéria HIC. Při nárazové zkoušce nesmí přesáhnout hodnotu 1000, výsledné zrychlení nesmí přesáhnout hodnotu 80 g po dobu delší než 3 ms. Z této podmínky zároveň plyne **Kritérium poranění 3 ms**. Dle amerického standardu Federal Motor Vehicle Safety Standards č. 208 (Occupant crash protection) nesmí být hodnota 3 ms kritéria překročena o 60 g. [1]

Pokud při zkoušce nedojde k nárazu hlavy, není potřeba HPC počítat, což je ale u srážky s chodcem vysoce nepravděpodobné.

Po zkouškách byl časový interval delší 15 ms při výpočtu ignorován.

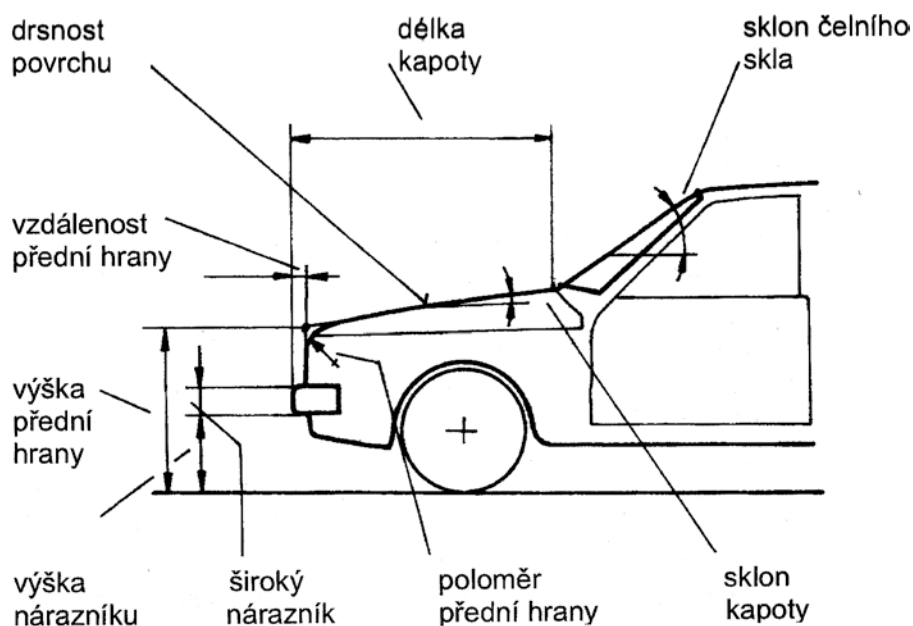
V předpisu EHK-R 94 jsou uvedeny limitní hodnoty pro biomechanické kritérium šíje NIC, kritérium stehenní kosti FFC, kritérium stlačení holenní kosti TCFC a biomechanické stlačení hrudníku ThCC. V případě čelního nárazu nesmí být ohybový moment šíje okolo osy vyšší než 57 Nm, stlačení hrudníku větší než 50 mm a stlačení holenní kosti větší než 8 kN.

Mezi další kritéria řadíme: biomechanické kritérium pánve, se kterým souvisí zatížení stydkých kostí $PSPF \leq 6$ kN (pubic symphysis peak force), deformaci žeber $RDC \leq 42$ mm (rib deflection criterion), maximální zatížení břicha $APF \leq 2,5$ kN (abdomen peak force). [1, 33]

3 Konstrukce přídí

Míra poranění se odvíjí od místa a druhu nárazu. Místo nárazu je kontakt části těla osoby s částí automobilu. Místo kolize je ovlivněno fyzickou stavbou jedince, zejména jde o tělesnou výšku a rozložení hmotnosti při nárazu. Proto je zásadní rozdíl mezi dětským a dospělým chodcem. Druh kolize je určován podle směru nárazu a nárazové rychlosti. Zde je podstatná pružnost a tuhost jednotlivých materiálů, se kterou souvisí vlastnost pohlcení kinetické energie. V případě, že hlava chodce narazí na nosník, hranu kapoty, případně A-sloupky, dopadne na nedeformovatelnou překážku s velmi negativním dopadem na zdraví chodce. Pokud hlava dopadne do středu poddajného plechu kapoty nebo dokonce na airbag pro chodce, šance na přežití a minimalizaci zranění se významně zvyšuje.

Na obrázku 2 jsou znázorněny sledované parametry přídí osobních automobilů při srážce s chodcem.



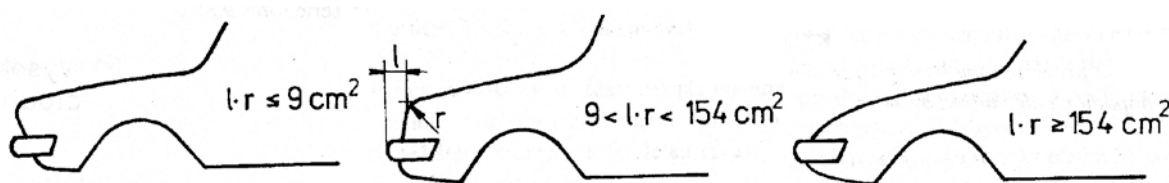
Obrázek 2 – Faktory ovlivňující bezpečnost chodců [33]

Průběh nehody, pohybu a zatížení chodce souvisí s tvarem automobilu. Liší se zejména vzdáleností spodní hrany kapoty od nárazníku a zaoblení hrany kapoty. Základní tři typy přídí automobilů jsou: lichoběžníkový, pontonový a klínový.

Nejrozšířenější typ je pontonový, který při primárním nárazu narazí nejdřív na pánev, dolní končetiny a dále se chodec klouže po kapotě horní částí těla a hlavou. Při rychlostech vyšších než 30 km/h dochází k nadzvednutí těžiště těla díky točivému impulsu chodce.

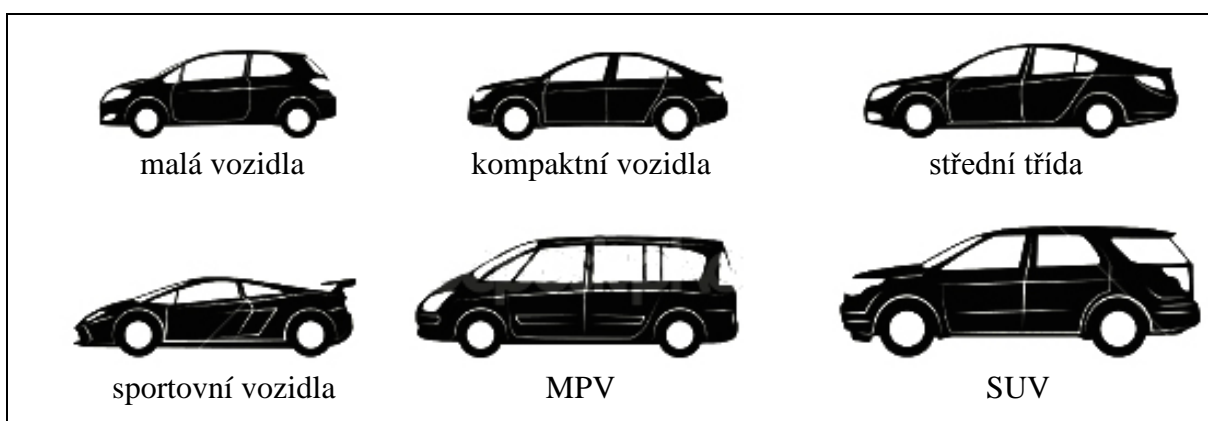
S rostoucí rychlostí dochází ke zkracování doby styku chodce s automobilem a hlava dopadá až na čelní sklo.

U klínové přídě vozidel dochází k primárnímu nárazu na pánev později a náraz je kratší. Dojde k většímu nadzvednutí těžiště chodce, díky čemuž dojde k vrhnutí hlavy přímo na čelní sklo i v nízkých rychlostech. Doba kontaktu chodce s vozidlem je nižší než u pontonového typu.



Obrázek 3 – Tvary přídí: lichoběžníkový, pontonový, klínový [33]

Jedním z dalších typů je skříňový tvar, kde je chodec při nárazu sražen po celé své výšce. Doba primárního nárazu je velmi krátká, chodec je odmrštěn vodorovnou rychlostí výrazně vyšší než u klínových nebo pontonových přídí. Na Obr. 4 je přehled nejobvyklejších vozů, s příděmi různých geometrických parametrů.



Obrázek 4 – Kategorie osobních vozidel s ohledem na typ přídě [29]

Na způsobu dopadu chodce velmi závisí tvar přídě. Jednotlivé zkoušení typů přídí u vozů Škoda Roomster, Octavia a Yeti je zahrnuto v šesté kapitole. Srážka malého dítěte

s automobilem s pontonovým profilem přídě může mít stejné následky jako srážka s automobilem skříňové konstrukce.

„Požadavky na tvar karoserie:

- *nárazník mírně vyčnívající před vozidlo,*
- *nárazník nemá být příliš vysoko, aby nedošlo k poranění kolen,*
- *nárazník nemá být příliš nízko, aby nevznikl velký točivý impuls a vysoká rychlost nárazu hlavy na vozidlo,*
- *malá vozidla (s krátkou kapotou) by měla mít výraznou (ovšem poddajnou) přední hranu kapoty (přední hrana kapoty je posunuta jen o malou vzdálenost za nárazníkem – tím je možné docílit, že chodec je zasažen těsně pod svým těžištěm, čímž se zkrátí délka vrhu),*
- *jestliže je přední hrana tuhá, pak je nutno posunout ji dále za nárazník,*
- *délka kapoty by měla být co největší, aby již při malých kolizních rychlostech nenarazila hlava chodce na tvrdou oblast rámu čelního skla, čím je doba styku při primárním nárazu delší, tím menší je vodorovná rychlost chodce a tím je menší poranění při dopadu na vozovku a při terciálních nárazech, čím méně výrazná je přední hrana, tím delší by měla být kapota,*
- *výška přední hrany by neměla být extrémně velká nebo malá, nízká poloha přední hrany má za následek větší točivý impuls, který vyvolá větší úhel natočení chodce a tím nebezpečí nárazu hlavou na vozovku je větší, zároveň nízká poloha hrany zvětšuje výšku vrhu a tím zvětšuje nárazovou rychlost chodce na vozovku,*
- *sklon kapoty má být malý ($0 - 6^\circ$),*
- *sklon čelního okna plochý, zaoblený tvar čelního skla v půdorysu.“ [33]*

Nárazové prvky karoserie by měly být koncipovány tak, aby v případě střetu s chodcem nebyla překročena biomechanická kritéria. Kapota by měla být tvořena měkkým materiálem po celé ploše, obzvláště spodní třetina kvůli srážce s dětským chodcem. Okolí čelního skla by mělo být poddajné kvůli srážce s dospělým chodcem.

3.1 Systémy pro ochranu chodců

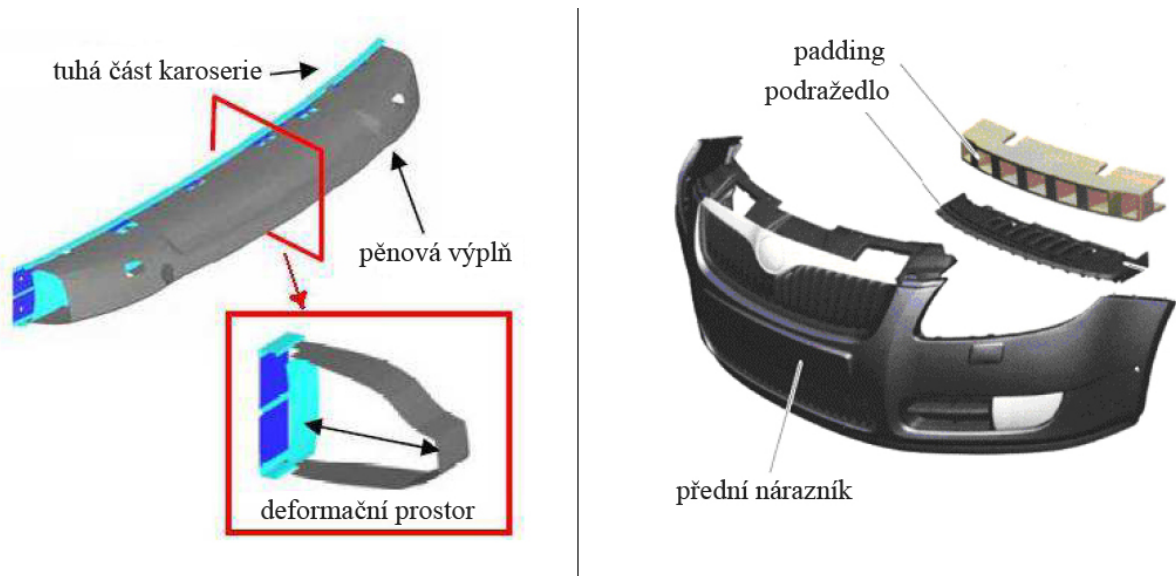
Aktivní bezpečnost má za úkol předejít nehodě s chodcem. Důležitý je dobrý výhled z karoserie, funkční a kvalitní brzdová soustava a hlavně dobré schopnosti řidiče jednat v krizových situacích. Za snížené viditelnosti pomohou aktivní světlomety nebo systém nočního vidění. Při parkování nebo manévrování může nechtěnému kontaktu s chodcem zabránit akustická signalizace vně vozidla nebo parkovací senzory dávající informaci řidiči o předmětech kolem vozidla.

Mezi nejnovější prvky aktivní bezpečnosti patří detekce chodců s možností automatického brzdění nebo aktivní kapota vybavená airbagem. Popis elektronické výbavy aktivní bezpečnosti včetně zkoušek detekce chodců a automatického brzdění automobilu Volvo V40 jsou uvedeny v páté kapitole.

Pasivní bezpečnost pomáhá snížit následky zranění chodců při kolizi s vozidlem. Jedná se o dílčí systémy implementované zejména do přídě vozidla. Základní jsou tvarová opatření přídě, jako je zaoblení hran, přední hrana kapoty posunuta za nárazník aj. Poddajnost komponent a schopnost pohlcení kinetické energie lze ovlivnit vhodným navržením a spasováním. Mezi vhodná opatření patří např.: protažení zadního konce kapoty přes oblast stěračů, které jinak mohou velmi vážně poranit chodce, dále měkčené obložení nárazníků, obložení hrany kapoty plastickými materiály a plastické obložení okenních sloupků a střešních rámu.

3.1.1 Deformační prvky nárazníku

Díky studiím je prokázáno, že automobily s nižší stavbou přídě přispívají ke snížení pravděpodobnosti poškození vazů. Zranění vazů je obvykle způsobeno společnou rotací stehen a dolní části končetin. Z důvodu zvýšení bezpečnosti je nárazník vybaven obložením výztuhy z polyuretanové pěny (padding) a spodní výztuhou nárazníku (podražedlo). Padding se nachází v oblasti kolene, má za úkol svým borcením pohltit část kinetické energie chodce. Podražedlo se nachází v oblasti holeně a má za úkol vymrštít chodce ve svislé ose, tak aby se při kolizi nedostal pod automobil, viz Obr. 5.



Obrázek 5 – Skladba nárazníku [22]

Na následujícím snímku jsou zobrazeny jednotlivé prvky přídě na odstrojeném zkušebním voze.



Obrázek 6 – Skladba bezpečnostních prvků na přídě vozidla SUV

3.1.2 Konstrukce světlometu

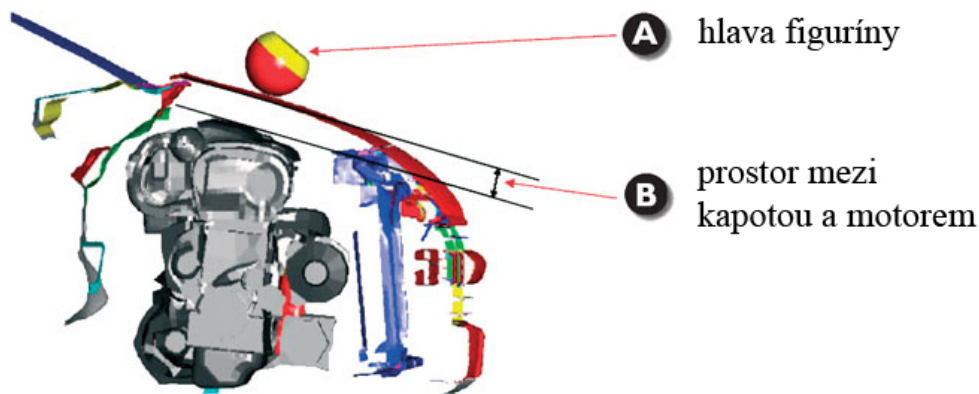
Obvykle se v úrovni náběžné hrany kapoty nachází světlometry. Jedná se tedy o oblast, kam může v případě střetu dopadnout pánev nebo dolní končetiny dospělého. Světlomet tvoří reflektor, krycí rám, krycí sklo, optický filtr, těleso světlometu a elektroinstalace.

Při kolizi s chodcem by mělo dojít zatlačení světlometu do motorového prostoru nebo krycího skla do tělesa světlometu.

V současnosti používá většina automobilek z důvodu ceny plastové střížné uchycení světel, které se při srážce zlomí a tím dojde k uvolnění světlometu. Existuje též i posuvné upevnění, které je možné při menším střetu vrátit do původní polohy.

3.1.3 Konstrukce kapoty

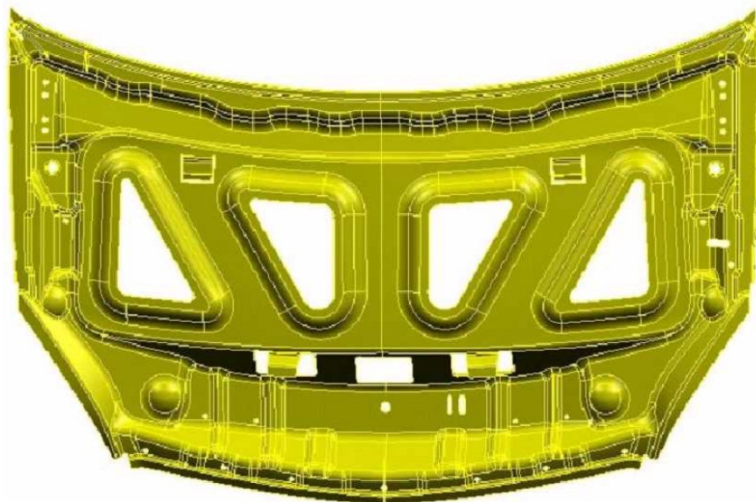
Ve většině případů dopadá na kapotu právě hlava, její poranění souvisí s parametry kapoty: druh a tloušťka použitého materiálu, konstrukční provedení všech částí. Kapota by se neměla prohnout až do tvrdého motorového prostoru, to obvykle má fatální následky. Je důležitá poddajnost a mezera mezi tvrdými částmi motorového prostoru.



Obrázek 7 – Prostor mezi kapotou a motorem [2]

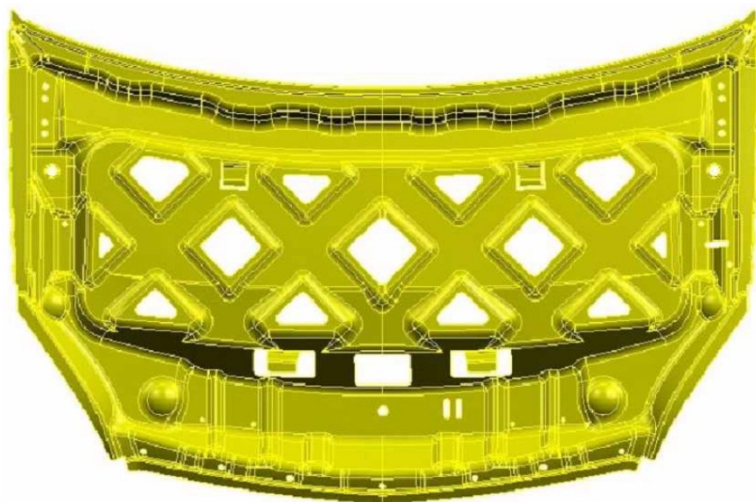
Přední část kapoty by měla být tvořena poddajným materiálem především kvůli ochraně dětských chodců, měla by být konstruována tak, aby se při nárazu dostatečně deformovala. Kapota by zároveň měla být co nejdelší, aby nedošlo k nárazu hlavy chodce do čelního

skla automobilu. Během konstrukční a homologačního vývoje došlo i ke změnám výztuhy kapoty.



Obrázek 8 – Tradiční kapota [18]

Tradiční kapota není díky své nesterjnoměrné tuhosti ideální volbou. Došlo tedy ke zjemnění žebor (Obr. 9) za účelem stejnoměrnosti tuhosti kapoty. Toto řešení kapoty je jedno z nejobvyklejších díky výrobním nákladům.



Obrázek 9 – Kapota se zvýšeným počtem žebor [18]

Automobilka Opel (koncern GM) vyvinula konstrukční provedení kapoty z tenkého hliníkového plechu, do kterého jsou vylisovány kužely. Kužely drží lepeným spojem. Toto

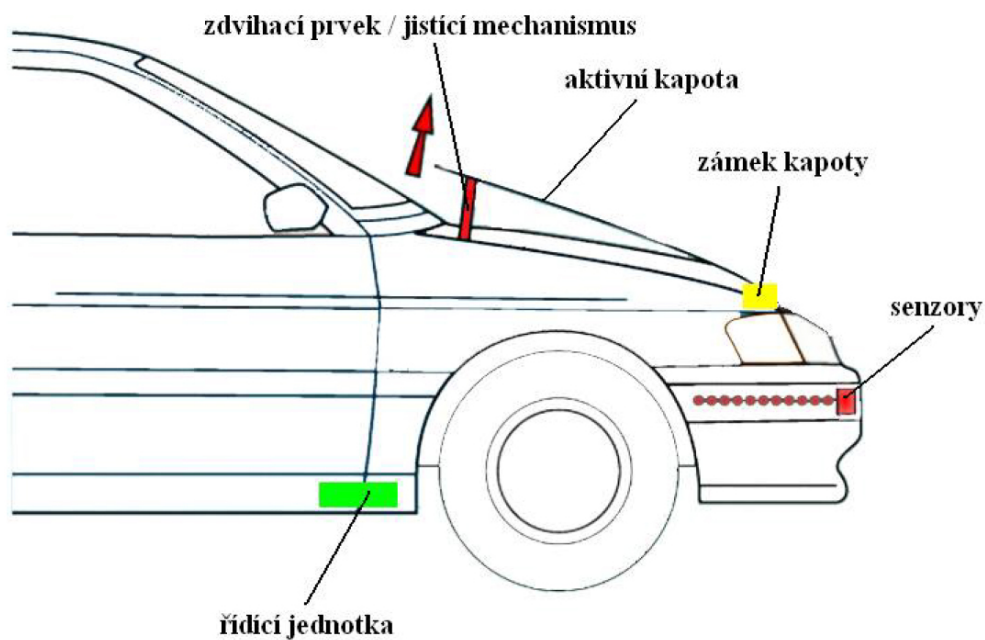
řešení je zejména vhodné pro rozložení tuhosti. Vlastnosti kapoty lze snadno upravovat její výškou, hloubkami prolisů a použitým lepidlem.



Obrázek 10 – Hliníková kapota s kužely [18]

3.1.4 Aktivní kapota

Smysl aktivní kapoty je přiblížit (zdvihnout) kapotu k chodci a tím zvýšit deformační prostor a snížit následky kolize. V některých případech toto opatření může být nutné, pokud mezi motorem a kapotou není dostatečný prostor. V přední části nárazníku jsou umístěny senzory, které na základě odezvy signálu lidského těla vyhodnotí kolizi s chodcem. Tyto snímače mohou být založeny na různých technologiích a to buď na systému optických vláken, nebo na systému membránových snímačů. Pokud je srážka s chodcem rozpoznána, dojde k aktivaci zdvihacích prvků, které přizvednou zadní část kapoty. Zdvihací prvky mohou být mnoha konstrukcí, např: plynové generátory, stlačené pružiny nebo předepjaté torzní tyče. Po zdvižení kapoty je zajištěno její spojení s karosérií pomocí pákového závěsu a zámku kapoty. Pákový závěs má zajistit zamezení zpětného pohybu kapoty.



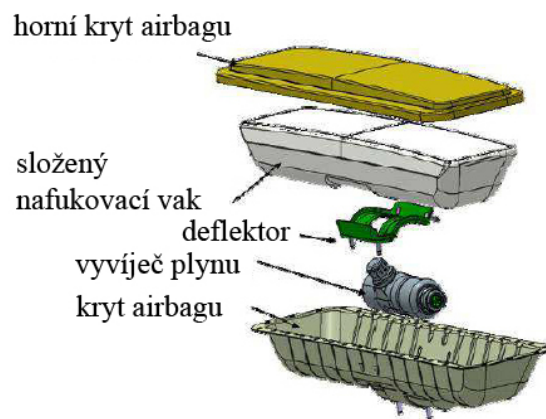
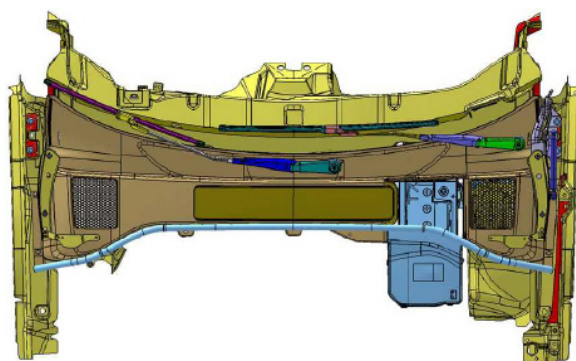
Obrázek 11 – Prvky aktivní kapoty [22]

3.1.5 Airbag pro chodce

Airbag pro chodce se nachází pod kapotou mezi motorem a předním sklem v místě stěračů. V předním nárazníku je řada senzorů, které měří sílu nárazu v případě kolize s chodcem. V případě kolize s chodcem v rychlostech 20 – 50 km/h dojde k aktivaci airbagu, který se rozvine do spodní třetiny čelního skla a pokryje polovinu A-sloupků. Na obrázcích 12-13 je znázorněno jeho umístění a složení.



Obrázek 12 – Aktivovaný airbag pro chodce [35]



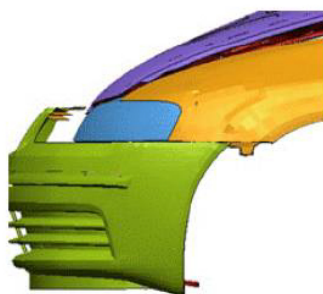
Obrázek 13 – Skladba airbagu pro chodce [22]

3.1.6 Aktivní spojler a nárazník

Vysunutím aktivního spojleru/nárazníku lze dosáhnout zvětšení deformačního prostoru. Slouží zejména jako ochrana dolních končetin. Opět je založen na senzorech a jejich odezvě na chodce. Výsuvný systém může být realizován několika způsoby. Lze použít



základní poloha



vysunut nárazník

Obrázek 14 – Aktivní spojler a nárazník [22]

pneumatické válce nebo také elektrické motory. Na Obr. 14 znázorněn stav předního nárazníku v základní poloze a po vysunutí.

3.1.7 Konstrukce čelního skla

Čelní bezpečnostní sklo a jeho konstrukce hraje důležitou roli při střetu s chodcem. Jedná se o lepené sklo VSG, které se při rozbití nevysype, úlomky drží pohromadě fólie, nevznikají volné plochy a velké hrany a tím jsou minimalizována řezná poranění. Díky pružnosti fólie dojde i lepšímu pohlcení kinetické energie. Požadavkem na sklo je zaoblený tvar v půdorysu a plochý sklon.

4 Legislativa

4.1 Historie zkoušek pasivní bezpečnosti

Mezi prvními průkopníky pasivní bezpečnosti byl Ralph Nader v 70. letech minulého století, který upozornil svojí publikací „The Safe Car You Can't Buy“ na žalostný stav bezpečnosti celosvětového autoparku. Následně rozpoutal lavinu, která upozorňovala na nedostatky v pasivní bezpečnosti automobilů. Došlo k rozšíření bariérových zkoušek různými organizacemi; i díky tomu veškerá silniční vozidla musí být pro řádný provoz na pozemních komunikacích homologována z hlediska bezpečnosti.

Roku 1978 americký úřad NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) poprvé v historii zveřejnil výsledky čelních nárazových zkoušek.



Roku 1979 došlo ke spuštění programu NCAP (New Car Assessment Programme) za účelem testování nových vozů. Ochrana chodců začala být aktuální až v 80. letech minulého století.



Cílem těchto organizací je objektivní posouzení pasivní, ale i aktivní bezpečnosti vozidel. Relativně nově jsou ve výsledném hodnocení vozidel zohledněny i aktivní systémy. Výsledky výzkumů jsou volně dostupné veřejnosti.

Během rozvoje výzkumu pasivní bezpečnosti vozidel došlo i k samovolnému vzniku různých testovacích postupů a kritérií; mezi seriózní evropské společnosti, které se touto problematikou rovněž zabývají, můžeme řadit např. Německý autoklub ADAC a Mezinárodní automobilovou federaci FIA.

4.2 Vývoj ochrany chodců

Roku 1982 se Evropský výbor pro bezpečnost vozidel EEVC začal zabývat vlivem přídi automobilů na bezpečnost chodců. Založil i první zkušebnu pro tento specializovaný výzkum. O pět let později byly stanoveny metody hodnocení ochrany chodců při čelní srážce. Testy byly založeny na nárazu impaktorů do jednotlivých částí přídi, šlo o simulaci nárazové rychlosti 40 km/h.

Roku 1996 byly stanoveny nové priority v oblasti ochrany chodců a byl založen program IHRA – International Harmonised Research Activities. Tento program zanalyzoval situaci nehod s chodci a měl navrhnout optimalizaci předpisů pro jejich bezpečnost. Řídící výbor EEVC vytvořil nový projekt pro skupinu WG17. Ta měla za úkol přezkoumat metody předešlé pracovní skupiny WG10 a optimalizovat je podle nových naměřených biomechanických a statistických dat.

V roce 1998 nabyly platnosti nové bezpečnostní normy Evropské unie a došlo ke zpřísnění testů NCAP.

V roce 2000 vydala Evropská komise prohlášení o „Prioritách bezpečnosti provozu v EU“. Výrobci automobilů bylo doporučeno zvýšení bezpečnosti zranitelných účastníků provozu.

Roku 2001 předložila Asociace evropských výrobců automobilů ACEA vlastní legislativní návrh, který se týká vybavení automobilů protiblokovacím systémem ABS, potkávacími světly pro denní svícení, zavedení dalších systémů aktivní bezpečnosti, a také zákazu výbavy automobilů předním ochranným rámem. Tento návrh přijaly i asijské asociace JAMA a KAMA.

Evropská komise připravila návrh směrnice na základě dohod s asociacemi automobilového průmyslu; tyto dohody obsahují zejména způsoby testování, limitní hodnoty, hodnocení a den, od něhož budou přijatá opatření aplikována. Směrnice 2003/102/ES nabyla účinnosti dne 1. 10. 2005. O tohoto data musí všechny nové typy vozidel kategorie M1 schvalované pro provoz na pozemních komunikacích splňovat kritéria vycházející z legislativního návrhu ACEA. Směrnice 2003/102/ES byla vzhledem k velmi přísným limitním kritériím předepsaným v tzv. druhé fázi zrušena ke dni 24.11.2009 a nahrazena Nařízením 78/2009/ES. [20]

4.3 Původní legislativa – Směrnice 2003/102/ES

„Směrnice 2003/102/ES stanovuje požadavky ochrany chodců a ostatních nechráněných účastníků silničního provozu před střetem a v případě střetu s motorovým vozidlem a mění směrnici Rady 70/156/EHS“ [30].

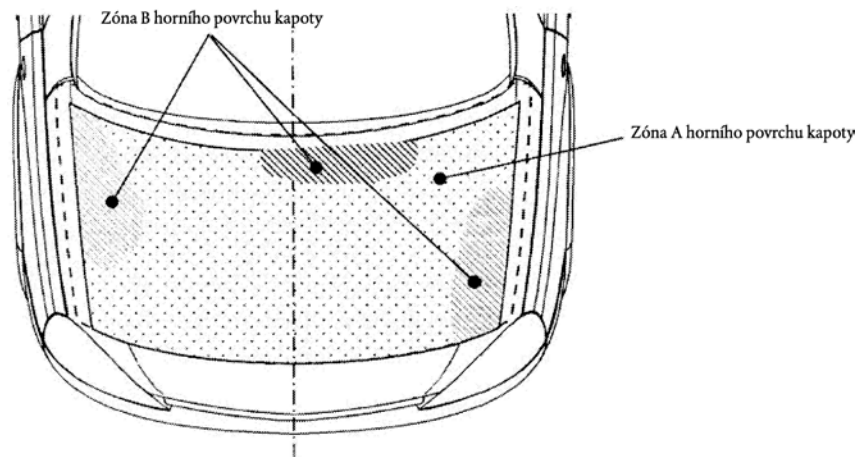
Jeden z prvních dokumentů zohledňující v homologaci vozidel ochranu chodců. Během platnosti směrnice došlo k mnoha změnám.

Výňatek ze směrnice, pasáž týkající se ochrany chodců.

„POŽADAVKY NA ZKOUŠKY:

- a. Požaduje se provedení těchto zkoušek; mezní hodnoty uvedené v bodech e a f slouží však jen pro vyhodnocování.
- b. *Náraz makety nohy do nárazníku:* vyžaduje se provedení jedné ze zkoušek nárazu makety nohy popsaných v bodech c nebo d:
- c. *Náraz dolní části makety nohy do nárazníku:* zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h. Maximální úhel dynamického ohybu kolena nesmí překročit 21,0o, maximální dynamický střížný posuv kolenního kloubu nesmí překročit 6,0 mm a zrychlení měřené na horním konci holeně nesmí překročit 200 g.
- d. *Náraz horní části makety nohy do nárazníku:* zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h. Okamžitý součet nárazových sil v závislosti na čase nesmí překročit 7,5 kN a ohybový moment působící na maketu překročit 510 Nm.
- e. *Náraz makety hlavy dítěte nebo malého dospělého do horního povrchu kapoty:* zkouška se provádí při rychlosti nárazu 35 km/h s použitím makety o hmotnosti 3,5 kg. Kritérium pohybu hlavy (HPC) nesmí překročit 1000 na dvou třetinách zkušební povrchové plochy kapoty a 2000 na zbývajících jedné třetině této plochy.
- f. *Náraz horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty:* zkouška se provádí při rychlosti nárazu do 40 km/h. Okamžitý součet nárazových sil v závislosti na čase by neměl překročit možnou cílovou hodnotu 5,0 kN, zapíše se ohybový moment působící na maketu a porovná se s možnou cílovou hodnotou 300 Nm.

- g. *Náraz makety hlavy dospělého do čelního skla: zkouška se provádí při rychlosti nárazu 35 km/h s použitím makety o hmotnosti 4,8 kg. Zapiše se kritérium pohybu hlavy (HPC) a porovná se s možnou cílovou hodnotou 1000.*
- h. *Požaduje se provedení těchto zkoušek:*
- i. *Náraz makety nohy do nárazníku: vyžaduje se provedení jedné ze zkoušek nárazu makety nohy popsanych v bodech j nebo k:*
- j. *Náraz dolní části makety nohy do nárazníku: zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h. Maximální úhel dynamického ohybu kolena nesmí překročit 15,0o, maximální dynamický střížný posuv kolenního kloubu nesmí překročit 6,0 mm a zrychlení měřené na horním konci holeně nesmí překročit 150 g.*
- k. *Náraz horní části makety nohy do nárazníku: zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h. Okamžitý součet nárazových sil v závislosti na čase nesmí překročit 5,0 kN a ohybový moment působící na maketu nesmí překročit 300 Nm.*
- l. *Náraz makety hlavy dítěte do horního povrchu kapoty: zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h s použitím makety o hmotnosti 2,5 kg. Kritérium pohybu hlavy (HPC) nesmí překročit hodnotu 1000 na celé zkušební povrchové ploše kapoty.*
- m. *Náraz horní části makety nohy do náběžné hrany kapoty: zkouška se provádí při rychlosti nárazu do 40 km/h. Okamžitý součet nárazových sil v závislosti na čase nesmí překročit 5,0 kN a ohybový moment působící na maketu nesmí překročit 300 Nm.*
- n. *Náraz makety hlavy dospělého do horního povrchu kapoty: zkouška se provádí při rychlosti nárazu 40 km/h s použitím makety o hmotnosti 4,8 kg. Kritérium pohybu hlavy (HPC) nesmí překročit hodnotu 1000 na celé zkušební povrchové ploše kapoty.“ [31]*



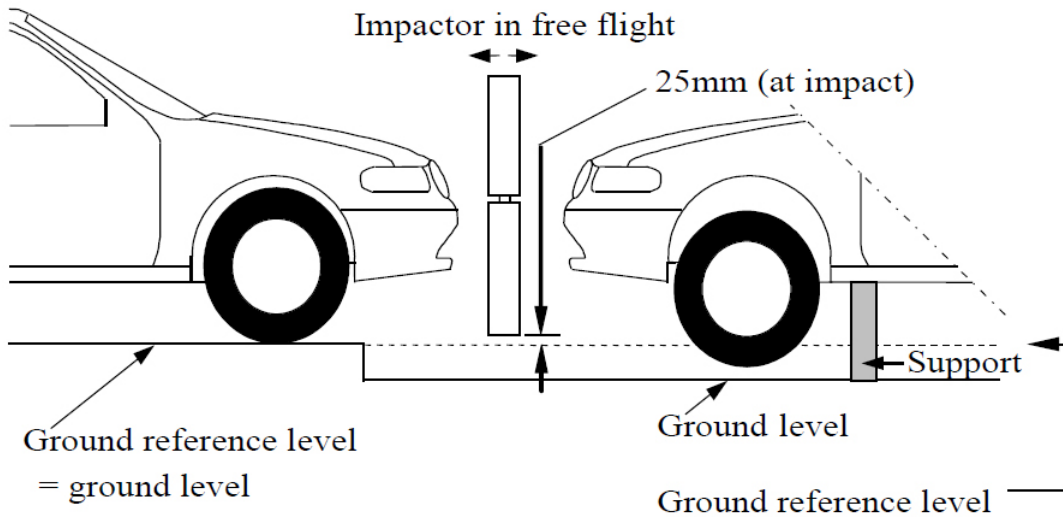
Obrázek 15 – Testovací zóny na kapotě pro test impaktorem dětské/malé dospělé hlavy [33]

4.4 Současná legislativa – směrnice 78/2009/ES

„Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 78/2009 ze dne 14. ledna 2009 o schvalování typu motorových vozidel s ohledem na ochranu chodců a ostatních nechráněných účastníků silničního provozu, o změně směrnice 2007/46/ES a o zrušení směrnic 2003/102/ES a 2005/66/ES.“ [23]

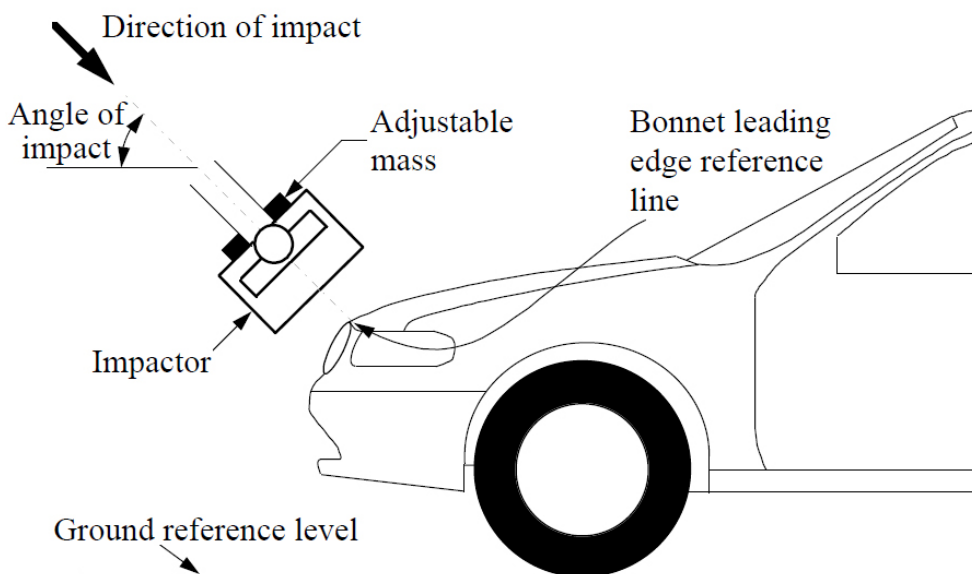
Tato směrnice stanovuje požadavky na montáž a použití systémů čelní ochrany na vozidlech a zajišťuje tak úroveň ochrany chodců.

Systémy čelní ochrany mohou být schváleny, pokud vyhoví této zkoušce nárazu makety dolní končetiny do systému čelní ochrany (Obr. 16). Základní podmínky zkoušky a limitní hodnoty jsou totožné se směrnicí č. 2003/102/ES pro první fázi.



Obrázek 16 – Zkouška nárazem makety do nárazníku [9]

Pokud je dolní výška systému čelní ochrany vyšší než 500 mm, bude zkouška nahrazena zkouškou nárazem makety kyčle (stehna) do systému čelní ochrany (Obr. 17).



Obrázek 17 – Zkouška nárazu makety horní části dolní končetiny do řídicí hrany kapoty

[9]

4.5 Legislativní návrh GTR č. 9

„Na základě EHK Dohody o celosvětově platných technických předpisech GTR (Global technical regulation) z roku 1998, jež umožňuje vytvoření celosvětově platných technických předpisů specifikujících vlastnosti konstrukcí vozidel, byl podán návrh na vývoj předpisu GTR pro ochranu chodců a zranitelných účastníků silničního provozu při jejich střetu s vozidly, evidovaný pod číslem ECE/TRANS/WP.29/AC.3/7. Vzhledem k předpokladu, že se technické požadavky EHK a technické předpisy ES (směrnice, rozhodnutí, nařízení) postupně v rámci vyššího stupně celosvětové harmonizace technických předpisů sjednotí v předpis GTR, byl tento návrh předložen Evropskou unií. Účelem tohoto předpisu je, aby bylo dosaženo zlepšení v konstrukci přídě vozidla, a to zejména těch oblastí, kde dochází nejčastěji k poranění chodce nebo jiného zranitelného účastníka silničního provozu při střetu s vozidlem. Při zkouškách se omezuje na prvky, které jsou nejčastější příčinou trvalých poranění dětí a dospělých, tj. na dolní končetiny a hlavu. Zkoušky budou založeny na systému sub-testů nárazových maket (impaktorů), které zastupují jednotlivé oblasti těla. Nárazová rychlost by měla být zvolena s ohledem na nejpravděpodobnější rychlost, při níž tato poranění nastávají. Z hlediska požadavků na ochranu chodců přímo spojených s konstrukcí vozidla se návrh předpisu GTR liší od nařízení 78/2009/ES v aplikaci na různé kategorie automobilů. Předpis GTR nepožaduje vybavení vozidel asistenčními brzdnými systémy sloužícími ke zkrácení brzdné dráhy a neobsahuje hodnocení aktivních systémů schopných zasáhnout do řízení a tím předejít případné srážce.“ [20]

Návrh GTR 9 se vztahuje pouze na vozidla do hmotnosti 2,5 t. Obsahuje testy nárazu impaktoru hlavy dítěte a dospělého při rychlosti 35 km/hod.

K testování nárazu dolní končetiny do nárazníku se používá převážně tuhý impaktor. V Japonsku byl již vyvinut pružný impaktor Flex-PLI, který byl k testování rovněž certifikován. V předpisu GTR 9 je označen jako Flex-GTR.

Předpis GTR 9 nezohledňuje náraz horní části dolní končetiny do kapoty. Díky pontonovému typu přídě většiny vozidel k tomuto zranění dochází spíše výjimečně. Naopak tomu je v severní Americe, kde je vysoké procento automobilů právě typu SUV nebo je klasifikováno jako lehký užitkový vůz (obvykle pick-up), jedná se o vozy s vysokou stavbou, která mohou chodce významněji poškodit.

PEDESTRIAN PROTECTION TESTS				
Test	EEVC	EuroNCAP	GTR	Shape Corp.
Child/Adult Headform to Bonnet	●	●	●	●
Lower Legform to Bumper	●	●	●	●
Upper Legform to Bumper	●	●	●	●
Upper Legform to Bonnet Leading Edge	●	●		●
Adult/Child Headform to windscreen		●		●

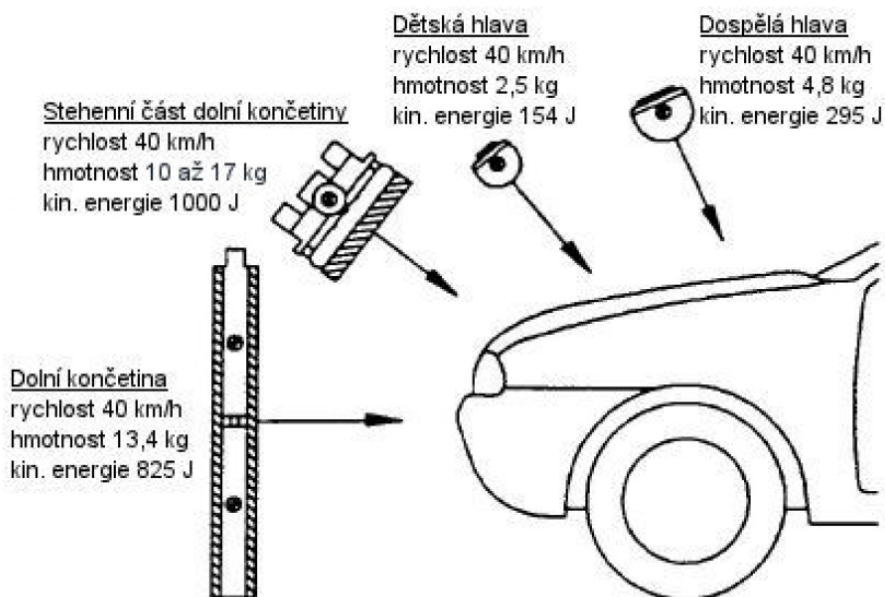
Tabulka 6 – Typy zkoušek jednotlivých organizací [28]

4.6 Impaktory a zkoušení předí vozidel

Plochy a linie automobilů jsou testovány pomocí impaktorů, které nahrazují jednotlivé části lidského těla. Impaktor je mechanické zařízení, jehož mechanické zatížení musí odpovídat odezvám lidské tkáně.

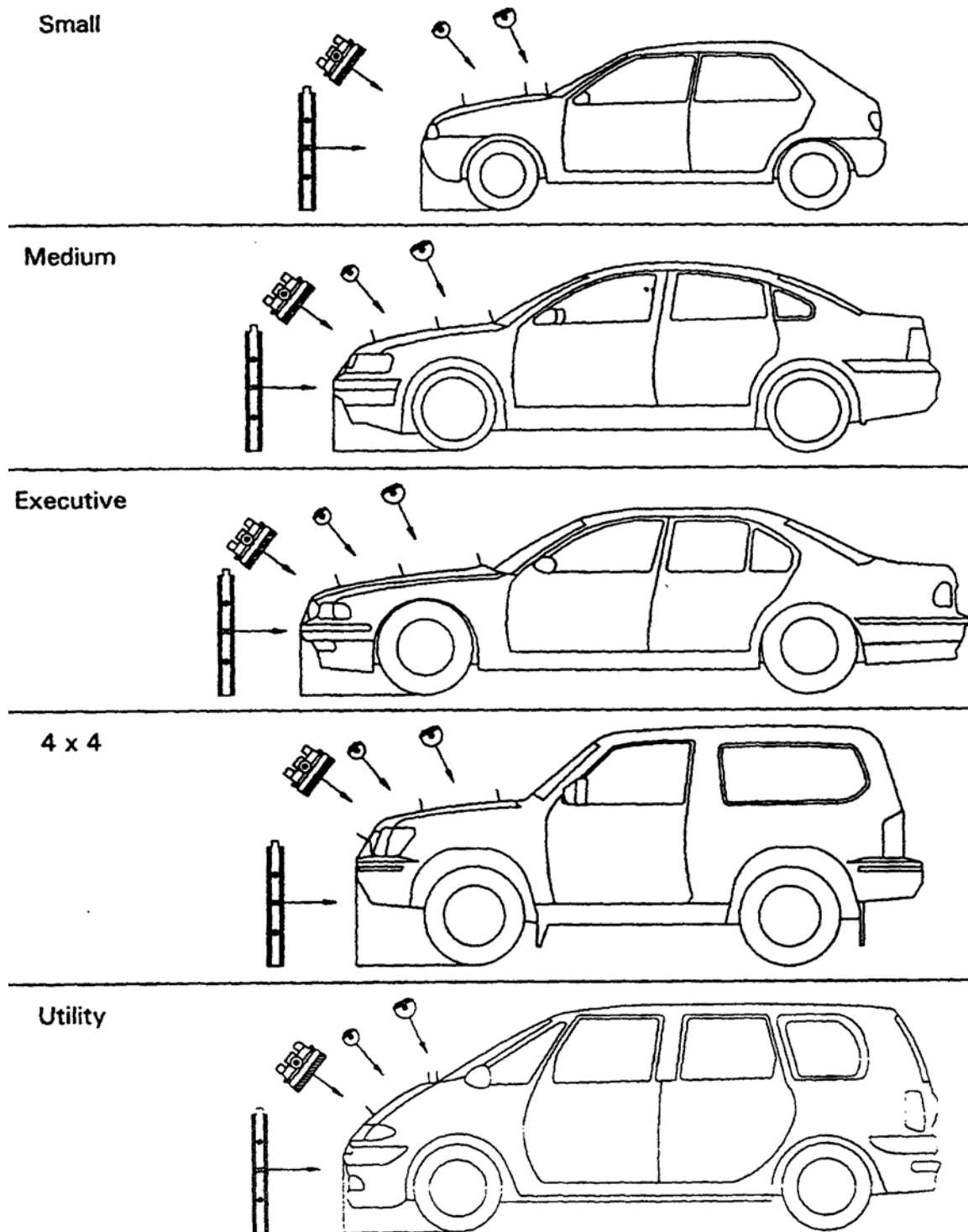
Na automobilech se zohledňují následující křivky a body:

- 1) referenční křivka nárazníku (BR),
- 2) dolní referenční křivka nárazníku (LBR),
- 3) referenční bod rohu nárazníku v úhlu 60° osy automobilu,
- 4) referenční křivka náběžné hrany kapoty,
- 5) referenční křivka boku kapoty včetně A-sloupků,
- 6) referenční bod předního rohu kapoty,
- 7) referenční křivka zadní hrany kapoty.



Obrázek 18 – Test impaktory dle metodiky EEVC [20]

4.6.1 Zkoušky impaktorů na různých typech karosérie



Obrázek 19 – Zkoušky impaktorů na různých typech karosérie [29]

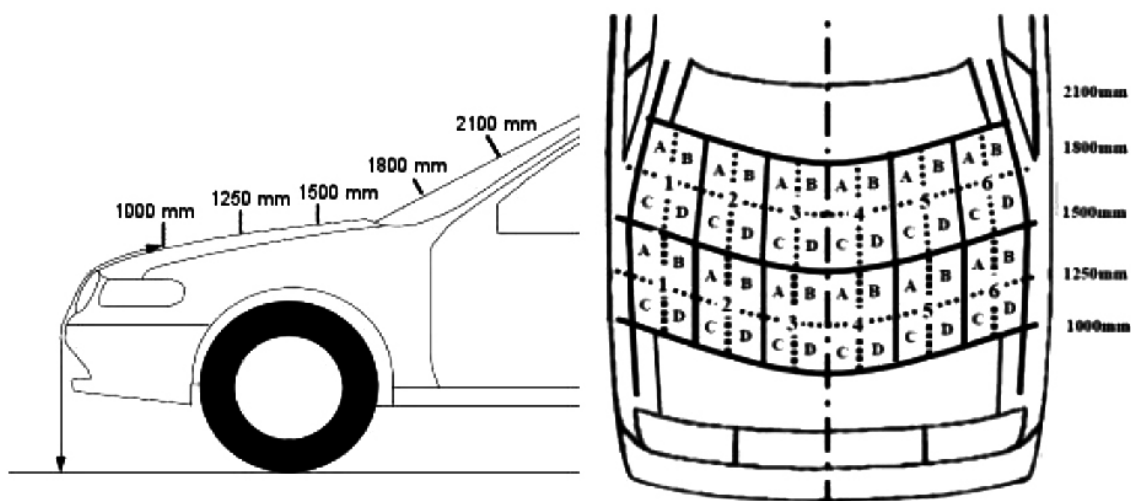
4.6.2 Impaktor dětské a dospělé hlavy

Důležitým procesem je stanovení místa nárazu impaktoru. Pro testování impaktoru hlavy je nezbytné na kapotě vytvořit síť. Starší protokol Euro NCAP v5.3, na základě kterého byly provedeny dynamické zkoušky s dětským chodcem, je zobrazen na Obr. 20. V současnosti je navržen nový protokol Euro NCAP 7.0, který nabyde platnosti lednem roku 2014.

U Euro NCAP v5.3 je rozdělena zkušební oblast na dvě části:

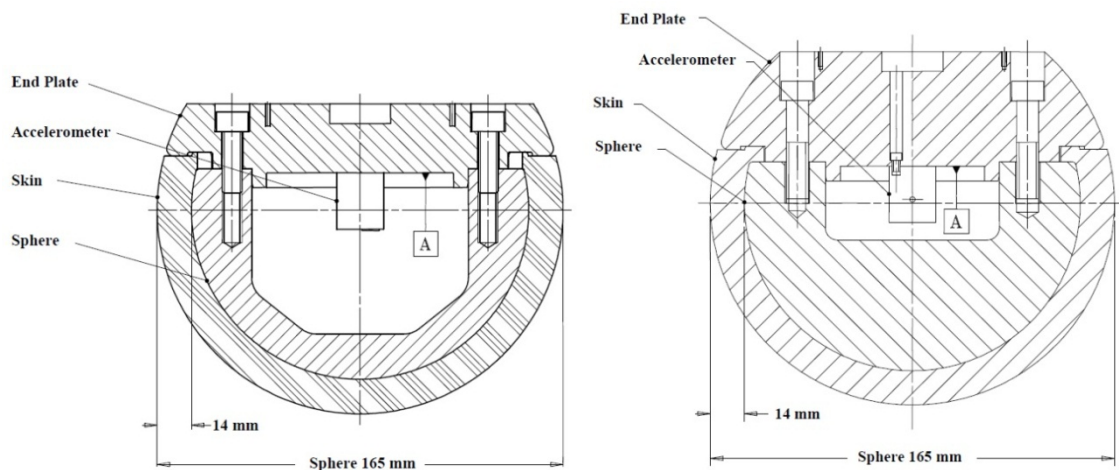
- 1) test impaktorem dětské hlavy (1000mm – 1500mm),
- 2) test impaktorem dospělé hlavy (1500mm – 2100mm).

Každá z oblastí se dále dělí podélně na šestiny a dále na čtvrtiny (A,B,C,D).



Obrázek 20 – Tvorba sítě na kapotě [9]

Ve 24 základních vyznačených polích se při testu impaktorem hlavy jak dětské, tak i dospělé, určí 6 míst s vyšším rizikem vzniku poranění. Tyto lokace se podrobí testu nastřelením impaktoru rychlostí 40 km/h. Dětská hlava je nastřelena pod úhlem 50 stupňů a dospělá 65 stupňů k horizontální rovině.



Obrázek 21 – impaktory hlavy, vlevo dětské, vpravo dospělé [14]

4.6.3 Impaktor dolní končetiny

Během tohoto testu se vystřelí impaktor stehna rychlostí 40 km/ na předem vybraná místa na referenční křivce nárazníku. Referenční křivka je rozdělena na šestiny. V každém segmentu lze provést pouze jeden test.



Obrázek 22 – Impaktor dolní končetiny

[21]

4.6.4 Impaktor stehna

Test impaktorem stehna se provádí pouze v případě, když má dolní referenční křivka nárazníku vertikální vzdálenost od podložky větší než 500 mm.

U osobních automobilů se nejedná o běžný test nárazníku.

4.6.5 Impaktorem stehna – náběžná hrana kapoty

Jedná se o test bez pevně stanovených kritérií. Parametry impaktoru se určují z parametrů předě testovaného vozu. Kritéria jsou ovlivněna výškou referenční křivky hrany předku kapoty a předsažením referenční křivky nárazníku vzhledem k referenční křivce hrany předku kapoty.

4.6.6 Impaktor pro detekci chodců (PDI)

Tento speciální impaktor byl vyvinut za účelem testování detekce chodců. Těleso je jednoduché, robustní a nezávislé na okolní teplotě. Díky kvalitnímu návrhu je možné přesné zhodnocení místa a síly dopadu.



Obrázek 23 – PDI impaktor vyvinut pro systém detekce chodců [3]

Tabulka 7 – Parametry testů impaktory dle metodiky EEVC

Typ impaktoru	rychlost vrhu	úhel
Impaktor hlavy dítěte	$v = 40 \text{ km/h}$	$\alpha = 50^\circ$
Impaktor hlavy dospělého	$v = 40 \text{ km/h}$	$\alpha = 65^\circ$
Impaktor stehna	$v = 20 - 40 \text{ km/h}$	$\beta = 10^\circ - 46^\circ$
Impaktor dolní končetiny	$v = 40 \text{ km/h}$	horizontálně

5 Příprava experimentu

5.1 Série dynamických zkoušek osobního automobilu s dětským chodcem

Fakulta dopravní ČVUT v Praze provedla během posledních let celkem čtyři série testů dynamických zkoušek pasivní bezpečnosti dětského chodce při střetu s osobními automobily kategorie M1. Ve třech případech byly kolizní rychlosti zvoleny 10, 20 a 30 km/h. Čtvrtý test byl zaměřen na opakovatelnost testů při rychlosti 20 km/h jednoho modelu vozu. Automobily poskytla Škoda a.s., jednalo se o geometricky různé modely Roomster, Octavia II a Yeti.

Vozidla a upravená figurína typu P6 byly osazeny senzory. Během testů byly na automobilech sledovány kontaktní zóny na předních vozidel a jejich případné poškození. Na figuríně byla sledována výsledná zrychlení hlavy, hrudníku, pánve a kolenního kloubu v sagitální rovině včetně tenzometrického měření stehenní kosti.

Výstupy zkoušek vypovídají o závažnosti primární a sekundární kolize při srážce osobního automobilu a dětského chodce. Obsahují potřebný popis kinematiky.

Pro zjednodušení identifikace jednotlivých zkoušek jsem zavedl následující označení, kde písmeno znamená počáteční písmeno modelu automobilu a číslo symbolizuje rok zkoušky:

R2009 – Škoda Roomster, rok 2009

O2010 – Škoda Octavia II, rok 2010

Y2011 – Škoda Yeti, rok 2011

Y2012 – Škoda Yeti, rok 2012

5.1.1 Metodika

Metodika všech čtyřech dynamických zkoušek byla totožná. Vždy v ní figurovala dummy P6 šestiletého dítěte. Během testů byly použity celkem tři automobily kategorie M1. Při kolizi stála figurína čelem k vozidlu ve spatném stoji v podélné ose vozidla (viz Obr. 1).

Vozidlo bylo brzděno v počátku nárazu. Jednotlivé nárazové zkoušky byly voleny v rychlostech 10, 20 a 30 km/h, výjimkou je poslední zkoušení, které probíhalo třikrát v rychlosti 20 km/h. Série zkoušek rovněž zahrnovaly kolize s dětským cyklistou a jinými předměty, ty nejsou v této práci zahrnuty.



Obrázek 24 – Základní pozice figuríny čelem proti směru jedoucího vozidla

Zkoušky byly realizovány v Horních Počernicích v areálu firmy A.L.C.Z a.s., kde byla k dispozici účelová komunikace s asfaltový povrchem. Na vozovce byl vytvořen rastr s jednotlivými čtverci o rozměru 0,5 x 0,5 m (viz Obr. 1). Zkoušky O2010 a Y2011 byly doplněny projekčním rastrem na pozadí děje o rozměru 0,1 resp. 0,5 m.

Klimatické podmínky byly vyhovující vzhledem k povaze testů, teploty se pohybovaly okolo 20°, bylo sucho a bezvětrí.

Tabulka 8 – Klimatické podmínky při provádění série testů

	R2009	O2010	Y2011	Y2012
teplota	18°	16°	19°	22°
vítr	0 – 5 m/s	0 – 5 m/s	0 – 5 m/s	0 – 5 m/s
vlhkost	sucho	sucho	sucho	sucho

5.1.2 Kolizní partneři

5.1.2.1 Figurína P6

Figurína P6 reprezentuje šestileté dítě, které měří na výšku 1,17 m, váží 22 kg a stojí čelem k vozidlu ve spatném stoji v podélné ose vozidla. Před každou zkouškou ji bylo potřeba kalibrovat dle manuálu. Byla dovybavena ochrannými pomůckami po celé části těla. Figurína byla oblečena, hlava figuríny byla opatřena samolepicí páskou a na nohách byly nazuty kotníkové boty. Tato výbava slouží především jako ochrana proti otěru o vozovku.

Instrumentace figuríny

Senzorové vybavení figuríny má za úkol předávat informace o pohybu sledovaných částí těla. Hlava a hrudník byly osazeny tříosými akcelerometry (směry x , y , z) s rozsahem 1000 g. Oblast pánve byla také osazena tříosým akcelerometrem (směry x , y , z) ale o rozsahu 500 g. Do kolenního kloubu byl umístěn jednoosý akcelerometr (směr x) o rozsah 500 g. Stehenní kost je tvořena náhradou stehenního segmentu, jejíž skelet byl osazen tenzometry a měřena jednoosá napjatost. Směry x , y a z odpovídají třírozměrné referenční soustavě pro vozidla podle ISO 4130-78 (x – směr kolize, y – kolmo na směr kolize, z – svisle).

Použité snímače

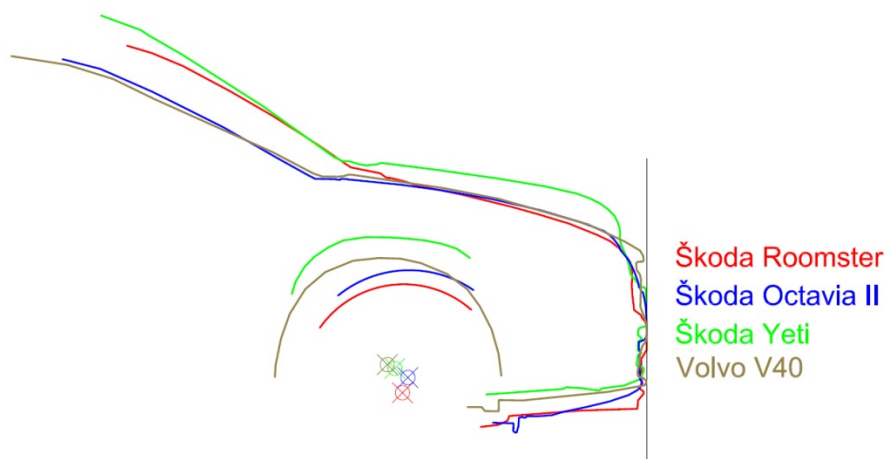
- tříosý akcelerometr – Measurement Specialities, modelové č. 1203, piezorezistivní, 1x rozsah 500 g, 2x rozsah 1000 g,
- jednoosý akcelerometr – Measurement Specialities, modelové č. 1201, piezorezistivní, 1x rozsah 500 g,
- tenzometry – 4x odporové tenzometry Mikrotechna 8JP120A, jmenovitý odpor 120 Ω , zapojeny do dvou půlmůstků.

5.1.2.2 Automobily Škoda

V sériových měřeních byly použity tři typy automobilů Škoda lišících se především v celkové geometrii předě. Škoda Roomster spadá do kategorie malých MPV, přitom před

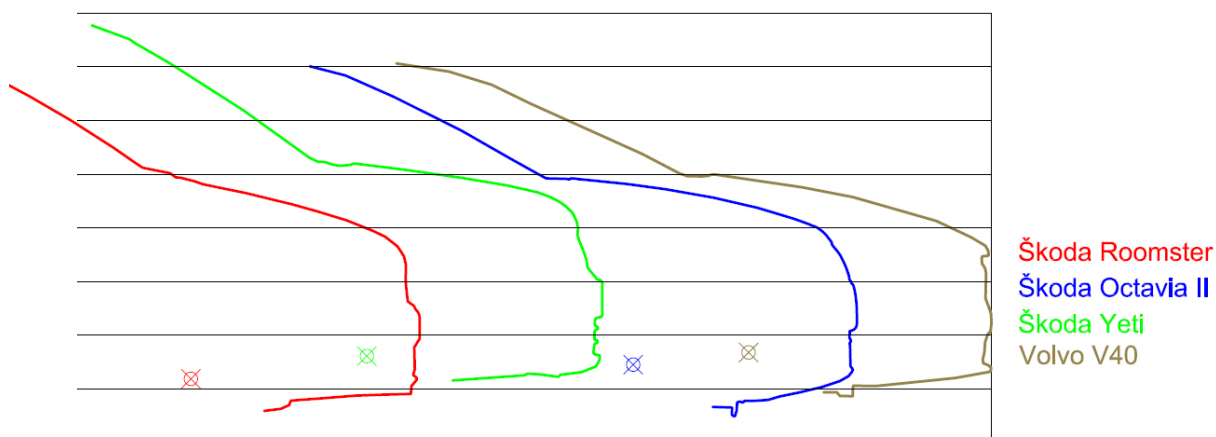
pochází z menšího modelu Fabia. Škoda Octavia II reprezentuje typickou střední třídu a Škoda Yeti naopak vozy SUV s celkovou vyšší stavbou karoserie. Jednotlivé porovnání siluet přídí se nachází v obrázcích 25 a 26, které zároveň obsahují příd' Volva V40, které je dále rozebíráno v následující kapitole. Z různých výšek a proporcí karoserií plyne i odlišné chování kolizních partnerů po nárazu.

Historický technický vývoj jednotlivých modelů je dílem posledního desetiletí. Nejstarší je Octavia druhé generace, která byla uvedena na trh v roce 2004, modernizací prošla v roce 2008 a tato modernizovaná verze také absolvovala naše zkoušky. O něco málo mladší je model Roomster, který byl uveden na český trh v roce 2006. Nejmladším vozem je model Yeti, který se vyrábí od roku 2009.



Obrázek 25 – Porovnání přídí: Škoda Roomster, Octavia II, Yeti a Volvo V40

Profil přídě Octavie a V40 si je nápadně podobný. Výška obou vozů je v podstatě shodná a to i včetně úhlu navazujícího čelního skla. Roomster je celkově o poznání kratší a nižší než všechny ostatní modely. Naopak kapota vozu Yeti jednoznačně vyčnívá nad všechny ostatní a to rámcově o 10 cm.



Obrázek 26 – Porovnání přídí: Škoda Roomster, Octavia II, Yeti a Volvo V40

Technické specifikace zkoušených vozidel

Tabulka 9 – Technické specifikace zkoušených vozidel

	R2009	O2010	Y2011, Y2012
model	Roomster	Octavia II	Yeti
motorizace	1,2 HTP	1,4 MPI	1,8 TSI 4x4
max. výkon [kW]	47	59	118
objem motoru [cm³]	1198	1390	1798
pohotovostní hmotnost s řidičem [kg]	1200	1255	1505

Všechna vozidla byla opatřena oranžovým matným antireflexním nátěrem. V případech R2009 a O2010 byly na předních vozidel vyznačeny zóny v souladu se směrnicí 2003/102/ES o ochraně chodců a ostatních nechráněných účastníků silničního provozu při střetu s motorovým vozidlem.

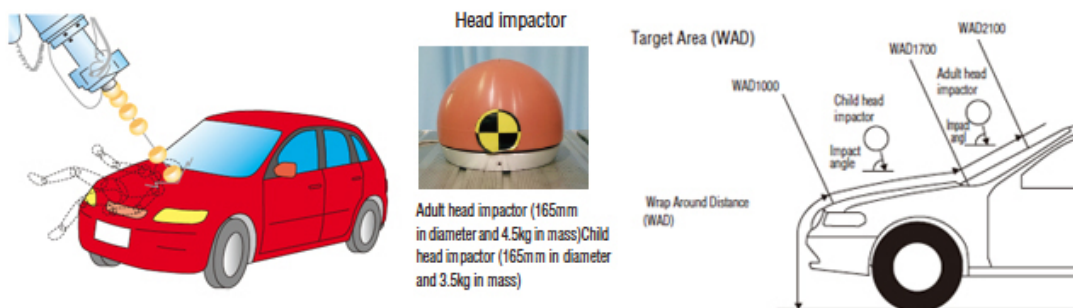
V případech Y2011 a Y2012 byly na přídí vozidla vyznačeny zóny dle testovacího protokolu EuroNCAP v 5.3 pro zkoušky chodců včetně zón pro impaktor dětské hlavy. Tento protokol zahrnuje:

- referenční linii náběžné hrany kapoty,
- horní referenční linii nárazníku,
- vertikální osu y,
- boční referenční linii,

- černé horizontální linie WAD 1000 a WAD 1500,
- bílou horizontální linii WAD 1250,
- testovacích zón 12 polí pomocí černé a žluté pásky.

„WAD (wrap around distance) „dosah ovinutí “ je geometrické místo bodů opsané na předním horním povrchu jedním koncem ohebné pásky udržované ve svislé podélné rovině vozidla a posouvané příčně podél předku kapoty a nárazníku. Páska je po celou dobu měření napjatá, přičemž se jeden konec dotýká vozovky svisle pod přední stranou nárazníku a druhý se dotýká předního horního povrchu.“ [5]

Zóny na předních jednotlivých vozidel dle příslušných pravidel jsou vyobrazeny na Obr. 3. V levém sloupci se nachází šikmý pohled na automobily, v pravém sloupci je pohled na přídě vozidel v ose kolize.



Obrázek 27 – Linie ovinutí WAD s oblastmi testování dětské a dospělé hlavy pomocí impaktorů [17]



Obrázek 28 – Zóny na předích automobilů při testech R2009, O2010, Y2011, Y2012

5.1.3 Měřicí systém

Pro měření zrychlení u jednotlivých typů vozidel byly použity následující systémy:

A. R2009:

„Měření zrychlení

- měřicí systém *Bruel a Kjaer B&K 3560-B*,
- mobilní měřicí systém *Kayser-Threde MiniDAU K3700-32* (32 kanálů, maximální vzorkování 20kHz, HW filtr 2kHz, 12bit A/D),

- snímače zrychlení 1x B&K 4504A, 3x (MWS 2501) MSC 301 M/LC, 1x B&K 4513B.

Měření jednoosé napjatosti

- 4x odporové tenzometry Mikrotechna 8JP120A, jmenovitý odpor 120 Ω ,
- ústředna Hottinger-Baldwin MGCPlus, software Catman Easy, max. vzorkovací frekvence měřicí karty $f = 2400\text{Hz}$.“ [5]

B. O2010, Y2011, Y2012:

- „ústředna National-Instruments NI 9172, USB rozhraní, pro až 8 D-Sub modulů,
- 4x modul NI 9237: 4 kanálový, 24-bitový, analogový modul půlmůstek-můstek, kanál připojen přes konektor RJ50, napájení 10 V,
- kabeláž,
- celkem měřeno 12 kanálů + 1 trigger.“ [7]

5.1.4 Další snímané veličiny a přístrojové vybavení

Pro určení reálné rychlosti vozidla a průběhu zrychlení na vozidle byly použity následující přístroje a prostředky:

- přístroj Etanu 2.0 – pro měření průběhu rychlosti a zrychlení vozidla v ose x, y, pro pořízení videozáznamu a určení GPS polohy; přístroj byl umístěn na čelním skle automobilu,
- optická závora – elektronické stopky se spouštěním fotoelektrickým hradlem,
- cyklo-tachometr,
- tachometr vozidla,
- v případě O2010 a Y2011 byl použit snímač Xsens MTi-G pro měření průběhu zrychlení vozidla v ose x, y, z, měření úhlu klonění, klopení a stáčení vozidla, GPS polohy,

- u O2010 byla měřidla umístěna na středový panel automobilu (odpružená hmota), uložení pravého zadního kola (neodpružená hmota); sběr dat byl zajištěn pomocí PC umístěného v zavazadlovém prostoru automobilu,
 - u Y2011 byla měřidla umístěna ve výztuze předního nárazníku, sběr dat byl zajištěn pomocí PC umístěného v zavazadlovém prostoru automobilu.
- *„V případě Y2012 byly nainstalovány tříosé akcelerometry Kistler, piezorezistivní, 6x rozsah 1000 g s jedním snímačem posunu LVDT měřící průhyb kapoty v místě nárazu:*
 - *měřidla byla umístěna na krytu nárazníku, výztuze nárazníku, na levém a pravém podélníku, u zámku kapoty, na řídicí jednotce airbagu. Celkem bylo měřeno 18 kanálů zrychlení a 1 kanál průhybu kapoty,*
 - *lineární snímač posunu – Omega LD320-50,*
 - *3 digitální kanály pro určení prvního kontaktu nárazníku automobilu s figurínou,*
 - *záznamová jednotka Kayser-Threde (Kistler) MINIDAU (32 kanálů), příslušenství byla baterie a další hardware, rozhraní pro digitální kanály,*
 - *měření úhlu klopení automobilu – optický snímač optoNCDT 1402-600, rozsah 600 mm, umístěn na levém podélníku.“ [8]*

5.1.5 Obrazový záznam

Během série testování byly používány vysokorychlostní kamery Redlake MotionXtra® HG-100K s reálnou rychlostí snímání 1000 obr/s. Záznamy byly zaznamenány ve spolupráci se Škoda Auto a.s. a TUV SÜD Czech s.r.o.

Další záznamovou techniku tvořila vysokorychlostní kamera Kodak Ektapro HG 2000 s reálnou rychlostí snímání 1000 snímků za sekundu a fotoaparát Casio EX F1 Exilim Super zoom s reálnou rychlostí snímání 600 snímků za sekundu.

5.1.6 Zaměření objektů

Výsledné polohy objektů byly zaměřeny s přístroji:

- Topcon totalstation 3007i,
- Topcon totalstation 9000i,
- 3D scanner – Faro Focus3D.

5.2 Volvo V40 – detekce chodců

Švédská automobilka uvedla v roce 2012 na trh druhou generaci Volvo V40. Jedná se o hatchback nižší střední třídy (jako Octavia), který sdílí podvozkovou platformu a některé motorizace se svým příbuzným Fordem Focus. Nový model je vybaven nejsofistikovanějšími prvky aktivní i pasivní bezpečnosti. Jako první sériově vyráběný automobil na světě je vybaven airbagem pro chodce umístěným pod kapotu. Dále je tento moderní model vybaven aktivními elektronickými bezpečnostními systémy pokročilých generací včetně detekce chodců s automatickým brzděním.



Obrázek 29 – Volvo V40

5.2.1 Bezpečnostní výbava

Automobily Volvo jsou standardně vybaveny řadou prvků aktivní a pasivní bezpečnosti. Patří sem různé aktivní systémy jako je ABS, DSTC (ESP) – stabilizační systém s kontrolou trakce, EBA – brzdový asistent, EBL – rozsvícení výstražných světel při nouzovém brzdění, City Safety II. generace a další. Pasivní bezpečnost je zajištěna např. airbagy pro posádku včetně kolenního airbagu, výše zmíněného airbagu pro chodce a systémem ochrany při převrácení vozidla ROPS. Přesný výčet standardní výbavy je uveden v příloze 1.

Testovaný vůz byl vybaven příplatkovým balíčkem „Driver Support Paket 1“, jenž zahrnuje testovanou bezpečnostní výbavu.

Nadstandardní technická výbava automobilu využívá radar, laser a kameru. Umístění jednotlivých je znázorněno na Obr. 30.



Obrázek 30 – Příd' Volvo V40



Obrázek 32 – Radar na přídí



Obrázek 31 – Kamera, vysílač a přijímač signálu laseru

Specifikace laserového senzoru:

- Maximální energie impulsu: 2,64 μJ
- Maximální výstupní výkon: 45 mW
- Trvání impulsu: 33 ns
- Divergence (vodorovně x svisle): 28° x 12°

Kamera zároveň slouží pro automatické tlumení dálkových/potkávacích světel, dále pro funkce Informace o dopravním značení, Driver Alert Control a Lane Keeping Aid. Všechny tyto programy jsou podrobně probrány v následující kapitole. Bližší specifikace kamery mi nebyly poskytnuty.

5.3 Popis bezpečnostní výbavy

Většina bezpečnostních programů ve vozidle využívá stejný hardware. V této kapitole je výčet výbavy včetně jejího popisu.

a) Funkce sledování vzdálenosti (Distance Alert)

Tato funkce informuje řidiče o časovém odstupu od vozidel jedoucích před ním, aktivuje se při rychlosti nad 30 km/h. Pokud systém vyhodnotí vzdálenost před vozidlem jako nebezpečnou, rozsvítí se nepřerušovaně čtyři oranžové diody do čelního skla v místě za volantem. Časový interval vzdálenosti pro jejich rozsvícení lze nastavit. Upozornění na nebezpečnou vzdálenost vozidel před vozem může zamezit nebo zmírnit následky dopravní nehody.

b) Varování před kolizí s funkcí automatické aktivace brzd a detekce chodců

Řidič je varován před kolizí s dalším vozidlem nebo chodcem na základě rozpoznání souhrnných algoritmů a dat z radaru a kamery. V případě, že dojde k vyhodnocení nebezpečné situace, např. do jízdní dráhy vozidla vstoupí chodec, automobil začne varovat řidiče vizuálně a akusticky (blikajícími červenými LED diodami), pokud i tak řidič nejeví známky aktivity, automobil aktivuje brzdy a zastaví za ideálních podmínek před překážkou. V případě manuální převodovky dojde ke zhasnutí pohonné jednotky a na palubním počítači se rozsvítí hláška: „Bylo aktivováno autom. brzdění“. Po opětovném sešlápnutí spojkového pedálu motor nastartuje.

Varování před kolizí s automatickým zabrzděním má následující fáze:

- 1) varování před srážkou
- 2) podpora brzd
- 3) automatická aktivace brzd

Celý algoritmus pracuje s daty z radaru v masce a z kamery za čelním sklem. Na základě přednastavených scénářů by měl automobil v konkrétní situaci optimálně zareagovat. V případě detekce chodců je nutné, aby postava splňovala parametry siluety těla, to znamená, že musí mít hlavu, ramena, paže, trup a nohy. Limity kamery však končí poměrně brzo a to zejména se soumrakem. Níže jsou uvedené vlastnosti programu.

„Automobilka Volvo v příručce uvádí:

- *chodec musí mít minimálně 80 cm,*
- *nedetekuje chodce nesoucí větší předměty, popřípadě chodce, který vede bicykl,*
- *system není aktivní za soumraku a ve tmě,*
- *funguje od 4 km/h,*
- *system účinně brzdí do rychlosti 50 km/h,*
- *je aktivní do 80 km/h.“ [37]*

Během zkoušek jsme snažili potvrdit a vyvrátit předpoklady systému.

e) City Safety

Napomáhá řidiči vyvarovat se kolizi v dopravních zácpách, systém je aktivní do rychlosti 50 km/h. Jeho úkolem je automaticky zabrzdit před pevnou překážkou. Funguje na základě odrazu laseru, který je umístěný za předním sklem (vysílač, přijímač). Automatické brzdění se aktivuje na poslední chvíli stejně jako v případě varování před kolizí. Systém reaguje až v situaci, kdy má řidič začít brzdit právě kvůli eliminaci zásahu do řízení. Dokáže zabránit kolizi, pokud je rozdíl v rychlostech menší než 15 km/h. Opět je neaktivní při rychlosti do 4 km/h.

d) RSI

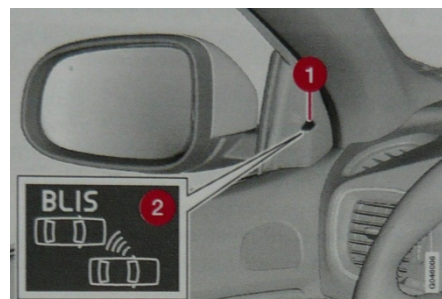
Systém detekce dopravního značení (RSI – Road Sign Information). Jedná se o aplikaci, která díky kameře čte svislé dopravní značení a to následně přehrává na display přístrojové desky hned vedle rychloměru. Připomíná řidiči dopravní značení, zobrazuje informace např. o aktuální rychlosti, začátku/konci komunikace, zákazu předjíždění.



Obrázek 33 – RSI [37]

e) BLIS

Systém pro eliminaci mrtvého úhlu BLIS (Blind Spot Information System) má za úkol hlídat vozidla v mrtvém úhlu výhledu z vozidla včetně rychle dojíždějících vozidel v pravém nebo levém pruhu. Pokud se ve sledovaném prostoru objeví jiné vozidlo, ihned se na příslušné straně automobilu u zpětného zrcátka rozsvítí oranžová LED dioda. Funkce je aktivní při rychlostech nad 10 km/h. Pokud i tak dá řidič směrovku, LED dioda se rozbliká.



Obrázek 34 – BLIS [37]

f) CTA (Cross Traffic Alert)

Podfunkcí systému BLIS je hlídání prostoru za vozem při vyjíždění z kolmého parkovacího stání. V případě, že detekuje jiný automobil, LED diody u zpětných zrcátek se rychle rozblikají.

Programy BLIS a CTA využívají radarový systém v zadní části vozu. V každém rohu zadního nárazníku je integrovaný samostatný radar.

g) DAC

Driver Alert Control je aplikace určená k upoutání pozornosti řidiče, pokud ztrácí koncentraci při řízení. Porovnává značení vozovky s pohyby volantu, pokud se tyto dvě skutečnosti od sebe příliš liší, automobil upozorní řidiče, aby si odpočinul, na palubním počítači se zobrazí symbol kávy. Tato funkce je aktivní při rychlostech nad 65 km/h.

h) LKA

Lane Keeping Aid je systém varování při vybočení a udržení vozidla v jízdním pruhu. Systém je aktivní převážně na dálnicích a rovných komunikacích. Pokud začne automobil přejíždět z jednoho pruhu do druhého bez aktivování směrovky, nejdříve je řidič vibracemi volantu upozorněn, že opouští svůj jízdní pruh, pokud řidič nereaguje, vůz automaticky zatáhne volantem tak, aby vozidlo pokračovalo v původním směru. Jedná se o prvek aktivní bezpečnosti, který může pomoci odvrátit dopravní nehodu při nepozornosti řidiče.

i) Automatický parkovací asistent

Automatický parkovací asistent podélného stání počítá s informacemi ze senzorů v přídě a na zádi vozu. Vůz začne měřit vzdálenost parkovacího místa a prostřednictvím palubního počítače dává pokyny řidiči: zařazení rychlosti, brzda, plyn. Řidič se nestará o směřování automobilu. Tato funkce nepatří mezi bezpečnostní, ale byla otestována.

6 Výsledky měření a diskuze

6.1 Výsledky dynamických zkoušek střetu automobilu s dětským chodcem

Jak již bylo výše uvedeno, experiment byl prováděn se všemi třemi vozidly pro rychlosti 10, 20 a 30 km/h. Během testů Y2012 se Škodou Yeti byl opakovan třikrát test v rychlosti 20 km/h z důvodu porovnání výsledků jedné rychlosti. V následujících datech je přehledné porovnání primárních nárazů všech tří automobilů s figurínou P6 – dětského chodce. Následující pohyb figuríny a sekundární náraz na vozovku je významně ovlivněn polohou figuríny a jejím natočením při střetu s automobilem. Data byla získána z měřících zařízení a vizuální techniky.

Výsledky prezentují míru zrychlení hlavy, hrudníku, pánve a z toho vyplývající kritéria, konkrétně: kritérium poranění hlavy HPC (pro šestileté dítě dle amerického standardu FMVSS 208 – má HPC_{15} přípustnou hodnotu 700); kritérium poranění hlavy 3 ms (nesmí přesáhnout 80 g); kritérium poranění hrudníku 3 ms (nesmí přesáhnout 60 g); kritérium poranění pánve, kdy maximální hodnota zrychlení nesmí přesáhnout 130 g.

Fáze prvního kontaktu

U Škody Roomster dojde k prvnímu kontaktu s figurínou P6 nárazníkem v místě registrační značky. Náraz je veden do oblasti nad kolenem figuríny. Následuje pohyb kolene do spodní mřížky nárazníku, pánev je následně srážena mřížkou chladiče.

U Škody Octavia II dojde k prvnímu kontaktu maskou automobilu do oblasti pánve. Následuje sražení stehna nárazníkem v místě registrační značky a nakonec spodní mřížka nárazníku naráží do kolene.

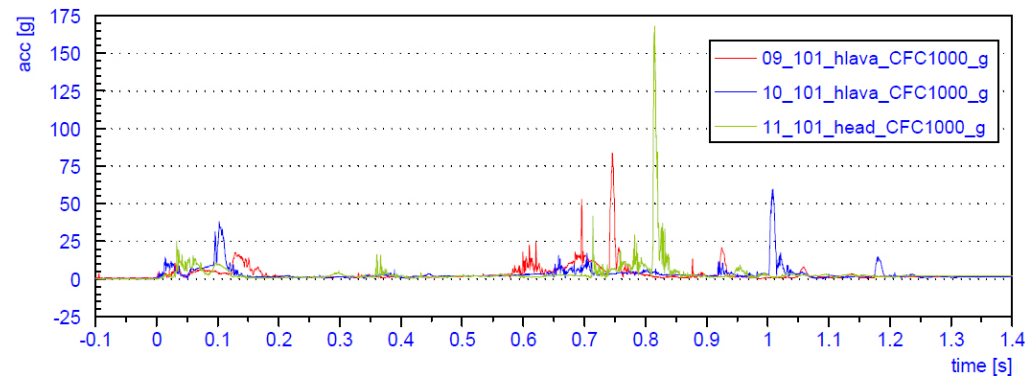
Škoda Yeti naráží nejdříve horní hranou nárazníku do oblasti pánve. Nárazník v oblasti registrační značky koliduje se stehnem. Spodní mřížka nárazníku opět naráží do kolene. Podražedlo se dostává do oblasti dolní končetiny pod kolenem. Hrudník naráží do plastové lišty kapoty.

6.1.1 Zkoušky v kolizní rychlosti 10 km/h

Tabulka 10 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 10 km/h

Číslo testu	Vůz	nárazová rychlost [km/h]	kritérium poranění hlavy HPC ₁₅		kritérium poranění hlavy 3 ms [g]		kritérium poranění hrudníku 3 ms [g]		kritérium poranění pánve a _{max} [g]	
			primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz
09_00924_101	Roomster	10,6	13,6	251	16,1	71,3	9,5	22	38,4	48,8
10_00403_101	Octavia	12,2	58,2	135,6	33,7	52,8	13,6	19,3	37,1	36,6
11_00854_101	Yeti	10,1	6,4	993,8	11,5	119,8	26,3	30,6	25,8	60,6

Ve výše uvedené tabulce 10 jsou uvedeny výsledné hodnoty pro dynamické zkoušky všech vozů v rychlosti 10 km/h. Žádné z kritérií nebylo při primárním nárazu překročeno. Kontakt hlavy s kapotou byl vždy v homologační ploše, kde se testují impaktory, což je za linií WAD 1000. V případě Y2011 došlo k překročení kritéria poranění hlavy 3 ms při sekundárním nárazu. Hodnota kritéria poranění hlavy HPC₁₅ byla během sekundárního nárazu mnohonásobně vyšší než při primárním nárazu, dle amerického standardu FMVSS 208 je hodnota HPC₁₅ pro hlavu šestiletého dítěte pouze 700, tudíž se jedná o překročení této hodnoty.



Graf 5 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h (R2009, O2010, Y2011) [8]



Obrázek 35 – Průběh kolize v místě střetu, 10 km/h, shora Roomster – Octavia – Yeti [5,6,7]

Jednotlivé grafy průběhu nárazů včetně popisu pohybu figuríny jsou umístěny v přílohách.

6.1.1.1 Popis poškození a stav objektů po kolizi při rychlosti vozidla 10 km/h

V případě všech tří testů figurína neutrpěla žádné škody, došlo pouze k mírnému opotřebení oděvu, který byl způsoben třením figuríny o vozovku během sekundárního nárazu.

- Škoda Roomster měla prohnutou kapotu v místě loga a krycí lišty kapoty, zbylé prvky na přídi zůstaly bez poškození.
- Škoda Octavia II utrpěla deformaci kapoty v místě nárazu hlavy, zbylé prvky na přídi zůstaly bez poškození. Na spojleru byly nalezeny zbytky vláken kalhot figuríny.
- Škoda Yeti měla veškeré prvky na přídi bez poškození a deformací.



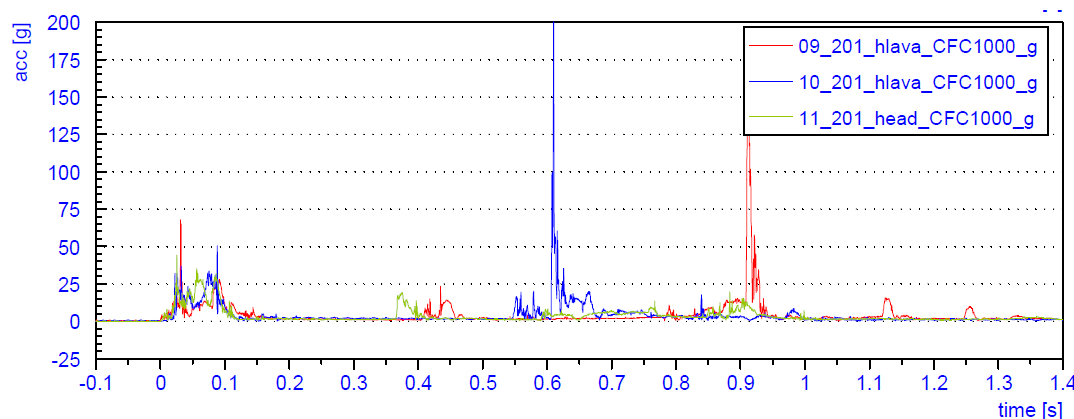
Obrázek 36 – Stav automobilů po kolizi, zleva Roomster, Octavia, Yeti

6.1.2 Zkoušky v kolizní rychlosti 20 km/h

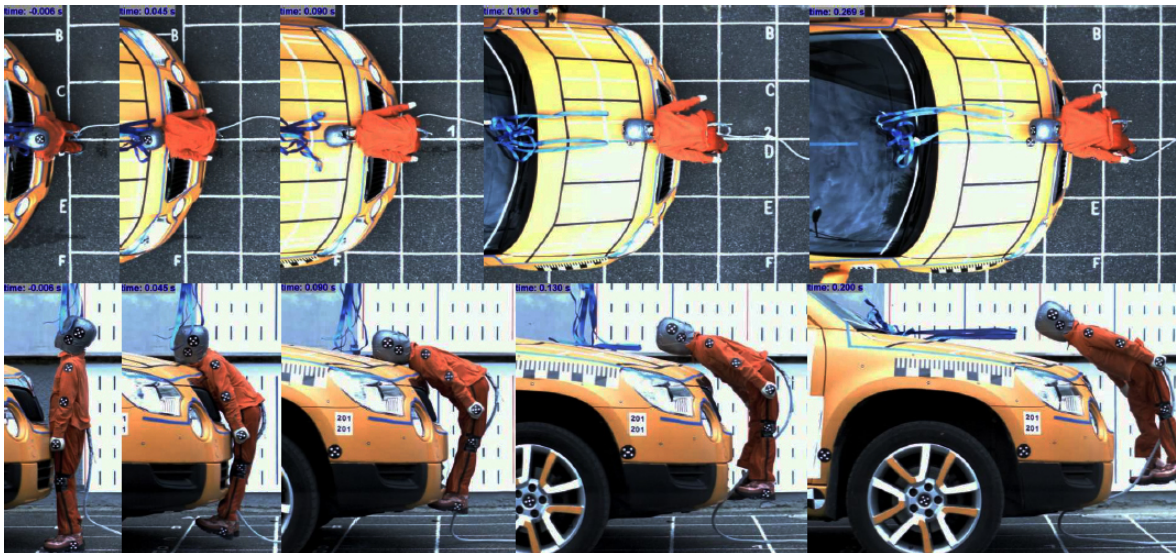
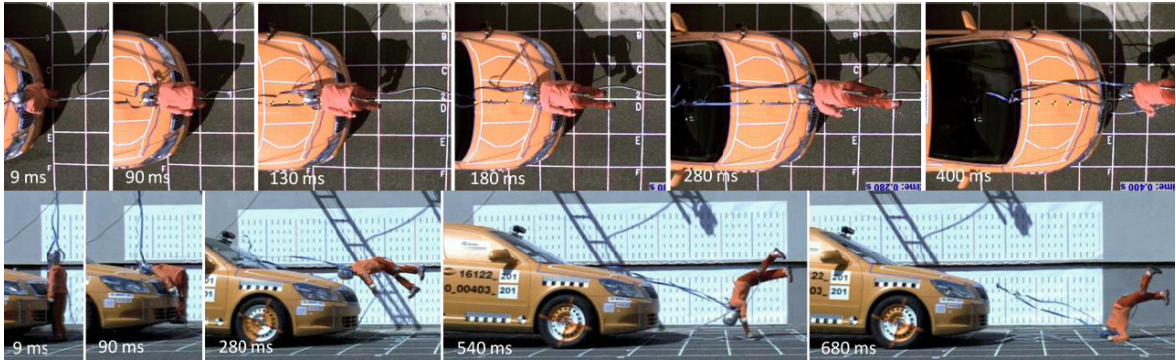
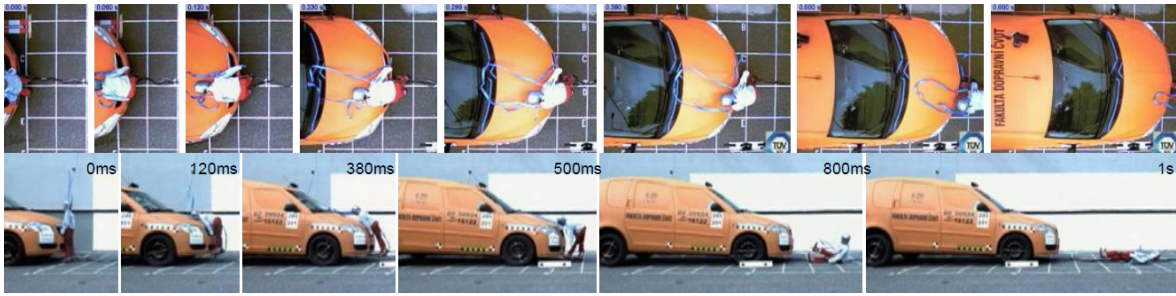
Tabulka 11 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 20 km/h

Číslo testu	Vůz	nárazová rychlost [km/h]	kritérium poranění hlavy HPC ₁₅		kritérium poranění hlavy 3 ms [g]		kritérium poranění hrudníku 3 ms [g]		kritérium poranění pánve a _{max} [g]	
			primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz
09_00924_201	Roomster	17,3	39,0	1107,8	26,4	128,1	22,2	35,6	41,6	43,1
10_00403_201	Octavia	22,4	58,3	554,8	26,1	49,7	38,9	21,7	65,9	44,2
11_00854_201	Yeti	20,0	54,2	7,4	27,0	15,7	52,5	20,1	89,5	44,9
12_00905_201	Yeti	18,0	74,5	98,6	32,6	45,1	56,9	34,9	54,1	53,5
12_00905_202	Yeti	17,0	30,4	145,4	20,5	41,5	43,6	10,7	53,9	26,0
12_00905_203	Yeti	17,2	38,1	647,8	24,3	85,7	33,8	18,1	79,6	58,4

Ve výše uvedené tabulce 11 jsou uvedeny výsledné hodnoty pro dynamické zkoušky všech vozů v rychlosti 20 km/h. Žádné z kritérií nebylo při primárním nárazu překročeno. Kontakt hlavy s kapotou byl vždy v homologační ploše, kde se testují impaktory, což je za linií WAD 1000. V případě R2009 došlo k překročení kritéria poranění hlavy HPC₁₅ i 3 ms při sekundárním nárazu. Hodnota kritéria poranění hlavy HPC₁₅ byla během sekundárního nárazu mnohonásobně vyšší než při primárním nárazu. U třetí zkoušky Y2012 (203) došlo také k překročení kritéria hlavy 3 ms.



Graf 6 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h (R2009, O2010, Y2011, Y2012) [8]



*Obrázek 37 – Průběh kolize v místě střetu, 20 km/h, shora Roomster – Octavia – Yeti
[5,6,7]*

Jednotlivé grafy průběhu nárazů včetně popisu pohybu figuríny jsou umístěny v přílohách.

6.1.2.1 Popis poškození a stav objektů po kolizi při rychlosti 20 km/h

V případě pěti testů (R2009, O2010, Y2011, Y2012-202, Y2012-203) figurína opět neutrpěla žádné škody, došlo pouze k mírnému opotřebení oděvu, který byl způsoben třením figuríny o vozovku během sekundárního nárazu. Při testu Y2012-201 došlo navíc k odřením levé ruky a rukávu o vozovku.

- Škoda Roomster měla prohnutou kapotu v místě loga a krycí lišty kapoty, došlo k prasknutí krycí lišty a mírným deformacím kapoty. Došlo k ohnutí frontendu a držáků nárazníku.
- Škoda Octavia II utrpěla deformaci kapoty v místě nárazu hlavy a ohnutí držáků nárazníku umístěných na výztuze nárazníku. Zbylé prvky na přídi bez poškození. Na spojleru byly nalezeny zbytky vláken kalhot figuríny.
- Škoda Yeti:
 - Y2011: veškeré prvky na přídi bez poškození a deformací,
 - Y2012-201: veškeré prvky na přídi bez poškození a deformací, pouze došlo k odloupení laku na spodní části spojleru,
 - Y2011-201: veškeré prvky na přídi bez poškození a deformací,
 - Y2011-201: veškeré prvky na přídi bez poškození a deformací.



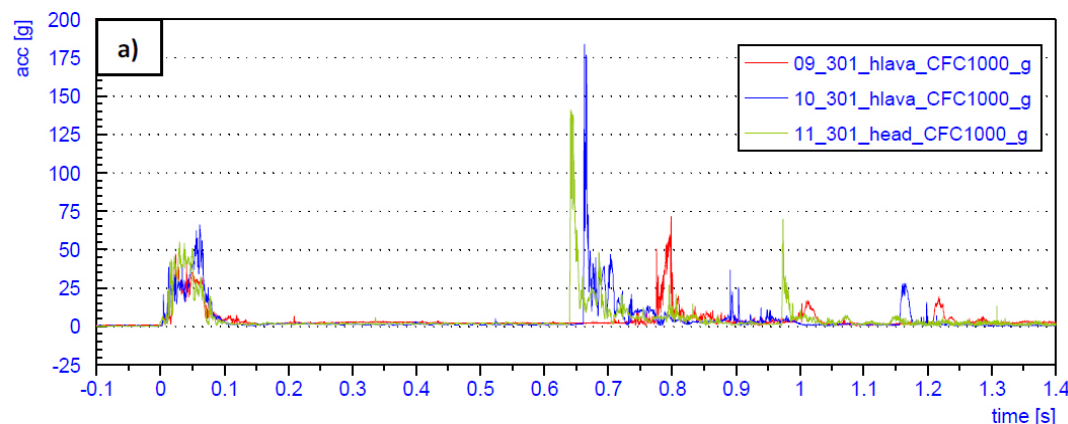
Obrázek 38 – Stav automobilů po kolizi, shora Roomster, Octavia, Yeti

6.1.3 Zkoušky v kolizní rychlosti 30 km/h

Tabulka 12 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 30 km/h

Číslo testu	Vůz	nárazová rychlost [km/h]	kritérium poranění hlavy HPC ₁₅		kritérium poranění hlavy 3 ms [g]		kritérium poranění hrudníku 3 ms [g]		kritérium poranění pánve a _{max} [g]	
			primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz	primární náraz	sekundární náraz
09_00924_301	Roomster	28,7	75,4	175,7	35,8	53,4	52,0	71,9	57,0	59,1
10_00403_301	Octavia	30,6	251,3	862,7	46,6	88,7	50,9	22,9	111,4	39,1
11_00854_301	Yeti	28,8	189,4	847,9	41,0	83,4	99,3	25,9	179,5	71,1

V tabulce 1 jsou uvedeny výsledné hodnoty pro dynamické zkoušky všech vozů v rychlosti 30 km/h. Kontakt hlavy s kapotou byl vždy v homologační ploše, kde se testují impaktory, což je za linií WAD 1000. V případě Škody Yeti (Y2011) bylo překročeno díky vysoké stavbě přídě jak kritérium poranění hrudníku 3 ms, tak i kritérium poranění pánve a_{max}, protože primární náraz nejdříve kolidoval s pánevní oblastí. Ostatní kritéria nebyla překročena. Sekundární náraz znamenal v případě Škody Octavia i Yeti zvýšené riziko poranění hlavy plynoucí z překročeného kritéria poranění hlavy 3 ms. Ve vyšších rychlostech dochází k markantnějšímu namáhání krční páteře, hrozí její poškození.



Graf 7 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h (R2009, O2010, Y2011) [8]



*Obrázek 39 – Průběh kolize v místě střetu, 30 km/h, shora Roomster – Octavia – Yeti
[5,6,7]*

Jednotlivé grafy průběhu nárazů včetně popisu pohybu figuríny jsou umístěny v přílohách.

6.1.3.1 Popis poškození a stav objektů po kolizi při rychlosti 30 km/h

V případě všech tří testů figurína neutrpěla žádné škody, došlo pouze k mírnému opotřebení oděvu, který byl způsoben třením figuríny o vozovku během sekundárního nárazu. Během testu R2009 došlo navíc k proděravění oděvu v místě konektorů při sekundárním nárazu.

- Škoda Roomster: došlo k vycvaknutí spodní plastové mřížky krytu nárazníku a FGS příčnicku, kapota prohnutá v místě loga a krycí lišty kapoty, větší deformace kapoty napravo od prolisu. Dále došlo k ohnutí frontendu a držáků nárazníku včetně vylomení paddingu.
- Škoda Octavia II utrpěla deformaci kapoty v místě nárazu hlavy a ohnutí držáků nárazníku umístěných na výztuze nárazníku. V masce byla vylomena část žebrování (4 žebra). Zbylé prvky na přídi zůstaly bez poškození. Na spojleru byly nalezeny zbytky vláken kalhot figuríny.
- Škoda Yeti: došlo pouze k mírné deformaci kapoty v místě nárazu hlavy, veškeré další prvky na přídi zůstaly bez poškození a deformací.



Obrázek 40 – Stav automobilů po kolizi, shora Roomster, Octavia, Yeti

6.1.4 Shrnutí

6.1.4.1 Primární náraz

Nejvyšší pravděpodobnost úrazu šestiletého dítěte při primárním nárazu je oblast pánve, stehna a kolenního kloubu. Nejnižší hodnoty biomechanických kritérií hlavy HPC₁₅ a 3 ms byly naměřeny u modelu Roomster. Naopak nejvyšší hodnoty kritérií byly zjištěny u modelu Octavia II. Nejednalo se však o podlimitní hodnoty. V polovině případů by k žádnému zranění nedošlo a zbylé případy připadají na lehká až středně těžká zranění. Nejnižší hodnoty biomechanických kritérií hrudníku byly naměřeny opět u Škody Roomster. Nejnepříznivějším modelem byl Yeti, který má oproti ostatním vozům výše umístěnou náběžnou hranu kapoty, 3 ms kritérium hrudníku bylo v případě modelu Yeti dvojnásobné oproti ostatním vozidlům. Ve $\frac{3}{4}$ případů by pravděpodobně došlo ke zhmoždění srdce, plic a dalších orgánů. Dále s geometrií přídě vozidla souvisí maximální zrychlení, které působí na pánev. Čím vyšší je výška primárního kontaktu, tím vyšší je i maximální hodnota zrychlení.

6.1.4.2 Sekundární náraz

Kritérium poranění hlavy HPC je jedním z ukazatelů závažnosti sekundárního nárazu. Nebyl vyzpozorován přímý vliv jednotlivých zkoušek na velikost HPC. Ve všech případech byly hodnoty sekundárního nárazu několikanásobně vyšší oproti primárnímu. U ostatních částí těla nebyly zaznamenány tak propastné rozdíly, jako u hlavy. Sekundární náraz je závažnějšího charakteru než primární a je ovlivněn celou množinou proměnných. S ohledem na střetovou konfiguraci se může měnit kinematika chodce po střetu, nebezpečným faktem jsou též vlastnosti prostředí nehody (obrubníky, sloupy, ...). Dále tedy musíme počítat s typy přídí, biomechanickými vlastnostmi figuríny nebo s hodnotou koeficientu tření při posunu figuríny vozovce.

Při zkouškách ve 30 km/h došlo v případě Škody Roomster k úplnému přetočení figuríny a následném kontaktu hlavy s vozovkou. U vozu Škoda Yeti došlo k přetočení figuríny. V nižších rychlostech prošla vždy figurína fází sedu před ustálením do konečné polohy. V případě Škody Octavia se dolní končetiny dostaly nad úroveň ramen již v rychlosti 20 km/h, k přetočení figuríny nedošlo, ale opět následoval kontakt hlavy s vozovkou.

6.2 Výsledky systémů prevence střetu

6.2.1 Varování před kolizí s funkcí automatické aktivace brzd a detekce chodců

Vozidlo Volvo V40 jsme zkoušeli při venkovní teplotě 12°, vozovka byla z části mokrá, na voze byly obuty zimní pneumatiky Dunlop SP Winter Sport 4D 225/40 R18 s dezénem nad 7 mm. Jednotlivé testovací rychlosti se pohybovaly v rozmezí 10 – 43 km/h.

6.2.1.1 Stojící figurína

Přes naši zkušební trať jsme měli nataženo lano, na kterém visela figurína. Automobil jsme zkoušeli v různých rychlostech rozjet naproti figuríně – detekovat figurínu – nechat automaticky vůz zabrzdit. Systém skutečně nebyl při velmi nízké rychlosti aktivní, nad 4 km/h proti stojící „osobě“ fungoval bezproblémově. Maximální naprosto bezpečná rychlost pro zastavení byla 35 km/h. Při rychlosti 43 km/h došlo k lehkému dotyku předního nárazníku s dolními končetinami figuríny, což by se v realitě mohlo obejít bez vážnějších následků. Vzhledem k povětrnostním podmínkám, mokré vozovce a okolní teplotě považují výsledky za adekvátní. Menší postavu než 80 cm skutečně již systém nerozpozná.



Obrázek 41 – Místo kontaktu vozidlo-figurína

6.2.1.2 „Jdoucí“ figurína

V případě jdoucí figuríny jsme museli vzhledem k bezpečné detekci a nutnosti testovaný vůz nepoškodit snížit rychlost na 20 – 30 km/h.

Pokud byla figurína při střetu v ose automobilu, tak vůz skutečně spustil detekci, audiovizuální varování a samočinně **zastavil**. Tento test jsme opakovali asi 30x a vždy proběhl se stejným výsledkem.

Jakmile ale byla figurína mimo osu automobilu, tj. oblast světla/blatníku, bylo spuštěno pouze audiovizuální varování **bez následného brzdění**. Vůz tedy zjistil přítomnost chodce, nespustil však automatické brzdění.

V případě, že figurína během simulované chůze táhla nohy po zemi za sebou, vůz přítomnost osoby vůbec nezjistil, protože pravděpodobně nebyla splněna podmínka rozpoznání siluety lidského těla.



Obrázek 42 – Jdoucí figurína, místo středu PP roh, auto detekuje a nebrzdí

6.2.1.3 Dvě figuríny a neznámé předměty

Pokud se pohybovaly dvě figuríny stejným směrem nebo proti sobě, byla spuštěna audiovizuální signalizace, nicméně vozidlo nikdy nezastavilo. Což považuji za závažný nedostatek, protože na přechodech pro chodce se obvykle vyskytuje více osob než-li jedna.

Figurína vedoucí bicykl nebyla detekována, tudíž automobil ani nebrzdil. Toto zjištění je ve shodě s příručkou uživatele vozidla, kde je uvedeno, že silueta těla nesmí být narušena jinými předměty.

6.2.1.4 Detekce chodců za tmy

Vůz za šera a za tmy bohužel osoby nedetekoval vůbec. Zde vidím poměrně zásadní nedostatek jinak zdařilého a sériově zrealizovaného systému. Právě doba snížené viditelnosti by měla být cílovou, kdy by se systém mohl nejlépe uplatnit. V tomto směru má výrobce ještě rezervy.

6.2.2 City Safety

Testovali jsme zastavení před objektem, jehož výška byla 90 cm, v případě, že jsme mířili osou automobilu na objekt, vůz skutečně včas zabrzdil, však bez jakéhokoliv varování. Na palubním počítači se zobrazila hláška: „Aut. brzdění se City Safety“. V případě nepozornosti řidiče může takovýto systém významně přispět k ochraně zdraví a majetku.

Kladem také je, že systém funguje i za snížené viditelnosti a v horších povětrnostních podmínkách.

6.2.3 Ostatní výbava

RSI (Road Sign Information)

Systém detekce dopravního značení funguje velmi dobře a zobrazí na přístrojové desce většinu žádoucích dopravních značek. Zobrazení přitom neobtěžuje, obnova značek probíhá rychle.

BLIS (Blind Spot Information System)

Eliminace mrtvého úhlu funguje dokonale a lze tuto funkci považovat za velmi užitečnou. Díky dvěma radarovým zařízením v zadním nárazníku je schopna varovat i před rychle se blížícími vozidly.

CTA (Cross Traffic Alert)

Zamezení kolize při couvání z kolmého parkovacího stání funguje v případě, že po komunikaci, na kterou vůz couvá, jede jiné vozidlo, v patřičném zpětném zrcátku se rozblíká varovná dioda. Vzhledem k tomu, že je z automobilu velmi špatný výhled vzad, ukázala se tato funkce nad očekávání užitečná.

LKA (Lane Keeping Aid)

Varování řidiče při vybočení z přímého směru a udržování vozidla v pruhu obvykle funguje, pokud je komunikace vybavena kvalitním vodorovným značením, které je potřebné pro vyhodnocení situace programem. Odpor posilovače řízení lze v případě nutnosti snadno překonat nebo tuto funkci vypnout tlačítkem. Udržení vozidla v pruhu je

provedeno automatickou jemnou korekcí volantu. Oblouky o větším poloměru nedokáže systém řešit.

Automatický parkovací asistent

V případě podélného parkování je systém schopen auto zaparkovat téměř do každého parkovacího místa. V porovnání se zkušeným řidičem je automatický způsob parkování pomalejší. Nejedná se o bezpečnostní ale komfortní prvek.

Airbag pro chodce

Tento prvek bezpečnostní výbavy nebyl předmětem testování. Podrobněji se mu věnuji v kapitole 3.1.5.



Obrázek 43 – Airbag pro chodce

6.2.4 Shrnutí

Detekce osob spolu s automatickým brzděním je velmi perspektivní funkcí, která může zamezit vážným zraněním nebo úmrtím. Z provedených zkoušek vyplývá, že systém má svá omezení a nedá se na něj zcela spolehnout, na což upozorňuje i sám výrobce v příručce k vozidlu. Různé druhy zkoušek potvrdily technické specifikace systému, které udává výrobce.

Co by měl systém v budoucnu splňovat:

- rozeznat a brzdit před více osobami,
- detekovat osoby pod 80 cm (děti),
- detekci za snížené viditelnosti.

Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnocení vlivu konstrukce přídělí na kolizi s dětským chodcem. V práci je zahrnuta pasivní bezpečnost osobních vozidel a výsledky série dynamických zkoušek Ústavu soudního znalectví v dopravě K622. Nad rámec původního zadání se v práci nachází zkoušky vozidla Volvo V40 vybaveného funkcí aktivní bezpečnosti detekce chodců s automatickým brzděním.

Práce je rozdělena na několik dílčích celků, které obsahují rešerši statistik nehodovosti, konstrukce přídělí osobních vozidel a příslušnou legislativu. Vlastní přínos je obsažen v kapitolách s experimenty. Shrnutí a vyhodnocení jsou uvedeny v příslušných kapitolách.

Byla potvrzena souvislost geometrie přídělí s úrovní biomechanické zátěže figuríny. Mezi hlavní geometrické parametry přídělí patří horní hrana nárazníku a výška náběžné hrany kapoty. Právě tyto dva členy významně ovlivnily biomechaniku dolní končetiny, pánve a hrudníku. Přímá úměra rychlosti na velikost HPC a závažnosti sekundárního nárazu nebyla zjištěna. Ovlivnitelnost sekundárního nárazu dalšími aspekty je značná, drobná změna těžiště figuríny má za následek změnu kinematiky pohybu po nárazu. Při kolizích v rychlostech do 30 km/h má sekundární náraz figuríny na vozovku horší následky, než samotný kontakt s vozidlem. V místech přechodů pro chodce by proto měly být instalovány objekty zmírňující následky sekundární kolize.

Nové prvky aktivní bezpečnosti automobilu Volvo V40 jsou vesměs hodnoceny pozitivně. V rámci technologického vývoje se jedná o zásadní posun vpřed. Veškerá nová zkoušená výbava může zabránit nehodě nebo alespoň snížit její následky. Systém detekce chodců s automatickým brzděním je zajímavá aplikace, která má však pro každodenní uplatnění stále mnoho nedostatků, nejzávažnějším je, že systém nefunguje za zhoršených světelných podmínek. Dále by měl systém být schopný brzdit i před více osobami než-li pouze před jednou.

Seznam použité literatury

- [1] Bundesanstalt für Straßenwesen. *Crash Analysis: Criteria Description*. Bergisch Gladbach, 2008. [online]. [přístup 25.4.2013]. Dostupné z: http://www.crash-network.com/CrashAnalysisCriteria_2.1.1.pdf.
- [2] Carbodydesign. *Peugeot 207 pedestrian protection*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.carbodydesign.com/gallery/2006/02/26-peugeot-207/13/>
- [3] Concept Technologie. *Pedestrian Detection Impactor (PDI)*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.concept-tech.com/output/?e=291&d=en&page=index&a=Engineering&b=Pedestrian+Detection+Impactor+%28PDI%29&c=if>.
- [4] Cory, C.Z., Jones, M.D., James, D.S., Leadbeatter, S., Nokes, L.D.M. *The potential and limitations of utilising head impact injury models to assess the likelihood of significant head injury in infants after a fall*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379073801005230>.
- [5] České vysoké učení technické v Praze, Dopravní fakulta: *Závěrečná zpráva 2009: SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CHODCEM*. 2009. Ústav soudního znalectví v dopravě.
- [6] České vysoké učení technické v Praze, Dopravní fakulta: *Závěrečná zpráva 2010: SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CHODCEM*. 2010. Ústav soudního znalectví v dopravě.
- [7] České vysoké učení technické v Praze, Dopravní fakulta: *Závěrečná zpráva 2011: SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CHODCEM*. 2011. Ústav soudního znalectví v dopravě.

- [8] České vysoké učení technické v Praze, Dopravní fakulta: *Závěrečná zpráva 2012: SÉRIE DYNAMICKÝCH ZKOUŠEK STŘETU OSOBNÍHO AUTOMOBILU S DĚTSKÝM CHODCEM*. 2012. Ústav soudního znaleství v dopravě.
- [9] Euro NCAP. *PEDESTRIAN TESTING PROTOCOL*. Verze 5.3.1, 2011. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.euroncap.com/files/Euro-NCAP-Pedestrian-Protocol-Version-5.3.1---0-0560739b-595f-4a38-96b2-eeda5050dee8.pdf>
- [10] European Commission. *Mobility and transport: Road Safety*. 2011. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/
- [11] Evans, L.: *Traffic Safety*. Science Serving Society USA, 2004, ISBN: 0-9754871-0-8.
- [12] Evropská komise. *Bílá kniha*. Brusel, 2011.
- [13] First, J.: *Zkoušení automobilů a motocyklů: Příručka pro konstruktéry*. ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, S&T CZ, 2008, ISBN 978-80-254-1805-5.
- [14] Global technical regulation No. 9: *GLOBAL REGISTRY*. 2008. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a9c1e.pdf>
- [15] GlobalAutoRegs.com. *Pedestrian Safety: GTR 9*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.globalautoregs.com/rules/9>
- [16] Henary, B. Y., Crandall, J., Bhalla, K.: *Child and Adult Pedestrian Impact: The Influence of Vehicle Type on Injury Severity*. Annu. Proc. Assoc. Adv. Automot. Med. 2003; 47: 105–126.
- [17] JNCAP, NASHVA. *Pedestrian Head Protection Performance Tests: Testing Methods*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: http://www.nasva.go.jp/mamoru/en/assessment_car/head_protection_test.html.

[18] Kerkeling, Ch., Schäfer, J., Thompson Grace-Mary: *STRUCTURAL HOOD AND HINGE CONCEPTS FOR PEDESTRIAN PROTECTION*. Číslo listiny: 05-0304. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv19/05-0304-W.pdf>

[19] Kramer, F.: *Passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen: Biomechanik — Simulation — Sicherheit im Entwicklungsprozess*. Friedr. Vieweg & Sohn Verlag, 2006, ISBN 978-3-8348-0113-5.

[20] Krpešová, K. *Pasivní bezpečnost dětských chodců*. Praha, 2009. Diplomová práce. ČVUT v Parze. Vedoucí diplomové práce Zuzana Schejbalová.

[21] MGA research corporation. *MGA-MI Certified by VCA for Pedestrian Testing*. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.mgasouthcarolinatesting.com/blog/2010/10/mga-mi-certified-by-vca-for-pedestrian-testing/>

[22] Mrázek, J. Vliv prvků pasivní bezpečnosti vozidel při kolizích s chodci. Brno, 2010. Diplomové práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. Vedoucí práce Stanislav Tokař.

[23] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 78/2009/ES. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:035:0001:01:CS:HTML>

[24] Paolo Lista. *Development of an anthropomorphic model for vehicle: Pedestrian crash test*. Italy, Thiene. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.lista.it/atnet/casped1.htm>.

[25] Pinecky, Ch., Zeitouni, R.: PSA Peugeot Citroën: *Technical solutions for enhancing the pedestrian protection*. Číslo listiny: 07-0307. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv20/07-0307-W.pdf>

- [26] Policie České republiky. *Statistika nehodovosti: Statistické údaje nehodovosti na území ČR. 2012.* [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>
- [27] Qiche. *Restrain system.* [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://qiche.info/car168/bencandy.php?fid=105&id=222>
- [28] ShapeCorr. *Pedestrian protection test procedures.* [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://pedestrianprotection.shapecorp.com/testing-2/>
- [29] Shutterstock. *Set silhouette different types of cars.* [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://www.shutterstock.com/pic-47238172/stock-vector-set-silhouette-different-types-of-the-cars.html>
- [30] Schejbalová, Z., Kvášová, A.: *Dynamic Tests: Passenger Car vs. Child Pedestrian.* Transact. Transport Sci. 2010; 3: 187-196.
- [31] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 102/2003/ES. [online]. [cit. 25.4.2013]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003L0102:CS:HTML>
- [32] Šachl, J., Šachl, J., Schmidt, D., Mičunek, T., Frydrýn, M.: *Analýza nehod v silničním provozu.* ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, 2010, ISBN 978-80-01-04638-8.
- [33] Vlk, F.: *Karoserie motorových vozidel.* Nakladatelství Vlk, Brno, 2001, ISBN 80-238-5277-9.
- [34] Volvo Auto Czech. *Volvo V40.* [online]. [přístup 1.12.2012]. Oficiální stránky modelu Volvo V40. Dostupné z: <http://www.volvocars.com/cz/all-cars/volvo-v40/Pages/default.aspx>.

[35] Volvo Auto Czech. *Volvo V40 brožura*. [online]. [přístup 1.12.2012].

Dostupné z: http://www.volvodirect.cz/download/brochure/v40_brochure_cz.pdf.

[36] Volvo Auto Czech. *Volvo V40 ceník*. [online]. [cit. 1.12.2012].

Dostupné z: http://www.volvodirect.cz/cenik/V40_cenik_2012.pdf.

[37] Volvo Car Corporation: *Owners manual*. Sweden, Göteborg, 2012, TP 14635.

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Třídění podle viníka nehody [26].....	15
Tabulka 2 – Třídění podle druhu srážky [26].....	15
Tabulka 3 – Rozpis usmrcených chodců podle druhu komunikace, denní doby [26].....	17
Tabulka 4 – Počet smrtelných nehod v zemích EU: 2011 [12].....	19
Tabulka 5 – Typy zranění hlavy klasifikované indexem HIC [24].....	24
Tabulka 6 – Typy zkoušek jednotlivých organizací [28]	43
Tabulka 7 – Parametry testů impaktory dle metodiky EEVC	48
Tabulka 8 – Klimatické podmínky při provádění série testů.....	50
Tabulka 9 – Technické specifikace zkoušených vozidel.....	53
Tabulka 10 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 10 km/h	66
Tabulka 11 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 20 km/h	69
Tabulka 12 – Kritéria poranění dětského chodce při rychlosti 30 km/h	73

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Kinematika nehody s chodcem [33].....	22
Obrázek 2 – Faktory ovlivňující bezpečnost chodců [33].....	26
Obrázek 3 – Tvary přídílí: lichoběžníkový, pontonový, klínový [33].....	27
Obrázek 4 – Kategorie osobních vozidel s ohledem na typ příděl [29].....	27
Obrázek 5 – Skladba nárazníku [22]	30
Obrázek 6 – Skladba bezpečnostních prvků na přídílí vozidla SUV.....	30
Obrázek 7 – Prostor mezi kapotou a motorem [2].....	31
Obrázek 8 – Tradiční kapota [18].....	32
Obrázek 9 – Kapota se zvýšeným počtem žeber [18]	32
Obrázek 10 – Hliníková kapota s kužely [18]	33
Obrázek 11 – Prvky aktivní kapoty [22]	34
Obrázek 12 – Aktivovaný airbag pro chodce [35]	34
Obrázek 13 – Skladba airbagu pro chodce [22]	35
Obrázek 14 – Aktivní spojler a nárazník [22]	35
Obrázek 15 – Testovací zóny na kapotě pro test impaktorem dětské [33].....	40
Obrázek 16 – Zkouška nárazem makety do nárazníku [9]	41
Obrázek 17 – Zkouška makety horní části dolní končetiny do řídicí hrany kapoty [9]	41
Obrázek 18 – Test impaktory dle metodiky EEVC [20]	44
Obrázek 19 – Zkoušky impaktory na různých typech karosérie [29]	45
Obrázek 20 – Tvorba sítě na kapotě [9]	46
Obrázek 21 – impaktory hlavy, vlevo dětské, vpravo dospělé [14]	47
Obrázek 22 – Impaktor dolní končetiny [21]	47
Obrázek 23 – PDI impaktor vyvinut pro systém detekce chodců [3].....	48
Obrázek 24 – Základní pozice figuríny čelem proti směru jedoucího vozidla.....	50
Obrázek 25 – Porovnání přídílí: Škoda Roomster, Octavia II, Yeti a Volvo V40	52
Obrázek 26 – Porovnání přídílí: Škoda Roomster, Octavia II, Yeti a Volvo V40	53
Obrázek 27 –WAD s oblastmi testování dětské a dospělé hlavy pomocí impaktorů [17]..	54
Obrázek 28 – Zóny na přídílích automobilů při testech R2009, O2010, Y2011, Y2012	55
Obrázek 29 – Volvo V40.....	59
Obrázek 30 – Přídíl Volvo V40.....	60
Obrázek 31 – Kamera, vysílač a přijímač signálu laseru	61

Obrázek 32 – Radar na přidi.....	61
Obrázek 33 – RSI [37].....	63
Obrázek 34 – BLIS [37]	63
Obrázek 35 – Průběh kolize v místě střetu, 10 km/h [5,6,7].....	67
Obrázek 36 – Stav automobilů po kolizi, zleva Roomster, Octavia, Yeti.....	68
Obrázek 37 – Průběh kolize v místě střetu [5,6,7]	70
Obrázek 38 – Stav automobilů po kolizi, shora Roomster, Octavia, Yeti.....	72
Obrázek 39 – Průběh kolize v místě střetu, 30 km/h [5,6,7].....	74
Obrázek 40 – Stav automobilů po kolizi, shora Roomster, Octavia, Yeti.....	76
Obrázek 41 – Místo kontaktu vozidlo-figurína	79
Obrázek 42 – Jdoucí figurína, místo středu PP roh, auto detekuje a nebrzdí.....	80
Obrázek 43 – Airbag pro chodce.....	82

Seznam grafů

Graf 1 – Bezpečnost silničního provozu [33].....	12
Graf 2 – Vývoj počtu nehod a jejich následků [26].....	14
Graf 3 – Věkové kategorie usmrcených osob [26].....	14
Graf 4 – Křivka WSU [4]	23
Graf 5 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h [8]	66
Graf 6 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h [8]	69
Graf 7 – Porovnání poranění hlavy při střetu v rychlosti 20 km/h [8]	73

Seznam příloh

Příloha A

Příloha B

Příloha A [36]

Volvo V40

1) BEZPEČNOST

- ABS (Anti-lock Brake System)
- airbag kolen
- airbag pro chodce
- airbasy hlavy a ramen "Inflatable Curtain" pro vnější sedadla
- airbasy řidiče a spolujezdce
- airbasy SIPS (unikátní boční airbasy řidiče i spolujezdce)
- automatické zamykání při jízdě
- bezpečnostní pásy s automatickým nastavením výšky a předpínací (5x)
- bezpečnostní pásy s omezovači tahu pro přední sedadla
- boční směrová a poziční světla
- centrální zamykání s dálkovým ovládním
- City Safety II. (system automatického brzdění vozu při rychlosti do 50 km/h)
- dětské mechanické pojistky na zadních dveřích
- DSTC (stabilizační system vozu s kontrolou trakce a sportovním režimem)
- dynamicky laděný podvozek
- EBA (Emergency Brake Assistant) - brzdový asistent
- EBL (Emergency Brake Lights) - rozsvícení varovných brzdových a směrových světel při nouzovém brzdění
- elektricky nastavitelná vnější zpětná zrcátka
- elektrický posilovač řízení "EPAS"
- elektronický imobilizer
- funkce "Approach light" - osvětlení vozu
- funkce "Home safe" - osvětlení cesty od vozidla
- funkce okamžitého - "panickeho" spuštění alarmu na dálkovém ovladači centrálního zamykání
- Inteligentní informační system řidiče "IDIS"
- lekárnička, varovný trojúhelník, povinná vybava
- lepicí sada na pneumatiky
- manualně nastavitelný sklon světel

- nastavení maximalní požadované rychlosti na volantu
- ochranné zamky dveří proti kradeži
- opěrky hlavy na zadních sedadlech (3x)
- SIPS (system ochrany při bočním nárazu)
- světelné potvrzení uzamčení a odemčení automobilu
- system ochrany při převrácení vozidla ROPS (Roll Over Protection System)
- system řízení brzdneho momentu motoru
- system řízení trakce v zatačkách
- třetí brzdové světlo (LED)
- uchyty ISOFIX na zadních vnějších sedadlech (2x)
- ukazatel venkovní teploty
- upozornění na používání bezpečnostních pásů na všech sedadlech
- vrstvené čelní sklo
- vyhřívání vnější zpětná zrcátka a zadní okno
- vyhřívání trysky ostřikovačů čelního skla (3x)
- WHIPS (system ochrany proti hyperflexní krční páteře na předních sedadlech)

2) TECHNICKÉ SPECIFIKACE

MOTOR

- typ a způsob plnění válců: zážehový přeplňovaný
- počet a uspořádání válců: 4 v řadě
- počet ventilů / rozvod: 16 / DOHC
- zdvihový objem: 1 595 ccm
- vrtání / zdvih: 79/ 81,4
- kompresní poměr: 10,0:1
- nejvyšší výkon [kW]/[k] / [otáček/min]: 132/180/5 700
- nejvyšší točivý moment [Nm] / [otáček/min]: 240/1 600 - 5 000
- palivo benzín bezolovnatý EN 228, 91 – 98 oktanů

PŘEVODOVKA

- manuálně řazená 6 stupňová

ŘÍZENÍ

- převodový poměr 14,7
- otáček volantu mezi krajními rejdy 2,5
- obrysový / stopový průměr otáčení 12,0/11,7

BRZDY

- rozměr kotoučů brzd:
 - přední: typ / průměr [mm] ventilované / \varnothing 278/300/320
 - zadní: typ / průměr [mm] plné / \varnothing 280

KAROSERIE

- celková délka: 4 369 mm
- celková šířka: 1 802 mm
- celková výška: 1 421 mm
- rozvor: 2 647 mm
- světlá výška nezátíženého vozidla: 133 mm
- provozní hmotnost: 1 375 kg
- největší technicky povolená hmotnost: 1 910 kg
- hmotnost přívěsu brzděného / nebrzděného: 1 300/650 kg
- objem palivové nádrže: 62 litrů
- základní objem zavazadlového prostoru: 335 litrů
- objem zavazadlového prostoru (se sklopenou druhou řadou sedadel): 1 032 litrů

JÍZDNÍ VÝKONY

- zrychlení 0–100 km/h: 7,7 s
- nejvyšší rychlost: 225 km/h

KOMBINOVANÁ SPOTŘEBA PALIVA

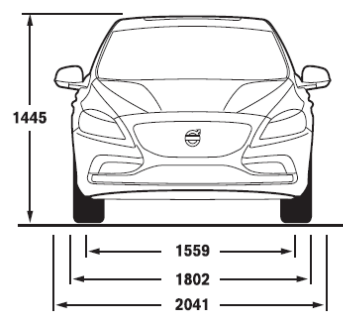
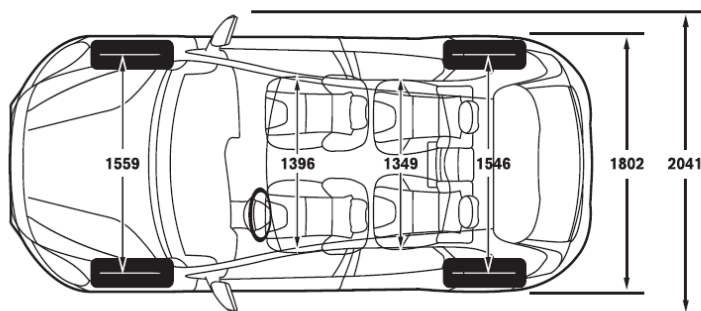
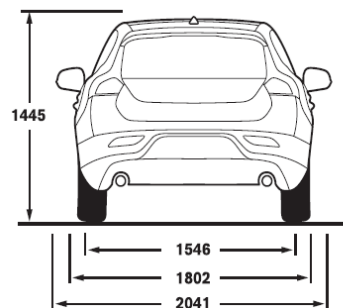
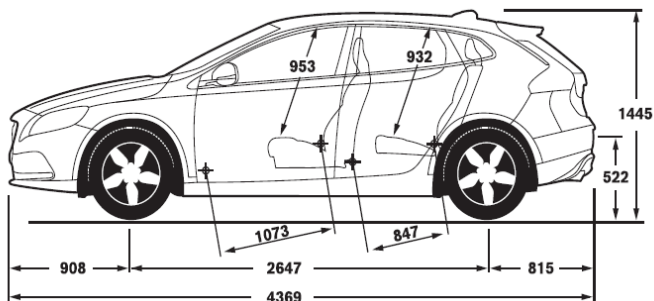
litrů na 100 km man.: 5,5

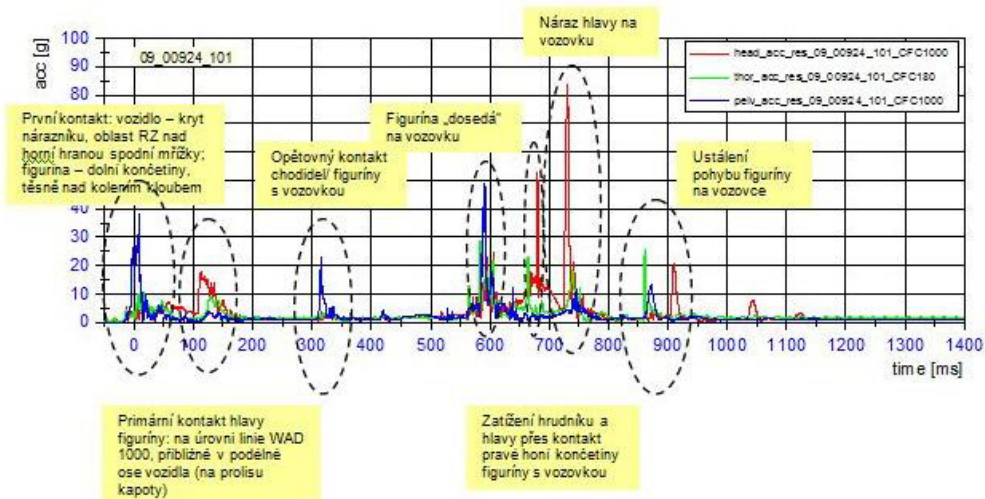
EMISE

ekologická klasifikace EURO 5

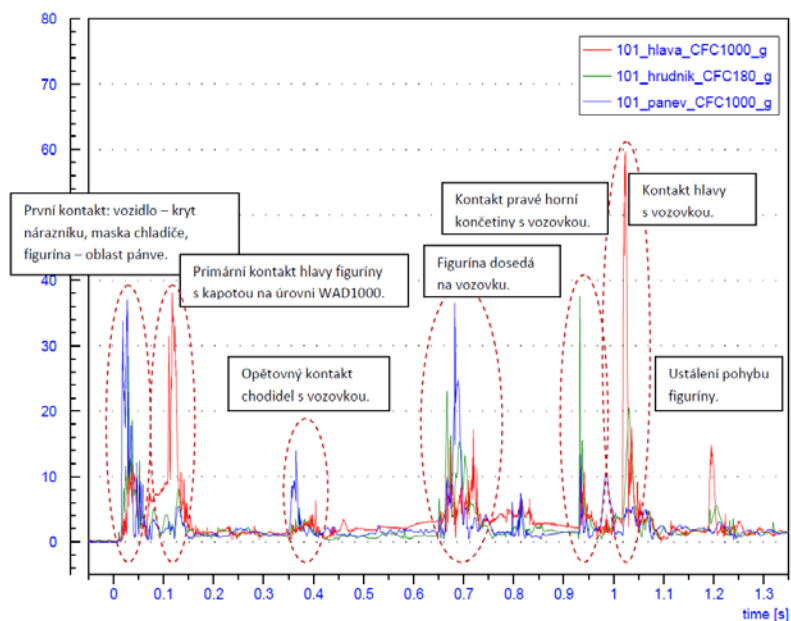
emise: 129 CO₂ g/km

3) VNĚJŠÍ ROZMĚRY

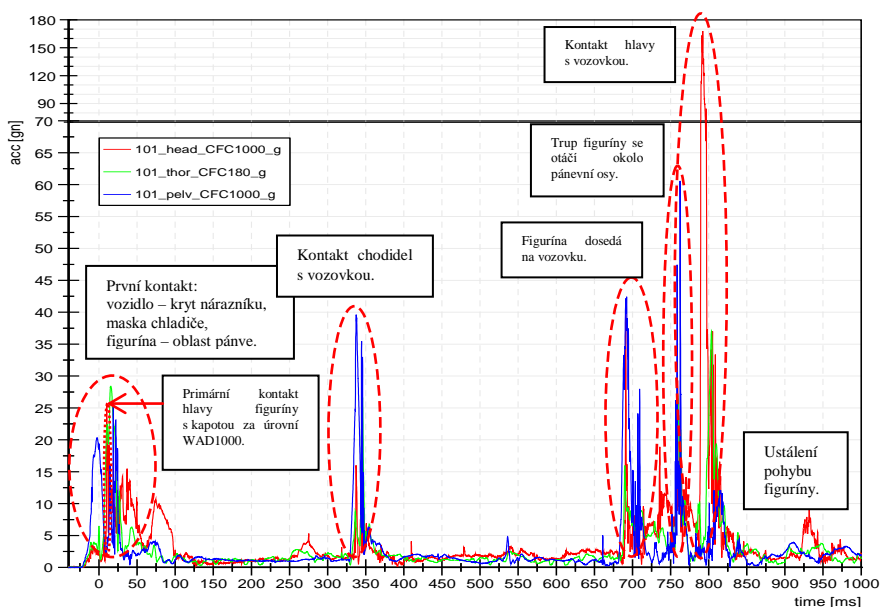




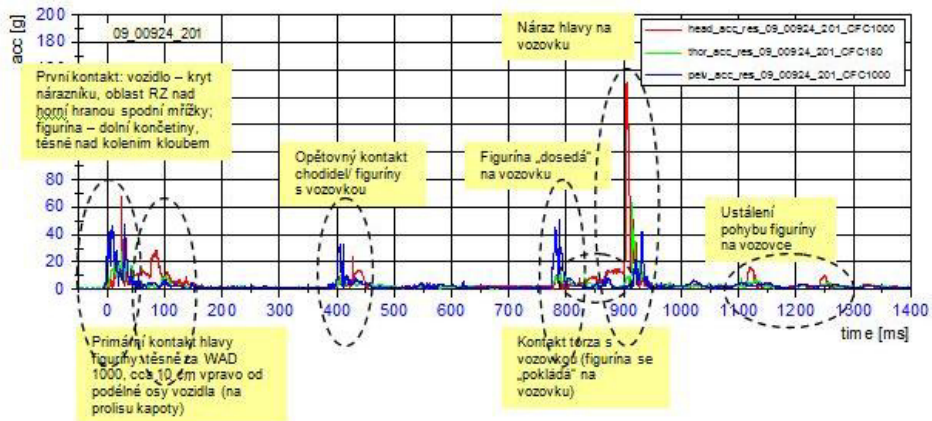
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 09_00924_101, Roomster, 10 km/h [5]



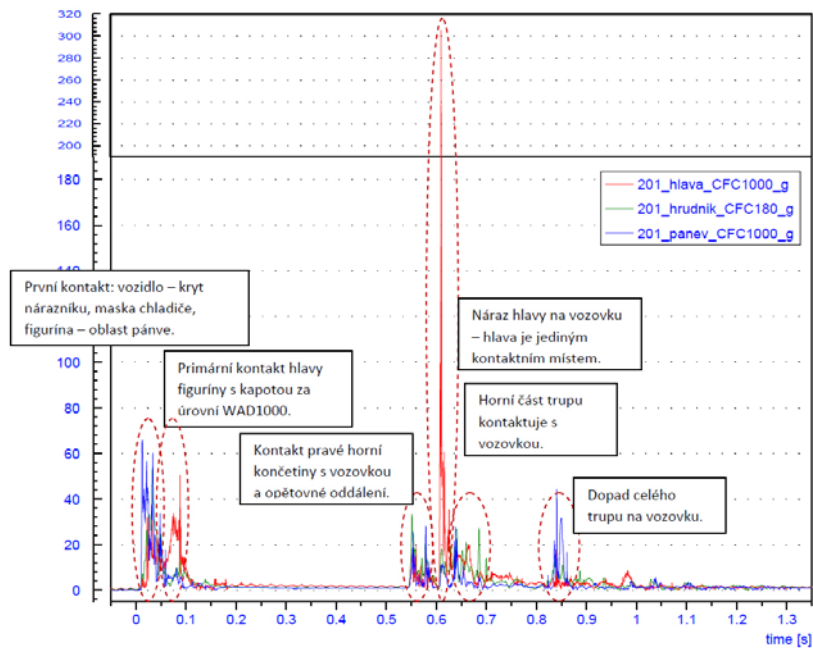
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 10_00403_101, Octavia, 10 km/h [6]



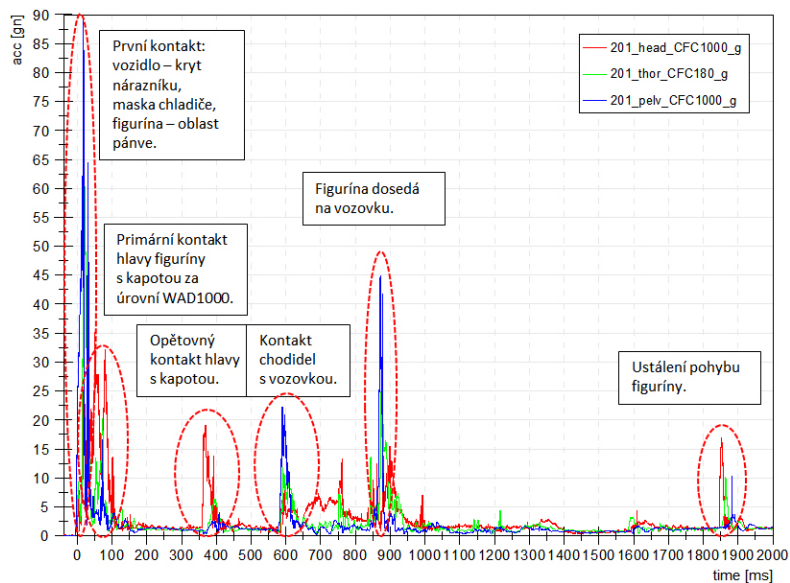
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 11_00854_101, Yeti, 10 km/h



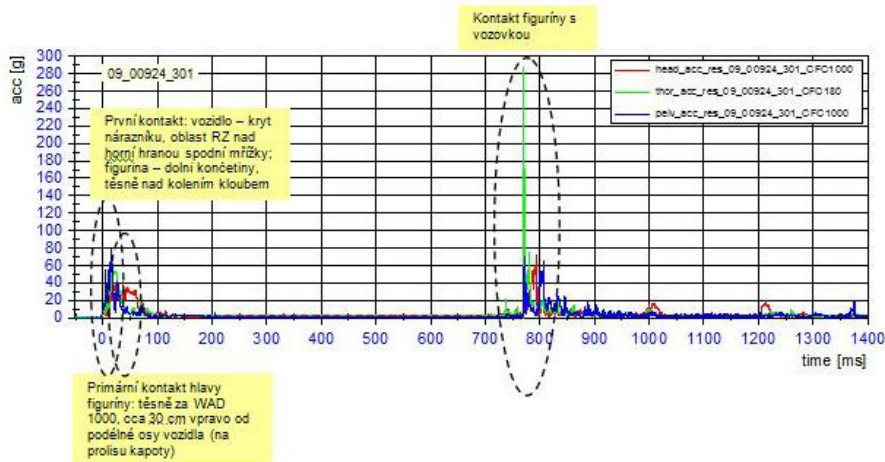
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 09_00924_201, Roomster, 20 km/h [5]



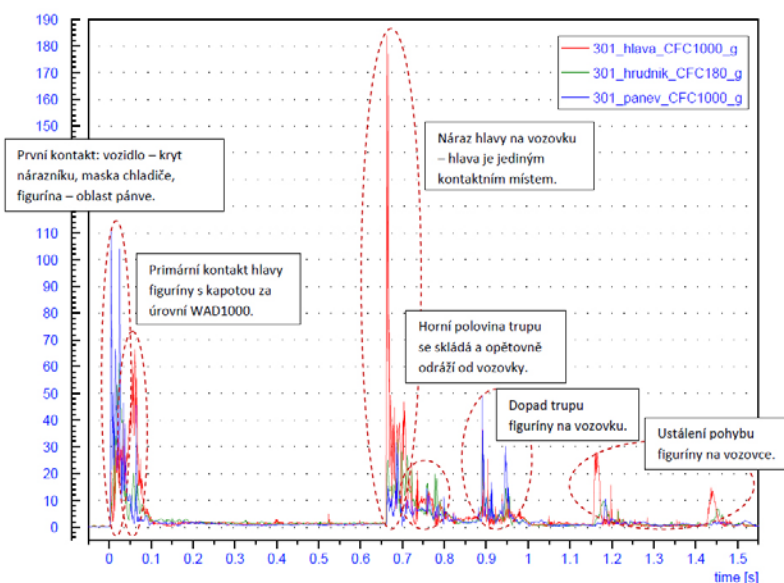
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 10_00403_201, Octavia, 20 km/h [6]



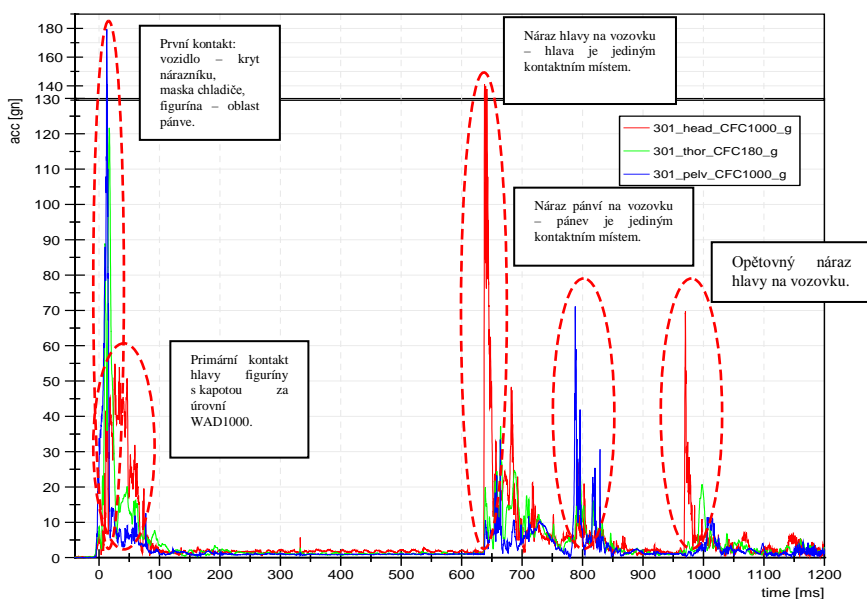
Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 11_00854_201, Yeti, 20 km/h



Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 09_00924_301, Roomster, 30 km/h [5]



Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 10_00403_301, Octavia, 30 km/h [6]



Průběh zrychlení působícího na figurínu, zkouška 11_00854_301, Yeti, 30 km/h