

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra vozidel a pozemní dopravy



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

Bakalářská práce

**Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením
na Euro NCAP**

**Patrik David
Silniční a městská automobilová doprava**

Vedoucí práce: Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

© 2022 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Patrik David

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

Název práce

Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením na Euro NCAP

Název anglicky

Passenger car safety tests with a focus on Euro NCAP

Cíle práce

Bakalářská práce je tematicky zaměřena na problematiku bezpečnosti vozidel. Hlavním cílem práce bude analýza zkoušek bezpečnosti osobních automobilů a ochrana posádky při nárazu.

Metodika

Metodika řešení problematiky bakalářské práce je založena na studiu a analýzách odborných informačních zdrojů. Bakalářská práce bude zaměřena na rozbor bezpečnostních zkoušek osobních automobilů a s tím spojená ochrana posádky vozidla při nárazu. Na základě rozboru teoretických poznatků budou formulovány závěry bakalářské práce.

Práce bude zpracována dle osnovy:

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

Doporučený rozsah práce

30 až 45 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Klíčová slova

pasivní bezpečnost, testovací figuríny, Euro NCAP

Doporučené zdroje informací

GSCHIEDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. 3., přeprac. vyd. Přeložil Iva MICHŇOVÁ, přeložil Zdeněk MICHŇA, přeložil Jiří HANDLÍŘ. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-17-7.

HOREJŠ, Karel a Vladimír MOTEJIL. Příručka pro řidiče a opraváře automobilů. Vyd. 4. Brno: Littera, 2011. ISBN 978-80-85763-61-4.

KOVANDA, Jan a Vladimír ŠATOCHIN. Pasivní bezpečnost vozidel. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02235-8.

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

VLK, František. Karosérie motorových vozidel: ergonomika : biomechanika : pasivní bezpečnost : kolize : struktura : materiály. Brno: VLK, 2000. ISBN 80-238-5277-9.

VLK, František. Lexikon moderní automobilové techniky. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.

Předběžný termín obhajoby

2020/2021 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Veronika Hartová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 29. 1. 2020

Ing. Martin Kotek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2020

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

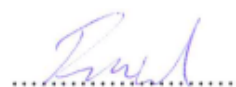
Děkan

V Praze dne 07. 10. 2021

Prohlášení o autorství

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením na Euro NCAP vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 17.3. 2022



Podpis

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat své vedoucí práce Ing. Veronice Hartové, Ph.D. za odbornou pomoc.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině za obrovskou podporu a motivaci během celého studia.

Zkoušky bezpečnosti osobních automobilů se zaměřením na Euro NCAP

Abstrakt: Bakalářská práce se zabývá problematikou bezpečnosti vozidel. Začátek práce se zabývá seznámením s řešenou problematikou. Následuje základní vysvětlení rozdílu mezi aktivní a pasivní bezpečností. Dále následuje popis různých světových organizací zabývajících se nárazovými zkouškami automobilů. Poté se práce zaměří na zkoušky prováděné v Evropě nazvané Euro-NCAP. Výsledky této zkoušky jsou velmi vyhledávané u zákazníků, tudíž je výsledek důležitý pro prodej automobilů. Druhá největší část se zabývá nárazovými figurínami, které jsou hlavním prvkem k vyhodnocení testu. Na konci práce jsou popsány druhy nejnovějších a nejmodernějších nárazových figurín.

Klíčová slova: bezpečnost, senzory, testovací figuríny, Euro NCAP

Passenger car safety tests with a focus on Euro NCAP

Abstract: This bachelor thesis deals with the issue of automotive safety. Its beginning focuses on the introduction of the discussed issue, followed by a basic explanation of the difference between active and passive safety. The work then describes various organizations around the world which deal with the crash tests of cars. After that, the work focuses on the tests carried out in Europe, called Euro-NCAP. The results of these tests are often sought-after by customers, which makes them very important for car sales. The second biggest part of the thesis deals with crash test dummies which are the main component for the test evaluation. At the end of the work, the latest and most modern types of crash test dummies are described.

Key words: safety, sensors, crash test dummies, Euro NCAP

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	3
3	Přehled řešené problematiky	4
3.1	Aktivní bezpečnostní prvky.....	4
3.2	Pasivní bezpečnostní prvky	4
3.3	Světové organizace provozující nárazové zkoušky	5
3.4	Nárazové zkoušky Euro-NCAP.....	7
3.4.1	Druhy prováděných nárazových zkoušek Euro-NCAP	8
3.4.1.1	Ochrana dospělých cestujících (pro řidiče a spolujezdce)	8
3.4.1.2	Ochrana dětí	13
3.4.1.3	Ochrana chodců.....	16
3.4.1.4	Asistenční systémy.....	21
3.5	Nárazové figuríny.....	23
3.5.1	Historie a vývoj nárazových figurín	23
3.5.2	Senzory používané v nárazových figurínách.....	28
3.5.3	Figuríny používané pro čelní náraz.....	29
3.5.4	Figuríny používané pro boční náraz.....	30
3.5.5	Figurína používaná pro test ochrany krční páteře-Whiplash	32
3.5.6	Figuríny chodce	32
3.5.7	Dětské figuríny.....	34
4	Závěr.....	36
5	Seznam použitých zdrojů	38

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ochrana dospělých cestujících [22]	8
Obrázek 2: Čelní náraz do mobilní deformovatelné bariéry [23].....	9
Obrázek 3: Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [24]	10
Obrázek 4: Boční náraz [25].....	10
Obrázek 5: Schéma testu bočního nárazu na sloup [26].....	11
Obrázek 6: Vzdálený dopad [27].....	12
Obrázek 7: Test ochrany krční páteře [28]	12
Obrázek 8: Záchrana a vyproštění [29]	13
Obrázek 9: Ochrana dětí [22]	14
Obrázek 10: Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu [30]	14
Obrázek 11: Ochrany prvek ISOFIX [31]	15
Obrázek 12: ochrana zranitelných účastníků silničního provozu [22]	16
Obrázek 13: Impaktory hlavy [35]	17
Obrázek 14:Průběh testu s impaktorem hlavy [36]	18
Obrázek 15: Provedení testu s impaktorem stehna [36]	18
Obrázek 16: Průběh testu s impaktorem dolní končetiny [36]	19
Obrázek 17: Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání chodce [39]	20
Obrázek 18: Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání cyklisty [40].....	20
Obrázek 19: Asistenční systémy [22].....	21
Obrázek 20: Systém sledování jízdních pruhů [44].....	22
Obrázek 21:Hybrid II 50.percentilní muž [48]	26
Obrázek 22:Hybrid III 95.percentilní muž [48].....	27
Obrázek 23: Thor-5F [48].....	28
Obrázek 24: IR-TRACC [48]	29
Obrázek 25: WorldSID-50M [48]	31
Obrázek 26: Hybrid III 50M Pedestrian [48]	33
Obrázek 27: Řada Q 0-6 týdnů novorozenec [48].....	35

Seznam použitých zkratek

ABS	Anti-lock Braking System
ACC	Adaptive Cruise Control
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AEB	Autonomous Emergency Braking
ANCAP	Australasian New Car Assessment Programme
ASR	Anti-slip Regulation
BAS	Brake Assistant System
CAE	Computer-Aided Engineering
CATARC	China Automotive Technology & Research Center
C-NCAP	China New Car Assessment Programme
eCall	Emergency Call
ELK	Emergency Lane Assist
ESP	Electronic Stability Program
Euro-NCAP	European New Car Assessment Programme
FMVSS 208	Federal Motor Vehicle Safety Standard 208
HIC	Head Injury Criterium
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
IR-TRACC	Infrared-Telescoping Rod for Assessment of Chest Compression
ISO	International Standardization Organization
ISOFIX	International Standardization Organization fixation
JNCAP	Japan New Car Assessment Programme
LKA	Lane Keep Assist

NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
UMTRI	University of Michigan Transportation Institute
VIN	Vehicle Identification Number
VRU	Vulnerable Road User

1 Úvod

Bezpečností vozidel se lidé zabývají již od vynálezu jménem automobil, tedy hlavně když začali stoupat počty vážných a smrtelných nehod. První smrtelná nehoda na světě byla v roce 1869, v Čechách byla způsobena první smrtelná nehoda v roce 1900. Stoupající počet automobilů jak u osobní, tak v nákladní dopravě přivedl první myšlenku na zvýšení bezpečnosti v USA ve 30. letech 20. století. Již v těchto letech byly smrtelné nehody po ujetí 100 milionů mil v počtu 15,6 s následkem smrti. Kvůli takto vysokému počtu úmrtí se snažili konstruktéři a výrobci vozidel zlepšit bezpečnost v dopravě. I přes stále stoupající počet vozidel v dopravní infrastruktuře se podařilo tuto statistiku snížit na dnešních 1,7 úmrtí po 100 milionech ujetých mil. [1] [2]

Pro zlepšení statistiky ohledně vážných a smrtelných nehod začalo množství nezávislých organizací provádět nárazové testy vozidel. Zprvu se výrobci automobilů této myšlence bránili, ale dnes je dobré hodnocení s nárazových testů důležitý prodejní faktor a vozidlu stoupa tržní hodnota i poptávka zákazníku. Nejvýznamnější světové organizace, které provádí nárazové zkoušky jsou Euro-NCAP (Euro New Car Assessment Programme), NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration), IIHS (Insurance Institute for Highway Safety), ANCAP (Australasian New Car Assessment Programme), C-NCAP (China New Car Assessment Programme), JNCAP (Japan New Car Assessment Programme), ADAC (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club). Všechny instituce provádějící nárazové zkoušky jsou nezávislé tedy nespolupracují s žádnou konkrétní značkou. Jelikož jsou tyto testy příliš drahé, tak nejprve výrobci aut při konstruování s ohledem na bezpečnost použijí nejprve simulaci v počítači, poté mají samostatné interní nárazové zkoušky a po těchto testech posílají výrobci konkrétně čtyři nová auta na nárazové zkoušky do výše zmíněných nezávislých organizací. [14]

Pro testování bezpečnosti vozidel a ochranu posádky bylo potřebné posbírat důležitá data neboli co se stane s lidským organismem po dopravní nehodě a v jejím průběhu. To bylo důvodem zkonstruováním nárazové figurín, která musí být co nejvíce podobná lidskému tělu. Nárazové figuríny jsou jedním z nejdůležitějších faktorů pro zvýšení bezpečnosti vozidel. Stále zdokonalují a vylepšují, aby data z nich byla co nejpřesnější. Jsou velmi konstrukčně propracovány a obsahují množství čidel, senzorů, které sbírají potřebná data. Instituce zabývající se nárazovými zkouškami používají dva základní druhy figurín. První z nich je figurína sedící v autě, které se dále rozděluje na figuríny pro boční a čelní náraz. Druhá figurína

chodec, která představuje srážku vozidla s chodcem. Dále se používají makety hlavy a nohou chodců ty simulují srážku chodce a vozidlem. [3]

2 Cíl práce

Cílem práce je problematika bezpečnosti vozidel. Hlavním cílem práce je analyzovat zkoušky bezpečnosti osobních automobilů a ochranu posádky při nárazu. V práci se objeví bezpečnostní systémy, které se dělí do dvou kategorií na aktivní a pasivní. Práce vysvětlí rozdíl mezi těmito kategoriemi a také do které z nich spadají různé bezpečnostní systémy. Podrobně rozebrány jsou zkoušky Euro-NCAP a jejich důležitý výsledek v prodeji automobilu. V práci je popsáno, co předcházelo vývoji nárazových figurín, dále jejich popis, druhy, konstrukce a vývoj.

3 Přehled řešené problematiky

Jeden z nejdůležitějších faktorů v dopravě je bezpečnost automobilů vůči všem účastníkům silničního provozu. Výrobci vozidel vynakládají nemalé finanční náklady do vývoje bezpečnosti vozidel. Na bezpečnost posádky ve vozidle a další účastníky silničního provozu je dnes kladen velký důraz. Konstruktoři pečlivě prověřují všechny slabiny v konstrukci vozidel, aby ochránili nejenom posádku, ale i chodce, cyklisty a další motoristy. K tomu, aby byla bezpečnost vozidel co nejlepší napomáhají nárazové zkoušky, ale také různé bezpečnostní systémy, které jsou v automobilech nainstalovány a nárazové zkoušky se zaměřují na jejich funkci v silničním provozu. Bezpečnostní prvky se rozdělují na dvě skupiny aktivní bezpečnostní prvky a pasivní bezpečnostní prvky.

3.1 Aktivní bezpečnostní prvky

Aktivní bezpečnost vozidel jsou prvky, které se snaží předejít nebo zabránit nehodě. Systémy tedy působí před nehodou. Jsou to technické zařízení dnes sem spadají především mechatronické systémy. Úkolem systému je především zvýšit bezpečnost vozidel a zamezit vzniku dopravní nehody. Mezi nejdůležitější prvky aktivní bezpečnosti patří kvalitní brzdy, přesné řízení, dostatečně výkonný a pružný motor, pneumatiky a geometrie podvozku. Důležitým prvkem je také pohodlí řidiče z důvodů snížení únavy a minimalizace mikrospánku. [4] [5]

Mechatronické systémy pomáhají řidiči předcházet nehodě. Tyto systémy jsou například ABS (Anti-lock Braking System) zabraňuje zablokování kol při brždění, ACC (Adaptive Cruise Control) adaptivní tempomat, ASR (Anti-slip Regulation) zabraňuje protáčení poháněných kol snížením výkonu motoru, BAS (Brake Assistant System) brzdový asistent, ESP (Electronic Stability Program) pomáhá zvládnout kritické jízdní situace, Lane Assist udržování vozidla v jízdním pruhu a další. [5] [6]

3.2 Pasivní bezpečnostní prvky

Účelem pasivní bezpečnosti je zmírnění následků dopravní nehody. Na rozdíl od aktivní bezpečnosti působí prvky pasivní bezpečnosti až v okamžiku havárie. Lze tedy říct že prvky působí až při nehodě. Úkolem těchto konstrukčních zařízení je minimalizovat následky srážky u všech účastníků provozu. [7] [8]

Deformační zóny karoserie jsou velmi důležité ohledně ochrany posádky. Úkolem deformačních zón je pohlcení energie při nárazu vozidla tím že jsou tyto zóny zdeformovány,

ale prostor kabiny musí zůstat pevný, aby členové posádky nehodu dokázaly přežít. Dále patří do pasivní bezpečnosti zádržné systémy, které při nárazu zabráňují pohybu posádky (bezpečnostní pásy, dětské autosedačky, airbagy a další). [9] [10] [11]

Hlavní rozdělení pasivní bezpečnosti je na dvě kategorie vnitřní a vnější. Vnitřní bezpečnost alespoň snižuje nebo úplně zabráňuje poranění posádky vozidla. Nejdůležitější vnitřní ochranou je konstrukce karoserie tak aby zůstal zachován dostatečně velký prostor pro přežití posádky. Vnější bezpečnost je zaměřena ostatní účastníky silničního provozu, a to především na chodce. Konstrukce karoserie by tedy neměla obsahovat žádné ostré hrany a výstupky o které při střetu by se mohl chodec vážně poranit. Některé automobily obsahují k ochraně chodců aktivní kapotu nebo airbag pro chodce. [10] [12] [13]

Pasivními bezpečnostními prvky se zabývají po celém světě nárazové zkoušky a snaží se odhalit slabá místa v konstrukcích vozidel a ochraně účastníků silniční dopravy.

3.3 Světové organizace provozující nárazové zkoušky

Nárazovými zkouškami nebo též nazývané crash testy jsou provozovány po celém světě různými nezávislými organizacemi. Během těchto zkoušek dojde ke zničení zkoušeného vozidla, velmi výjimečně lze vozidlo použít znovu, proto výrobci častěji používají při vývoji počítačové simulace. Automobilky se snaží konstruovat stále bezpečnější automobily, neboť zákazníci dávají přednost koupi automobilu s lepším hodnocením bezpečnosti. U nárazových zkoušek je nezbytné mít stejnou metodiku při porovnávání výsledku zkoušky. Je předepsána hmotnostní zátěž vozidla, hmotnost kapalin ve vozidle, příprava nárazové bariéry, snímače, normy pro figuríny a další. [14]

V Evropě nejznámější organizací zabývající se nárazovými zkouškami je Euro-NCAP (Euro New Car Assessment Programme). Tato organizace vznikla v roce 1996, jejím cílem testovat bezpečnost vozidel a za hodnocení testu se udělují 0-5 hvězdiček. Do hodnocení spadá ochrana posádky, dětí, chodců a bezpečnostní systémy. Test zahrnuje celkem tři základní nárazové zkoušky čelní náraz vozu v rychlosti 50 km/h do deformovatelné bariéry, boční náraz do vozu rychlostí 60 km/h a poole test v rychlosti 32 km/h (ocelový sloupek narazí do boku vozidla). [14] [15]

Další společností je NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) jde o organizaci testující bezpečnost vozidel v USA, která vznikla v roce 1979. Tato agentura se řídí federálními bezpečnostními normami pro motorová vozidla v USA. NHTSA také uděluje licence výrobcům

a dovozcům vozidel, spravuje systém identifikačního čísla vozidel (VIN), také vyvíjí figuríny používané pro testy bezpečnosti vozidel v USA. Testy organizace zahrnují tři testy čelní náraz vozu rychlostí 56 km/h do zdi, boční náraz do vozu rychlostí 62 km/h a test převrácení vozidla. [14] [16]

IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) je americká nezisková organizace, která je financována pojišťovacími společnostmi pro automobily, které tak díky testům dostávají potřebné informace o bezpečnosti vozidel a jejich následné opravě. Její založení bylo v roce 1959 ve Virginii v USA. Od sedmdesátých let vede společnost podrobné statistiky následků dopravních nehod a od devadesátých let provádí nárazové zkoušky. Provádí tyto druhy testů čelní nárazy, boční nárazy, hodnocení hlavových opěrek a zkoušky pevnosti střech vozidel. [14] [17] [18]

Australská společnost ANCAP (Australasian New Car Assessment Programme) se zabývá testováním automobilu pro Austrálii a Nový Zéland. Společnost byla založena v roce 1993. Vozidla jsou hodnocena pomocí hvězdiček od nuly až po pět, čím víc hvězdiček tím lepší bezpečnost. Společnost se zaměřuje na destruktivní nárazové testy vozidel, jsou to simulace nejběžnějších testů nárazu včetně čelního nárazu, bočního nárazu, vyjetí z vozovky, nárazu zezadu a nárazu do chodce. Testy nárazu se hodnotí pomocí figurín dospělých i dětských účastníků provozu. [14] [19]

Čínský program zabývající se bezpečností vozidel C-NCAP (China New Car Assessment Programme) je vlastně adaptace Euro-NCAP pro čínský trh. Poprvé byl představen v roce 2006 Čínským výzkumným a technologickým centrem automobilového průmyslu (CATARC). Testy jsou prováděny stejně jako u Euro-NCAP, tedy čelní náraz vozu v rychlosti 50 km/h do deformovatelné bariéry, boční náraz do vozu rychlostí 60 km/h a poole test v rychlosti 32 km/h (ocelový sloupek narazí do boku vozidla). [14] [20]

JNCAP (Japan New Car Assessment Programme) je instituce na bezpečnost vozidel v Japonsku. Program JNCAP byl zahájen v roce 1995. Cílem je zlepšit bezpečnost automobilů. Také tato instituce vycházela z Euro-NCAP a používá stejné typy testů. [14] [21]

Institucí zabývajících se bezpečností vozidel je mnohem více než výše zmíněné, ale tyto jsou ty nejdůležitější a v počtu testovaných vozidel se jedná o nejvíce vytížené. Práce bude zaměřena na v Evropě používané zkoušky Euro-NCAP.

3.4 Nárazové zkoušky Euro-NCAP

Název vychází z anglické European New Car Assessment Programme neboli Evropský program hodnocení nových vozů. Euro NCAP je nezávislá organizace, která byla založena koncem roku 1996. Původně byly testy založeny pro ministerstvo dopravy ve Spojeném království. V roce 1998 se stal program podporovaný několika evropskými vládami oficiální nezávislou mezinárodní organizací. Dnes organizace sídlí v Bruselu a sdružuje ministerstva zemí EU, automobilové asociace, pojišťovny a zákaznické organizace. Tato organizace nespolupracuje s žádnou automobilovou značkou, a proto je její hodnocení nezávislé a veřejně přístupné všem potenciálním zájemcům. [22] [23]

Výsledky hodnocení bezpečnosti vozidel probíhají pomocí udělení hvězdiček po dokončených testech. Hodnocení probíhá od nuly udělených hvězdiček pro menší ochranu posádky až po pět hvězdiček za maximální ochranu.

- Bezpečnost vozidel s nula hvězdičkami splňuje standardy pro schválení. Může se tedy na trhu prodávat, ale neobsahuje moderní bezpečnostní technologie. Vozidlo s tímto hodnocení je například Fiat Panda 2018.
- Jednohvězdičková bezpečnost obsahuje pouze minimální ochranu při nárazem vozidla a neobsahuje technologie pro vyhnutí se srážce. Mezi jednohvězdičkové hodnocení patří Jeep Wrangler 2018.
- Dvouhvězdičkové hodnocení je normální ochrana proti nárazu, ale nevýhoda je chybějící technologie pro vyhnutí se srážce. Automobil, který má uděleny dvě hvězdičky, je Ford Mustang 2017.
- Tříhvězdičkové hodnocení obsahuje alespoň průměrnou ochranu posádky, ale chybějí technologie pro vyhnutí se srážce. Zde se zapsal o rok později vylepšený Ford Mustang 2018.
- Čtyřhvězdičkové hodnocení má ve všech směrech dobrou ochranu při nárazu a vozidlo může mít i další technologie pro vyhnutí se srážce. Jeden z automobilů, který obdržel čtyři hvězdy, je Citroën C4.
- Pětihvězdičkové hodnocení má ve všech směrech vynikající výkon v ochraně před i při nehodě. Komplexní technologie pro vyhnutí se srážce. K nejlépe hodnoceným ohledně crash testu patří například Škoda Kodiaq. [24]

Pokud vozidlo získá nejmenší hodnocení neznamená to, že je nebezpečné, ale znamená to, že konkurenční vozidla s lepším hodnocením jsou bezpečnější, a tudíž na trhu i více vyhledávány a prodávány.

3.4.1 Druhy prováděných nárazových zkoušek Euro-NCAP

V roce 2009 začalo platit v Euro-NCAP nové hodnocení bezpečnosti, na které mají vliv čtyři hlavní oblasti. Každá s těchto oblastí se podílí na celkovém hodnocení, ale zároveň nemůže testovaný vůz v žádné oblasti zcela selhat. Tyto oblasti jsou ochrana dospělých cestujících (pro řidiče a spolujezdce), ochrana dětských cestujících, ochrana zranitelných účastníků silničního provozu (VRU) a ochrana asistenčních systémů.

3.4.1.1 Ochrana dospělých cestujících (pro řidiče a spolujezdce)

Ochrana dospělých cestujících (viz. obrázek 1) se vyhodnocuje podle zkoušek níže sepsaných:

- Čelní náraz do mobilní deformovatelné bariéry
- Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry
- Boční náraz
- Boční náraz do sloupu
- Vzdálený dopad
- Test ochrany krční páteře-Whiplash
- Záchrana a vyproštění



Obrázek 1: Ochrana dospělých cestujících [25]

Čelní náraz do mobilní deformovatelné bariéry

Tyto typy nárazu jsou zodpovědné za nejvíce úmrtí a vážných zranění, proto Euro NCAP zavedlo v roce 2020 tento druh testu. Jedná se o simulaci střetu dvou protijedoucích vozidel při střední rychlosti. Testované vozidlo jede rychlostí 50 km/h a naráží do protijedoucího vozíku,

který má stejnou rychlost (viz. obrázek 2). Vozík má vpředu deformovatelnou bariéru, z důvodů simulace deformace vozidla. Hmotnost vozíku je 1400 kg a naráží do vozidla s 50 % přesahem. Při testu se používají dvě figuríny (průměrného dospělého muže) sedící na předních sedadlech a dvě dětské figuríny sedící na zadních sedadlech, které jsou umístěny v dětských zádržných systémech. Sleduje se hlavně účinné pohlcení vzniklé energie v deformačních zónách. Dále musí zůstat nedeformovaný prostor posádky a co nejvíce omezit pohyb volantu a pedálů. [26]



Obrázek 2: Čelní náraz do mobilní deformovatelné bariéry [26]

Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry

Automobily nové generace mají tužší konstrukci než dříve, což napomohlo snížit zranění dolních končetin a hlavy. Má to ale za následek vyšší zpomalení a tím pádem vyšší nároky na zádržné systémy, proto v roce 2015 vznikla tato zkouška. Testovaný automobil bourá při rychlosti 50 km/h do nedeformovatelné bariéry (viz. obrázek 3). Během testu se používají dvě figuríny ženy. Jedna je umístěna na místě řidiče a druhá na zadním sedadle za spolujezdcem. Zkouška doplňuje zkoušku čelního nárazu do mobilní deformovatelné bariéry. To je důvod použití ženské figuríny. Zádržné systémy se tak otestují při čelním nárazu muže, ženy i dítěte. [27]



Obrázek 3: Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry [27]

Boční náraz

Jedná se o druhý nejčastější typ nehody s tragickými následky. Boční náraz (viz. obrázek 4) má jen velmi malý prostor pro absorbování energie. Zkouška byla zavedena v roce 1997, ale v roce 2020 byla zvýšena rychlost vozíku z 50 km/h na dnešních 60 km/h. Během testu zkoušené vozidlo stojí a do boku v pravém úhlu naráží vozík. Na sedadle řidiče je umístěna figurína pro boční náraz, která představuje průměrného muže a vzadu v dětských zádržných systémech je umístěna dětská figurína. Účinnou ochranou těchto nárazů jsou především boční a hlavové airbagy. [28]



Obrázek 4: Boční náraz [28]

Boční náraz do sloupu

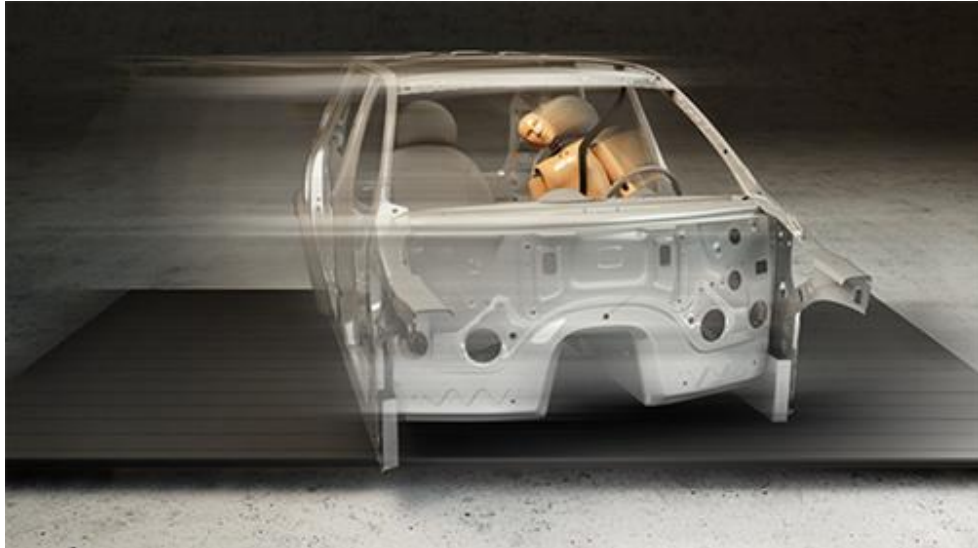
Test vznikl v roce 2001. Jde o velmi nebezpečný druh nárazu, kvůli minimálním deformačním zónám v místě nárazu. Do vozidla vniká pevný objekt s malou čelní plochou, a tak síly působí do jednoho místa. Vozidlo je postaveno na pohybuující se plošinu. Pomocí plošiny je vozidlo rozjeto na rychlost 32 km/h, poté naráží na pevný sloup (viz. obrázek 5). Během tohoto nárazu je nezbytné mít pro ochranu posádky vozidlo vybaveno hlavovými airbacy, aby se co nejvíce eliminovala vážná zranění. U testu je v kabině umístěna pouze figurína na místě řidiče. Test je zaměřen na nehody při ztrátě kontroly nad vozidlem a následné boční srážce například se stromem. [29]



Obrázek 5: Schéma testu bočního nárazu na sloup [29]

Vzdálený dopad

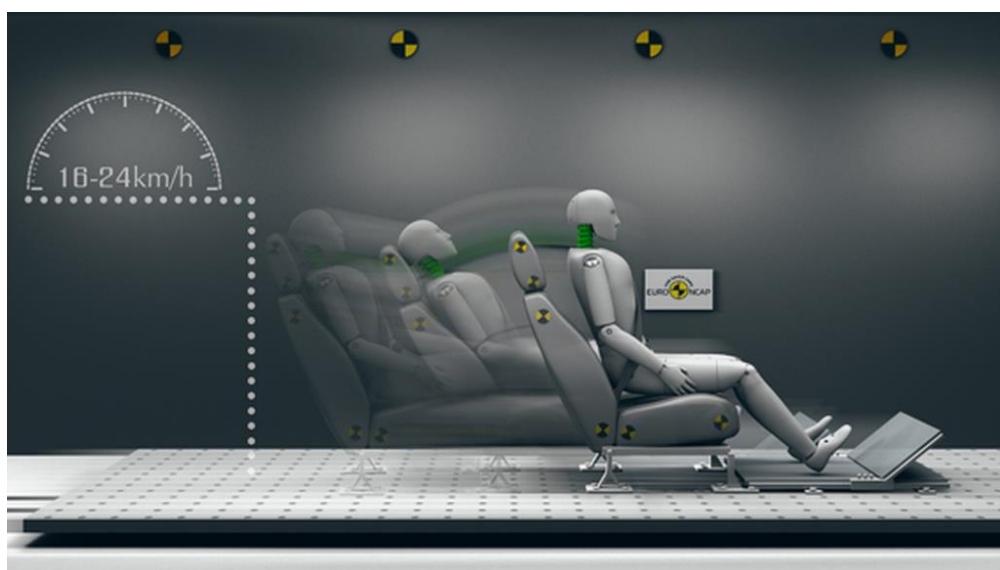
Průzkumy zranění u dopravních nehod zjistily, že vážná zranění při bočním nárazu vznikají i na opačné straně, než je vozidlo zasaženo. Proto vznikl v roce 2020 test zvaný vzdálený dopad (viz. obrázek 6). Pro zmírnění zranění začali výrobci používat protiopatření, například středový airbag. Pokud vozidlo obsahuje protiopatření, jsou při zkoušce bočních nárazů použity na předních sedadlech dvě figuríny. Pokud vozidlo nemá protiopatření, test se neprovádí. [30]



Obrázek 6: Vzdálený dopad [30]

Test ochrany krční páteře-Whiplash

Test byl zaveden v roce 2009 a jeho hlavním cílem je vyzkoušet dostatečnou ochranu před zraněním krční páteře a deformace páteře. Tato zranění jsou nebezpečná, protože k nim dochází během malých rychlostí. Příprava zkoušky začíná vyjmutím sedadla z vozidla, poté se umístí na pohyblivé sáně a do sedadla se posadí figurína. Důležitým aspektem zkoušky je správná poloha sedačky a hlavové opěrky v době nárazu. Test se provádí v rychlosti 16-24 km/h (viz. obrázek 7). [31]



Obrázek 7: Test ochrany krční páteře [31]

Záchrana a vyproštění

Bezpečnost posádky po nehodě je velmi důležitý faktor pro zmírnění následků nehody, proto v roce 2020 přišlo Euro NCAP s tímto testem. U testu se zjišťuje možnost otevření dveří po nehodě (jaká je potřebná síla na otevření), u dveří automaticky zavřených musí jít uvolnit zámek, dále se měří síla pro rozeptnutí bezpečnostních pásů. Další body se dají získat, jestliže vozidlo obsahuje eCall (viz. obrázek 8) (rozpozná nehodu a zavolá pomoc) nebo multikolizní brzdu (systém sám zabrzdí před srážkou). [32]



Obrázek 8: Záchrana a vyproštění [32]

3.4.1.2 Ochrana dětí

Celkový výsledek ochrany dětí (viz. obrázek 9) se vyhodnocuje podle tří zkoušek níže sepsaných:

- Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu
- Schopnost vozidla využívat různé velikosti a typy dětských zádržných systémů
- Ověření správného uchycení dětských zádržných systémů



Obrázek 9: Ochrana dětí [25]

Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu

Ochrana dětské posádky (viz. obrázek 10) byla zavedena v roce 1997. Nejprve byly použity figuríny představující děti ve věku 1,5 roku a 3 roky. Byly umístěny na zadních sedadlech v zádržných systémech doporučených výrobcem. Od roku 2016 byly tyto figuríny vyměněny za figuríny představující děti ve věku 6 a 10 let sedící na podsedáku. Hlavní zkoumané ukazatele v bezpečnosti dětí jsou stlačení hrudníku, pohyby hlavy a zatížení krku. [33]



Obrázek 10: Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu [33]

Schopnost vozidla využívat různé velikosti a typy dětských zádržných systémů

Test byl uveden v roce 1997, poté byl aktualizován v roce 2016 z důvodu dalších vývoje v zádržných systémech. Před uvedením na trh musí projít dětské zádržné systémy určitými testy. Nejnovější evropská norma pro dětské zádržné systémy se nazývá i-Size. Označení i-Size

používá upevňovací systém ISOFIX (viz. obrázek 11), což umožňuje uchycení dětských zádržných systémů přímo k rámu automobilu. [34]

Dále se dětské zádržné systémy rozdělují do pěti skupin, kde je hlavní ukazatel hmotnost dítěte.

- Skupina 0, kde je hmotnost dětí do 10 kg. Bývá používána autosedačka s vypolstrovanou vaničkou a popruhy, které drží dítě ve vaničce. Ve většině případů bývá používán trojbodový popruh ve tvaru Y. Dítě je upevněno proti směru jízdy a sedačka se upevňuje pomocí bezpečnostních pásů pro dospělé. Na místě umístění sedačky musí být odpojen airbag nebo místo nesmí být airbagem vybaveno.
- Skupina 0+. Jedná se o stejné zabezpečení jako u skupiny 0, jen s jedním rozdílem-tolerance hmotnosti dítěte je 13 kg.
- Skupina I je určena pro děti o hmotnosti od 9 do 18 kg. Dítě je v sedačce připevněno třibodovým nebo pětibodovým bezpečnostním pásem. Sedačka je umístěna po směru jízdy a bývá doplněna různými ochrannými nárazovými štíty.
- Skupina II je používána pro děti o hmotnosti od 15 do 25 kg. Sedačky ve většině případů nemají vlastní bezpečnostní popruhy. Dítě je zabezpečeno v sedačce pomocí bezpečnostních pásů pro dospělé.
- Skupina III slouží pro děti o hmotnosti od 22 do 36 kg. V tomto případě se jedná především o samostatný sedák, který má za úkol posunout dítě do výšky, která umožňuje připoutání bezpečnostním pásem pro dospělé.

Každý zádržný systém musí být označen homologační značkou, z které je zřejmé, kdo systém vyrobil, v jakém provedení a pro jakou hmotnostní třídu je určen. [35]



Obrázek 11: Ochrany prvek ISOFIX [34]

Ověření správného uchycení dětských zádržných systémů

Nesprávná instalace dětských zádržných systémů může velice snížit účinnost systému a také zvýšit nebezpečí úrazu při nehodě. Aby se předešlo problémům instalace systémů zavedlo v roce 2013 Euro NCAP test správného uchycení. Pro test se používají nejprodávanější dětské zádržné systémy, u kterých bylo prokázáno, že poskytují dobrou ochranu dětí. Euro NCAP kontroluje délku bezpečnostních pásů, umístění spony, možnost upínání do systému ISOFIX, a také podporují a testují schopnost vozidla přepravovat batolata proti směru jízdy. Výhody systému ISOFIX jsou hlavně ve zvýšené bezpečnosti, jelikož je dětská sedačka připevněna pomocí spon přímo k rámu vozu. Velkou výhodou systému je také zabezpečení správné pozice zádržného systému. [35] [36]

3.4.1.3 Ochrana chodců

Ochrana chodců (viz. obrázek 12) se vyhodnocuje na základě srážky chodce nebo cyklisty s přední částí vozidla.

- Střet s hlavou
- Střet s horní částí dolních končetin
- Střet s dolní částí dolních končetin
- Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání chodce
- Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání cyklisty



Obrázek 12: ochrana zranitelných účastníků silničního provozu [25]

Střet s hlavou

Chodci tvoří 14 % smrtelných nehod v Evropě, proto se již od počátku organizace testovala bezpečnost chodců a v roce 2013 byl vytvořen nový systém testů. Nepoužívají se celé figuríny (je nemožné při nárazu do nohou docílit přesného dopadu hlavy na kapotu vozu), ale tak zvané impaktory, což je přesný model dospělé a dětské části těla (zde hlavy). Ohledně konstrukce jsou dospělé a dětské impaktory stejné, liší se pouze velikostí (viz. obrázek 13). Impaktor představující hlavu je tvořen ze slitiny hliníku na povrchu je pokrytý vinylem, aby se co nejvíce podobal lidské kůži. Má tvar koule, uvnitř je snímač zrychlení, který je tříosý nebo tři jednoosé. Při zkoušce musí být úhel dopadu 50° u dětské hlavy a 65° u dospělé hlavy (viz. obrázek 14). Při průběhu zkoušky zaznamenává snímač data zrychlení u každého nárazu na kapotu a dále se počítačově vypočítává velikost poranění pomocí vzorce HIC (Head Injury Criterion).

$$HIC = (t_2 - t_1) \left(\frac{\int_{t_1}^{t_2} A_R dt}{(t_2 - t_1)} \right)^{2,5} \quad [-] \quad (3.1)$$

Časový interval $(t_2 - t_1)$ může mít maximální hodnotu 15 ms. Dalším důležitým faktorem je výpočet zrychlení A_R , které se počítá z tří směrů zrychlení (podélné, svislé a příčné).

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad [m/s^2] \quad (3.2)$$

HIC je hodnota, která označuje riziko poranění hlavy a výsledek by neměl být vyšší než 1000. Po sérii testů při rychlosti 40 km/h jsou místa dopadu hodnocen jako dobrá, přiměřená, okrajová, slabá a špatná. [37] [38]

	Hmotnost [kg]	Průměr [mm]	Tloušťka kůže[mm]	Moment setrvačnosti[kg* m ²]	Dopadová energie[J]
Impaktor dětské hlavy	2,5±0,005	130±1	11±0,5	0,0036±0,0003	154
Impaktor dospělé hlavy	4,8±0,1	160±1	13,9±0,5	0,0125±0,001	295

Obrázek 13: Impaktory hlavy [38]



Obrázek 14: Průběh testu s impaktorem hlavy [39]

Střet s horní částí dolních končetin

Tvar hrany kapoty má zásadní vliv na zranění pánve a stehenní kosti při střetu s chodcem. Také zde se používá pouze model horní části dolních končetin (viz. obrázek 15), a ne celá figurína. Impaktor horní části dolních končetin je složen z ocelové trubky, nosného tělesa a nosného ramene. Materiál hlavní části je ocelová trubka, která je obalena pěnou a na vrchu pěny je vrstva umělé kůže. Dva snímače síly slouží jako uchycení nosného ramene a trubky. Pomocí čepu je spojeno nosné rameno s nosným tělesem. Celková hmotnost impaktoru je mezi 10-17 kg. U zkoušky se měří působící síla a ohybový moment vyvolaný nárazem. Provádí se série testů při rychlosti 40 km/h a poté jsou místa dopadu hodnocena jako dobrá, okrajová, slabá nebo špatná. [38] [40]



Obrázek 15: Provedení testu s impaktorem stehna [39]

Střet s dolní částí dolních končetin

U těchto střetů nedochází ke smrtelným nehodám, ale často k trvalým poškozením vazů a kolen. Opět je pro tento test použita pouze část modelu, a to simulace dolní části nohy. Celkový impaktor je složen ze stehenní části, kolenního kloubu a holenní části (viz. obrázek 16). Hlavní část představující kost je tuhá o průměru 70 mm. Na ní je 25 milimetru pěny, což nahrazuje svalstvo, dále je nahrazení kůže, což zabezpečuje neoprenová pryž potažená nylonovou látkou. Hmotnost impaktoru dolní končetiny je 13,4 kg. U testu se vyhodnocuje ohybový úhel v koleni, smykové posunutí v koleni a zrychlení při nárazu. Rychlost je jako u předchozích testů 40 km/h a také jsou po sérii testů vyhodnocena místa dopadu. [38] [41]



Obrázek 16: Průběh testu s impaktorem dolní končetiny [39]

Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání chodce

Stále více výrobců automobilů začalo do svých vozů přidávat automatické nouzové brzdění. To má za úkol automaticky zastavit nebo alespoň snížit rychlost a zabránit tak střetu s jiným účastníkem provozu (chodcem nebo cyklistou). Euro NCAP provádí tři základní simulace, jak otestovat, že je vozidlo schopné automaticky zabránit srážce s chodcem. První test probíhá simulací figuríny chodce, která přechází přímo před vozidlem (viz. obrázek 17). V druhém testu přechází figurína chodce vozovku v místě, kam testované vozidlo odbočuje. Poslední typ testu je scénářem přecházejícího chodce v místě, kam vozidlo couvá, přechází tedy za vozidlem. Pro testy se používají jak figuríny dospělých, tak dětské figuríny a simuluje se chůze i běh. [42]



Obrázek 17: Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání chodce [42]

Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání cyklisty

Dopravní nehody, kdy dojde ke střetu vozidla s cyklistou jsou velice běžné, proto výrobci automobilů přidávají další systém na rozpoznání cyklistů, který má za úkol zabránit vzájemné srážce. Euro NCAP provádí řadu testů na prověření jejich správné funkce. Jeden z testů se provádí namodelováním situace, kdy cyklista projíždí přímo před testovaným vozidlem. Další test je nastínění podobné situace. Cyklista opět přejíždí přímo před vozidlem, ale ze zákrytu zaparkovaných automobilů (viz. obrázek 18). Poslední druh testu je namodelování nejběžnější situace, kde jde o cyklistu jedoucího ve směru jízdy vozidla. Jde tedy o zabránění srážky, jelikož rychlost cyklisty je o hodně nižší. [43]



Obrázek 18: Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání cyklisty [43]

3.4.1.4 Asistenční systémy

Během zkoušky se testují nejdůležitější asistenční systémy (viz. obrázek 19), které se zaměřují na bezpečnost řízení. Zkouška prověřuje parametry uvedené níže.

- Autonomního nouzového brzdění AEB
- Monitorování stavu cestujících
- Rychlostních asistenčních systémů
- Systém sledování jízdních pruhů



Obrázek 19: Asistenční systémy [25]

Autonomní nouzového brzdění AEB

Systém autonomního nouzového brzdění využívá k zabránění srážce s jiným vozidlem senzory. V převážné většině se systém kombinuje se systémem varování před čelní srážkou, který má za úkol včas řidiče upozornit na možné nebezpečí. Pokud řidič nereaguje, spustí se systém nouzového brzdění. Euro NCAP začalo s testem v roce 2014 a původně byl rozdělen na dvě skupiny, a to ochrana cestujících pro nízké rychlosti (AEB pro městský provoz) a při vysokých rychlostech na dálnicích (AEB pro meziměstský provoz). V roce 2020 se testy začaly provádět pod jednotným označením (AEB auto k autu) a testuje se jak možnost nízkých, tak i vysokých rychlostí. Testy se provádí různým způsobem-vozidlo před testovaným vozidlem zastaví, jede pomaleji, postupně zpomaluje nebo protijedoucí vozidlo odbočí před testovaným vozidlem a tím mu zkříží cestu. [44]

Monitorování stavu cestujících

Nejdůležitější prvek pro bezpečnost cestující je bezpečnostní pás. Pokud jsou cestující nepřipoutáni, nemohou správně fungovat ani jiná zařízení na ochranu posádky. Automobily se signalizací nezapnutých pásů dostávají od Euro NCAP body v bezpečnostní ochraně

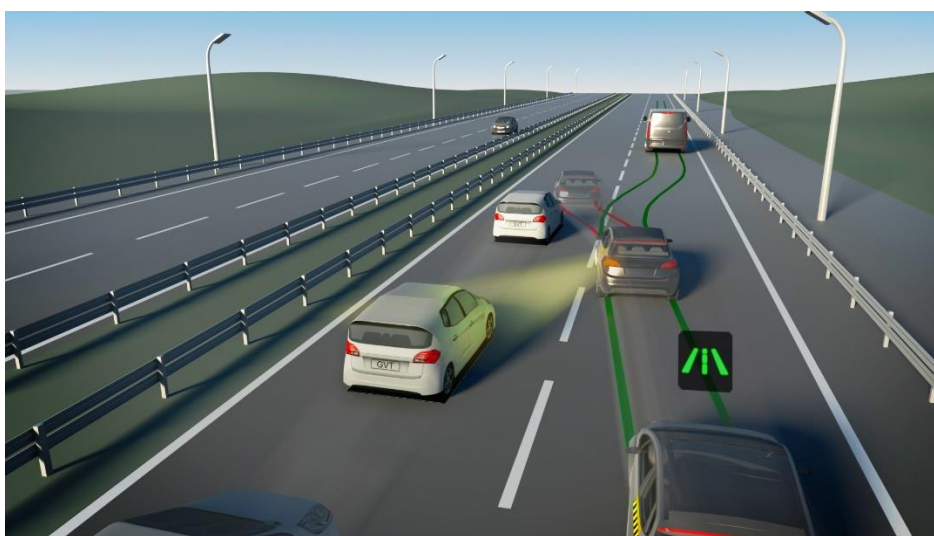
cestujících. Nová technologie dokáže monitorovat stav řidiče pomocí různých senzorů, jako jsou například oční senzory, a dokáže vyhodnotit schopnost plně se věnovat řízení, a tudíž bezpečně řídit vozilo. [45]

Rychlostní asistenční systémy

Organizace Euro NCAP prověřuje správnou funkci u různých typů rychlostních asistenčních systémů. Je několik ukazatelů, podle kterých je možné ověřit správnou funkci. Zjišťuje se, jestli je systém schopen informovat řidiče o aktuálních rychlostních limitech, dává varování před zpomalujícím vozidlem nebo aktivně brání překročení nastavené rychlosti. Jedná se o nejpokročilejší systémy, jako je například inteligentní adaptivní tempomat (ACC). [46]

Systém sledování jízdních pruhů

Velmi časté dopravní nehody jsou způsobeny neudržením vozidla v jízdním pruhu, ať už z důvodu nepozornosti řidiče nebo nepřizpůsobení rychlosti v zatáčce. Výrobci vozidel vyvinuli inteligentní systémy k napomáhání udržení vozidla v jízdním pruhu. Jde například o systém Lane Keep Assist (LKA), ten koriguje směr vozidla, aby nevybočoval z jízdního pruhu (viz. obrázek 20). Nebo systém nouzového udržování v jízdním pruhu (ELK), který se mnohem více zapojuje do řízení, a to hlavně v krizových situacích. Testy probíhají na testovací dráze, kde se zkouší reakce na různé typy dopravního značení, plné i přerušované čáry, a také při neoznačeném okraji vozovky čarou. Body navíc se udělují za vybavení systémy sledování mrtvého úhlu a varování před opuštěním jízdního pruhu. [47]



Obrázek 20: Systém sledování jízdních pruhů [47]

3.5 Nárazové figuríny

Již od první smrtelné automobilové nehody začali vědci a konstruktéři přemýšlet, jak zlepšit bezpečnost vozidel. Hlavní otázkou bylo vymyslet zařízení, které bude schopné přesně měřit rozsahy způsobeného zranění u člověka. Za tímto účelem byly vynalezeny nárazové figuríny. Figuríny jsou jednou z nejdůležitějších součástí pro zlepšení bezpečnosti prodáváných vozidel. V současnosti existuje více typů figurín, které mají přesně napodobovat muže, ženu i děti různého věku.

3.5.1 Historie a vývoj nárazových figurín

Zlepšením bezpečnosti vozidel pomocí nárazových testů se začali vývojáři zabývat v roce 1930. Důvodem byl velký a stále stoupající počet smrtelných dopravních nehod. Velkým problémem bylo, jak zjistit dopady na lidské tělo při a po nehodě. Nejprve se začala využívat mrtvá těla, ale kvůli posmrtné ztuhlosti, nedostatku těl, a hlavně z etických důvodů se od nich odstoupilo. Poté se začala využívat živá zvířata (šimpanzi, vepři). Jejich naměřené hodnoty nebyly použity, jelikož mají jinou biologickou stavbu těla. V roce 1949 byla představena první figurína pod názvem Sierra Sam. Sloužila k testování vystřelovacích sedadel letadel, leteckých přileb a bezpečnostních postrojů pro piloty. [14] [23]

U dřívějších automobilů nebyla brána v potaz pasivní bezpečnost, což bylo pro cestující velmi nebezpečné. V 50. letech 20. století byl první, kdo se tímto problémem začal zabývat, profesor Larry Patrick. Vývoj figurín byl stále v počátcích a nebyly vybaveny potřebnými snímacími senzory, proto Larry Patrick zkoušel nárazové zkoušky sám na sobě. Díky poznatkům ze zkoušek odhalil mnoho chyb v konstrukci tehdejších vozidel a sepsal základní pravidla pro ochranu cestujících, které platí dodnes. [14]

„Pravidla zavedená prof. Patrickem na základě jeho testů:

- *Pro posádku vozidla musí zůstat dostatečný prostor pro přežití i v případě převrácení vozidla a jízdy po střeše a do tohoto prostoru nesmí proniknout jakákoli část vozidla, která sem nepatří, zejména hlavní hřídel řízení.*
- *V tomto prostoru také nesmí být žádné předměty, které by mohly ohrozit posádku, jako například ostré předměty, které by měly být odstraněny, popřípadě zakulaceny na rádius 2,5 mm.*

- *Prostor pro posádku by měl být z materiálů, které tlumí nárazy.*
- *Plochy, které mohou dojít při dopravní nehodě ke styku s lidským tělem, by měly být co největší např. střed volantu.*
- *Sedačky musí po nárazu zůstat pevně na svém místě, proto je nutné zajistit jejich uchycení.*
- *Posádka musí být k sedačkám přichycena speciálním zádržným systémem, který nedovolí kontakt těla s pevnými částmi vozu.*
- *Prostor pro posádku musí být co nejužší, při havárii by se měl co nejméně deformovat a umožnit otevření aspoň jedněch dveří bez pomoci nástrojů, kabina vozidla musí zůstat kompaktní.*
- *Při nárazu nesmí dojít k samovolnému otevření dveří, v takovém případě hrozí až 5krát vyšší riziko úmrtí.*
- *Přední a zadní část vozidla musí pohltit nárazovou energii a rozprostřít ji na minimální čas, který je potřebný k tomu, aby zpomalení kabiny a také posádky při nárazu nepřekročilo kritické hodnoty.*
- *Při nárazu nesmí dojít k tomu, aby rozbitá okna poranila posádku.*
- *Nesmí také dojít při dopravní nehodě k úniku paliva z nádrže a následnému požáru vozidla. Materiály používané v interiéru by měly být nehořlavé, nebo alespoň z materiálů s omezenou hořlavostí.“ [48]*

Roku 1950 vytvořili ve společnosti Grumman-Alderson výzkumnou figurínu pod názvem Gard Dummy, která měla za úkol zjistit konstrukční slabiny na tehdejších automobilech a učinit je pomocí nárazových testů bezpečnější. Ve stejném roce byly vylepšeny s ohledem na bezpečnost také automobily značky Ford. Jejich vývojáři vyvinuli vlastní nárazové figuríny pod názvem Fred I. a Fred II. Díky těmto figurínám byly odhaleny nedostatky v podobě volantů, palubní desky a hlavním problémem bylo problematické otevírání dveří po havárii vozidla. [23] [49]

V průběhu od 50. let dvacátého století do 70. let dvacátého století vědci vytvořili figuríny, které sloužily pro nárazové zkoušky automobilů. Inspirací jim byly figuríny používané pro zlepšování bezpečnostních prvků v leteckém průmyslu. Konstrukce figurín byla navržena tak,

aby byla možná výroba různých druhů a mohly se zařadit do skupin. Vyráběli se 50. a 90. percentil napodobující muže a 5. percentil napodobující ženu. [49]

První vyrobená figurína navržená speciálně pro automobilový průmysl byla v roce 1966 produkována Alderson Research Laboratories pod názvem VIP-50. V roce 1967 byl představen konkurenční model od společnosti Sierra Engineering pod názvem Sierra Stan. V roce 1971 inženýři z General Motors dokázali spojit tyto dvě figuríny a zkonstruovat nový typ figurín pod názvem Hybrid I (název Hybrid z důvodu složení ze dvou figurín). Hybrid I byl 50. percentil, konstrukce figuríny byla o 50% větší a těžší než průměrný muž. [49] [50]

O rok později byl vyvinuta figurína Hybrid II. s vylepšenou konstrukcí kolen, páteře a rameny. V roce 1973 je představena standartní figurína Hybrid II. 50. percentil napodobující dospělého muže. V téže roce americký Národní úřad pro bezpečnost silničního provozu (National Highway Traffic Safety Administration NHTSA) uzavřel smlouvu s General Motors na výrobu vylepšených hlav, krků, kloubů, žeber, kolen. Figurína dostala název ATD 502, byla vyrobena v roce 1975. Výhodou této figuríny bylo lepší držení těla a nový desing páteře. V roce 1973 dostal zakázku americký výzkumný ústav bezpečnosti silničních komunikací z University of Michigan Transportation Institute (UMTRI) od asociace výrobců motorových vozidel na vývoj nové hlavy, hrudníku, páteře, pánve, krku, nohou a kloubu u mužské 50. percentilové figuríny (viz. obrázek 21). Posledním vývojem figuríny Hybrid II bylo vylepšení hrudníku pro boční náraz. Vývoj figuríny prováděl výzkumný ústav bezpečnosti silničních komunikací z University of Michigan Transportation Institute (UMTRI), začal roku 1979 a pokračoval až do 1987. [14] [49]



Obrázek 21:Hybrid II 50.percentilní muž [51]

Neustálé vylepšování automobilů s ohledem na bezpečnost účastníků silničního provozu zapříčinilo vyvinutí figuríny Hybrid III, která se mnohem více podobala lidské populaci a také její data, díky použití více snímačů, byla mnohem rozsáhlejší a přesnější. Hybrid III byl představen společností General Motors v roce 1976, jednalo se o vylepšení figuríny ATD 502. Figuríny Hybrid III byly vyráběny v šesti modelech různých velikostí kvůli testování bezpečnosti dětských cestujících. Mezi vyráběné modely patřily dvě figuríny napodobující muže 50. percentil, což odpovídá velikosti 175 cm a váze 77 kg a druhá figurína je 95. percentil o velikosti 188 cm a váze 100 kg (viz. obrázek 22). Třetí vyráběnou figurínou byla 5.percentilní napodobenina ženy o velikosti 152 cm a 50 kg. Zbývající čtyři vyráběné figuríny znázorňují děti o věku deseti let, šesti let, tří let a devíti měsíců. Společnost General Motors usilovala o zařazení figuríny Hybrid III mezi jediné oficiální zkušební figuríny pro nárazové testy schválené vládou. V roce 1991 schválila Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO) Hybrid III jako nadřazený model pro nárazové zkoušky. Oficiálně se 1.září 1997 stala figurína Hybrid III jediným oficiálním testovacím zařízením pro čelní náraz v souladu s normou FMVSS 208 (Federal Motor Vehicle Safety Standard 208), což je federální norma pro bezpečnost vozidel ve Spojených státech amerických. V roce 1998 byla figurína Hybrid III určena jako oficiální zkušební zařízení pro Euro-NCAP ohledně testu čelního nárazu. [48] [49] [50]



Obrázek 22:Hybrid III 95.percentilní muž [51]

Vzhledem k neustálému pokroku se nárazové testy přesunuly do virtuálního prostředí, kde je možné odhalit slabiny v konstrukci automobilu dříve, než se začne vyrábět. Použití virtuálních testů umožní konstruktérům zkonstruovat automobil před skutečnými nárazovými zkouškami co nejlépe. Společnost Humanetics začíná v roce 1995 nabízet virtuální figuríny založené na fyzických modelech a umožňuje tak testování v programu Computer-Aided Engineering (CAE). Virtuální modely se používají dodnes. Společnost Humanetics nabízí k prodeji modely veškerých prodáváných druhů figurín. [49]

V roce 1995 představila společnost Humanetics novou generaci testovací figuríny pod názvem Thor. V roce 2011 byla společnost Humanetics najata National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) na vývoj pokročilé figuríny s názvem Thor-50M pro čelní náraz. Thor-50M představuje velikost 50. percentil muže. Byl aktivně vyvíjen od 2016 do 2020. U tohoto modelu byl vylepšen krk, hrudník, ramena, páteř a pánev. V současné době je figurína ověřována NHTSA a Euro NCAP pro certifikované použití při čelních nárazových testech. Dále je figurína vyráběna ve variantě 5. percentil ženy s označením Thor-5F (viz. obrázek 23), kde je vylepšen krk, hrudník (přidána prsa), pánevní kost, břicho a paže. Po ověření mužského modelu u NHTSA a Euro-NCAP bude následovat ověření ženského modelu. Výhodou modelu Thor je použití většího množství senzorů pro lepší shromažďování dat. Například nové senzory odhalující poranění břicha, což byl u předchozích modelů velký nedostatek. [51]



Obrázek 23: Thor-5F [51]

3.5.2 Senzory používané v nárazových figurínách

V nárazových figurínách se vyskytuje velké množství senzorů na různých místech figuríny, aby bylo možné nasbírat co největší množství dat. Nasbíraná data se poté přepočítají s ohledem na lidské tělo a určuje se, jaké zranění by bylo způsobeno nárazem. Ohledně druhů přístrojů v nárazových figurínách se dají rozdělit na akcelerometry, potenciometry, snímače zatížení, senzory a senzor náklonu. [52]

Akcelerometry slouží k měření zrychlení v určitém směru. Údaje získávané z přístroje určují pravděpodobnost poranění. Uvnitř figurín jsou umístěny akcelerometry tak, aby dokázaly změřit zrychlení ve všech směrech. Akcelerometry jsou umístěny v hrudníku, pánvi, chodidlech a dalších částí figuríny. Potenciometry slouží k měření rotace a posunutí figuríny. [51] [52]

Snímače zatížení jsou zabudovány uvnitř figurín. Jejich úkolem je měřit velikost působící síly na určité části těla. Síla, která je vyvinuta během nárazu, je zaznamenávána v newtonech. Díky těmto záznamům lze určit pravděpodobnost zlomení kostí s ohledem na maximální možné zatížení kosti. [52]

Senzory pohybu se nacházejí v oblasti hrudníku. Pomocí těchto senzorů je možné změřit, jak moc se během nárazu hrudník pohne a vychýlí. Společnost Humanetics nabízí zařízení pod

názvem IR-TRACC, které slouží k měření posunu žeber (viz. obrázek 24). Výhodou tohoto zařízení je vysoká rychlost měření, měření více bodů, možnost 2D nebo 3D měření a dlouhý rozsah měření (posun až 90mm). [51] [52]



Obrázek 24: IR-TRACC [51]

Senzory náklonu jsou malé dvouosé snímače s digitálními daty pro integraci do nárazových figurín. Při instalaci do figurín umožňují senzory přesné polohování jednotlivých segmentů těla podle specifikovaných požadavků pro testování. [51]

3.5.3 Figuríny používané pro čelní náraz

Pro čelní nárazové testy se v dnešní době používají oficiálně schválené a normované figuríny nazvané Hybrid II, Hybrid III a Thor u napodobení mužské a ženské populace. Pro napodobeniny děti se používají figuríny s názvem řada Q a Hybrid III. [51]

Dále budou pro čelní náraz popsány figuríny Thor, jelikož tyto figuríny jsou v dnešní době nejnovější a mají postupně nahrazovat figuríny řady hybrid. Vyrábějí se v mužské verzi pod názvem Thor-50M, což představuje velikost 50. percentil muže a v ženské verzi pod názvem Thor-5F vyráběná v typu 5. percentil ženy. [51]

Při návrhu figurín řady Thor se podrobně prozkoumaly konstrukční prvky figurín z předchozích řad. Po těchto průzkumech bylo provedeno systematické vyhodnocení konstrukčních požadavků pro každou oblast těla. Výsledkem požadavků byl zvýšený počet senzorů a konstrukční změny u figurín. Oblast obličeje byla vybavena jednocestnými siloměry pro posouzení pravděpodobnosti zlomenin obličeje. Sestava krku je konstruována tak, aby využívala vícesměrnou kinematickou biologickou věrnost, díky které je přesnější trajektorie

hlavy, rychlost a zrychlení pro různé typy nárazů. Sestava hrudníku využívá oběžná žebra, která výrazně zlepšují flexibilitu a geometrii. V hrudníku jsou také implantovány čtyři nové snímače (IR-TRACC) pro vychýlení hrudníku, který měří dynamickou trojrozměrnou kompresi hrudního koše ve čtyřech bodech. Páteř je vybavena pětiosým hrudním siloměrem a ten poskytuje data primárního zatížení páteře (síly jsou měřeny ve směrech X, Y, Z a také momenty na osách X, Y). Figurína obsahuje také siloměry klíční kosti, jejich úkol je monitorovat zatížení ramen. Nově je použit břišní senzor, který je schopen měřit pravděpodobnost poranění břicha při nehodě. V horní části břicha je namontován akcelerometr navržený tak, aby měřil jednosměrné zrychlení jako je zrychlení od airbagu. V dolní části břicha jsou použity dva IR-TRACCS, ty poskytují trojrozměrná data o vychýlení. Pánev je vybavena tříosým siloměrem a v každém kyčelním kloubu je snímač zatížení. Byla také vyvinuta nová dolní končetina, která umožňuje poskytnutí informací o zranění chodidla, kotníku. Každá sestava chodidla obsahuje trojitý akcelerometr, který měří zrychlení chodidla ve třech na sebe kolmých směrech v souřadnicovém systému chodidla. Figurína obsahuje mnoho dalších senzorů pro posouzení případných zranění. Figurína je schopná zaznamenávat stovky dat, díky kterým je zjištěno možné poranění. Ženská figurína Thor-5F má navíc na hrudníku přidaná prsa pro detekci možného poranění. [51]

3.5.4 Figuríny používané pro boční náraz

Organizace zabývající se nárazovými zkouškami používají pro své testy normalizované a oficiálně schválené figuríny. Jsou to řady SID-II, EuroSID-2 a WorldSID. U testu bočního nárazu figuríny nemají celé paže, jelikož jich není u provedení testu třeba. [51]

Z těchto řad figurín patří k nejnovějším figuríny řady WorldSID, a proto budou dále popsány. Druhy vyráběných figurín řady WorldSID pro boční nárazy představují 50. percentil (muž) (viz. obrázek 25) a 5. percentil (ženy), ale i dětské figuríny. Tyto figuríny obsahují senzory pokrývající nejzranitelnější části těla (hlava, krk, hrudník), které jsou zasaženy náhlým zrychlením a vnitřním kontaktem se zhrouceným interiérem vozu. [51]

Konstrukce hlavy je tvořena z polyuretonové lebky, na které je přilepena kůže tvořená z vinylu. Uvnitř hlavy jsou nainstalovány tři snímače úhlové rychlosti, dále obsahuje jeden tříosý akcelerometr a dvouosý snímač náklonu. Figurína obsahuje také siloměr v horní části krku, který je ještě považován jako součást hlavového složení. Krční páteř je vyrobena tak, aby byla

schopna zaznamenávat data od působící boční síly při nárazu. Krční páteř je složena z několika částí z důvodu pohyblivosti krční páteře pro způsobení co nejpodobnějšího pohybu skutečné lidské páteře. Krční páteř obsahuje horní a dolní snímač krku a lineární akcelerometr. Trup figuríny je tvořen z částí ramena, hrudníku a břicha. Trup je tvořen z elastických žebér (jedno žebro ramene, tři žebra hrudníku, dvě žebra břicha). Každé žebro umožňuje boční průhyb nejméně 75 mm. V oblasti ramen je uložen tříosý siloměr. V hrudní oblasti slouží pro zachycení dat o vychýlení hrudníku zabudovaný potenciometr. Pro detekci poranění břicha jsou zabudovány snímače, které jsou schopny měřit vzniklé síly a momenty při nárazu. Bederní páteř slouží hlavně ke správnému nastavení figuríny před nárazem. Bota na dolní končetině je integrována s chodidlem. Tlakový snímač měřící boční pohyb je umístěn ve stehenní kosti, jelikož příliš velký tlak může způsobit zlomeninu kosti. Senzory pro zaznamenání dat o silách a momentech způsobených během nehody jsou instalovány u kolen figurín. Další snímač je umístěn na holenní kosti a měří síly pro způsobení možných zlomenin. Pánev figuríny obsahuje více snímačů pro měření dat o zatížení a z nich se vyhodnotí možné zranění. Součástí pánve je také lineární akcelerometr a snímač náklonu. Pánevní kost je konstruována tak, aby bylo možné boční vychýlení. [51] [53]



Obrázek 25: WorldSID-50M [51]

3.5.5 Figurína používaná pro test ochrany krční páteře-Whiplash

Při tomto druhu nárazu dochází převážně ke zranění v oblasti krční páteře. Proto musel být vyvinut zcela nový druh figuríny zaměřený na tento typ poranění. V dnešní době se používá figurína pod názvem BioRID-II. [51]

Figurína byla navržena tak, aby demonstrovala přirozený pohyb krku při působení síly vyvinuté při nárazu zezadu. Konstrukce hlavy u figuríny je modifikovaná z figuríny Hybrid III, kde je lebka vyrobena z hliníkové slitiny a je potažena vinylovou kůží. Třícetný akcelerometr je implantován uvnitř hlavy. Charakteristickým znakem u tohoto modelu je páteř. Ta se skládá z dvaceti čtyř samostatných obratlů (pět bederních, dvanáct hrudních, sedm krčních). V oblasti krční páteře je vložen dvouosý akcelerometr. Pánev je, jako u figuríny Hybrid III, vyrobena z plastu, ale má nižší řez kyčelních kostí a větší otvor pro nohy. Nohy a paže jsou standartní jako Hybrid III-50. percentil. [51]

3.5.6 Figuríny chodce

Figuríny chodce jsou důležitým prvkem v konstrukci vozidel. Hlavně v přední části vozidla byly zjištěny nedostatky a vozidla jsou upravována tak, aby při střetu s chodcem byly následky zranění co nejmenší. Konstrukteři se obvykle snaží eliminovat zranění chodce snížením tuhosti kapoty nebo snížením počtu ostrých hran. Jak ukázaly testy, dojde-li ke sražení chodce, je vymrštěn do vzduchu a dopadá na kapotu nebo čelní sklo, tudíž snížení tuhosti kapoty je relativně dobré řešení, ale moderní vozy mají motorový prostor příliš zaplněn a deformační zóna by nebyla téměř žádná. Zajímavé řešení, které se testuje za pomoci figurín chodce je aktivní kapota. Princip aktivní kapoty je relativně snadný. Při střetu s chodcem dochází k nadzdvihnutí kapoty, tím se zvětší deformační zóna a chodec dopadá na relativně měkkou kapotu. [54]

Další možnou ochranou pro chodce ze strany vozidel jsou airbasy pro chodce. Airbag je umístěn pod kapotou u čelního skla. Funkce airbagu spočívá na signálu poslaným od snímače, který je zabudován v nárazníku vozidla. Při srážce s chodcem snímač vyšle signál, zvedne se část kapoty, která se zajistí a nafoukne se airbag, zároveň vozidlo aktivuje výstražná světla a spustí se nouzové brzdění. Snímač umístěný v nárazníku má určitá omezení, například u automobilu Volvo V40 je snímač aktivní v rychlostech 20-50 km/h a okolní teplotě od -20 °C do 70 °C. [55]

Jelikož se série Hybrid III dlouhodobě ukázala jako velmi kvalitně konstrukčně propracovaná, začala se vyrábět i pro provedení chodce. Je zřejmé, že musely nastat konstrukční změny, neboť pro chodce jsou potřebné jiné vlastnosti než pro sedící figuríny. Figuríny chodce jsou vyráběny pod názvem Hybrid III Pedestrian a vyrábějí se ve třech druzích Hybrid III 50M Pedestrian (viz. obrázek 26), Hybrid III 95M Pedestrian, což jsou figuríny znázorňujícího muže, dále ženský model Hybrid III 5F Pedestrian. [51]

Hlava figuríny je tvořena jako u klasické figuríny Hybrid III z hliníku, který je potažen vinylem pro napodobení lidské kůže a deformovatelným obličejem. Pro autentické provedení krční páteře použili konstruktéři hliníkové části a gumu, které spojili pomocí ocelového lana, což umožňuje při nárazu ohnutí figuríny jako u reálného člověka. Figuríny mají vyztuženou bederní páteř pro vzpřímený postoj a bederní podpěra je skloněna, aby figuríně umožnila se naklonit a posunout těžiště, což umožní, aby stála s 80 % své váhy na jedné noze. Hrudník je tvořen z šesti ocelových žeber, je zde umístěn potenciometr pro zaznamenávání dat o pohybu hrudníku při zrychlení. Dolní končetiny mají rotující hýždě tak, aby umožnily vertikální držení těla. Kolenní kloub je nahrazen blokem pro možnost rotace. [51]



Obrázek 26: Hybrid III 50M Pedestrian [51]

3.5.7 Dětské figuríny

Dětská těla jsou mnohem křehčí, než těla dospělých a kolize při dopravní nehodě mohou být fatální, proto konstruktéři vyvinuli dětské figuríny pro nárazové testy. Dětské figuríny se vyrábějí v širším rozpětí než figuríny dospělých, jelikož musí být zabezpečena jak ochrana novorozence, tak většího dítěte. [51]

Během nárazových testů se zároveň testují různé druhy zádržných systémů, ať už jde o dětské autosedačky, různé druhy podsedáků a další. Důležitý prvek v bezpečnosti dospělých osob je airbag, ale u dětských cestujících toto zařízení může způsobit spíše zranění. Konstruktéři se proto zaměřili na funkci airbagu a jejich následku na děti a lidi malého věku a za pomoci dětských figurín byl vynalezen inteligentní airbag. Což je airbag, který dokáže řídit svou reakci během dopravní nehody. Buď dokáže regulovat svou rychlost naplnění v důsledku rychlosti nárazu nebo také omezovat objem naplnění, aby nedošlo k poraněním lehčích cestujících. [51]

Mezi nepoužívanější a nejmodernější druhy dětských figurín patří Řada Q a dětská řada Hybrid III. První z nich Řada Q se vyrábí v sedmi variantách z důvodu co největšího obsáhnutí vývoje a růstu dítěte. Jsou vyráběny a prodávány ve variantách představující novorozence starého 0-6 týdnů (viz. obrázek 27), dvanáctiměsíční dítě, osmnáctiměsíční dítě, tříleté dítě, tříleté dítě přizpůsobené konstrukcí pro boční náraz, šestileté dítě a desetileté dítě. Všechny tyto druhy figurín jsou normovány a pečlivě přezkušovány, aby byly schopny zaznamenávat potřebná data pro zjištění bezpečnosti vozidel pro dětské cestující. [51]

Konstrukce hlavy figurín Řady Q je složena z tuhého plastu potaženého vinylem. V zadní části hlavy je odnímatelné víko, kde je přístup do dutiny hlavy. V hlavě je umístěn akcelerometr a také se na hlavě nachází siloměr. Díky těmto přístrojům se zaznamenávají data, pomocí kterých se zjistí, jak silným otřesům hlavy během nehody dojde. Krční páteř se skládá z pryžových segmentů, které jsou uloženy mezi kovovými deskami. Díky této konstrukci je docílena realistická flexibilita. Hrudník je vyroben z plastu a uvnitř se nachází potenciometr. Horní a dolní končetiny jsou vyrobeny z plastu. U modelu představujícího novorozence nelze horní a dolní končetiny ohýbat v kloubu z důvodu umístění této figuríny v sedačce (vajíčku), kde je dítě kompletně zafixováno a test je zaměřen na bezpečnost provedení autosedačky. U modelů starších dětí je možný ohyb v kolenním i loketním kloubu. Kolenní i loketní kloub je schopen pohybu napodobující skutečné dítě a díky senzorům zaznamenává velikost působící síly při nehodě, které poté vyhodnotí a určí možné zlomeniny. [51]



Obrázek 27: Řada Q 0-6 týdnů novorozenec [51]

Druhou nejpoužívanější dětskou figurínou je dětská řada Hybrid III. Jedná se vlastně o menší verzi dospělé figuríny Hybrid III. Hlava této figuríny je tvořena hliníkem, který je potažen vinylem pro napodobení kůže. Na zadní části hlavy se nachází šrouby připevněné víko, to slouží jako přístup k namontování snímačů. V hlavě figuríny se nacházejí snímače měřící zrychlení při nárazu. Páteř je utvořena z hliníkových dílů a gumy, kvůli zabezpečení flexibility. Klíční kost figurín je složena ze dvou dílů. Hrudník je vyroben z vysokopevnostních ocelových žebér, které jsou spojeny tlumícím materiálem na bázi polymeru. Uvnitř hrudníku se nachází akcelerometr, jehož úkolem je měřit, jak velká síla působí na paže, žebra a jak velké vychýlení hrudníku je způsobeno při nárazu. Končetiny jsou vyrobeny z ocelové kostry a uretanové pěny, dále na povrchu se nachází vinylová kůže kvůli autentičnosti. [51]

4 Závěr

Bezpečnost dnešních vozidel a možnost předejít vážným zraněním nebo úmrtím během dopravních nehod je jedním z největších úkolů pro konstruktéry vozidel.

Obecně je vysvětlena problematika bezpečnosti vozidel, základní rozdělení na aktivní a pasivní bezpečnost, ale také vysvětlení těchto pojmů. Stručně jsou popsány různé světové organizace, které se zabývají testováním vozidel s ohledem na bezpečnost účastníků dopravního provozu. Vše postupně směřuje k hlavní řešené problematice.

Nárazové zkoušky Euro-NCAP, které jsou oficiálně schválené nárazové zkoušky pro evropský kontinent. Tyto nárazové zkoušky se staly v průběhu let důležitým faktorem v konstruování vozidel, i když zprvu byli výrobci vozidel proti zavedení nárazových zkoušek. Po podpoře několika evropských vlád se staly testy velmi uznávané v ohledu na bezpečnost účastníků silničního provozu, a tudíž i výrobci začali vynakládat nemalé peníze na co nejbezpečnější provedení vozidel, což má za následek lepší hodnocení z testu pro vozidlo. Význam se projevil v hodnocení ze strany zákazníků. Kladné hodnocení zvyšuje prodejní cenu vozidel. Systém hodnocení vozidel je zabezpečován udělováním hvězdiček. Je možné získat maximálně pět, ale existují i vozidla, která nezískala ani jednu hvězdičku.

Existují také různé druhy testů, díky kterým se zjišťuje jak bezpečnost vozidel, tak i bezpečnost všech účastníků silničního provozu, včetně chodců a cyklistů. Druhy testů mění a vyvíjí, jelikož i automobily se stále zdokonalují, ať s ohledem na konstrukci vozidel nebo použití asistenčních systémů, které velmi pomáhají k bezpečnosti provozu.

Vyhodnocování nárazových zkoušek probíhá na základě různých prvků. Nejdůležitější prvek pro zaznamenání potřebných údajů jsou nárazové figuríny. Profesor Larry Patrick provedl řadu testů za použití vlastního těla v době, kdy nárazové figuríny ještě nebyly pro automobilový průmysl vymyšleny, provedl řadu testů za použití vlastního těla. Zjistil slabiny vozidel a vydal pravidla o konstrukci vozidel platná dodnes.

Existují různé typy nárazových figurín a jejich rozdíly pro různé druhy testů. Na počátku byly první figuríny nazvané Sierra Sam, která byla původně pro letecký průmysl, dnešní nejmodernější prodávané druhy jsou figuríny Thor, které mohou pomocí většího počtu senzorů zjišťovat i různá poranění břicha. Významný výrobce nárazových figurín je americká společnost Humanetics, která má třináct poboček po světě a vyrábí dnes nejmodernější a nejžádanější figuríny na trhu série Thor. Různé druhy vyráběných figurín znázorňujících jak dospělé (muže a ženu) tak děti, které jsou znázorněny od novorozenců po desetileté dítě.

Figuríny dětí se používají také pro ověření bezpečnosti dětských zádržných systémů, jako jsou různé typy autosedaček.

Nárazové figuríny jsou stále zdokonalovány a díky datům získaných z provedených testů jsou vyhodnocována další možná zranění účastníků silničního provozu. Vzhledem ke stoupajícímu počtu automobilů a stále větším nárokům na bezpečnost budou i v budoucnu mít nárazové figuríny velký vliv na správné provedení a vyhodnocení testů.

V neposlední řadě jsou nárazové testy důvodem stoupající bezpečnosti ať v konstrukci vozidel nebo v pokročilých asistenčních systémech, které pomáhají předcházet vzniku dopravních nehod.

5 Seznam použitých zdrojů

- [1] <https://www.autozive.cz/k-prvni-smrtelne-autonehode-doslo-pred-150-lety/> [online]. [cit. 2021-11-05].
- [2] LENDĚL, Michal. *Testovací figuríny bočních nárazových zkoušek podle směrnic EURO NCAP* [online]. Brno, 2013 [cit. 2021-11-05]. Dostupné z: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/26442/final-thesis.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v brně.
- [3] *Humanetics* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://humanetics.humaneticsgroup.com/>
- [4] SAJDL, Jan. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-11-09].
- [5] ŠIKL, Petr. *Bezpečnostní systémy v osobních automobilech* [online]. [cit. 2021-11-09]. Dostupné z: <https://www.tipcars.com/magazin/nase-tema/bezpecnostni-systemy-v-osobnich-automobilech.html>
- [6] VLK, František. *Automobilová elektronika*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-6462-3.
- [7] SAJDL, Jan. Pasivní bezpečnost. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/pasivni-bezpecnost/>
- [8] KOVANDA, Jan. *Konstrukce automobilů: pasivní bezpečnost*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-010-1459-2.
- [9] VLK, František. *Automobilová elektronika 2: Systémy řízení podvozku a komfortní systémy*. Brno: František Vlk, 2006. ISBN 80-239-7062-3.
- [10] Karoserie. *Pasivni-prvky-bezpecnosti/karoserie* [online]. [cit. 2021-11-10].
- [11] KOVANDA, Jan a Vladimír ŠATOCHIN. *Pasivní bezpečnost vozidel*. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-010-2235-8.

- [12] *Pasivní bezpečnost* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <http://www.autoskola-sprint.cz/aktuality/15-pasivni-bezpecnost>
- [13] VLK, František a Vladimír ŠATOCHIN. *Lexikon moderní automobilové techniky: pasivní bezpečnost*. Brno: František Vlk, 2005. ISBN 80-239-5416-4.
- [14] MARŠÁLEK, Petr. *Návrh dolní končetiny testovací figuríny pro nárazové zkoušky*. Brno, 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Bilík.
- [15] Euro NCAP. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap>
- [16] NHTSA. *NHTSA National Highway Traffic Safety Administration* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.nhtsa.gov/>
- [17] IIHS. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/iihs-insurance-institute-for-highway-safety/>
- [18] IIHS. *Iihs.org* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.iihs.org/>
- [19] ANCAP. *Ancap.com.au* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.ancap.com.au/>
- [20] C-NCAP. *Researchgate.net* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/294225233_C-NCAP_vs_EuroNCAP_First_experiences_and_estimations
- [21] JNCAP. *Sae.org* [online]. [cit. 2021-11-11]. Dostupné z: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2001-06-0156/>
- [22] Euro NCAP. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap/>
- [23] POKORNÁ, Veronika. *Možnosti použití materiálů pro výrobu testovací figuríny*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Bilík.

- [24] Euro-Ncap. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-12]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/how-to-read-the-stars>
- [25] Euro NCAP. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/>
- [26] Čelní náraz do mobilní deformovatelné bariéry. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/mobile-progressive-deformable-barrier/>
- [27] Plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/frontal-impact/full-width-rigid-barrier/>
- [28] Boční náraz. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-mobile-barrier/>
- [29] Boční náraz na sloup. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/side-pole/>
- [30] Vzdálený dopad. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/lateral-impact/far-side-impact/>
- [31] Test ochrany krční páteře-Whiplash. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rear-impact/whiplash/>
- [32] Záchrana a vyproštění. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/adult-occupant-protection/rescue-and-extrication/>

- [33] Ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-performance/>
- [34] Schopnost vozidla využívat různé velikosti a typy dětských zádržných systémů. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/vehicle-provisions/>
- [35] *BESIP-Dětské autosedačky* [online]. [cit. 2022-01-30]. Dostupné z: <https://www.ibesip.cz/Tematicke-stranky/Cestujeme-autem/Asistencni-systemy-v-autech/Pasivni-bezpecnost/Detske-autosedacky>
- [36] Ověření správného uchycení dětských zádržných systémů. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-27]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/child-occupant-protection/crs-installation-check/>
- [37] Střet s hlavou. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/head-impact/>
- [38] ŠVANCARA, Jan. *Ochrana chodců a bezpečnost cestujících ve vozidle*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Pavel Ramík.
- [39] KRKOŠKA, Kamil. *Počítačové simulace v oblasti bezpečnosti vozidel*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Pavel Ramík.
- [40] Střet s horní částí dolních končetin. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/upper-leg-impact/>
- [41] Střet s dolní částí dolních končetin. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/lower-leg-impact/>

- [42] Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání chodce. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-pedestrian/>
- [43] Autonomní nouzové brzdění na rozpoznání cyklisty. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/vulnerable-road-user-vru-protection/aeb-cyclist/>
- [44] 3.2.2.2.4.1 AUTONOMNÍHO NOUZOVÉHO BRZDĚNÍ AEB. Autonomního nouzového brzdění AEB. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/>
- [45] Monitorování stavu cestujících. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/occupant-status-monitoring/>
- [46] Rychlostních asistenčních systémů. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/speed-assistance/>
- [47] Systém sledování jízdních pruhů. *Euroncap.com* [online]. [cit. 2021-11-28]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en/vehicle-safety/the-ratings-explained/safety-assist/lane-support/>
- [48] KOSTÍKOVÁ, Martina. *Návrh testovací figuríny pro nárazové zkoušky*. Brno, 2017. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Martin Bilík.
- [49] Humanetic historie. *Humanetics.humaneticsgroup.com* [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://humanetics.humaneticsgroup.com/about-us/history>
- [50] The History of Crash Test Dummies. *Thoughtco.com* [online]. 2019 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.thoughtco.com/history-of-crash-test-dummies-1992406>

- [51] Humanetics-produkty. *Humanetics.humaneticsgroup.com* [online]. [cit. 2022-02-06].
Dostupné z: <https://humanetics.humaneticsgroup.com/products/anthropomorphic-test-devices>
- [52] MAZAL, Miroslav. Figuríny zkušebních crash testů mohou stát miliony korun. *Auto.cz* [online]. 2021 [cit. 2022-02-06]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/figuriny-zkusebnich-crash-testu-mohou-stat-miliony-korun-141794>
- [53] WorldSID. *Worldsid.org* [online]. [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.worldsid.org/>
- [54] SAJDL, Jan. Aktivní kapota. *Autolexicon.net* [online]. [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/pop-up-bonnet-aktivni-kapota/>
- [55] Airbag chodce. *Volvocars.com* [online]. 2020 [cit. 2022-02-18]. Dostupné z: <https://www.volvocars.com/cz/support/manuals/v40/2018w17/bezpecnost/airbagy/airbag-chodce>