

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Návrh výukového panelu
bezpečnostních prvků
karoserie – **protinárazové
výztuhy bočních dveří**

Jan Kořínek

Bakalářská práce

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KOŘÍNEK**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**
Název tématu: **Návrh výukového panelu bezpečnostních prvků karoserie automobilu - protinárazové výztuhy bočních dveří**
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

- úvod
- návrh koncepčního řešení výukového panelu
- prezentace protinárazové výztuhy bočních dveří
- tvorba výukového panelu
- závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

VLK, F. Stavba motorových vozidel, Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk 2003

VLK, F. Karoserie motorových vozidel, Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk 2000

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Jilek, DiS.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **26. února 2010**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2010**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesaf, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vykonal samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 14. 4. 2011

Jan Kořínek

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Petru Jilkovi, Dis., jako vedoucímu bakalářské práce za cenné rady, informace, odbornou pomoc a věcné připomínky k obsahové, formální a technické části bakalářské práce.

Děkuji firmě Autokomplex Rozhovice za věnování použitých náhradních dílů z vozidel, ze kterých jsem vytvářel výukový panel.

Děkuji, dnes již bývalému, zaměstnavateli za umožnění studia během zaměstnání, zejména pak panu Ing. Bergmanovi, jako svému přímému nadřízenému, za bezproblémové umožnění čerpání studijního volna.

Děkuji svým rodičům za podporu a trpělivost, kterou mi věnovali v průběhu všech studijních let. Bez nich bych o hodně hůře dosahoval cílů, které mám již úspěšně za sebou.

V závěru chci vyjádřit díky své rodině – manželce Markétě, dceři Denise a synovi Vojtěchovi za pomoc, pochopení a podporu během celého studia.

Anotace

Předložená bakalářská práce je zaměřena na využití a uplatnění bočních protinárazových výztuh používaných ve dveřích automobilů. Zabývá se i dalšími bezpečnostními prvky používanými ve vozidlech, které napomáhají ochraně posádky při bočním nárazu. Součástí této práce je i výukový panel.

Klíčová slova:

protinárazová výztuha, bezpečnost, automobil, doprava

Annotation:

Submitted bachelor thesis is focussed on the use and application of lateral side reinforcement used in car doors. It deals with the other safety features used in cars, helping to protect the crew in a side impact. Part of this work is the teaching panel.

Key words:

side reinforcement, safety, car, transport

Obsah:

1. Úvod.....	8
1.2.Euro NCAP provádí tyto testy.....	9
2. Návrh koncepčního řešení výukového panelu.....	12
2.1. Vývoj nového automobilu.....	12
2.2. Prvky aktivní bezpečnosti.....	12
2.3. Prvky pasivní bezpečnosti.....	13
3. Prezentace protinárazové výztuhy bočních dveří.....	17
3.1. Rozdělení procesu návrhu.....	19
3.1.1. Hlavní kritéria pro návrh protinárazové boční výztuhy dveří.....	19
3.1.1.1. Materiál a tloušťka výztuhy.....	19
3.1.1.2. Profil výztuhy.....	20
3.1.2. Vedlejší kritéria ovlivňující návrh.....	22
3.1.2.1. Ukotvení výztuhy a provázání s okolím.....	22
3.1.2.2. Překrytí dveří s prahem.....	23
3.1.2.3. Další prvky pasivní bezpečnosti.....	23
4. Tvorba výukového panelu.....	25
5. Závěr.....	29

1. Úvod

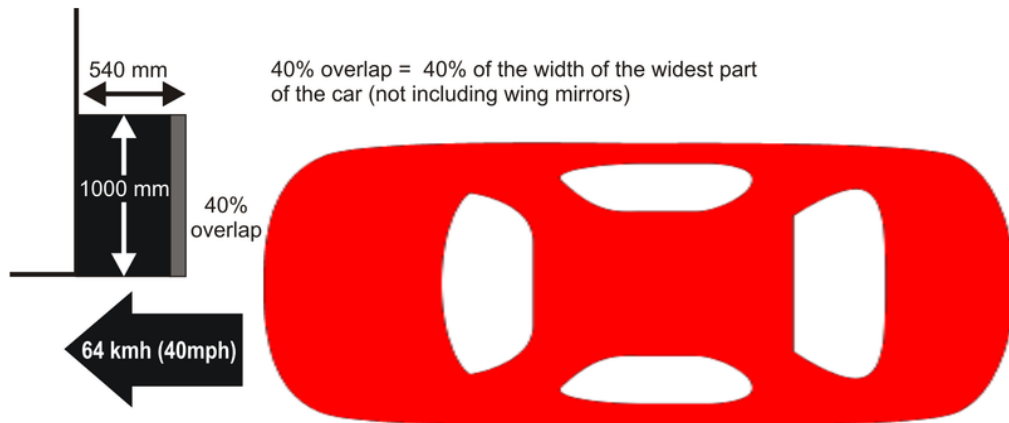
Psal se den 29. ledna 1886, kdy pan Karl Benz získal patent na čtyřtákní tříkolku. Toto datum je považováno za zrod automobilu. O tři roky později vznikla ve Francii první automobilová továrna, která nesla název Panhard a Levassor. V roce 1894 pařížský časopis Le Petit Journal uspořádal první automobilovou soutěž. Opravdový závod se ale konal až o rok později a to na trati Paříž – Bordeaux. V polovině 20. století se v automobilech začínají objevovat prvky, které začínají velice úzce souviset s bezpečností. V roce 1951 se na trhu objevil první posilovač řízení, původně vyrobený pro nákladní automobily. O osm let později uvedla automobilka Volvo na trh, dnes již nejrozšířenější, tříbodové bezpečnostní pásy. V roce 1973 si mohli zákazníci u automobilů značky Oldsmobil Tornado nechat namontovat do vozidla první airbag a v roce 1978, po deseti letech vývoje, přišla firma Bosch s protiblokovacím systémem ABS.

S rostoucím počtem vozidel, pohybujících se po pozemních komunikacích a se zvyšující se rychlostí automobilů, byly a jsou kladeny čím dál vyšší nároky nejen na bezpečnost osádky v automobilech, ale nově od roku 2009 také na ostatní účastníky provozu.

Z tohoto důvodu bylo roku 1996 založeno nezávislé konsorcium Euro NCAP (European New Car Assessment Programme), které provádí tzv. crash testy – nárazové zkoušky automobilů. V roce 1998 se Euro NCAP stalo oficiálně nezávislou mezinárodní organizací, se kterou spolupracuje množství institucí včetně Evropské komise, nebo Mezinárodní automobilové federace. Vozidlům, která se této zkoušky zúčastní, vydává pak Euro NCAP hodnocení bezpečnosti podle výsledků v nárazových testech v podobě udělení hvězdiček za bezpečnost, jejichž počet je v současnosti maximálně 5. Tyto zprávy s výsledky bezpečnosti nových modelů automobilů Euro NCAP zveřejňuje. Výsledky testů jsou často uváděny v automobilových časopisech a mnohdy ovlivnily další prodejní výsledky vozidel. Jako příklad by mohl posloužit automobil Rover 100. V roce 1998 prošel testy, ve kterých získal v ochraně dospělé posádky pouze jednu hvězdičku, následně začal mít špatné prodejní výsledky a po zveřejnění výsledků testů byla jeho výroba ukončena. V průběhu let se automobily evropských značek v oblasti bezpečnosti velmi zlepšily a to z části díky testům Euro NCAP. Testování je pro automobilky dobrovolné.

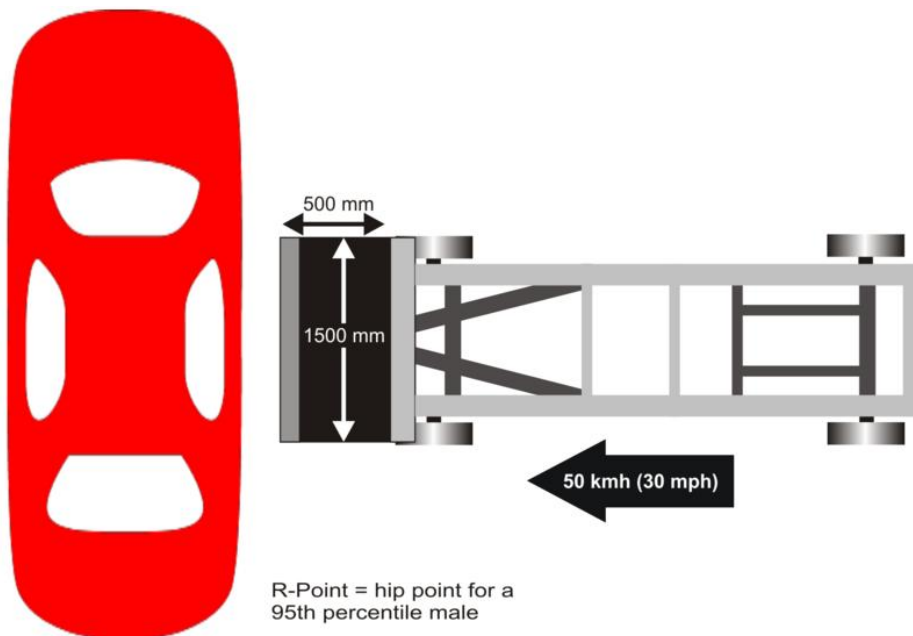
1.2. Euro NCAP provádí tyto testy:

- *čelní přesazený náraz vozidla v rychlosti 64 km/h do deformovatelné bariéry o rozměrech 100 x 54 cm (šířka x tloušťka), do které vozidlo naráží 40% své přední části*



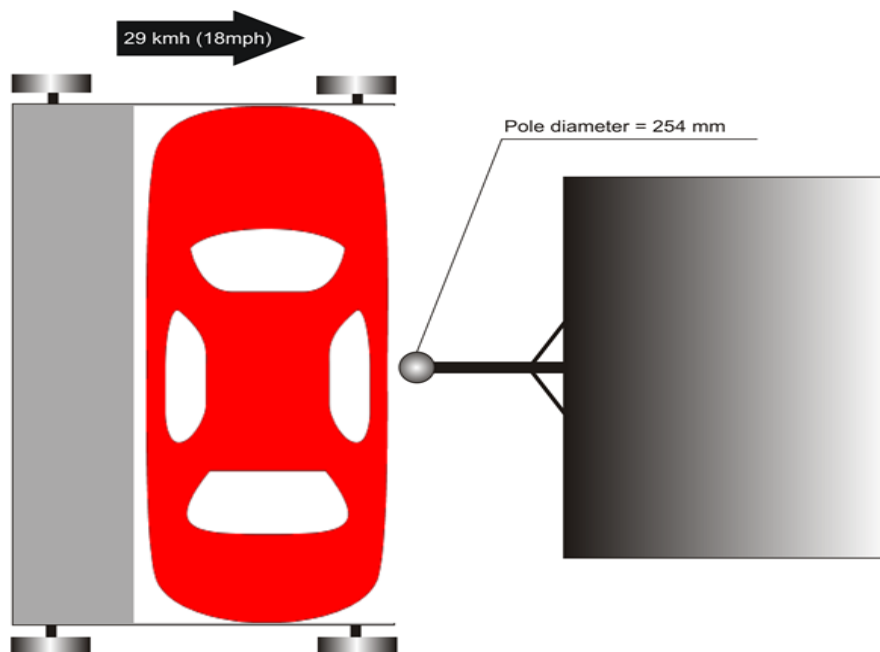
Obr. č. 1 – Čelní přesazený náraz vozidla [1]

- *boční náraz do boku vozidla vozíkem rozjetým na rychlost 50 km/h. V přední části vozíku je deformovatelný materiál o rozměrech 150 x 50 cm (šířka x tloušťka)*



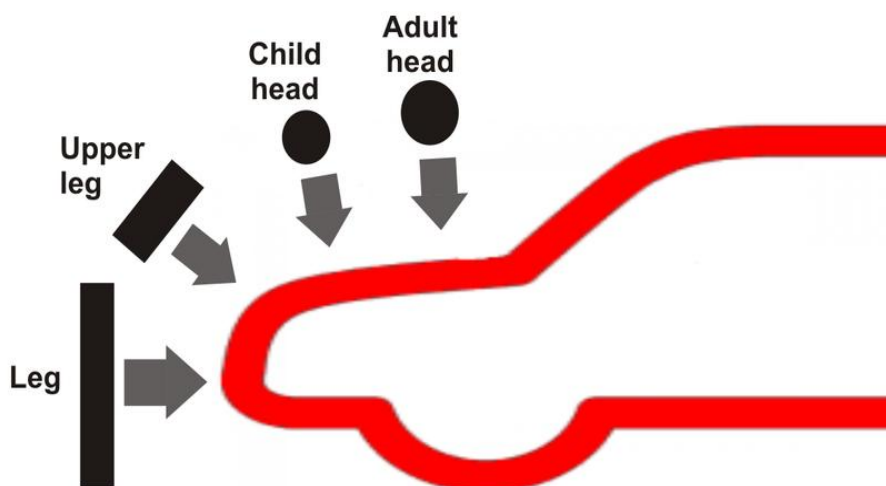
Obr. č. 2 – Boční náraz do boku vozidla vozíkem [2]

- *boční náraz vozidla na sloupek* (tzv. pole test) v rychlosti 29 km/h. Tento druh nárazu simuluje boční náraz do stromu (lampy veřejného osvětlení) a slouží především k ověření správné funkce hlavových airbagů. Ocelový sloupek má průměr 254 mm



Obr. č. 3 – Boční náraz vozidla na sloupek [3]

- *test ohleduplnosti vůči chodcům* – simulace střetu s chodcem v rychlosti 40 km/h



Obr. č. 4 – Test ohleduplnosti vůči chodcům [4]

Tento čtvrtý hodnotící bod byl od února 2009 do seznamu testů zahrnutý hlavně z toho důvodu, že v dosavadních třech testech dosahovaly automobilky u 97% testovaných

vozidel hodnocení čtyř až pěti hvězdiček, zatímco ochrana chodců, která se dříve do tohoto hodnocení nezapočítávala, byla na velmi nízké úrovni. Záměrem doplnění tohoto bodu je tuto neblaze nízkou úroveň ochrany změnit.

Po provedení těchto čtyř testů vyjde konečné hodnocení, které rozhodne o tom, kolik hvězdiček za bezpečnost vozidlo dostane. Výsledné hodnocení vychází z počtu dosažených bodů, které vozidlo získá součtem bodového hodnocení za jednotlivé druhy nárazu. Dva body jsou uděleny bonusově za signalizaci nezapnutých bezpečnostních pásů.

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

Tab. č. 1 – Výsledné hodnocení testů Euro NCAP [5]

Hlavní kritérium pro vyhodnocování testů jsou hodnoty získané z čidel ve vozidle a na testovacích figurínách. Hodnotí se, jaké hodnoty decelerace (zpomalení) působily na posádku, nebo zda nebyly některé části těla, např. krk, vystaveny takovému zatížení, které by mohlo způsobit vážné zranění.

Dalším hodnotícím kritériem je stabilita karoserie. Posuzuje se, zda zůstal skelet vozidla při nárazu stabilní, jakou sílu bylo nutné vyvinout pro otevření dveří po nárazu, atd.

Euro NCAP ještě dále provádí další test, který se ale hodnotí zvlášť a není součástí předchozího hodnocení. Jedná se o:

- *bezpečnost dětí v dětských autosedačkách* – vozidla se testují s dětskými autosedačkami přímo od výrobce, případně se sedačkami, které výrobce doporučuje

2. Návrh koncepčního řešení výukového panelu – bezpečnost vozidel

Bezpečnosti vozidel je v současnosti věnována značná pozornost. K tomu směřuje úsilí techniků již během vývoje nového typu. Hledání cest k bezpečnému automobilu vyústilo do dvou hlavních směrů:

- cílem prvního je vytvořit vozidlo, které bude moci vlastní nehodě zabránit díky použitým konstrukčním prvkům a svými vlastnostmi – prvky aktivní bezpečnosti

- druhý směr reprezentuje konstrukční prvky, které mají za úkol snížit následky pro všechny účastníky dopravní nehody, když už k nehodě dojde – prvky pasivní bezpečnosti

2.1. Vývoj nového automobilu

Automobil je ve své konečné podobě jakýsi soubor kompromisů a ústupků z požadavků různých stran. Je to vlastně složitý komplex, který v sobě spojuje myšlenky designérů, motorářů, elektrotechniků a mnoha dalších vývojových pracovníků. Své slovo má ovšem i marketing s požadavky trhu a samozřejmě i cena budoucího vozu na trhu. Konstruktor se tak musí pohybovat ve své tvůrčí činnosti mezi jistými mantinely a hledat taková řešení, která budou vyhovovat všem požadavkům. Mnohdy jsou při vývoji nalezena nová konstrukční řešení, která se mohou uplatnit i u jiných vozů. Na vývoji vozu pracuje současně několik skupin, které mezi sebou vzájemně komunikují, hledají optimální řešení problémů a předávají si výsledky z vývojových zkoušek.

2.2. Prvky aktivní bezpečnosti

Zabránit vlastní nehodě je úkol pro prvky aktivní bezpečnosti. Sem zahrnujeme technické prvky, zařízení a vlastnosti vozu, které dokážou předejít, nebo zabránit havárii. Samozřejmostí jsou kvalitní a plně funkční brzdy, ke kterým současně řadíme nejmodernější elektronické systémy podvozku pro řešení kritických situací, jako jsou protiblokovací systém ABS, brzdový asistent, protiskluzový systém ASR, TC a systémy jízdní stability, jako je ESP a jeho u různých automobilek používané ekvivalenty. Výsledky různých testů ukazují, že např. ESP dokáže zabránit přibližně desetině všech nehod vozů s tímto systémem. O něco nižším procentem disponují ostatní zmíněné prvky, avšak i to je z hlediska zabráněných nehod dosti zajímavé číslo.

Mezi aktivní prvky bezpečnosti patří i zdánlivé maličkosti, jako je např. správná funkce předepsaného vnějšího i vnitřního osvětlení, pohodlný posed řidiče, jeho dobrý

výhled z vozidla do všech stran, snadná dosažitelnost všech potřebných ovladačů a prostředí uvnitř vozidla. Pokud si zákazník kupuje vozidlo s klimatizací, pořizuje si tak vlastně vůz s vyšší mírou bezpečnosti, neboť správně zvolená teplota uvnitř vozidla zabraňuje únavě řidiče a tím i snížení jeho ostražitosti. Podobně je to i s autorádiem. Zde je však nutné připomenout, že pouhá změna vysílací frekvence rádia, či výměna CD disku z rádia vede ke snížení pozornosti a může být příčinou vzniku dopravní nehody. Proto by mělo být ovládání těchto různých prvků řešeno jednoduše a pomocí snadno dosažitelných ovladačů, jako je např. multifunkční volant, či ovládání pod volantem.

2.3. Prvky pasivní bezpečnosti

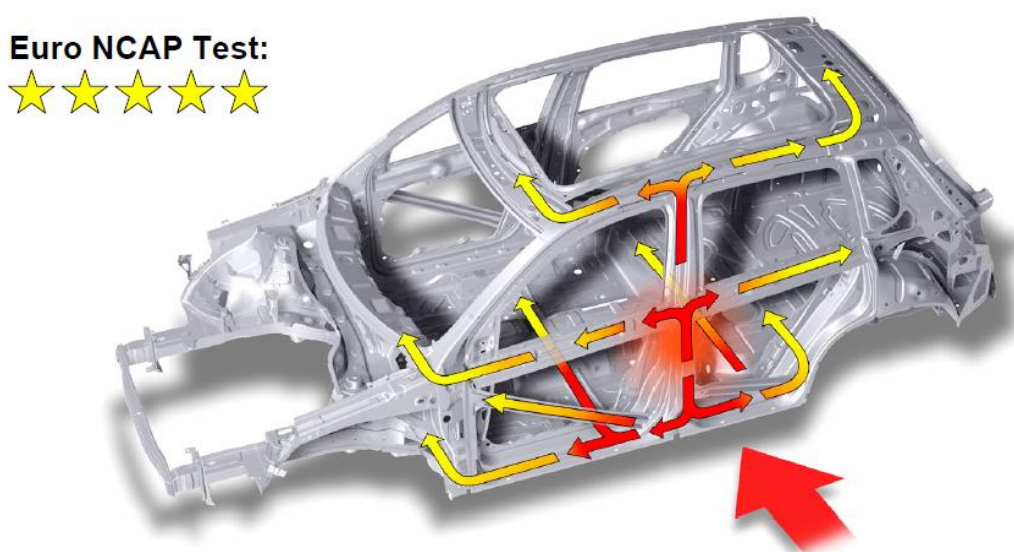
Když už k nehodě dojde, přicházejí na řadu prvky pasivní bezpečnosti. Tyto prvky mají minimalizovat následky pro posádku a ostatní účastníky nehody. Základem pasivní bezpečnosti automobilu je bezpečná konstrukce karoserie, jejímž úkolem je pohltit při nárazu největší část deformační energie. Toho lze dosáhnout použitím její programovatelné struktury. V praxi to znamená, že na jednotlivé součásti karoserie jsou použity plechy různé tloušťky, profilů, různých pevností a v kritických místech jsou vyztuženy nosníky. Při nárazu se tak karoserie deformuje a pohlcuje velkou část deformační energie s cílem zachovat prostor pro cestující bez výrazných změn.

Stejný význam má i použití airbagů, které mají zabránit kontaktu těla s částmi uvnitř vozu. Jejich funkce musí být přesná a odpovídat zvoleným rozměrem nejlepší ochraně cestujících. Protože doba funkce airbagu se měří řádově na milisekundy, je jejich nastavení během vývoje značně náročné a vyžaduje velké množství zkoušek. Samozřejmostí ke správné funkci airbagu je součinnost s bezpečnostním pásem, dnes již s jeho doplňky, kterými jsou předepínač (zabrání výraznému pohybu těla při nárazu) a omezovač síly (zabraňuje poranění hrudníku vlivem velké přitažné síly v bezpečnostním pásu). Bezpečnostní pás je prvkem pasivní bezpečnosti téměř u všech vozidel. S tím také úzce souvisí technický stav celého systému, se kterým se pojí jeho základní údržba. U čelního nárazu je důležité zachytit maximum nárazové energie deformací přední části vozu až po „A“ sloupek. Zbytek struktury musí zůstat prakticky bez poškození tak, aby byl zaručen prostor pro bezpečnost posádky. Pro dimenzování struktury je třeba si uvědomit silové toky, které procházejí karoserií vozu při nárazu. Celkem 75 % silových toků při čelním nárazu prochází podlahovou částí, tedy prahem, podlahou a tunelem. Další výrazný silový tok vede přes „A“ sloupek. Přes dveře jdou sice pouze 3 % celkového zatížení,

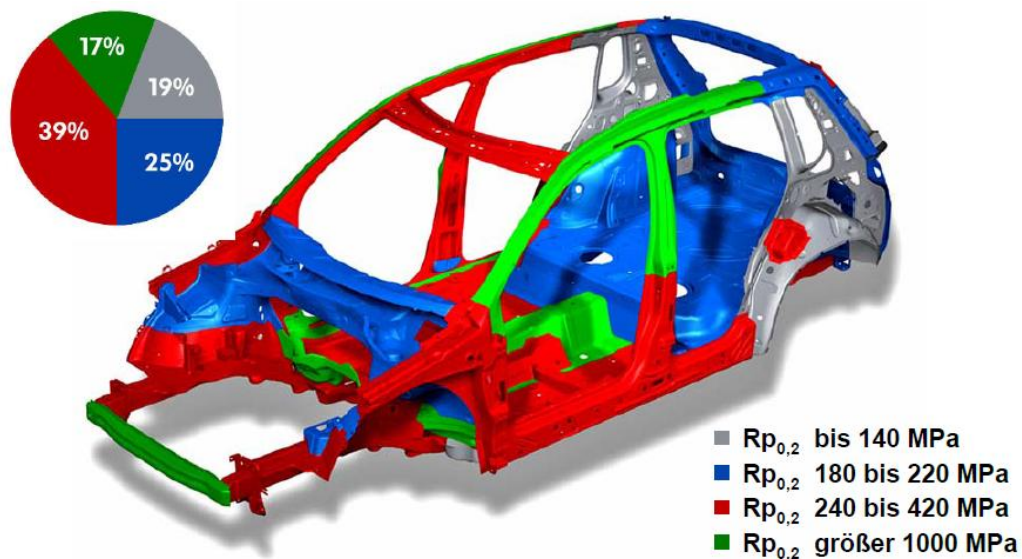
ale i to je v reálu několik tun, a proto je tedy třeba správně dimenzovat i dveře. Stabilita dveří při čelním nárazu (např. u vozidla Škoda Octavia „nové generace“) je zajištěna systémem vnitřních výztuh z vysokopevnostních materiálů. Ty tvoří na vnitřní straně uzavřený profil, který je výhodný zejména z hlediska namáhání při nárazu. Za zmínku jistě stojí laserový spoj výztuh dveří, který je zde použit hlavně z důvodu maximálního možného využití prostoru pro profil. Stabilita „A“ sloupku při čelním nárazu je zabezpečena výztuhami z vysokopevnostních materiálů. Základem struktury zajišťující ochranu proti bočnímu nárazu je výztuha „B“ sloupku, lisovaná za tepla a trubková výztuha prahu z téhož materiálu. Důležité je naladění uchycení trubky tak, aby pracovala pouze v elastickém režimu a současně byly splněny potřeby čelního nárazu. Z hlediska zatížení řidiče při bočním nárazu musí být horní uložení sloupku naprosto tuhé a naopak spojení s prahem je třeba naladit na optimální hodnotu. Působení silových toků při bočním nárazu je zřejmé z následujícího obrázku č. 5.

Mezi další prvky pasivní bezpečnosti patří např. bezpečnostní sloupek volantu, který se po nárazu částečně zasune a minimalizuje tak riziko poranění hrudníku řidiče, poranění chodidel řidiče zabraňuje bezpečné zavěšení pedálů a opěrky hlavy na všech sedadlech mají zabránit poranění krční páteře cestujících. Nezbytnou součástí moderních automobilů jsou protipožární a výstražné systémy, které po nárazu uzavřou vývody paliva z nádrže, vypnou palivové čerpadlo a elektrické okruhy, atd.

Zvyšování bezpečnosti vozidel je neustálý a složitý proces, který bude pokračovat i nadále, aby počty dopravních nehod a jejich důsledky zůstaly na přijatelné úrovni.



Obr. č. 5 – Působení silových toků při bočním nárazu u vozidla VW Tiguan [6]



Obr. č. 6 – Použití materiálů o různých pevnostech u vozidla VW Tiguan [7]

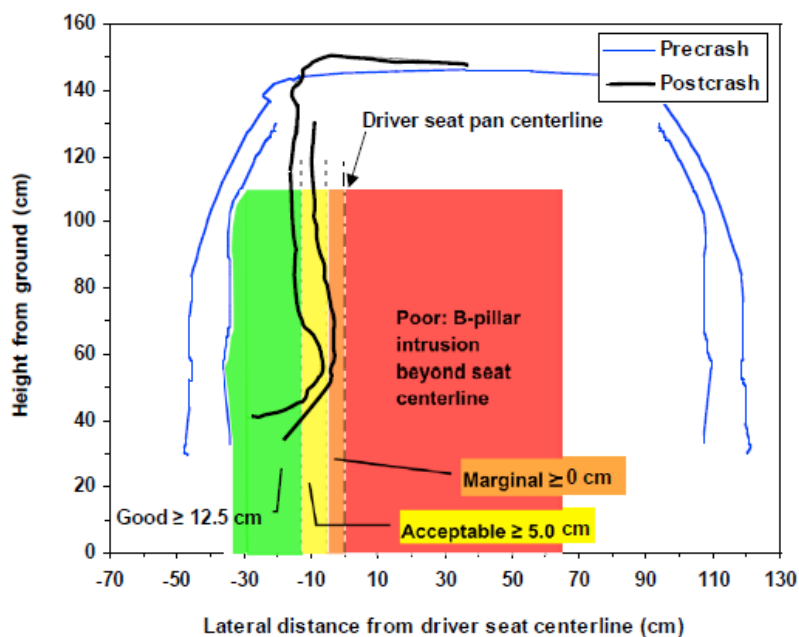
Nejhůře chráněný prostor pro posádku vozidla z důvodu malých deformačních zón a prostoru je tedy při nárazu do vozidla z boku. Proto je potřeba nacházet účinná řešení ve volbě vhodných materiálů „A“, „B“, „C“ sloupků, prahové části automobilu a v bočních protinárazových výztuhách dveří. Rozdělení pevnostních materiálů pro tyto účely je zřejmé z obr. č. 6. Použití pevnostních materiálů u vozidla Volvo C30 je zřejmé z obrázku v příloze č. 1.

Podíváme-li se na vozidlo jako celek, všimneme si, že pro čelní a zadní náraz je spousta možností pro řešení prvků bezpečnosti. Avšak pro řešení ochrany posádky při nárazu z boku již tolik možností pro řešení nemáme.



Obr. č. 7 – Crash test v reálném provádění – boční náraz [8]

Na obr. č. 8 je dobře vidět poškození skeletu karoserie po provedeném bočním nárazu a jeho následné promáčknutí do prostoru pro posádku. Modrá obrysová čára znázorňuje původní tvar karoserie a černá tvar karoserie po bočním nárazu. Barevné obdélníky přitom označují části sedadla a současně vzdálenosti zasažené plochy po nárazu. Čerchovaná čára mezi červeným a hnědým obdélníkem označuje středovou linii sedadla.



Obr. č. 8 – Poškození skeletu karoserie po provedení bočního nárazu [9]

V příloze č. 2 jsou na obrázcích názorně vidět teoretické zóny postupných zásahů částí karoserie do prostoru sedadla po jednotlivých fázích bočního nárazu. Zásah do oblasti označené červeným obdélníkem, tedy za středovou čarou sedadla, na obr. označenou jako „Center line“ je nepřijatelný. Prostor ve vzdálenosti do 4,9 cm od středové části sedadla, označený hnědým obdélníkem, je hraniční. Prostor jako akceptovatelný, znázorněný žlutou barvou obdélníku, je ve vzdálenosti od 5 cm do 12,4 cm od středové čáry sedadla. A konečně prostor znázorněný zeleným obdélníkem ve vzdálenosti větší, než je 12,5 cm od středové části sedadla je vyhovující.

3. Prezentace boční protinárazové výztuhy dveří

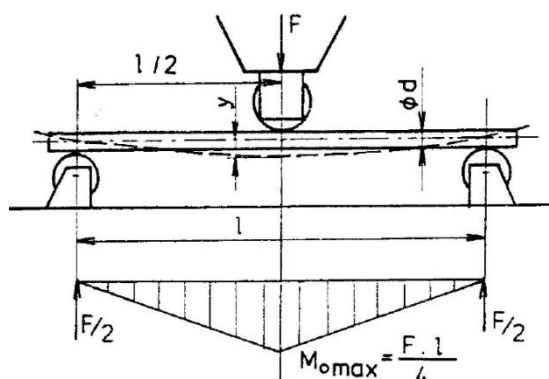
Jedním ze stěžejních dílů bočních dveří, který patří mezi prvky pasivní bezpečnosti, je protinárazová výztuha. K tématu boční protinárazové výztuhy dveří mě přivedla právě ona prezentace zmiňovaná na předchozí stránce, ve které bylo znázorněno ono poškození vozidla při nárazu z boku a následný zásah částí karoserie do prostoru pro posádku, jak je to patrné z obrázku č. 8.

Návrh protinárazové výztuhy má za úkol co nejvíce eliminovat účinky bočního nárazu do vozu, tj. zamezit bočním dveřím vniknout tak hluboko do interiéru vozu, aby ohrozily posádku. Je tedy nutné, aby návrhem vznikla tak kompaktní struktura, která bude schopna absorbovat, popř. účinně odvést, deformační energii mimo prostor posádky vozu. Na obr. 12 až 15 a dále pak na obrázcích v příloze č. 3 jsou patrné různé koncepty protinárazových výztuh. Jejich počet, popř. i její přítomnost, či nepřítomnost ve struktuře, souvisí s několika aspekty. A to jaká je požadovaná bezpečnost vozu (závislé na státu, kde bude vůz distribuován), jaký bude objem výroby vozu, jaká bude třída vozu, na zkušenostech dané automobilky a v závěrečné fázi vývoje pak i samotná cena jednotlivých konceptů protinárazové výztuhy. Snahou všech je pak i zavádění nových trendů z oblasti vývoje nových konstrukčních materiálů a poznatky ze stále se vyvíjejících výrobních a technologických postupů. Je důležité si nejprve vyjmenovat důležitá kritéria pro návrh výztuhy a tato pak následně zohlednit při procesu návrhu boční výztuhy.

Obvyklým postupem při vývoji protinárazové výztuhy je spolupráce několika týmů vývojářů, od konstruktérů, přes specialisty pro výpočtové FEM (Finite Element Method) simulace (česky MKP –Metoda Konečných Prvků), po laboratorní techniky. Konstruktér, na základě zkušeností z předchozích projektů, po dohodách v rámci jednotlivých týmů navrhne několik variant, tzn. profil výztuhy, materiál výztuhy a provázání s okolními díly dveří. Následně pak namodeluje jednotlivé díly v CAD software, které se pak podrobí FEM simulaci bočních nárazů. Na základě výsledků je pak vybrána varianta, která je pak podrobena dalším optimalizačním smyčkám. Takto optimalizovaný díl pak vstupuje do reálného prototypového vozu, na kterém proběhnou zkoušky bočních nárazů a dojde k ověření chování protinárazové výztuhy.

Boční protinárazová výztuha je v případě bočního nárazu namáhána na ohyb. Proto lze při jejím návrhu čistě teoreticky vycházet z výpočtů meze pevnosti z průřezového modulu daného materiálu, i když jde ve skutečnosti o proces složitější, jak již bylo

zmíněno v předešlém odstavci. Pro názornost nám postačí ukázat příklad výpočtu návrhu trubkové výztuhy.



Obr. č. 9 – Schéma zatěžování při zkoušce ohybem [10]

Námi zvolený materiál bude mít mez pevnosti $R_m = 550 \text{ MPa}$. Cílem naší zkoušky je prověřit, zda lze tento materiál o dané pevnosti použít pro návrh boční protinázorové výztuhy.

Pevnost materiálu v ohybu: ——— [MPa]

Maximální ohybový moment: ——— [N.mm]

Průřezový modul v ohybu pro trubku: — — — [mm³]

Dané rozměry jsou: délka výztuhy $l = 1200 \text{ mm}$

průměr trubky $D = 30 \text{ mm}, d = 26 \text{ mm}$

zatěžující síla $F = 2000 \text{ N}$

Po dosazení hodnot pro trubku získáme výsledek:

— — — MPa

Z výsledku vidíme, že vypočítaná hodnota je nižší, než hodnota meze pevnosti u námi zvoleného materiálu, což dané potřebě vyhovuje. Tento materiál o těchto rozměrech lze použít pro zhotovení boční protinázorové výztuhy.

3.1. Rozdělení procesu návrhu:

3.1.1. Hlavní kritéria pro návrh protinárazové boční výztuhy dveří

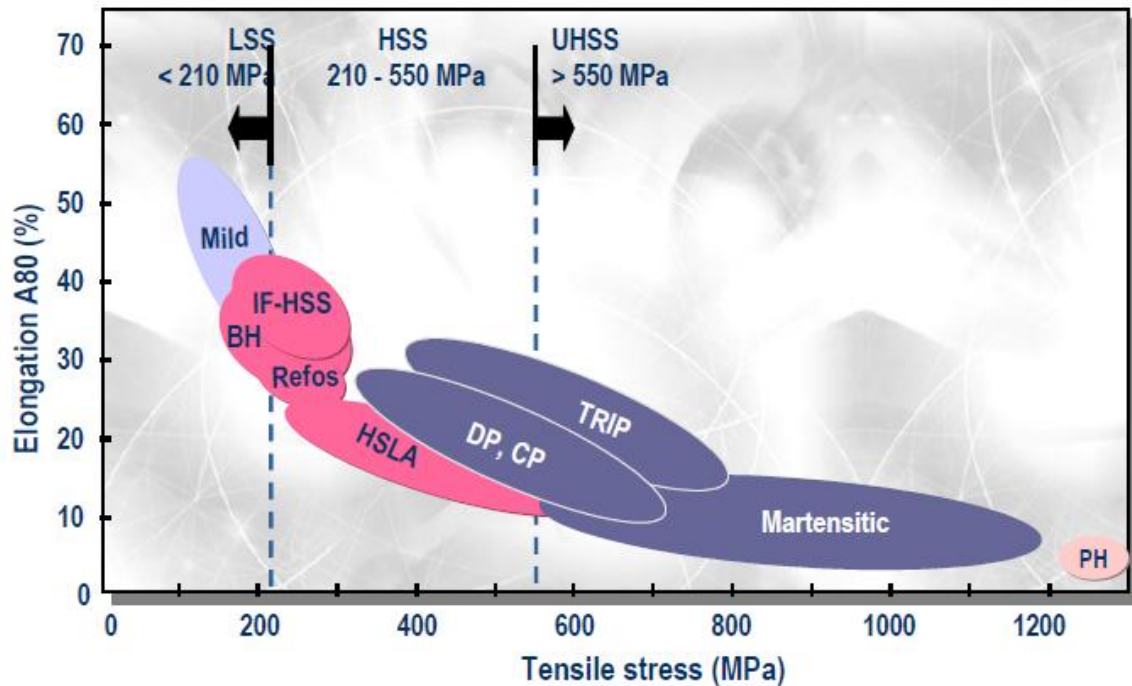
3.1.1.1. Materiál a tloušťka výztuhy

Pro automobilový průmysl současné doby překračují požadavky konstruktérů tloušťku používaných materiálů 3 mm. K tomu účelu je vhodné použití např. plechů válcovaných za tepla. Zároveň zde vzniká požadavek na korozní odolnost karoserie. Proto se zavádí *žárové a elektrolytické pozinkování* plechů, *zinkové povlaky* s minimální tloušťkou pokovení 7 μm , anebo *slitinové povlaky* Zn + Fe, nebo Zn + Ni. Poslední uvedené *slitinové povlaky* se vyznačují zejména lepší svařitelností a vyšší korozní odolností. Použití materiálů o různých tloušťkách pro různé části karoserie je vidět v následující tabulce č. 2.

DRUH ČÁSTÍ	MINIMÁLNÍ PŘÍPUSTNÁ TLOUŠŤKA
Vnější karoserie	0,70 – 0,78 mm
Vnitřní výplně	0,60 – 1,00 mm
Podvozek	1,20 – 2,20 mm
Držáky podvozku a motoru	1,80 – 2,20 mm
Výztuhy	1,80 – 4,00 mm

Tab. č. 2 – Použití materiálů o různých tloušťkách pro různé části karoserie [11]

Na následujícím obrázku č. 10, tzv. banana diagramu, je zobrazeno použití ocelí v automobilovém průmyslu. Chceme-li se bavit o materiálech pro boční protinárazové výztuhy dveří, musíme se podle tohoto diagramu pohybovat v materiálech, které mají mez pevnosti vyšší než 550 MPa. Jedná se o oceli Trip, které se vyznačují vysokými hodnotami pevnosti, dvoufázové oceli s jemnozrnnou strukturou DP (Ferit + Martenzit), přechod od tvářených ocelí k ocelím zušlechťovaným – vícefázové oceli CP (Ferit + Martenzit + Bainit + Zbytkový Austenit), nebo vysokopevnostní martenzitické oceli o pevnosti R_m až 1500 MPa s obsahem uhlíku kolem 0,2 %. V současné době lze také jako vysokopevnostní materiál použít i hliník a jeho slitiny (Al, Cu, Mg, Zn). Mezi jeho výhody patří hlavně jeho snadná recyklovatelnost, snížení hmotnosti až o 40 %, odolnost proti korozi, dobrá elektrická a tepelná vodivost a svařitelnost. Mezi hlavní nevýhodu bude patřit jeho vyšší cena, která zcela jistě při návrhu výztuhy hraje významnou roli. Zde je tedy na místě zvážit, co je pro nás v případě návrhu protinárazové výztuhy prvořadé.



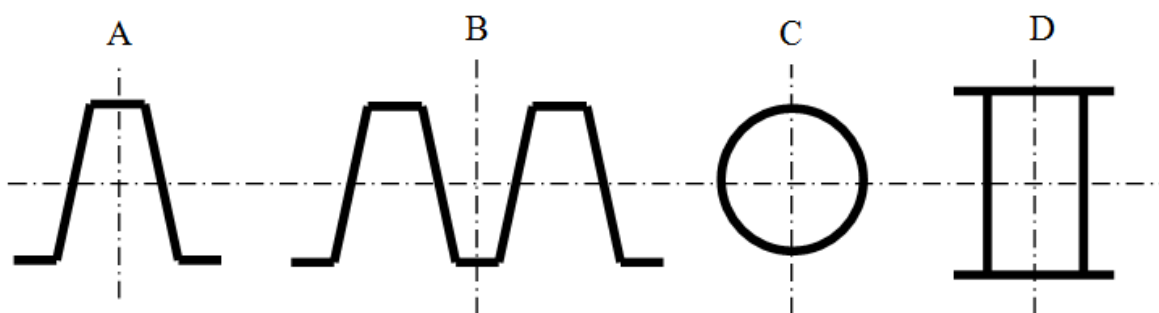
Obr. č. 10 – Diagram materiálu o určité pevnosti v závislosti na tažnosti [12]

Vysoká pevnost těchto ocelí je podmínkou pro to, abychom se při nárazu pohybovali v oblasti, která je nižší než mez pevnosti daného materiálu, neboť je nežádoucí, aby došlo při nárazu ke kolapsu protinárazové výztuhy. Stále musíme mít na vědomí, aby skelet karoserie zůstal po nárazu celistvý a byl zachován prostor pro přežití posádky vozidla.

3.1.1.2. Profil výztuhy

Profil vychází z předem určeného konceptu. Ten je obvykle závislý na sériovosti výroby daného vozu, na ceně a i na již použitých konceptech z předchozích vozů. Hlavními parametry profilu jsou jeho hloubka, velikost a tloušťka plechu. Těmito kritérii pak řídíme následnou optimalizaci k dosažení funkční protinárazové výztuhy. Díky dobře zvolenému profilu lze snížit i podstatnou část hmotnosti bočních dveří a tím snižovat spotřebu pohonných hmot vozidla a tím následně i emise CO₂.

Základní rozdělení konceptů profilů protinárazové výztuhy:

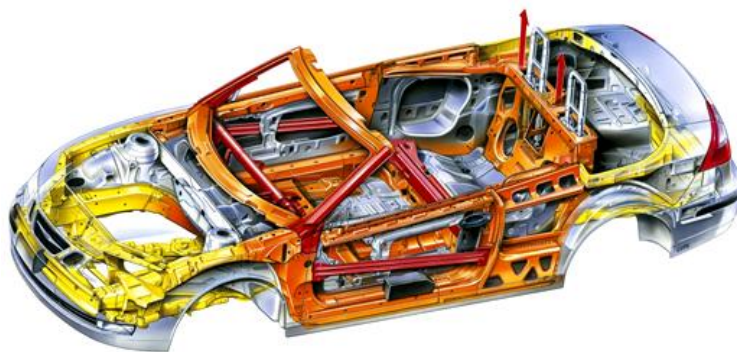


Obr. č. 11 – Základní rozdělení konceptů profilů protinárazové výztuhy

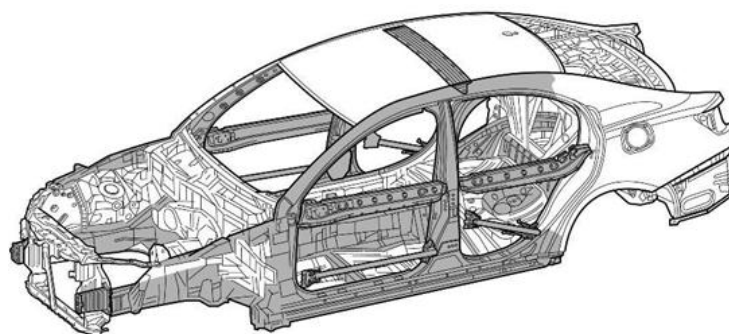
- A) jednotrapézový profil
- B) dvoutrapézový profil
- C) kruhový profil (trubka)
- D) I-profil (slitina hliníku)

Výztuhy dle způsobu výroby mohou být:

- lisované za studena
- lisované za tepla
- lisované a následně svařené laserem
- obráběné a následně tvářené ze slitin hliníku



Obr. č. 12 – Příklad dvoutrapézového provedení boční výztuhy Saab 9-3 2007 [13]



Obr. č. 13 – Příklad provedení s trubkou a přírubami Lexus 2011 [14]

Pokud se zde zaobíráme různými materiály bočních výztuh ať už z hlediska hmotnosti, či jejich pevnostních charakteristik, musíme brát zároveň ohled i na vztahy materiálů mezi sebou. Např. vstupující protinárazová výztuha ze slitiny hliníku a svařená sestava dveří z ocelových plechů. Vzniká tzv. korozní makročlánek, kdy by při tomto spojení došlo k rychlejší korozi u kovu méně ušlechtilého, v tomto případě hliníkové slitiny. Vzniku korozního makročlánku se zabráňuje zejména izolací obou materiálů v místech styku či změnou materiálu.

3.1.2. Vedlejší kritéria ovlivňující návrh

3.1.2.1. Ukotvení výztuhy a provázání s okolím

Příklady napolohování a provázání s okolní strukturou bočních protinárazových výztuh jsou patrné rovněž z obrázků č. 12 až 15 a dále pak rovněž na obrázcích v příloze č. 3. Vychází se z doporučení expertů na bezpečnost vozu, jak laboratorních techniků, tak i výpočtových FEM specialistů. Napolohování výztuhy je samozřejmě ovlivněno několika faktory, jako je např. karoserie daného vozidla – jedná-li se o vozidlo 3-dveřové, 5-dveřové, nebo o jaký druh vozidla se jedná – SUV, MPV, kabriolet. Provázání s okolními díly bočních dveří musí být takové, aby při nárazu tvořily kompaktní celek, který je schopen deformační účinek rozvést do okolní struktury.



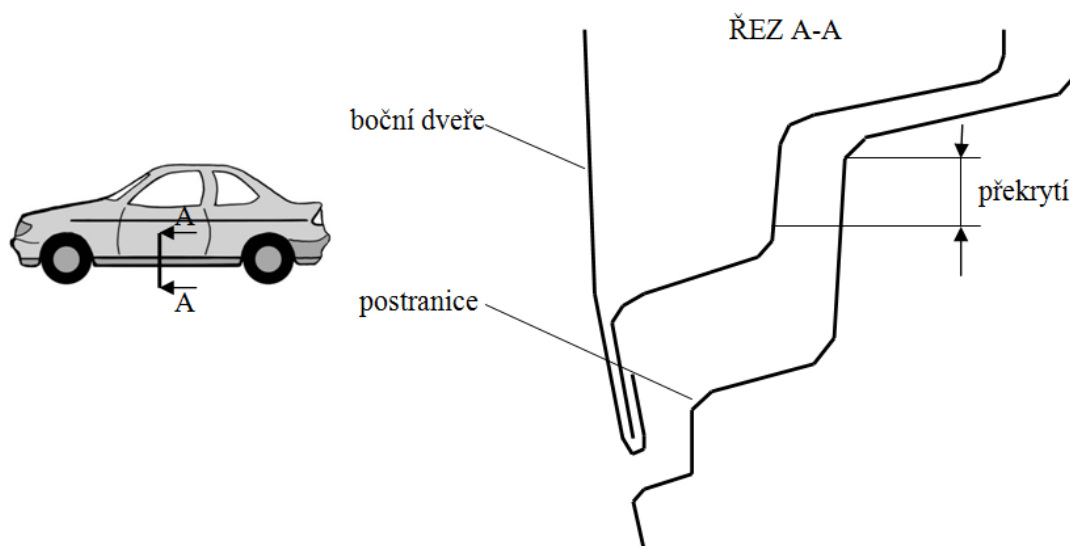
Obr. č. 14 – Ukotvení výztuhy a provázání s okolím – Peugeot 3008 [15]



Obr. č. 15 – Ukotvení výztuhy a provázání s okolím – Seat Leon [16]

3.1.2.2. Překrytí dveří s prahem

Vezmeme-li v úvahu, že při bočním nárazu chrání posádku vozidla oproti čelnímu nárazu materiály čistě teoreticky jen v tloušťce dveří, existují zde požadavky na vysokou tuhost celého rámu okolo nich, tedy prahové části podvozku, „A, B, C“ sloupků, sloupku v oblasti střechy a tím tedy jsou i následně kladeny větší požadavky na uchycení dveří v oblasti pantů a zámek. Příklady tvarů „A, B, C“ sloupků jsou patrné na obrázku v příloze číslo 4. Jedním z faktorů ovlivňující vniknutí dveří při bočním nárazu do interiéru vozu je překrytí bočních dveří a prahové části vozu. Při deformaci pak dochází k interakci obou dílů a přenosu deformace přes práh do karosérie. Z části zde platí předpoklad, že čím větší je překrytí dveří v prahové části, tím je menší deformace směrem do interiéru. Silový účinek do prahu je přenášen přes uchycení protinárazové výztuhy v oblasti, zobrazené na obr. č. 16. Překrytí dveří s prahem je lépe znázorněno na obrázku v příloze č. 5.

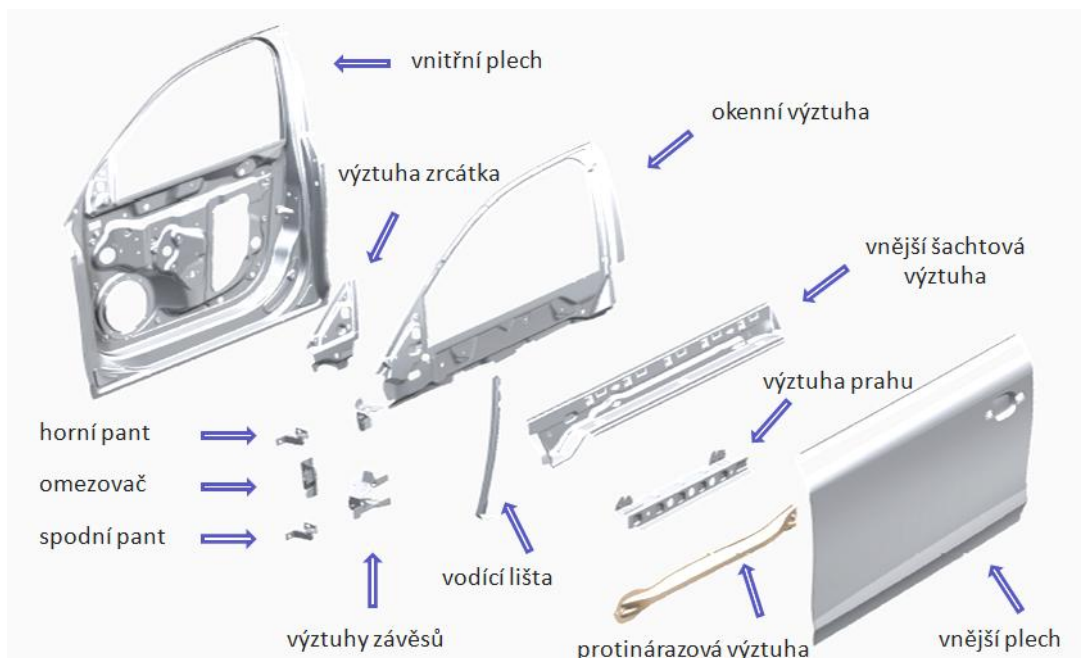


Obr. č. 16 – Překrytí dveří s prahem

3.1.2.3. Další prvky pasivní bezpečnosti – Padding

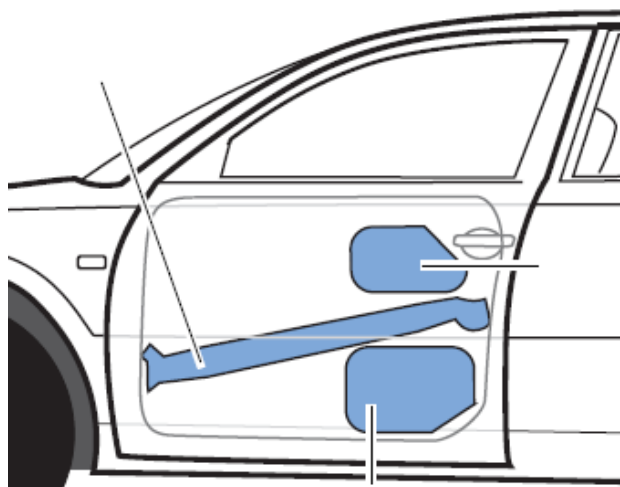
Dalším dílem vstupujícím do dveří, který se zapojuje spolu s protinárazovou výztuhou do bočního nárazu je padding. Obecně se jedná o díl, který slouží k přenosu deformační energie mezi danými díly, v našem případě deformovaná protinárazová výztuha přenáší deformaci na padding, ten ji dále předává na vnitřní díl dveří a ten dále na postranici. To nám umožní rychlejší přenos deformace směrem do vozu, kde nám pomáhá dostat posádku dále od deformovaných dílů a dále nám při deformaci pomáhá vytvořit

stabilnější chování struktury dveří a obložení dveří při bočním nárazu. Abychom pochopili jaké díly mohou posádku ohrozit, stojí za to si prohlédnout následující obrázek, na kterém je znázorněno, z jakých jednotlivých ocelových dílů se dveře skládají. Sklo a vnitřní obložení dveří zde zobrazeno není.



Obr. č. 17 – Popis jednotlivých částí dveří vozidla Audi A4 [17]

Padding se umísťuje nejčastěji do oblasti pánve řidiče (tzv. R-bod) popř. do oblasti hrudníku a montuje se buď do dutiny bočních dveří mezi vnější a vnitřní plech, nebo je součástí vnitřního obložení vozu.



Obr. č. 18 – Další prvky pasivní bezpečnosti – Padding – obvyklé polohy [18]

4. Tvorba výukového panelu

Tvorbu výukového panelu provázelo hned několik skutečností, jejichž realizace sebou nesla hned několik překážek.

Samotná velikost podkladové laminové desky o rozměrech 200 x 150 cm hovoří o nutnosti zvážit jeho přepravu na místo realizace a následně pak do prostorů školy.

Z použitých originálních autodílů značky Ford jsem použil jeden kus dveří z třídvéřového vozidla Ford Fiesta (r.v. 1996 – 2000), jeden kus předních dveří z pětivéřového vozidla Ford Focus (r.v. 1999 – 2004), jeden kus předních dveří z pětivéřového vozidla Ford Fusion (r.v. 2002 – 2011) a po domluvě ve vedlejší autoopravně se mi ještě podařilo sehnat jeden kus zadních dveří z pětivéřového vozidla Opel Astra (r.v. 1991 – 1997).

Vlastnímu návrhu a tvorbě panelu předcházelo několik variant vyřezání a rozložení zmiňovaných dílů na desku panelu. Největší díly, které bylo nutno na desku umístit jako první, byly dveře. Každé dveře byly jiné, jinak poškozené a různorodé bylo i umístění, či tvary protinárazových výztuh. Po zvážení všech možností jsem nakonec vybral dveře z vozidla Opel Astra, označené jako díl č. 1 a dveře z vozidla Ford Focus, označené jako díl č. 2. Boční protinárazovou výztuhu z vozidla Ford Fiesta jsem označil jako díl č. 3 a výztuhu z vozidla Ford Fusion jako díl č. 4.

Dveře, označené jako díl č. 1, jsem umístil do levého spodního rohu tak, že při pohledu na panel vidíme jejich vnější část. Tyto dveře jsem jako jediné použil pro názornost v kompletnějším celku, tedy se skleněnou okenní výplní a funkčním ručním stahováním, neboť to jejich stav umožňoval. V těchto dveřích se nacházejí dvě nad sebou umístěné trubkové boční protinárazové výztuhy. Abych nejlépe pro názornost ukázal jejich umístění a tvary, provedl jsem do dveří lichoběžníkový výřez v dostatečné výšce nad i pod výztuhami a zároveň i v dostatečné délce tak, aby bylo vidět jejich upevnění, v tomto případě přivařením souvislým svarem k rámu dveří na obou koncích, jak je to patrné z obrázku v příloze č. 6. Po provedení výřezu bylo potřeba opracovat vzniklé ostré hrany a celkově dveře očistit jak od venkovních, běžných nečistot, tak i od vnitřních konzervačních nátěrů. Dveře jsem vzhledem k jejich hmotnosti na desku panelu připevnil závitovými tyčemi o průměru 8 mm.



Obr. č. 19 – Tvorba vlastního panelu, díl č.1

Dveře, označené jako díl č. 2, jsem použil z vozidla Ford Focus. U těchto dveří jsem jednak vzhledem k jejich rozměrům a jednak kvůli úspoře místa na panelu odřízl okenní rám. Při pohledu na panel vidíme jejich vnitřní část. Z té bylo nutno vyříznout část vnitřního plechu, určeného pro řadu vnitřních komponentů, jako jsou např. reproduktory a část systému stahování bočního okna. Na těchto dveřích je dobře vidět upevnění jednotrapézové výztuhy k rámu bodovým přivařením a to v jednom místě mezi závěsy dveří, viz příloha č. 7 a na druhém místě v prahové části. Kvůli poškození a značné korozi jsem musel ze dveří vyříznout trojúhelníkový výřez v oblasti pod zámkem dveří. Po vyříznutí všech ocelových částí bylo opět potřeba opracovat vzniklé ostré hrany a dveře zvenku i ze vnitř zbavit všech tuhých, suchých a mastných nečistot. Dveře jsou na panelu umístěné v pravé dolní části a jsou rovněž vzhledem k váze a rozměrům připevněny závitovou tyčí o průměru 8 mm. Tvar boční výztuhy je na obrázku v příloze č. 8.



Obr. č. 20 – Tvorba vlastního panelu, díl č. 2

Trubkovou protinárazovou výztuhu z vozidla Ford Fiesta jsem označil jako díl č. 3 a na panelu jsem ji umístil do pravé horní části nad díl č. 2. U této výztuhy jsem se snažil provést výřez co nejdále, aby bylo dobře vidět uchycení dané výztuhy. Výztuha je k rámu dveří uchycena přivařením souvislým svarem. Pro názornost jsem tuto výztuhu přeřízl v polovině její délky pod úhlem 45 stupňů. Při řezání se vyskytl citelný odpor, s jakým šel řez provádět. Po úplném přeříznutí jsem zjistil, že se v této „vnější“ trubkové výztuze nacházela ještě jedna „vnitřní“ trubka, která byla podstatně kratší a byla zde uložena volně, jak je to patrné z obrázku v příloze č. 9. Tuto výztuhu jsem pro její malou hmotnost připevnil každý půl díl dvěma samořeznými šrouby. Původně jsem chtěl vyvrtat do každého dílu dva otvory a díl připevnit přímo na desku panelu, ale při vrtání otvoru se potvrdila předpokládaná vysoká tuhost materiálu výztuhy a otvor se mi ani po patnácti minutách nepodařilo vyvrtat. Proto jsem zvolil jiný způsob upevnění a to opásání dílů lehkými hliníkovými pásky.



Obr. č. 21 – Tvorba vlastního panelu, díl č. 3

Poslední díl č. 4, dvoutrapézovou boční protinárazovou výztuhu dveří z vozidla Ford Fusion jsem umístil do pravého horního dílu, nad díl č. 3. Tuto jsem opět vyřízl z bočních dveří v její maximální možné délce. Ze samotné výztuhy místo upevnění není vidět, ale připevnění výztuhy ve dveřích bylo stejné, jako u dveří z vozidla Ford Focus, tedy bodovým svarem jednak v prahové části a jednak v místě mezi závěsy dveří. Pro názornost tvaru výztuhy jsem ji přeřízl rovněž v polovině její délky řezem pod úhlem 45 stupňů. Tvar výztuhy je vidět na obrázku v příloze číslo 10. Všechny ostré hrany po řezech bylo nutno zároveň opracovat a samotnou výztuhu opět zbavit všech nečistot. Vzhledem k nízké hmotnosti výztuhy stačilo každý půl díl do panelu připevnit stejným způsobem,

jako v předešlém případě, tedy opásáním hliníkovými pásky se dvěma samořeznými šrouby, neboť provrtání výztuhy ani zde nebylo možné.



Obr. č. 22 – Tvorba vlastního panelu, díl č. 4

Pro názornost jsem chtěl na panel umístit ještě jeden díl automobilu, který se mi podařilo sehnat společně se všemi dveřmi. Jedná se o prahovou část automobilu vozidla Ford C-Max (r.v. 2003 – 2010) společně s B-sloupkem. Shodou okolností se jedná o díl poškozený bočním nárazem v rychlosti 58 km/h. Na tomto dílu je názorně vidět i prostor pro překrytí dveří s prahem. Protože jsou však rozměry desky vlastního panelu omezené, uvedená část by se sem už nevešla. Proto tento díl volně přikládám k vlastnímu panelu jako další případnou pomůcku pro výuku a jeho obrázek je umístěn v příloze č. 11. K jeho finální podobě bylo od něho potřeba odsekat bodově přivařenou podlahovou část, začistit řezané a odsekané plochy a nakonec ho zbavit veškerých nečistot.

5. Závěr

Předmětem této bakalářské práce bylo navrhnout a zhotovit výukový panel s prvky pasivní bezpečnosti, konkrétně s bočními protinárazovými výztuhami dveří automobilů. Součástí bylo zároveň vytvořit jejich přehled a zjistit, jak se boční výztuhy vyvíjely a v jaké podobě se používají u současných automobilů. Dále jsem se snažil pojednat o problematice, která s bočními výztuhami souvisí přímo, jako je jejich polohování a tvary a zároveň která v kombinaci s jejím použitím při bočním nárazu její funkci posiluje, jako je např. překrytí dveří s prahem automobilu.

Ke zhotovení samotného panelu se mi povedlo zajistit originální použité díly z automobilů. Z těchto dílů jsem pak mohl vybrat jednotlivé části dveří, provádět s nimi úpravy a nakonec je upevnit na výukový panel. Díky jisté shodě náhod jsem mohl na vlastní oči vidět postupný vývoj a pokrok ve výrobě a návrhu tvarů bočních výztuh, který je znatelný v časovém vývoji automobilů. Konkrétně u dveří od nejstaršího vozidla Ford Fiesta, který měl za profil výztuhy zvolen trubku, následoval Ford Focus, u kterého nastoupil jednotrapézový profil a konečně nejmladší z vozidel, Ford Fusion, který má profil výztuhy dvoutrapézový. Veškeré získané obrázky související s touto problematikou jsem se snažil umístit do popisné části a následně pak i do příloh této práce.

Jako ve všech odvětvích jde vývoj jednotlivých částí, dílů a celků dopředu, nezastaví se zcela jistě ani u návrhu nových bočních protinárazových výztuh. Přesné informace o nových konceptech automobilek je však velmi obtížné získat, neboť tyto si je velice dobře chrání.

Seznam použité literatury:

- [1] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Soubor:Euroncap front impact.png. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Euroncap_front_impact.png
- [2] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Soubor:Euroncap front impact.png. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Euroncap_side_impact.png
- [3] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Soubor:Euroncap front impact.png. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Euroncap_pole_impact.png
- [4] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Soubor:Euroncap front impact.png. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Euroncap_pedestrian_impact.png
- [5] *Wikipedie otevřená encyklopedie* [online]. 2008 [cit. 2011-05-30]. Euro NCAP. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Euro_NCAP
- [6] Die neue VW Tiguan-Karoserie in Entwicklung und Produktion. In *Automotive Circle International Conference*. 26.-27.2.2008. [s.l.] : CD, 2008. s. 25.
- [7] Die neue VW Tiguan-Karoserie in Entwicklung und Produktion. In *Automotive Circle International Conference*. 26.-27.2.2008. [s.l.] : CD, 2008. s. 25.
- [8] IIHS Side Impact Test Program : Rating Guidelines. In *Insurance Institute for Highway Safety*. [s.l.] : Prezentace, 2006. s. 20.
- [9] IIHS Side Impact Test Program : Rating Guidelines. In *Insurance Institute for Highway Safety*. [s.l.] : Prezentace, 2006. s. 20.
- [10] Zkouška ohybem. In *Statické zkoušky* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-30]. Dostupné z WWW: <http://home.zcu.cz/~dyxon/DATA/Nauka%20o%20M/Zkouska.pdf>
- [11] Nové materiály pro automobilový průmysl. In *Perspektivní materiály*. ČVUT v Praze. [s.l.] : Prezentace, 2010. s. 32.
- [12] Making Headways in Lightweight design with high-strength steels and tailored products. In *Automotive Circle International Conference*. 26.-27.2.2008. [s.l.] : CD, 2008. s. 25.
- [13] Body Structure. In *Saab 9-3* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/5/>
- [14] Body Structure. In *Lexus IS model 2011* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/2/>

- [15] Body Structure. In *Peugeot 3008* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/5/>
- [16] Body Structure. In *Seat Leon* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/3/>
- [17] Das funktions und gewichtsoptimierte Turenkonzepts des Audi A4. In *Automotive Circle International Conference*. 27.-28.11.2007. [s.l.] : CD, 2007. s. 38.
- [18] Konstruktion und Funktion. In *Der Passat : Die Vorstellung*. [s.l.] : Prezentace, 2007. s. 48.
- [19] Body Structure. In *Volvo C30* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/1/>
- [20] IIHS Side Impact Test Program : Rating Guidelines. In *Insurance Institute for Highway Safety*. [s.l.] : Prezentace, 2006. s. 20.
- [21] Body Structure. In *Mercedes-Benz GL 550* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/3/>
- [22] Body Structure. In *Peugeot 107* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/4/>
- [23] Das funktions und gewichtsoptimierte Turenkonzepts des Audi A4. In *Automotive Circle International Conference*. 27.-28.11.2007. [s.l.] : CD, 2007. s. 38.
- [24] Das funktions und gewichtsoptimierte Turenkonzepts des Audi A4. In *Automotive Circle International Conference*. 27.-28.11.2007. [s.l.] : CD, 2007. s. 38.
- [25] Body Structure. In *Cadillac Deville Presidential Limousine* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2011 [cit. 2011-05-31]. Dostupné z WWW: <http://boronextrication.com/page/4/>
- [26] Historie automobilismu v datech. *Auto.idnes.cz* [online]. 2006, 27.1.2006, [cit. 2011-05-31]. Dostupný z WWW: http://auto.idnes.cz/auto_ojetiny.asp?r=auto_ojetiny&c=A060127_172200_auto_ojetiny_fdv
- [27] Bezpečnost vozidel : první díl. *Auto.cz* [online]. 2002, 2002, [cit. 2011-05-31]. Dostupný z WWW: <http://www.auto.cz/bezpecnost-vozidel-prvni-dil-703>
- [28] ŠIMON, Ing. Petr. Karoserie nové Škody Octavie. *Bezpečnost* [online]. 2005, 051036, [cit. 2011-05-31]. Dostupný z WWW: <http://www.mmspektrum.com/clanek/karoserie-nove-skody-octavie>
- [29] VLK, Prof. Ing. František, DrSc. *Automobilová technická příručka*. 1. vydání Brno. Brno : Nakladatelství a vydavatelství, 2003. 1265 s. ISBN 80-238-9681-4.

Seznam obrázků:

<i>Obr. č. 1 – Čelní přesazený náraz vozidla [1]</i>	9
<i>Obr. č. 2 – Boční náraz do boku vozidla vozíkem [2]</i>	9
<i>Obr. č. 3 – Boční náraz vozidla na sloupek [3]</i>	10
<i>Obr. č. 4 – Test ohleduplnosti vůči chodcům [4]</i>	10
<i>Obr. č. 5 – Působení silových toků při bočním nárazu u vozidla VW Tiguan [6]</i>	14
<i>Obr. č. 6 – Použití materiálů o různých pevnostech u vozidla VW Tiguan [7]</i>	15
<i>Obr. č. 7 – Crash test v reálném provádění – boční náraz [8]</i>	15
<i>Obr. č. 8 – Poškození skeletu karoserie po provedení bočního nárazu [9]</i>	16
<i>Obr. č. 9 – Schéma zatěžování při zkoušce ohybem [10]</i>	18
<i>Obr. č. 10 – Diagram materiálů o určité pevnosti v závislosti na tažnosti [12]</i>	20
<i>Obr. č. 11 – Základní rozdělení konceptů profilů protinárazové výztuhy</i>	21
<i>Obr. č. 12 – Příklad dvoutrapézového provedení boční výztuhy Saab 9-3 [13]</i>	21
<i>Obr. č. 13 – Příklad provedení s trubkou a přírubami Lexus IS [14]</i>	21
<i>Obr. č. 14 – Ukotvení výztuhy a provázání s okolím – Peugeot 3008 [15]</i>	22
<i>Obr. č. 15 – Ukotvení výztuhy a provázání s okolím – Seat Leon [16]</i>	22
<i>Obr. č. 16 – Překrytí dveří s prahem</i>	23
<i>Obr. č. 17 – Popis jednotlivých částí dveří vozidla Audi A4 [17]</i>	24
<i>Obr. č. 18 – Další prvky pasivní bezpečnosti – Padding – obvyklé polohy [18]</i>	24
<i>Obr. č. 19 – Tvorba vlastního panelu, díl č.1</i>	26
<i>Obr. č. 20 – Tvorba vlastního panelu, díl č.2</i>	26
<i>Obr. č. 21 – Tvorba vlastního panelu, díl č.3</i>	27
<i>Obr. č. 22 – Tvorba vlastního panelu, díl č.4</i>	28

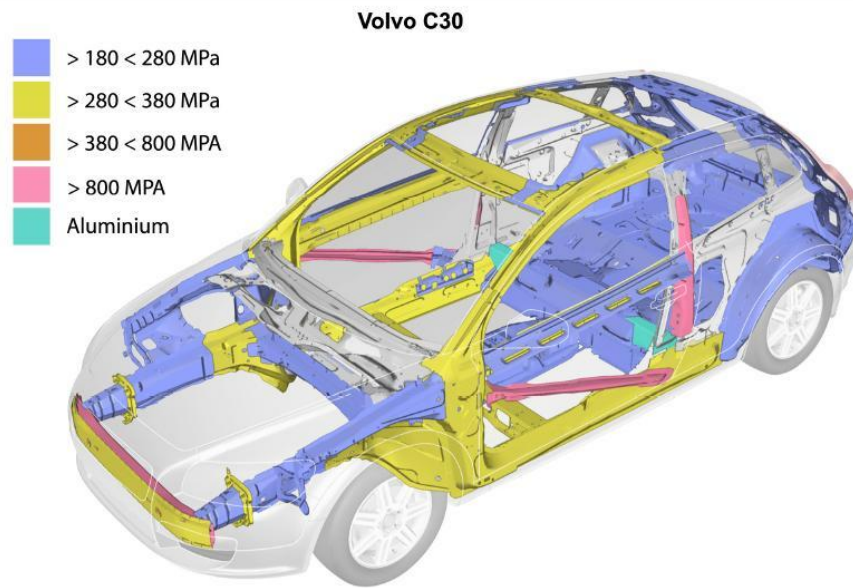
Seznam příloh:

<i>Příloha č. 1 – Použití pevnostních materiálů u vozidla Volvo C30 [19].....</i>	<i>1</i>
<i>Příloha č. 2 – Teoretické zóny postupného bočního nárazu [20]</i>	<i>1</i>
<i>Příloha č. 3 – Příklady napolohování a tvary bočních výztuh, jejich provázání s okolím a jejich přítomnost ve vozidlech – Mercedes-Benz GL 550 SUV [21], Peugeot 107 [22] ...</i>	<i>2</i>
<i>Příloha č. 4 – Příklady tvarů „A, B, C“ sloupků u vozidla Audi A8 [23].....</i>	<i>3</i>
<i>Příloha č. 5 – Překrytí dveří s prahem [24].....</i>	<i>3</i>
<i>Příloha č. 6 – Ukázka připevnění výztuhy k rámu dveří svarem (Opel Astra).....</i>	<i>4</i>
<i>Příloha č. 7 – Ukázka připevnění výztuhy k rámu dveří bodovým svarem (Ford Focus)....</i>	<i>4</i>
<i>Příloha č. 8 – Jednotrapézový tvar boční výztuhy (Ford Focus).....</i>	<i>4</i>
<i>Příloha č. 9 – Trubkový tvar boční výztuhy (Ford Fiesta).....</i>	<i>5</i>
<i>Příloha č. 10 – Dvoutrapézový tvar boční výztuhy (Ford Fusion).....</i>	<i>5</i>
<i>Příloha č. 11 – Díl z vozidla Ford C-Max poškozený bočním nárazem.....</i>	<i>5</i>
<i>Příloha č. 12 – Bezpečné vozidlo tak trochu jinak... (Cadillac Deville Presidential Limousine) [25].....</i>	<i>6</i>

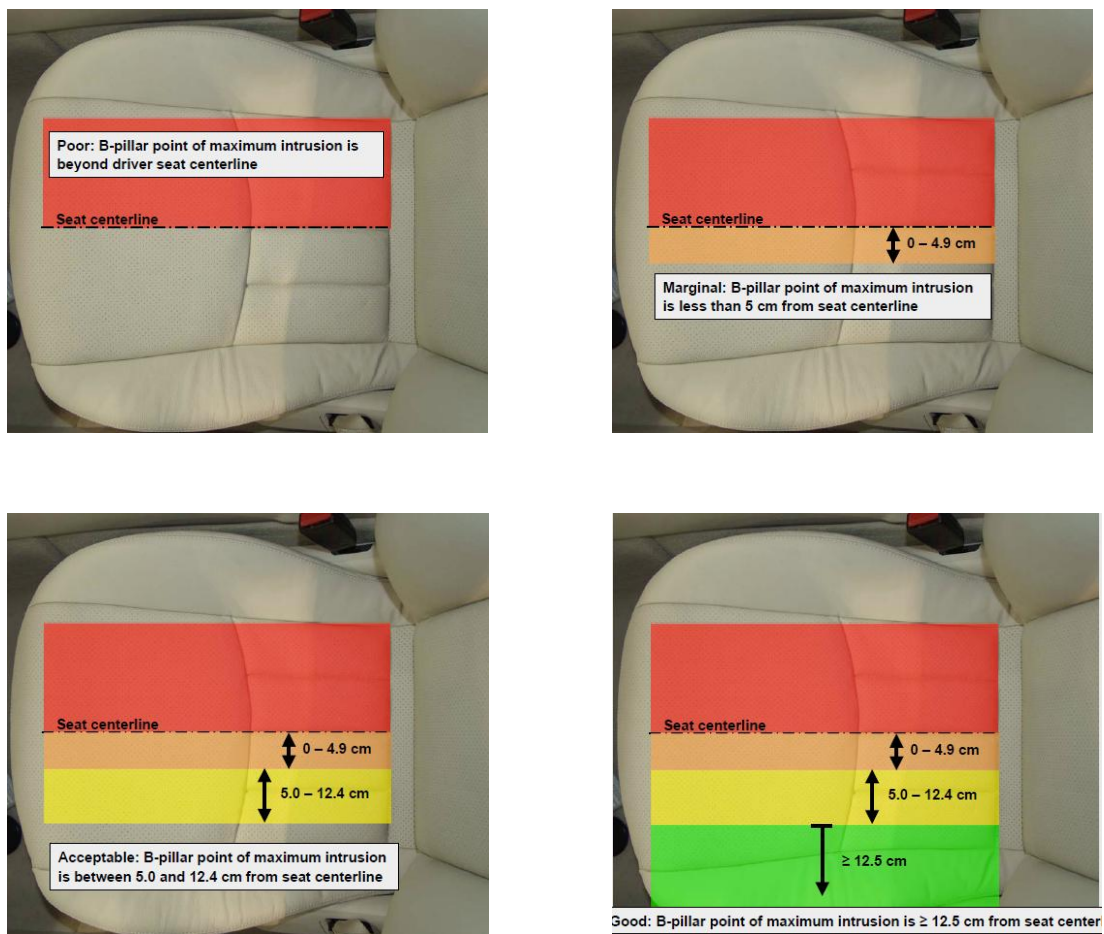
Seznam tabulek:

<i>Tab. č. 1 – Výsledné hodnocení testů Euro NCAP [5]</i>	<i>11</i>
<i>Tab. č. 2 – použití materiálů o různých tloušťkách pro různé části karoserie[11]</i>	<i>19</i>

Přílohy:

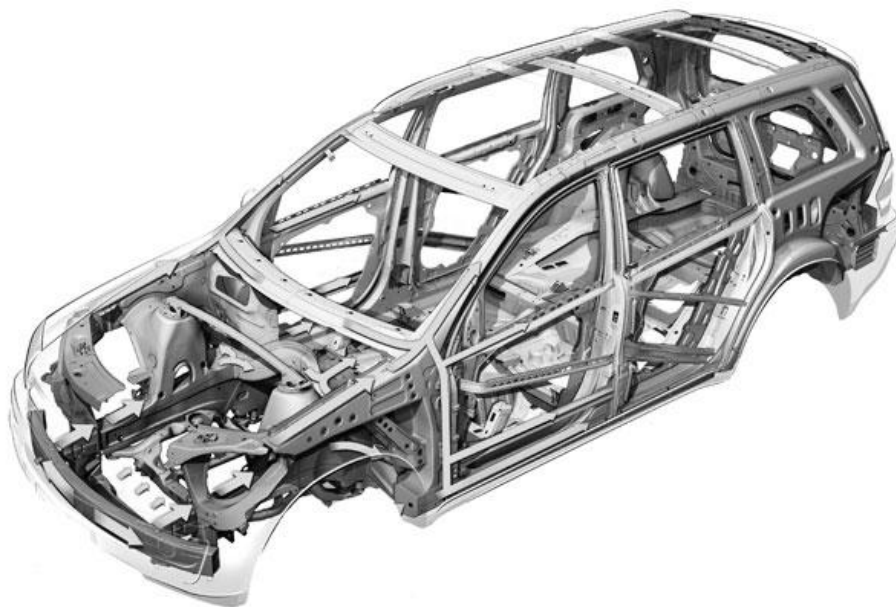


Příloha č. 1 – Použití pevnostních materiálů u vozidla Volvo C30 [19]

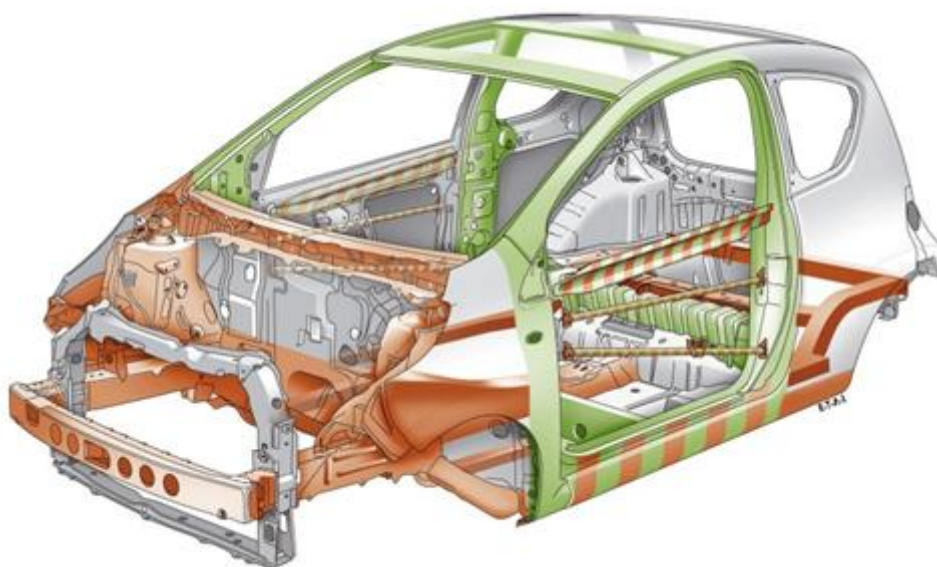


Příloha č. 2 – Teoretické zóny postupného bočního nárazu [20]

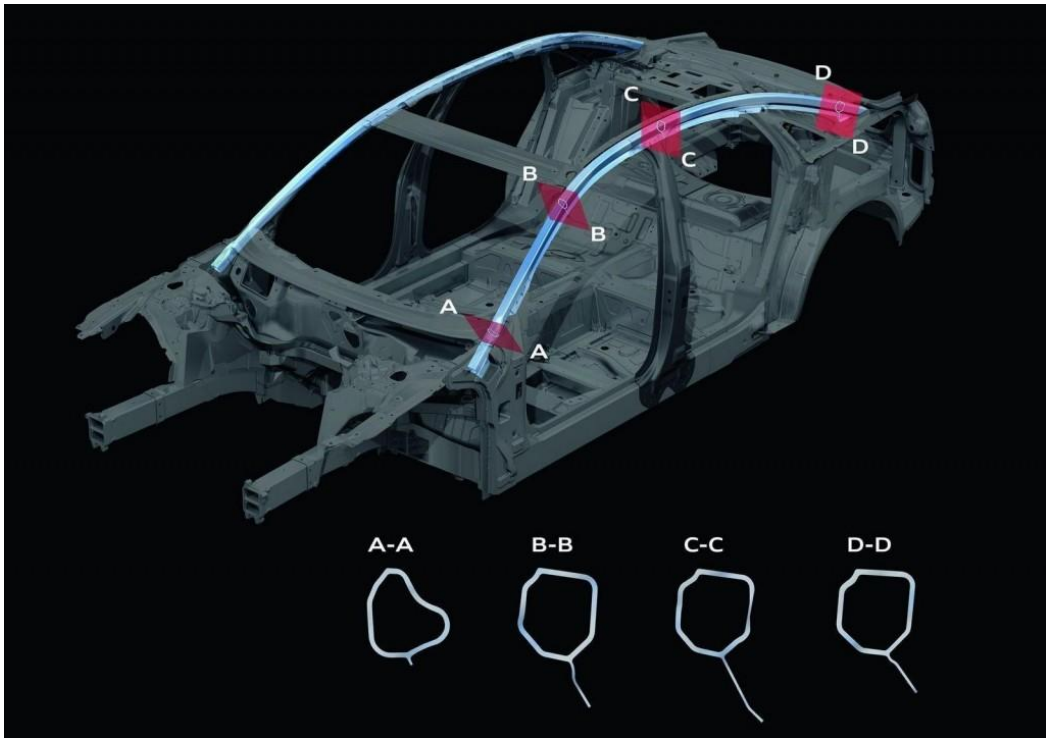
Příloha č. 3 – Příklady napolohování a tvary bočních výztuh, jejich provázání s okolím a jejich přítomnost ve vozidlech



Mercedes-Benz GL 550 SUV [21]



Peugeot 107 [22]



Příloha č. 4 – Příklady tvarů „A, B, C“ sloupků u vozidla Audi A8 [23]



Příloha č. 5 – Překrytí dveří s prahem [24]



Příloha č. 6 – Ukázka připevnění výztuhy k rámu dveří svarem (Opel Astra)



Příloha č. 7 – Ukázka připevnění výztuhy k rámu dveří bodovým svarem (Ford Focus)



Příloha č. 8 – Jednotrapézový tvar boční výztuhy (Ford Focus)



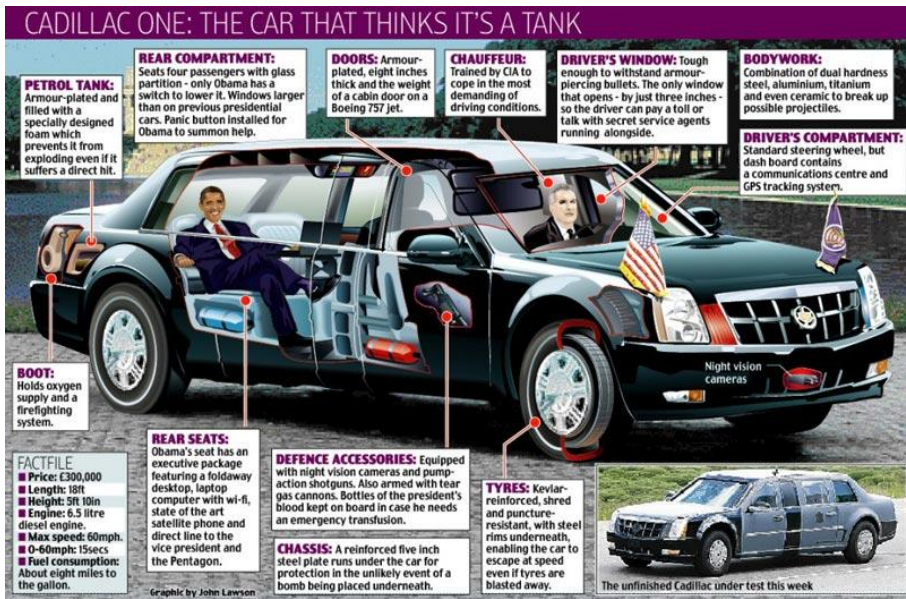
Příloha č. 9 – Trubkový tvar boční výztuhy (Ford Fiesta)



Příloha č. 10 – Dvoutrapezový tvar boční výztuhy (Ford Fusion)



Příloha č. 11 – Díl z vozidla Ford C-Max poškozený bočním nárazem



Příloha č. 12 – Bezpečné vozidlo tak trochu jinak... (Cadillac Deville Presidential Limousine) [25]