

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh a porovnání montážních nosníků front-end modulu osobního
automobilu v závislosti na použitých materiálech

Autor: **Bc. Ondřej BÍLEK**

Vedoucí práce: **Ing. Martin KOSNAR**

Akademický rok 2013/2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bílek	Jméno Ondřej		
STUDIJNÍ OBOR	23-35-8 „Dopravní a manipulační technika“			
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kosnar	Jméno Martin		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Návrh a porovnání montážních nosníků front-end modulu osobního automobilu v závislosti na použitých materiálech			

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	102	TEXTOVÁ ČÁST	60	GRAFICKÁ ČÁST	42
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce obsahuje návrh tří variant montážního nosníku osobního automobilu. Na každou variantu je uplatněn jiný materiálový koncept. Pro každou verzi je provedena pevnostní kontrola a je navržen výrobní postup s vyčíslením času operací. V závěru práce je provedeno ekonomické zhodnocení a výběr vítězné varianty.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Front-end modul, montážní nosník, nastavovací elementy, hybrid-in mould technology, termoplast, polyamid, hliníková slitina, vstřikolis, kataforická linka, strojní sazba, prodejní cena.

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bílek	Name Ondřej
FIELD OF STUDY	23-35-8 "Transport and handling machinery"	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kosnar	Name Martin
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design and comparison of front-end carrier of a car depending on the used materials	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	102	TEXT PART	60	GRAPHICAL PART	42
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	Thesis contains design of three versions of front-end module carrier. On each version is used different material. For each vision is made linear stress analysis and for each vision is present time of cycle. In the end of work is calculated best solution from economic view.
KEY WORDS	front-end module, front-end module carrier, tolerance compensation, hybrid in mould technology, thermoplastics, aluminum cast, injection moulding machine, machine price, price of one piece

Obsah:

1	ÚVOD.....	1
1.1	Zadání úkolu.....	1
1.2	Představení zadávací společnosti HBPO.....	1
2	PŘEDSTAVENÍ FRONT-END MODULU.....	2
2.1	Montážní nosník.....	5
2.1.1	Používané materiály montážních nosníků	6
2.2	Chladicí moduly	7
2.2.1	Materiály chladicích modulů	9
2.3	Prvky pro vedení a řízení přívodu vzduchu	9
2.4	Výztuha předního nárazníku	11
2.4.1	Materiály používané na výztuhu nárazníku	12
2.5	Přední maska	13
2.6	Asistenční systémy	13
2.7	Spojovací a nastavovací elementy.....	13
2.7.1	Spojovací prvky pro pevný spoj bez vymezení tolerancí	14
2.7.2	Spojovací prvky pro pevný spoj s vymezením tolerancí	16
3	STAV SOUČASNÉ TECHNIKY – STATE OF THE ART	17
4	VYJASNĚNÍ A ROZPRACOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA MONTÁŽNÍ NOSNÍK.....	19
4.1	Vyjasnění zadání	19
4.2	Zástavbový prostor.....	20
4.2.1	Chladicí sestava	21
4.2.2	Výztuha předního nárazníku	21
4.2.3	Světlomety	22
4.2.4	Přední maska, uchycení ke karoserii.....	22
4.3	Zatížení působící na obecný nosník	23
4.4	Definice jednotlivých zátěžových stavů.....	24
4.5	Důležité poznatky pro konstrukci nosníku.....	26
4.6	Analýza problému	26
4.7	Specifikace požadavků	26
4.8	Navržení funkční struktury.....	28
5	NÁVRH JEDNOTLIVÝCH VARIANT	30
5.1	Výchozí rozhodnutí.....	30
5.2	Varianta A	30
5.2.1	Verze A1	30
5.2.2	Verze A2	32
5.2.3	Verze A3	33
5.2.4	Verze A4	34
5.2.5	Verze A5	35
5.3	Pevnostní kontrola varianty A.....	36
5.3.1	Definice použitého materiálu[19]	36
5.3.1	Tvorba sítě a okrajové podmínky	37
5.3.2	Pevnostní kontrola	38
5.4	Varianta B	41
5.4.1	Verze B1	41
5.4.2	Verze B2	42
5.4.3	Verze B3	44
5.4.4	Verze B4	45
5.5	Pevnostní kontrola varianty B	47
5.5.1	Definice použitého materiálu	47

5.5.2	Tvorba sítě okrajové podmínky	48
5.5.3	Pevnostní analýza.....	49
5.6	Varianta C	53
5.6.1	Verze C1	53
5.6.2	Verze C2	54
5.6.3	Verze C3	55
5.6.4	Verze C4	56
5.7	Pevnostní kontrola varianty C	56
5.7.1	Definice použitého materiálu	56
5.7.2	Tvorba sítě a okrajové podmínky	57
5.7.3	Pevnostní analýza.....	57
6	VÝROBNÍ POSTUPY JEDNOTLIVÝCH VARIANT	59
6.1	Výrobní postup pro variantu A.....	59
6.2	Výrobní postup pro variantu B.....	62
6.3	Výrobní postup varianty C	64
7	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ VARIANT.....	66
7.1	Varianta A	66
7.2	Varianta B	69
7.3	Varianta C	70
7.4	Porovnání variant	70
8	TECHNICKÉ HODNOCENÍ VARIANT	71
9	VÝBĚR VARIANTY	72
10	ZÁVĚR.....	72
	POUŽITÉ ZDROJE:	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ	76
	SEZNAM TABULEK:.....	78
	SEZNAM PŘÍLOH:.....	79

Důležité značky a zkratky

Důležité značky

R_m	[MPa]	...Mez pevnosti v tahu
R_e	[MPa]	...Mez kluzu v tahu
$R_{p0,2}$	[MPa]	...Smluvní mez kluzu v tahu
E	[MPa]	...Modul pružnosti v tahu
G	[MPa]	...Modul pružnosti ve smyku
σ	[MPa]	...Normálové napětí
τ	[MPa]	...Smykové napětí napětí
P	[W]	...Výkon
F	[N]	...Síla
g	[m·s ⁻²]	...Gravitační zrychlení

Důležité zkratky

JIS	...Just in sequence
JIT	...Just in time
FEM	...Front end module
GSM	...Global system for mobile communications
GPS	...Global positioning system
SUV	...Sportovně užitkový vůz
PP	...Polypropylen
PA	...Polyamid
EUR	...Euro

1 Úvod

1.1 Zadání úkolu

Cílem práce je předložit tři varianty montážního nosníku. Montážní nosník je hlavní nosný prvek čelního modulu osobního automobilu. Automobil je blíže specifikován jako mály vůz nižší třídy. Vůz je vybaven klimatizací interiéru a přeplňovaným benzínovým motorem o obsahu 1,6 l a výkonu cca 70 kW. Mezi typické zástupce této třídy patří například vozy: Ford Fiesta, Seat Ibiza, Volkswagen Polo, Škoda Fabia atd. Na základě této specifikace vozu je vytvořen tzv. zástavbový prostor, ve kterém jsou pozice a rozměry jednotlivých částí front-end modulu. Tím vzniká konkrétní místo pro konstrukci nosníku. Ze zadání je jasné, že se bude jednat o sériovou výrobu daného produktu s roční produkcí cca 220 000 ks automobilů. Na jednotlivé varianty budou použity různé materiály či jejich kombinace. Ke každé variantě bude navržena stavební struktura. Bude proveden pevnostní výpočet a porovnání jednotlivých variant. Zejména z hlediska pevnosti, využití materiálu a dostupnosti technologie.

1.2 Představení zadávací společnosti HBPO

HBPO je to společnost zabývající se návrhem, vývojem a výrobou front-end modulů pro osobní automobily. Firma byla založena v roce 2004, ale její počátky sahají až do roku 1992. Vznikla z kooperace firem Hella – výrobce světlometů, Behr-výrobce chladicích modulů a Plastic Omnium-výroba plastových dílů vysoké kvality pro automobilový průmysl. Hlavní sídlo firmy se nachází v německém Lippstadtu. Po celém světě je okolo 20 poboček společnosti a dodává moduly pro výrobce automobilů po celém světě. V loňském roce 2012 vyrobila celkem 4 223 000 kusů Front-end modulů a dosáhla tržeb v hodnotě 1,2 miliardy EUR. Mezi nejvýznamnější zákazníky patří Volkswagen, Porsche, Audi, Seat, Škoda, BMW, Renault, Kia atd. Firma splňuje normy potřebné pro výrobu dílů pro automobilový průmysl: ISO/TS 16949:2009, ISO 14001:2004. Většina poboček se nachází poblíž montážních závodů, do kterých firma dodává zboží v systému dodávek JIS. Skladové zásoby hotové i rozpracované výroby jsou tím redukovány na minimum. Firma má vlastní vývojový tým, který se zabývá vývojem a konstrukcí nových modulů.

2 Představení Front-end modulu

Název vychází z anglického pojmenování. Ve volném překladu do češtiny můžeme použít termín čelní modul, který se však v praxi téměř nepoužívá. V této publikaci budu dále používat termín převzatý z anglického jazyka, tedy front-end modul, případně zkratku - FEM. Front-end modul je samostatná sestava dílů, která tvoří přední část osobního automobilu a uzavírá přední část karoserie. Dal by se charakterizovat jako ucelená sestava dílů s vysokými požadavky na výslednou funkčnost, na přesnost montážních tolerancí a celkovou váhu. Má za úkol: nést a chránit chladicí sestavu, umožnit jí odpovídající přísun vzduchu, maximálně ochránit automobil, cestující a chodce při nízkých rychlostech, umožnit snadné nastavení odstupů pohledových dílů. Velká část automobilových výrobců dnes přenechává vývoj a výrobu dodavatelům, kteří se specializují na tuto oblast. Výrobce automobilu tím ušetří místo ve svých výrobních halách a sníží počet přímých pracovníků. Při vlastní výrobě má celou



Obr. 1 - Front-end modul Audi Q7 V12 TDi [2]

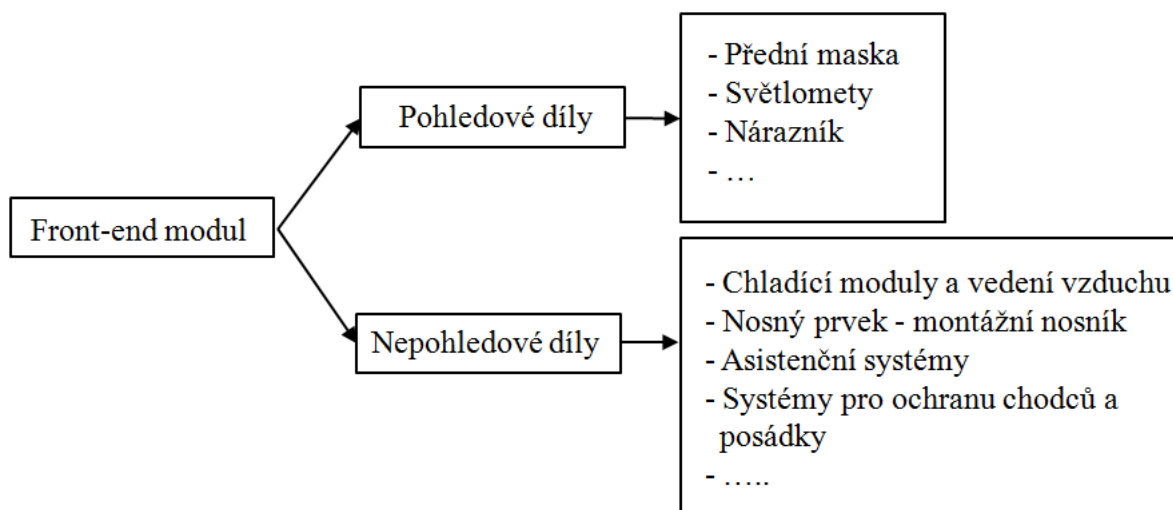
řadu dodavatelů na jednotlivé díly. Tím, že jeden dodavatel dodává FEM jako celek, je zredukován celý jeden dodavatelský řetězec a odpovědnost za kvalitu jednotlivých dílů i celku jsou přeneseny na dodavatele. Zredukuje se tím i náklady na stroje a nástroje potřebné pro zajištění výroby. Automobilky, které patří mezi zastánce outsourcingu, jsou například: Volkswagen Group, Chrysler, Hyundai Kia, Nissan, Mercedes, BMW a Fiat. Mezi hlavní

velké výrobce FEMů patří: Faurecia, HBPO, Calsonic Kansei, Decoma International, Denso, Hyundai Mobis, Peguform a Visteon.

Specializované firmy díky své úzké profilaci dokážou mnohdy nabídnout lepší a levnější řešení, než je automobilka sama schopna vyvinout. Ke snižování ceny přispívá velká konkurence na trhu a také technický pokrok v oblasti optimalizačních softwarů. Velmi výrazně se na ceně projevuje standardizace jednotlivých dílů v rámci jednotlivých koncernů či v rámci celého trhu. Obecně platí, že čím větší počet kusů jednoho kusu výrobku odeberu, tím bude nižší cena.

Důvodem pro používání front-end modulu jako samostatného montážního celku při sériové výrobě osobních aut je několik. Tím, že je FEM smontován mimo automobil na samostatné montážní lince, je dosaženo větší přesnosti uložení při finální montáži. Tolerance mezi jednotlivými díly jsou již vymezeny na předmontáži modulu. Při finální montáži se používají pouze referenční body celého modulu vůči retenčním bodům automobilu. Tato finální přesnost uložení je velice důležitá z důvodu dosažení přesné pozice zámku, dosažení stejných vzájemných odstupů světlometů, masky a kapoty. Pokud by se modul montoval při finální montáži na automobil po jednotlivých dílech, bylo by velice složité jednotlivé díly uložit na správné pozice. Z důvodu nemožnosti manipulovat s modulem jako s celkem by některé díly nebylo možno vůbec namontovat. Další důvod je zrychlení finální montáže automobilu, s čímž souvisí i možnost dodávek hotových modulů v systému JIT případně JIS. Z důvodu velkého množství vyráběných variant automobilů na jedné lince, se v praxi osvědčuje způsob dodávek v systému JIS.

Tím, že je během montáže před namontováním Front-end modulu přední část automobilu otevřená, je usnadněno umístění motoru, převodového ústrojí a součástí s ním spojených. Tyto součásti se nemusí do automobilu spouštět shora, ale je možné je nasunout zepředu. Montážní dělníci se tak nemusí ohýbat přes přední část. To zlepšuje ergonomii práce při montáži a zároveň není potřeba složitých manipulačních zařízení. Konstrukce modulu jako samostatného celku také umožňuje snížení celkové váhy modulu a efektivní využití prostoru v přední části automobilu. V dnešní době se používá FEM jako samostatná sestava u téměř všech typů osobních automobilů.

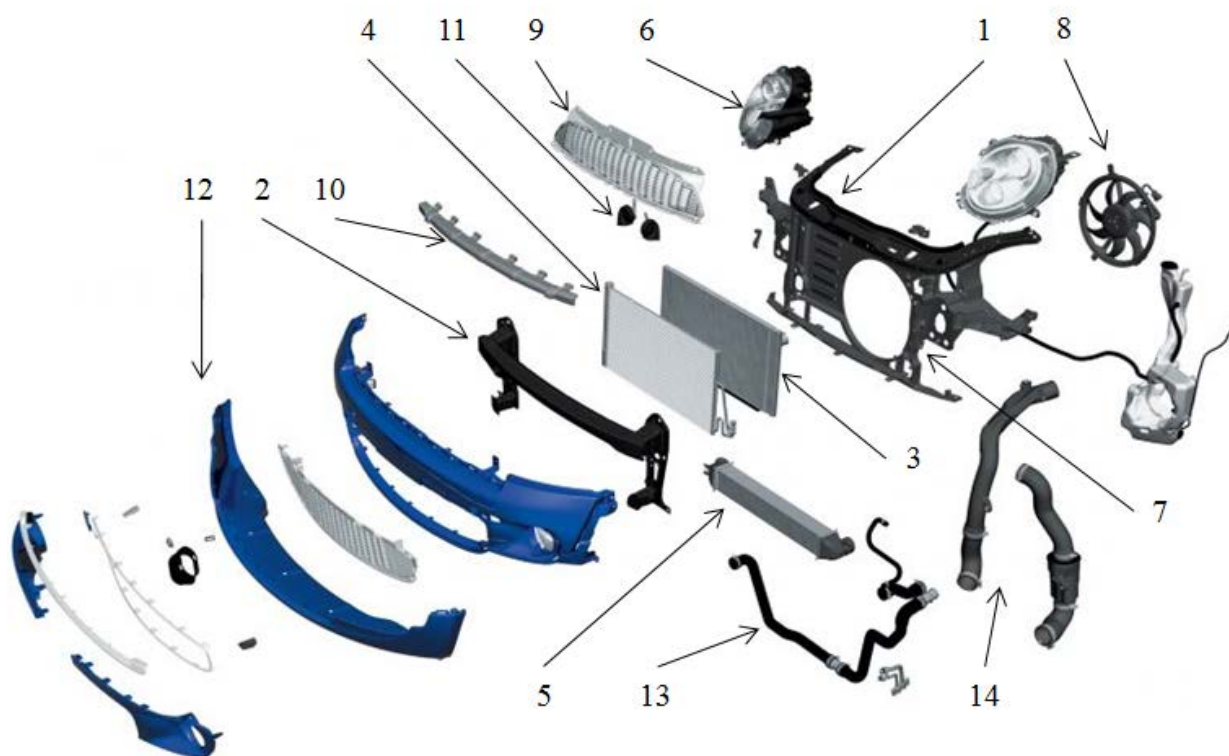


Obr. 2 - Obecné složení Front-end modulu

Na Obr. 2 je vidět základní rozdělení jednotlivých dílů či sestav, které se mohou objevit ve FEMu. Na pohledové díly jsou kladeny velké požadavky, co se týče kvality povrchu a povrchové úpravy. Pro uchycení na nosný prvek bývají použity nastavovací elementy, pro vymezení montážních tolerancí. Pro konstrukci takovýchto dílů platí speciální požadavky na tloušťku stěny materiálu, umístění otvorů a dalších věcí, které by mohly ovlivnit konečnou kvalitu povrchu. Pohledové díly jsou většinou určeny zákazníkem a jsou odvislé od konkrétního modelu automobilu.

Nepohledové díly, tvoří vlastní jádro front-end modulu. Dle Obr. 2 lze rozdělit díly do čtyř základních skupin. Do první skupiny, týkající se chlazení a přívodu vzduchu, zahrnujeme sestavu chladících modulů a díly sloužící k vedení a řízení přívodu vzduchu. Složení chladící sestavy obecně závisí na typu automobilu a může obsahovat: chladič motoru, chladič stlačeného vzduchu, chladič oleje pro automatickou převodovku, chladič pro baterie, atd. Vedení vzduchu bývá zajišťováno pomocí pružných plastových dílů, či kombinací dvou materiálů pomocí takzvané 2K technologie. K regulaci přívodu vzduchu na chladicí moduly slouží tzv. aktivní řízení přívodu vzduchu. Díly mají rámovou konstrukci, ve které jsou rotačně uloženy lamely. Hlavní nosný prvek – montážní nosník je základním stavebním kamenem celého FEMu. Montážní nosník je pevně spojen s karoserií a nese většinu okolních dílů. Je k němu připojen zámek kapoty. Může být jako jeden díl, či sestava několika dílů z různých materiálů. S rozvojem mechatronických systémů v automobilovém průmyslu, je počet asistenčních systémů stále větší. Jako hlavní zástupce této skupiny můžeme uvést: airbag senzory, parkovací senzory, GSM anténu, GPS anténu, parkovací kameru, kameru na noční

vidění či radarový senzor. Mezi systémy pro ochranu chodců patří výztuha předního nárazníku a pěnové, či jiné snadno neformovatelné díly. Další díly, které dosud nebyly příliš zmíněny, ale jsou velmi důležitou součástí, jsou spojovací a nastavovací elementy. V textu níže jsou blíže popisovány jednotlivé komponenty.



Obr. 3- Rozpad front-end modulu[1]. 1 - montážní nosník, 2 - výztuha předního nárazníku, 3 - hlavní chladič, 4 - kondenzátor klimatizace, 5 - chladič stlačeného vzduchu, 6 - přední světlomety, 7- ventilátorová stěna, 8 - ventilátor, 9 - mřížka vrchní masky, 10 - přední pěnový díl, 11 - klaksony, 12 - rozpad sestavy přední masky, 13 - hadice hlavního chladiče, 14 - hadice chladiče stlačeného vzduchu.

2.1 Montážní nosník

Montážní nosník je hlavní nosný prvek Front-end modulu. Nosník je pevně spojen s karosérií automobilu. Je buďto přímo namontován na čelní plochu dolního podélníku, nebo je připevněn ke kotvící desce předního nárazníku, který je spojen s dolním podélníkem. Další bod pro uchycení bývá v oblasti podběhu předního kola, či v oblasti horního podélníku. U větších osobních vozů typu SUV se využívají ještě další úchytné body v oblasti pomocného dolního podélníku. K uchycení k automobilu je nejčastěji používán šroubový spoj. Na montážní nosník je pevně namontován jeden či více zámků kapoty v závislosti na daném

vozu. Vzdálenost od úchytných bodů v horní části karoserie k zámku kapoty, zásadním způsobem ovlivňuje výslednou konstrukci nosníku. Vzhledem k tomu, že nosník musí být dimenzován tak, aby vydržel zkoušku na vytržení kapoty ze zámku. Při použití dvou zámků, bývá vzdálenost k uchycení na karoserii menší. V montážním nosníku jsou připravené úchytné elementy pro další prvky. Můžou to být klipy, zalisované či navařené matice, podložky, dosedací plochy pro uchycení masky, nastavovací elementy pro doraz kapoty.

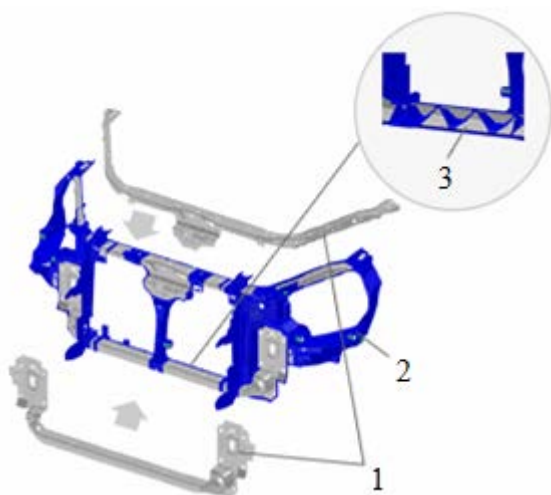
K montážnímu nosníku je dále pomocí pružných elementů uchycena chladicí soustava. Světlomety mohou být upevněny přímo na nosník, nebo na pomocné rameno nosníku. Světlomety bývají uchyceny pomocí nastavitelných elementů, pro lepší nastavení finální pozice. V závislosti na dané konstrukci mohou být přímo na nosníku zavěšené i další části front-endu. Nosník může být z jednoho kusu, nebo z několika dílů a různých materiálů.

2.1.1 Používané materiály montážních nosníků

Ocelový nosník, ve formě svařence, který se skládá z jednotlivých ohýbaných plechů. Používá se nejčastěji hlubokotažná ocel. Výhoda oceli je, že má velkou tuhost při poměrně malých nárocích na prostor. Velká výhoda též spočívá v předvídatelnosti chování materiálu, čehož se využívá během statických a dynamických analýz při technických výpočtech. Tato vlastnost je důležitá pro předpověď chování přední části automobilu při nárazu. Ocelové montážní nosníky se v moderních automobilech téměř nepoužívají pro svoji velkou hmotnost. V dnešní době je kladen neustálý požadavek na co nejmenší hmotnost celého front-end modulu. Z toho důvodu se začal používat ocelový **plech v kombinaci** s termoplastem. V začátcích této technologie se používala speciální lepidla pro spojení plechu s plastem. Nyní převažuje mechanický způsob spojení pomocí tvarového spoje. Na plastovém díle je buď vytvořena sada klipů, které přesně zapadají do připravených děr na plechovém dílu, nebo je plechový díl zalit do plastu. Tato technologie se v anglické literatuře označuje jako - **Hybrid in-mould design**, viz Obr. 4. Modrou barvou je znázorněn termoplast a šedou barvou plechový díl. Mezi nejčastěji používané plastové materiály patří termoplasty typu polyamid a polypropylen, které jsou plněny skelnými vlákny různého typu.

Novým trendem při konstrukci montážních nosníků je kombinace kompozitních materiálů, většinou tkanin ze skelných a uhlíkových vláken, které jsou zality do plastu pomocí Hybrid in-mould technologie. Dalším novým trendem a je použití hliníkových a magneziových slitin. V poslední době hodně používaný materiálový koncept montážních nosníků je čistě **plastový**

montážní nosník. Na Obr. 5 je vidět nosník Škody Octavia III. Nevýhoda u celoplastových nosníků je špatná předvídatelnost chování materiálu. Má obecně nelineární závislost zatížení na prodloužení. Z toho důvodu není například možné umístit airbag senzory na plastový nosník. Výhody spočívají v malé váze dílu.



Obr. 4 - Hybridní nosník[4]. 1 – plechový díl, 2 – plastová část, 3 – zadní žebrování.



Obr. 5 - Celoplastový nosník[6]

2.2 Chladicí moduly

Chladicí soustava je standardně osazovanou částí front-end modulu. Protože během provozu automobilu přenáší vibrace z motoru i vibrace pocházející z kontaktu kol s vozovkou, je chladič pružně spojen s montážním nosníkem. Toto uložení umožňuje pohyb modulu až 10 mm ve všech třech osách, s čímž je nutno počítat při konstrukci montážního nosníku.

Existují dva základní typy konstrukce chladičů. Liší se v podstatě pouze prostorovým uspořádáním a směrem, kterým prochází chlazená kapalina. Na Obr. 6 je zobrazen typ s vertikálním uložením plochých trubek. Chladicí kapalina přichází shora a postupným ohlazením pomocí proudícího vzduchu klesá dolů, kde odchází zpět k motoru. Druhý typ má ploché trubky uložené vodorovně, viz Obr. 7. Chladicí kapalina postupně přechází z jedné strany od vstupu na druhou k výstupu. Vstup i výstup může být na jedné straně. Vstup kapaliny je v horní části a výstup ve spodní části. Toto uspořádání umožňuje dosáhnout menší celkové velikosti, než u uspořádání s vertikálním uložením trubek.



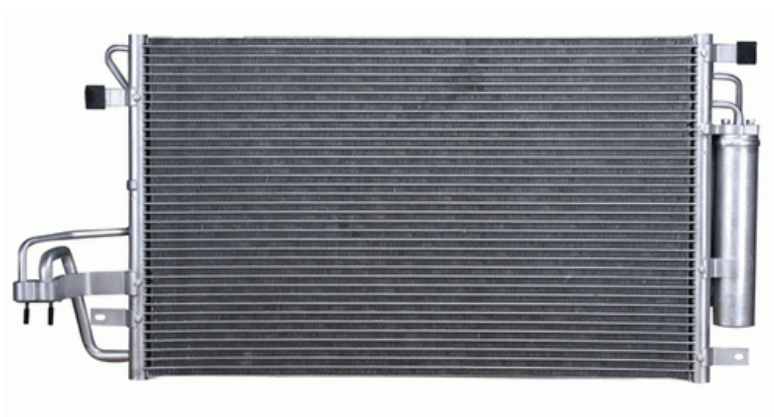
Obr. 6 - Vertikální uspořádání chladiče[4]



Obr. 7 - Horizontální uspořádání chladiče[4]

Kondenzátor klimatizace bývá nejčastěji umístěn před hlavním chladičem motoru. Je součástí vysokotlaké části okruhu klimatizace. Medium z okruhu klimatizace se zde ochlazuje a kondenzuje z plynu zpět na kapalinu. Typické provedení kondenzátoru je zobrazeno na Obr. 8. Válcová nádoba v pravé části obrázku je vysoušeč, který zároveň plní funkci filtru. Může, ale nemusí být součástí kondenzátoru.

Mezi další používané chladicí moduly patří následující: chladič stlačeného vzduchu, chladič oleje pro automatickou převodovku či pro posilovače řízení a brzd, chladič pro baterie elektrických pohonů. Ty mohou být umístěny před hlavním chladičem, nebo na stranách automobilu před předními koly.



Obr. 8 - Typické provedení kondenzátoru[5]

2.2.1 Materiály chladících modulů

Dříve se na výrobu chladičů používala ocel, poté ji nahradily barevné kovy měď či mosaz. Takové chladiče byly velmi těžké a měly problémy s korozí. V dnešní době se téměř výhradně jako hlavní materiál používá hliník a jeho slitiny. U hliníku se provádí umělé stárnutí, a tím odpadá nutnost další povrchové úpravy. Na výrobu některých částí se používají části z termoplastu typu polyamid a polypropylen, plněné skelnými vlákny, zvláště ty, které dobře odolávají vyšším teplotám.

2.3 Prvky pro vedení a řízení přívodu vzduchu

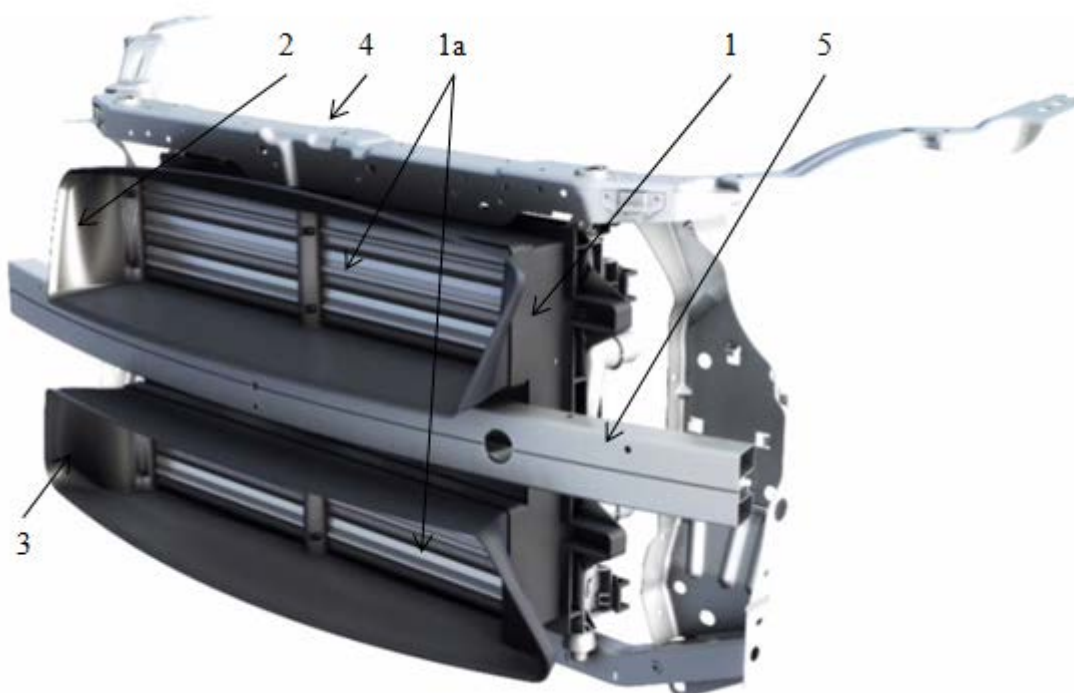
Pro zvýšení účinnosti chlazení je nezbytné usměrňovat vzduch, vstupující do motorového prostoru. Při správném navedení vzduchu dochází ke zvýšení účinnosti chlazení až o 15%, tím dochází i ke spotřebě elektrické energie, respektive paliva. Pro správné navedení slouží vedení vzduchu. Můžeme ho rozdělit do dvou základních typů. Na otevřené a uzavřené. Při otevřeném způsobu je vedení tvořeno částečně okolními díly.

Otevřené vedení vzduchu tvoří oddělené díly, které mají za úkol navést co největší možné množství vzduchu. Takové díly jsou většinou vyrobeny pomocí 2K technologie tzn., že jsou složeny ze dvou různých plastových materiálů. V místech, kde díl doléhá na jiný a je požadována těsnost, je lokálně použit velmi pružný materiál. Takovéto vedení vzduchu je levné a jednoduché na výrobu, jeho účinnost však není stoprocentní, část vzduchu unikne v neutěsněných otvorech. Druhý, tzv. otevřený způsob, je tvořen většinou jedním, nebo dvěma díly, viz Obr. 9. Takovýto díl v přední části přesně kopíruje konturu vstupního otvoru na přední masce a v zadní části přesně doléhá na chladič. Někdy bývá doprostřed vloženo aktivní řízení přívodu vzduchu, v takovém případě se díl rozdělí na přední a zadní. Při tomto způsobu vedení je veškerý vstupující vzduch z otvoru v masce přiveden na chladicí sestavu. Tento díl je tvarově náročný a o něco dražší. Vedení vzduchu může být u obou způsobů částečně integrováno v montážním nosníku, či v jiném okolním díle. Je nutno říci, že některé vedení vzduchu neslouží k navádění vzduchu na chladiče. Mohou například sloužit pro zlepšení obtékání vzduchu v oblasti kol, kde bez podobných vedení dochází k velkému víření vzduchu a ztrátám.



Obr. 9 - Ukázka vedení vzduchu[12]. 1 – vedení pro chladič vzduchu umístěný před předním blatníkem, 2 – vrchní díl vedení vzduchu, 3 – spodní díl vedení vzduchu, 4 – vedení pro přívod vzduchu na brzdy.

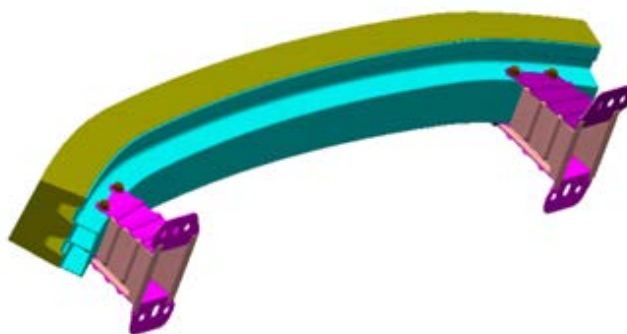
Aktivní řízení přívodu vzduchu nachází stále větší uplatnění v moderních automobilech z důvodu úspory paliva a energie. Při zavření přívodu vzduchu vznikne vzduchová kapsa, kterou vzduch po naplnění obtéká. Dochází tím ke snížení odporu vzduchu až o 9%. To se významně podepíše na spotřebě paliva. Udává se, že je možné dosáhnout úspory až 2g CO₂/km. Při startu motoru se zavřenými klapkami dojde k rychlejšímu zahřátí motoru a chladicí kapaliny na pracovní teplotu. V praxi to znamená rychlejší ohřátí interiéru po startu motoru v zimních obdobích. Přispívá také ke snížení hluku v kabině. Aktivní řízení je tvořeno rámem, který má integrované body pro uchycení vedení vzduchu a pro uchycení k nosnému prvku. V rámu jsou rotačně uloženy lamely. Ty jsou poháněny přes pákový mechanismus krokovým motorem, ten je taktéž uložen v rámu. Lamely se otáčí o 90°.



Obr. 10 - Aktivní řízení přívodu vzduchu[13] 1 – Aktivní řízení (rám), 1a – klapky, 2- vrchní díl vedení vzduchu, 3 – Spodní díl vedení vzduchu, 4- montážní nosník, 5- výztuha předního nárazníku.

2.4 Výztuha předního nárazníku

Výztuha se skládá ze samotné výztuhy nárazníku, deformovatelných elementů a kotvící desky. Pro zvýšení ochrany chodců se na výztuhu připevňuje díl z pěny o nízké hustotě. Na Obr. 11 Obr. 12 můžeme vidět klasické složení. Žlutou barvou je znázorněn pěnový díl, tyrkysovou barvou je znázorněna přední výztuha nárazníku a odstínem fialové barvy jsou znázorněny deformovatelné elementy. Na Obr. 12 jsou zobrazeny různé typy předních nárazníků.



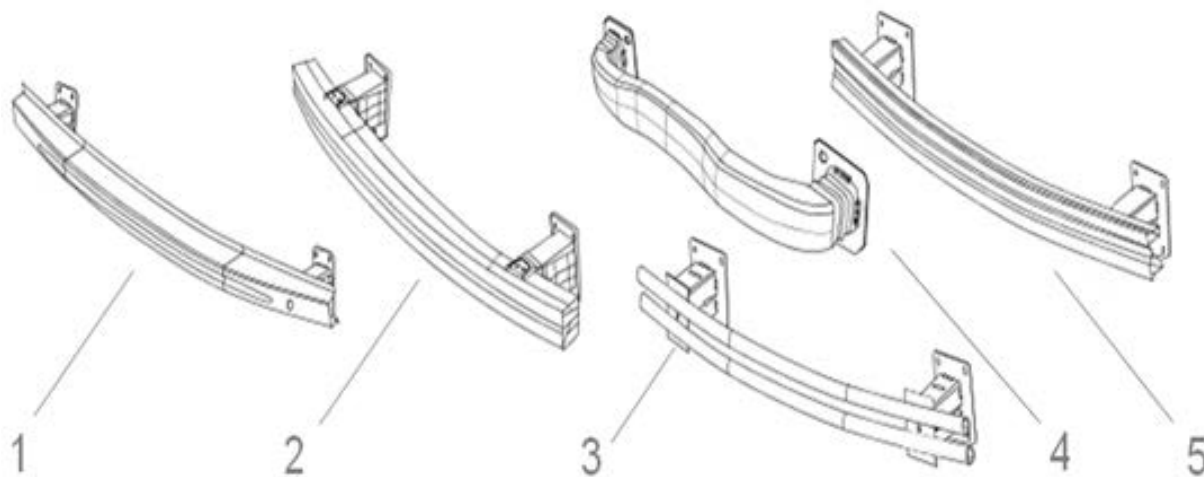
Obr. 11 – Výztuha předního nárazníku s pěnovým dílem[14]

Hlavní úkoly, které plní systém výztuhy předního nárazníku:

- Absorbuje energii na počátku nárazu a zbylou energii rozvádí do zbytku karoserie.
- Při nárazu v malých rychlostech minimalizuje poškození součástí v přední části automobilu, což je důležité zejména kvůli tzv. pojišťovacím nehodám.
- Při vyšších rychlostech vede energii nárazu do karoserie a zabraňuje zkolabování přední části, tím zajišťuje lepší ochranu cestujících.
- Pomáhá plnit předpisy v oblasti ochrany chodců.

2.4.1 Materiály používané na výztuhy nárazníku

Výztuha nárazníku může být vyrobena z hliníku, nebo z oceli vysokou mezí kluzu a velkou pevností. Tato výztuha má za úkol přenést energii z nárazu na deformovatelné prvky. Deformovatelné prvky předního nárazníku mohou být z hliníku či oceli. U neformovatelných prvků je důležité, aby absorbovali co nejvíce energie při nárazu. Výhoda oceli proti hliníku je dosažení stejných nárazových vlastností při použití menšího objemu materiálu.



Obr. 12 - Typy předních nárazníků [7]. 1 - skořepinový ocelový, 2 - extrudovaný hliníkový, 3 - trubkový, 4 - vytvořený pomocí metody hydroforming, 5 - trubkový.

2.5 Přední maska

Přední maska je pohledový díl s vysokými nároky na kvalitu povrchu. Díl bývá poměrně velký, zakrývá někdy i celou přední spodní část auta. V takovýchto dílech jsou buď vyrobeny klipy, nebo díry pro klipy. Pomocí nich se připevní vodící profil, pro lepší nastavení a zpevnění masky. Poloha a uchycení masky se určují na základě simulací, protože mají přímý vliv na deformaci masky při srážce s chodcem.

2.6 Asistenční systémy

Jak již bylo zmíněno, zástupci asistenčních systému jsou: airbag senzory, parkovací senzory, klakson, GSM anténa, GPS anténa, parkovací kamera, kamera na noční vidění či radarový senzor. Některé senzory mají specifické požadavky na polohu a způsob uchycení. Airbag senzor musí být umístěný na struktuře, u které můžeme přesně předpovídat chování při nárazu. V současné době jsou proto senzory umísťovány pouze na plechové díly. Parkovací senzory bývají umístěny ve spodním dílu přední masky. Jsou lehce rozpoznatelné. Charakteristické jsou kruhové ohraničené plochy. Umístění klaksonu není tak jednoduché, jak by se mohlo zdát. Vnitřek FEMu je tvarově složitý, při špatném umístění klaksonu se zvuk odráží uvnitř a vně není hlasitý. Zvuk klaksonu musí splňovat požadavky na hlasitost. Některé automobily proto mají dva klaksony. GSM anténa bývá často uložena v pěnovém dílu předního nárazníku. Moderní luxusnější automobily jsou dnes běžně vybaveny kamerou pro noční vidění, kamerou pro snímání reálného času, laserovým senzorem (Lidar) a radarovým senzorem (ACC). Radarové a laserové senzory slouží pro určování odstupu od okolních vozidel. Systém dokáže kopírovat jízdu zvoleného vozidla jedoucího vpředu a tím usnadňuje řízení. Radarový senzor má akční rádius až 200m s horizontálním rozevřením až 12°. Lidar má dosah až 150m a horizontální rozsah 145°.

2.7 Spojovací a nastavovací elementy

Celá sestava FEM obsahuje až desítky spojů. Buď mezi jednotlivými částmi FEM, nebo mezi FEM a karosérií. Všechny spoje musí být spolehlivé, musí poskytovat pevné spojení bez poklesu utahovacího momentu, musí být snadno vyrobitelné a musí splňovat veškeré další

požadavky, které jsou kladeny zákazníkem či dodavatelem. Prvky pro spojování jsou proto velice důležitou součástí každého FEM. Rozdělíme si tyto elementy na dva základní druhy. Na prvky, které zajišťují pevné spojení dvou součástí částí a na prvky, které umožňují vymezení tolerancí v jedné, ve dvou, nebo ve třech osách. Pro automobilový průmysl existuje nepřehledné množství typů spojovacích prvků. Dále uvedu pouze ty, které jsou vhodné pro použití na FEM.

2.7.1 Spojovací prvky pro pevný spoj bez vymezení tolerancí

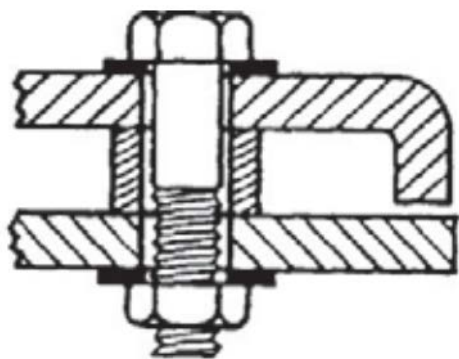
Poskytují pevné rozebíratelné spojení, u kterého je možné dosáhnout velkých utahovacích momentů. Polohu jednotlivých dílů není možno přesně ovlivnit.

Samořezné šrouby, vruty a zalisovávací kolíky

Jsou šroubovány či vloženy do předpřipravených děr, kde si vyříznou nebo vytvarují závit a díky deformaci okolního materiálu vytvoří pevný spoj. Jedná se o levný a velmi rychlý způsob spojení. Tvary vrutů a kolíků jsou závislé na spojovaném materiálu. Mohou být instalovány do plastů, pěn, slitin lehkých kovů atd. Výhodou je možnost spojování různorodých materiálů, rozebíratelnost spojení, malá technologická náročnost. Nevýhodou tohoto typu spojení je velká koncentrace napětí v oblasti spoje, kde se mohou objevit drobné trhliny. Při montáži do plastových materiálů dochází po čase k relaxaci a v důsledku toho pokles utahovacího momentu.

Šroubové spojení

Spoj je tvořen šroubem, maticí a podložkou. Šrouby mohou mít různé typy hlav, vždy však mají rovnou dosedací plochu. Při spojování dvou částí, které na sebe přímo nedoléhají, se používají kovové vložky. Při spojení dle Obr. 13, kdy je ve spoji přímo obsažena plastová část, dochází po čase vlivem vlhkosti a dalších jevů k relaxaci napětí a tečení plastu a tím k velkému poklesu utahovacímu momentu a oslabení spoje. Proto je nutné při spojování plastových materiálů použít vhodné kovové podložky a vložky, tak aby nebyl ve spoji obsažen plast.



Obr. 13 - Nevhodný příklad spojení



Obr. 14 - Pojistný šroub používaná v automobilovém průmyslu[17]

Šrouby

V automobilovém průmyslu se používají převážně speciální a jednoúčelové šrouby, vyráběné na zakázku. Šrouby musí splňovat různorodé požadavky, které jsou na ně kladeny zákazníkem (výrobcem automobilů). Jedná se o požadavky spojené s pevností, povrchovou úpravou a celkovou kvalitou dodávaných dílů, ale může se jednat i o různé specifické požadavky. Výrobce samozřejmě musí splňovat normy platné v automobilovém průmyslu. Šrouby používané v automobilovém průmyslu jsou typické svojí hlavou. Ta je na konci rozšířená a plní tak funkci podložky. Z druhé strany jsou uzpůsobeny pro snadné nasazení utahovací hlavičky.

Matice, závitové vložky

Při tvorbě spojů je možné použít **klasické matice** s podložkou. Tento způsob je technologicky jednoduchý, ale při ruční montáži může být časově náročný a pracný, z důvodu nutnosti nasazení podložky a matice. Rozšířeným typem matice je **matice navařovací**. Na kovový díl, ve kterém je připraven otvor se přesně navaří matice. Tím je vytvořen pevný spoj. Při finální montáži není nutné nasazovat ručně matici. Pro navaření matice je potřeba montážního přípravku se svářečkou. Dochází k tepelnému ovlivnění v oblasti navaření matice. Dalším často používaným typem je **nýtovací matice**. Matice je vložena do otvoru v kovovém či plastovém dílu a rozlisováním matice dojde k pevnému spojení materiálů. Rozlisování se provádí pomocí speciálního šroubováku či montážní vrtačky. Velká výhoda při použití nýtovací matice je možnost použití do různých typů materiálů a při spojení není základní materiál nijak ovlivněn. Nýtovací matice vytvoří rovnou dosedací plochu, pro snadné spojení s dalšími díly. Mohou být různého tvaru a z různého materiálu. Pro větší odolnost proti protočení matice se používají matice s šestihranným průřezem.



Obr. 15 - Různé typy maticových vložek



Obr. 16 - Nýtovací matice[17]

Pro spoje, kde není potřeba dosahovat vysokých utahovacích momentů, se s výhodou používají **plechové klipy se závitem**, či maticí. Výhodou tohoto spoje je velice rychlá a snadná montáž. Klipy lze použít na různé typy materiálů. Pro vytvoření kvalitního závitu je možné použít závitové vložky. Mohou být namontovány do předem připravené díry v hotovém dílu nebo mohou být vloženy do dílu při procesu vstřikování. Přehled závitových vložek do hotových děr je zobrazen na Obr. 15.

2.7.2 Spojovací prvky pro pevný spoj s vymezením tolerancí

V průběhu výroby nosných prvků i následné montáže front-endu mohou vzniknout velké odchylky. Při montáži pohledových dílů (přední maska, světlomety, atd.) je nutné tyto odchylky odstranit. Toho lze dosáhnout pomocí nastavitelných elementů.

V posledních letech se této oblasti přikládá větší důležitost. Rychlé nastavení pozice zlevňuje výrobu. Na trhu je mnoho různých principů. My zde představíme pouze některé zástupce.

Samořezné vruty s vnitřním závitem. Fungují na stejném principu jako klasické vruty. Obsahují navíc vnitřní metrický závit. Mohou být v provedení pro různé materiály. Vrut se našroubuje do připravené díry. Při přiložení montovaného dílu se nastaví (vyšroubuje nebo zašroubuje) vrut do požadované výšky pomocí vnitřního osazení (bývá šestihran). Poté se zašroubuje klasický šroub. Tento způsob kompenzace tolerancí představuje jednoduché, levné a spolehlivé řešení.



Obr. 17 - Vrut s vnitřním závitem[16]



Obr. 18 - Nastavovací element s nýtovací maticí[17]



Obr. 19 - Celoplastový nastavovací element[17]

Mezi další typy můžeme zařadit elementy s nýtovací maticí. Vyznačují se velkým rozsahem nastavení (cca 8mm) a je u nich možno dosáhnout velkých utahovacích momentů (až 25Nm). Nevýhodou těchto prvků je jejich cena. Další typ elementu je zobrazen na Obr. 19. Jedná se o celoplastový prvek. Výhodou je jeho poměrně snadná a levná výroba. Velká nevýhoda tohoto řešení spočívá v malé hodnotě dosažitelného utahovacího momentu ve spoji.

Koncerny výrobců automobilů mají většinou vytvořenou databázi spojovacích a nastavovacích elementů, které je možné použít při vývoji dílů a sestav tak, aby omezeno množství typů prvků. Počet odebíraných kusů spojovacích prvků ovlivňuje výslednou cenu. Obecně platí, že čím více kusů od jednoho druhu prvku odeberu, tím menší bude cena.

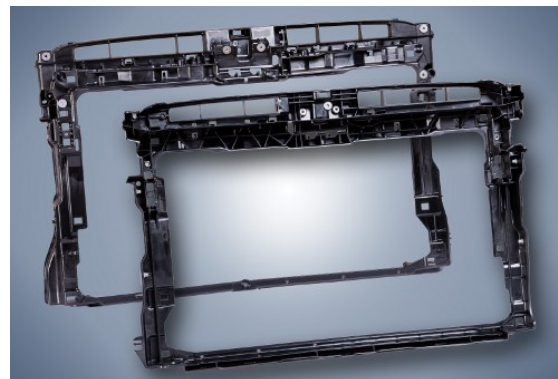
3 Stav současné techniky – State of the Art

V automobilovém průmyslu obecně platí, že chceme dosáhnout co nejlevnější nejlehčí a pokud možno co nejpevnější struktury, která bude splňovat i ostatní požadavky. Velký důraz je kladen na nízkou hmotnost jakékoli struktury používané v sériové výrobě. Je to z důvodu ušetření nákladů za použitý materiál a požadavek souvisí hlavně s provozem vozidla. Každý gram navíc zvyšuje spotřebu automobilu.

Na Obr. 20 je zobrazen nosník použitý u Škody Octavia třetí generace vyrobený firmou Faurecia. Tento nosník je vyroben z polyamidu 6(PA6) s obsahem skelných vláken o celkovém objemovém podílu 60%. Velkým problémem u **celoplastových** nosníků je dodržení požadavku na tuhost struktury. Nejvíce namáhaná místa jsou v oblasti uchycení ke karoserii a v oblasti uchycení zámku. U tohoto modelu se všechny kritéria splnit podařilo.



Obr. 20 - Montážní nosník Škoda Octavia
3.generace[6]



Obr. 21 - Montážní nosník VW Golf
7.generace[8]

Na Obr. 21. je zobrazen střední díl montážního nosníku použitý u modelu VW Golf sedmé generace. Nejedná se o celoplastový koncept, protože ramena, či nosiče světel jsou z plechu. Použitý plastový materiál je PA6 s objemovým obsahem skelných vláken 40% a s vylepšenými vlastnostmi pro vstřikování. Pro konstrukci tohoto nosníku bylo využito speciálního výpočtového systému Ultrasim společnosti BASF. U výrobků, které obsahují vysoký podíl skelných vláken, je velký problém s trvanlivostí forem. Skelná vlákna poškozují při vstřikování formy a v místech velkého průtoku plastu vybrušují tvary formy. Je potřeba tedy použít několik nástrojů na výrobu série, nebo použít kvalitnější a tedy dražší nástroj.



Obr. 22 - Mont. Nosník Mercedes Benz[11]



Obr. 23 - Hybridní nosník Audi A8[10]

Nosník na Obr. 22 je používán v automobilech Mercedes-Benz třídy B. Nosník je tvořen hliníkovou tvářenou trubkou, kolem které je vytvořena struktura z plastu. Hliníková část je vytvořena pomocí metody internal high-pressure forming zvané taky hydroforming. Na hliníkové trubce jsou vytvořeny místní prolisy s otvory, které umožní pevné spojení s plastovou částí. Mercedes má způsob výroby tohoto nosníku patentovaný. Na plastovou část je použit materiál nylon 6, který je plněn skelnými vlákny. Tento typ nosníku představuje

velké úspory hmotnosti a technologie výroby umožňuje velké objemy produkce při relativně nízkých strojních časech.

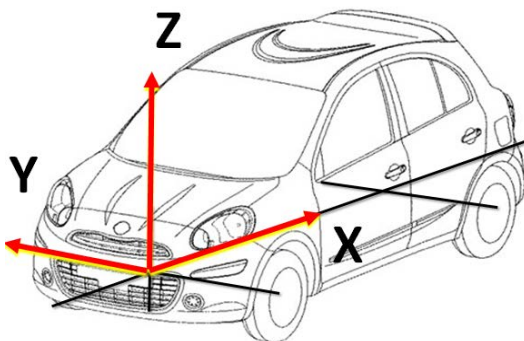
Na Obr. 23 je zobrazen nosník vyrobený pomocí hybrid in-mould technologie, viz výše. Tento nosník kombinuje použití **kompozitních** a **plechových** dílů spolu s **plastem**. Horní část jsou vhodně tvarované plechy, na kterých jsou rozmístěna plastová žebra. Spodní nosník je tvořen kompozitním dílem, který je zalit v plastu. Tento nosník byl použit na Audi A8 Hybridní nosník v sobě kombinuje výhody kompozitu, kovu a plastu. Kovové a kompozitní díly dávají struktuře tuhost v potřebných místech a plastová část je lehká, ale zároveň je schopna plnit požadavky na ni kladené. Požadovaný díl z kompozitu je nejdříve vytvářen, vytvrzen a případně obroben. Poté je zalit do plastu stejně jako při použití plechového dílu.

U sportovních a luxusních aut nacházejí uplatnění i slitiny lehkých kovů. Používají se **hliníkové** či **hořčíkové slitiny**. Nabízí výhodný poměr hmotnosti a tuhosti. Na Porsche Panamera byl použit montážní nosník tlakově odlitý z hliníkové slitiny.

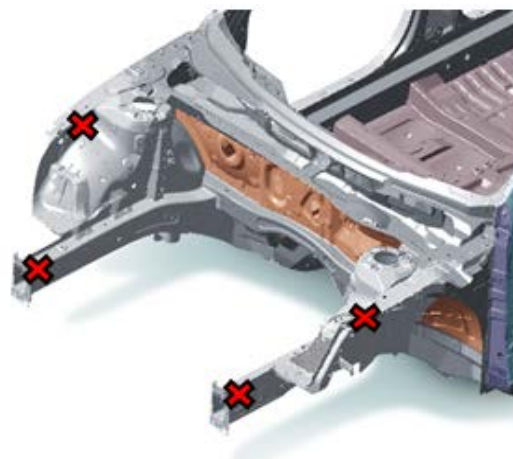
4 Vyjasnění a rozpracování požadavků na montážní nosník

4.1 Vyjasnění zadání

Jak už bylo řečeno v úvodu, úkolem je navrhnout tři varianty montážního nosníku na automobil odpovídající nižší třídě, který je vybaven klimatizací interiéru a přeplňovaným benzínovým motorem o obsahu 1,6 l a výkonu cca 70 kW. Z tohoto zadání vyplývají základní části našeho front-end modulu, na který budeme nosník konstruovat. Základní prostor tedy bude obsahovat tyto prvky: chladicí modul motoru, chladič stlačeného vzduchu pro



Obr. 24 - Osový systém vozu



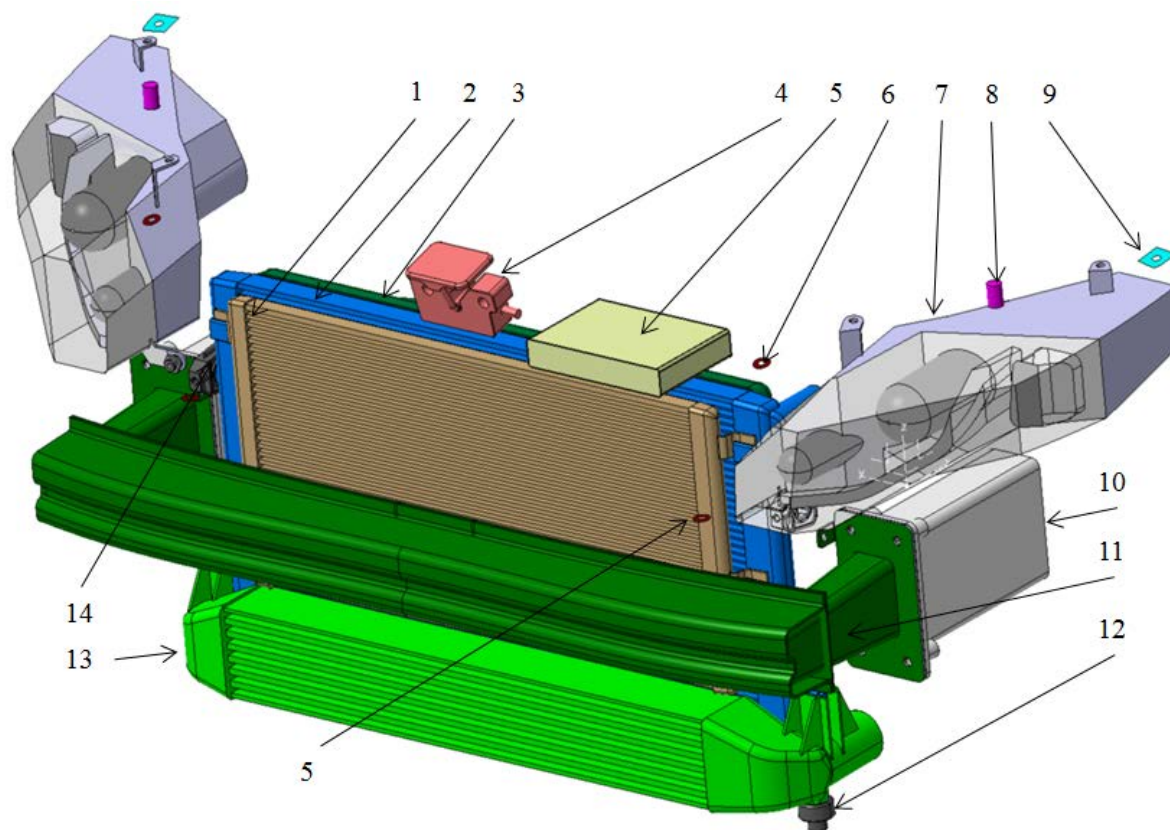
Obr. 25 - Úchytné body na karoserii[9]

přepřehování motoru, kondenzátor klimatizace, světlomety. Dále je v prostoru definována orientace a poloha zámku kapoty, body pro uchycení na karoserii, body pro uchycení přední masky a plochy pro doraz kapoty.

Počátek souřadného systému, ve kterém je základní prostor definován, leží v průniku spojnice středu kol přední nápravy a plochy, která je kolmá k této spojnici a zároveň kolmá k rovině vozovky. Osa x je kladná ve směru k zadní nápravě a je rovnoběžná s podélnou osou vozidla. Osa y je kladná směrem k pravému přednímu kolu, ve směru jízdy. Osa z je kladná ve směru od vozovky vzhůru viz Obr. 24.

4.2 Zástavbový prostor

Na základě předchozí kapitoly byl vytvořen zástavbový prostor, viz Obr. 26. V textu níže budou popsány blíže některé části.



Obr. 26 -Zástavbový prostor. 1 – kondenzátor klimatizace, 2 – hlavní chladič, 3 – ventilátorová stěna, 4 – zámek kapoty, 5 – poloha sacího průřezu,6 - dosedací plochy pro přední masku, 7 - přední světlomety, 8 – poloha dorazu kapoty, 9 – uchytávací bod na karoserii, 10 – dolní podélník automobilu, 11 – výztuha předního nárazníku, 12 – spodní lůžko chladiče, 13 – chladič stlačeného vzduchu, 14 – horní lůžko chladiče.

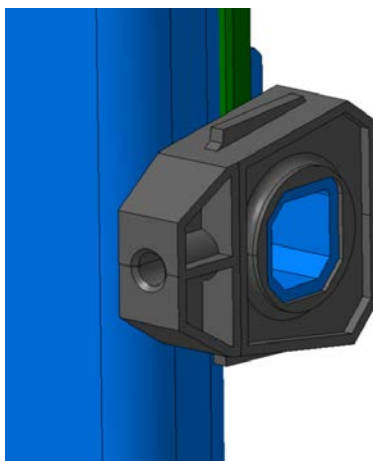
4.2.1 Chladicí sestava

Chladicí sestava se v našem případě skládá z hlavního chladiče, kondenzátoru klimatizace, chladiče stlačeného vzduchu a ventilátorové stěny. Na konstrukci nosníku má přímý vliv poloha a tvar lůžek chladiče. Na Obr. 27 a Obr. 28 je vidět horní lůžko chladiče. To má za úkol tlumit chvění a umožňuje také pohyb chladicí sestavy v ose z až 7 mm v obou směrech. Zpředu je otvor pro montáž lůžka na montážní nosník. Na pin chladiče stlačeného vzduchu je nasunuto spodní lůžko. Spodní lůžko, na Obr. 29, přenáší celou váhu sestavy na nosník. Postup při montáži: nejprve dojde k předmontáži chladičů. Na horní piny chladiče jsou umístěna horní lůžka. Montážní nosníky jsou umístěny na montážním vozíku a natočeny šikmo tak, aby usnadnily montáž. Sestava chladičů se nasune nejdříve do spodního lůžka, které je již předmontováno a poté se naklopením vloží do prostoru pro horní lůžko. V následující operaci se uchyť horní lůžko pomocí šroubu zpředu. Ventilátorová stěna se po samostatné předmontáži nasune do zadních úchyťů, na hlavním chladiči. Chladiče se montují bez provozních kapalin. Celková váha chladicí sestavy včetně provozních kapalin je zadána **11,5 kg**, Těžiště je dáno souřadnicemi [-644,0,190].

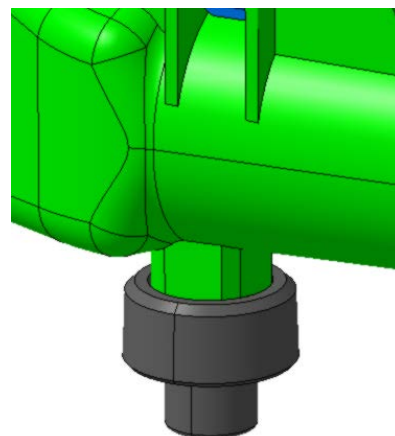
Výpočet působící síly: $m=11,5 \text{ kg} \Rightarrow 11,5 \cdot 10 \cdot 10 = 1500 \text{ N}$.



Obr. 27 - Lužko chladiče používané ve WV (Fabia,...)[15]



Obr. 28 - Zjednodušené horní lůžko

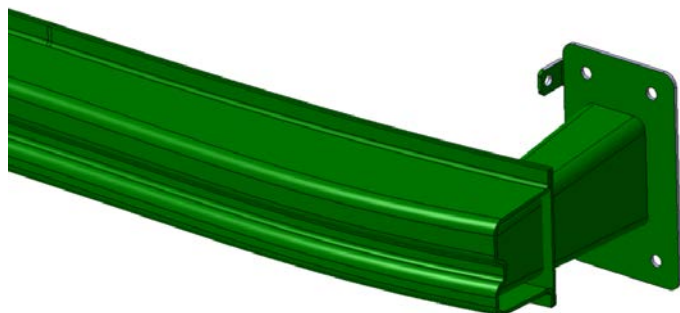


Obr. 29 - Uvažované spodní lůžko

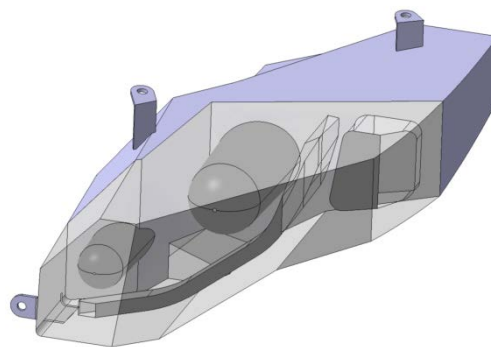
4.2.2 Výztuha předního nárazníku

Výztuha nárazníku odpovídá tvarově i rozměrově danému typu vozu. Zadaná výztuha je ocelová. Má osm hlavních montážních otvorů pro připevnění na čelní desku spodního

podélníku karoserie. Je možné přidat montážní body a to jak na případný lem kotvící desky, viz Obr. 30 tak na zadní stranu výztuhy. Na deformovatelný element je většinou zakázáno cokoli připevňovat. Postup při montáži: montážní nosník je vložen do montážního přípravku a následně ustaven do referenční polohy. Na nosník je připevněno vedení vzduchu pomocí klipů, poté je do přípravku vložena výztuha nárazníku a ustavena do správné polohy vůči nosníku (pomocí montážního přípravku). Pak dochází k přišroubování nosníku k výztuze.



Obr. 30 - Výztuha nárazníku



Obr. 31 - Světlo

4.2.3 Světlomety

Jedná se o standardní světlomety obvyklé pro daný segment vozů. Každý má tři body pro uchycení, každý bod má být nastavitelný v rozsahu $\pm 2\text{mm}$. Vrchní dva budou mít nastavitelné elementy umístěny v sobě. Třetí bod bude mít nastavovací element umístěn na nosníku. Postup při montáži: světlo se vloží pod nosník a ustaví do správné polohy. Při zašroubování šroubu do elementu se začne element vysunovat, dokud nedosáhne nastavené polohy. V tu chvíli se zastaví a dojde k zašroubování spoje. Zašroubuje se nejprve prostřední bod, poté druhý horní bod, a jako poslední spodní. Pokud nedojde k požadovanému nastavení odstupů, je možné jednotlivé body opakovaně výškově upravit.

4.2.4 Přední maska, uchycení ke karoserii

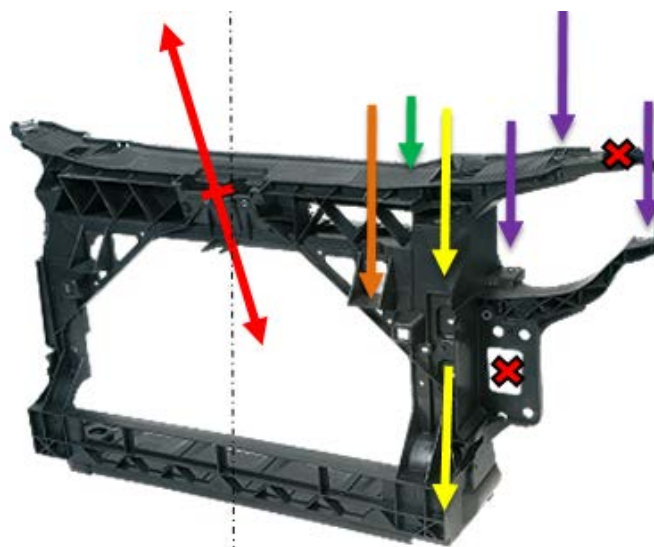
Přední maska je v našem případě definována pouze úchytnými plochami a celkovou hmotností. Zadaná hmotnost masky je **6 kg**. Uchycení masky je požadováno nastavitelné ve všech bodech. Výpočet působící síly: $m=6\text{ kg} \Rightarrow 6 \cdot 10 \cdot 10 = 600\text{N}$.

4.3 Zatížení působící na obecný nosník

Nosník je uchycen na stranách karoserie v oblasti horního podélníku, jak je zobrazeno na Obr. 25. Uložení je označeno červenými křížky. Na Obr. 32 je obecný nosník, na kterém jsou zobrazeny na jeho polovině základní síly působící na nosník. Síly vycházejí z uchycení jednotlivých částí na nosník.

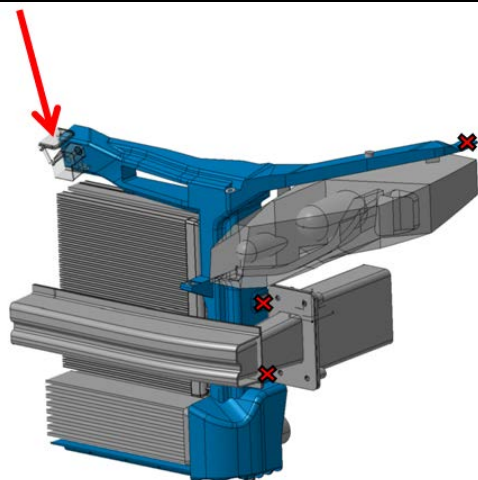
Červenou šipkou jsou znázorněny síly působící v oblasti zámku. Toto zatížení vyplývá ze zkoušky vytržení a zaražení zámku. Zámek musí zamezit otevření kapoty při menším nárazu a také při jízdě vysokou rychlostí s nedovřenou kapotou. Žlutou barvou jsou zobrazeny síly vzniklé od hmotnosti chladících modulů. Síly působí v místech uchycení modulu k nosníku. Fialové síly jsou vyvozeny od hmotnosti světlometů. Oranžovou barvou je znázorněna síla vyvozená od přední masky. Zelenou barvou je znázorněná síla způsobena hmotností kapoty při uzavírání motorového prostoru. Jednotlivé síly se většinou vypočtou jako několika násobek hmotnosti dané součásti, násobené gravitačním zrychlením. Např. $F=10 \cdot m \cdot g$. Daný násobek je dynamický součinitel, který zohledňuje reálná zatížení vzniklá při provozu. Bývá určen z dynamických zkoušek, nebo empiricky. Pohybuje se v rozmezí 3-10. Pro tuto práci byl použit dynamický součinitel 10.

Na celý montážní nosník budou zřejmě působit značné vibrace způsobené motorem a také od samotné jízdy vozidla. Při vysokých rychlostech proudícího vzduchu může ovlivnit nosník jev zvaný aeroelasticita. Jelikož se celý front-end modul nachází v těsné blízkosti motoru a chladicí soustavy, je vystaven vyšším teplotám (až cca 60°C). S tím je nutné počítat při výběru použitého materiálu.



Obr. 32 - Zatížení působící na obecný nosník[9]

4.4 Definice jednotlivých zátěžových stavů

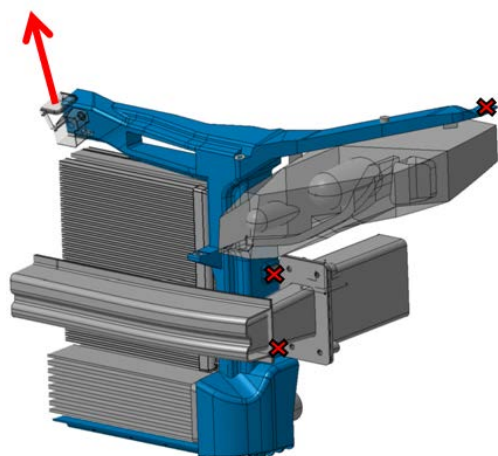


Zátěžový stav č. 1 – Tlak na zámku

Působící síla: 1500 N

Síla působí v rovině zx a je skloněna od osy z o 15° . Směřuje do automobilu (-z).

Limit: Nesmí, vzniknout žádné plastické deformace.

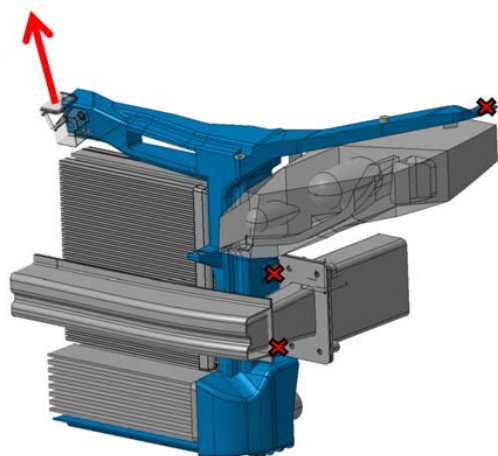


Zátěžový stav č. 2 – Tah na zámku

Působící síla: 2000 N

Stejný směr a působíště jako u předchozího stavu, pouze opačný směr. Síla působí směrem ven z automobilu. Simuluje stav otevření kapoty při vysoké rychlosti – nosník musí vydržet a zabránit tak vytržení kapoty.

Limit: Nesmí, vzniknout žádné plastické deformace.

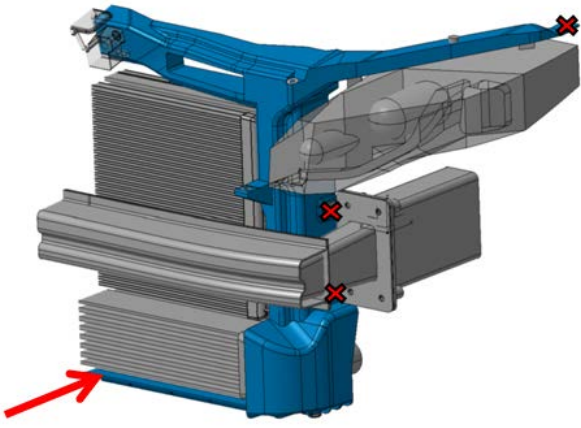
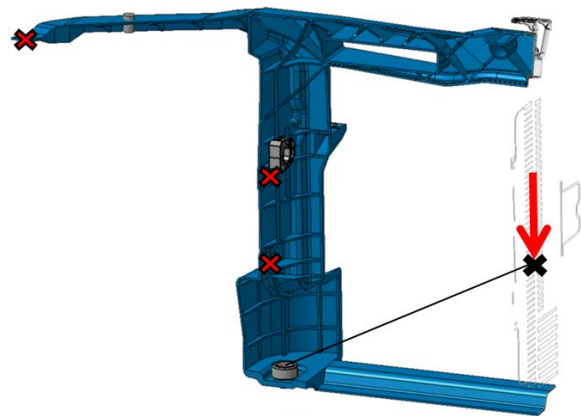
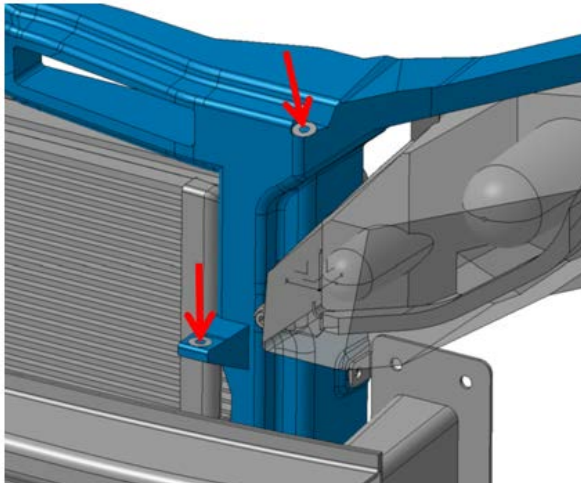


Zátěžový stav č. 3 – Tah na zámku- simulace nárazu

Působící síla: 4000 N

Síla má stejný směr i smysl jako u předchozího zátěžového stavu, ale je dvojnásobně větší. Má simulovat chování dílu při čelním nárazu automobilu.

Limit: Mohou vzniknout plastické deformace, ale nesmí dojít k porušení celistvosti nosníku.

	<p>Zátěžový stav č. 4 – Tlak na spodní nosník</p> <p>Působící síla: 1000 N</p> <p>Síla působí rovnoběžně s osou x na střed spodního nosníku. Toto má simulovat najetí spodkem auta na pevnou překážku.</p> <p>Limit: Nesmí, vzniknout žádné plastické deformace.</p>
	<p>Zátěžový stav č. 5 – Spodní uložení chladicích modulů</p> <p>Působící síla: 1150 N</p> <p>Síla působí v bodě těžiště chladicí sestavy podél osy z -. Těžiště je určeno v bodě: [-644,0,190].</p> <p>Limit: Nesmí, vzniknout žádné plastické deformace.</p>
	<p>Zátěžový stav č. 6 – Uložení přední masky</p> <p>Působící síla: 600 N</p> <p>Na spodní úchytný bod působí síla podél osy z ve směru z-. Na horní bod působí síla v rovině zx odkloněná od osy z o 15°.</p> <p>Rozložení sil na oba respektive všechny body je stejné.</p>

4.5 Důležité poznatky pro konstrukci nosníku

Chladicí moduly jsou uloženy v gumových pouzdrech a nejsou tak napevno připevněny k nosníku, ale je umožněn jejich vzájemný pohyb. Uvádí se, že chladicí moduly se mohou za určitých okolností při provozu pohybovat až o 10mm ve směru každé osy. Nosník je napevno spojen s karoserií. Pokud by byl nosník v některých místech příliš blízko chladicímu modulu, mohlo by za provozu docházet ke kolizím a poškození chladiče nebo nosníku. Proto je doporučeno dodržet vzdálenost min 10 mm. Od ostatních částí je doporučeno dodržovat odsup 7-10mm tak, aby nemohlo při provozu vozu docházet ke kolizím. Velký dopad na cenu výsledného produktu, a tím i jeho konkurence schopnost, má především cena nástroje. Cena je ovlivňována především počtem pomocných dělicích rovin a pomocných jader. Proto je doporučeno snažit se konstruovat tak, aby výsledná forma byla pokud možno co nejjednodušší.

4.6 Analýza problému

Hlavním úkolem je navrhnout takové varianty, které by vyhovovaly požadovaným namáháním. Z výše uvedeného je zřejmé, že největší důraz na tuhost struktury je kladen v oblasti zámku kapoty. V tomto místě se provádí zkouška vytržení zámku. Další kritické místo struktury je v místech, kde budou uložena ložiska chladicích modulů.

4.7 Specifikace požadavků

V Tab. 1 a Tab. 2 jsou zobrazeny požadavky na montážní nosník. Tabulka je připravena na hodnocení a porovnání variant. Každá vlastnost má přiřazenou váhu od jedné do čtyř. Výsledná hodnota pro danou vlastnost je násobek hodnocení a váhy. Varianty jsou pak porovnané na základě součtu všech bodů všech vlastností. Vlastnosti, které mají nejvyšší váhu, jsou zvýrazněny temně červenou barvou. Po srovnání požadavků variant bude zobrazen sloupcový graf se zobrazením nejvýhodnější varianty.

Požadované reflektivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory k provozní etapě životního cyklu (LC)	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast		Řešení B Hybrid		Řešení C Hliník		Ideální řešení (4)	
			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
1. Pož. k transformačním funkcím/účinkům TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
1.1 Operátor TS - Montážní nosník										
- Celková hmotnost		4		0		0		0	4	16
- Poměr tuhosti a váhy		4		0		0		0	4	16
- Ochrana a nesení chladiče a okolních dílů		3		0		0		0	4	12
- Nesení světel a kapoty		2		0		0		0	4	8
1.3 Operand - Okolní díly										
- Pevné uchycení		2		0		0		0	4	8
- Pružné uložení		2		0		0		0	4	8
1.3 Proces - Nesení okolních dílů										
- Umožnění nesení světel		2		0		0		0	4	8
- Umožnění nastavení světel		2		0		0		0	4	8
- Umožnění nesení kapoty		2		0		0		0	4	8
- Umožnění nastavení odstupu kapoty		2		0		0		0	4	8
2. Požadavky k provozuschopnosti TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
2.1 Prostředí										
- Odolnost proti vysokým teplotám	60°-70°	3		0		0		0	4	12
- Odolnost proti vibracím		3		0		0		0	4	12
- Odolnost proti požáru		4		0		0		0	4	16
- Odolnost proti vzdušné vlhkosti		4		0		0		0	4	16
- Odolnost proti korozi		3		0		0		0	4	12
2.1 časové využití										
- četnost	vysoká	3		0		0		0	4	12
- životnost	maximální	4		0		0		0	4	16
2.2 Servis operátoru										
- Náročnost demontáže po nehodě v nízké rychlosti	minimální	3		0		0		0	4	12
- Cena náhradního dílu	minimální	3		0		0		0	4	12
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,00	0	0,00	0	0,00	0	220	
3. Pož. k člověku TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
3.1 Bezpečnost (B), Ergonomie (E)										
- Dostatečné přístupy k montážním bodům	vysoká	4		0		0		0	4	16
- Snadná montáž okolních dílů		3		0		0		0	4	12
- Snadná manipulace		3		0		0		0	4	12
- Maximální hmotnost jednotlivé komponenty		3		0		0		0	4	12
4. Požadavky k ostatním TS/prostředkům v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost technologie		3		0		0		0	4	12
- Cena potřebných nástrojů		4		0		0		0	4	16
- Trvanlivost nástrojů		4		0		0		0	4	16
- Cena materiálu		4		0		0		0	4	16
- Dodatečná povrchová úprava		3		0		0		0	4	12
- Celkový čas cyklu na jeden kus		3		0		0		0	4	12
- Velikost transportní palety		4		0		0		0	4	16

Tab. 1 - Specifikace požadavků část 1

5. Požadavky k materiálovému a energetickému okolí v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost technologie výroby na živ. prostředí		3	3	9	3	9	2	6	4	12
- Ekologická likvidace po ukončení životnosti		3	3	9	3	9	2	6	4	12
- Spotřeba energie při celé výrobě		3	3	9	2	6	2	6	4	12
6. Požadavky k informačním systémům v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost konstrukční a výrobní dokumentace	standartní	3	4	12	4	12	4	12	4	12
- Náročnost montážní dokumentace	standartní	3	4	12	4	12	4	12	4	12
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,94	199	0,71	151	0,70	149		212
Požadované reaktivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast	Řešení B Hybrid	Řešení C Hliník	Ideální řešení (4)				
7. Pož. Na obecné konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Odolnost funkčních částí proti únavě	vysoká	4	3	12	3	12	3	12	4	16
- Předvídatelnost chování při crash simulacích		4	2	8	3	12	3	12	4	16
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,6	20	0,8	24	0,8	24	8	32
Požadované deskriptivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast	Řešení B Hybrid	Řešení C Hliník	Ideální řešení (4)				
8. Pož. na elementární konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Spojovací prvky		2	4	8	4	8	3	6	4	8
- Nastavovací elementy		2	4	8	4	8	3	6	4	8
9. Pož. na konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 1		4	2	8	2	8	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 2		4	3	12	2	8	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 3		4	2	8	2	8	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 4		4	3	12	3	12	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 5		4	2	8	2	8	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 6		4	2	8	2	8	3	12	4	16
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,64	72	0,61	68	0,93	104		112
pořadí / Celkové konečné celkový součet hodnocení			2	475	3	415	1	477		576

Tab. 2 - Specifikace požadavků část 2

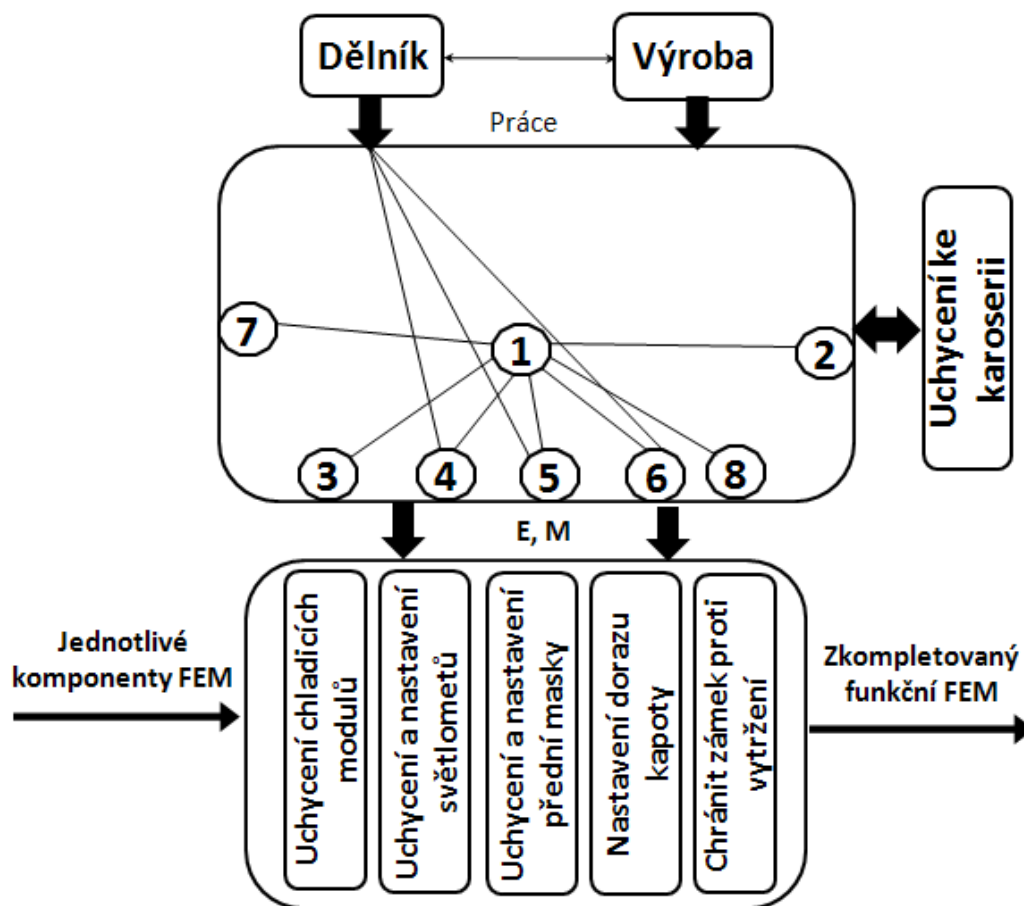
4.8 Navržení funkční struktury

Hlavní funkce

- Vyztužit přední část karoserie.
- Nést chladicí moduly a ochránit je před poškozením.
- Nést světlometry a přední masku.
- Vytvořit dosedací plochy pro doraz kapoty.
- Chránit zámek proti vytržení z kapoty.

Asistující funkce

- Umožnit plynulé nastavení výšky dorazu kapoty, a tím řídit odstupy jednotlivých částí karoserie (masky kapoty a blatníku).
- Umožnit nastavení uložení světlometů.
- Umožnit uchycení a vedení kabeláže.
- Přivedení vzduchu k sání motoru.



Obr. 33 - Funkční schéma

Na Obr. 33 je zobrazeno funkční schéma montážního nosníku. Jednotlivé prvky jsou popsány níže:

- 1 Hlavní nosná struktura
- 2 Vytvoření dosedacích ploch ke karoserii, přenesení sil do karoserie
- 3 Vytvoření prostoru pro uchycení chladičích modulů
- 4 Prvek pro uchycení a nastavení světlometů
- 5 Vytvoření plochy pro dosednutí přední masky
- 6 Prvek pro regulaci dorazu kapoty
- 7 Pevné spojení mezi strukturou a zámkem kapoty
- 8 Přivést dostatečné množství vzduchu k motoru

5 Návrh jednotlivých variant

5.1 Výchozí rozhodnutí

Ze zadání je jasný požadavek použít na každou z variant různý materiál.

V první variantě je volený materiál termoplast typu polyamid, který bude plněn skelnými vlákny, materiál bude blíže specifikován. Způsob výroby se předpokládá na vstřikovacích lisech v režimu sériové výroby. Počet pomocných dělicích rovin není přesně omezen, ale je doporučeno použít jich co nejméně. Zbytečně velký počet dělicích rovin zvyšuje cenu nástroje a ta se promítá do ceny výrobku a snižuje tím jeho konkurenční schopnost.

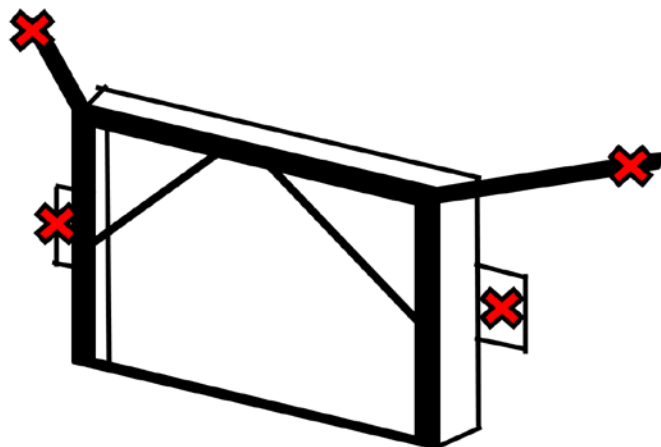
Druhá varianta počítá s použitím tzv. hybrid in-mould technologie, což znamená kombinaci plechu který je zalit v plastu. Je počítáno s výrobou dvou či více nástrojů. Jeden, nebo několik, na výrobu plechových dílů a další pro dokončení plastové části nosníku. U dělicích rovin je to podobné, jako u první varianty. U třetí varianty je jako základní materiál volena hliníková slitina. Zde bude použita technologie tlakového lití do kovové formy.

Jelikož jsou jednotlivé varianty odlišné pouze v použitých materiálech, budou se zdát jako jednotlivé orgánové struktury stejné. Při bližším pohledu dále zjistíme, že rozdílné typy materiálu umožňují odlišné řešení struktury v kritických místech. Toto se projeví až při představení konkrétních stavebních struktur. Jednotlivé varianty budeme pro zjednodušení označovat A, B, C. Na variantu A je použit pouze termoplast, písmenem B je označena kombinace plechu a plastu a písmeno C značí variantu hořčíkové slitiny.

5.2 Varianta A

5.2.1 Verze A1

Orgánová struktura vychází obecně z použitého materiálu, kterým je plast. Pro posílení kritického místa v oblasti zámku budou použity vzpěry, které mají za úkol rozvést napětí do míst, kde je nosník připevněn ke karoserii. Z obrázků je zřejmý způsob uchycení nosníku ke karoserii. Úchytná deska nosníku je vložena mezi celní plochu karoserie a výztuhu předního nárazníku, které je pevně spojena s karoserií pomocí čtyř šroubů. V oblastech uložení chladících modulů je nezbytné zvolit vhodnou tloušťku stěny materiálu plastu. Velký vliv na konečné rozložení napětí v těchto oblastech má rozložení žeber. Orgánová struktura nosníku je zobrazena na Obr. 34.

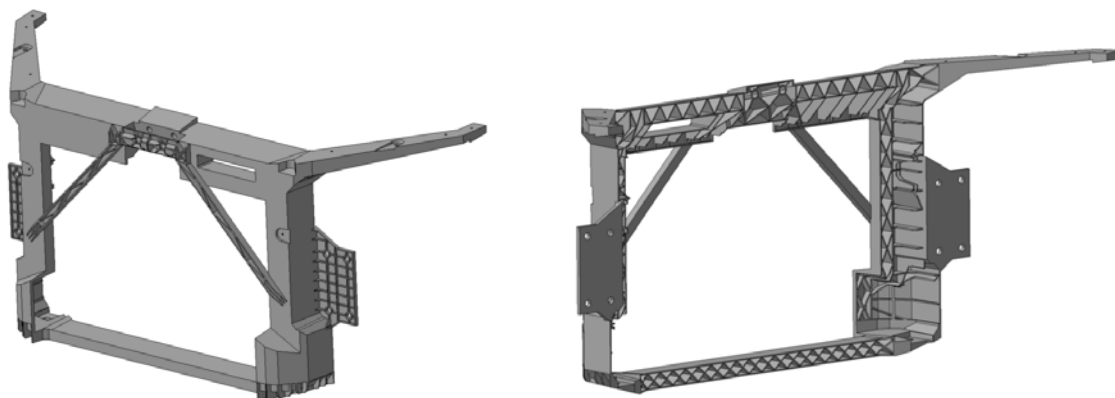


Obr. 34 - Orgánová struktura verze A1

Na Obr. 35 je zobrazen první návrh hrubé struktury nosníku. Při konstrukci je použita tloušťka stěny materiálu 2 mm. Použitý materiál je PA GF30 – polyamid plněný 30% skelnými vlákny. Na modelu jsou zapracovány hlavní technologické úkosy a nejsou použita malá zaoblení. Uchytení okolních dílů je zatím pouze naznačené.

Díl: Montážní nosník plast			Verze: A1	Materiál: PA 6 GF 30	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]	
1340	5900	100	2,5	3,9	

Tab. 3 - Verze A1 přehled



Obr. 35 - Varianta A, verze A1

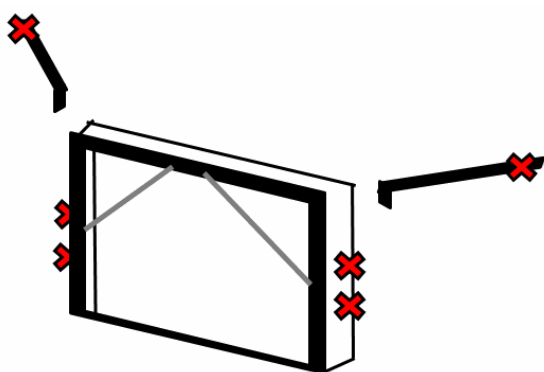
Představená verze obsahuje mnoho chyb a potenciálních problémů. Rozložení žebér na modelu není příliš rovnoměrné a jednotlivé oblasti na sebe nenasazují. V důsledku velkého důrazu na dodržení přesného odstupů od okolních dílů mají žebra v některých místech výřezy a ostré skoky. Některá místa jsou téměř nevyrobitelná. V oblasti uchycení horního lůžka chladiče jsou žebra velmi blízko u sebe a zároveň jsou příliš vysoké. Tvoří tak dutinu, která je nevyrobitelná. Část ramena, u kterého je počítáno se spodním jádrem, je neodformovatelná.

Jádro se nedostane do oblasti, která se překrývá s úchytnými deskami. Nosník je jako jeden kus velmi drahý a složitý na výrobu. Tato verze počítá s použitím čtyř pomocných jader (jádra na malé otvory nejsou započítána). Jedno jádro je například zbytečně použito pro odformování žeber v oblasti zámku. Toto vyplývá z neznalosti přesného konceptu uchycení zámku při konstrukci nosníku. Dalším problémem je přední vzpěra. Není integrována do hlavní struktury a neumožňuje tak přenášet síly a napětí jak bychom potřebovali.

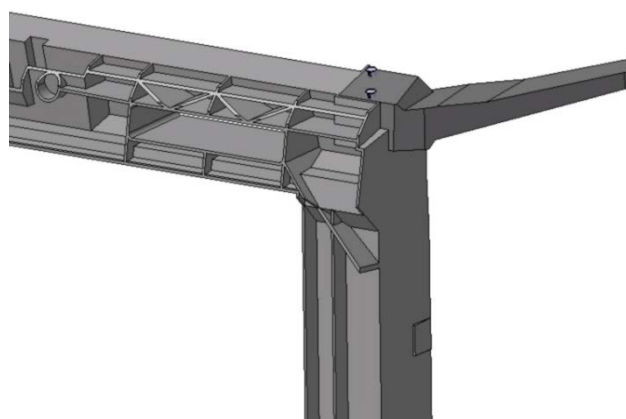
U této verze byla provedena pevnostní analýza, a sice pro zátěžové stavy č. 1-3. Povolené hodnoty byly překročeny u všech tří zátěžových stavů. Z důvodu nevyhovující struktury jak z hlediska technologičnosti tak z hlediska pevnosti, bylo rozhodnuto, že bude představena zcela nová verze, kde budou zapracovány náměty z první verze.

5.2.2 Verze A2

Orgánová struktura u verze 2A je odlišná od verze předchozí. Použitá tloušťka materiálu je 2,5mm. Zásadní rozdíl je v rozdělení nosníku na části. Ramena byla oddělena od hlavního rámu nosníku a budou použita jako dva samostatné symetrické díly. K hlavnímu rámu jsou připevněna pomocí šroubového spoje, který je tvořený nýtovací maticí v rámu šroubem a kovovou vložkou v rameni. Použitím kovové vložky nebude docházet k poklesu utahovacího momentu. Zde jsou oba úchytné body umístěny na horní straně. Dalším zásadním rozdílem je odlišný koncept uchycení nosníku na karoserii. Na úchytné desce předního nárazníku budou



Obr. 36 - Orgánová struktura verze A2 až A5



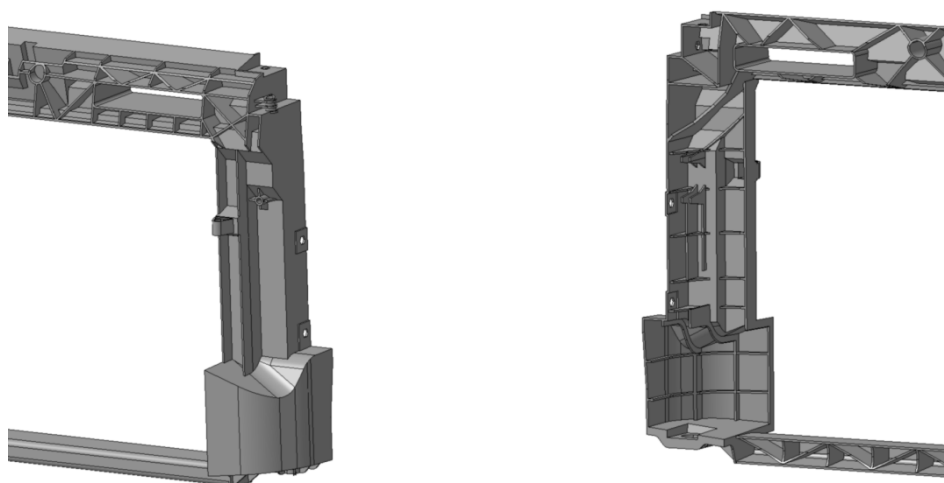
Obr. 37 - Pohled na horní roh verze 2A

vytvořeny dva lemy s dírou pro uchycení. U verze 2A zatím není použita přední vzpěra. Horní nosník rámu je tvořen kaskádou, na které jsou z obou stran vytvořena žebra.

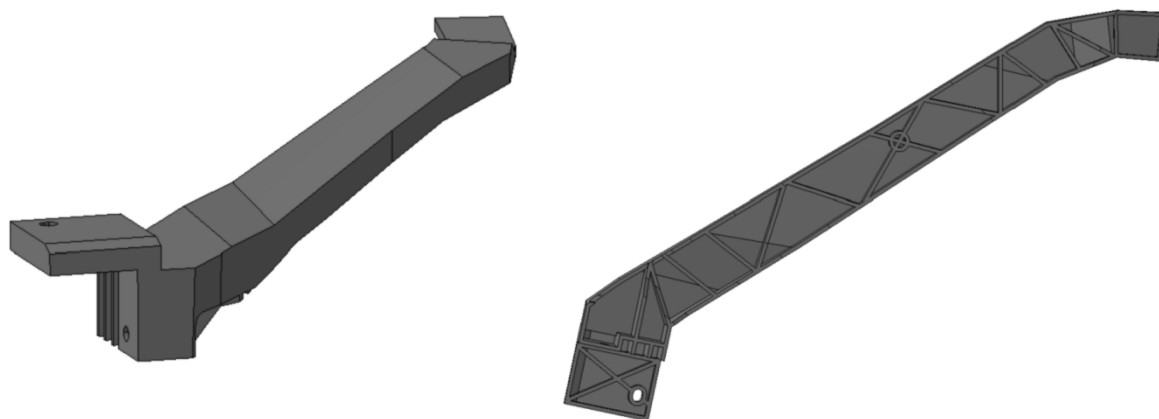
Na tomto modelu nejsou zapracovány úchytné body pro okolní díly. Z toho důvodu není specifikována hmotnost. Nebyla ani provedená pevnostní analýza. Verze je představena, jelikož z této verze vycházejí další. Jednotlivé detaily proto budou představeny v dalších verzích.

5.2.3 Verze A3

Vychází z předchozí verze. Je přepracován spodní nosník, který je tvořen profilem U s žebry. Formován je ze zadní strany. Došlo též ke změně konceptu uchycení ramena k rámu. Přední díra byla přesunuta na stranu. Tím se zlepšila ohybová pevnost spoje. Rameno je zobrazeno na Obr. 39. Všechny úchytné body pro okolní díly jsou zapracovány. Žebra ve spodní části nosníku, jsou dělaná pouze do kříže (vertikálně a horizontálně). Pro lepší ohybovou tuhost bylo vhodnější použít žebra pod úhlem 45° a propojit tak více vnější a vnitřní stěnu.



Obr. 38 - Pohled na verzi 3A



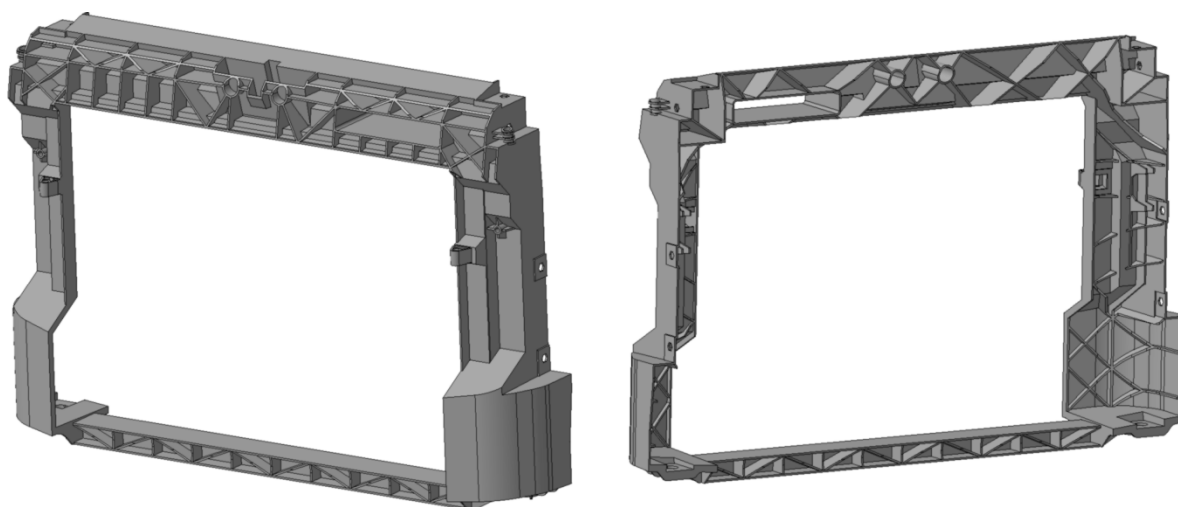
Obr. 39 – Pohled na rameno z verze 3A

Díl: Montážní nosník plast			Verze: A3	Materiál: PA 6 GF 30	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]	
1340	5900	100	2,5	3,0	

Tab. 4 - Verze A3 přehled

5.2.4 Verze A4

U verze 4A došlo k velké změně v oblasti chladiče vzduchu. Původní tvar odpovídal přesnému odstupu chladicí sestavy, přechod byl poměrně složitý a neplnil přitom žádnou funkci. Na ostrém přechodu se koncentrovalo napětí. Nově vytvořený tvar lépe přenáší síly podél stěny. Tvarově je jednodušší a tím i levnější na výrobu. Žebra jsou uspořádána do kříže pod pravým úhlem. Došlo k navýšení tloušťky žebra na 3 mm, které prochází horním rohem. Zapracována je většina úchytných bodů pro okolní díly. U této varianty byla provedena pevnostní analýza pro všechny zátěžové stavy.



Obr. 40 – Pohled na verzi 4A

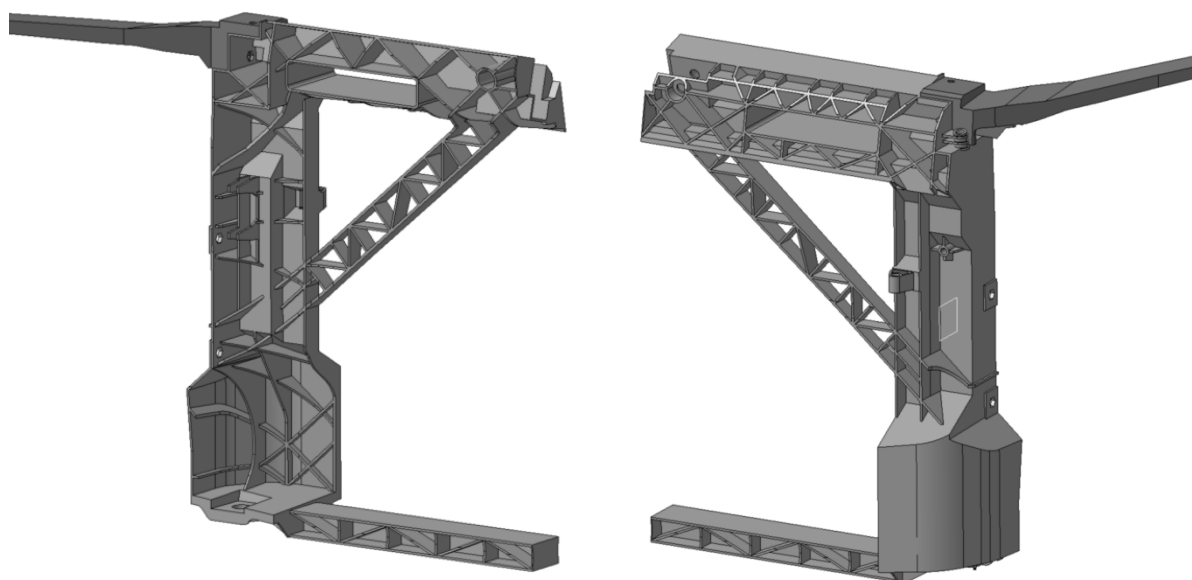
Díl: Montážní nosník plast			Verze: A4	Materiál: PA 6 GF 30	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]	
1340	5900	100	2,5	3,1	

Tab. 5 - Verze A4 přehled

5.2.5 Verze A5

Verze 5A se výrazně liší od předchozích řešení integrací vzpěry. Vzpěra směřuje od úchytného bodu zámku až ke spodnímu bodu uchycení. Boční pásy vzpěry mají posílenou tloušťku stěny a plynule navazují na žebra hlavní struktury. Žebra v oblasti spodního uložení chladičů byla posílena a některá byla vyvýšena tak, aby lépe přenášela napětí. Na horním středním nosníku jsou žebra upravena tak, aby si z obou stran odpovídala. Tím se získala tužší struktura a žebra prochází nosníkem po celém průřezu. V oblasti úchytných bodů k výztuze nárazníku se u pevnostní kontroly předchozí verze koncentruje napětí a došlo k vytržení nýtovacích matic z plastové stěny. Z toho důvodu byla lokálně navýšena tloušťka stěny, pro lepší rozložení napětí.

Obrázky této konečné verze jsou k dispozici v příloze č. 3.



Obr. 41 - Pohled na verzi A5

5.3 Pevnostní kontrola varianty A

5.3.1 Definice použitého materiálu[19]

Použitý materiál je polyamid plněný skelnými vlákny v objemovém poměru 30% s označením PA6 GF30. Obchodní název firmy Lanxess je Durethan BKV30 H2.0. Jedná se o materiál používaný pro aplikace s vyššími nároky na pevnost.

Mechanické a fyzikální vlastnosti							
ρ [kg/m ³]	E_s [MPa]	E_k [MPa]	$R_{m s}$ [MPa]	$R_{m k}$ [MPa]	$\epsilon_{max. s}$ [%]	$\epsilon_{max. k}$ [%]	ν [-]
1360	9500	5900	170	100	3	6	0,35
Mezní hodnota napětí pro výpočet [Mpa]				50			

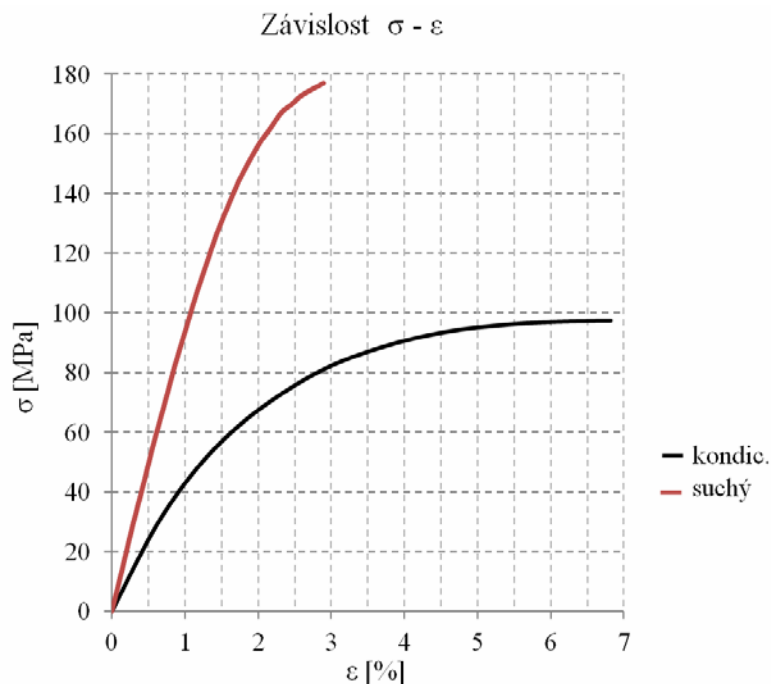
Tab. 6 – Vlastnosti materiálu PA6 GF30

Dobře odolává otěru a je velmi houževnatý. Má dobrou chemickou stálost, zejména je odolný proti různým typům olejů, tukům a proti benzínu.

Další výhody tohoto materiálu jsou:

- Vysoká hodnota toku pro snadné plnění forem
- Dobrá tuhost i při nízkých teplotách
- Vysoká tuhost a pevnost
- Dobrá odolnost proti hoření
- Vynikající poměr mezi užitnými vlastnostmi a cenou
- Rozměrová stálost při vysokých teplotách
- Odolnost proti stárnutí při vysokých teplotách a dlouhodobém zatížení

Je třeba zmínit, že u plastových materiálů se udává většina mechanických hodnot pro takzvaně suchý stav a pro stav kondicionovaný. Suchý stav znamená, že materiál má ideální vlhkost a díky tomu i lepší mechanické vlastnosti. Kondicionovaný stav představuje stav, kdy materiál umístěný v atmosféře po čase reaguje s okolím a zvýší se vlhkost materiálů. Mechanické hodnoty u tohoto materiálu jsou při kondicionovaném stavu sniženy. Pro naši pevnostní analýzu budeme používat hodnoty pro kondicionovaný materiál. Na Obr. 42 je zobrazena závislost napětí na deformaci. Materiál má obecně nelineární závislost napětí na deformaci. V pevnostní kontrole bude proveden pouze idealizovaný výpočet. Budeme uvažovat materiál jako lineární.

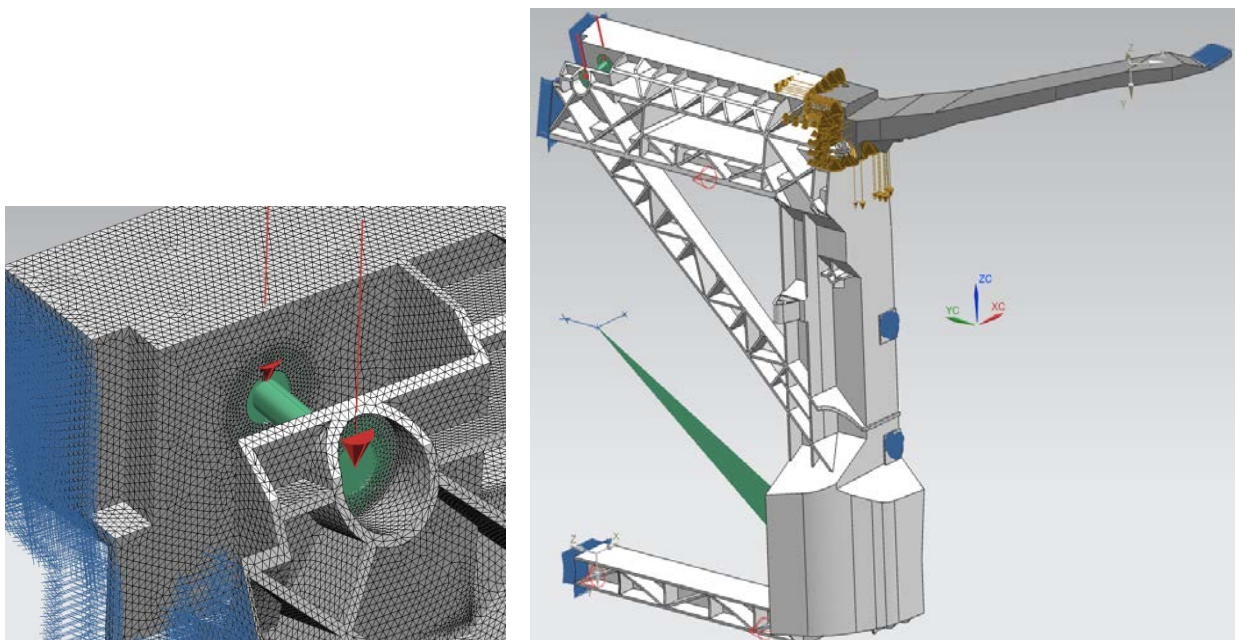


Obr. 42 - Závislost napětí na poměrném prodloužení PA6 v suchém a kondiciovaném stavu

5.3.1 Tvorba sítě a okrajové podmínky

Model byl pro tvorbu částečně zjednodušen. Jelikož je nosník až na sací otvor symetrický a strana s otvorem je potenciálně slabší, je pro diskretizaci modelu použita pouze polovina se sacím otvorem a model je považován za zcela symetrický. Dále byla z modelu odstraněna malé zaoblení a složitější plochy, které nemají na danou funkci vliv. Při tvorbě sítě byly použity lineární objemové prvky typu tetraedr. Jsou to čtyřstěny se čtyřmi uzlovými body. Hlavní rozměr prvků je 2 mm a je nastavena podmínka minimálně dvou prvků na tloušťce stěny. V oblasti spojů s karoserií a s okolními díly jsou vytvořeny regiony, na které jsou aplikovány okrajové podmínky. Podél těchto regionů se předpokládá koncentrace napětí, proto je v těchto oblastech síť přiměřeně zjemněna. V místě uchycení zámku jsou tyto regiony spojeny rigidními linky s bodem ve středu úchytné díry. Každá strana má svoji rigidní klec s bodem. Body propojuje 1D prvek typu beam. Prvku je přiřazen kruhový průřez o průměru 8mm a materiálové vlastnosti oceli. Prvek simuluje šroub při namontovaném zámku. Na body je poté aplikována síla pro zátěžové stavy č. 1-3. Rigidní klece podstatně zpevní spojené plochy, to však není velký problém, protože při použití nýtovacích matic je oblast pod rozlisovanou maticí velice pevná a klece tak dobře simulují spoj. Použitý materiál je výše zmíněný PA6. Hodnoty pro výpočet jsou převzaty z předchozí kapitoly. Na Obr. 43 je vidět část sítě v oblasti zámku. Modré symboly na hraně nosníku označují symetrii nosníku. Pro

zjednodušení výpočtu se předpokládá pevné spojení mezi ramenem a nosníkem. Při zátěžovém stavu č. 5 je síla aplikována do místa těžiště chladicích modulů. Zadaný bod těžiště je spojen s dosedací plochou spodního lůžka pomocí rigidní klece. Síla působící v těžišti vytváří kromě svislého zatížení také ohybový moment. Bod těžiště má zakázaný posuv v ose x a y , tak aby byla zachována symetrie celé soustavy. Před každou tvorbou sítě bylo třeba model zbavit chybných ploch, opravit je, či je případně nahradit novými. Kvalita sítě se v průběhu vypracování jednotlivých verzí postupně zlepšovala. Modely nosníků byly vytvořeny v prostředí Catia V5 a následně byly exportovány do systému Siemens NX 8.5. V průběhu převádění modelů se ukazovaly nedostatky základní topologie modelu. Postupným odstraňováním chyb se zvyšovala i kvalita sítě a zkracovala se doba úprav před samotným vytvořením sítě. Diskretizovaný model obsahoval průměrně okolo čtyř milionů prvků.



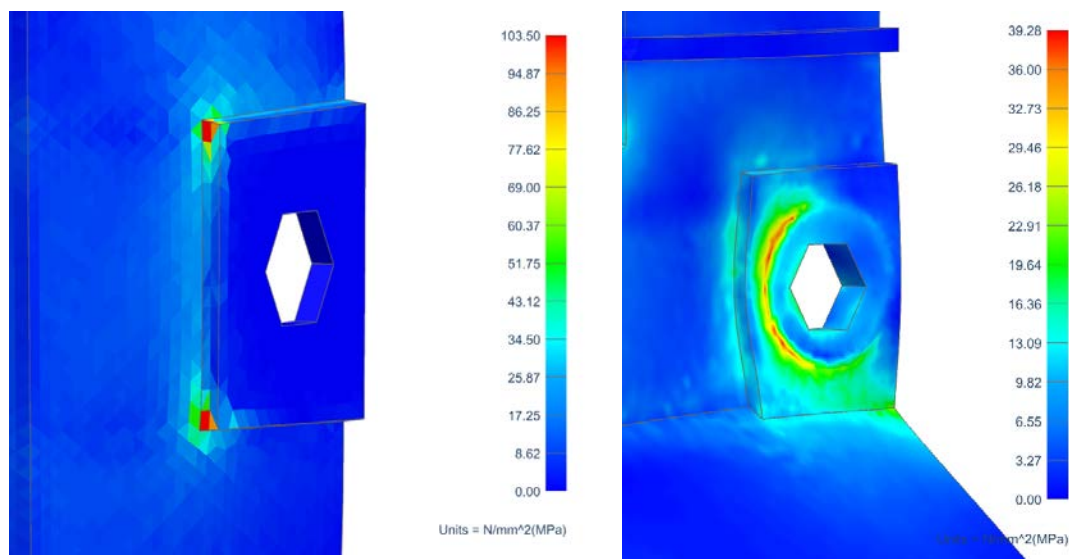
Obr. 43 – Pohled na detail sítě a okrajové podmínky

5.3.2 Pevnostní kontrola

V průběhu návrhu jednotlivých verzí byly průběžně prováděny analýzy, pro zjištění slabín modelů. Všechny výsledky není možné zobrazit. Budou prezentovány pouze výsledky, které vedly k významné změně struktury. V Tab. 7 jsou přehledně představeny výsledky všech výpočtů u jednotlivých verzí, u kterých byla kontrola prováděna.

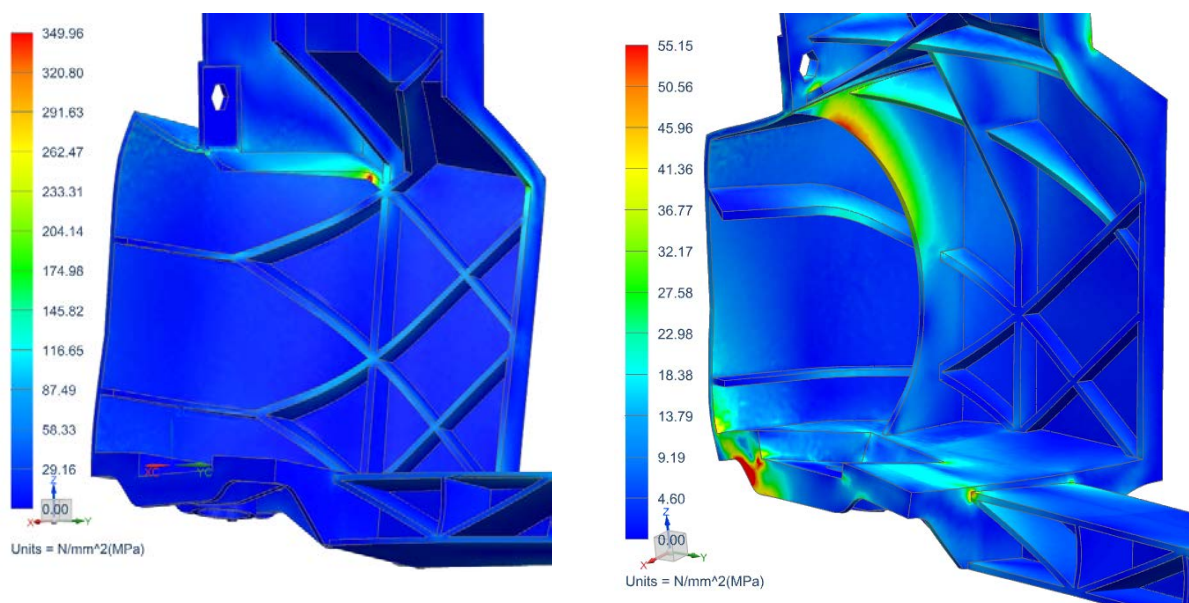
Na Obr. 44 můžeme vidět výsledky pro verzi 3A a 4A pro zátěžový stav č. 1 a 2. Napětí se při stavech 1-3 koncentruje na stejných místech. Na Obr. 44 je vidět oblast uchycení k výztuze

narázníku. Na rozích jsou patrné špičky napětí, která přesahují napětí dovolená. V pravé části obrázku je zobrazena oblast uchycení po navýšení tloušťky stěny.

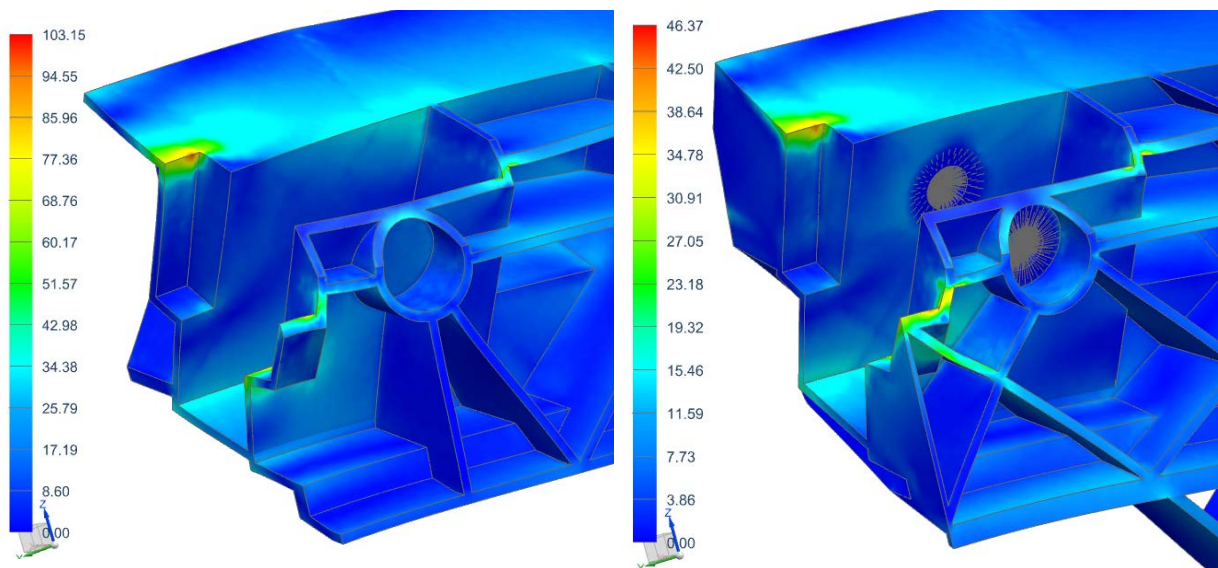


Obr. 44 – Rozložení napětí na verzi A3 při při zat.s.1 a na verzi A4 při z. stavu 2

Při pevnostní kontrole verze 4A u zátěžového stavu č. 4, se ukázala jako velmi problematická oblast u uložení chladiče stlačeného vzduchu. Při působení síly na spodní nosník se síla přeneše na spodní část u spodního lůžka chladiče, poté je síla přenášena stěnou a žebry ke spodnímu úchytnému bodu. Stěna a žebra však nejsou schopna přenést tak velkou sílu a tím dochází ke zborcení vrchní boční plochy. Celá oblast se pak deformuje a láme. V další verzi proto byla proto upravena výška některých žeber, pro lepší roznoš napětí.



Obr. 45 - Rozložení napětí na verzi A3 a A4 při zát. stavu 4



Obr. 46 - Rozložení napětí na verzi A3 a A4 při zát. stavu 2

Materiál: DV30 PA6GF30		Tloušťka stěny: 2,5 mm							
E =4900[MPa]		Rm=110[MPa]		σm=50[MPa]		ρ=1350[kg/m³]			
Verze		ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	Hmotnost [kg]	
A1	σ[MPa]	105.5	130	270	x	x	x	3,9	
	s[mm]	17.2	20	45.5	x	x	x		
A4	σ[MPa]	77.5	103	207	350	89	49	3,1	
	s[mm]	12.5	16.3	32.7	50	7.5	1.2		
A5	σ[MPa]	39.3	46.3	84.7	55.1	50.3	49	3,5	
	s[mm]	4.1	6.3	11.6	6.5	2.1	1.2		
		■ vyhovuje		■ překročení o 15%		■ nevyhovuje			

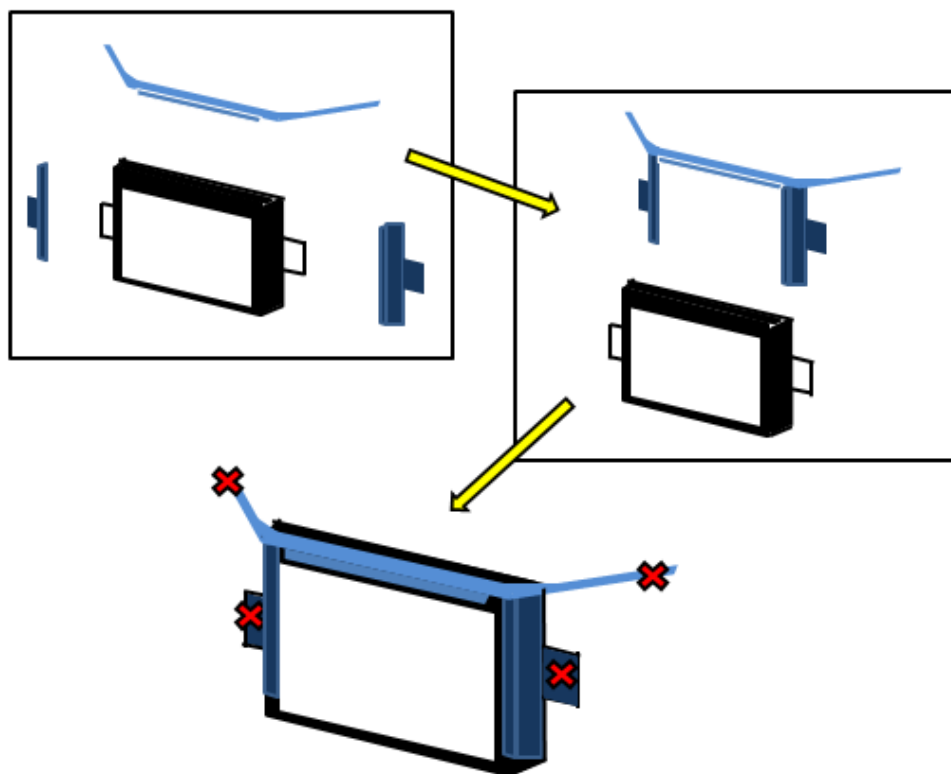
Tab. 7 - Výsledky pevnostní analýzy varianty A

Hodnocení výsledků zátěžových stavů ve specifikaci požadavků je provedeno následovně. Pokud nebyly překročeny povolené hodnoty, počet bodů je 4. Překročení dovolených hodnot o 10 % znamená pokles o jeden bod. Žádný bod znamená překročení mezních hodnot o více než 30%. Z uvedené tabulky vyplývá, že u této varianty dochází k překročení dovolených hodnot při zátěžových stavech č. 2-5. Při další optimalizaci nosníku by se dala tato problémová místa odstranit a struktura by tak mohla splnit všechny zátěžové stavy.

5.4 Varianta B

5.4.1 Verze B1

U první verze varianty B je nosník složen ze dvou hlavních dílů. Plechového svařence a plastové části. Plechový svařenec se skládá z horního plechu, který propojuje horní úchytné body na karoserii a zámek kapoty, a dvou bočních vzpěr. Tyto vzpěry jsou symetrické vůči



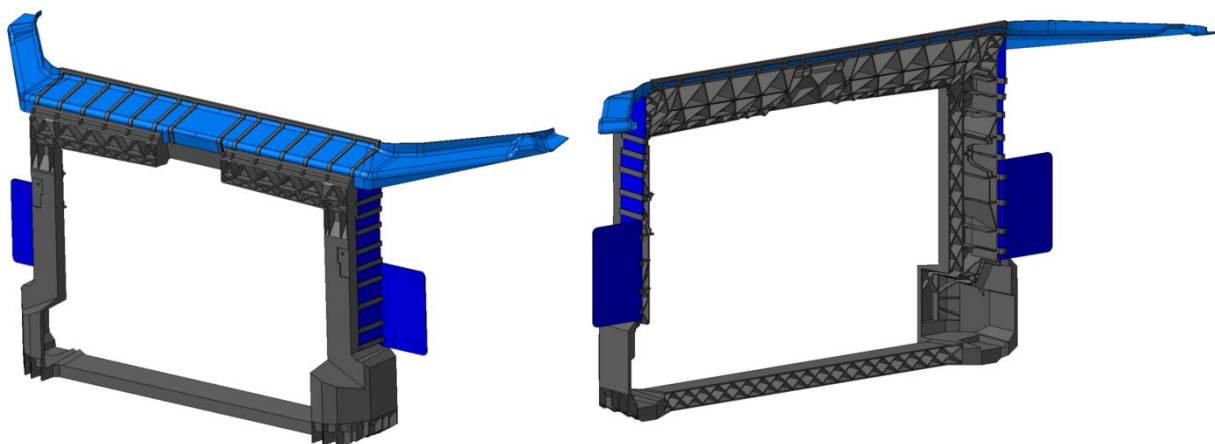
Obr. 47 - Orgánová struktura verze B1

rovině xz. Vzpěry jsou k hornímu plechu připojeny pomocí tří bodových svarů na každé straně. Tento svařenec je poté vložen do vstřikovací formy a je na něm vytvořena plastová část nosníku. Předpokládá se, že plech vyztuží celkovou strukturu natolik, že nebudou potřeba žádné podpurné vzpěry jako u předchozí varianty. Rozdělení na dvě části je v tomto případě poněkud virtuální, protože plastová část bude vždy vytvořena až na hotový plechový díl. Na Obr. 49 je zobrazena orgánová struktura. Plastová struktura je s plechem spojena pomocí děr v plechu, které jsou zalaty a napojeny pomocí pásků.

Tato první verze obsahuje mnoho nedostatků a chyb. Na Obr. 48 je hrubá stavební struktura. Vrchní plechový díl v této podobě je příliš velký a tudíž nevyrobitelný. Model obsahuje příliš

mnoho žeber. V některých částech je plastová část nevyrobitelná. Plechová část s plastovou není dokonale propojena. Pásy na horní straně plechu se mohou při zatížení vytrhávat a praskat v oblasti spojení s plechem. U hybridních konstrukcí je požadavek na zalití všech hran plechu do plastu. Tento požadavek tato verze nespĺňuje.

Stejně jako u předchozí varianty řešení odhaluje první model hlavní úskalí dané varianty. U této varianty nebyla provedena pevnostní kontrola z důvodu nevyrobitelnosti struktury.



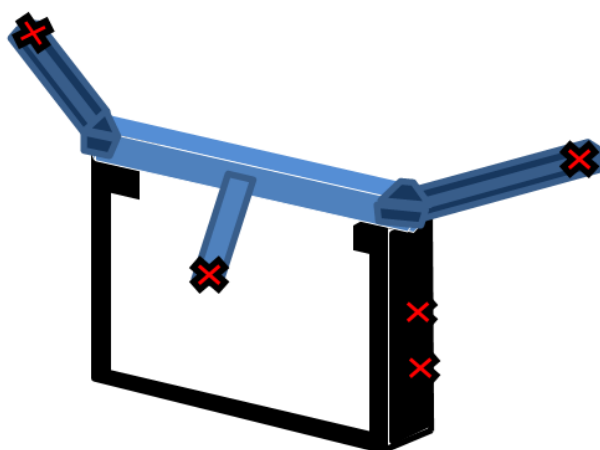
Obr. 48 - Verze B1

Díl: Montážní nosník hybrid			Verze: B1	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
7850	210000	350	2,0	4,4
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
1340	5900	100	2,5	3,5
Celkem[kg]				7,9

Tab. 8 - Verze B1 přehled

5.4.2 Verze B2

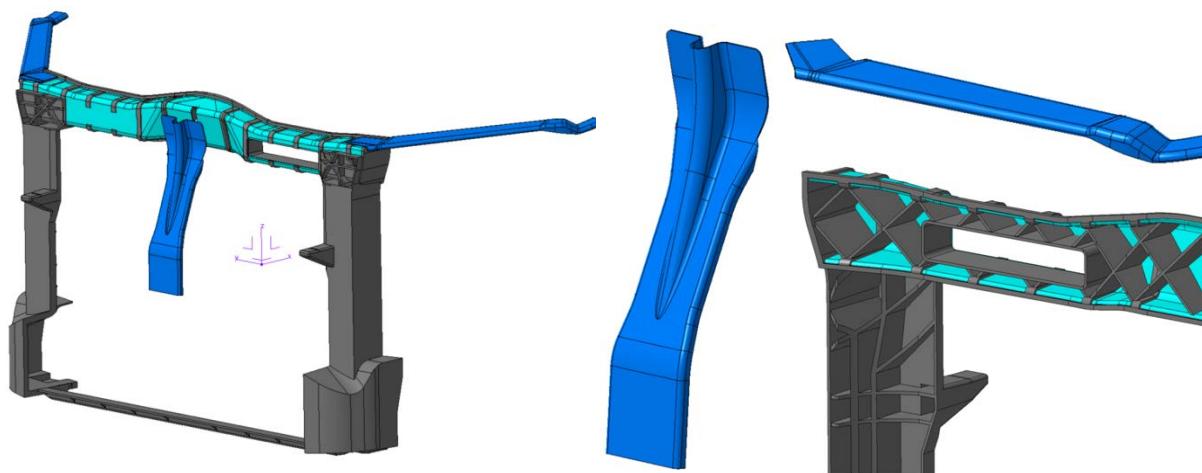
Na Obr. 49 je zobrazena orgánová struktura platná pro tuto a následující varianty. Je na první pohled odlišná od předchozí verze. Skládá se z celkem tří plechových dílů a plastové části. Horní plech má profil ve tvaru U, který je otevřený v kladném směru osy x. Je ze zadní strany vyplněn plastovými žebry. K zámku kapoty je namontována vzpěra zámku. Ta je na druhé straně přichycena k zadní stěně výztuhy nárazníku. Je to plechový tvarovaný díl. Prolisy by měly být provedeny takovým způsobem, aby vzpěra přenesla co nejvíce síly působící na zámek. Třetí plechový díl je rameno pro nesení světla a dorazu kapoty. Je připevněno k hornímu nosníku pomocí nýtovacích matic.



Obr. 49 - Orgánová struktura verze B2

Změnil se i koncept uchycení nosníku ke karoserii automobilu. Stejně jako u předchozího řešení bude nosník spoje se vzpěrou předního nárazníku prostřednictvím lemů na kotvící desce.

Na Obr. 50 zobrazena hrubá struktura nosníku. Na modelu nejsou zapracované všechny úchytné body pro okolní díly. Plastová žebra, především v oblasti uložení chladiče, nejsou vhodně rozložena vzhledem k působícím zatížením. Žebra na horním nosníku jsou pod úhlem 90°. Nezohledňují uchycení zámku a uchycení ramena. Některá žebra na modelu nejsou zapracována vůbec. Vzpěra zámku v této podobě je obtížně vyrobitelná. Prolis, který kopíruje zámek kapoty je příliš hluboký. Při výrobě by mohlo dojít ke vzniku trhlin a krabatění plechu. Na Obr. 50 je zobrazeno plechové rameno. Rameno má na obou stranách lem. Ten začíná v oblasti uchycení ke karoserii a končí na hraně, kde dosedá na horní nosník. Lem není přetažený až za body uchycení k hornímu nosníku, nepřenáší tedy téměř žádnou sílu a je tím pádem zcela zbytečný. Velice problematické je místo, kde se potkává boční sloup plastové části a spodní plocha nosníku. Pod plochou nosníku je oblast, kterou je možno odformovat pouze zřepředu. Kvůli dodržení odstupu od chladicí soustavy ale není možné jít s vrchní plochou plastu níže. Na přední straně tak vzniká dutina, která je úzká a hluboká. Nástroj by v tomto místě nebylo možné chladit a mohlo by docházet k lokálnímu přehřátí plastu při vstřikování do formy.



Obr. 50 - Pohled na verzi B2

Díl: Montážní nosník hybrid			Verze: B2	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
7850	210000	350	1,2	1,7
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
1340	5900	100	2,5	2,5
Celkem[kg]				4,2

Tab. 9 - Verze B2 přehled

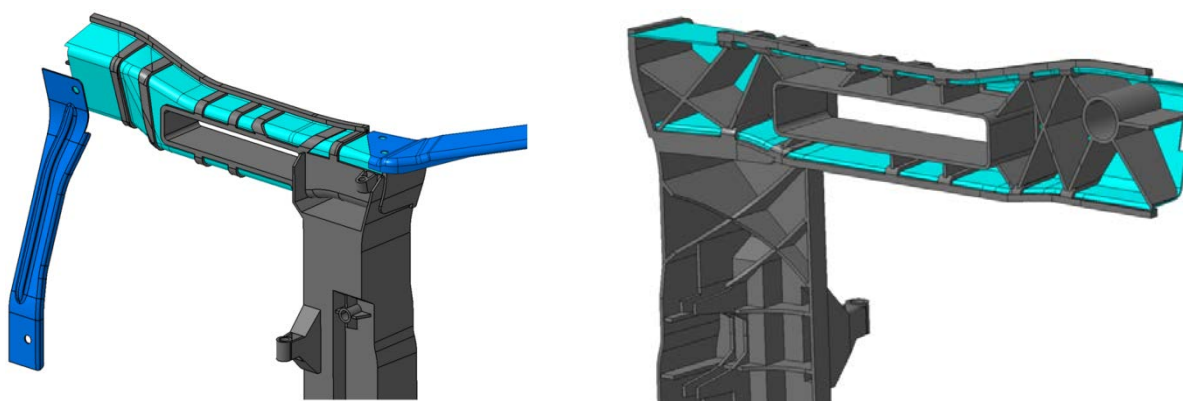
5.4.3 Verze B3

Verze B3 přebírá organovou strukturu z předchozí verze. Zohledňuje poznatky a potenciální nedostatky verze B2. V oblasti styku plastu a nosníku je na plechu vybrání, které umožní zvětšit přední kapsu a odstranit tak problém s vyrobiteľností. Žebra, která vyplňují horní nosník, jsou upravena tak aby vycházela z uchycení zámku. Kolem úchytného bodu je vytvořen válec, který rozvádí napětí do okolních žebíř. Ta jsou v ideálním případě umístěna pod úhlem 45°. Žebra se snaží napojovat na rohy sacího průřezu, ten je v rozích nejpevnější. Důležité žebro je v oblasti vnitřního horního rohu, kde se potkává sloup plastové části a horní plechová část. U něhož je zásadní, aby na něj navazovalo žebro na bočním sloupu. Jsou již vytvořena žebra pro uložení horního lůžka chladiče. Na model byly zapracovány i všechny ostatní úchytné body pro okolní díly.

Vzpěra zámku byla přepracována tak, aby byla snadno vyrobiteľná, ale zároveň splnila podmínky, které jsou na ni kladeny. Místo jednoho velkého prolisu, byly vytvořeny dva menší na stranách. Rameno pro držení světlometů a dorazu kapoty bylo taktéž upraveno. Lem je

přetažen až za body uchycení, jak je patrné na Obr. 51. Tím se stane lem funkční částí a bude přenášet napětí.

Přesto, že na této verzi bylo již odstraněno mnoho problémů, stále zůstávají na struktuře problémová místa. V oblasti, kde je uchyceno plechové rameno, je oříznut vrchní lem horního nosníku. Je zde tak odhalena hrana plastu a v této podobě by byl pásek na ořezané hraně nevyrobitelný. Při pevnostní kontrole se při zátěžových stavech 1-3 ukázal problém se vzpěrou zámku. Ta se při zatížení ohýbala či natahovala, v oblastech u bodů uchycení, u konců prolisů. To je způsobeno tím, že prolisy nejsou provedené na vodorovnou úroveň úchytných bodů. Při zatížení se projeví velké napěťové špičky v oblasti uchycení nosníku ke kotvící desce výztuhy nárazníku. Je proto doporučeno v oblasti uchycení lokálně navýšit tloušťku stěny pro lepší průběh napětí.



Obr. 51 - Pohled na horní nosník verze B3

Díl: Montážní nosník hybrid			Verze: B3	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
7850	210000	350	1,2	1,7
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
1340	5900	100	2,5	2,2
Celkem[kg]				3,9

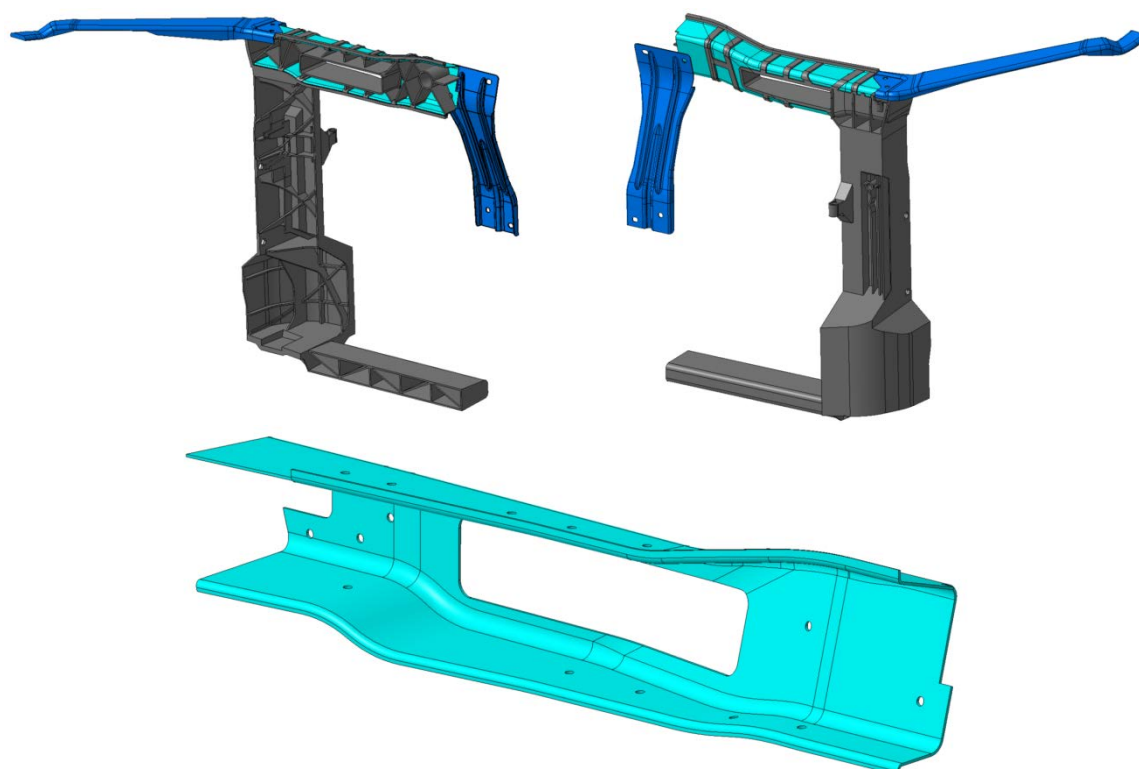
Tab. 10 - Verze B3 Přehled

5.4.4 Verze B4

Horní plechový díl je v této verzi přepracován. Výsledná čelní plocha je posunuta o 11mm ve směru x-. Tím se zmenšilo rameno, na kterém působí síla při zátěžových stavech 1 až 3.

V plechu jsou připraveny díry pro spojení s plastovou částí nosníku. Čelní plocha plastové části zůstala zachována. Přibyla zde tři svislá žebra pro zvýšení tuhosti struktury. V této verzi byla analogicky s variantou A upravena oblast, za kterou je uložen chladič stlačeného vzduchu. Klíčová žebra v této oblasti jsou vyvýšena, tak aby odolala zátěžovému stavu č. 4. Vnější strana sloupu je srovnána do jedné úrovně. V oblasti uchycení k výztuze nárazníku je navýšena tloušťka plastu stěny o 2 mm na celkovou tloušťku 4,5 mm.

Obrázky této verze jsou k dispozici v příloze č. 3.



Obr. 52 - Pohled na verzi B4 – Ve spodní části je zobrazen horní nosník s dírami pro spojení s plastem

Díl: Montážní nosník hybrid			Verze: B4	
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
7850	210000	350	1,2	1,9
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
1340	5900	100	2,5	2,4
Celkem[kg]				4,3

Tab. 11 - Verze B4 přehled

5.5 Pevnostní kontrola varianty B

5.5.1 Definice použitého materiálu

Pro plastovou část je použit stejný materiál jako v předchozí variantě.

Ocelová část[18]

Na navržené plechové díly bude použita ocel s vyšší mezí kluzu k žárovému pokovení určena k tváření za studena. Označení oceli dle evropské je ČSN EN 10292-01. Podle německé normy se materiál značí HX260LAD. Patří do skupiny HSLA ocelí. Používá se pro ploché ohýbané výrobky s ochranným pokovením. Pro tyto vysoce pevné oceli jsou charakteristické minimální a maximální hodnoty meze kluzu pevnosti v tahu a minimální hodnoty prodloužení.

Materiál je isotropní a při výpočtu budeme materiál považovat za lineárně elastický. Budeme se pohybovat tedy v oblasti pod smluvní mezí kluzu.

Chemické složení [hm.%]								
C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	Ti+Nb+V+B
0,10	0,50	0,60	0,025	0,025	0,015	0,15	0,009	0,22

Mechanické a fyzikální vlastnosti					
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₈₀ [%]	ν [-]
7850	210000	260-330	350-410	26	0,3
Mezní hodnota napětí pro výpočet [Mpa]				250	

Tab. 12 - Přehled vlastností a chemického složení oceli HX260LAD

Je k dostání ve třech jakostech kvality povrchu. Kvalita A – Povrch s charakterem povlaku – jsou přípustné drobné vady a nedostatky jako škrábance, důlky, tmavé skvrny. Mohou se objevit drobné trhliny vyrovnávací pnutí. B – Zlepšený povrch – Kvalita se dosahuje válcováním za studena. Jsou přípustné malé kazy jako trhliny po vyrovnání pnutí a lehké škrábance. Povrch nejvyšší kvality – C – Dosahuje se válcováním povrchu za studena. Takový povrch umožňuje aplikaci stejnoměrného konečného nátěru.

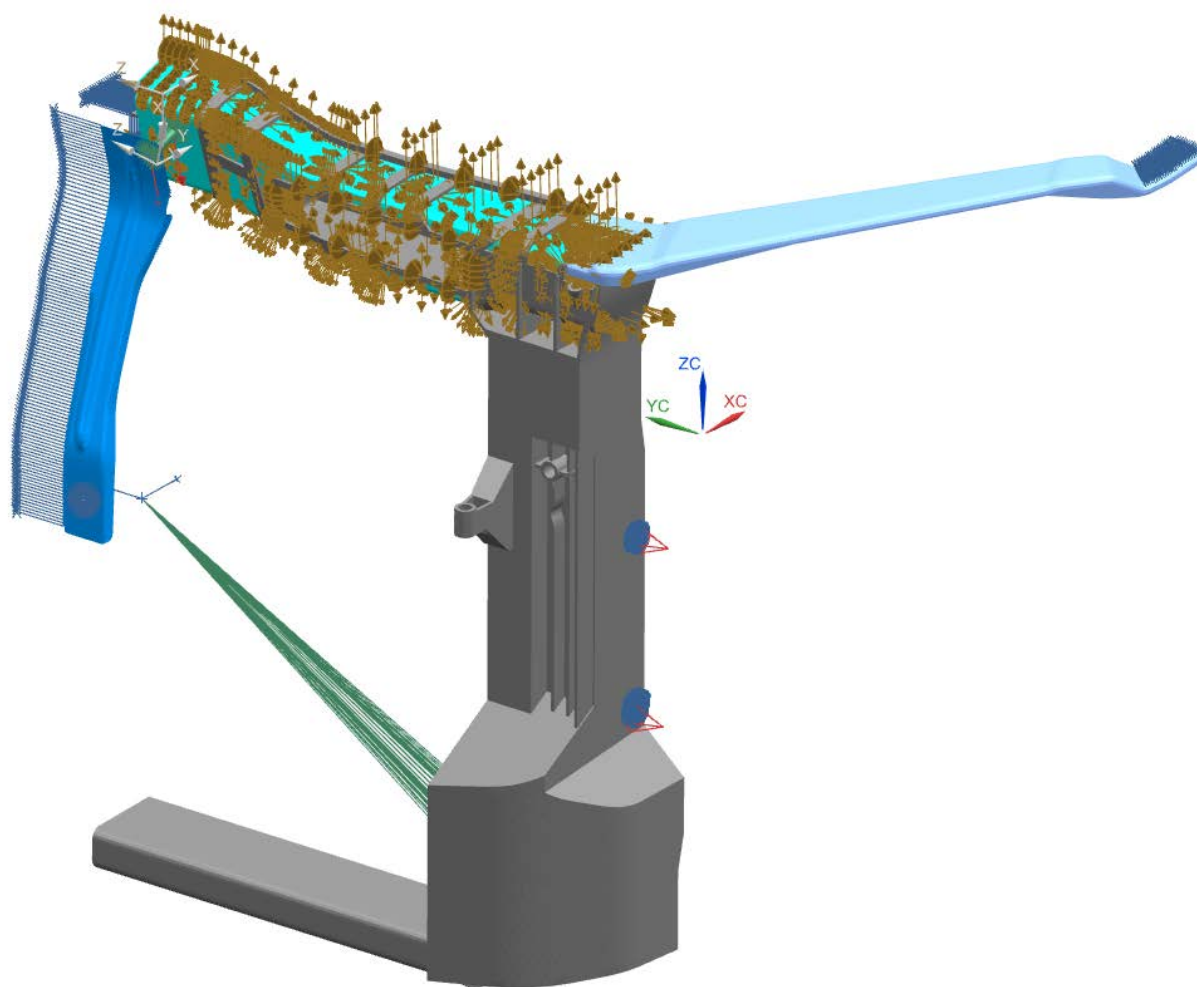
Povrchová úprava (od výrobce)

Ocel je od dodavatele žárově pokovena slitinou zinku a hliníku. Povlak obsahuje asi 95% zinku a 5% hliníku. Pokovení se provádí na nepřetržitě provozní lince v horké lázni. Povrch je lesklý a hranice zrna jsou dobře viditelná. Velikost zrna může kolísat podle podmínek

pokovování. Tloušťka povlaku může být od 7 do 23 μm . Tloušťka ovlivňuje tvárnost oceli. Obecně platí, čím více požadavků na tvárnost, tím tenčí povrch.

5.5.2 Tvorba sítě okrajové podmínky

Model byl zjednodušen na polovinu, která obsahuje sání motoru, stejně jako u předchozí varianty. Některé části výpočtů se překrývají s předchozí verzí. Na část nosníku je použitý stejný materiál a topologie v určitých oblastech je stejná, proto jsou některé poznatky z předchozí varianty aplikovány i na tuto variantu. Na plastovou část nosníku byly taktéž



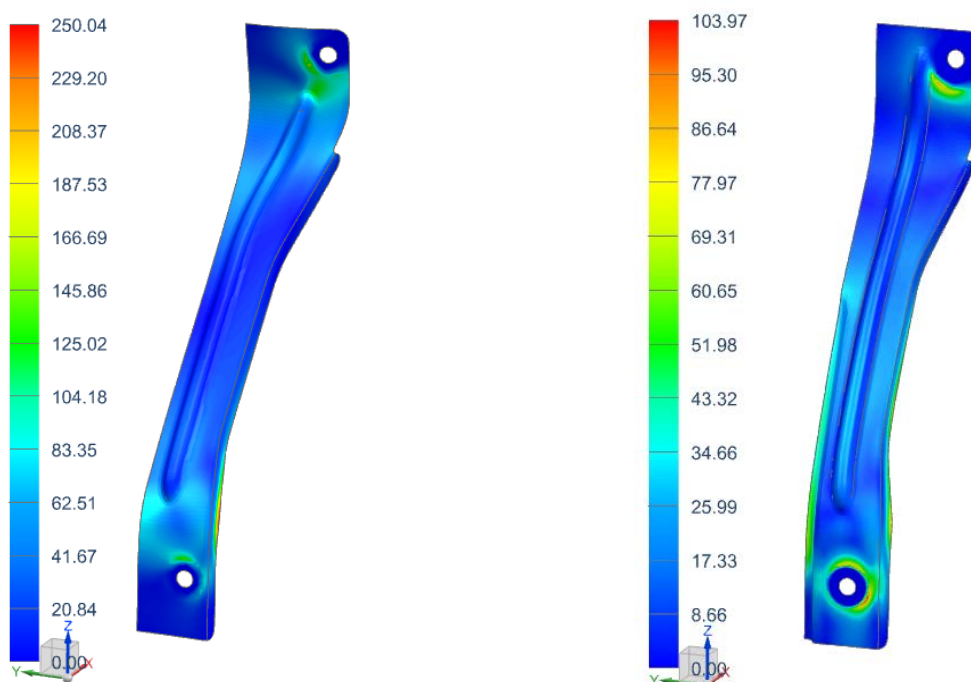
Obr. 53 - Okrajové podmínky varianty B

použity objemové lineární prvky typu tetraedr. U této varianty je zvláště důležité dobře si připravit model. Plastová část v horní části kopíruje přesně plechový díl a přebírá z něj každou jeho hranu. Při čištění modelu je proto třeba dbát na to, aby si hrany ploch na plechu a plastu odpovídaly a výsledné uzlové body jednotlivých ploch ležely na sobě. Pro diskretizaci

plechových dílů byly extrahovány střednicové plochy z objemových těl. Na střednicových plochách pak byli použity lineární 2D shell prvky typu čtyřúhelník se čtyřmi uzlovými body v kombinaci s trojúhelníkovými prvky. Pro spojení plastové části s plechovou bylo potřeba vytvořit kontaktní regiony, pro správnou definici kontaktu. První dvojice regionů slouží pro definici kontaktů plocha na plochu. Každý region náleží jedné síti. Druhá dvojice regionů je pro definici kontaktu hrana na plochu. V regionu s hranami, jsou označeny všechny otevřené hrany plechu. Region s plochami náleží k plastové části a obsahuje všechny plochy, na které dosedá plech. Touto definicí je zajištěn vzájemný vztah mezi plechovou a plastovou částí. Styk mezi oběma částmi byl z počátku definován jako dokonale pevný. Poté byl přidán kontakt bez tření a v poslední fázi výpočtu bylo zahrnuto i tření mezi jednotlivými částmi. Koeficient tření byl zadán 0,3. Na Obr. 53 je zobrazen model s okrajovými podmínkami.

5.5.3 Pevnostní analýza

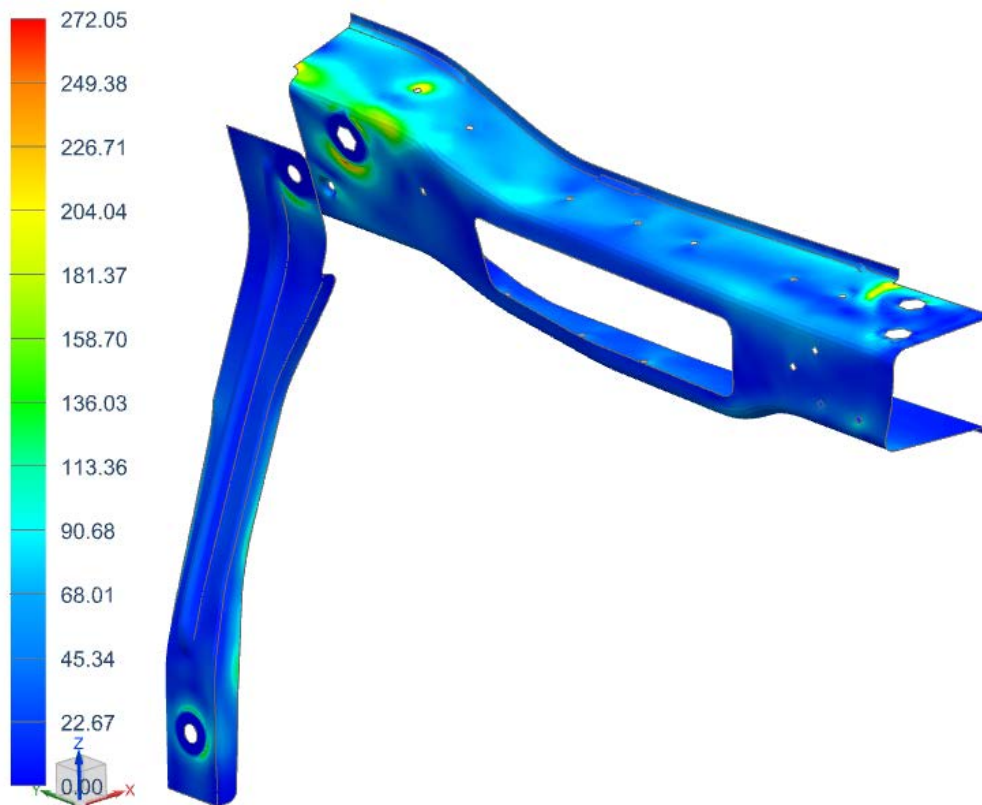
Je třeba říct, že pevnostní kontrola u této varianty byla nejnáročnější ze všech provedených analýz. A to jak po stránce časové náročnosti, při hledání správných okrajových podmínek a také z hlediska složitosti definice výpočtu a výpočtu samotného.



Obr. 54 - Rozložení napětí při zátěžovém stavu 1 na vzpěře zámku u verze u B3 a B4

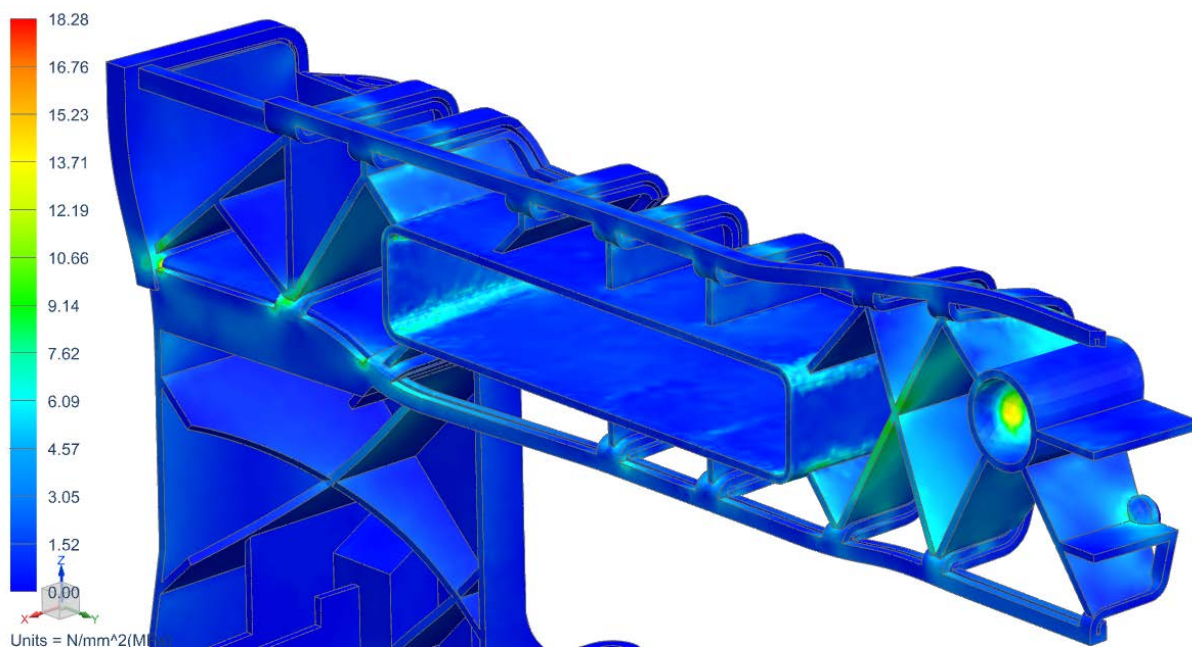
Obdobně jako u předchozí varianty zde nebudou prezentovány všechny výsledky v obrázkové podobě. Výsledky budou shrnuty v tabulce a budou ukázány pouze výsledky některých zátěžových stavů. Pro variantu B nebylo prováděno tolik analýz a výpočtů jako u zbylých dvou variant. Je to především z důvodu velké časové náročnosti, která souvisí s vyčištěním a odladěním výpočtového modelu. Další důvod je, že část výpočtů pro spodní část je podobná s variantou A.

Na Obr. 54 v levé části, je zobrazeno rozložení napětí na vzpěře zámku verze B3 při zátěžovém stavu 1. Maximální napětí je celkem 250 MPa a nachází se na bočním lemu ve spodní části v oblasti, kde končí prolis. Napětí se ve velké míře koncentruje pod horním úchytným bodem. Pro lepší rozložení napětí byl u verze B4 proveden zpětný prolis. Začíná v polovině vzpěry a jde až ke spodnímu konci. Vzpěra byla celkově rozšířena a původní prolisy byly protaženy na úroveň horního úchytného bodu. Díky tomu celkové napětí vznikající na vzpěře pokleslo a poloha maximálního napětí se změnila. Maximální napětí se nachází pod oběma úchytnými body, jak je patrné z pravé části Obr. 54. Výsledky rozložení na vzpěře a horním plechovém nosníku je zobrazeno na Obr. 55. Maximální napětí se nachází pod nýtovací maticí zámku. Jedná se celkem o 272 MPa. Z obrázku je jasně patrné, že



Obr. 55 - Rozložení napětí při zátěžovém stavu 2 u verze B4

v oblastech, kde je plech spojen s plastem, je vyšší koncentrace napětí. Nejvíce je to názorné ze spojovací díry na horní straně nosníku, která je nejbližší zámku. Kolem této díry je na zadní straně zvýšené napětí, které vzniká od zapření plastové části. V oblasti, která je mezi touto dírou a dírou pro zámeček, je zvýšené napětí, které vzniká od tlaku na plastovou. Významná koncentrace napětí je na kraji nosníku, kde je vyřezaný horní lem. Napětí na plastové části ve velké míře kopíruje napětí na plechu. V oblasti spojovacích otvorů je zvýšené napětí stejně jako u plechu. To nám potvrzuje správnost zadaných okrajových podmínek a funkčnost celého výpočtu. Největší napětí má hodnotu 18 MPa a nachází se jednak u boční hrany plechu u spodního lemu, a také na přední ploše žebra, které jde od kruhového žebra u zámku směrem k horní straně plechu, viz Obr. 56. U úchytných bodů ke vzpěře nárazníku není téměř žádné napětí. Většinu síly totiž přenáší plechová část nosníku. Plastová část přenáší malé síly, ale drží plech ve správném tvaru a tím podstatně zvyšuje ohybovou pevnost.

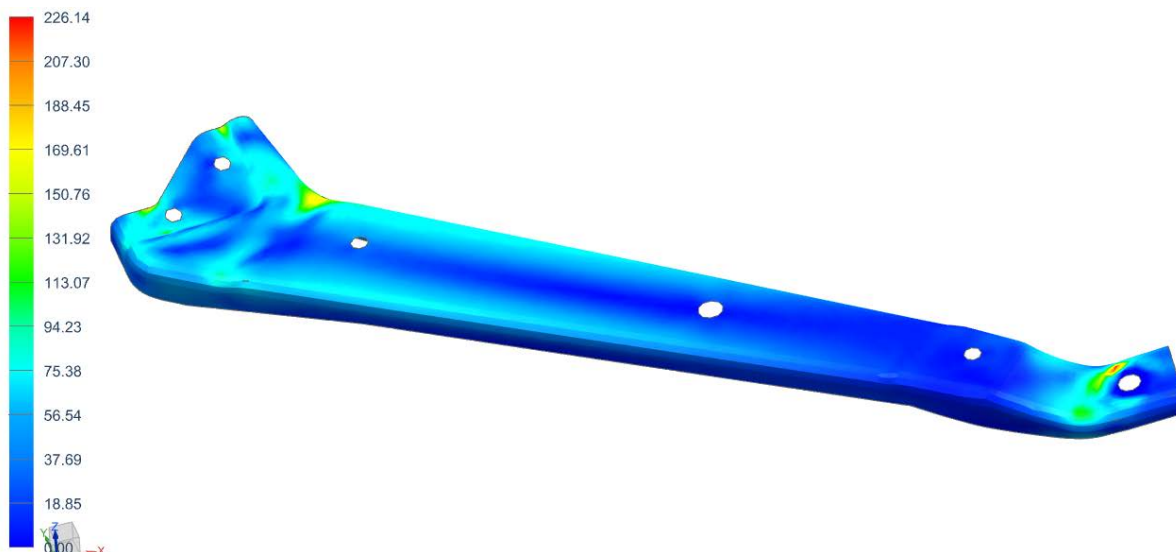


Obr. 56 - Napětí na plastové části B4

Napětí vznikající na rameni při zátěžovém stavu č. 2 je zobrazeno na Obr. 57. Napětí je celkem 226 MPa a nachází se v oblasti úchytného bodu ke karoserii. Toto místo je kritické při prvních třech zátěžových stavech. Rameno se v této oblasti láme podél hrany, kde se láme plocha karoserie a sklopená plocha vedoucí od úchyty světel.

Výsledky všech zátěžových stavů jsou uvedeny v Tab. 13. Výsledky jsou rozděleny podle materiálů, aby bylo přehledně vidět, kde byly dosaženy mezní hodnoty. Plastová část vyhověla téměř ve všech zátěžových stavech. Pouze u stavu č. 4 byla mírně překročena

povolená mez. Plech nevyhověl při zátěžovém stavu č. 3, při statické analýze byly dosaženy hodnoty přesahující mez úměrnosti a nejspíše by došlo k trvalému porušení struktury. U zátěžového stavu č. 3 došlo k překročení stanovené meze.



Obr. 57 - Napětí na rameni B4 při zátěžovém stavu 2

Materiál: DV30 PA6GF30		Tloušťka stěny: 2,5 mm					
E =4900[MPa]		Rm=110[MPa]		σm=50[MPa]		ρ=1350[kg/m³]	
Verze		ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6
B3	σ[MPa]	58	105	x	x	x	x
	s[mm]	7.8	14	x	x	x	x
B4	σ[MPa]	9.2	18	37.5	53	48	31
	s[mm]	1.8	3.4	5.5	5.7	1.7	0.5
		vyhovuje		překročení o 15%		nevyhovuje	

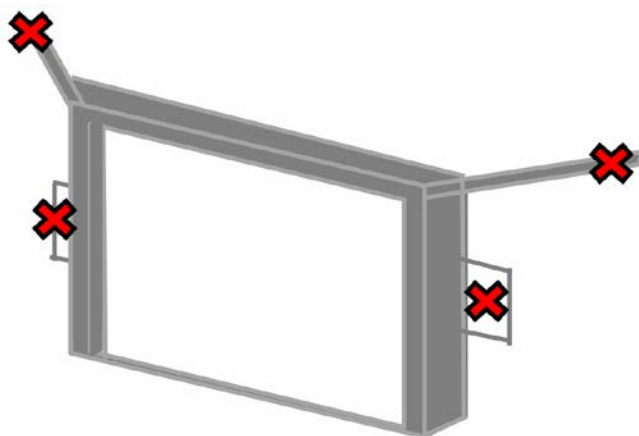
Materiál: HX260LAD		Tloušťka stěny: 1,2 mm					
E =210[GPa]		Rm=350[MPa]		σm=150[MPa]		ρ=7850[kg/m³]	
Verze		ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6
B3	σ[MPa]	302	580	x	x	x	x
	s[mm]	7.8	14	x	x	x	x
B4	σ[MPa]	198	272	503	0	0	13
	s[mm]	1.8	3.4	5.5	50	7.5	0.1
		vyhovuje		překročení o 15%		nevyhovuje	

Tab. 13- Výsledky pevnostní analýzy varianty B

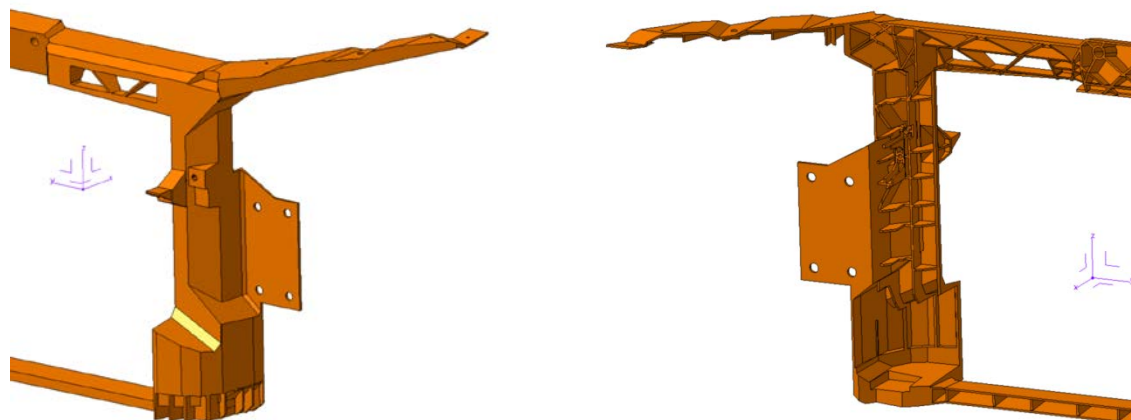
5.6 Varianta C

5.6.1 Verze C1

Třetí varianta používá jako hlavní materiál hliníkovou slitinu s vysokým obsahem hořčíku. Tenkostěnné odlitky z takovýchto slitin se vyznačují vysokou pevností při nízké hmotnosti. Výchozí materiál je drahý, proto je snaha o maximální využití materiálu. Na Obr. 58 je zobrazena orgánová struktura. Z obrázku je patrné, že nejsou použity žádné podpůrné vzpěry. Předpokládá se, že díky vlastnostem daného materiálu nebude vzpěra potřeba.



Obr. 58 - Orgánová struktura varianta C



Obr. 59 - Pohled na verzi C1

Na Obr. 59 je vidět hrubá stavební struktura verze C1. Je bez zaoblení a jsou aplikovány pouze hlavní technologické úkosy. Použitá tloušťka stěny je 3mm. Na modelu jsou zapracovány všechny úchytné body pro okolní díly. Jedná se o poměrně rozměrný a složitý díl. Hlavní formovací směr je v ose x. Spodní část u uložení spodního lůžka chladiče je formována pomocným jádrem.

Z obrázku je vidět kritické místo této verze. V oblasti uchycení zámku je odskok, který působí jako koncentrátor napětí. Žebra horního nosníku a sloupu na sebe příliš nenavazují, tím je celá struktura výrazně oslabena. V oblasti chladiče stlačeného vzduchu jsou žebra nevhodně rozmístěna. V zájmu dodržení přesného odstupu od chladičí soustavy tvoří žebra i kontura nosníku ostré plochy.

Díl: Montážní nosník hliník			Verze: C1	Materiál: AlSi10Mg
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
2670	70000	445	3	6,2

Tab. 14 - Verze C1 přehled

5.6.2 Verze C2

Tato verze nevychází z verze předchozí, je vytvořen nový model. Organová struktura se od předchozí verze liší pouze v tom, že nosník je uchycen ke karoserii pouze dvěma šrouby na každé straně. Tím dojde k úspoře materiálu. Struktura byla optimalizována. Na horním nosníku jsou vytvořeny kaskády pro zvýšení ohybové tuhosti. Kaskáda je vytvořena i na vnější straně sloupu. Na modelu ještě není zapracováno uložení horního lůžka chladiče. Žebra na horním nosníku a sloupu nejsou stále příliš provázána. Konec ramena, u uchycení ke karoserii je formován pomocí pomocného jádra ve směru z.



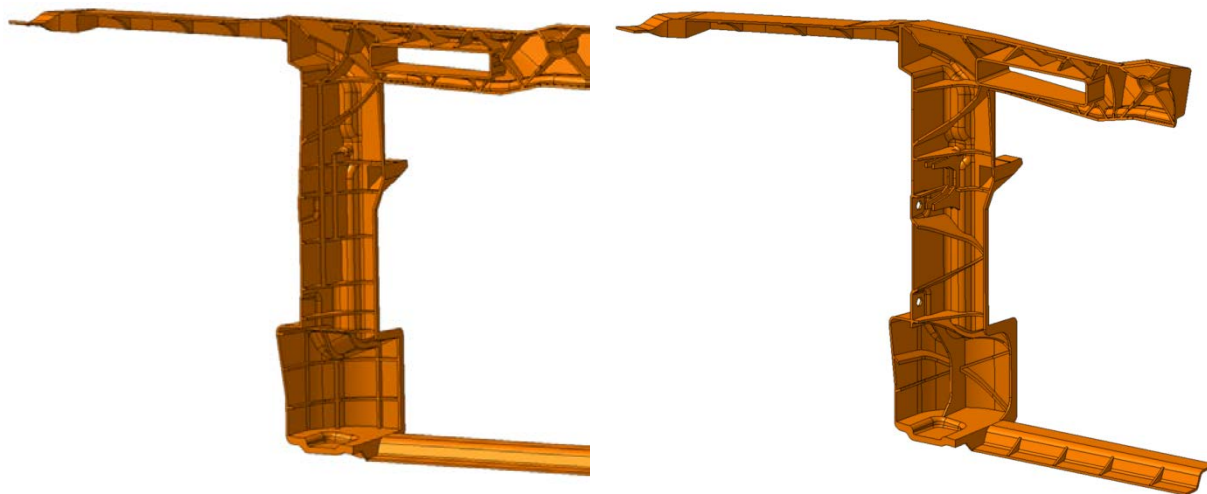
Obr. 60 - Pohled na verzi C2

Díl: Montážní nosník hliník			Verze: C2	Materiál: AlSi10Mg
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
2670	70000	445	3	4,56

Tab. 15 - Verze C2 přehled

5.6.3 Verze C3

Tato verze vychází z verze C2. Je změněn koncept uchycení nosníku k výztuze nárazníku. Nově bude uchycován na boční lemy na kotvící desce přední výztuhy. Došlo k optimalizaci žebér na horním nosníku. Kolem úchytných bodů u zámku bylo vytvořeno válcové žebro, pro roznesení napětí do ostatních žebér. V oblasti horního vnitřního rohu byla žebra uspořádána tak, aby se v tomto bodě žebra potkávala. Průběžné žebro pod úhlem 45° vychází z boční stěny sloupu a je napojeno na roh sacího otvoru. Horní část nosníku, v oblasti kde se opírá zámek, byla upravena tak, aby přechod mezi jednotlivými částmi nebyl tak ostrý. Horní a spodní plocha se v této oblasti stávají rovnoběžné a tím je dosažen stejný průřez podél horního nosníku. Na modelu stále není zapracováno horní uložení chladiče.



Obr. 61 - Pohled na verzi C3 a C4

5.6.4 Verze C4

Verze C4 je finální verzi této varianty. Liší se od předchozí varianty žebrováním. Na základě pevnostních výpočtů verze C3 bylo změněno rozložení žebrování a některá žebra byla vyvýšena. Tím se dosáhlo lepšího rozložení napětí. Na zadní straně spodního nosníku byla přidána žebra. Tím, že byla některá žebra odebrána, došlo k malému snížení hmotnosti. Finální verze je zobrazena v příloze 3.

Díl: Montážní nosník hliník			Verze: C4	Materiál: AlSi10Mg
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rm[MPa]	tloušťka st.[mm]	hmotnost[kg]
2670	70000	445	3	4,51

Tab. 16 - Verze C4 přehled

5.7 Pevnostní kontrola varianty C

5.7.1 Definice použitého materiálu

Pro variantu C je použita hliníková slitina AlSi10Mg. Jedná se o materiál s vynikající pevností, tvrdostí a chováním při dynamickém namáhání. Používá se pro tenkostěnné odlitky a komplexní struktury. Materiál je isotropní a do smluvní meze kluzu se chová jako lineárně elastický materiál. Výpočet bude probíhat pouze v oblasti lineární elasticity.

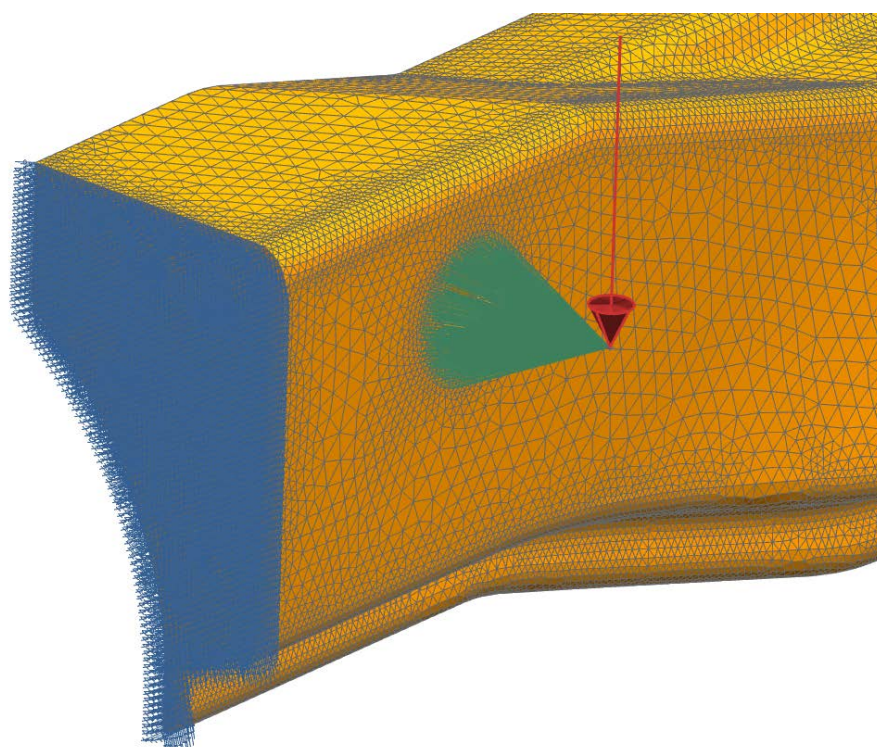
Chemické složení [hm.%]									
Fe	Si	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti
0,55	10,00	0,05	0,45	0,45	0,05	0,1	0,05	0,05	0,15

Mechanické a fyzikální vlastnosti					
ρ [kg/m ³]	E[MPa]	Rp0,2[MPa]	Rm[MPa]	ϵ max [%]	ν [-]
2670	70000	275	445	6,5	0,28
Mezní hodnota napětí pro výpočet [Mpa]			260		

Tab. 17 - Vlastnosti a chemické složení slitiny AlSi10Mg

5.7.2 Tvorba sítě a okrajové podmínky

Model je, stejně jako u předchozích variant zjednodušený na polovinu. Použité prvky jsou objemové, typu tetraedr se čtyřmi uzlovými body. Hlavní velikost prvku je 3 mm, a na tloušťce stěny jsou použity minimálně dva prvky. V oblastech, kde se předpokládá koncentrace napětí, byla použita jemnější síť. Na Obr. 62 je vidět způsob zadání zatížení na zámku. Z ploch, které jsou pod nýtovací maticí, vedou rigidní linky do bodu, který je vysunut v ose šroubu do poloviny tloušťky zámku. Zadání ostatních okrajových podmínek je stejné jako u předchozích variant.

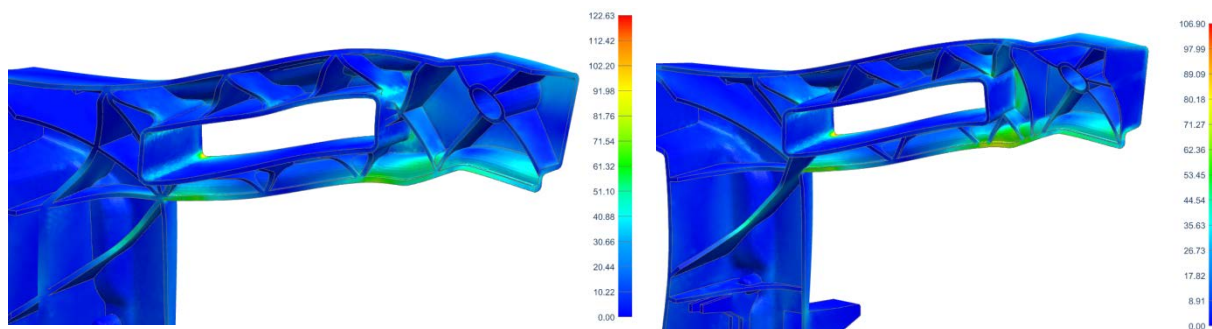


Obr. 62 - Detail sítě s okrajovými podmínkami

5.7.3 Pevnostní analýza

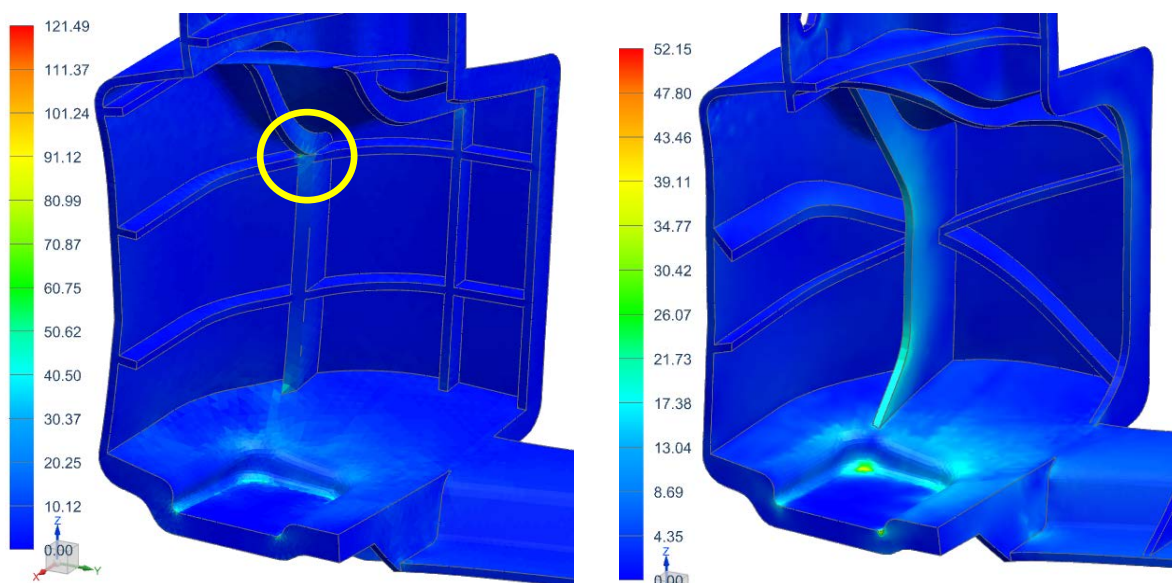
V Tab. 18 jsou zobrazeny výsledky všech analýz, které byly provedeny. U této varianty, díky vlastnostem použitého materiálu, nebyl velký problém splnit požadavky kladené na strukturu. Jako jediná varianta splnila podmínky všech zátěžových testů. Na Obr. 63 je v levé části vidět rozložení napětí na verzi C3 při zátěžovém stavu č. 2. Maximální napětí při této analýze je 122 MPa a je v oblasti rohů sací oblasti. Maximální prodloužení je logicky ve středu nosníku a je 1,6mm. V pravé části je zobrazena verze C4, při stejném zátěžovém stavu, která má

upravená žebra. Je vidět, že rozložení napětí je přibližně stejné jako u verze C3. Celkové maximální napětí je však 107 MPa. Maximální prodloužení je 1,48 mm.






Obr. 63 - Výsledky pro zátěžový stav č. 2 - verze C3 a C4

U verze C3 při zátěžovém stavu č. 5 byla špička napětí na ostrém rohu žebra v oblasti, kde se láme žebro, jak je zobrazeno v levé části Obr. 64. Na spodních žebrech se napětí pohybovalo v rozmezí 40-60 MPa. Rozložení žeberek bylo v této oblasti u další verze změněno a tím se dosáhlo rovnoměrnějšího rozložení napětí v celé oblasti. Hlavní část napětí přenáší žebro, které navazuje na boční stěnu sloupce a spojuje přímo spodní plochu uložení lůžka a spodní úchytný bod ke vzpěře nárazníku.



Obr. 64 - Výsledky pro zátěžový stav č. 5 - verze C3 a C4

Materiál: AlSi10Mg		Tloušťka stěny: 3 mm									
E =70000[MPa]		Rm=445[MPa]		σm=260[MPa]		ρ=2670[kg/m ³]					
Verze		ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	Hmotnost [kg]			
C1	σ[MPa]	245	273	485	x	x	x	6,2			
	s[mm]	4.5	6.4	9.2	x	x	x				
C3	σ[MPa]	109	122	254	288	121	35	4,5			
	s[mm]	1.1	1.6	3.2	5.2	0.5	0.1				
C4	σ[MPa]	99	106	213	207	52	35	4,1			
	s[mm]	1.1	1.2	3.5	4.8	0.1	0.1				
		 vyhovuje	 překročení o 15%	 nevyhovuje							

Tab. 18 – Výsledky pevnostní analýzy varianty C

6 Výrobní postupy jednotlivých variant

6.1 Výrobní postup pro variantu A

U varianty A je předpokládána výroba na celkem dvou vstřikovacích lisech v režimu sériové výroby s následnou konečnou montáží. Bude potřeba zhotovit celkem dvě formy obě s teplým vtokem. Levé i pravé rameno bude vyráběno pomocí jedné formy s dvěma kavitami na vstřikovací jednotce s celkovou zavírací silou 250t. Střední díl nosníku má samostatnou větší formu, která vyžaduje stroj se zavírací silou 1800t. Součástí obou strojů jsou manipulátory a pásové dopravníky pro odběr hotových kusů. Je předpokládána výroba v zavedené vstřikovně plastů, která má rozvod materiálu s automatickým přívodem a sušením plastového granulátu. V sériové výrobě se jako pracovní postup většinou používají obrázkové průvodky. V moderních výrobních stanovištích jsou vybavena dotykovými displeji, které zobrazují jednotlivé operace pracovního postupu. Obrázkové postupy zde nebudou prezentovány, bude uveden pouze sled operací s vyčíslením času, který bude sloužit jako podklad pro ekonomické hodnocení výrobku. V Tab. 19 a Tab. 20 jsou vypsány veškeré přímé úkony s časy, které jsou potřeba pro vyrobení středního dílu nosníku. Poté co je střední díl vytažen z formy a pomocí pásového dopravníku je dopraven na kontrolní a montážní stanoviště. Operátor ve výrobě vizuálně, případně hmatem, zkontroluje díl. Pokud je potřeba ořízne případné ořepky. Poté ustaví díl do přípravku. Nasune nýtovací matice na pozice a pomocí nýtovací pistole roznýtuje postupně všechny matice. Následuje konečná kontrola usazených matic a dalších kontrolních míst. Operátor označí díl a ustaví do palety.

U výrobního postupu ramen je postup obdobný. Operátor po odebrání z pásu lisu díl zkontroluje a případně ořízne. Poté vsadí vložky a zarazí do materiálu pomocí jednoduchého pákového přípravku. Následuje kontrola, označení a vložení do palety. Obě ramena jsou vyráběna pomocí jedné formy.

Abychom mohli věrohodně porovnat všechny varianty, připočteme k celkovému času, čas montáže ramen ke střednímu dílu nosníku.

Díl: Varianta A-střední díl			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Vstřikolis 1 1800t		Zavření formy	0,05			1	0,05
		Vstřík	0,17			1	0,17
		Dotlak	0,08			1	0,08
		Chlazení	0,50			1	0,50
		Otevření formy	0,07			1	0,07
		Vyjmutí dílu	0,07			1	0,07
		Technologická přestavka	0,08			1	0,08
		Výměna formy		45			0,005
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				1,04
Předmontáž středního dílu		Vizuální kontrola	0,25			1	0,25
		Ořez otřepů	0,17			1	0,17
		Usazení na přípravek	0,05			1	0,05
		Montáž nýtovacích matic	0,12			6	0,70
		Montáž vložek	0,07			2	0,13
		Finální kontrola, označení	0,17			1	0,08
		Uložení do palety	0,08			1	0,17
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		
			Celkem:				1,55

Tab. 19 - Výrobní postup varianta A část 1

Díl: Varianta A-rameno levé, pravé			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Vstříkolis 2 250t		Zavření formy	0,05			1	0,05
		Vstřík	0,10			1	0,10
		Dotlak	0,07			1	0,07
		Chlazení	0,20			1	0,20
		Otevření formy	0,07			1	0,07
		Vyjmutí dílu	0,07			1	0,07
		Technologická přestavka	0,08			1	0,08
		Výměna formy		35			0,004
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				0,66
Předmontáž ramene 1 (L)		Vizuální kontrola	0,13			1	0,13
		Ořez otřepů	0,13			1	0,13
		Usazení na přípravek	0,05			1	0,05
		Montáž vložek	0,05			3	0,15
		Finální kontrola, označení	0,10			1	0,10
		Uložení do palety	0,08			1	0,08
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				0,65
Předmontáž ramene 2 (P)		Vizuální kontrola	0,13			1	0,13
		Ořez otřepů	0,13			1	0,13
		Usazení na přípravek	0,05			1	0,05
		Montáž vložek	0,05			3	0,15
		Finální kontrola, označení	0,10			1	0,10
		Uložení do palety	0,08			1	0,08
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				0,65
Konečná montáž nosníku		Uložení středního dílu do příp.	0,12			1	0,12
		Uložení ramene L do příp.	0,08			1	0,08
		Uložení ramene P do příp.	0,08			1	0,08
		Vložení šroubů	0,05			4	0,20
		Dotažení momentovým utahovákem	0,10			4	0,40
		Uložení do palety	0,08			1	0,08
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				0,97
						Vstříkolis 1 celkem [min./ks]:	1,0
						Vstříkolis 2 celkem[min./ks]	0,7
						Čas operátora [min./ks]	3,8

Tab. 20 - Výrobní postup varianta A část 2

6.2 Výrobní postup pro variantu B

Varianta B předpokládá výrobu plechových dílů na krátké nástřihové lince, která se skládá z dvou střížných lisů, mazačky, manipulátorů a pásového dopravníku. Plechový svitek je založen do podávacího ústrojí lisů. V prvním lisu jsou vystříženy malé díry pro spojení plechu s plastem a díry pro uchycení k okolním dílům. Mazačka maže plech v určitých místech. V druhém lisu dochází k vystižení hlavních tvarů všech plechových dílů. Díly z druhého lisu propadávají na pásový dopravník. Z dopravníku operátoři třídí jednotlivé díly, kontrolují je a ukládají do palet. Ramena jsou vyráběna na menších lisech, kde manipulaci s materiálem zajišťuje operátor. Ten vloží díl do správné pozice v lisu, poté spustí lis pomocí obouručního spínače. Po vylisování dílu a otevření lisu obsluha vyndá díl a uloží do palety. Celý proces se pak opakuje. Výrobní postup pro druhé rameno je totožný, pouze je použit jiný druh formy. Na střední nosník s profilem U, je použit větší lis s automatizací. Manipulátor automaticky odebírá plechový polotovár a zakládá ho na přesnou pozici do lisu. Poté dojde k vylisování tvaru nosníku. Manipulátor vyndá hotový kus a vloží do palety.

Díl: Varianta B-všechny plechové díly			jednotkový	davkový	směnový	četno st	celkový čas na kus - t[min./ks]
Počet kusů v dávce : 1 000			č.	č.	č.		
Pracoviště	č.op.	Popis	t _A [min.]	t _B [min.]	t _C [min.]		
Nástřihová linka		Založení svitku		25		1	0,03
		Vystřížení malých děr	0,08			1	0,08
		Mazání	0,07			1	0,07
		Vystřížení hlavních tvarů	0,09			1	0,09
			Celkem:				0,26
Třídění		Vizualní kontrola	0,13			1	0,13
		Třídění	0,12			1	0,12
		Uložení do palety	0,08			1	0,08
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				0,35
Díl: Varianta B-rameno levé i, pravé, vzpěra zámku			jednotkový	davkový	směnový	četno st	celkový čas na kus - t[min./ks]
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.		
Pracoviště	č.op.	Popis	t _A [min.]	t _B [min.]	t _C [min.]		
Lisování obou ramen a vzpěry zámku		Ustavení do formy	0,11			3	0,33
		Lisování tvaru	0,08			3	0,25
		Kontrola, označení	0,07			3	0,20
		Uložení do palety	0,09			3	0,26
		Výměna formy		15			0,02
			Celkem:				1,05

Tab. 21 - Výrobní postup varianta B část 1

Všechny plechové díly dostávají konečnou povrchovou úpravu pomocí tzv. katarforézního lakování. Jedná se o moderní a velmi hospodárnou povrchovou úpravu na bázi epoxidů, případně akrylátů s velmi nízkým obsahem organických rozpouštědel. Lakování probíhá na automatizované lince a celková doba lakování včetně přípravy povrchu, pasivace a vypálení trvá 150 až 250s. Po takovéto úpravě jsou díly připraveny na další část výroby.

Střední nosník je v následující operaci vložen do přesné polohy ve vstřikovacím lisu a po zavření formy jsou vytvořena žebra a plastová část nosníku. Hotový nosník prochází vizuální kontrolou, jsou ořezány případné otřepy a poté připevněny nýtovací matice. Nosník je

Díl: Varianta B-střední nosník			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Lisování středního nosníku		Ustavení do formy	0,11			1	0,00
		Lisování tvaru	0,13			1	0,13
		Uložení do palety	0,12			1	0,12
		Výměna formy		25			0,03
			Celkem:				0,28
Díl: Varianta B-všechny plechové díly			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Katarforézní lakovací linka		Příprava, odmaštění	2,83			4	11,33
		Lakování				4	
		Oplach				4	
		Vypalování				4	
		Chlazení				4	
			Celkem:				11,33
Díl: Varianta B-střední díl			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Vstřikolis 3 1800t		Vložení plechového dílu	0,08			1	0,05
		Zavření formy	0,05			1	0,05
		Vstřík	0,17			1	0,17
		Dotlak	0,08			1	0,08
		Chlazení	0,50			1	0,50
		Otevření formy	0,07			1	0,07
		Vyjmutí dílu	0,07			1	0,07
		Technologická přestavka	0,08			1	0,08
		Výměna formy		45			0,005
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				1,09

Tab. 22 - Výrobní postup varianta B část 2

označen a uložen do palety. K celkovému času montáže připočteme čas potřebný ke smontování celého nosníku. Tento čas obsahuje i montáž vzpěry zámku na výztuhu nárazníku.

Předmontáž středního dílu	Vizuální kontrola	0,25			1	0,25
	Ořez otřepů	0,17			1	0,17
	Usazení na přípravek	0,05			1	0,05
	Montáž nýtovacích matic	0,12			6	0,70
	Finální kontrola, označení	0,17			1	0,17
	Uložení do palety	0,08			1	0,08
	Úklid pracoviště, osobní čas				9	0,02
Celkem:						1,44
Montáž celého nosníku	Ustavení střed. dílu do přípr.	0,13			1	0,13
	Ustavení ramen do přípr.	0,08			2	0,17
	Vsazení šroubů	0,05			4	0,20
	Utažení šroubů	0,08			4	0,30
	Ustavení vzpěry zámku	0,10			1	0,08
	Vložení zámku	0,12			2	0,00
	Montáž vzpěry zámku	0,08			2	0,20
	Úklid pracoviště, osobní čas				9	0,02
Celkem:						1,10

Nástřihová linka celkem [min./ks]:	0,3
Lis malý celkem [min./ks]	1,0
Lis velký celkem [min./ks]:	0,3
Katof. lakování celkem [min./ks]	11,3
Vstřikolis 2 celkem [min./ks]	1,1
Čas operátora [min./ks]	3,9

Tab. 23 - Výrobní postup varianta B část 3

6.3 Výrobní postup varianty C

Varianta C počítá s použitím stroje pro vysokotlaké lití lehkých slitin s celkovou zavírací silou 1200t. Licí jednotka má podobný cyklus jako vstřikovací lis. Rozdíl je v energetické náročnosti a celkové složitosti stroje. Materiál je do stroje dopravován již v tekutém stavu. Po vyjmutí dílu z nástroje je díl zkontrolován a jsou odstraněny případné vady. Nosník prochází lakováním, stejnou metodou jako u plechu z varianty B. Po dopravě na montážní pracoviště jsou namontovány spojovací a nastavovací elementy. Díl je označen a uložen do palety.

Díl: Varianta C-Montážní nosník			jednotkový	davkový	směnový		celkový čas
Počet kusů v dávce : 10 000			č.	č.	č.	četno	na kus -
Pracoviště	č.op.	Popis	tA[min.]	tB[min.]	tC[min.]	st	t[min./ks]
Licí jednotka 1 1800t		Zavření formy	0,05			1	0,05
		Vstřík	0,17			1	0,17
		Dotlak	0,08			1	0,08
		Chlazení	0,67			1	0,67
		Otevření formy	0,07			1	0,07
		Vyjmutí dílu	0,07			1	0,07
		Oplach formy	0,10			2	0,20
		Technologická přestavka	0,08			1	0,08
		Výměna formy		45			0,005
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				1,41
Katoforesní lakovací linka		Příprava, odmaštění				1	
		Lakování				1	
		Oplach	3,17			1	3,17
		Vypalování				1	
		Chlazení				1	
			Celkem:				3,17
Montáž		Vizuální kontrola	0,25			1	0,25
		Ořez, broušení otřepů	0,25			1	0,25
		Usazení na přípravek	0,05			1	0,05
		Montáž nýtovacích matic	0,12			4	0,47
		Finální kontrola, označení	0,17			1	0,08
		Uložení do palety	0,08			1	0,17
		Úklid pracoviště, osobní čas			9		0,02
			Celkem:				1,29

Čas licí jednotky [min./ks]	1,4
Katof. lakování celkem[min./ks]	3,2
Čas operátora [min./ks]	1,3

Tab. 24 - Výrobní postup varianta C

7 Ekonomické hodnocení variant

Pro každou variantu je proveden výpočet nákladů na jeden kus výrobku a dále i celkové náklady na strojní vybavení. Zadaný objem výroby je 220 000ks ročně po dobu 5 let. Tomu odpovídá provedený výpočet. Varianty budou vyhodnocovány bez ohledu na jejich splnění technických požadavků. Jediné kritérium je nejnižší cena za kus a nejnižší pořizovací náklady. Ceny materiálů, strojů a nástrojů byly určeny na základě několika zdrojů. První je rešerše cen na internetu. Je nutno říci, že některé ceny, zejména strojů a nástrojů je velmi obtížné dohledat. Jako další zdroj byly použity výsledky z aplikace internetových stránek (<http://www.custompartnet.com/estimate/>). Tato aplikace umožňuje odhadnout náklady na stroje i nástroje pro vstřikování plastů a odlévání slitin z lehkých kovů. Aplikace umožňuje zadat téměř veškeré informace o výrobku od typu materiálu, počtu kusů až po počet přídatných jader. Třetí zdroj jsou výstupy z konzultací s lidmi z oboru, kteří mají zkušenosti s cenou daných strojů a nástrojů. Na základě kombinací těchto zdrojů byly stanoveny náklady na stroje a nástroje ke všem variantám.

Pro variantu A bude zobrazen celý výpočet celkové ceny, pro ostatní varianty budou uvedeny pouze výsledky. Tabulky s celými výpočty ke zbylým dvěma variantám jsou k vidění v příloze č. 2. Veškeré režijní přírážky jsou stejné pro všechny varianty. Stejně tak i úroková míra, náklady na prostor a využitelný časový fond.

7.1 Varianta A

U této varianty je počítáno s použitím dvou vstřikovacích lisů a montážního stanoviště. Cena většího lisu je odhadnuta na 25 mil. Kč. Menší lis je odhadován na 15 mil. Kč. Obě formy budou sloužit po celou dobu výroby série. Cena velké formy je 14 168 000 Kč. Cena malé 6 500 000. Cena materiálu byla určena 70 Kč/kg. V Tab. 25 jsou vypočteny hodinové sazby jednotlivých strojů a náklady na nástroje. V Tab. 26 jsou pak vypočteny vlastní náklady výroby a následně i náklady na kus. Celkové pořizovací náklady činí 44,66mil. Kč. Úplné vlastní náklady činí 997 Kč/kus. Po připočtení tisku a daně je prodejní cena 1447 Kč/kus.

Stanovení strojní hodinové sazby [Kč/hod.]:			Vstříkolis 1	Vstříkolis 2	
Pořizovací cena stroje			19 000 000	5 000 000	Kč
Předpokládaná životnost			20	20	let
Kalkulované odpisy stroje		=Suma(Pořizovací cena nástroje/Předpokládaná životnost)	950 000	250 000	ks
Kalkulované odpisy	KA	=Kalkulované odpisy nástroje+Odpisy stroje(ů)	950 000	250 000	Kč
Kalkulované úroky	KZ	=(Pořizovací cena/2)*Úroková míra	760 000	200 000	Kč
Úroková míra			0,08	0,08	
Prostorové náklady	KR	=Půdorys stroje*Náklady na 1m	1 125 000	750 000	Kč
Náklady na 1m2 a rok			25 000	25 000	Kč/m2
Půdorys stroje(ů)			45	30	m2
Náklady na energie	KE	=Využitelný časový fond*náklady na hodinu*Výkonové využití	2 362 500	945 000	Kč
Cena el. proudu za kWh			3	3	Kč/kWh
Příkon stroje			200	80	kW
Výkonové využití			0,70	0,70	-
Náklady na opravy		=Kalkulované odpisy*faktor	285 000	75 000	Kč
Faktor pro opravy			0,30	0,30	-
Využitelný časový fond	TV	=Nominální časový fond-Časové ztráty	4 781	4 781	hod.
Časové ztráty		=Nominální časový fond*0,15	844	844	hod.
Nominální časový fond	TN	=Počet pracovních dnů/Počet hodin za den	5 625	5 625	hod.
Počet pracovních dnů/rok			250	250	dnů
Počet hodin/pracovní den			23	23	hod.
Strojní hodinová sazba		=(KA+KZ+KR+KE+KI)/TV	1 147	464	Kč/hod.
Stanovení nákladů na nástroje [Kč/hod.]:			Vstříkolis 1	Vstříkolis 2	
Pořizovací cena nástroje			14 168 000	6 500 000	Kč
Počet vyrobených kusů			1 100 000	1 100 000	ks
Počet nástrojů			1	1	ks
Náklady na nástroje		=Pořizovací cena/Počet kusů	12,88	5,91	Kč/ks.

Tab. 25 - Stanovení hodinové sazby a nákladů na nástroje u varianty A

Kalkulace vlastních nákladů na jeden kus [Kč]:			Varianta A	
Strojní náklady		= Suma(Strojní čas*Strojní hodinová sazba)	44	Kč
Přímé mzdy		= Suma(Čas práce*Mzdový tarif)	32	Kč
Výrobní režie		=Přímé mzdy*Režijní přírážka	64	Kč
Režijní přírážka			2,00	-
Norma času	Nč		0,064	hod.
Mzdový tarif			500,00	Kč/hod.
Přímý materiál		= Suma(Cena použitého materiálu)	487	Kč
Režijní materiál		=Přímý materiál*Režijní přírážka	122	Kč
Režijní mater. přírážka			0,25	-
Čistá váha nosníku			3,50	kg
Cena materiálu na kg			70	Kč/kg
Cena spojovacích prvků			8	Kč/ks
Počet spojovacích prvků			16	Ks
Cena nastavovacích prvků			19	Kč/ks
Počet nastavovacích prvků			6	Ks
Vlastní náklady výroby		=Strojní náklady+Přímé mzdy+Přímý materiál+Režijní přírážky+Náklady na nástroje	767	Kč/ks
Správní a odbytová režie		=Vlastní náklady výroby*režijní přírážka	230	Kč/ks
Režijní odbytová přírážka			0,30	-
Úplné vlastní náklady výroby		=Vlastní náklady výroby+Správní a odbytová režie	997	Kč/ks
Zisk		=Úplné vlastní náklady výroby*0,2	199	Kč/ks
DPH		=Prodejní cena bez daně*0,21	251	Kč/ks
Prodejní cena		=Úplné vlastní náklady+Zisk+DPH	1447	Kč/ks
Celkové náklady			44 668 000	Kč/ks

Tab. 26 - Kalkulace nákladů na jeden kus u varianty A

7.2 Varianta B

Varianta B počítá s využitím největším počtem strojů ze všech variant. Je použita nástřihová linka pro vystřížení plechů, dva lisy na plechové díly, kataforézní lakovací linka a na závěr vstříkovací lis. Celková pořizovací cena všech zařízení byla stanovena na 110,220 mil. Kč. Cena materiálu pro plastovou část je stejná jako u předchozí varianty. Cena plechu byla stanovena na 40 Kč/kg. Úplné vlastní náklady byly vypočteny na 1230 Kč/ks a prodejní cena na 1787 Kč/ks. Výpočet je analogický jako u varianty A. Celá tabulka s výpočtem je uvedena v příloze č. 2.

	Nástřihová linka	Lis 1	Lis 2	Kat.lak. lin. 1	Vstříkolis 3	
Strojní hodinová sazba	1 341	460	757	953	1 094	Kč/hod.
Náklady na nástroje	5,91	6,82	4,09	0,09	12,15	Kč/ks.

Úplné vlastní náklady výroby	=Vlastní náklady výroby+Správní a odbytová režie	1230	Kč/ks
Prodejní cena	=Úplné vlastní náklady+Zisk+DPH	1787	Kč/ks
Celkové náklady	121 970 001		Kč/ks

Tab. 27 - Stanovení nákladů u varianty B

	Licí jednotka 1	Kat.lak. lin. 1	
Strojní hodinová sazba	1 907	1 076	Kč/hod.
Náklady na nástroje	99,91	0,09	Kč/ks.

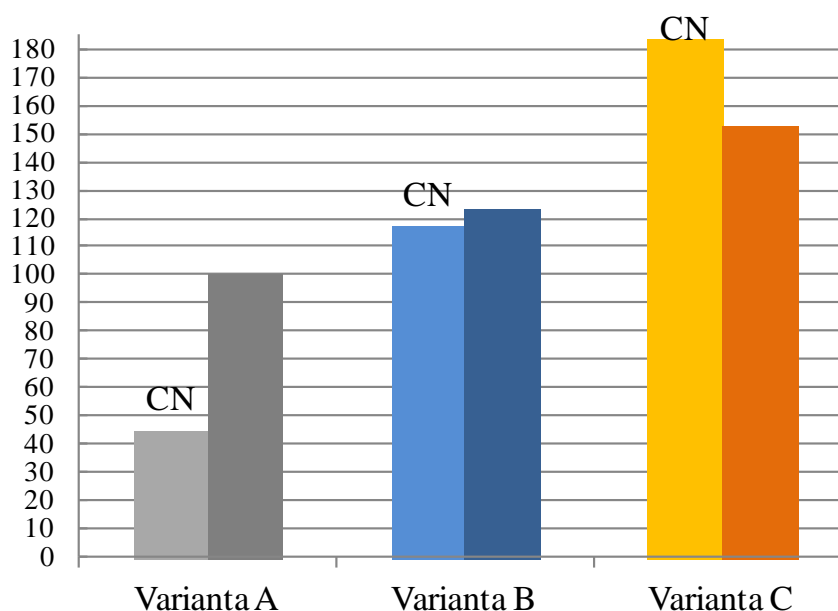
Úplné vlastní náklady	1524	Kč/ks
Prodejní cena	2212	Kč/ks
Celkové náklady	182 996 640	Kč/ks

Tab. 28 - Stanovení nákladů u varianty C

7.3 Varianta C

Varianta C je vyráběna pomocí lící jednotky pro odlévání lehkých slitin pod vysokým tlakem. Cena jednotky je stanovena na 58 mil. Kč. Nosník dále prochází kataforézním lakováním. Data související s lakováním jsou stejná, jako u varianty B. Liší se pouze množstvím použitého laku a dobou lakování. Cena použitého materiálu AlSi10Mg byla stanovena na 110 Kč/kg. Úplné vlastní náklady činí 1524 Kč prodejní cena je 2212 Kč. Celkové náklady na pořízení všech technologií jsou 183 mil. Kč. Vysoká pořizovací cena je dána vysokou cenou lící jednotky a hlavně vysokou cenou forem a jejich malou trvanlivostí.

7.4 Porovnání variant



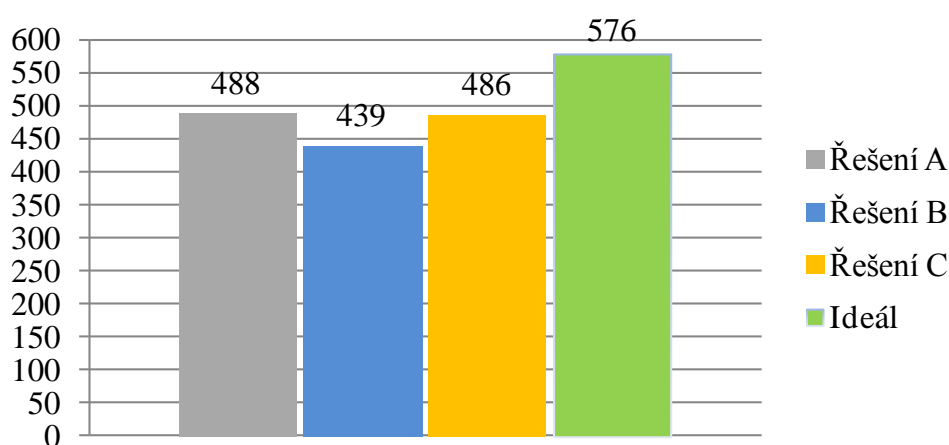
Obr. 65 - Ekonomické porovnání jednotlivých variant – Celkové náklady (CN) a náklady na jeden kus

Po porovnání výše stanovených hodnot se z ekonomického hlediska jednoznačně zdá nejvýhodnější varianta A. Má nejnížší pořizovací náklady a zároveň má nejnížší úplné vlastní náklady. Z grafu v Obr. 65 je vidět jak velký je rozdíl mezi pořizovacími náklady jednotlivých variant (CN) v mil. Kč. Druhým sloupcem u každé varianty jsou zobrazeny úplné vlastní náklady na jeden kus v desítkách korun.

Z ekonomického hlediska se jako nejlepší volba zdá **varianta A**.

8 Technické hodnocení variant

Hodnocení se skládá z kvantitativní a kvalitativní části. Kvantitativní hodnocení vychází ze specifikace požadavků. K jednotlivým variantám byla přiřazena bodová hodnota ke každé specifikované vlastnosti. Celá tabulka se všemi hodnotami je k vidění v příloze č 1. Výsledné hodnocení je zobrazeno v Obr. 66. Varianta A je na prvním místě s celkovým počtem bodů 488. Jen o dva body méně dosáhla varianta C. Tyto dvě varianty můžeme označit jako vítěze této kategorie. Varianta B dosáhla celkem 439 bodů.



Obr. 66- Výsledky hodnocení technických požadavků

Kvalitativní hodnocení shrnuje hlavní vlastnosti jednotlivých variant. Varianta A nabízí mnoho výhod. Nástroje i stroje jsou levné, lehké na údržbu a nenáročné na prostor. Z výrobního pohledu je zřejmě nejjednodušší. Na druhou stranu struktura z plastového nosníku má problémy se splněním všech pevnostních požadavků. Tyto nedostatky přímo souvisí s konkrétní topologií. Zde je velký prostor pro optimalizaci tvaru a rozmístění žebek. Hybridní varianta B je po výrobní stránce nejsložitější. Pro výrobu je potřeba minimálně 5 strojů a další přidružené montáže. Samotné řešení nepřináší takovou úsporu hmotnosti, jak se očekávalo. Varianta C má sice drahou, ale poměrně jednoduchou výrobu. Samotný díl pak představuje pevnou a funkční strukturu. Řešení ukazuje velký potenciál pro optimalizaci struktury.

Doporučené varianty jsou stejně jako v předchozí části varianta A a C. Varianta představuje levné a dostupné řešení a je ideální volbu pro aplikace s běžnými nároky na pevnost. Varianta C představuje robustnější řešení pro náročnější aplikace s velkým poměrem tuhosti vůči vlastní hmotnosti. Varianta C v této podobě představuje složitou a drahou výrobu.

9 Výběr varianty

Na základě výsledků ekonomického a technického hodnocení byla jako optimální varianta, která naplňuje zadání práce, zvolena **varianta A** – tedy koncept celoplastového nosníku s oddělenými rameny. Z ekonomického hlediska je varianta zdaleka nejvýhodnější. Varianta byla zvolena i přesto, že nespĺnila všechny definované pevnostní požadavky. Je to z toho důvodu, že struktura nosníku je vhodná k další optimalizaci a má potenciál pro další úpravy. Jak již bylo zmíněno, varianta C splnila, jako jediná, pevnostní požadavky. Díky vysoké ceně materiálu a pořizovacích nákladů je toto řešení určeno spíše pro sportovní a luxusní automobily.

10 Závěr

V práci je představen návrh montážního nosníku osobního automobilu po jednotlivých verzích a to ve třech variantách materiálového konceptu. U každé varianty byly provedeny pevnostní kontroly, dle stanovených zátěžových stavů. Při tvorbě jednotlivých verzí se ukázala rozdílnost jednotlivých struktur, v závislosti na materiálu. Pro každou variantu byl přestaven předpokládaný výrobní postup s vyčíslenými časy. Ty následně posloužily jako jeden z podkladů pro vyčíslení: strojní hodinové sazby, nákladů na nástroje a následně určení prodejní ceny na jeden kus. Varianta C (hliníková slitina) neměla větší problém s tuhostí struktury a obstála ve všech pevnostních kontrolách jako jediná. Z hodnocení technických požadavků vychází téměř jako vítěz, ale představuje největší cenu na kus a zároveň nejvyšší pořizovací náklady. Varianta B (polyamid-ocel), oproti předpokladu, nespĺnila podmínky při zátěžovém stavu č. 3 a při dalších dvou stavech došlo k překročení limitů o 15%. Z hlediska splnění technických požadavků je tato varianta až na třetím místě. Z hlediska ekonomický nákladů představuje tato varianta střední cestu. Jako vítězná varianta byla zvolena varianta A (polyamid). Má nejnižší cenu na kus a zároveň nejnižší pořizovací náklady. V hodnocení technických požadavků se umístila těsně před variantou C. Varianta byla vybrána i přes to, že u některých zátěžových stavů došlo k překročení zadaného limitu. Je to z toho důvodu, že překročení nebylo tak zásadní a struktura poskytuje možnosti pro další optimalizaci. Jak již bylo zmíněno výše, plastové nosníky představují levné a vcelku spolehlivé řešení pro běžné aplikace. Hybridní struktury dosahují lepšího poměru tuhosti a hmotnosti, ale jejich výrobní a

pořizovací náklady jsou vyšší. Pro náročné aplikace, kde není cena dílů tím hlavním kritériem, je ideální použití hliníkové slitiny.

Je potřeba zmínit, že vzhledem k rozsahu práce jsou varianty, včetně té vítězné, vypracovány do fáze hrubých stavebních struktur a to do takové míry, aby bylo možno nasimulovat statické zatížení. Na modelech jsou zapracovány pouze hlavní úkosy a zaoblení. Ostatní úkosy, malé zaoblení, technologické či montážní úpravy nejsou na modelech obsaženy. I z toho důvodu není přiložen výrobní výkres vítězné varianty.

Použité zdroje:

- [1] Front-end solution. *HBPO GmbH* [online]. [vid. 2013-10-08]. Dostupné z: <http://www.hbpogroup.com/front-end.html>
- [2] Front-end modules. *HBPO GmbH* [online]. [vid. 2013-10-10]. Dostupné z: <http://www.hbpogroup.com/front-end-modules.html>
- [3] What's new in automotive front-end modules?. *Gardner Business Media* [online]. [vid. 2013-09-10]. Dostupné z: <http://www.compositesworld.com/articles/what39s-new-in-automotive-front-end-modules>
- [4] Front End Module (FEM). *Calsonic Kaisei Corporation* [online]. [vid. 2013-09-25]. Dostupné z: http://www.calsonickansei.co.jp/english/products/fe_module.html
- [5] MOBILE CAR AIR CONDITIONING. *Keep your cool* [online]. [vid. 2013-10-13]. Dostupné z: <http://www.keep-your-cool.co.uk/>
- [6] Skoda Octavia front end carrier made from highly reinforced polyamide. *Elsevier Ltd.* [online]. [vid. 2013-11-16]. Dostupné z: <http://www.reinforcedplastics.com/view/31880/skoda-octavia-front-end-carrier-made-from-highly-reinforced-polyamide/>
- [7] Bumper types. *Picdix* [online]. [vid. 2014-01-13]. Dostupné z: <http://picdix.com/context.jsp?id=188>
- [8] Bye bye sheet metal: VW Golf front-end carrier is made solely from plastic. *Nelson Publishing* [online]. [vid. 2013-11-13]. Dostupné z: <http://www.designfax.net/cms/dfx/opens/article-view-dfx.php?nid=4&bid=221&et=news&pn=01>
- [9] High-stiffness car body part employing hot stamping method. *KIA MOTORS CORP.* [online]. [vid. 2014-01-11]. Dostupné z: <http://kia-buzz.com/high-stiffness-car-body-part-employing-hot-stamping-method/>
- [10] Premiere in der Automobilindustrie:Frontend in Hybridtechnik mit Organoblech. *Lanxess.* [online]. [vid. 2014-02-11]. Dostupné z: <http://live2.mail.lanxess.com/de/rubber-news/98/detail/3993/>

- [11] Mercedes puts new pressure on powertrain. *Crain Communications*. [online]. [vid. 2014-02-18]. Dostupné z: <http://www.plasticsnews.com/article/20131015/NEWS/131019961/mercedes-puts-new-pressure-on-powertrain#>
- [12] Luftführung Wasserkühler 3er. *Auto-Leebmann GmbH*. [online]. [vid. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://www.leebsmann24.de/luftfuhrung-wasserkuehler-3er-51747255413.html>
- [13] SLIDESHOW ACTIVE GRILL SHUTTER. *Valeo* [online]. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: <http://www.valeo.com/en/page-transverses-gb/popin-diaporama-en/popin-diaporama-ths-en/diaporama-active-grill-shutter.html>
- [14] Applications – Car body – Crash Management Systems.. *EUROPEAN ALUMINIUM ASSOCIATION* [online]. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: http://www.alueurope.eu/wp-content/uploads/2011/12/4_AAM_Crash-management-systems1.pdf
- [15] LŮŽKO CHLADIČE HORNÍ FABIA OD R.00-08. *autorykl.cz*. [online]. [vid. 2014-04-19]. Dostupné z: <http://www.nd-skoda-volkswagen.cz/cz/autodily-skoda/fabia/chlazenivytapeni/chladice-vody/2615-luzko-chladice-horni-fabia-od-r-00-08.html>
- [16] Self-tapping screw for metal. *Direct Industry*. [online]. [vid. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/acument-global-technologies/self-tapping-screws-metals-11742-760179.html>
- [17] Automobilový průmysl. *Böllhoff s.r.o.*. [online]. [vid. 2014-04-25]. Dostupné z: http://www.boellhoff.cz/cs/cz/oborova_reseni/automobilovy.php
- [18] TVÁRNÉ VYSOKOPEVNOSTNÍ OCELI, GALFAN. *Rautaruukki Corporation*. [online]. [vid. 2014-04-28]. Dostupné z: <http://www.ruukki.cz/Produkty-a-reseni/Hutni-materialy/Oceli-s-kovovym-povlakem/Tvarne-vysokopevnosti-oceli/Tvarne-vysokopevnostni-oceli-Galfan>
- [19] PA (PA 6, PA 6.6, PA 11, PA 12) – polyamid. *RESINEX Group*. [online]. [vid. 2014-05-5]. Dostupné z: <http://www.resinex.cz/polymerove-typy/pa.html>

Seznam obrázků

Obr. 1 - Front-end modul Audi Q7 V12 TDi [2]	2
Obr. 2 - Obecné složení Front-end modulu	4
Obr. 3- Rozpad front-end modulu[1].	5
Obr. 4 - Hybridní nosník[4].....	7
Obr. 5 - Celoplastový nosník[6].....	7
Obr. 6 - Vertikální uspořádání chladiče[4].....	8
Obr. 7 - Horizontální uspořádání chladiče[4].....	8
Obr. 8 - Typické provedení kondenzátoru[5].....	8
Obr. 9 - Ukázka vedení vzduchu	10
Obr. 10 - Aktivní řízení přívodu vzduchu[13].	11
Obr. 11 – Výztuha předního nárazníku s pěnovým dílem[14].....	12
Obr. 13 - Nevhodný příklad spojení.....	15
Obr. 14 - Pojistný šroub používaná v automobilovém průmyslu[17].....	15
Obr. 15 - Různé typy maticových vložek.....	16
Obr. 16 - Nýtovací matice[17]	16
Obr. 17 - Vrut s vnitřním závitem[16]	17
Obr. 18 - Nastavovací element s nýtovací maticí[17].....	17
Obr. 19 - Celoplastový nastavovací element[17]	17
Obr. 20 - Montážní nosník Škoda Octavia 3.generace[6]	18
Obr. 21 - Montážní nosník VW Golf 7.generace[8]	18
Obr. 22 - Mont. Nosník Mercedes Benz[11].....	18
Obr. 23 - Hybridní nosník Audi A8[10].....	18
Obr. 24 - Osový systém vozu	19
Obr. 25 - Úchytné body na karoserii[9]	19
Obr. 27 - Lůžko chladiče používané ve WV (Fabia,...)[15].....	21
Obr. 28 - Zjednodušené horní lůžko.....	21
Obr. 29 - Uvažované spodní lůžko.....	21
Obr. 30 - Výztuha nárazníku	22
Obr. 31 - Světlomet	22
Obr. 32 - Zatížení působící na obecný nosník[9]	23
Obr. 33 - Funkční schéma	29
Obr. 34 - Orgánová struktura verze A1	31
Obr. 35 - Varianta A, verze A1	31
Obr. 36 - Orgánová struktura verze A2 až A5	32
Obr. 37 - Pohled na horní roh verze 2A	32
Obr. 38 - Pohled na verzi 3A.....	33
Obr. 39 – Pohled na rameno z verze 3A	34
Obr. 40 – Pohled na verzi 4A	34
Obr. 42 - Závislost napětí na poměrném prodloužení PA6 v suchém a kondiciovaném stavu	37
Obr. 43 – Pohled na detail sítě a okrajové podmínky	38
Obr. 44 – Zobrazení koncentrace napětí u verze 4A.....	39
Obr. 47 - Orgánová struktura verze B1	41
Obr. 48 - Verze B1	42
Obr. 49 - Orgánová struktura verze B2	43
Obr. 50 - Pohled na verzi B2.....	44
Obr. 51 - Pohled na horní nosník verze B3	45
Obr. 52 - Pohled na verzi B4.....	46
Obr. 53 - Okrajové podmínky varianty B	48

Obr. 55 - Rozložení napětí při zátěžovém stavu 2 u verze B4	50
Obr. 56 - Napětí na plastové části B4.....	51
Obr. 57 - Napětí na rameni B4 při zátěžovém stavu 2	52
Obr. 58 - Orgánová struktura varianta C.....	53
Obr. 59 - Pohled na verzi C1	53
Obr. 60 - Pohled na verzi C2.....	54
Obr. 61 - Pohled na verzi C3 a C4	55
Obr. 62 - Detail sítě s okrajovými podmínkami.....	57
Obr. 64 - Výsledky pro zátěžový stav č. 5 - verze C3 a C4	58
Obr. 65 - Ekonomické porovnání jednotlivých variant.....	70
Obr. 66- Výsledky hodnocení technických požadavků.....	71

Seznam tabulek:

Tab. 1 - Specifikace požadavků část 1	27
Tab. 2 - Specifikace požadavků část 2	28
Tab. 3 - Verze A1 přehled.....	31
Tab. 4 - Verze A3 přehled.....	34
Tab. 5 - Verze A4 přehled.....	35
Tab. 6 – Vlastnosti materiálu PA6 GF30	36
Tab. 7 - Výsledky pevnostní analýzy varianty A	40
Tab. 8 - Verze B1 přehled	42
Tab. 9 - Verze B2 přehled	44
Tab. 10 - Verze B3 Přehled.....	45
Tab. 11 - Verze B4 přehled	46
Tab. 12 - Přehled vlastností a chemického složení oceli HX260LAD.....	47
Tab. 13- Výsledky pevnostní analýzy varianty B	52
Tab. 14 - Verze C1 přehled	54
Tab. 15 - Verze C2 přehled	55
Tab. 16 - Verze C4 přehled	56
Tab. 17 - Vlastnosti a chemické složení slitiny AlSi10Mg.....	56
Tab. 18 – Výsledky pevnostní analýzy varianty C.....	59
Tab. 19 - Výrobní postup varianta A část 1	60
Tab. 20 - Výrobní postup varianta A část 2	61
Tab. 21 - Výrobní postup varianta B část 1.....	62
Tab. 22 - Výrobní postup varianta B část 2.....	63
Tab. 23 - Výrobní postup varianta B část 3.....	64
Tab. 24 - Výrobní postup varianta C.....	65
Tab. 25 - Stanovení hodinové sazby a nákladů na nástroje u varianty A	67
Tab. 26 - Kalkulace nákladů na jeden kus u varianty A	68
Tab. 27 - Stanovení nákladů u varianty B.....	69
Tab. 28 - Stanovení nákladů u varianty C.....	69

Seznam příloh:

Příloha č. 1 – Porovnání variant na základě splnění požadavků	1
Příloha č. 2 – Ekonomické vyčíslení varianty B a C	4
Příloha č. 3 – Obrázková dokumentace jednotlivých variant	7

Příloha č. 1 – Porovnání variant na základě splnění požadavků

Požadované reflektivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory k provozní etapě životního cyklu (LC)	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast		Řešení B Hybrid		Řešení C Hliník		Ideální řešení (4)	
			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
1. Pož. k transformačním funkcím/účinkům TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
1.1 Operátor TS - Montážní nosník										
- Celková hmotnost		4	4	16	3	12	3	12	4	16
- Poměr tuhosti a váhy		4	2	8	3	12	4	16	4	16
- Ochrana a nesení chladiče a okolních dílů		3	4	12	4	12	4	12	4	12
- Nesení světél a kapoty		2	4	8	4	8	4	8	4	8
1.3 Operand - Okolní díly										
- Pevné uchycení		2	4	8	4	8	4	8	4	8
- Pružné uložení		2	4	8	4	8	4	8	4	8
1.3 Proces - Nesení okolních dílů										
- Umožnění nesení světél		2	4	8	4	8	4	8	4	8
- Umožnění nastavení světél		2	4	8	4	8	4	8	4	8
- Umožnění nesení kapoty		2	4	8	4	8	4	8	4	8
- Umožnění nastavení odstupů kapoty		2	4	8	4	8	4	8	4	8
2. Požadavky k provozuschopnosti TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
2.1 Prostředí										
- Odolnost proti vysokým teplotám	60°-70°	3	1	3	2	6	4	12	4	12
- Odolnost proti vibracím		3	3	9	2	6	4	12	4	12
- Odolnost proti požáru		4	1	4	2	8	3	12	4	16
- Odolnost proti vzdušné vlhkosti		4	2	8	2	8	4	16	4	16
- Odolnost proti korozi		3	4	12	2	6	4	12	4	12
2.1 časové využití										
- četnost	vysoká	3	4	12	4	12	4	12	4	12
- životnost	maximální	4	4	16	4	16	4	16	4	16
2.2 Servis operátoru										
- Náročnost demontáže po nehodě v nízké rychlosti	minimální	3	3	9	3	9	3	9	4	12
- Cena náhradního dílu	minimální	3	4	12	3	9	2	6	4	12
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,80	177	0,78	172	0,92	203		220
3. Pož. k člověku TS v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
3.1 Bezpečnost (B), Ergonomie (E)										
- Dostatečné přístupy k montážním bodům		4	4	16	3	12	4	16	4	16
- Snadná montáž okolních dílů		3	4	12	3	9	4	12	4	12
- Snadná manipulace		3	4	12	3	9	3	9	4	12
- Maximální hmotnost jednotlivé komponenty		3	4	12	3	9	2	6	4	12
4. Požadavky k ostatním TS/prostředkům v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost technologie		3	4	12	2	6	2	6	4	12
- Cena potřebných nástrojů		4	4	16	2	8	3	12	4	16
- Trvanlivost nástrojů		4	3	12	3	12	2	8	4	16
- Cena materiálu		4	4	16	3	12	2	8	4	16
- Dodatečná povrchová úprava		3	4	12	3	9	3	9	4	12
- Celkový čas cyklu na jeden kus		3	4	12	2	6	3	9	4	12
- Velikost transportní palety		4	4	16	3	12	3	12	4	16

Tabulka 1 - Specifikace požadavků část 1

5. Požadavky k materiálovému a energetickému okolí v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost technologie výroby na živ. prostředí		3	3	9	3	9	2	6	4	12
- Ekologická likvidace po ukončení životnosti		3	3	9	3	9	2	6	4	12
- Spotřeba energie při celé výrobě		3	3	9	3	9	2	6	4	12
6. Požadavky k informačním systémům v LC:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Náročnost konstrukční a výrobní dokumentace	standartní	3	4	12	4	12	4	12	4	12
- Náročnost montážní dokumentace	standartní	3	4	12	4	12	4	12	4	12
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,94	199	0,73	155	0,70	149		212
Požadované reaktivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast	Řešení B Hybrid	Řešení C Hliník	Ideální řešení (4)				
7. Pož. Na obecné konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Odolnost funkčních částí proti únavě	vysoká	4	3	12	3	12	3	12	4	16
- Předvídatelnost chování při crash simulacích		4	2	8	3	12	3	12	4	16
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,6	20	0,8	24	0,8	24	8	32
Požadované deskriptivní vlastnosti TS a jejich měřitelné indikátory	Požad. hodnota	Váha 0-4	Řešení A Plast	Řešení B Hybrid	Řešení C Hliník	Ideální řešení (4)				
8. Pož. na elementární konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Spojovací prvky		2	2	4	4	8	3	6	4	8
- Nastavovací elementy		2	4	8	4	8	4	8	4	8
9. Pož. na konstrukční vlastnosti:			hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.	hodn.	celk.
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 1		4	4	16	4	16	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 2		4	3	12	3	12	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 3		4	3	12	0	0	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 4		4	3	12	3	12	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 5		4	3	12	4	16	4	16	4	16
- Nepřekročit dovolené hodnoty při zátěžovém stavu 6		4	4	16	4	16	4	16	4	16
Procentové hodnocení / Celkový počet bodů			0,82	92	0,79	88	0,98	110		112
pořadí / Celkové konečné celkový součet hodocení			2	488	3	439	1	486		576

Tabulka 2 - Specifikace požadavků část 2

Příloha č. 2 – Ekonomické vyčíslení varianty B a C

Stanovení strojní hodinové sazby [Kč/hod.]:		Nástřihová linka	Lis 1	Lis 2	Kat.lak. lin. 1	Vstříkolis 3	
Pořizovací cena stroje		25 000 000	6 000 000	15 000 000	25 000 000	19 000 000	Kč
Předpokládaná životnost		30	20	20	30	20	let
Kalkulované odpisy stroje		833 333	300 000	750 000	833 333	950 000	ks
Kalkulované odpisy	KA	833 333	300 000	750 000	833 333	950 000	Kč
Kalkulované úroky	KZ	1 000 000	240 000	600 000	1 000 000	760 000	Kč
Úroková míra		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	
Prostorové náklady	KR	1 375 000	625 000	625 000	1 375 000	875 000	Kč
Náklady na 1m ² a rok		25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	Kč/m ²
Půdorys stroje(ů)		55	25	25	55	35	m ²
Náklady na energie	KE	2 953 125	945 000	1 417 500	1 181 250	2 362 500	Kč
Cena el. proudu za kWh		3	3	3	3	3	Kč/kWh
Příkon stroje		250	80	120	100	200	kW
Výkonové využití		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	-
Náklady na opravy		250 000	90 000	225 000	166 667	285 000	Kč
Faktor pro opravy		0,30	0,30	0,30	0,20	0,30	-
Využitelný časový fond	TV	4 781	4 781	4 781	4 781	4 781	hod.
Časové ztráty		844	844	844	844	844	hod.
Nominální časový fond	TN	5 625	5 625	5 625	5 625	5 625	hod.
Počet pracovních dnů/rok		250	250	250	250	250	dnů
Počet hodin/pracovní den		23	23	23	23	23	hod.
Strojní hodinová sazba		1 341	460	757	953	1 094	Kč/hod.

Stanovení nákladů na nástroje [Kč/hod.]:		Nástřihová linka	Lis 1	Lis 2	Kat.lak. lin. 1	Vstříkolis 3	
Pořizovací cena nástroje		6 500 000	2 500 000	4 500 000	100 000	13 370 001	Kč
Počet vyrobených kusů		1 100 000	1 100 000	1 100 000	1 100 000	1 100 000	ks
Počet nástrojů		1	3	1	-	1	ks
Náklady na nástroje		5,91	6,82	4,09	0,09	12,15	Kč/ks.

Tabulka 3 - Varianta B - Strojní sazba, náklady na nástroje

Kalkulace vlastních nákladů na jeden kus [Kč]:			Varianta B	
Strojní náklady		= Suma(Strojní čas*Strojní hodinová sazba)	246	Kč
Přímé mzdy		= Suma(Čas práce*Mzdový tarif)	33	Kč
Výrobní režie		=Přímé mzdy*Režijní přírážka	66	Kč
Režijní přírážka			2	-
Norma času	Nč		0,066	hod.
Mzdový tarif			500	Kč/hod.
Přímý materiál		= Suma(Cena použitého materiálu)	458	Kč
Režijní materiál		=Přímý materiál*Režijní přírážka	115	Kč
Režijní přírážka			0,25	-
Čistá váha plechová část			1,90	kg
Cena plechu na kg			40	Kč/kg
Čistá váha plastová část			2,4	kg
Cena plastu na kg			70	Kč/kg
Čistý objem laku			0,012	l
Cena laku na litr			350	Kč/l
Cena spojovacích prvků			8	Kč/ks
Počet spojovacích prvků			12	Ks
Cena nastavovacích prvků			19	Kč/ks
Počet nastavovacích prvků			6	Ks
Vlastní náklady výroby		=Strojní náklady+Přímé mzdy+Přímý materiál+Režijní přírážky+Náklady na nástroje	947	Kč/ks
Správní a odbytová režie		=Vlastní náklady výroby*režijní přírážka	284	Kč/ks
Režijní přírážka			0,30	-
Úplné vlastní náklady výroby		=Vlastní náklady výroby+Správní a odbytová režie	1230	Kč/ks
Zisk		=Úplné vlastní náklady výroby*0,2	246	Kč/ks
DPH		=Prodejní cena bez daně*0,21	310	Kč/ks
Prodejní cena		=Úplné vlastní náklady výroby+Zisk+DPH	1787	Kč/ks
Celkové náklady			121 970 001	Kč/ks

Tabulka 4 - Varianta B - stanovení ceny na kus

Stanovení strojní hodinové sazby [Kč/hod.]:			Licí jednotka 1	Kat.lak. lin. 1	
Pořizovací cena stroje			48 000 000	25 000 000	Kč
Předpokládaná životnost			20	30	let
Kalkulované odpisy stroje		=Suma(Pořizovací cena nástroje/Předpokládaná životnost)	2 400 000	833 333	ks
Kalkulované odpisy	KA	=Kalkulované odpisy nástroje+Odpisy stroje(ů)	2 400 000	833 333	Kč
Kalkulované úroky	KZ	=(Pořizovací cena/2)*Úroková míra	1 920 000	1 000 000	Kč
Úroková míra			0,08	0,08	
Prostorové náklady	KR	=Půdorys stroje*Náklady na 1m	1 125 000	1 375 000	Kč
Náklady na 1m2 a rok			25 000	25 000	Kč/m2
Půdorys stroje(ů)			45	55	m2
Náklady na energie	KE	=Využitelný časový fond*náklady na hodinu*Výkonové využití	2 953 125	1 771 875	Kč
Cena el. proudu za kWh			3	3	Kč/kWh
Příkon stroje			250	150	kW
Výkonové využití			0,70	0,70	-
Náklady na opravy		=Kalkulované odpisy*faktor	720 000	166 667	Kč
Faktor pro opravy			0,30	0,20	-
Využitelný časový fond	TV	=Nominální časový fond-Časové ztráty	4 781	4 781	hod.
Časové ztráty		=Nominální časový fond*0,15	844	844	hod.
Nominální časový fond	TN	=Počet pracovních dnů/Počet hodin za den	5 625	5 625	hod.
Počet pracovních dnů/rok			250	250	dnů
Počet hodin/pracovní den			23	23	hod.
Strojní hodinová sazba		=(KA+KZ+KR+KE+KI)/TV	1 907	1 076	Kč/hod.

Stanovení nákladů na nástroje [Kč/hod.]:			Licí jednotka 1	Kat.lak. lin. 1	
Pořizovací cena nástroje			27 474 160	100 000	Kč
Počet vyrobených kusů			1 100 000	1 100 000	ks
Počet nástrojů			4	-	ks
Náklady na nástroje		=HNS*Předpokládaná životnost	99,91	0,09	Kč/ks.

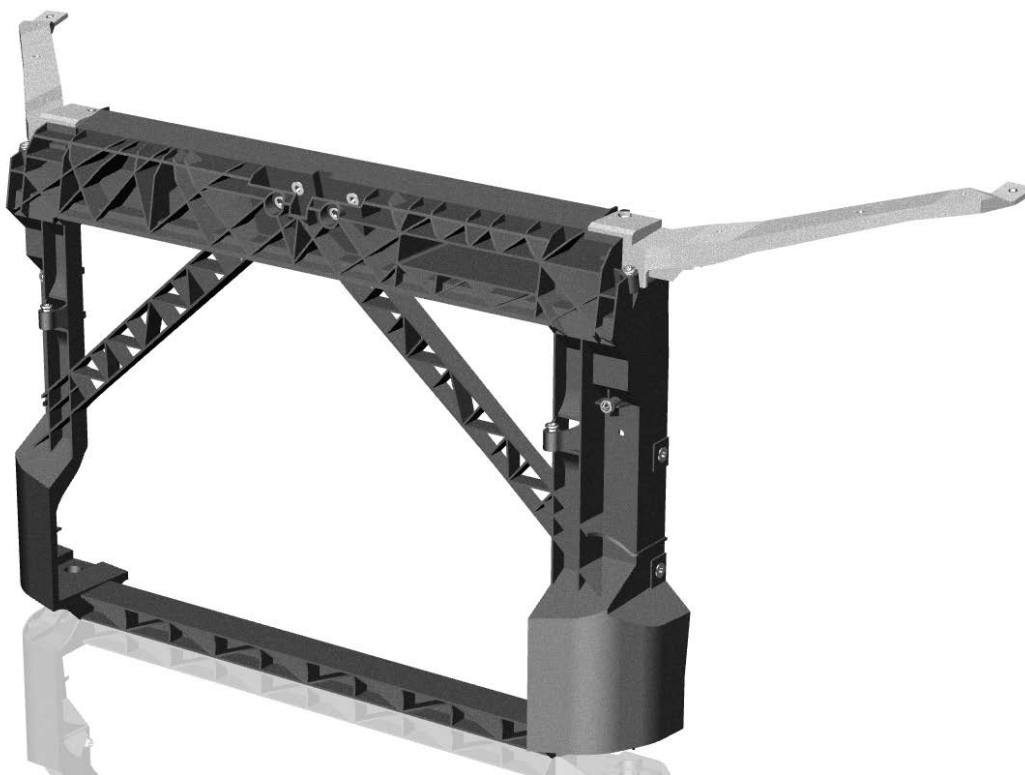
Tabulka 5 - Varianta C - Strojní sazba, náklady na nástroje

Kalkulace vlastních nákladů na jeden kus [Kč]:			Varianta C	
Strojní náklady		= Suma(Strojní čas*Strojní hodinová sazba)	202	Kč
Přímé mzdy		= Suma(Čas práce*Mzdový tarif)	11	Kč
Výrobní režie		=Přímé mzdy*Režijní přírážka	43	Kč
Režijní přírážka			4	-
Norma času	Nč		0,021	hod.
Mzdový tarif			500	Kč/hod.
Přímý materiál		= Suma(Cena použitého materiálu)	654	Kč
Režijní materiál		=Přímý materiál*Režijní přírážka	163	Kč
Režijní mater. přírážka			0,25	-
Čistá váha nosníku			4,50	kg
Cena materiálu na kg			100	Kč/kg
Čistý objem laku			0,033	l
Cena laku na litr			350	Kč/l
Cena spojovacích prvků			10	Kč/ks
Počet spojovacích prvků			6	Ks
Cena nastavovacích prvků			22	Kč/ks
Počet nastavovacích prvků			6	Ks
Vlastní náklady výroby		=Strojní náklady+Přímé mzdy+Přímý materiál+Režijní přírážky+Náklady na nástroje	1172	Kč/ks
Správní a odbytová režie		=Vlastní náklady výroby*režijní přírážka	352	Kč/ks
Režijní odbytová přírážka			0,30	-
Úplné vlastní náklady výroby		=Vlastní náklady výroby+Správní a odbytová režie	1524	Kč/ks
Zisk		=Úplné vlastní náklady výroby*0,2	305	Kč/ks
DPH		=Prodejní cena bez daně*0,21	384	Kč/ks
Prodejní cena		=Úplné vlastní náklady+Zisk+DPH	2212	Kč/ks
Celkové náklady			182 996 640	Kč/ks

Tabulka 6 - Varianta C - stanovení ceny na kus

Příloha č. 3 – Obrázková dokumentace jednotlivých variant

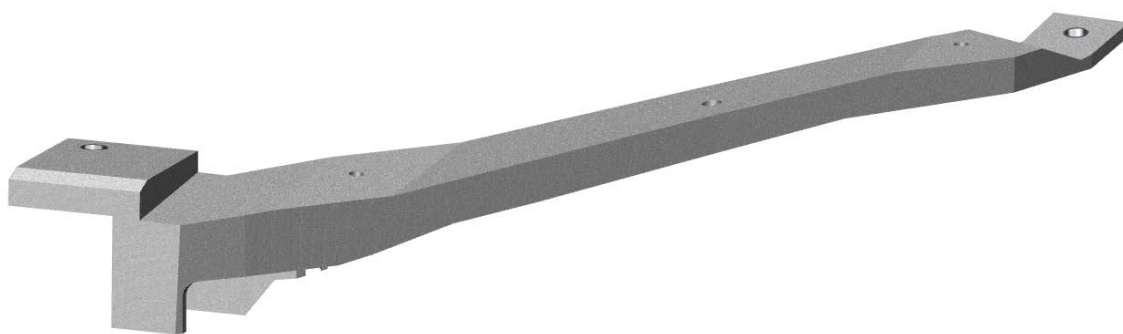
Varianta A



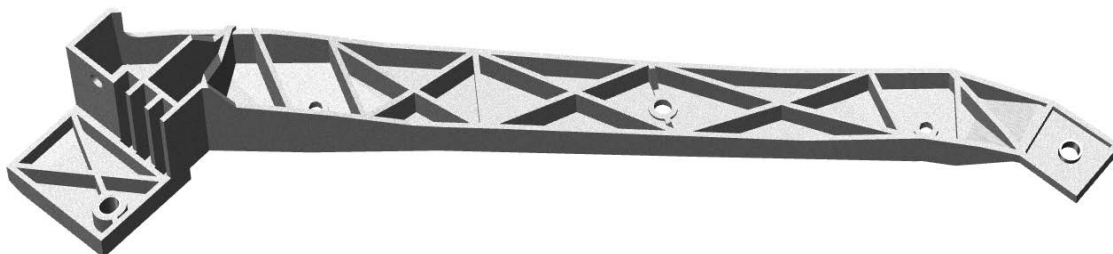
Obrázek 1 - Pohled na celý nosník zředu



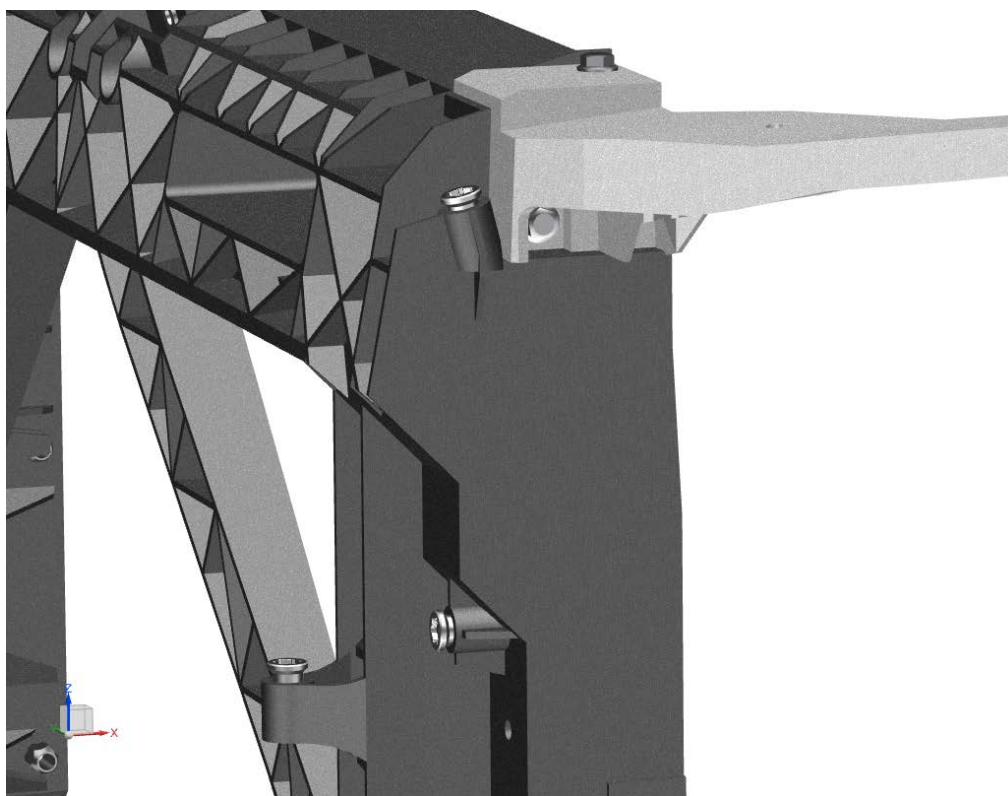
Obrázek 2 - Pohled zezadu na střední díl



Obrázek 3 - Pohled na rameno zředu

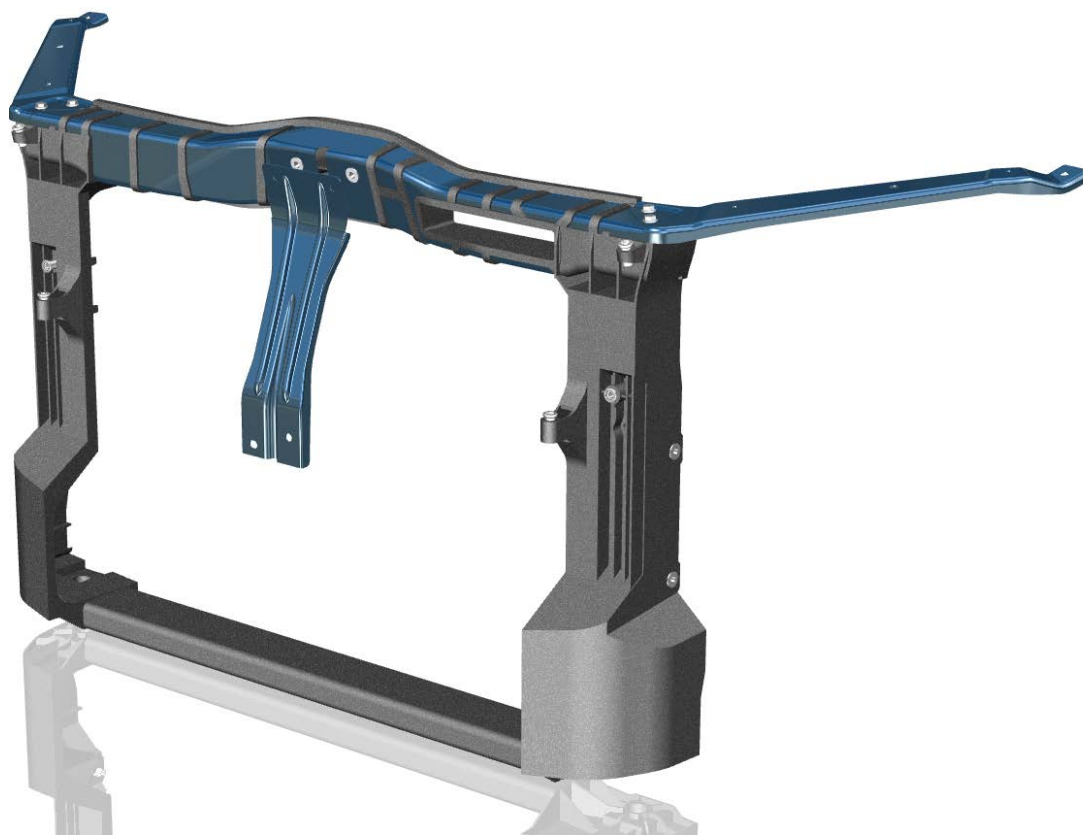


Obrázek 4 - Pohled na spodní žebrování ramene

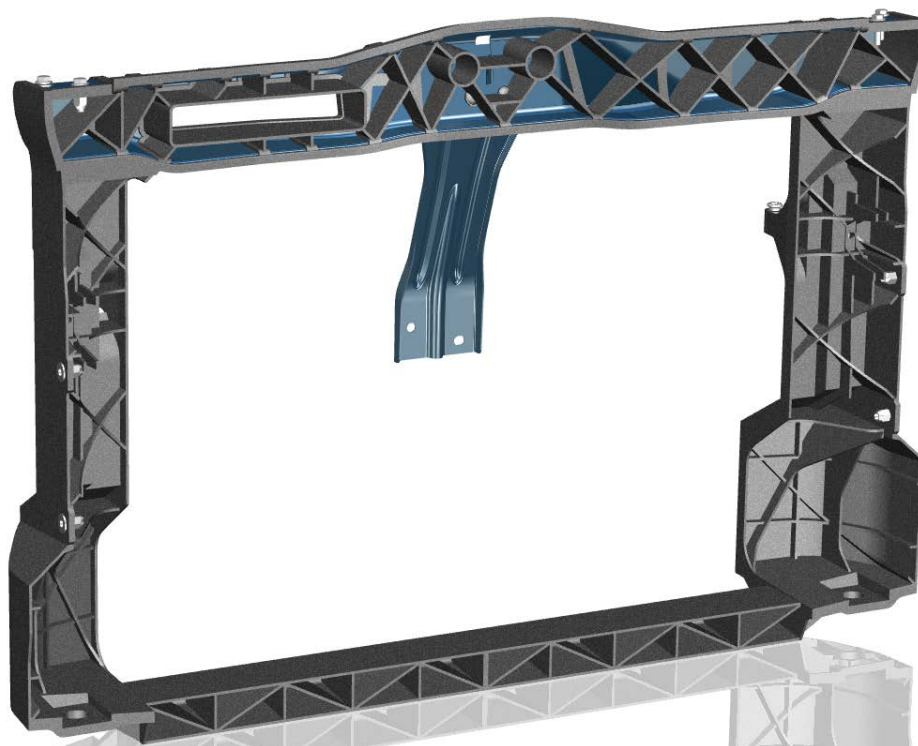


Obrázek 5 – Zobrazení nastavovacích elementů a způsob přichycení ramene

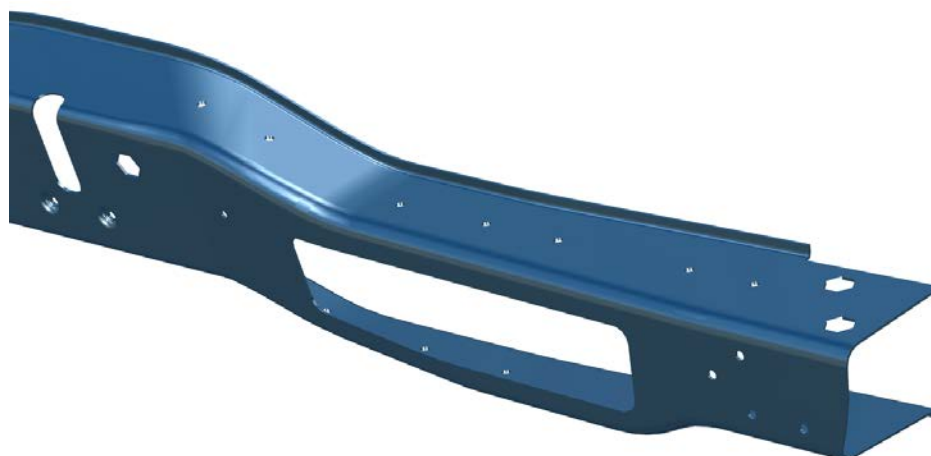
Varianta B



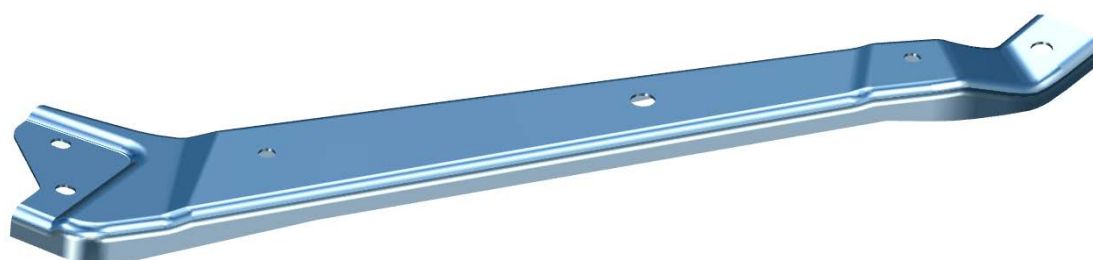
Obrázek 6 - Pohled na celý nosník zředu



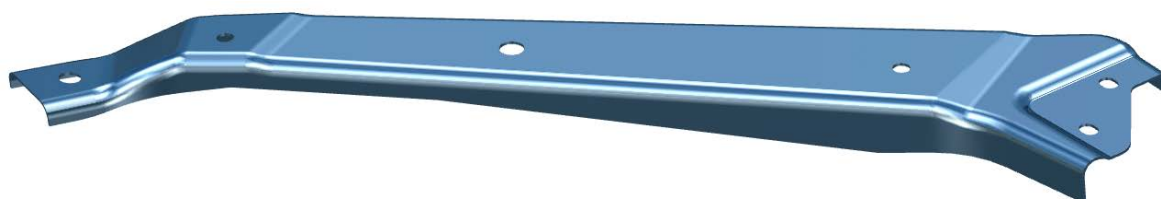
Obrázek 7 - Pohled zezadu na střední díl



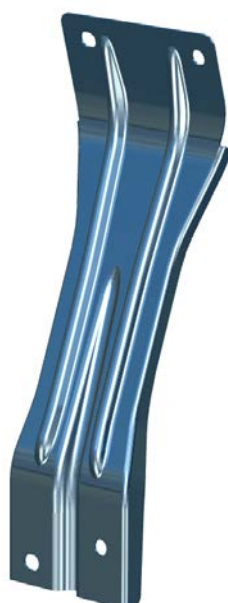
Obrázek 8 - Pohled na polovinu horního nosníku



Obrázek 9 - Rameno zředu



Obrázek 10 - Rameno zezadu



Obrázek 11 - Vzpěra zámku

Varianta C



Obrázek 12 - Pohled na nosník zepředu



Obrázek 13 - Pohled zezadu



Obrázek 14 - Pohled na horní roh



Obrázek 15 - Pohled odspodu