



ČESKÉ VYSOKÉ ÚČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA DOPRAVNÍ

Vít Šandera

**Návrh laboratorního vybavení pro nárazové zkoušky**

Bakalářská práce

2018

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K616.....Ústav dopravních prostředků**

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Vít Šandera**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Návrh laboratorního vybavení pro nárazové zkoušky**

Název tématu (anglicky): Draft for laboratory equipment for crash tests

### **Zásady pro vypracování**

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

- Prostudujte typy nárazových zkoušek vozidel a zvolený typ zkoušky popište
- Zpracujte přehled měřených veličin a jejich vyhodnocení dle platné legislativy
- Proveďte návrh vhodného vybavení zvoleného typu experimentu měřicí technikou
- Popište metodiku měření Vámi vybraného parametru a proveďte jeho ověření experimentem s využitím Vámi dostupné měřicí techniky včetně následného vyhodnocení dle legislativních požadavků
- Zhodnotte možnosti měření a analýzu dat při experimentu s požadavky na měřicí techniku a navrhněte případná zlepšení



Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce


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

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

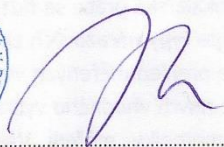
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Mík, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **26. června 2017**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **30. listopadu 2018**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

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



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
.....  
Vít Šandera  
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 15. června 2018

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji panu inženýru Josefu Mikovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytl.

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia ČVUT v Praze Fakulta dopravní.

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

Nemám žádný 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 30.11.2018

---

Vít Šandera

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

## Návrh laboratorního vybavení pro nárazové zkoušky

bakalářské práce

2018

Vít Šandera

### Abstrakt:

V mé bakalářské práci se zabývám problematikou pasivní bezpečnosti osobních automobilů. V úvodní části práce se věnuji rozdělení, historií a nejčastěji používaným prvkům pasivní bezpečnosti. V další části se věnuji podmínkám, přípravě, postupu a následnému vyhodnocení nárazových zkoušek, ať už v rámci homologačních předpisů, tak i konsorcia Euro NCAP. V závěrečné části se věnuji popisu a hodnocení nestandardní nárazové zkoušky. Zabývám hodnocením použitého vybavení z hlediska shody s požadavky legislativy.

Klíčová slova: Pasivní bezpečnost, historie, automobil, náraz, laboratoř.

Czech Technical University in Prague  
Faculty of Transportation Sciences

## **Proposal of laboratory equipment for crash tests**

bachelor thesis

2018

Vít Šandera

Abstract:

In my bachelor thesis I deal with passive safety of passenger cars. In the introductory part I deal with the division, history and the most frequently used elements of car passive safety. In the next section I deal with the conditions, preparation, procedure and subsequent evaluation of the crash tests, both within homologation regulations and Euro NCAP consortium. In the final part I am interested in description and evaluation of non-standard crash test. I deal with the evaluation of used equipment from the point of view of compliance with legislation demands.

Key Words: Passive safety, car, crash, laboratory.

# 1. Obsah

2.	Úvod .....	9
3.	Pasivní bezpečnost .....	10
3.1.	Vnitřní kompatibilita pasivní bezpečnosti .....	10
3.2.	Vnější kompatibilita pasivní bezpečnosti .....	10
3.3.	Historie pasivní bezpečnosti .....	11
3.4.	Tříbodové bezpečnostní pásy .....	11
3.5.	Airbag .....	12
3.6.	Deformační zóny .....	13
3.7.	Hlavová opěrka .....	14
3.8.	Zasklení vozidla .....	15
4.	Zkoušení, základní informace .....	16
4.1.	Nárazové zkoušky .....	17
5.	EHK/OSN č.94 – čelní náraz .....	18
5.1.	Zkušební postup .....	18
5.2.	Stav vozidla .....	19
5.3.	Příprava vozidla .....	19
5.4.	Měření prováděná na figuríně pro čelní náraz .....	20
5.5.	Biomechanické kritérium hlavy .....	20
6.	EHK/OSN č.95 – boční náraz .....	21
6.1.	Zkušební postup .....	21
6.2.	Stav vozidla .....	22
6.3.	Příprava vozidla .....	22
6.4.	Měření prováděná na figuríně pro boční náraz .....	23
6.5.	Biomechanické kritérium hlavy .....	23
6.6.	Biomechanická kritéria hrudníku .....	24
6.7.	Kritérium ochrany břicha .....	24
7.	EURO NCAP .....	25
7.1.	Příprava vozidla k testu .....	26
7.2.	Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry .....	27
7.3.	Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry .....	28
7.4.	Boční náraz .....	29
7.5.	Boční náraz do sloupu .....	29
7.6.	Test ochrany krční páteře .....	30
7.7.	Hodnocení testů Euro NCAP .....	31

8.	Figuríny.....	32
8.1.	Použité materiály: .....	33
8.2.	Sledování parametrů u figurín .....	34
8.2.1.	Zkušební figurína Hybrid III .....	34
8.2.2.	Zkušební figurína EuroSid 2.....	35
8.3.	Vysokorychlostní kamery.....	35
8.4.	Vysokorychlostní záznamové zařízení .....	37
8.5.	Záznamové zařízení TraNET PPC .....	37
9.	Nárazová zkouška vozu Fabia a škoda Octavia .....	38
9.1.	Příprava experimentu .....	38
9.2.	Příprava Vozidla .....	39
9.3.	Zkušební figurína Manikin.....	40
9.4.	Měřicí technika – záznamové zařízení .....	40
9.5.	Měřicí technika – Vysokorychlostní kamery .....	41
9.6.	Průběh experimentu.....	41
9.7.	Vyhodnocení experimentu .....	41
9.8.	Výsledek experimentu .....	43
10.	Závěr.....	44
11.	Seznam použitých zdrojů. ....	46
11.1.	Literatura.....	46
11.2.	Internetové zdroje .....	46



## Seznam použitých zkratek:

OSN	- Organizace spojených národů
EU	- Evropská unie
ČVUT	- České vysoké učení technické
FD	- Fakulta dopravní
USA	- Spojené státy Americké
EHK	- Evropská hospodářská komise
ISO	- Mezinárodní organizace pro normalizaci
Euro NCAP	- European New Car Assessment Programme
ANCAP	- The Australasian New Car Assessment Program
NHTSA	- National Highway Traffic Safety Administration
CFC	- třída kmitočtových kanálů
CAC	- třída amplitudy kanálů
HPC	- Biomechanické kritérium hlavy
VC	- Biomechanické kritérium hrudníku
ES-2	- EuroSID II
No.	- číslo
B a K	- Bruel a Kjaer

## 2. Úvod

V současné době, kdy automobil patří mezi základní vybavenost rodiny, se začíná hledět, kromě ceny, na bezpečnost automobilu. Bezpečnost automobilu můžeme rozdělit na dvě kategorie. První kategorií bezpečnosti automobilu je bezpečnost pasivní, druhá pak aktivní. Pasivní bezpečnost v případě nehody pomáhá zmírňovat následky nehody, zato bezpečnost aktivní pomáhá nehodě předcházet za pomoci systémů a zařízení. Příkladem aktivní bezpečnosti jsou systémy jako ABS, ESP. ABS pomáhá při brždění, ESP při stabilizaci vozidla. Příkladem pasivní bezpečnosti jsou například bezpečnostní pásy, airbagy, karosérie a dětské sedačky. Úroveň bezpečnosti vozidla se zkoumá pomocí nárazových zkoušek.

Nárazová zkouška je test, při kterém se automobil podrobuje destruktivní zkoušce, která zkoumá pasivní bezpečnost. Tato zkouška je předem definovaná, například čelní, nebo boční náraz. Výsledkem jsou síly, které působí v průběhu nárazové zkoušky, na různé části těla figuríny. Po vyhodnocení testů je vozidlu přidělena známka například ve formě bodů, nebo hvězdiček.

Svoji práci jsem rozdělil na čtyři hlavní části. V první části se zabývám pasivní bezpečností z hlediska rozdělení, historie a základních prvků používaných v osobních automobilech. Ve druhé části pasivní bezpečností z hlediska homologačních testů a testů vykonávaných konsorciem Euro NCAP. Ve třetí části se věnuji vybavení používaným v laboratořích, kde se konají nárazové zkoušky. Ve čtvrté a závěrečné části vyhodnocuji, zda vybavení použité v netradiční nárazové zkoušce vyhovuje z hlediska legislativní správnosti.

### 3. Pasivní bezpečnost

Pasivní bezpečnost automobilu je ta část bezpečností architektury, která má za úkol co nejvíce zmírnit následky dopravní nehody. Mezi tyto následky se počítají například zranění pasažérů, nebo také hmotné ztráty. Požadavky na pasivní bezpečnost jsou dané zákonem a homologačními předpisy Evropské komise OSN. Pasivní bezpečnost můžeme rozdělit vnitřní a vnější prvky pasivní bezpečnosti. <sup>1</sup>

#### 3.1. Vnitřní kompatibilita pasivní bezpečnosti

Vnitřní prvky pasivní bezpečnosti zabraňují nebo alespoň snižují nebezpečí poranění a vážných úrazů cestujících ve vozidle. Při nehodě snižují přetížení působící na lidský organismus a zajišťují minimální vnitřní prostor pro cestující. Velikost působícího přetížení se snižuje pomocí zádržných systémů, mezi které patří bezpečnostní pásy, nafukovací vaky (airbagy), opěrky hlavy. Minimální vnitřní prostor zajišťuje správná struktura karoserie a bezpečnostním vybavením. <sup>1</sup>

#### 3.2. Vnější kompatibilita pasivní bezpečnosti

Vnější prvky pasivní bezpečnosti jsou zaměřené především na ostatní účastníky dopravního provozu, a to především srážky vozidla s chodcem. Proto vnější karosérie vozidla nesmí obsahovat žádné ostré hrany ani výstupky o které by se mohl chodec při střetu s automobilem vážně poranit. K pasivní bezpečnosti dnes nepřispívá pouze tvar vozidla a prvky umístěné na vozidle. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pasivní bezpečnost, [www.ibesip.cz](http://www.ibesip.cz) [online] ©2017, Dostupné z: <https://www.ibesip.cz>

### 3.3. Historie pasivní bezpečnosti

Konstrukce vozidel v minulém století pasivní bezpečnosti příliš nevyhovovala a v některých případech následky nehody spíše zhoršovala. Při střetu automobilu s pevnou překážkou pronikaly deformované části konstrukce přímo do kabiny automobilu. Prvotním impulsem k debatě o bezpečnosti motorových vozidel, byla první zaznamenaná smrtelná dopravní nehoda, která se stala v Irsku roku 1869. Avšak za první konkrétní reakci, v historii bezpečnosti vozidel, je ovšem považován hydraulický brzdový systém, který byl zařazen do sériové výroby v roce 1922 automobilkou Deussenberg, Model A. Nejdůležitější prvky pasivní bezpečnosti přišly až ve druhé polovině 20. století, neboť v této době spatřily světlo světa nejvýznamnější bezpečnostní prvky a byla to doba velikého pokroku, co se bezpečnosti týče. <sup>2</sup>

### 3.4. Tříbodové bezpečnostní pásy

Tento prvek pasivní bezpečnosti již zachránil bezpočet lidských životů a byl vynalezen roku 1959 Nilsem Bohlinem, který pracoval pro společnost Volvo. Jeho vynález se stal jedním s největších pokroků v historii pasivní bezpečnosti. Jednalo se o důmyslné řešení, které dokáže udržet dolní i horní část těla cestujícího v sedadle, a to jedním pásem vedeným přes bok a druhým přes hrudník. Prvními vozy, které měly tyto bezpečnostní pásy ve standardní výbavě, byly právě vozy značky Volvo. <sup>2</sup>



Obr.1 Ukázka tříbodového bezpečnostního.

Zdroj: <http://www.auto.cz>

<sup>2</sup> Pasivní bezpečnost [autoskola-sprint.cz](http://autoskola-sprint.cz) [online] © 2018 dostupné z: <https://www.autoskola-sprint.cz>

### 3.5. Airbag

Airbag byl vynalezen roku 1952 Johnem W. Hetrickem, který si jej nechal o rok později patentovat. Ačkoliv spolupracoval s předními americkými automobilkami, žádná z nich jeho nápad nerealizovala. Hlavním problémem byla rychlost expanze, která při použití stlačeného vzduchu, nebyla dostačující.<sup>3</sup>

Průlom přišel až v roce 1968, kdy Alan Breed zkonstruoval nový detektor nárazu. Skládal se z tuby, ve které byla přichycena magnetem kovová kulička, která se při dostatečně velké rychlosti uvolnila a sepnula obvod, který inicioval naplnění airbagů. Namísto stlačeného vzduchu použil azid sodný. Azid sodný je toxická, pevná látka ( $\text{NaN}_3$ ) a v airbagách se využívá reakce jeho rozkladu, která je iniciována elektrickým výbojem. Tím dojde k zahřátí na teplotu přibližně  $300\text{ }^\circ\text{C}$  a přeměnu pevné látky na plynou, čímž dojde k velmi rychlému nárůstu objemu a airbag expanduje ven.<sup>3</sup>



Obr.2 - Ukázka airbagu.

Zdroj: [www.nbcnews.com](http://www.nbcnews.com)

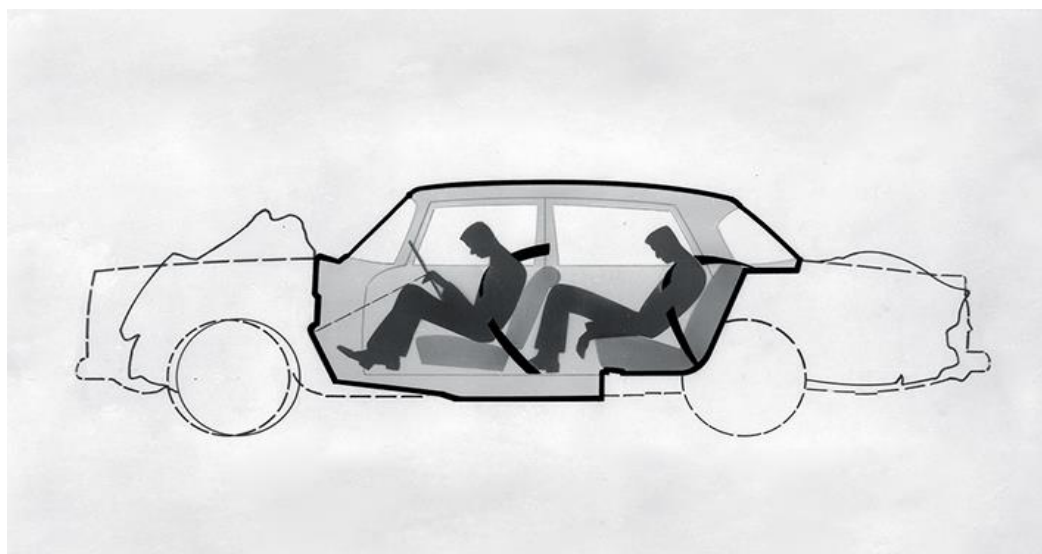
<sup>3</sup> Pasivní bezpečnost [autoskola-sprint.cz](http://autoskola-sprint.cz) [online] © 2018 dostupné z: <https://www.autoskola-sprint.cz>

### 3.6. Deformační zóny

Další velký zlom nastal v roce 1950. Béla Berényi, inženýr, který pracoval pro Mercedes-Benz, si uvědomil, že absorpcí kinetické energie nárazu, by se mohla výrazně zvýšit bezpečnost pro posádku vozidla. Přišel tak s nápadem deformačních zón, které měly právě svojí deformací ubránit prostor pro posádku. Uprostřed byla pevná část, jakožto ochranná buňka s prostorem pro cestující, a s deformačními zónami vzadu a vpředu. Za cíl měl vytvořit vůz, který by byl schopný ochránit posádku při nárazech zepředu do rychlosti 65 km/h a zezadu do rychlosti 50 km/h. Výsledkem byl vůz, který byl veliký, těžký, a ne zrovna estetický. Díky následným nárazovým zkouškám se také zjistilo, že některé části interiéru se v případě havárie dokáží proměnit ve smrtící zbraně a z toho důvodu byly opatřeny měkčným povrchem. Časem se zjistilo, že toto vozidlo není tou správou cestou a tím experiment skončil. Řadu poznatků a konstrukčních řešení si nechala firma Daimler-Benz patentovat a v průběhů dalších let se ukázalo, že tyto patenty z roku 1952 se staly základním stavebním kamenem pro vývoj pasivní bezpečnosti.<sup>4</sup>

Prvním sériově vyráběným automobilem s deformačními zónami se stal roku 1959 Mercedes W111, předchůdce modelu S. Interiér vozu snižoval riziko zranění posádky vozidla použitím měkkého čalounění na volantu, zapuštěním klik dveří a použitím bezpečnostního sloupku řízení.

4



Obr.3 - Deformační zóna.

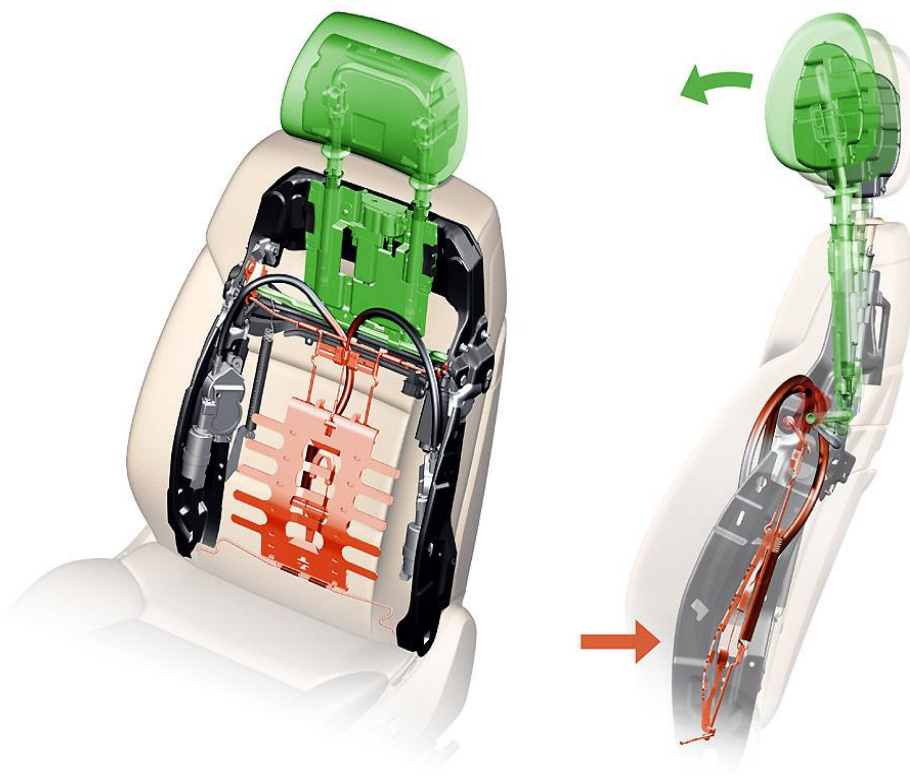
Zdroj: [www.la.mercedesbenz.com](http://www.la.mercedesbenz.com)

<sup>4</sup> Matějček, Martin. Diplomová práce: *Historie, současné trendy a vize ve vývoji deformačních zón osobních automobilů* dostupné [online]

### 3.7. Hlavová opěrka

Poranění krční páteře a míchy patří k jednomu z nejčastějších následků dopravní nehody. Dalším velkým přínosem, kterou představila automobilka Volvo je hlavová opěrka. Zpočátku byla montována na předních sedadlech, jež byla představena v roce 1968. Správně nastavená hlavová opěrka dokáže ochránit řidiče a spolujezdce při nárazu zezadu. Počet těchto kolizí už desítky let prudce stoupá úměrně s rostoucí hustotou silničního provozu.<sup>5</sup>

V roce 1998 se posunul vývoj hlavových opěrek mílovým krokem vpřed. Bylo to zásluhou automobilky SAAB a její aktivní hlavové opěrky. Systém je mechanický a uvádí jej do provozu tlak horní části těla cestujícího na předním sedadle do opěrky, vyvolaný reakcí na náraz do zadní části automobilu. Pákový systém ukrytý v opěradle a spojený s opěrkou hlavy ji při nárazu do zadní části posouvá, v závislosti na velikosti silového zatížení opěradla, směrem vzhůru až o 20 mm a směrem dopředu až o 60 mm, čímž se podstatně zkracuje volná vzdálenost mezi hlavou pasažéra a opěrkou, což snižuje silové namáhání krční páteře.<sup>5</sup>



obr.4 - Aktivní opěrka hlavy.

Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

<sup>5</sup> Pasivní bezpečnost, [autoperiskop.cz](http://autoperiskop.cz) [online] dostupné z <https://www.autoperiskop.cz>

### 3.8. Zasklení vozidla

Velkým problémem je zasklení vozidla. Při nárazu se normální sklo i při malém nárazu tříští na velké kusy s ostrými hranami a ohrožuje tím významně posádku. Z tohoto důvodu se začala používat skla kalená, která jsou jednak pevnější a vydrží výrazně větší náraz bez poškození. Při rozbití se roztříští na velké množství malých kousků s relativně tupými hranami, které ohrožují posádku minimálně. Většinou se sklo nevysype celé, pokud se vysype vůbec. Dovnitř vletí jen ta část, do které vrazil nějaký větší předmět. K větší odolnosti také přispívá jeho sklon, výslednice sil při nárazu pevného předmětu je tak odlišná a předmět se většinou odrazí bez většího poškození skla. V minulosti se takto vyráběla všechna skla, později se začalo přední sklo vyrábět jako lepené. Jedná se o zvláštním způsobem vyrobené okno, které je tvořené dvěma tvrzenými skly, která jsou k sobě slepené speciálním průhledným lepidlem. Díky tomu sklo vydrží značně větší náraz bez poškození a pokud k poškození dojde, sklo sice popraská jako tabulové sklo, ale vrstva lepidla udrží střepy v jednom celku. Často sklo zůstane natolik průhledné, že je možné pokračovat v jízdě.<sup>6</sup>



Obr.5 - Ukázka rozbitého čelního skla.

Zdroj: <https://www.yespojisteni.cz>

<sup>6</sup> *Pasivní bezpečnost – 3.část. rozhlas.cz, [online] dostupné z <https://www.rozhlas.cz>*



## 4. Zkoušení, základní informace

Zkoušení je činnost, při které se zjišťují vlastnosti jednotlivých objektů. Objekty mohou být buď hmotné nebo nehmotné.

### Příklad:

- osobní automobil – hmotný,
- počítačový program – nehmotný.<sup>7</sup>

Zjištěné vlastnosti se porovnávají s vlastnostmi jiných objektů. Ty mohou být taktéž hmotné nebo nehmotné.

### Příklad:

- Jiný osobní automobil – hmotný,
- Předpis – nehmotný.

Výsledek porovnání vede k hodnocení. Hodnocením je objekt zařazen a činnost ukončena.<sup>7</sup>

Pozn.: shodný význam jako zkoušení mají činnosti, jakými jsou např. kontrola, ověřování nebo prohlídka, pokud vedou ke zjištění vlastnosti.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Ing. Jiří First. *Zkoušení automobilů a motocyklů Příručka pro konstruktéry*. Praha: S&T CZ s.r.o., 2008

## 4.1. Nárazové zkoušky

Nárazové zkoušky neboli crash testy, jsou destruktivní zkoušky, které testují pasivní bezpečnost vozidla. Testování probíhá tak, že je vozidlo podrobena několika předem definovaným nárazům. V rámci homologace probíhají zkoušky bezpečnosti (nárazové zkoušky, zkoušky brzd), jízdních vlastností, kde se prověřuje chování vozidla v provozu a zjišťují se dynamické vlastnosti. Dále se vozidlo zkoumá v oblasti funkčnosti, kde se zjišťuje, zda automobil plní funkce, které má daná kategorie vozidel splňovat. Prověřují se také emise ve výfukových plynech (v zemích EU určuje limitní hodnoty výfukových exhalací emisní normy EURO). Každá země má své vlastní limity, vozidla jsou tak již od samotného začátku konstruována s ohledem na přísné homologační požadavky ze zemí, kam se předpokládá pozdější vývoz automobilu. Žádné vozidlo nemůže být prodáváno bez splnění homologačních zkoušek.

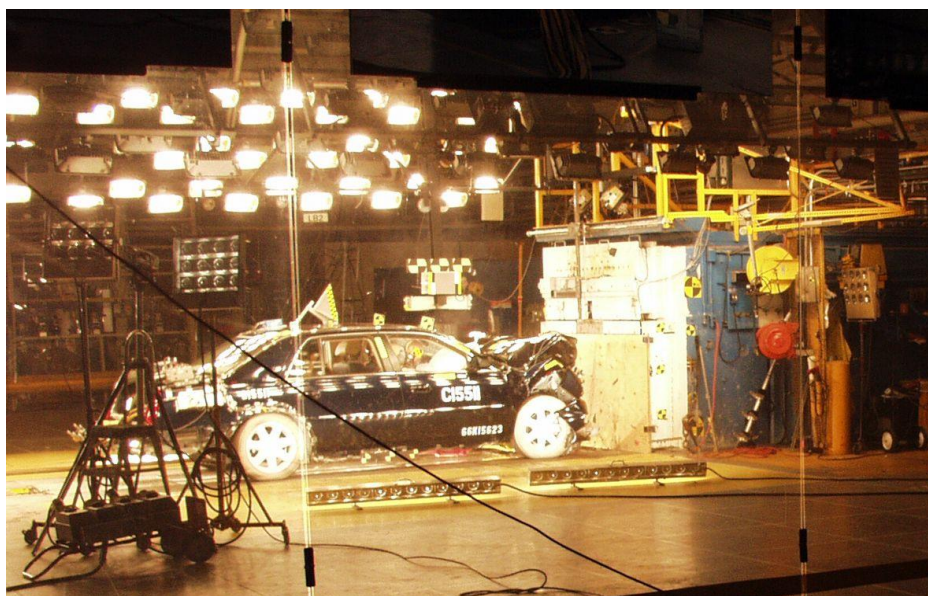
Doplňkem homologačních zkoušek jsou různé nezávislé spotřebitelské testy, které mají přísnější požadavky na vozidla, než jsou požadavky pro splnění homologace a ukazují skutečné kvality vozidla. Tyto spotřebitelské testy provádí několik nezávislých organizací, v USA je to NHTSA (úřad pro bezpečnost silničního provozu) v Austrálii je to ANCAP (Australský program pro hodnocení nových vozů) a v Evropě je to NCAP (Evropský program hodnocení nových vozidel). Každá z těchto organizací má jinou metodiku zkoušení (např. rychlost vozidla) a proto se mohou výsledky jednotlivých organizací lišit.

## 5. EHK/OSN č.94 – čelní náraz

Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů, který pojednává o jednotném schvalování vozidel, z hlediska ochrany cestujících v případě čelního nárazu.<sup>8</sup>

### 5.1. Zkušební postup

Zkušební prostor musí být dostatečně velký, aby v něm byl prostor pro umístění deformovatelné bariéry, pro pohyb vozidla po nárazu a pro instalaci zkušebního zařízení. Část prostoru musí být vodorovná a neznečištěná, aby představovala běžný, suchý povrch silnice. Čelo bariéry tvoří deformovatelná konstrukce, která musí být kolmá na směr jízdy zkoušeného vozidla. Bariéra musí být připevněna k tělesu, jehož hmotnost je minimálně 70 000 kg, a je orientovaná tak, aby k prvnímu styku s bariérou došlo na straně sloupku řízení. Bariéra používaná při čelním nárazu je zobrazena obrázku číslo 6.<sup>8</sup>



Obr.6 – Ukázka čelního nárazu.

Zdroj: [www.cs.wikipedia.org](http://www.cs.wikipedia.org)

<sup>8</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.94 [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 5.2. Stav vozidla

Testované vozidlo musí být reprezentativní pro sériovou výrobu a je nutné, aby obsahovalo veškeré vybavení, kterým je obvykle vybaveno. Některé součásti mohou být nahrazeny rovnocennými hmotami tak, aby toto nahrazení nemělo znatelný vliv na výsledky měření. Dále také nepovinné prvky výbavy, které by mohly ovlivnit výsledek zkoušky, musejí být nainstalovány.<sup>9</sup>

Palivová nádrž se naplní vodou do hmotnosti odpovídající 90 % hmotnosti plné náplně paliva specifikované výrobcem s přesností +/- 1 %. Všechny ostatní kapaliny mohou být v okamžiku testu prázdné, hmotnost se ale musí pečlivě kompenzovat.<sup>9</sup>

## 5.3. Příprava vozidla

Volant musí být nastaven do běžné polohy označené výrobcem. Vozidlo musí mít zavřená okna alespoň na straně nárazu a zavřené dveře, ale ne zamčené. Pokud však je vozidlo vybaveno automatickým zamykacím systémem dveří, je nutné zajistit, aby byly všechny boční dveře před zkouškou uzamčeny. Na vozidle musí být zařazen neutrál a ruční brzda nesmí být zatažená. Tlak v pneumatikách musí být nahuštěn na hodnotu předepsanou výrobcem vozidla. Sedadla se nastaví do polohy určené výrobcem, pokud je sedadlo obsazené figurínou, musí být seřízeny takto:

- Opěrka hlavy musí být nastavena do polohy, kdy její vrchol je v rovině s těžištěm hlavy figuríny.
- Ostatní seřizovací prvky sedadla musí být nastaveny doprostřed svých rozsahů seřízení. Nastavení výšky sedáku však musí odpovídat pevnému sedadlu.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.94 [online]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 5.4. Měření prováděná na figuríně pro čelní náraz

Zkušební figurína odpovídá specifikacím pro HYBRID III, která je popsána v 7 kapitole. Při čelním nárazu se zaznamenávají údaje následujících měřících přístrojů.

- **Měření v hlavě figuríny:** Výsledné tříosé zrychlení vztahující se k těžišti hlavy. Kanál přístrojového vybavení pro měření v hlavě musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC: 1000 Hz.
- **Měření v krku figuríny:** Axiální tahová síla a smyková síla působící zřepedu dozadu na rozhraní mezi krkem a hlavou musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC: 1000 Hz. Ohybový moment při hodnotách CFC: 600 Hz.
- **Měření v hrudníku figuríny:** Průhyb hrudníku mezi hrudní kostí a páteří musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC: 180 Hz.
- **Měření ve stehenní a holenní kosti figuríny:** Axiální tlaková síla a ohybové momenty musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC 600 Hz. Posun holenní kosti vůči kosti stehenní se měří v kolenním kloubu za použití CFC 180. <sup>10</sup>

## 5.5. Biomechanické kritérium hlavy

Pokud dojde ke kontaktu hlavy, počítá se tento údaj po celou dobu trvání od prvního kontaktu do posledního okamžiku posledního kontaktu. HPC je maximální hodnota výrazu:

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

Kde „a“ je výsledné zrychlení těžiště hlavy v metrech za sekundu děleno 9,81, zaznamenáno v závislosti na čase a filtrováno při kmitočtové třídě kanálu 1 000 Hz, „t<sub>1</sub>“ a „t<sub>2</sub>“ jsou libovolné dva časy mezi prvním kontaktem a posledním okamžikem posledního kontaktu. <sup>10</sup>

<sup>10</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.94 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 6. EHK/OSN č.95 – boční náraz

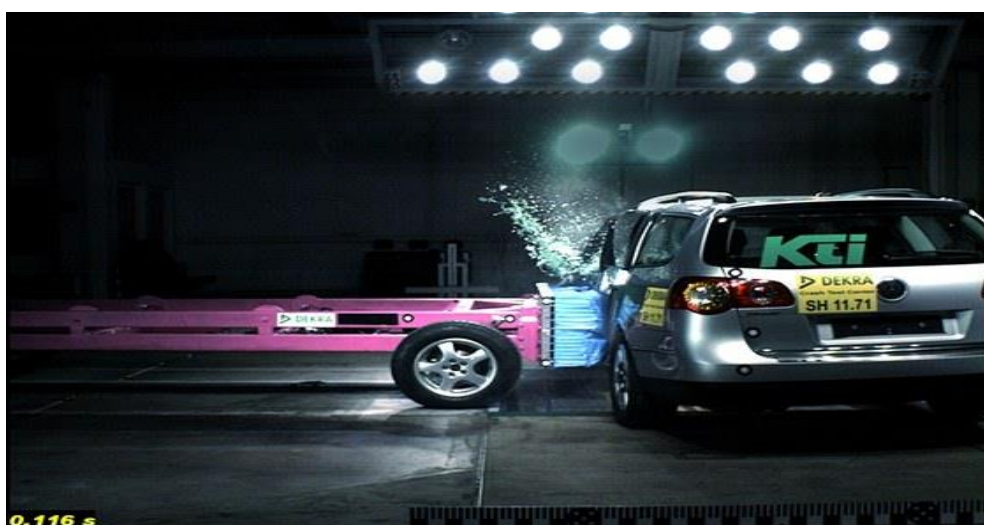
Předpis Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů, který pojednává o jednotném schvalování vozidel, z hlediska ochrany cestujících v případě bočního nárazu. Zkušební areál musí být dostatečně velký, aby v něm byl prostor pro umístění pohonu deformovatelné bariéry, pro pohyb vozidla po nárazu a pro instalaci zkušebního zařízení. Část prostoru musí být vodorovná a neznečištěná, aby představovala běžný, suchý povrch silnice.

11

### 6.1. Zkušební postup

Zkouška se provádí na stojícím vozidle na straně řidiče, ledaže by byla konstrukce asymetrická a lišila by se do té míry, že by to mohlo ovlivnit výsledek zkoušky. V takovém případě je možné po dohodě s výrobcem a schvalovacím orgánem provádět zkoušku na straně spolujezdce. K testování se používá pohyblivá deformovatelná bariéra, která se skládá z nárazového tělesa a zkušebního vozíku. Celková hmotnost musí být  $(950 \pm 20)$  kg a těžiště musí ležet ve střední podélné svislé rovině tolerancí  $\pm 10$  mm,  $(1\ 000 \pm 30)$  mm za přední nápravou a  $(500 \pm 30)$  mm nad zemí. Pohyblivá deformovatelná bariéra musí být vybavena vhodným zařízením, které zabrání druhotnému nárazu na zkoušené vozidlo. V okamžiku nárazu musí mít pohyblivá deformovatelná bariéra rychlost  $(50 \pm 1)$  km/h a musí se ustálit nejméně 0,5 m před nárazem.

11



Obr.7 – Ukázka bočního nárazu a testovacího vozíku

zdroj: [www.auto.idnes.cz](http://www.auto.idnes.cz)

<sup>11</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.95 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 6.2. Stav vozidla

Zkoušené vozidlo musí být reprezentativní pro sériovou výrobu, a proto musí obsahovat zařízení, kterým je obvykle vybaveno a musí být v běžném provozním stavu. Některé součásti je možno nahradit nebo vynechat rovnocennými hmotami, pokud vynechání nebo změna nemá vliv na výsledek zkoušky. Dále je nutností, aby vozidlo mělo všechny nepovinné prvky výbavy, které by mohly ovlivnit výsledek zkoušky. Palivová nádrž se naplní vodou do hmotnosti odpovídající 90 % hmotnosti plné náplně paliva specifikované výrobcem s přesností  $\pm 1$  %.<sup>12</sup>

## 6.3. Příprava vozidla

Vozidla musí mít zavřená okna alespoň na straně nárazu a zavřené dveře, ale ne zamčené. Pokud však je vozidlo vybaveno automatickým zamykacím systémem dveří, je nutné zajistit, aby byly všechny boční dveře před zkouškou uzamčeny. Na vozidle musí být zařazen neutrál a ruční brzda nesmí být zatažená. Sedadla se nastaví do polohy určené výrobcem, pokud je sedadlo obsazené figurínou a jeho součástí, jsou-li seřiditelné, musí být seřizeny takto:

- Opěrka hlavy musí být nastavena do polohy, kdy její vrchol je v rovině s těžištěm hlavy figuríny.
- Ostatní seřizovací prvky sedadla musí být nastaveny uprostřed svých rozsahů seřízení. Nastavení výšky sedáku však musí odpovídat pevnému sedadlu.

Volant se nastaví do střední polohy rozsahu seřízení. Tlak v pneumatikách musí být nahuštěn na hodnotu předepsanou výrobcem vozidla.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.95 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 6.4. Měření prováděná na figuríně pro boční náraz

Zaznamenávají se údaje následujících měřících přístrojů.

- **Měření v hlavě figuríny:** Výsledné tříosé zrychlení vztahující se k těžišti hlavy. Kanál přístrojového vybavení pro měření v hlavě musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC: 1000 Hz a CAC 150 g.
- **Měření v hrudníku figuríny:** Tři kanály pro měření průhybu žeber hrudníku musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC: 1000 Hz a CAC 60 mm.
- **Měření v pánvi figuríny:** Kanál pro měření sil působících na pánev musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC 1000 Hz a CAC 15 kN.
- **Měření v břiše figuríny:** Kanál pro měření sil působících na břicho musí splňovat požadavky normy ISO 6487:1987 při hodnotách CFC 1000 Hz a CAC 5 kN. <sup>13</sup>

## 6.5. Biomechanické kritérium hlavy

Biomechanické kritérium hlavy se vypočte ze stejného vzorce jako biomechanické kritérium hlavy pro čelní náraz a to vzorcem:

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

Kde „a“ je výsledné zrychlení těžiště hlavy v metrech za sekundu děleno 9,81, zaznamenáno v závislosti na čase a filtrováno při kmitočtové třídě kanálu 1 000 Hz, „t<sub>1</sub>“ a „t<sub>2</sub>“ jsou libovolné dva časy mezi prvním kontaktem a posledním okamžikem posledního kontaktu. <sup>13</sup>

<sup>13</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.95 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>



## 6.6. Biomechanická kritéria hrudníku

**Průhyb hrudníku:** nejvyšší hodnota průhybu hrudníku je maximální hodnota průhybu libovolného žebra stanovená snímači posuvu hrudníku, filtrováno při kmitočtové třídě kanálu 180 Hz.

$$VC = \max\left(\frac{D}{0,14} * \frac{dD}{dt}\right)$$

**Kritérium měkkých tkání:** nejvyšší hodnota odezvy měkkých tkání je maximální hodnota VC na libovolném žebře, která se počítá jako okamžitá hodnota součinu poměrného průhybu hrudníku vztaženého na polovinu hrudníku a rychlosti stlačení získané derivací stlačení. Pro účely tohoto výpočtu činí standardní šířka poloviny hrudního koše 140 mm. <sup>14</sup>

## 6.7. Kritérium ochrany břicha

Nejvyšší síla působící na břicho je maximální hodnota součtu tří sil měřených pomocí snímačů namontovaných 39 mm pod povrchem na straně nárazu, CFC 600 Hz. <sup>14</sup>

<sup>14</sup> EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.95 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>

## 7. EURO NCAP

Z hlediska naší polohy budu především rozvíjet testy konsorcia EURO NCAP (European New Car Assessment Programme). Organizace byla založena v roce 1997 a sídlí v Bruselu, kde sdružuje představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, zákaznických organizací a pojišťoven. Cílem konsorcia je nezávislé hodnocení pasivní a aktivní bezpečnosti všech značek. Výsledek je vyjádřený formou hvězdiček od 0, která zastupuje nevyhovující hodnocení, až po 5 hvězdiček, které zastupují nejvyšší hodnocení. Výsledky jsou volně dostupné, na rozdíl od homologačních testů. V rámci EURO NCAP se provádějí čtyři základní testy nárazových zkoušek. Jedná se o čelní náraz do deformovatelné bariéry při rychlosti 64 km/h na 40 % přední části vozu, boční náraz konstrukcí s rychlostí 50 km/h a rozměry 1500 x 500 mm, náraz na sloupek o rozměrech 254 mm v rychlosti 29 km/h, a simulace střetu s chodcem, bezpečnost dětí v dětské sedačce, kvalitu a přesnost jízdních asistentů. Testy EURO NCAP často dokáží ovlivnit prodeje automobilu, tedy pokud automobil dostane nevyhovující hodnocení, jeho prodeje často klesají. V současné se tomu ale již tolik neděje, protože výrobci s těmito zkouškami počítají a jsou schopni vyrábět velmi bezpečná a odolná vozidla. <sup>15</sup>



Obr.8 – Na obrázku je vidět hodnocení nové Škody Octavie.

Zdroj: <https://www.euroncap.com>

<sup>15</sup> Autolexicon.net. Euro NCAP [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.1. Příprava vozidla k testu

Vozidla jsou zakupována anonymně, aby výrobce nemohl ovlivňovat bezpečnost vozu určeného pro test. K testu se vybírají pouze vozidla s prvky bezpečnostních výbav, které jsou dostupné ve všech zemích EU. Vyšší výbavy mohou obsahovat navíc boční airbag, nebo jiné zádržné systémy, které zde chybí. Vlastní testování probíhá v nezávislé autorizované zkušebně. Výrobce je požádán o asistenci při přípravě vozidla a jeho zástupci figurují jako pozorovatelé. Zkoušky se provádějí pouze jednou a příprava se může lišit v závislosti na použité normě testování, zda jde o boční, čelní náraz, nebo náraz jiného druhu. <sup>16</sup>

Automobil se nastříká matnou barvou a polepí žlutými polepy z důvodu lepšího zaznamenání kamer. Také se místo paliva používá barevný roztok z hlediska bezpečnosti při testování a zjištění poškození palivové soustavy během testování. <sup>16</sup>



Obr. 9 - Ukázka automobilu při nárazové zkoušce.

Zdroj: <http://www.globalncap.org>

<sup>16</sup> Autolexicon.net. plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.2. Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry

Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry představuje nejčastější typ střetu automobilu, který mívá velice často vážné následky. Automobil při zkoušce naráží do deformovatelné bariéry při rychlosti 64 km/h a má přesah 40 %. Například proti homologační zkoušce je rychlost o 8 km/h vyšší. Bariéra představuje simulaci deformujícího se protijedoucího vozidla a je vyrobena z deformovatelné hliníkové překážky s přesně definovanými rozměry, která má strukturu jako včelí plástve. Bariéra má na šířku 1000 mm a deformace dosahuje až 540 mm. Při testu tvoří posádku dvě dospělé figuríny v přední části vozu umístěné v sedačkách a v zadní části vozu jsou dvě dětské figuríny umístěné v dětských sedačkách. Síly, které vznikají při nárazu by měly být efektivně absorbovány deformační zónou vozidla. Pro úspěšné zvládnutí zkoušky se přední zóna musí deformovat kontrolovaným způsobem a zároveň nesmí být prostor pro posádku poškozen. Data se získají, stejně jako u ostatních zkoušek EURO NCAP, z figurín. <sup>17</sup>



Obr. 10 – Ukázka automobilu při testu EURO NCAP, částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry

Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

<sup>17</sup> Autolexicon.net. Částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

### 7.3. Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry

Nově vzniklá zkouška, praktikující se od roku 2015, je zkouška plného čelního nárazu do nedeformovatelné bariéry a základem této zkoušky je homologační zkouška evropské komise pro bezpečnost. Důvodem ke vzniku zkoušky byly stále tužší automobilové konstrukce, ty sice přinesly snížení počtu zranění dolních končetin a hlavy, ale zároveň menší deformace čili větší záporné zrychlení, které je třeba řešit pomocí zádržných systémů. Větší přetížení vede k vážnějším zraněním v oblasti hrudníku u starších cestujících a dětí. Z tohoto důvodu došlo k rozdělení klasického čelního nárazu na dvě nezávislé zkoušky a to na „částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry“ a nově přidaný „plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry“. Při zkoušce narazí vozidlo do pevné bariéry se 100 % překrytím.<sup>18</sup>



Obr. 11 – Ukázka automobilu při testu EURO NCAP, plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry

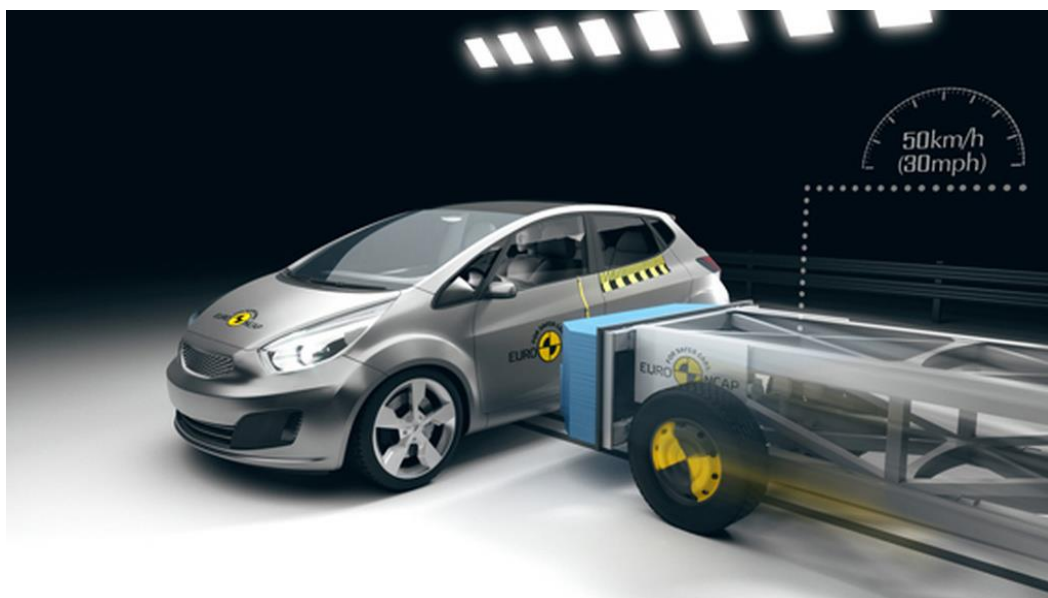
Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

<sup>18</sup> [Autolexicon.net](http://www.autolexicon.net). plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.4. Boční náraz

Boční náraz představuje druhý nejčastější typ nárazu, který má často tragické následky. Na rozdíl od čelního nárazu je při tomto testu malý prostor pro absorbování energie nárazu a ke vzniku řízené deformace. Z tohoto důvodu dochází k vážným poraněním na hlavě a hrudi.

Při testu, probíhající v laboratorních podmínkách, naráží vozík jedoucí rychlostí 50 km/h do boku stojícího automobilu. Vozík má v předu deformovatelnou bariéru, která simuluje přední část druhého automobilu. Hmotnost vozíku má definovanou hmotnost 950 kg. Náraz je veden na straně řidiče do bodu R, kde má 95 % mužů kyčelní oblast. <sup>19</sup>



Obr. 12 - Ukázka automobilu při testu EURO NCAP, boční náraz.

Zdroj <http://www.autolexicon.net>

<sup>19</sup> [Autolexicon.net](http://www.autolexicon.net). plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.5. Boční náraz do sloupu

Boční náraz vozidla do sloupu Euro NCAP je velice nebezpečná nehoda, kde do boku vozidla vniká pevný objekt s malou čelní plochou. Síly, které působí na bok automobilů, jsou koncentrovány do jednoho místa, jejich působení je enormní. K takovýmto nehodám dochází především v důsledku ztráty kontroly nad vozidlem končící smykem a nárazem například do stromu či sloupu. Tyto překážky mají malou čelní plochu a při nárazu pronikají hluboko

do prostoru posádky. Při testu je vozidlo umístěno na pohyblivou plošinu pod úhlem 15 ° a je vybaveno pouze figurínou řidiče. Vozidlo na pohyblivé plošině je poslané rychlostí 32 km/h proti pevné tyči. Průměr tyče je 254 mm. Ve srovnání s testem bočním, který má relativně velikou plochu nárazu, dochází k hlubokému průniku tyče do prostoru posádky. Při absenci hlavových airbagů dochází k fatálním poraněním.<sup>20</sup>



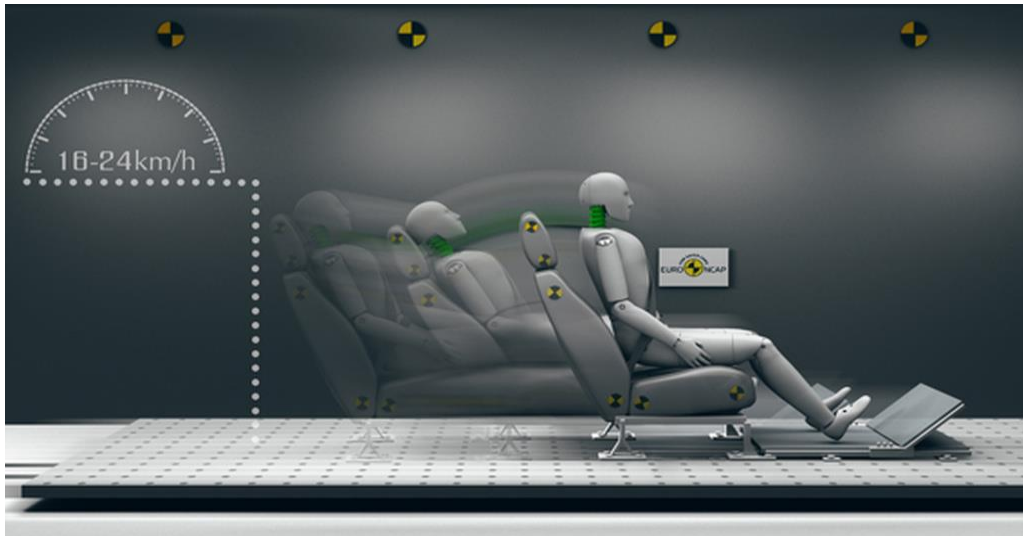
Obr. 13 - Ukázka automobilu při testu EURO NCAP, boční náraz do sloupu.

Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

<sup>20</sup> [Autolexicon.net](http://www.autolexicon.net). boční náraz do sloupu [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.6. Test ochrany krční páteře

Test ochrany krční páteře Euro NCAP testuje ochranu před poraněními krční páteře spojenými s nadměrnou deformací páteře. Tato zranění vznikají už při relativně malých nehodách s nízkou rychlostí, přesto se špatně léčí a jsou velmi bolestivá a mívají dlouhotrvající následky. Velice zřídka dochází při těchto nehodách k úmrtí, ale následky mohou mít veliký dopad na jednotlivce a jeho okolí. Při této zkoušce se sedadla s figurínou umístí na pohyblivé saně, které jsou zobrazeny na obrázku číslo 14. Vyhodnocení se provádí na základě třech dynamických testů. Největší vliv na výsledky testů má správně nastavená sedačka a opěrka hlavy v okamžiku nárazu.<sup>21</sup>



Obr. 14 – Ukázka pohyblivých saní při testu EURO NCAP, test ochrany krční páteře Zdroj: <http://www.autolexicon.net>

<sup>21</sup> [Autolexicon.net](http://www.autolexicon.net). test ochrany krční páteře [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>

## 7.7. Hodnocení testů Euro NCAP

Hlavní data pro vyhodnocování testů zajišťují čidla nainstalovaná na vozidlech a na testovacích figurínách. Hodnotí se hodnoty decelerace neboli zpomalení, působící na posádku, nebo zda některé části těla nebyli vystaveny příliš velkému zatížení, které by mohlo způsobit vážné poranění. Dalším kritériem je stabilita konstrukce – jak velkou silou je nutné působit, aby bylo možné otevření dveří po nárazu, zda zůstal skelet po nárazu stabilní apod. Hodnocení zobrazené v tabulce 1 pod textem zobrazuje počet bodů, které může vůz získat při všech testech. Dva bonusové body získá testovaný vůz za signalizaci nezapnutých bezpečnostních pásů. Prvním vozem, který získal plný počet hvězdiček byl Renault Laguna v roce 2001. <sup>15</sup>

Tabulka č.1 – Hodnocení testování Euro NCAP.

Počet bodů	Počet hvězd
1 - 8	1
9 - 16	2
17 – 24	3
25 – 32	4
33 - 40	5

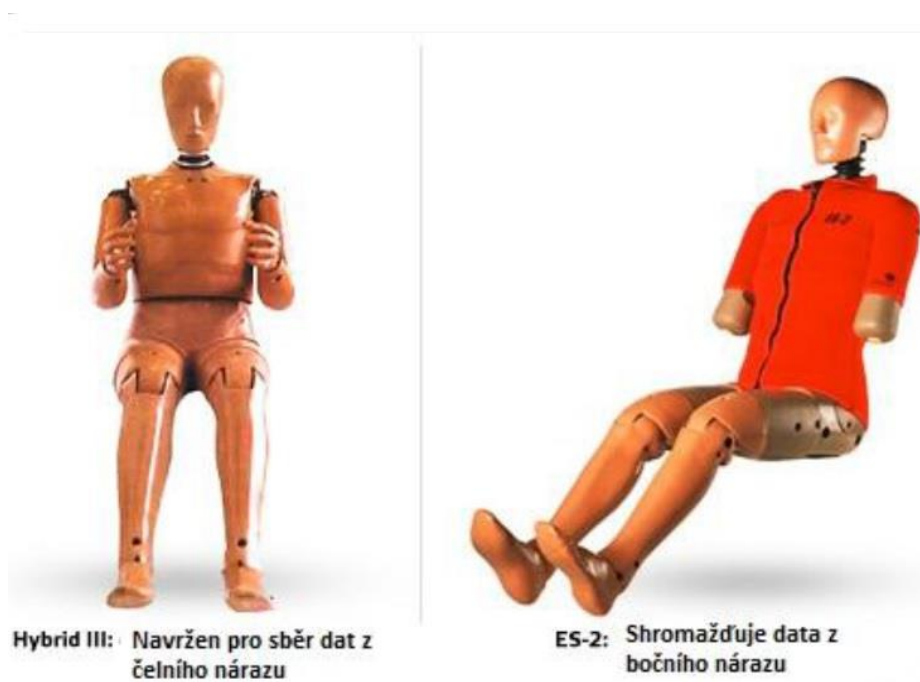
<sup>15</sup> [Autolexicon.net](http://www.autolexicon.net). Euro NCAP [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>



## 8. Figuríny

Pro testování se využívá biomechanický model lidského těla. Model má v sobě zakomponován několik snímačů, díky kterým je možné zjistit hodnoty poranění dané části těla. Model je umístěn na sedadle řidiče, v případě nutnosti i na místě spolujezdce. Pro spolujezdce i pro řidiče se používají různé modely. Dále se také využívají modely odpovídající 1,5 (P1<sup>1/2</sup>) a 3 ročního dítěte (P3), které jsou umístěné v dětských sedačkách v zadní části vozu.

V dnešní době se používají dva typy figurín „Hybrid III“ která představuje dospělého muže o 50 % velikosti a hmotnosti populace a „EuroSID II“ která taktéž představuje 50 % velikosti a hmotnosti populace. Jejich úkolem je co nepřesněji simulovat zranění při nehodě. „EuroSID II se používá k testování bočního nárazu. „Hybrid III“ se používá k testování čelního nárazu. Je to z důvodu, protože každá figurína je vybavená jinými přístroji. Dále se využívají figuríny dětí P1<sup>1/2</sup> a P3 simulující stáří 1,5 a 3 roky.<sup>22</sup>



Obr. 15 – Ukázka figurín

Zdroj: <https://www.dtest.cz>

<sup>22</sup> Jan Svatoň, *Hodnocení pasivní bezpečnosti osobních automobilů*, Brno 2010, *Bakalářská práce*, Ing. Jiří Čupera, Ph.D.

## 8.1. Použité materiály:

- **Hlava:** Hlava je vyrobena z hliníku a je pokryta gumovým „masem“. Uvnitř jsou tři akcelerometry umístěné v pravých úhlech, aby každý z nich poskytoval údaje o síle a zrychlení, kterým by mohl být mozek při havárii vystaven. <sup>23</sup>
- **Krk:** Funkcí měřicího přístroje v krku je zjištění sil při ohýbání, smýkání a napětí, kterým je krk vystaven, když je hlava vržena dopředu a dozadu během nárazu. <sup>23</sup>
- **Ruce:** Ruce nejsou vybaveny přístroji. Při nárazových testech se ruce nekontrolovatelně pohybují, a přestože k vážným zraněním nedochází často, je těžké se jim nějak vyhnout. <sup>23</sup>
- **Hrudník (čelní náraz):** Ocelová žebra hybrida jsou vybavena zařízením, které zaznamenává deformaci hrudního koše při čelním nárazu. Podle výsledných zranění se určí, jestli síly působící na hrudní koš (například z bezpečnostních pásů) nejsou příliš velké. <sup>23</sup>
- **Hrudník (boční náraz):** Figurína pro boční náraz, ES-2, má odlišný hrudník než ostatní figuríny a její tři žebra jsou vybavena přístroji pro záznam stlačení hrudníku a rychlosti této komprese. <sup>23</sup>
- **Břicho:** EuroSID II je vybaven senzory pro záznam sil, které by mohly způsobit zranění břicha. <sup>23</sup>
- **Pánev:** EuroSID II je vybaven snímači v pánevním pletenci. Ty zachycují boční síly, které mohou vést ke zlomeninám nebo k vykloubení kyčelního kloubu. <sup>23</sup>
- **Horní část nohy:** U Hybridu III je tato oblast tvořena z pánve, stehenní kosti (stehna) a kolena. Zatížení snímačů ve stehenní kosti při čelním nárazu dodává data o možných místech zranění včetně kyčelního kloubu, který může utrpět zlomeninu a vykloubení. „Kolenní jezdec se používá k měření síly přenášené kolenem figuríny, a to zejména v případě úderu do nižší části přístrojové desky. <sup>23</sup>
- **Bérec:** Nástroje umístěné uvnitř nohy figuríny měří ohýbání, smýkání, kompresi a napětí, což umožňuje zhodnocení rizik zranění bérce (holenní kosti) a lýtkové kosti (spojující koleno s kotníkem). <sup>23</sup>
- **Chodidla a kotníky:** Zhodnocení rizika úrazu při čelním nárazu se provádí měřením deformace chodidel po jejich vymrštění a následném pohybu zpět v oblasti pedálů řidiče. <sup>23</sup>

<sup>23</sup> *Seznamte se s řidiči [online]. Praha, Časopis dTest, © 1992, Dostupné z <http://www.dtest.cz>*



Obr.16 – Ukázka figuríny, detail hrudníku a krku.

Zdroj: <https://www.dtest.cz>

## 8.2. Sledování parametrů u figurín

### 8.2.1. Zkušební figurína Hybrid III

Tabulka č.2 – Sledované parametry u figuríny Hybrid III

Pořadové číslo	Umístění snímačů v ATD	Měřený parametr	Symbol
1	Hlava	Zrychlení	$A_x, A_y, A_z$
2	Horní část krku	Síly Ohybové momenty	$F_x, F_y, F_z$ $M_x, M_y, M_z$
3	Hrudník	Průhyb	$D_x$
4	Pánev	Zrychlení	$A_x, A_y, A_z$
5	Stehenní kost – levá a pravá	Osová síla (stlačení)	$F_z$
6	Holenní kost – levá a pravá	Síly Ohybové momenty	$F_x, F_y$ $M_x, M_y$

## 8.2.2. Zkušební figurína EuroSid 2

Tabulka č.3 - Sledované parametry u figuríny EuroSid 2

Pořadové číslo	Umístění snímačů v ATD	Měřený parametr	Symbol
1	Hlava	Zrychlení	Ax, Ay, Az
2	Horní část krku	Síly Ohybové momenty	Fx, Fy, Fz Mx, My, Mz
3	Rameno – levé a pravé	Síly	Fx, Fy, Fz
4	Žebra – levá strana figuríny	Průhyb žeber	Dyi = (i=3) Všechny tři žebra
5	Břicho – levá strana figuríny	Síly	Fi (i=3)
6	Pánev	Zrychlení	Ax, Ay, Az
7	Pánev (stydka kost)	Síla	FY
8	Holenní kost -levá a pravá	Síly Ohybové momenty	Fx, Fy, Fz Mx, MY

## 8.3. Vysokorychlostní kamery

Vysokorychlostní kamery jsou pro nárazové zkoušky velice důležitým prvkem. Umožňují poskytnout záznam objektu, který se pohybuje vysokou rychlostí, nebo procesu, u kterého dochází k rychlým změnám, které velice často probíhají rychleji, než je schopné postřehnout lidské oko. Aby bylo možné pozorovat změny pouhým okem, je nutné si tuto změnu zpomalit. Běžné kamery na zaznamenání experimentu často nestačí, a proto je nutné použít kamery vysokorychlostní. Záznam z těchto kamer je pak možné dostatečně zpomalit, aby bylo možné daný experiment pozorovat.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Vysokorychlostní kamery [online], Praha, Dostupné z <http://www.spektravision.cz>



Obr. 17 – Vysokorychlostní kamera i-Speed 726

zdroj: <http://www.spektravision.cz>

Pro účely nárazových zkoušek jsou určeny vysokorychlostní stacionární kamery. Příkladem této vysokorychlostní stacionární kamery je i-Speed 726. Umožňuje pořizovat snímky od rychlosti 100 snímků za vteřinu při rozlišení 2048 x 1536 až po rychlost 1 000 000 snímků za vteřinu při rozlišení 336 x 42.<sup>24</sup>

FPS	Resolution	36GB	72GB	96GB	144GB	288GB
100	2048x1536	-	-	216 sec	324 sec	648 sec
500	2048x1536	-	-	43 sec	65 sec	130 sec
1,000	2048x1536	-	-	22 sec	32 sec	65 sec
2,000	2048x1536	-	-	11 sec	16 sec	32 sec
5,000	2048x1536	-	-	4.3 sec	6.5 sec	13 sec
8,512	2048x1536	-	-	2.5 sec	3.8 sec	7.6 sec
10,000	1904x1410	-	-	2.6 sec	3.8 sec	7.7 sec
12,742	1920x1080	-	-	2.5 sec	3.8 sec	7.6 sec
15,000	1512x1134	-	-	2.7 sec	4.0 sec	8.0 sec
20,000	1344x978	-	-	2.6 sec	3.9 sec	7.8 sec
30,000	1064x798	-	-	2.7 sec	4.0 sec	8.1 sec
50,000	1064x474	-	-	2.7 sec	4.1 sec	8.2 sec
100,000	1064x228	-	-	2.8 sec	4.2 sec	8.5 sec
200,000	1064x102	-	-	3.2 sec	4.7 sec	9.5 sec
300,000	1064x60	-	-	3.6 sec	5.4 sec	10.8 sec
500,000	1232x24	-	-	4.6 sec	7.0 sec	13.9 sec
750,000	1120x12	-	-	6.8 sec	10.0 sec	20.0 sec
1,000,000	336 x 42	-	-	4.5 sec	7.0 sec	14.0 sec

Obr. 18 – specifikace kamery i-Speed 726.

Zdroj: <http://www.spektravision.cz>

Další vysokorychlostní stacionární kamerou je kamera od firmy Photron model SA-Z 2100K, která pořizuje snímky od rychlosti 20 000 snímků za vteřinu při rozlišení 1024 x 1024 až po rychlost 2 100 000 snímků za vteřinu při rozlišení 128 x 8.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> Vysokorychlostní kamery [online], West Wycombe, Dostupné z <https://photron.com/>

SA-Z 2100K											
Resolution (h x v pixels)	Frame Rate Max fps	8GB		16GB		32GB		64GB		128GB	
		Frames	Time (sec)**	Frames	Time (sec)**	Frames	Time (sec)**	Frames	Time (sec)**	Frames	Time (sec)**
1024 x 1024	20,000	5,453	0.27	10,914	0.55	21,837	1.09	43,682	2.18	87,373	4.37
1024 x 1000	21,000	5,584	0.27	11,176	0.53	22,361	1.06	44,731	2.13	89,470	4.26
1024 x 840	25,000	6,648	0.27	13,305	0.53	26,621	1.06	53,251	2.13	106,512	4.26
1024 x 512	40,000	10,908	0.27	21,831	0.55	43,676	1.09	87,367	2.18	174,748	4.37
640 x 488	60,000	18,313	0.31	36,649	0.61	73,320	1.22	146,663	2.44	293,349	4.89
512 x 456	75,000	24,499	0.33	49,027	0.65	98,083	1.31	196,195	2.62	392,420	5.23
640 x 280	100,000	31,919	0.32	63,876	0.64	127,789	1.28	255,615	2.56	511,268	5.11
512 x 256	120,000	43,640	0.36	87,331	0.73	174,712	1.46	349,475	2.91	699,000	5.83
384 x 176	200,000	84,638	0.42	169,371	0.85	338,838	1.69	677,772	3.39	1,355,639	6.78
512 x 56	480,000	199,507	0.42	399,236	0.83	798,693	1.66	1,597,608	3.33	3,195,438	6.66
384 x 64	525,000	232,758	0.44	465,775	0.89	931,809	1.77	1,863,877	3.55	3,728,012	7.10
256 x 56	700,000	399,016	0.57	798,474	1.14	1,597,389	2.28	3,195,219	4.56	6,390,879	9.13
128 x 56	900,000	798,035	0.89	1,596,950	1.77	3,194,780	3.55	6,390,440	7.10	12,781,761	14.20
256 x 24	1,008,000	931,041	0.92	1,863,109	1.85	3,727,244	3.70	7,455,514	7.40	14,912,054	14.79
128 x 32	1,200,000	1,396,563	1.16	2,794,664	2.33	5,590,867	4.66	11,183,272	9.32	22,368,083	18.64
128 x 8	2,100,000	5,586,259	2.66	11,178,664	5.32	22,363,475	10.65	44,733,096	21.30	89,473,339	42.61

Obr. 19 – Specifikace kamery Photron, model SA-Z 2100K.

zdroj: <https://photron.com>

## 8.4. Vysokorychlostní záznamové zařízení

Záznamové zařízení slouží k ukládání dat získaných z měřicí techniky. Figuríny, které se používají při crash testu jsou vybaveny akcelerometry pro zjištění sil probíhajících při nárazu. Díky vysokorychlostním sběru dat, jsou data zaznamenávána. Jednotlivé zařízení se liší například počtem kanálů, ke kterým lze měřicí techniku připojit. Základní typy mají pouze 5 kanálů, pokročilé pak kanálů až 96. Dalším důležitým parametrem je velikost paměti, která se pohybuje od stovek Gigabytů až po jednotky Terabytů.

## 8.5. Záznamové zařízení TraNET PPC

Příkladem záznamového zařízení je TraNet PPC, které slouží k vysokorychlostnímu záznamu dat. Velikou výhodou je 17 palcový display s klávesnicí. Díky tomu je možné data vyhodnotit přímo na místě. TraNet PPC má možnost připojení až 24 kanálů a díky tomu je vhodný pro použití při nárazových zkouškách. Má dva 500 Gigabytové disky o celkovém počtu jednoho Terabytu. Toto Zařízení je zobrazeno na obrázku číslo 20 na další straně. <sup>25</sup>

<sup>25</sup> TraNet PPC [online], Switzerland, Dostupné z <https://www.elsys-instruments.com>



Obr.20 – Ukázka záznamového zařízení TraNET PPC



Dostupné z: [worldindustrialreporter.com](http://worldindustrialreporter.com)

## 9. Nárazová zkouška vozu Fabia a škoda Octavia

Ústav dopravní techniky K616 FD ČVUT provedl v Horních Počernicích nestandardní test čelního nárazu autonomního vozidla Škoda Fabia Hatchback první generace do boku vozidla Škoda Octavia Liftback druhé generace. Cílem experimentu bylo sledovat účinnost prvků pasivní bezpečnosti s ohledem na poranění posádky vozidla Škoda Fabia Hatchback první generace a následné zhodnocení použitého vybavení.

### 9.1. Příprava experimentu

Pro uskutečnění experimentu byla vybrána zkušební dráha, která se nachází v Horních Počernicích. Dráha byla postavena v ulici Mezi Úvozy vedle areálu ALCZ logistic. Testovací dráha byla dostatečně dlouhá, aby se vozidlo pohybovalo rychlostí 50 km/h. Povrch testovací dráhy byl asfalt. Na začátku testovací dráhy byla přistaveno autonomní vozidlo Škoda Fabia Hatchback první generace a na konci testovací dráhy bylo přistaveno vozidlo Škoda Octavia druhé generace. Vozidlo je zobrazeno na obrázku číslo 21.



Obr.21 – ukázka vozidla Škoda Fabia a tažné vodící dráhy

## 9.2. Příprava Vozidla

Zkoušené vozidlo bylo reprezentativní pro sériovou výrobu a obsahovalo veškeré vybavení, kterým je vozidlo obvykle vybaveno. Automobil byl před nárazovou zkouškou zbaven všech provozních kapalin. Palivová nádrž se naplnila vodou, jejíž hmotnost odpovídá 90 % plné nádrže. Sedadlo bylo nastaveno do nestandartní polohy tak, aby figurína mohla mít na klíně otevřený laptop. Dveře byly zavřené a řadicí páka byla v poloze „neutrál“. Vozidlo bylo vybaveno měřící technikou, která umožňovala změřit zrychlení karosérie.

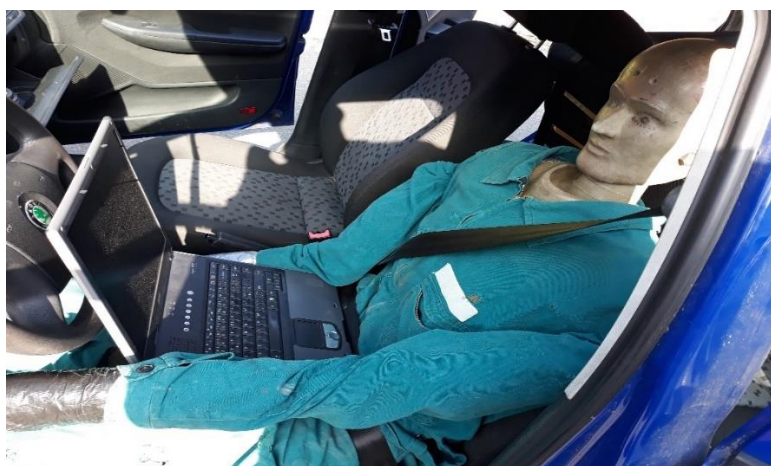


Obr.22 – ukázka vozidla Škoda Fabia



### 9.3. Zkušební figurína Manikin

Pro experiment byla použita figurína USMD Manikin, která odpovídá standartu ECE Regulation No.16. a váží 87 kg. Figurína byla umístěna na přední sklopené sedadlo, byla připoutaná třibodovým bezpečnostním pásem vozidla. Na klíně figuríny byl položen otevřený laptop. Oděv figuríny byl pracovní overal (viz obrázek 23). V oblasti hlavy byl umístěn tříosý akcelerometr, do oblasti hrudníku byl umístěn jednoosý akcelerometr. Osa hlavového akcelerometru byla ve směrech X, Y, Z, hrudní akcelerometr ve směru X a akcelerometr v karoserii ve směru X.



Obr.23 – Umístění zkušební figuríny ve vozidle

### 9.4. Měřicí technika – záznamové zařízení

Pro účely crash testu bylo použito přístrojové zařízení BK-3560-B-110 od firmy B a K.

Jedná se o pětikanálové zařízení s rozsahem frekvencí 0 – 65,5 kHz a jako takové by neodpovídalo požadavkům pro homologační zkoušení z důvodu neodpovídajícího počtu kanálů, které lze k zařízení připojit. Toto zařízení je zobrazeno na obrázku číslo 24.



Obr.24 – Ukázka záznamového zařízení. Dostupné z [www.bksv.com](http://www.bksv.com)

## 9.5. Měřicí technika – Vysokorychlostní kamery

Pro účely crash testu byla použita jedna vysokorychlostní kamera IDT NX3-S3 s kapacitou snímání do 62 tisíc obrázků za sekundu a zabírala detailní záběr primárního nárazu.

## 9.6. Průběh experimentu

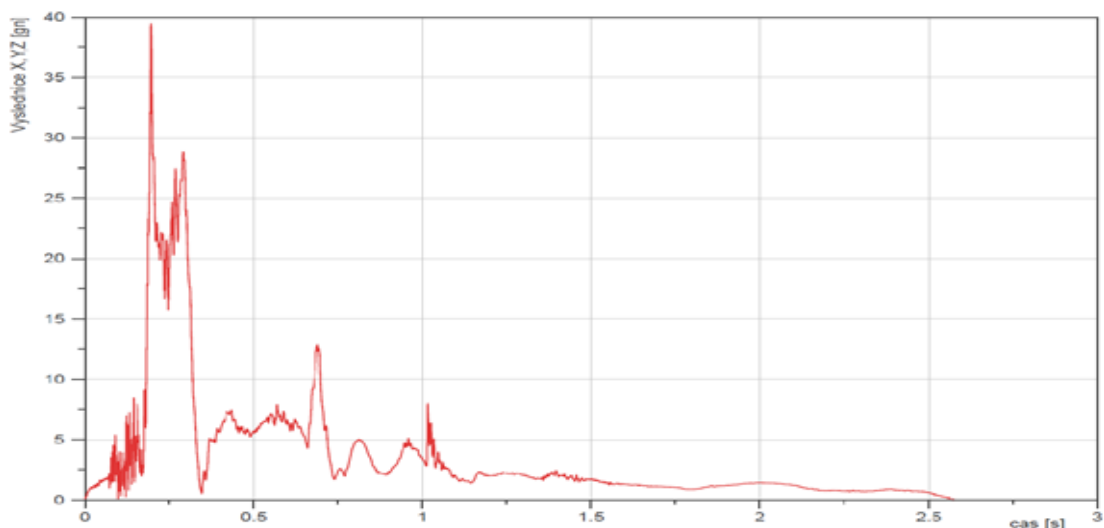
Zkušební vozidlo, Škoda Fabia první generace, bylo před testem umístěno na zkušební dráhu čelem k druhému vozidlu, Škoda Octavia druhé generace. Vozidlo Škoda Fabia bylo roztlačeno pomocí kladkového systému. Tento systém byl připevněn k dalšímu vozidlu, jehož úkol bylo roztáhnout zkušební vozidlo na požadovanou nárazovou rychlost. Zkušební vozidlo narazilo čelem do boku druhého vozidla v oblasti B sloupku.

## 9.7. Vyhodnocení experimentu

Vyhodnocení naměřených dat z crash testu proběhlo v softwaru DIAdem. Tento program je uzpůsoben pro zpracování velkých objemů dat, tak aby se dal snadno zobrazit průběh testu v závislosti na čase. V programu lze také snadno vyhodnotit biomechanické kritérium hlavy (HPC), které se vypočte dle vzorce:

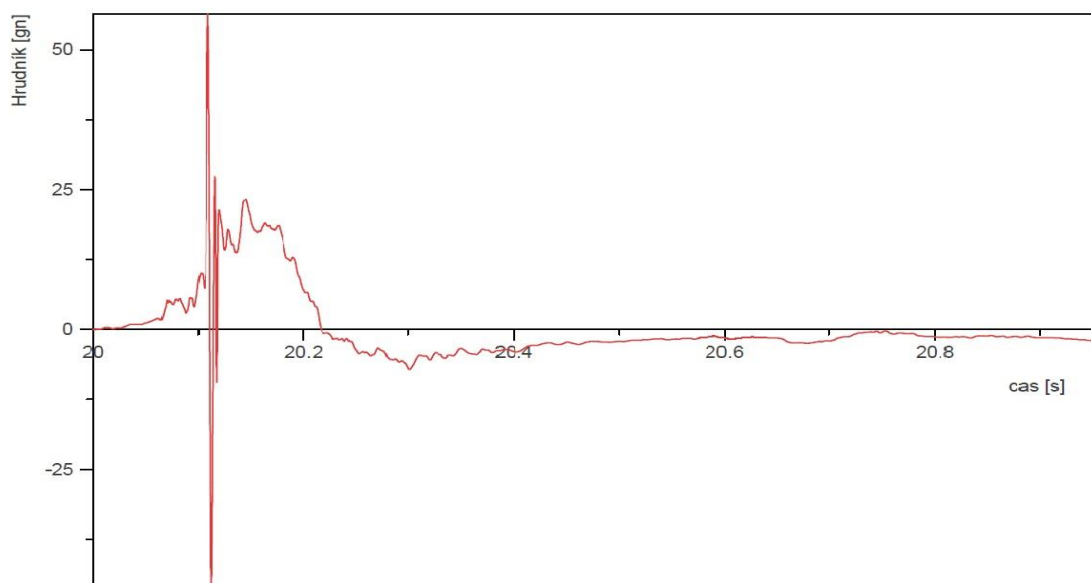
$$HPC = (t_2 - t_1) \left[ \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right] \right]^{2,5}$$

Hodnota HPC, která nesmí přesáhnout hodnotu 1000, vyšla 337,87 a hodnota výsledného zrychlení hlavy nepřesáhla hodnotu 80 g po dobu delší než 3 milisekundy. Hodnota výsledného zrychlení hlavy byla 36,62 g. Průběh zrychlení působící na hlavu figuríny v závislosti na čase je zobrazen na obrázku číslo 25.



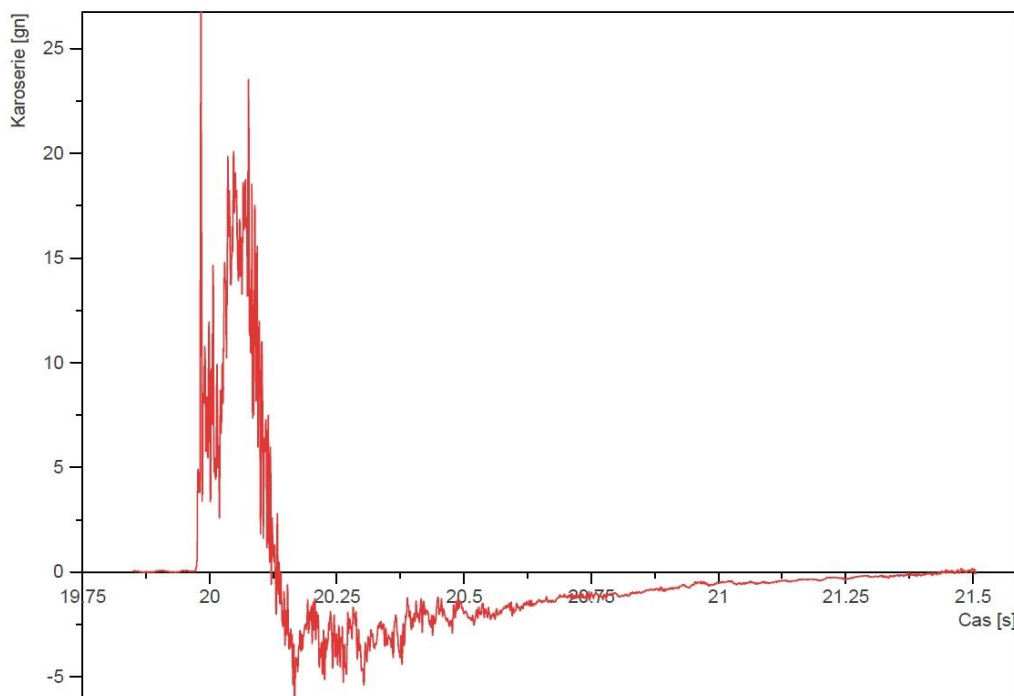
Obr.25 – Výsledné zrychlení změřené v oblasti hlavy

Průběh zrychlení působící na hrudník figuríny v závislosti na čase je zobrazen na obrázku 26.



Obr.26 – Výsledné zrychlení změřené v oblasti hrudníku

Průběh zrychlení působící na karosérii v závislosti na čase je zobrazen na obrázku číslo 27.

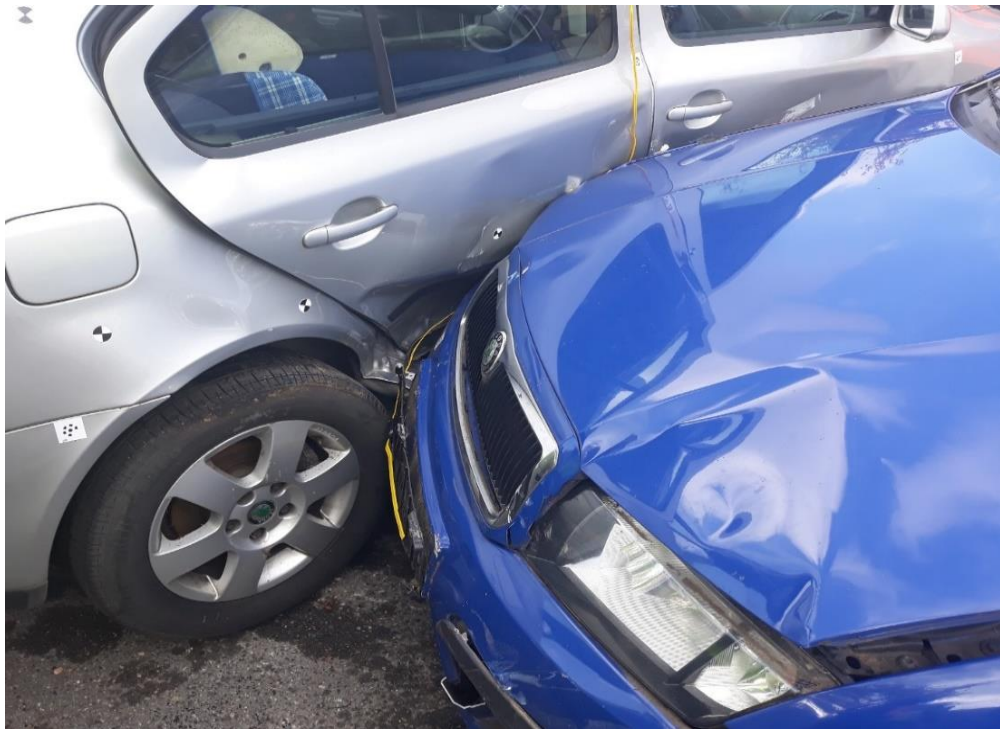


Obr.27 – Výsledné zrychlení působící v oblasti karosérie

## 9.8. Výsledek experimentu

Při čelním nárazu vozidla došlo k částečné deformaci přední části kapoty směrem k motoru. Nárazem došlo k expanzi airbagu, který byl umístěný ve volantu. Výsledkem druhého testovacího vozidla byla deformace boční části vozidla v oblasti B sloupku. Tato deformace již byla citelnější. Došlo k částečné deformaci předních dveří a citelné deformaci zadních dveří na pravém boku automobilu, které se následkem nárazu pootvřely.

Během testu nedošlo k vniknutí pevných částic do prostoru posádky. Výsledná deformace karosérií je zobrazená na obrázku 28.



Obr. 28 – Výsledná deformace karoserií

## 10. Závěr

V závěru mé bakalářské práce bych rád zhodnotil vybavení použité při nestandardním nárazovém testu z hlediska legislativní správnosti. Jednotlivé prvky použité při nárazové zkoušce jsem zhodnotil a v případě nevhodnosti jsem navrhl zlepšení.

Figurína, která byla použita při testu, neodpovídá charakteristikám figurín používaných při homologačním zkoušení. Tato figurína je těžší a není uzpůsobena pro sledování všech požadovaných parametrů. Z tohoto důvodu navrhuji použití figuríny Hybrid III, protože se používá při testech čelního nárazu a je uzpůsobena pro použití více druhů měřicího zařízení. Kromě zde měřeného zrychlení v oblasti hlavy a hrudníku, je možné měřit sílu a ohybové momenty působící na horní část krku. Jeden z dalších sledovaných parametrů je průhyb hrudníku, zrychlení v oblasti pánve, stlačení levé i pravé stehenní kosti a ohybové momenty v pravé a levé holenní kosti. Z tohoto důvodu je tato figurína pro tento test vhodnější.

Zařízení pro sběr dat také neodpovídá požadovaným specifikacím. Díky maximálnímu počtu pěti kanálů, by nebylo možné zapojení všech požadovaných měřicích zařízení, kterých je 18. Zařízení není bezdrátové a pro přenos dat potřebuje kabel propojující měřicí zařízení

a zařízení pro sběr dat. Toto považují za problémové, protože při zpětném nárazu může automobil tyto kabely zpřetrhat. Z tohoto důvodu navrhuji vícekanálové zařízení, aby bylo možné sledovat všechny požadované parametry. Další důležité kritérium by mělo být zařízení bezdrátové, kde je velkou výhodou absence dlouhých kabelů. Tyto kritéria splňuje například TraNET PPC. Je to zařízení, ke kterému lze připojit až 24 kanálů, obsahuje display, klávesnici a je možné nainstalovat vhodný software. Díky tomu je možné vyhodnocování provádět přímo na tomto zařízení. Na rozdíl od přístroje použitého při testu, lze zde připojit měřící techniku bezdrátově. Z těchto důvodů je toto vybavení vhodnější, a proto ho také navrhuji.

Vysokorychlostní kamera použitá k pořízení video záznamu odpovídá legislativním předpisům, a proto je pro příležitost tohoto testu jako jediná odpovídající.

Po shrnutí mnou zpracovaných informací mohu říci, že vybavení použité při nestandardním testu v Horních Počernicích je zastaralé. Jediné zařízení, které odpovídá legislativním požadavkům je vysokorychlostní kamera.

## 11. Seznam použitých zdrojů.

### 11.1. Literatura

- Ing. Jiří First Zkoušení automobilů a motocyklů Příručka pro konstruktéry. Praha: S&T CZ s.r.o., 2008, ISBN: 978-80-254-1805-5

### 11.2. Internetové zdroje

- Pasivní bezpečnost, [www.ibesip.cz](http://www.ibesip.cz) [online] ©2017, Dostupné z: <https://www.ibesip.cz>
- Pasivní bezpečnost [autoskola-sprint.cz](http://www.autoskola-sprint.cz) [online] © 2018 dostupné z: <https://www.autoskola-sprint.cz>
- Pasivní bezpečnost [autoskola-sprint.cz](http://www.autoskola-sprint.cz) [online] © 2018 dostupné z: <https://www.autoskola-sprint.cz>
- Matějčíček, Martin. Diplomová práce: Historie, současné trendy a vize ve vývoji deformačních zón osobních automobilů dostupné [online]
- Pasivní bezpečnost, [autoperiskop.cz](http://www.autoperiskop.cz) [online] dostupné z <https://www.autoperiskop.cz>
- Pasivní bezpečnost – 3.část. [rozhlas.cz](http://www.rozhlas.cz), [online] dostupné z <https://www.rozhlas.cz>
- *EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.94 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>*
- *EUR-Lex — Access to European Union law — EHK OSN č.95 [online] dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu>*
- *Autolexicon.net. Euro NCAP [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*
- *Autolexicon.net. plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*
- *Autolexicon.net. částečný čelný náraz do deformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*
- *Autolexicon.net. plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*
- *Autolexicon.net. boční náraz do sloupu [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*
- *Autolexicon.net. test ochrany krční páteře [online] dostupné z: <http://www.autolexicon.net>*

- Jan Svatoň, Hodnocení pasivní bezpečnosti osobních automobilů, Brno 2010, Bakalářská práce, Ing. Jiří Čupera, Ph.D.
- *Seznamte se s řidiči [online]. Praha, Časopis dTest, © 1992, Dostupné z <http://www.dtest.cz>*
- *Vysokorychlostní kamery [online], Praha, Dostupné z <http://www.spektravision.cz>*
- *Portable Data Acquisition System TraNET PPC [online], Švýcarsko, dostupné z [www.elsys-instruments.com](http://www.elsys-instruments.com)*
- *TraNet PPC [online], Switzerland, Dostupné z <https://www.elsys-instruments.com>*
- *Vysokorychlostní kamery [online], West Wycombe, Dostupné z <https://photron.com>.*