

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh pedálové soustavy na vůz Formula Student

Autor: **Martin HLISTA**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin HLISTA**
Osobní číslo: **S16B0207P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Návrh pedálové soustavy vozu Formula Student**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

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

Základní požadavky:

Navrhnete soubor úprav pedálové soustavy za účelem snížení hmotnosti. Celá konstrukce musí zcela splňovat pravidla stanovená soutěží FSAE pro rok 2017/2018 s ohledem na navazující komponenty.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Analýza stávajících řešení
2. Návrh úprav pedálové soustavy
3. Pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů
4. Vypracování výrobní dokumentace zvolených komponent
5. Technickoekonomické zhodnocení

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

VLK, FRANTIŠEK *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, řízení, ovladatelnost, stabilita..* Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003

HÁJEK, EMANUEL *Pružnost a pevnost.* Praha: SNTL, 1988

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Michal Skovajsa**
Katedra konstruování strojů
Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2017**
Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2018**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 19. září 2017

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat UWB Racing Team Pilsen za pomoc a ochotu při vytváření této bakalářské práce. Dále bych chtěl jmenovitě poděkovat panu Doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D. za vedení práce a Ing. Michalu Skovajsovi za konzultace.

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Hlista	Jméno Martin	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Jméno Martin	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh pedálové soustavy vozu Formula Student		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2018
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	132	TEXTOVÁ ČÁST	102	GRAFICKÁ ČÁST	30
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje krátké rozdělení pedálových soustav a analýzu předešlých soustav na vozech UWB. Hlavní částí práce je návrh souboru pedálové soustavy za účelem snížení hmotnosti, kde celá konstrukce musí zcela splňovat pravidla stanovená soutěži FSAE pro rok 2017/2018 s ohledem na navazující komponenty. Dále jsou tyto hlavní části propočteny pomocí FEM analýzy. V závěrečné části práce je pedálová soustava hodnocena z hlediska hmotnosti a nákladů. Výsledkem práce je funkční pedálová soustava, u které došlo ke snížení hmotnosti.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Formula Student, pedálová soustava, hmotnost, CAD model, návrh, analytický výpočet, FEM analýza, náklady

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Hlista	Name Martin	
FIELD OF STUDY	B2301 "Transport and handling machinery"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Name Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of pedal system for Formula Student car		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2018
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	132	TEXT PART	102	GRAPHICAL PART	30
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains a short distribution of pedal systems and analys of earlier systems on UWB vehicles. Main part of this bachelor thesis is focused on a pedal system design for a purpose to reduce the weight where the whole structure must fully comply with the rules set by the FSAE competition for 2017/2018 with respect to the following components. Further, these major parts are calculated using FEM analysis. In the final part of the work is pedal system is evaluated in terms of weight and cost. The result of the work is a functional pedals system with a lower weight..
KEY WORDS	Formula Student, Pedal box, weight, CAD model, design, analytical calculation, FEM analysis, cost

OBSAH

1	Úvod	10
2	Popis pedálové soustavy	11
2.1	Uchycení pedálové soustavy v podlaze	11
2.2	Uchycení pedálové soustavy zavěšením	11
3	Analýza stávajících řešení na vozech UWB02 - UWB04	13
3.1	Popis pedálové soustavy UWB02	13
3.2	Popis pedálové soustavy vozu UWB03	13
3.3	Popis pedálové soustavy vozu UWB04	14
3.4	Souhrnná tabulka rozměrů	15
4	Návrh úprav pedálové soustavy	16
4.1	Důležité parametry pro návržení pedálové soustavy pro vůz UWB05	16
4.2	Plynový pedál	16
4.2.1	Kinematika plynového mechanismu UWB05	17
4.2.2	Měření síly působící na plynový pedál	17
4.2.3	Konstrukční úprava plynového pedálu	18
4.2.4	Plynový mechanismus	19
4.3	Brzdový pedál	20
4.3.1	Výpočet brzdných sil	21
4.3.2	Konstrukční úprava brzdového pedálu	23
4.4	Části brzdového mechanismu	24
4.4.1	Vahadlo brzdového systému	25
4.4.2	Navržení závitové tyče do vahadla	26
4.4.3	Výpočet délky základny L_z pro vahadlo brzdového systému	28
4.4.4	Konstrukční návrh vahadla brzdového systému pro vůz UWB05	30
4.4.5	Brzdové válce	31
4.4.6	Spínač pro kontrolu brzdového pedálu	31
4.4.7	Nádobky na brzdovou kapalinu	32
4.5	Brzdový mechanismus vozu UWB05	32
4.6	Lineární vedení pro pedálovou soustavu	33
4.6.1	Lineární vedení pro pedálovou soustavu UWB05	33
4.7	Základna pedálové soustavy UWB05	34
4.8	Kluzná pouzdra, spojovací materiály	35
4.9	Pedálová soustava UWB05	36
5	Pevnostní výpočet	42
5.1	Analýza plynového pedálu se silou působící kolmo na nášlapnou plochu pedálu	42

5.1.1	Výsledky výpočtu	43
5.2	Analýza plynového pedálu se silou působící mimo nášlapnou plochu plynového pedálu.....	44
5.2.1	Výsledky výpočtu	45
5.3	Analýza brzdového pedálu.....	46
5.3.1	Výsledky výpočtu	47
5.4	Analýza lineární kolejnice	48
5.4.1	Výsledky výpočtu	49
5.5	Analýza základny.....	50
5.5.1	Výsledky.....	51
5.5.2	Kontrola uchycení hlavních brzdových válců šroubem	52
6	Technickoekonomické zhodnocení	54
6.1	Cost report pro pedálovou soustavu UWB05	54
7	Závěr.....	58
	Seznam použité literatury a zdrojů	59
	Knižní publikace.....	59
	Publikace na internetu	59
	Seznam obrázků a tabulek	61
	Přílohy	63
	Vázané přílohy.....	63
	Nevázané přílohy.....	63

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je navržení úprav pedálové soustavy za účelem snížení hmotnosti. Celá konstrukce musí zcela splňovat pravidla stanovená soutěží FSAE s ohledem na navazující komponenty. Provedením analýzy předchozích řešení pedálových soustav a jejich konstrukčních řešení jsou vypracovány srovnávací tabulky, ve kterých jsou popsány výhody a nevýhody pedálových soustav. Podle srovnávacích tabulek je vybrána předchozí soustava, ze které bude nový koncept vycházet. Do analýzy jsou zahrnuty poznatky řidičů a konstrukční nedostatky, které byly na předchozích pedálových soustavách nalezeny. Po analýze stávajících řešení je vytvořena srovnávací tabulka, ve které jsou zahrnuty veškeré informace předchozích pedálových soustav, podle které budou navrhované komponenty pro novou pedálovou soustavu posuzovány. U každého návrhu dané komponenty je popsána funkce, úprava a dané pravidla, podle kterých musí být navrhována. Úpravy či nové návrhy jednotlivých částí pedálové soustavy jsou rozepsány a názorně zobrazeny pomocí obrázků a popisů. U důležitých komponent, které jsou limitovány zástavbovým prostorem nebo je zde nutná kontrola z důvodu dimenzování a zjištění dané polohy, jsou propočteny analytickým výpočtem. Dokončené návrhy komponent pro novou pedálovou soustavu jsou hmotnostně porovnány s komponenty z předešlých let. Po porovnání hmotností bude proveden finální návrh, který bude zkontrolován za využití strukturální analýzy na bázi MKP v softwaru Siemens Simcenter NX (řešič NX Nastran). MKP výpočet přispěje k analýze správného dimenzování jednotlivých částí pedálové soustavy. Po kontrole navrhovaných komponent pedálové soustavy UWB05 bude vytvořena výrobní dokumentace dílčích součástí. V závěrečné části této bakalářské práce bude provedeno technickoekonomické zhodnocení celé pedálové soustavy, kde budou jednotlivé součásti posuzovány z hlediska nákladů na výrobu.

2 POPIS PEDÁLOVÉ SOUSTAVY

Pedálová soustava ve vozech Formula SAE se obvykle skládá ze dvou pedálů, a to plynového a brzdového. Spojkový pedál, který se obvykle nachází v pedálové soustavě ostatních vozidel, je zde ovládaný pákou pod volantem řízení a používá se pouze při rozjezdu vozidla. Důvodem tohoto konstrukčního řešení je používání motocyklových motorů, které mají sekvenční řazení. Tato úprava je příznivá pro hmotnost a jednoduchost celé pedálové soustavy.

Celá pedálová soustava může být uložena dvěma způsoby, z nichž se nejčastěji používá uchycení v podlaze. Méně používané uchycení je uchycení závěsné. Podle zvoleného uložení pedálové soustavy se dále řeší konstrukce samotné soustavy.

2.1 Uchycení pedálové soustavy v podlaze

Tato varianta je nejčastěji používána u monopostových vozů. Při umístění pedálové soustavy do podlahy vozidla jsou hlavní brzdové válce a nádobky na brzdovou kapalinu položeny níže k zemi. Touto změnou dosáhneme snížení polohy těžiště a zmenšení zástavbového prostoru pro pedálovou soustavu. K této pedálové soustavě je nutné připojit posunovatelné podpatěnky, o které se může řidič zapřít. [1] [2]



Obrázek 1 – Pedálový box OBP V2 [6]

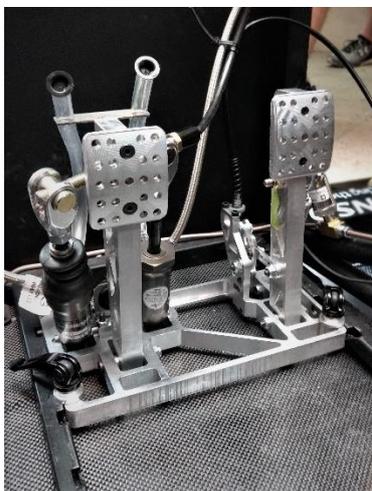
2.2 Uchycení pedálové soustavy zavěšením

Závěsná pedálová soustava se u Formule SAE používá z důvodu nedostatku místa v přední části vozu a je uchycena na rám vozidla. Hlavní brzdové válce s nádobkami brzdové kapaliny jsou uloženy výše než u pedálové soustavy, která je uložena v podlaze, čímž dojde ke zvýšení polohy těžiště. [1] [2]



Obrázek 2 – Pedálový box OBP Universal [7]

Pedálová soustava u formule SAE má odlišné konstrukční řešení oproti soustavám ostatních sportovních vozidel. Důvodem jsou odlišná pravidla, která jsou předepsána přímo pro kategorii formula SAE a specifické zástavbové prostory. Díky těmto omezením jsou vytvářeny zcela odlišné a originální pedálové soustavy, které na míru vyhovují řidičům a uzpůsobují se i závodům, při nichž je nutné, aby se jednotlivé části pedálové soustavy nastavily dle parametrů řidiče. Tyto pedálové soustavy jsou nadále hodnoceny při statických disciplínách, kdy komisaři závodu hodnotí provedení a funkci pedálové soustavy.



Obrázek 3 – Pedal box Northwestern Formula Racing [8]

3 ANALÝZA STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ NA VOZECH UWB02 - UWB04

Tato analýza je zaměřená na konstrukci a hmotnost pedálových soustav na vozech UWB02 až UWB04 ukazuje posun a vývoj jednotlivých komponent kupředu. Stručným popisem jednotlivých pedálových soustav a jejich zhodnocením z hlediska hmotnosti, konstrukčních výhod a nevýhod, hlavních zástavbových rozměrů a použitého materiálu jsou vybrány některé konstrukční prvky, které jsou vyzkoušené a spolehlivé a budou se nadále používat. Tyto prvky se dále zdokonalí a budou použity ve voze UWB05.

3.1 Popis pedálové soustavy UWB02

Pedálová soustava je pevně uchycena k rámu bez možnosti posuvu. Vahadlo je umístěno v brzdovém pedálu, který je velmi robustní. Plynový mechanismus je jednoduše navržený, lanko je uchyceno přímo na plynový pedál. Tato pedálová soustava byla využívána v začátcích vozů UWB. Toto řešení se používalo s mechanicky ovládanou spojkou uloženou v pedálové soustavě. Hlavní brzdové válce spolu se spojkovým válcem byly upevněny v horizontální poloze do přepážky za pedály. Nevýhodou tohoto uložení je příliš velký zástavbový prostor pedálové soustavy. Viz Příloha č. 1.

Tabulka 1 – Zhodnocení varianty UWB02

Klady a zápory varianty UWB02	
Klady	Zápory
Jednoduchost plynového mechanismu	Velký zástavbový prostor pedálové soustavy
Umístění vahadla v brzdovém pedálu	Velká hmotnost a rozměry brzdového pedálu
Malé rozměry základny	Celková hmotnost soustavy

Použité materiály u pedálového boxu UWB02:

- Pedály a uložení brzdových válců – Hliníková slitina EN AW 7075
- Nášlapy pedálů – Hliníková slitina EN AW 7075
- Základna pedálové soustavy – Hliníková slitina EN AW 6060

3.2 Popis pedálové soustavy vozu UWB03

Soustava je pevně uchycena k rámu. Pedály jsou přišroubovány do uložení, které je přichyceno do celkové základny. Došlo zde ke změně polohy hlavních brzdových válců. Tato změna vyžaduje použití jiných hlavních brzdových válců typu „pivot“. Tyto válce umožňují potřebné natočení, které vzniká při sešlápnutí pedálu. Dále zde byl zcela odstraněn spojkový pedál. Tato změna přispěla k úspoře místa za pedálovou soustavou a k celkovému snížení hmotnosti. Vahadlo je zde upevněno k základně pedálů čímž došlo k odlehčení brzdového pedálu. Plynový mechanismus je zde nový. Lineární vedení v pedálu tvoří posuv, který ovládá lanko klapky plynu. Toto vedení zajišťuje také dorazy plynu, které jsou předepsané v pravidlech FSAE. Viz Příloha č. 2.

Tabulka 2 – Zhodnocení varianty UWB03

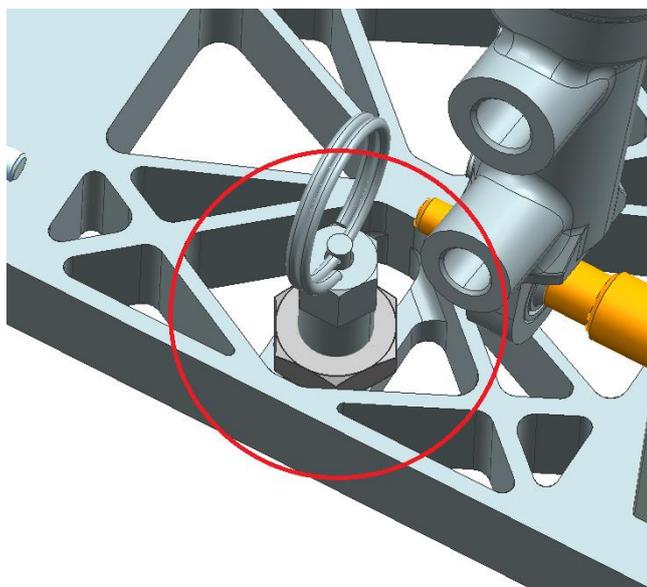
Klady a zápory varianty UWB03	
Klady	Zápory
Funkčnost plynového mechanismu	Složitý posuv pedálové soustavy
Úspora zástavbového prostoru	Malá tuhost nášlapů
Umístění podpatěnek na základnu	Malá hloubka podpatěnek

Použité materiály u pedálového boxu UWB03:

- Pedály a uložení brzdových válců – Hliníková slitina EN AW 7075
- Základna pedálové soustavy – Hliníková slitina EN AW 7075
- Nášlapy pedálů a podpatěnky – Hliníková slitina EN AW 7075

3.3 Popis pedálové soustavy vozu UWB04

Soustava vozu UWB04 prošla velikou změnou v konstrukci celého pedálového systému. Novinkou je zde jednoduchý posuv soustavy po kolejnicích, který zajišťuje čep. Umožní tak pohodlné a rychlé nastavení vzdálenosti. Soustava je odlehčena použitím kompozitních materiálů a celkovým snížením hmotnosti jednotlivých komponent. Plynový mechanismus je stejný jako v předešlé soustavě, a to z důvodu výborné funkčnosti a jednoduchosti. Nedostatkem v této soustavě je špatný přístup pro dotažení matice, která zajišťuje čep v základně, viz Obrázek č. 6. Další nedostatek této soustavy je u brzdového pedálu, kde je uložena tyč, na níž jsou připevněny brzdové válce. Při brzdění se tyč ohýbá a soustava ztrácí tuhost. Tato soustava je výchozí pro návržení nové pedálové soustavy pro vůz UWB05. Viz Příloha č. 3.



Obrázek 4 – Konstrukční nedostatek u pedálové soustavy UWB04

Tabulka 3 – Zhodnocení varianty UWB04

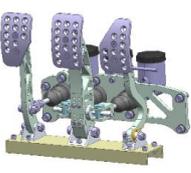
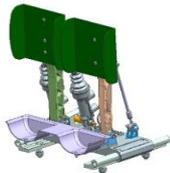
Klady a zápory varianty UWB04	
Klady	Zápory
Funkčnost plynového mechanismu	Malá tuhost pedálové soustavy
Posuvný systém pedálové soustavy	Velký chod plynového pedálu
Použití kompozitních materiálů	Ohýbání uložení u brzdových válců
Snížení celkové hmotnosti	Konstrukční uložení čepu pro posuv základny

Použité materiály u pedálového boxu UWB04:

- Pedály a uložení brzdových válců – Hliníková slitina EN AW 7075
- Základna pedálové soustavy – Hliníková slitina EN AW 7075
- Nášlapy a podpatěnky – Kompozitní materiál (výztuž – uhlíková vlákna, matrice – epoxidová pryskyřice)
- Lineární kolejnice – Hliníková slitina EN AW 6060 s tvrdě eloxovanou vrstvou

3.4 Souhrnná tabulka rozměrů

Tabulka 4 – Souhrnná tabulka rozměrů

Tabulka hmotností [kg]			
Vozy:	UWB02	UWB03	UWB04
Hmotnost plynového pedálu	0,117	0,198	0,103
Hmotnost brzdového pedálu	0,263	0,127	0,158
Hmotnost spojkového pedálu	0,092	/	/
Hmotnost základny	0,644	0,624	0,663
Hmotnost lineárních kolejnic	/	/	0,384
Celková hmotnost	2,432	1,786	2,22
Tabulka materiálů dle Normy			
Pedály a uložení brzdových válců	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075
Nášlapy a podpatěnky	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Uhlíkový kompozit
Základna pedálové soustavy	Hliník. s. EN AW 6060	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075
Lineární kolejnice	/	/	Hliník. s. EN AW 6060
Hlavní rozměry pedálové soustavy [mm]			
Délka/Šířka	261/290	120/280	90/234
Hloubka podpatěnek	/	22,5	30
			

4 NÁVRH ÚPRAV PEDÁLOVÉ SOUSTAVY

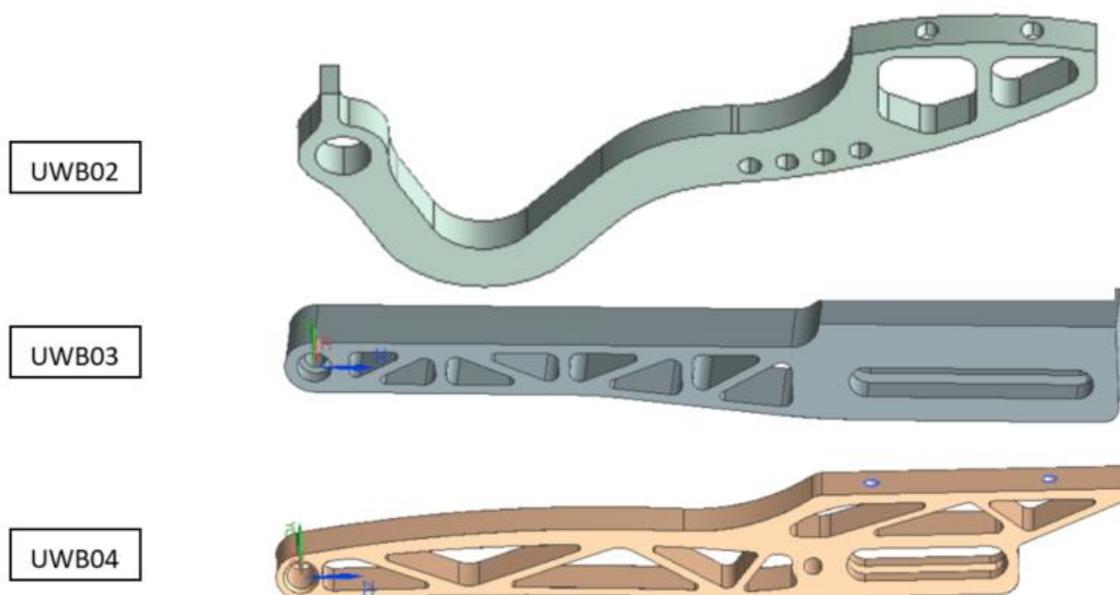
4.1 Důležité parametry pro návržení pedálové soustavy pro vůz UWB05

- Zkrácení chodu plynového pedálu
- Zvýšení tuhosti pedálové soustavy
- Úprava brzdového systému
- Snížení hmotnosti celé pedálové soustavy
- Úprava konstrukčních chyb předešlé soustavy

4.2 Plynový pedál

Plynový pedál může ovládat škrticí klapku mechanicky nebo elektronicky. Pro elektrické ovládání škrticí klapky musí být zajištěna 100 [%] kontrola polohy a funkce klapky. U této varianty musí být předložena veškerá dokumentace pro výrobu, musí být použity snímače polohy pro plynový pedál a dva snímače polohy pro škrticí klapku. Funkčnost těchto bezpečnostních prvků musí tým prokázat při technické přejímce. Tato pravidla jsou velice přísná a je složité takový systém navrhnout. Z tohoto důvodu je použito mechanické ovládání škrticí klapky. Mechanické ovládání musí splňovat pro rok 2017/2018 následující pravidla:

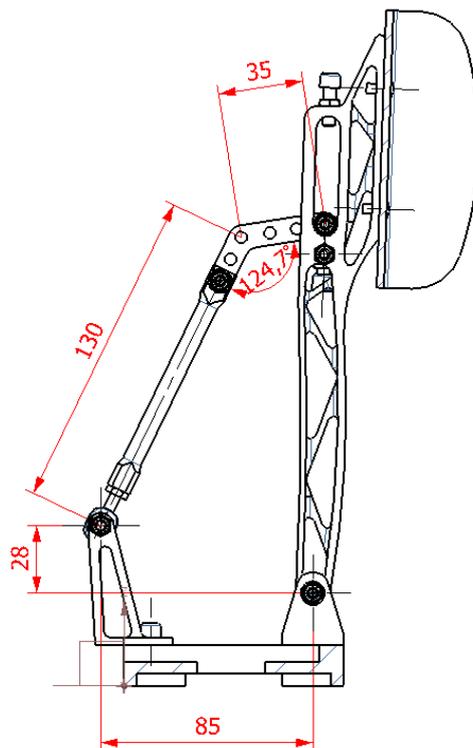
- *IC1.5.2* Škrticí klapka musí být ovládána mechanicky, tj. lankem nebo tyčovým systémem.
- *IC1.5.4* Systém ovládání škrticí klapky musí používat nejméně dvě vratné pružiny umístěné na těle škrticí klapky tak, že porucha jakékoli součásti systému škrticí klapky nezabrání tomu, aby se škrticí klapka vracela zpět k motoru do uzavřené polohy. Snímače polohy škrticí klapky (TPS) nejsou jako zpětné pružiny přijatelné.
- *IC1.5.6* Na pedál škrticí klapky musí být zabudován kladný pedál (doraz), aby se zabránilo přílišnému namáhání škrticí klapky lankem nebo ovládacím systémem. [3]



Obrázek 5 – Plynový pedál UWB02 - UWB04

4.2.1 Kinematika plynového mechanismu UWB05

Upravením kinematiky plynového pedálu pro úplné otevření škrticí klapky je úhel chodu pedálu zmenšen na 20 [°]. Při sešlápnutí plynového pedálu do maximální polohy 20 [°] se lanko vytáhne o požadovaných 35,4 [mm]. Zkrácením chodu plynového pedálu je zlepšena ergonomie pro řidiče. Řidič nemusí tolik propínat nohu a lépe dávkuje plyn při jízdě ve vozu.



Obrázek 6 – Kinematika plynového pedálu UWB05

4.2.2 Měření síly působící na plynový pedál

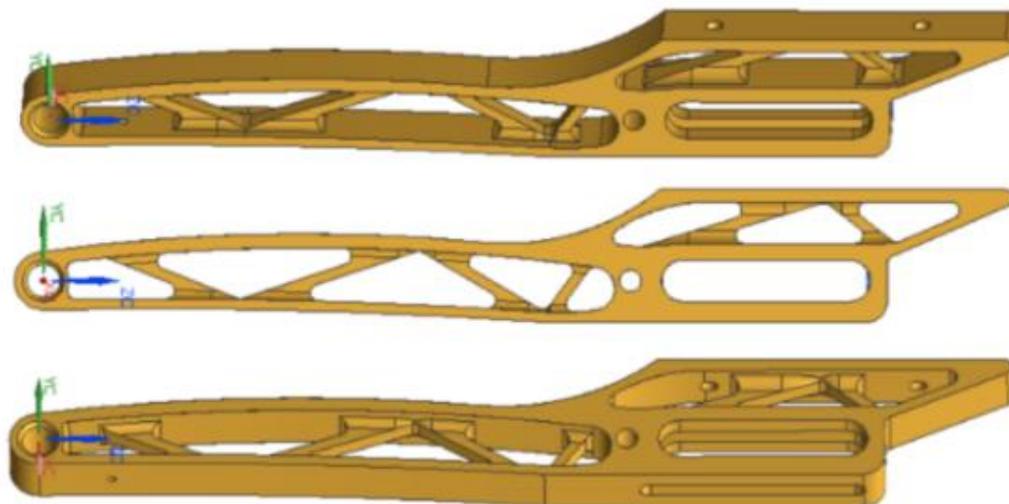
Pro navržení nového plynového pedálu byla provedena měření síly, kdy řidič usedl do vozu a mezi jeho chodidlo a plynový pedál byl vložen tenzometr. Měření bylo třikrát opakováno s postupně se zvyšující náslapnou silou. Z těchto tří výsledných sil je vypočtena výsledná síla působící na plynový pedál s koeficientem bezpečnosti $k = 3$.

Tabulka 5 – Měření síly působící na plynový pedál

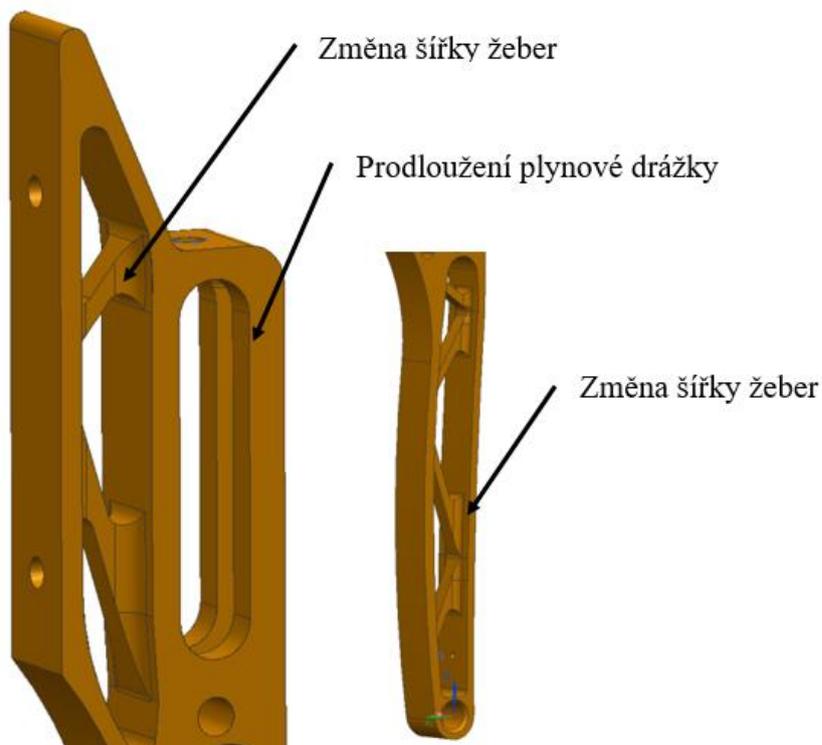
Měření síly působící na plynový pedál			
	Naměřené síly	Síla s koeficientem bezpečnosti $k=3$	Výsledná síla F [N]
F1 [N]	154	462	496
F2 [N]	169	507	
F3 [N]	173	519	

4.2.3 Konstrukční úprava plynového pedálu

Snížením hmotnosti plynového pedálu bylo ušetřeno 18 [g] oproti předchozímu řešení. Plynový pedál vychází z předešlého modelu UWB04, který byl konstrukčně funkční a spolehlivý, avšak byly provedeny další úpravy, které se týkaly změny kinematiky pedálu, snížení celkové hmotnosti a upravení rozměrů pedálu kvůli změně kinematiky plynového mechanismu. Provedené změny jsou patrné z Obrázku č. 8.



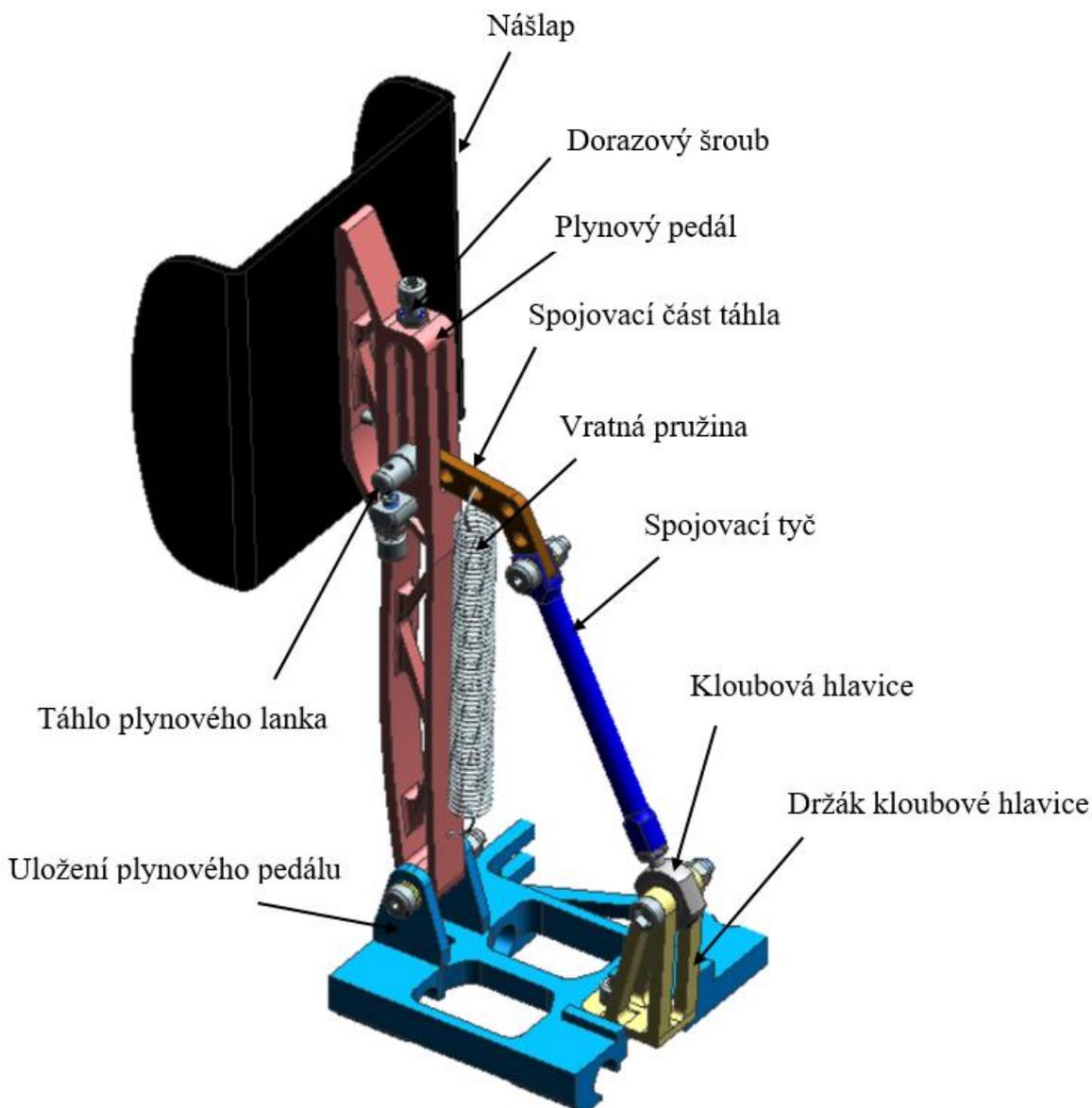
Obrázek 7 – Konstrukční návrh plynového pedálu UWB05



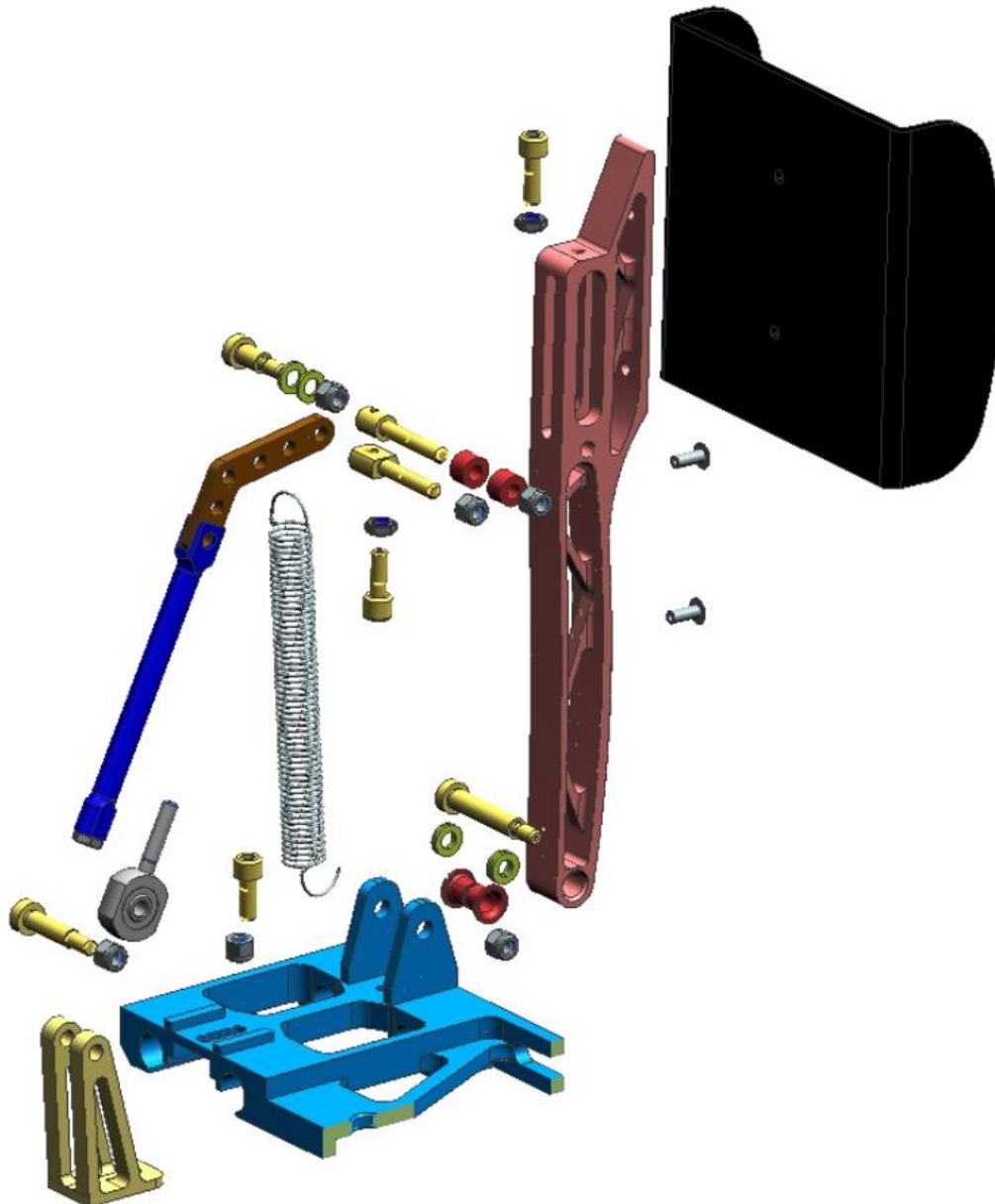
Obrázek 8 – Změny provedené na plynovém pedálu UWB05

4.2.4 Plynový mechanismus

Plynový mechanismus je inspirován předešlou pedálovou soustavou vozu UWB04. Byl konstrukčně funkční a velice spolehlivý. Mechanismus se skládá z hlavního pedálu, nášlapu, táhla plynového lanka, vratné pružiny a nastavitelného držáku kloubové hlavice. Tento mechanismus využívá chytrého použití dorazů v plynovém pedálu, které tvoří lineární drážka. Tato úprava napomohla k ušetření hmotnosti, protože plynový pedál nemá dorazy na těle pedálu. K přesnému vymezení dorazu plynu, které je dobře přístupné z vrchu plynového pedálu, slouží dorazový šroub. Podrobný popis plynového mechanismu viz Obrázek č. 9.



Obrázek 9 – Popis plynového mechanismu

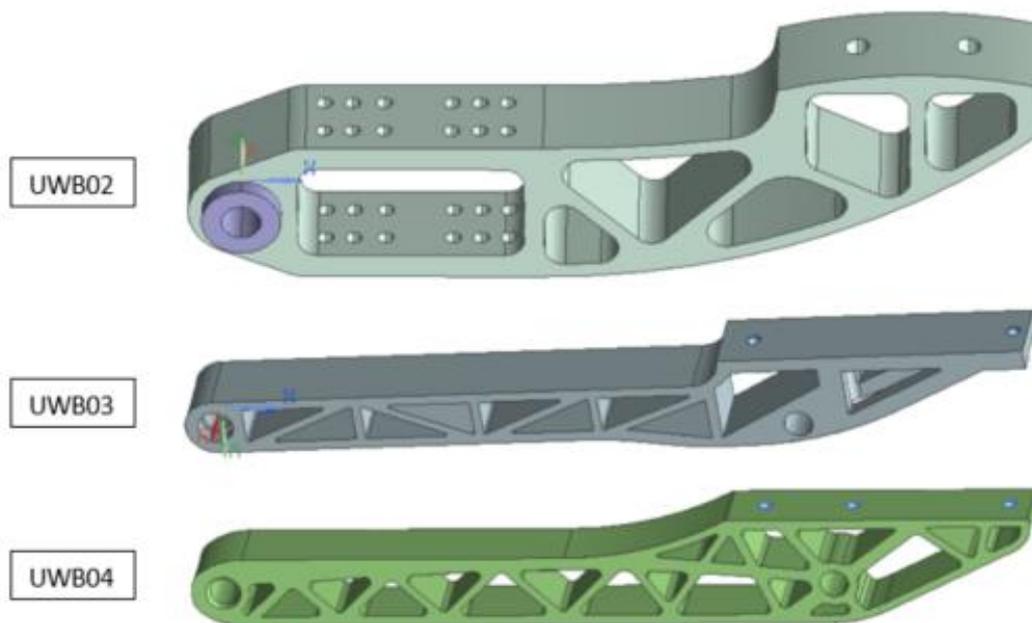


Obrázek 10 – Rozklad plynového mechanismu pro vůz UWB05

4.3 Brzdový pedál

Brzdový pedál je nejdůležitější komponentou pedálové soustavy. Musí odolávat velkým silám, kterými na něj řidič působí. Podmínky nařizují přesné pokyny pro zhotovení brzdového mechanismu, který by měl být spolehlivý a funkční. Podmínky dané pravidly Formula SAE jsou kontrolovány a komisaři na ně kladou velký důraz při kontrolní přejímce. Hlavní podmínkou pro navrhování brzdového pedálu je, že musí odolat síle 2000 [N]. Tato síla se ověří tak, že komisař usedne do vozu a plnou silou do pedálu šlápne. Je ovšem nutné dodat, že ve skutečnosti nikdy takovou silou při jízdě řidič nepůsobí. Síla o této velikosti se bere tedy jako krajní síla, kterou musí brzdový mechanismus vydržet. Další důležitá pravidla Formula SAE pro brzdový pedál jsou popsána níže.

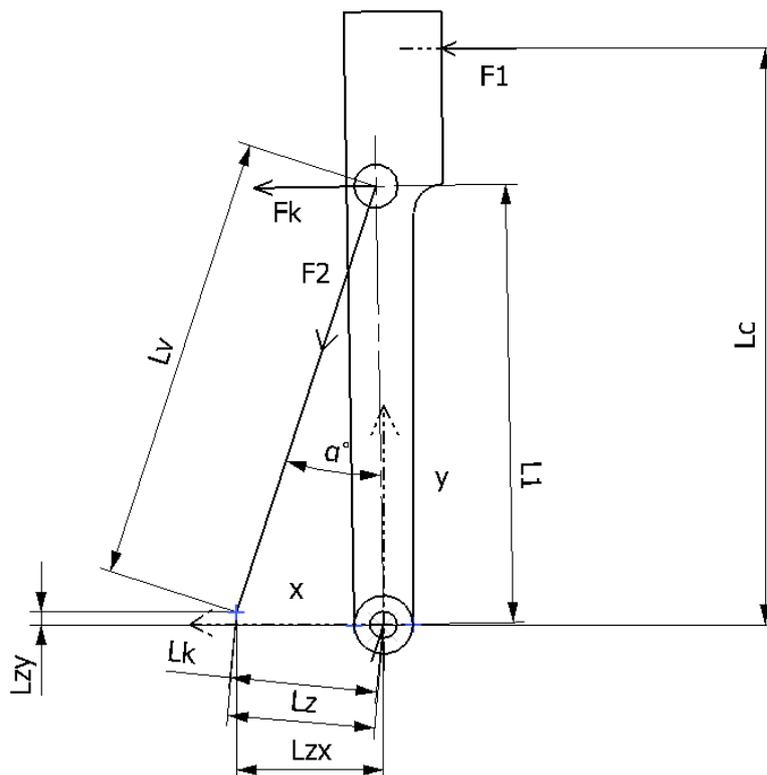
- T5.1.1 Vozidlo musí být vybaveno brzdovým systémem, který působí na všechna čtyři kola, jež budou ovládána z jednoho samostatného prvku.
- T5.1.2 Brzdový systém musí obsahovat dva navzájem nezávislé hydraulické okruhy zapojené tak, aby v případě úniku brzdové kapaliny či selhání některé z jeho částí byl zajištěn dostatečný brzdový účinek alespoň na dvou kolech. Každý hydraulický okruh musí mít vlastní zásobník brzdové kapaliny.
- T5.1.8 Brzdový pedál musí být navržen tak, aby odolal síle 2000 [N] a nesmí dojít k selhání jakékoli části brzdové soustavy nebo pedálové skupiny. Test může být proveden stlačením pedálu maximální silou, kterou může vyvolat jakýkoli komisař při usednutí do normální pozice v sedačce vozu.
- T5.1.9 Brzdový pedál musí být vyroben z oceli, hliníku či titanu.
- T5.1.5 Je zakázáno používat plastové (neopancéřované) vedení brzdové kapaliny.
- T5.1.6 Brzdový systém musí být chráněn kryty, které zabrání případnému selhání pohonného systému nebo menším kolizím.
- T5.1.4 Ovládací systémy „drive-by-wire“ jsou zakázány. [3]



Obrázek 11 – Brzdový pedál UWB02 - UWB04

4.3.1 Výpočet brzdných sil

Síla působící na brzdový pedál vychází z předešlých zkoušek vozů UWB, byla určena na hodnotu $F_1 = 400$ [N]. Z této zadané síly a geometrie brzdového pedálu určíme úhel uložení hlavních brzdových válců a sílu F_2 působící na hlavní brzdový válec. Tyto hodnoty jsou důležité pro návrh konstrukce brzdového mechanismu. Schéma sil působících na brzdový pedál viz Obrázek č. 12.



Obrázek 12 – Síly působící na brzdový mechanismus

Zadané hodnoty:

$$l_c = 218,5 \text{ [mm]}$$

$$l_1 = 175 \text{ [mm]}$$

$$l_{zx} = 50 \text{ [mm]}$$

$$l_{zy} = 4,3 \text{ [mm]}$$

$$l_v = 158 \text{ [mm]}$$

$$F_1 = 400 \text{ [N]}$$

Síla kolmá na osu pedálu:

$$F_k = \frac{l_1}{l_c} * F_1 = \frac{175}{218,5} * 400 = 499,2 \text{ N} \doteq 499 \text{ [N]}$$

Délka přepony trojúhelníku s odvěsnami L_{zx} a L_{zy} :

$$l_z = \sqrt{l_{zx}^2 + l_{zy}^2} = \sqrt{50^2 + 4,3^2} = 50,18 \text{ mm} \doteq 50,2 \text{ [mm]}$$

Z cosinové věty pro obecné trojúhelníky:

$$L_z^2 = L_1^2 + L_v^2 - 2 * L_1 * L_v * \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{L_1^2 + L_v^2 - L_z^2}{2 * L_1 * L_v}$$

Úhel mezi pedálem a brzdovými válci:

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{l_1^2 + l_c^2 - l_v^2}{2 * l_1 * l_v} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{175^2 + 218,5^2 - 50,2^2}{2 * 175 * 158} \right) = 16,3 [^\circ]$$

Síla působící na hlavní brzdový válec:

$$F_2 = \frac{F_k}{\sin \alpha} = \frac{499}{\sin 16,3^\circ} = 1776,8 \text{ N} \doteq 1777 \text{ [N]}$$

Pedálový poměr:

$$P_r = \frac{L_z}{L_k} = \frac{218,5}{50} = 4,37$$

Kde:

F_1 [N] – Síla působící na brzdový pedál

F_2 [N] – Síla působící na hlavní brzdový válec

L_1 [mm] – Vzdálenost uložení vahadla od uložení pedálu

L_c [mm] – Vzdálenost působení síly od uložení pedálu

L_v [mm] – Délka hlavních brzdových válců

L_{zx} [mm] – Vzdálenost uložení pedálu od uložení hlavních brzdových válců v ose y

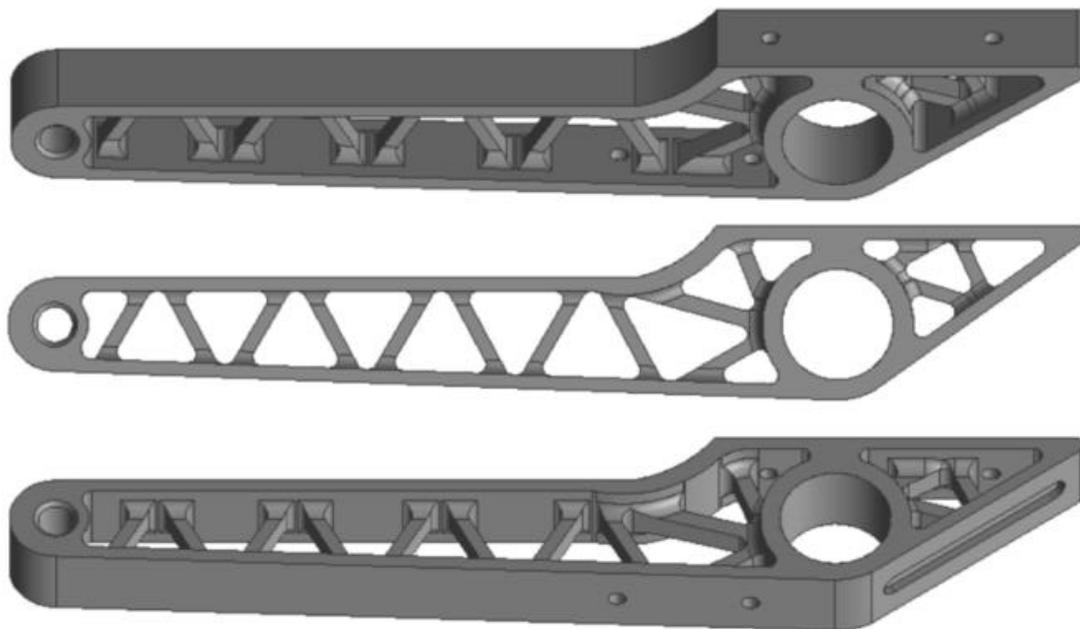
L_{zy} [mm] – Vzdálenost uložení pedálu od uložení hlavních brzdových válců v ose x

P_r [–] – Pedálový poměr

Výsledná síla F_2 , která působí na jeden hlavní brzdový válec, je $F_2 = 889$ [N]. Výsledná síla působící na hlavní brzdové válce je důležitá pro návrh vahadla v brzdovém pedálu a uložení brzdových válců do základny.

4.3.2 Konstrukční úprava brzdového pedálu

Celý koncept brzdového pedálu je navržený pro umístění vahadla do brzdového pedálu. Tato změna je nutná z důvodu malé tuhosti brzdového pedálu navrženého v předešlé soustavě. Ve velké části brzdových pedálů je tato varianta hojně používána. Přemístěním vahadla do brzdového pedálu došlo k odebrání tyče v těle pedálu, která se ohýbala vlivem působení velkých sil. Navržený brzdový pedál je vyroben z hliníku EN AW 7075. Oproti předešlému brzdovému pedálu je hmotnost snížena o 30 [g]. Podrobné zobrazení brzdového pedálu viz Obrázek č. 13.



Obrázek 13 – Brzdový pedál UWB05

4.4 Části brzdového mechanismu

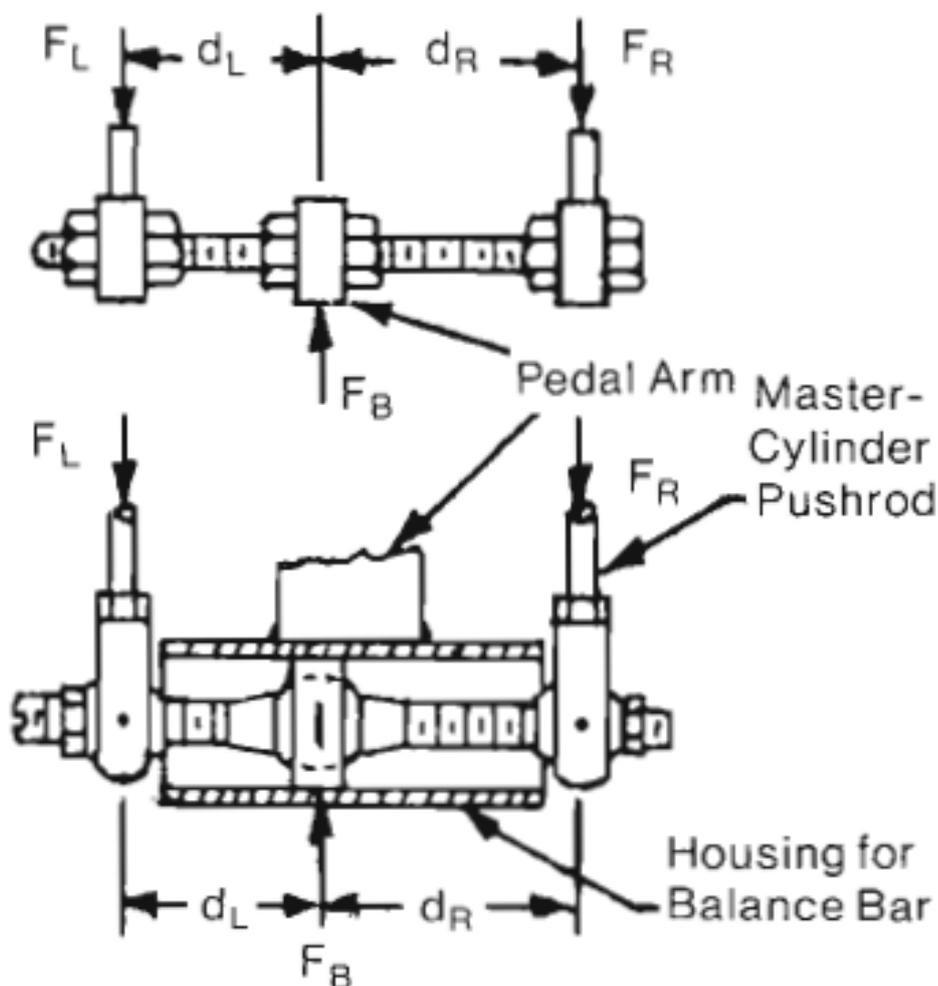
Brzdový mechanismus je složen z důležitých částí, které tvoří jednotný funkční celek. Přesunutí vahadla brzdového systému do brzdového pedálu vyžaduje změnu původního typu. Dalšími důležitými komponentami jsou hlavní brzdové válce vyrobeny od firmy AP Racing. Komponenty tvořící brzdový mechanismus musí být bezchybné, a proto je kladen velký důraz na jejich výběr. Popis a volba jednotlivých komponent pro brzdový mechanismus je popsán v dalších kapitolách.



Obrázek 14 – Vahadlo brzdového systému s uložením do brzdového pedálu [9]

4.4.1 Vahadlo brzdového systému

Vahadlo brzdového systému „Balance Bar“ je široce používáno ve sportovních třídách brzdových systémů. Slouží pro rozložení brzdového účinku mezi přední a zadní nápravu. Na koncích závitové tyče jsou připevněny hlavní brzdové válce. Posunem této tyče dochází k posuvu sférického ložiska v základně vahadla. Pohybem sférického ložiska v základně dochází k přesunu účinku brzdění na jednotlivé nápravy. Tento účinek lze rozložit až na tři krajní polohy. První základní poloha je 50/50. Tento účinek rovnoměrně rozděluje brzdění mezi přední a zadní nápravu. Další krajní poloha je 0/100 a 100/0 kde lze brzdění přesunout pouze na přední nápravu nebo pouze na zadní nápravu. Ovšem tyto krajní polohy se využívají minimálně. Tento mechanismus je výhodný z hlediska jednoduchosti a nízké hmotnosti. Schéma vahadla brzdového systému je znázorněno na Obrázku č. 15.



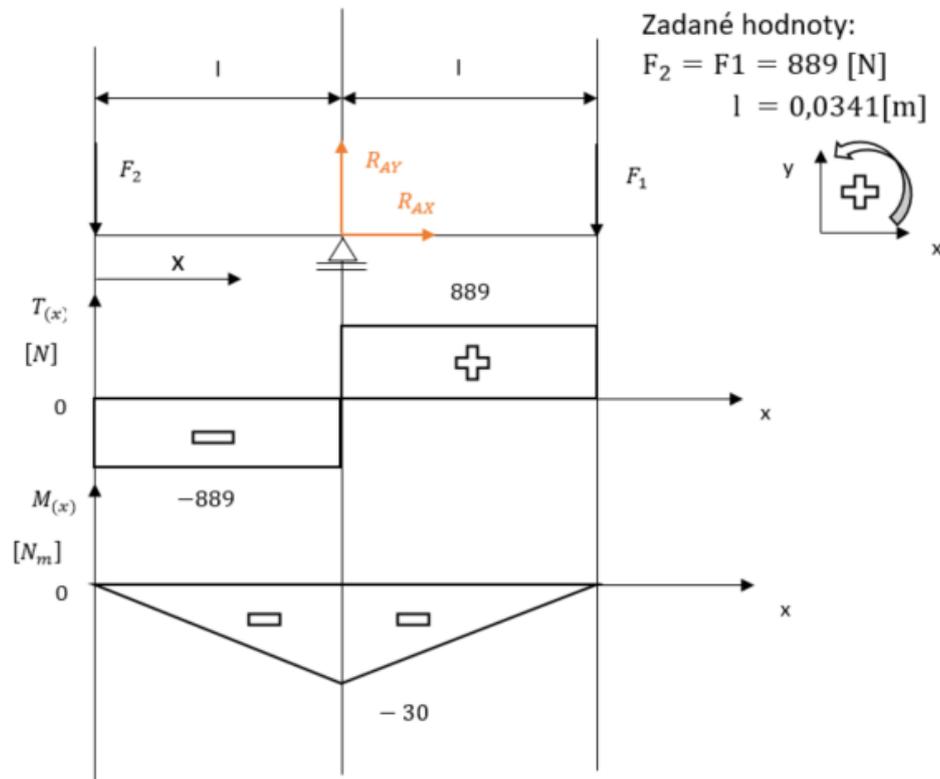
Obrázek 15 – Popis vahadla brzdového systému [1]

Ovládání je zprostředkováno pomocí lanka v bovdenu, které je vyvedeno až na palubní desku k řidiči. Řidič může měnit nastavení brzdícího momentu za jízdy. Použitím kloubového převodu je získána lepší ovladatelnost pro posun ložiska. Lanko se nekrutí a krut na závitovou tyč je plynulý.



Obrázek 16 – Ovládání vahadla [10] a kloubový převod [11]

4.4.2 Navržení závitové tyče do vahadla



Podmínky rovnováhy ve směru x a y:

$$\sum F_{ix} = 0; R_{ax} = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0; R_{ay} - F_2 - F_1 = 0$$

Výsledná reakce v ose y:

$$R_{ay} = F_2 + F_1 = 889 + 889 = 1778 \text{ [N]}$$

Výsledná reakce v ose x:

$$R_{ax} = 0 \text{ [N]}$$

Vyšetření vnitřních silových účinků $T_{(x)}$ a $M_{(x)}$:

1: $x \in < 0, l >$

$$T_{1(x)} = -F_2 = -889 [N]$$

$$M_{1(x)} = -F_2 * x$$

$$M_{1(0)} = 0 [N_m]$$

$$M_{1(l)} = -F_2 * l = -889 * 0,034 = -30 [N_m]$$

2: $x \in < l, l + l >$

$$T_{2(x)} = -F_2 + R_{AY} = -889 + 1778 = 889 [N]$$

$$M_{2(x)} = -F_2 * (l + x) + R_{AX} * x$$

$$M_{2(l)} = (-F_2 * 2l) + (R_{AY} * l) = (-889 * 0,068) + (1778 * 0,034) = 0 [N_m]$$

$$M_{2(2l)} = (-F_2 * 3l) + (R_{AY} * 2l) = (-889 * 0,102) + (1778 * 0,068) = -30 [N_m]$$

Maximální moment: $M_{max} = 30 [N_m]$

Dimenzování hřídele pro kruhový průřez

Zvolený materiál: Ocel 15130

Mez kluzu zvoleného materiálu: $R_e = 700 [MP_a]$

Bezpečnost: $k = 2$

Dovolené napětí v tahu:

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{700}{2} = 350 [MP_a]$$

Modul průřezu v ohybu:

$$W_o = \frac{J_z}{e} = \frac{\frac{\pi}{64} * D^4}{\frac{D}{2}} = \frac{2\pi}{64} * D^3 = \frac{\pi * D^3}{32} [m^3]$$

Maximální napětí:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_o}$$

Podmínka pevnosti:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_D$$
$$\sigma_D \geq \frac{M_{max}}{\frac{\pi * D^3}{32}}$$

Průměr hřídele:

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{max}}{\pi * \sigma_D}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 0,030 * 10^3}{\pi * 350 * 10^6}} = 0,0096 [m] = 9,6 [mm]$$

Maximální moment se nachází uprostřed hřídele o velikosti $M_{max} = 30 [N_m]$. Pro tento moment byl proveden výpočet pro dimenzování závitové tyče v místě maximálního momentu. Zvolený průměr pro závitovou tyč ve vahadle při bezpečnosti $k = 2$ je dle výpočtu $D = 10 [mm]$. Po předešlé zkušenosti, kdy závitová tyč byla ohýbana a vahadlo zcela nefungovalo, je průměr upraven na $D = 12 [mm]$.

Kde:

$J_z [m^4]$ – Kvadratický moment průřezu k neutrální ose

$e [m]$ – Vzdálenost krajních vláken průřezu od těžiště

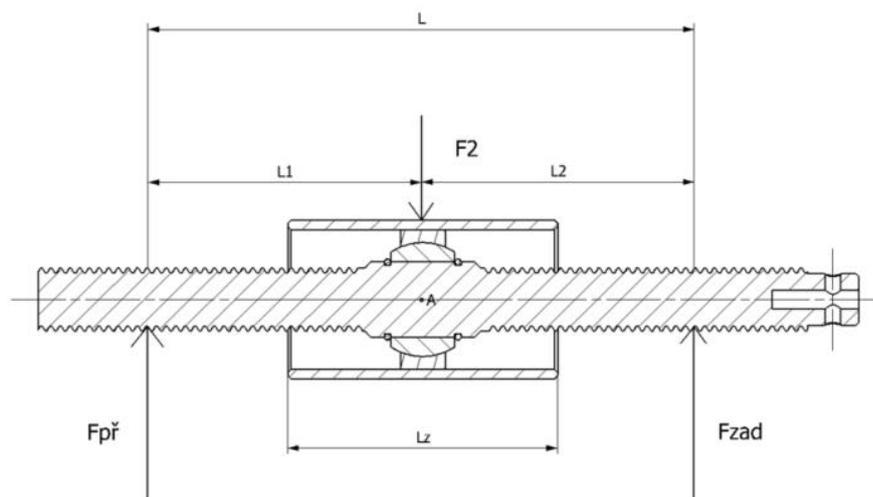
$M_{max} [N_m]$ – Maximální ohybový moment

$\sigma_D [MPa]$ – Dovolené napětí v tahu

$\sigma_{max} [MPa]$ – Maximální napětí v tahu

4.4.3 Výpočet délky základny L_z pro vahadlo brzdového systému

Tento výpočet je důležitý pro zjištění délky základny, ve které se pohybuje sférické ložisko. Podle procentuálních poměrů rozložené brzdné síly, které byly naměřeny v předešlých testech u dřívějších vozů, je vypočten délkový rozsah pohybu sférického ložiska. Z důvodu malého zástavbového místa nelze použít vahadlo brzdového systému s danými rozměry. Vahadlo brzdového systému musí mít atypické rozměry, které jsou navrženy pouze k použití pro vůz UWB05.



Obrázek 17 – Silové rozložení na vahadle brzdového systému

Zadané hodnoty:

$$L = 68,2 [mm]$$

$$F_{zad}, F_{př} [N]$$

Momentová podmínka k bodu A:

$$M_{iA} = 0; (F_{př} * L_1) - (F_{zad} * L_2) = 0$$

$$F_{př} * L_1 = F_{zad} * L_2$$

$$\frac{F_{př}}{F_{zad}} = \frac{L_2}{L_1}$$

$$L_2 = \frac{F_{př}}{F_{zad}} * L_1$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$L = \frac{F_{př}}{F_{zad}} * L_1 + L_1$$

$$L_1 = \frac{L}{\left(\frac{F_{př}}{F_{zad}} + 1\right)}$$

$$L_2 = L - L_1$$

Kde:

L [mm] – Celková vzdálenost uložení hlavních brzdových válců

L_1 [mm] – Vzdálenost předního hlavního válce ke středu základny

L_2 [mm] – Vzdálenost zadního hlavního válce ke středu základny

$F_{př}$ [N] – Síla působící na přední píst hlavního brzdového válce

F_{zad} [N] – Síla působící na zadní píst hlavního brzdového válce

Vzdálenosti jsou počítány pro tyto zadané procentuální poměry rozložené brzděné síly:

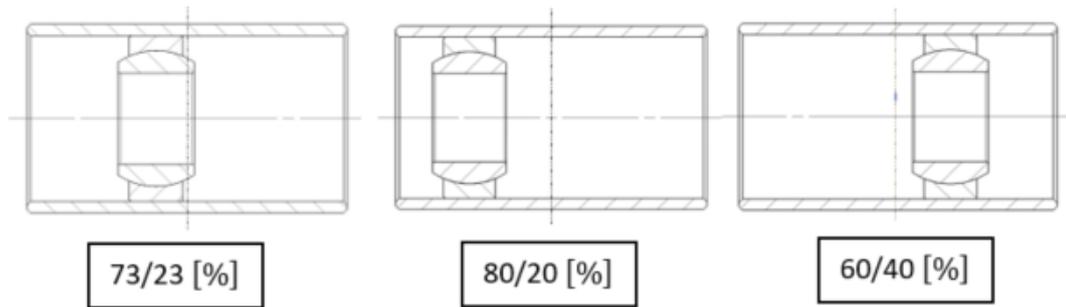
- Ideální rozložení brzděných sil – 73/23 (Přední/Zadní) [%]
- Rozložení brzděných sil na mokru – 60/40 (Přední/Zadní) [%]
- Maximální rozložení brzděných sil – 80/20 (Přední/Zadní) [%]

Výsledné hodnoty L_2 a L_1 ze zadaných poměrů

Tabulka 6 – Vzdálenosti sférického ložiska od středu základny vahadla

Poměry Přední/Zadní	F - přední [N]	F - zadní [N]	L2 [mm]	L1 [mm]
73/23 [%]	581	494	31,3	36,9
80/20 [%]	639	363	24,7	43,5
60/40 [%]	479	726	41,1	27,1

Polohy ložiska v základně vahadla brzdového systému

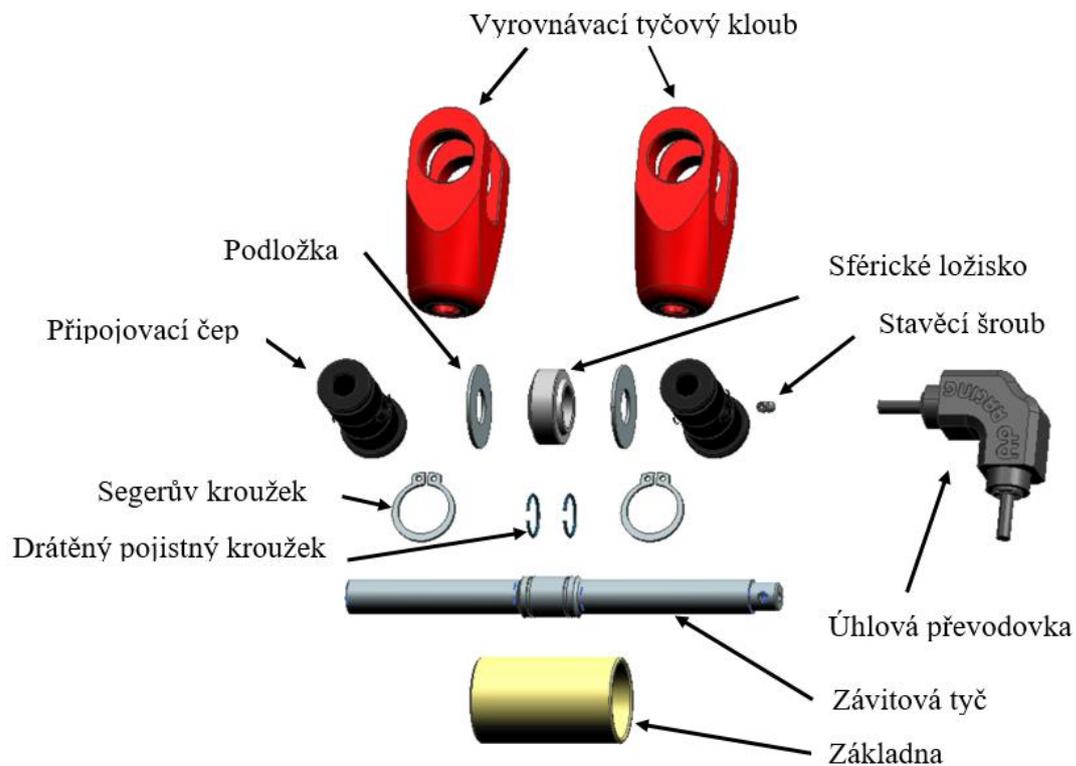


Obrázek 18 – Polohy ložiska v základně vahadla brzdového systému

Navržená délka základny $L_z = 42,1 [mm]$

4.4.4 Konstrukční návrh vahadla brzdového systému pro vůz UWB05

Konstrukční návrh vychází z již odzkoušených řešení používaných u závodních vozů. Vahadlo brzdového systému pro vůz UWB05 však obsahuje řadu úprav, které u klasických vahadel brzdových systémů nevidíme. Především se liší rozměry, uchycením hlavních brzdových válců, upravenou závitovou tyčí pro připojení úhlové převodovky a přidáním závitu přímo do připojovacích čepů. Tyto změny přispějí k úspoře zástavbového místa či snížení hmotnosti celého brzdového systému. Podrobný rozklad vahadla brzdového systému je znázorněn na Obrázku č. 19.



Obrázek 19 – Rozklad vahadla brzdového systému na voze UWB05



Obrázek 20 – Vahadlo brzdového systému UWB05

4.4.5 Brzdové válce

Typ brzdových válců pro nový vůz je použit z předešlého modelu UWB04. Důvodem použití stejných brzdových válců je cena. Brzdové válce jsou vyrobeny firmou AP Racing, která nabízí speciálně pro Formula SAE 5 druhů. Brzdové válce použité na vozech UWB jsou typu CP7855. Tyto brzdové válce umožňují funkčnost v poloze, která je odlišná od klasických uložení brzdových válců. Díky kulovitému ložisku uloženému ve spodní části válce umožňuje natočení celého brzdového válce při sešlápnutí brzdy. U těchto brzdových válců mohou být různé průměry vrtání pro písty. Pro brzdové válce použité na voze UWB05 je průměr pístů 14 [mm]. Přesnější specifikace brzdového válce typu CP7855 viz Příloha č. 11.

Tabulka 7 – Specifikace brzdového válce od firmy AP Racing CP7855

Specifikace CP7855		
Váha	169	[Kg]
Zdvih	30	[mm]
Push Rod závit	5/16" x 24	[UNF]
Výstupní závit	3/8" x 24	[UNF]
Velikost vrtání	14	[mm]

4.4.6 Spínač pro kontrolu brzdového pedálu

Podle pravidel Formula SAE musí být u brzdového pedálu namontován „Over-Travel“ spínač. Tento spínač je dvoupolohový a má za úkol vypnout palivové čerpadlo a zapalování. Při sepnutí spínače tedy dojde k vypnutí motoru a vůz se zastaví. Tento bezpečnostní spínač je nařízen pravidly Formula SAE a je uložený za brzdovým pedálem v určité vzdálenosti. Dojde-li k poruše brzdového systému a brzdový pedál se propadne, dojde k sepnutí „Over-Travel“ spínače. Typ spínače je popsán v Příloze č. 12.

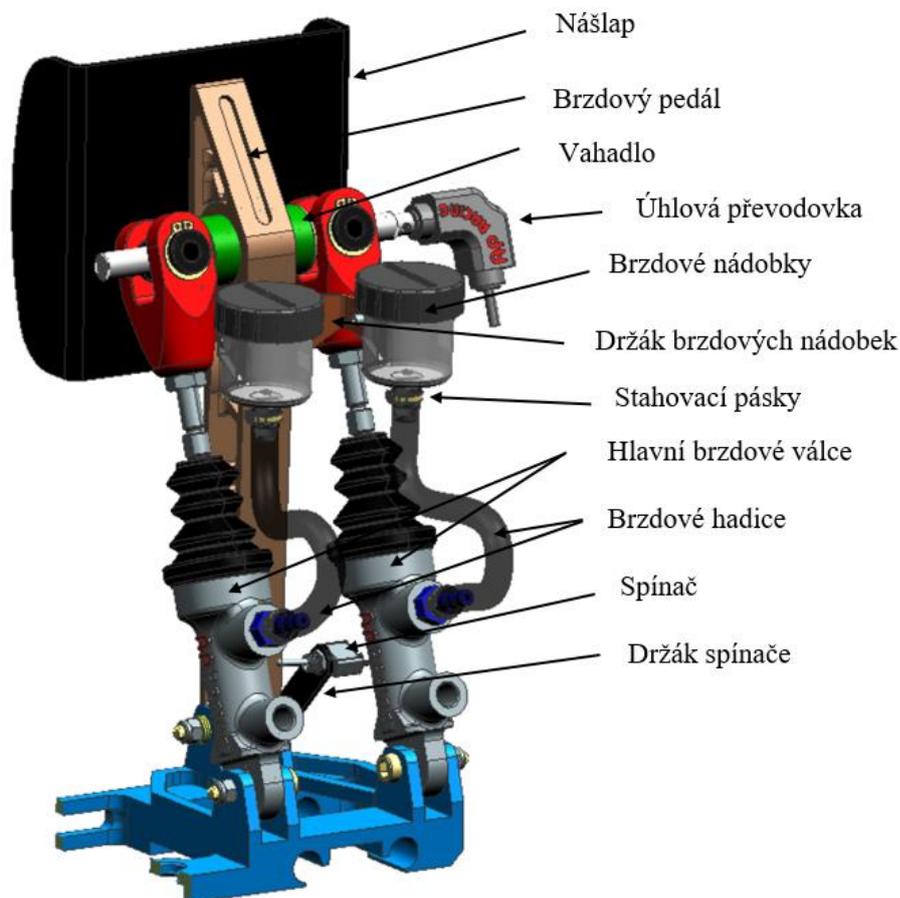
4.4.7 Nádobky na brzdovou kapalinu

Nádobek na brzdovou kapalinu může být více druhů. U vozů Formula SAE se nejčastěji používají dva druhy. První variantou je hadička o určitém vnitřním průměru. Tato hadice je vyvedena z hlavních brzdových válců a z druhé strany je zašpuntovaná. Tento princip je vhodný z hlediska malé velikosti a poddajnosti hadice. Nevýhodou této varianty je složité odvzdušňování brzdového systému. Vhodnější variantou jsou klasické válcové nádobky z plastu, které mají šroubovací víčko. Tyto nádobky lze jednoduše doplňovat a je zde snadnější manipulace při odvzdušňování brzdového systému. Nádobky použité na novém voze jsou použity z předešlé pedálové soustavy jejichž výrobce je firma Brembo. Jejich kapacita činí 15 [ml].

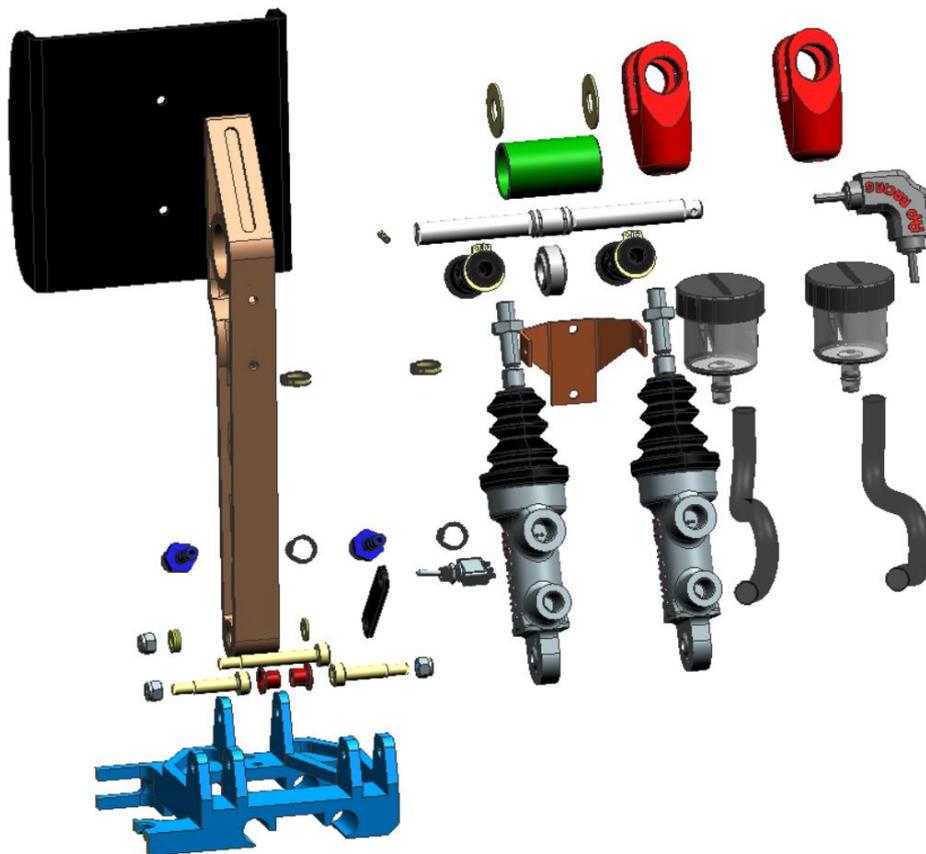
4.5 Brzdový mechanismus vozu UWB05

Provedené změny a úpravy u brzdového mechanismu:

- přemístění vahadla do brzdového pedálu,
- změna konstrukce brzdového pedálu,
- jiné uchycení hlavních brzdových válců,
- zvýšení tuhosti brzdového mechanismu,
- snížení hmotnosti brzdového mechanismu,
- navržení vahadla do malých zástavbových prostorů,
- použití kloubového převodu pro ovladatelnost vahadla brzdového systému.



Obrázek 21 – Brzdový mechanismus UWB05



Obrázek 22 – Rozklad brzdového mechanismu UWB05

4.6 Lineární vedení pro pedálovou soustavu

Lineární vedení slouží k uchycení a posuvu pedálové soustavy. Při závodech řídí vůz několik řidičů. Po experimentálním měření řidičů, kteří byli usazeni do vozu, bylo zjištěno, že každý řidič potřebuje jiné umístění pedálové soustavy. Posuv v pedálových soustavách u přechozích modelů byl řešen přešroubováním pedálové soustavy do vzdálenějších držáků. Od tohoto způsobu se upustilo již v pedálové soustavě UWB04 z důvodu příliš dlouhé doby přenastavení a špatnému přístupu ke šroubům držícím pedálovou soustavu. Tento problém byl vyřešen použitím lineárně kluzného vedení, které umožňuje rychlé a pohodlné přenastavení celé pedálové soustavy. Tato úprava posuvu ušetří spoustu času, který se dá využít např. při kontrole a údržbě důležitých mechanických částí vozu před závodem. Použití prvního lineárního vedení bylo u soustavy UWB04, kde bylo využito dvou jednořadých kulatých kolejnič WS-16 od firmy Hennlich. Tyto kolejnič byly odlehčeny a jejich celková hmotnost byla 0,392 [kg]. Lineární vedení se velice osvědčilo, a proto bude použito i pro pedálovou soustavu UWB05.

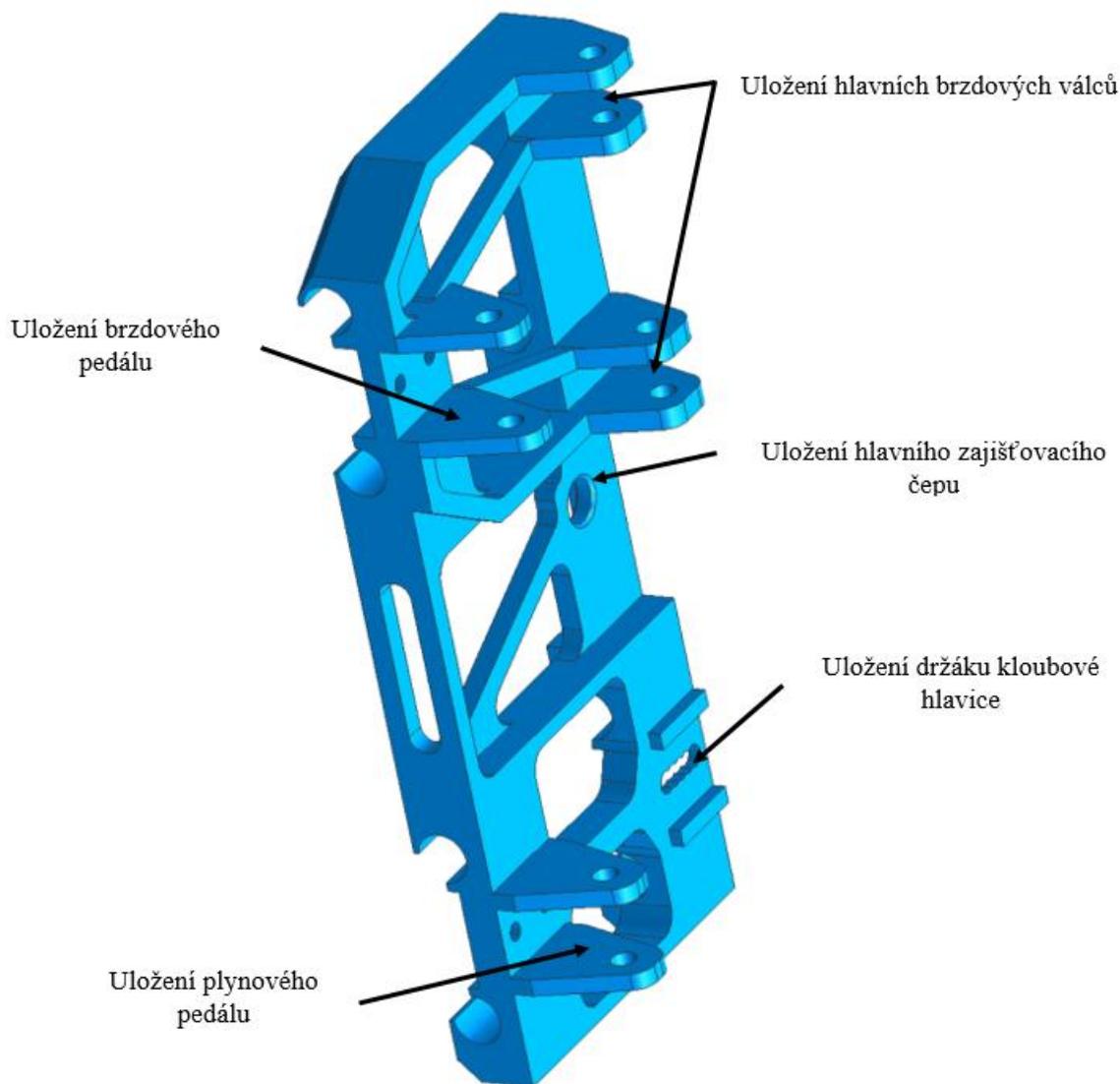
4.6.1 Lineární vedení pro pedálovou soustavu UWB05

Lineární vedení je zde použito od firmy Hennlich. Změna proběhla ve volbě typu lineárního vedení. Z důvodu zvýšení tuhosti a snížení hmotnosti pedálové soustavy byly zvoleny dvě dvouřadé kulaté kolejnič WS-10-40, které zajišťují přesné vymezení vůlí vznikajících u jednořadých kolejnič. Tato kolejnič je vyrobena z hliníku EN AW 6060 s tvrdě eloxovanou vrstvou. Potřebná délka kolejnič je 200 [mm]. Při délce 200 [mm] má kolejnič hmotnost 0,4 [kg]. Úpravou základny kolejnič bylo dosaženo nižší hmotnosti na 0,338 [kg]. Specifikace lineárního vedení viz Příloha č. 13.

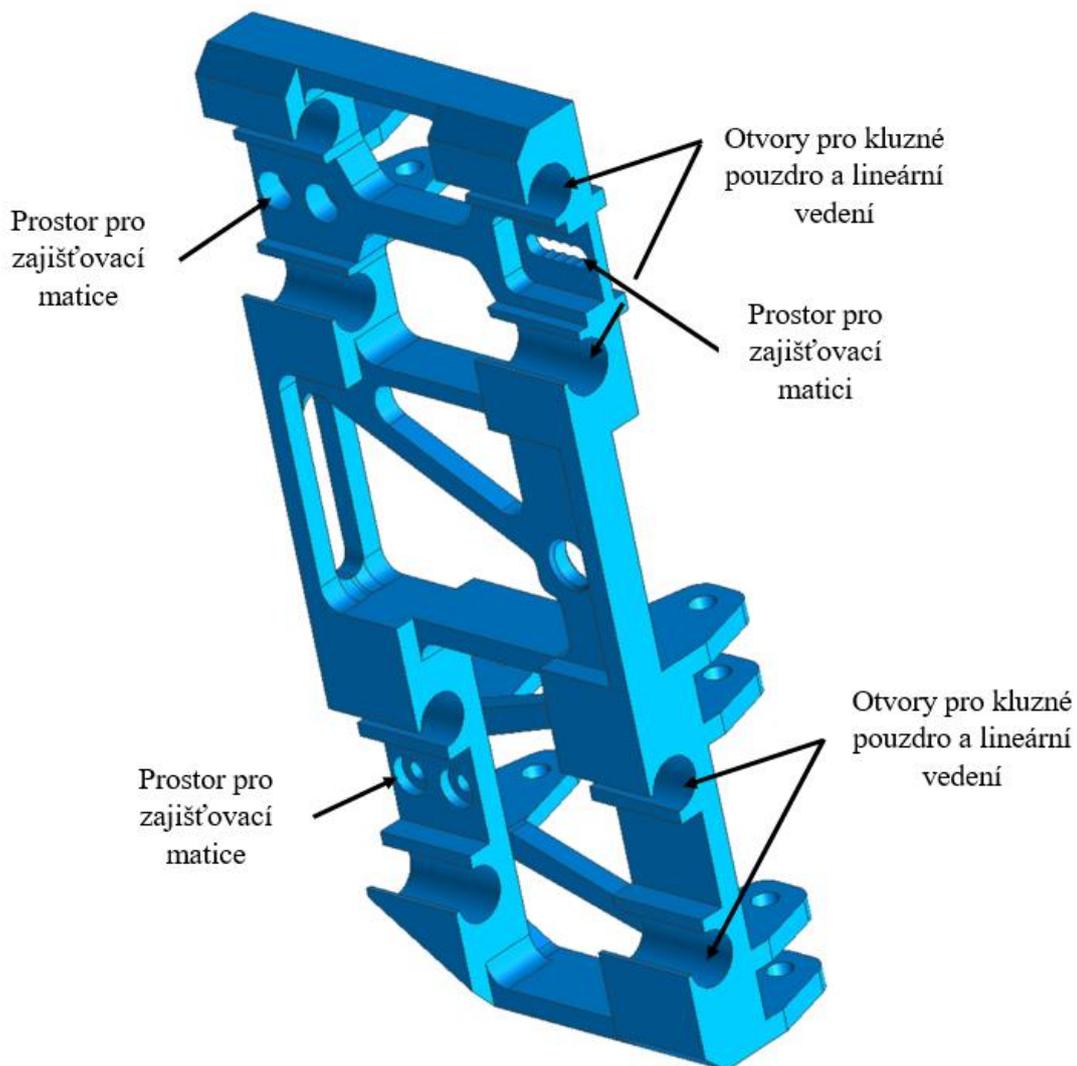
Pro správný pohyb základny po lineárním vedení jsou využita kluzná pouzdra JUMO-10, která jsou vlepena do základny. Kluzná pouzdra jsou vyrobena z materiálu iglidur J, jehož vlastnosti jsou uvedeny v Příloze č. 7. Tato kluzná pouzdra umožňují malé vymezení vůlí mezi kolejnicemi a základnou.

4.7 Základna pedálové soustavy UWB05

Základna je hlavní částí pedálové soustavy, na níž jsou uloženy všechny potřebné komponenty, které dohromady tvoří jeden funkční celek. Dřívější základny byly tvořeny pouze jako desky, na které byly přišroubovány držáky jednotlivých komponent. V případě základny UWB05 byla učiněna změna spočívající v kompletním přepracování celé koncepce základny. Základnu tvoří celek z jednoho kusu materiálu, ve kterém je zahrnuto uložení pedálů a také uložení hlavních brzdových válců. Tato změna napomohla ke zvýšení tuhosti celé pedálové soustavy.



Obrázek 23 – Popis základny UWB05



Obrázek 24 – Popis základny UWB05 (spodní část)

4.8 Kluzná pouzdra, spojovací materiály

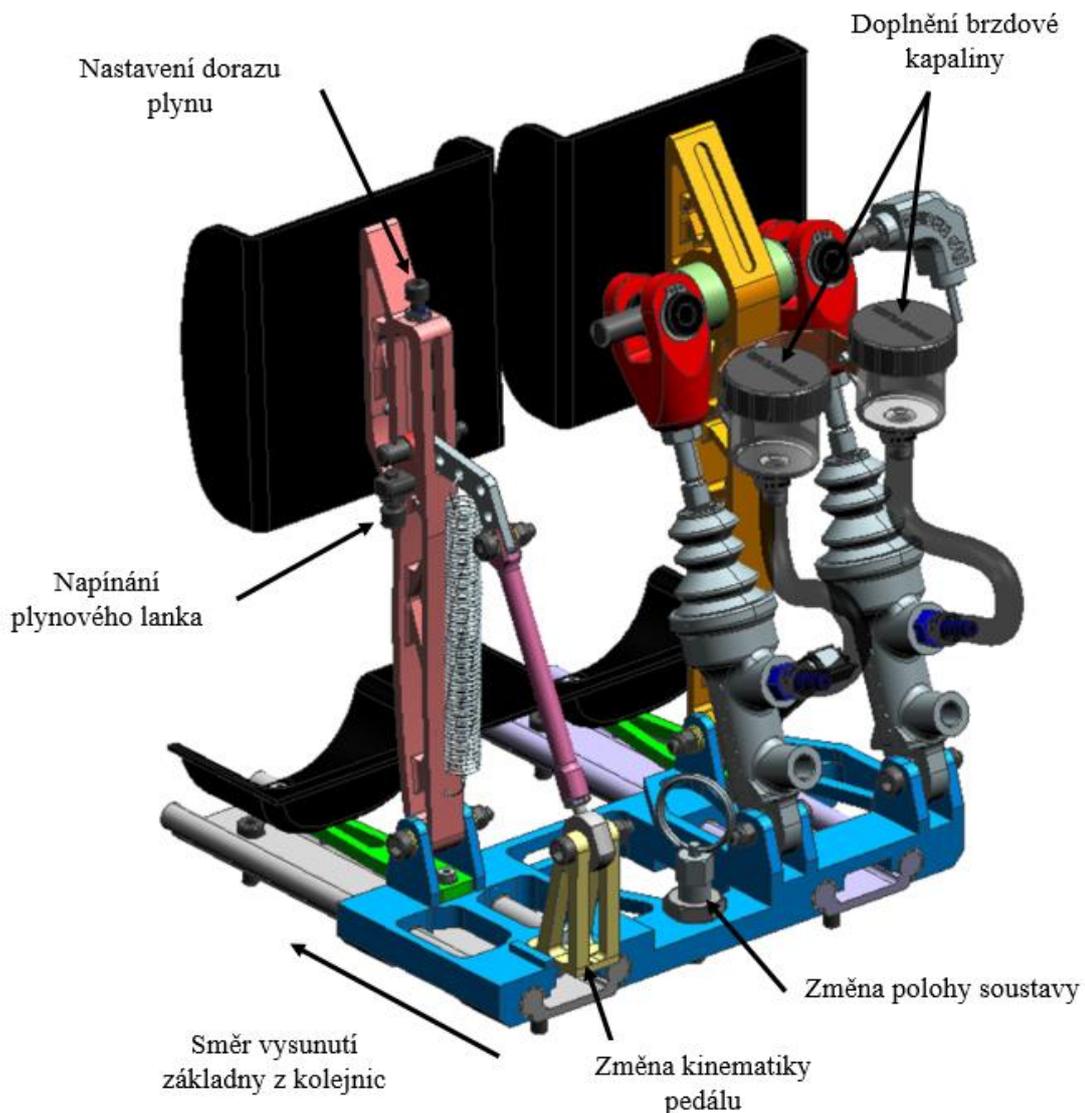
Kluzná pouzdra jsou použita při uložení pedálů do základny. Výběrem těchto kluzných pouzder se snížila hmotnost a zmenšily se zástavbové prostory. Zástavbový prostor u pedálové soustavy je velmi malý, a proto zde není použito klasických valivých ložisek. Použité pouzdro je PCMF 060808 E od firmy SKF. Vlastnosti pouzdra jsou popsány v Příloze č. 10. Spojovací materiály důležitých komponent jsou předepsány dle pravidel formule SAE, která určují přesné normy. V pravidlech jsou tyto spojovací prvky uvedeny jako kritické upevňovací prvky. Do těchto kritických prvků spadá také pedálová soustava, která je omezena těmito pravidly:

- T9.1.1 Kritické upevňovací prvky jsou definovány jako šrouby, matice a další spojovací prvky používané v primárním provedení konstrukce řízení, brzdění, postroje řidiče a systémů zavěšení a dále takové, které jsou specifické a jsou v příslušném pravidle označeny jako kritické spojovací prvky.
- T9.1.3 Všechny závitové kritické spojovací prvky musí být ze šestihřanných šroubů (DIN 933, DIN 931) nebo (DIN 912, DIN 7984) včetně verzí s jemným závitem.
- T9.2.3 Z jakékoliv pojistné matice musí vyčnívat minimálně dva plné závity. [3]

4.9 Pedálová soustava UWB05

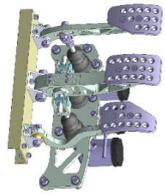
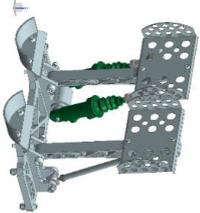
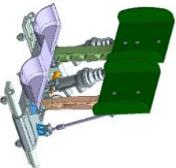
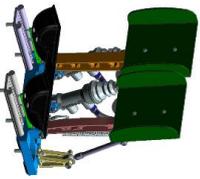
Pedálová soustava pro vůz UWB05 obsahuje mnoho nových nebo alespoň upravených komponent, které jsou navrženy podle parametrů zmíněných v Kapitole 4. 1 v pravidlech Formula SAE. K velkým úpravám došlo u základny pedálové soustavy a u brzdového mechanismu. Tyto změny jsou nutné z hlediska tuhosti celé soustavy. Soustava tvoří kompaktní celek, který je přívětivý jak pro řidiče, tak pro úpravu či údržbu. Důležitá místa pro nastavení a údržbu pedálové soustavy jsou znázorněna na Obrázku č. 25.

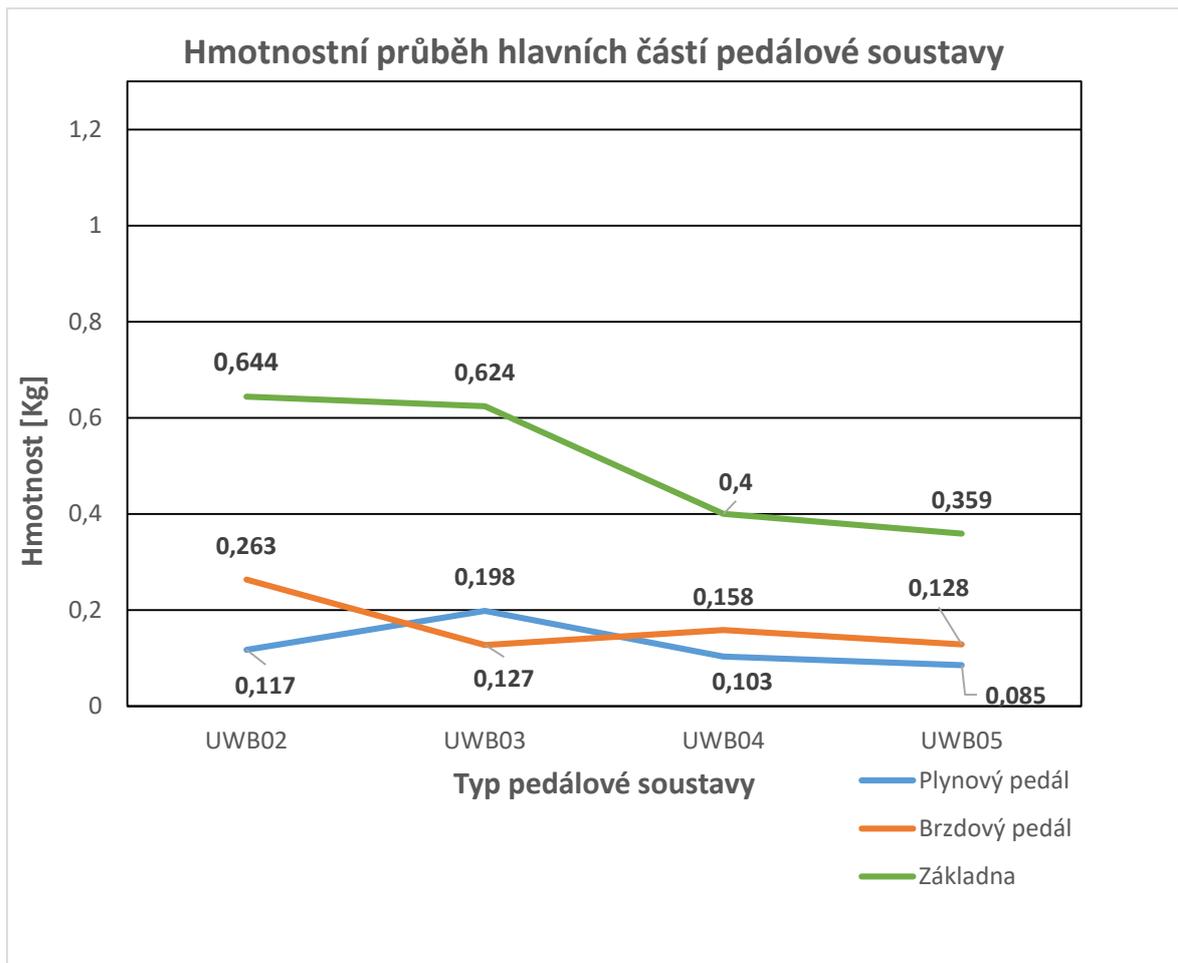
Velký důraz byl kladen na hmotnost celé soustavy. Hmotnost nejdůležitějších komponent a hmotnost celkové soustavy je znázorněna v porovnávací Tabulce č. 8. V tabulce je jasně vidět, že celkovou hmotnost se podařilo snížit o 0,55 [kg]. Pro názornější představu pedálové soustavy je přiložen render obrázků, které byly vytvořeny v programu KeyShot. Po přidání odpovídajících materiálů k jednotlivým dílům sestavy je pedálová soustava přiblížena co nejvíce k reálnému výrobku. Render pedálové soustavy můžeme vidět na Obrázcích č. 28 a 29.



Obrázek 25 – Dostupnost úprav pedálové soustavy UWB05

Tabulka 8 – Tabulka hmotností pedálových soustav (UWB02 - UWB05)

Tabulka hmotností [kg]				
Vozy:	UWB02	UWB03	UWB04	UWB05
Hmotnost plynového pedálu	0,117	0,198	0,103	0,085
Hmotnost brzdového pedálu	0,263	0,127	0,158	0,128
Hmotnost spojkového pedálu	0,092	/	/	/
Hmotnost základny	0,644	0,624	0,4	0,359
Hmotnost lineárních kolejnič	/	/	0,384	0,338
Celková hmotnost	2,432	1,786	2,220	1,650
Tabulka materiálů dle Normy				
Pedály a uložení brzdových válců	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075
Nášepty a podpatěnky	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Uhlíkový kompozit	Uhlíkový kompozit
Základna pedálové soustavy	Hliník. s. EN AW 6060	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075	Hliník. s. EN AW 7075
Lineární kolejnice	/	/	Hliník. s. EN AW 6060	Hliník. s. EN AW 6060
Hlavní rozměry pedálové soustavy [mm]				
Délka/šířka	261/290	120/280	90/234	90/216
Hloubka podpatěnek	/	22,5	30	30
				



Obrázek 26 – Graf hmotnostního průběhu vybraných komponent

Z grafu je patrné, že hmotnosti jednotlivých komponent se snižují s postupem vývoje nových pedálových soustav. Hmotnostní výchylky, které se v grafu nacházejí, jsou z důvodu určitých změn, které jsou popsány níže. Procentuální změny hmotnosti jednotlivých komponent jsou zobrazeny v Tabulce č. 9.

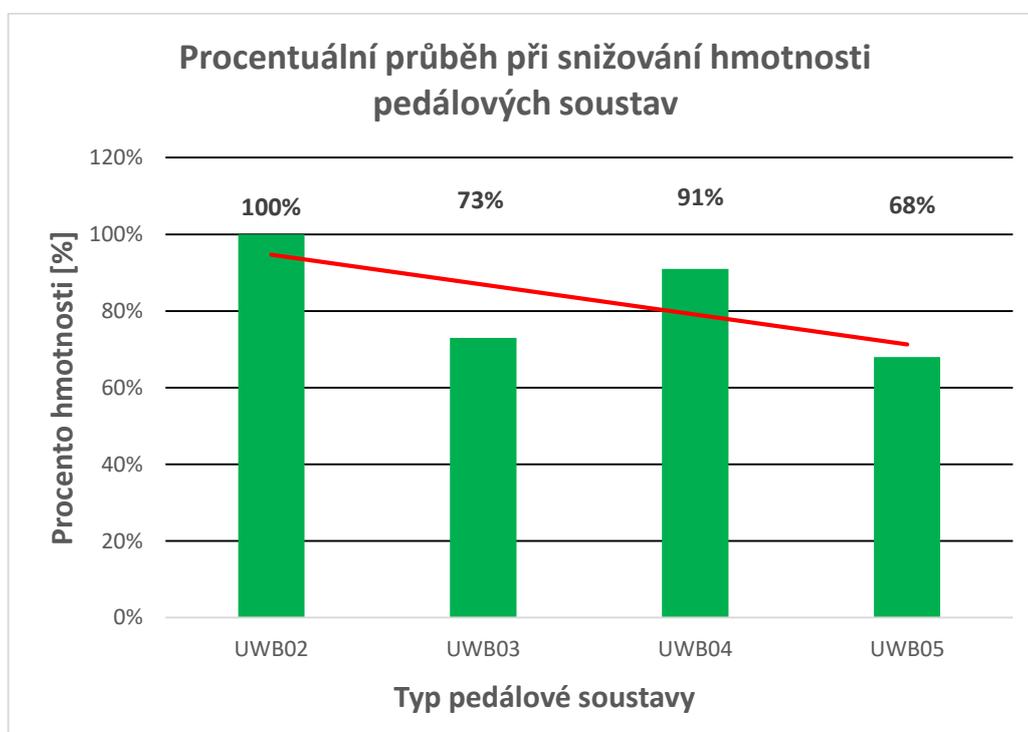
Příčina navýšení hmotnosti

- **Plynový pedál:** Výrazné zvýšení hmotnosti plynového pedálu na soustavě UWB03 je z důvodu změny plynového mechanismu, který má hlavní část mechanismu zabudovanou přímo v těle pedálu.
- **Brzdový pedál:** Nepatrné zvýšení hmotnosti brzdového pedálu nastalo u typu UWB04, kde proběhla změna brzdového mechanismu.

Tabulka 9 – Procentuální snížení hmotnosti komponent pedálové soustavy

Procentuální snížení hmotnosti komponent pedálové soustavy				
Typ pedálové soustavy	Komponenta	Hmotnost [kg]	Procento hmotnosti [%]	Zlepšení [%]
				Zhoršení [%]
UWB02	Plynový pedál	0,117	100	/
	Brzdový pedál	0,263	100	/
	Základna	0,644	100	/
UWB03	Plynový pedál	0,198	169	69
	Brzdový pedál	0,127	48	52
	Základna	0,624	97	3
UWB04	Plynový pedál	0,103	88	12
	Brzdový pedál	0,158	60	40
	Základna	0,663	97	3
UWB05	Plynový pedál	0,085	73	27
	Brzdový pedál	0,128	49	51
	Základna	0,359	56	44

Celkový průběh snížení hmotnosti pedálových soustav je znázorněn na Obrázku č. 27. V grafu je vidět, že hodnoty lineárně klesají. Výchylka, která se nachází u typu UWB04, je způsobena přidáním lineárního vedení do pedálové soustavy. Tuto výchylku se podařilo eliminovat při návrhu pedálové soustavy UWB05.



Obrázek 27 – Graf procentuálního průběhu hmotnosti



Obrázek 28 – Render pedálové soustavy UWB05 (přední část)



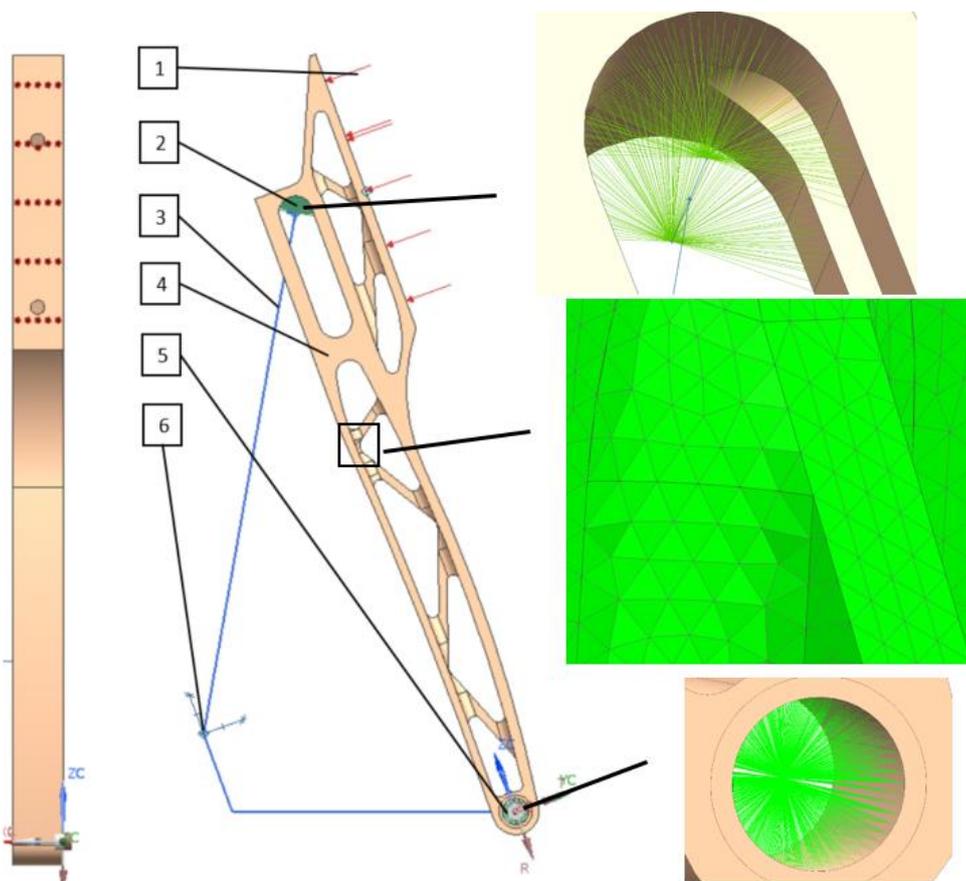
Obrázek 29 – Render pedálové soustavy UWB05 (zadní část)

5 PEVNOSTNÍ VÝPOČET

Pevnostní výpočet je řešen pomocí metody konečných prvků v softwaru Siemens NX 11 použitím řešiče Nastran. Analýza je provedena pro nejdůležitější části pedálové soustavy, u kterých je nutné zjistit velikost redukovaného napětí. Tento výpočet je použit pro již navržené komponenty, které mají dané rozměry a přiřazený materiál. Jednotlivý popis postupu při výpočtu je detailně popsán v následujících kapitolách. Pro lepší práci se zasítováním modelů byly vytvořeny idealizované modely. Tato úprava snižuje časovou náročnost při výpočtu modelu pro dosažení co nejpřesnější hodnoty rozložení redukovaného napětí a posuvu konstrukce

5.1 Analýza plynového pedálu se silou působící kolmo na nášlapnou plochu pedálu

Tato simulace vyjadřuje namáhání pedálu při působení síly kolmo na nášlapnou plochu. Tato síla působí rovnoběžně s osou z. Na této ploše je přichycený nášlap, na který působí řídič chodidlem. Síla byla experimentálně změřena tenzometrem na 500 [N], viz Kapitola 4.2.2.



Obrázek 30 – Popis MKP zasítovaného plynového pedálu včetně počátečních podmínek

Použité sítě v modelu

- 2 – Je zde použita 1D síť typu CBEAM, která představuje čep o určitém průměru. Tento čep se pohybuje v lineárním vedení plynového pedálu. Poloha plynového pedálu je ve stavu, kdy je stlačen na maximum. Proto je tato 1D síť spojena vazbou

RBE3, kde je síť napojena na plochu, kam dosedá čep. Tento celek je napojen na 1D síť CBEAM s daným průměrem (znázorňuje č. 3). Tato síť má znázorňovat spojovací tyč, která je táhlem plynového mechanismu.

- 4 – Zasíťování celého modelu 3D sítí typu CTETRA(4) – (čtyřstěnu) o velikosti elementu 1 [mm].

Vazba RBE2 představuje absolutně tuhou vazbu s nezávislými stupni volnosti, které jsou specifikovány v jediném bodě mřížky.

Vazba RBE3 představuje absolutně tuhou vazbu, kde koncové body růžice mají povolenou rotaci.

1D síť typu CBEAM je definována jako prvek nosníku, který zahrnuje prodloužení, zkroucení a ohyb ve dvou kolmých rovinách.

3D síť typu CTETRA (4), (10) – definuje spojení čtyřstěnného pevného prvku se čtyřmi nebo deseti mřížkovými body.

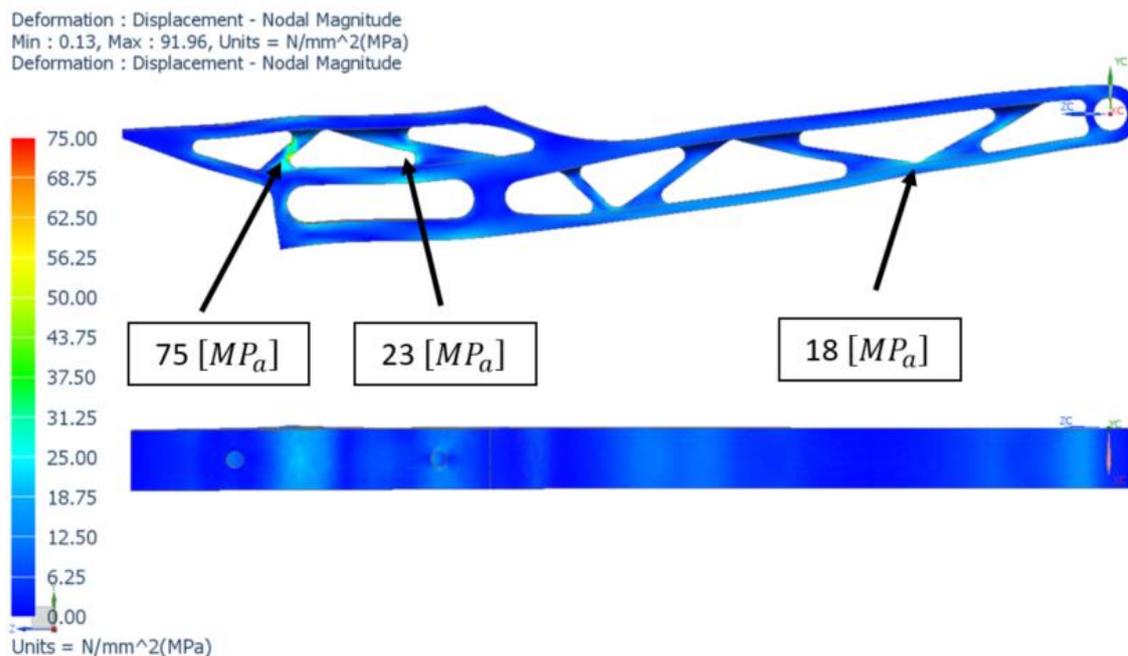
Okrajové podmínky

- 1 – Síla o velikosti 500 [N], která působí kolmo na plochu plynového pedálu.
- 5 – Okrajová podmínka v uložení pedálu, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy x.
- 6 – Okrajová podmínka v uložení spojovací tyče, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy x.

Zvolený materiál

- Hliníková slitina EN AW 7075, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 4.

5.1.1 Výsledky výpočtu

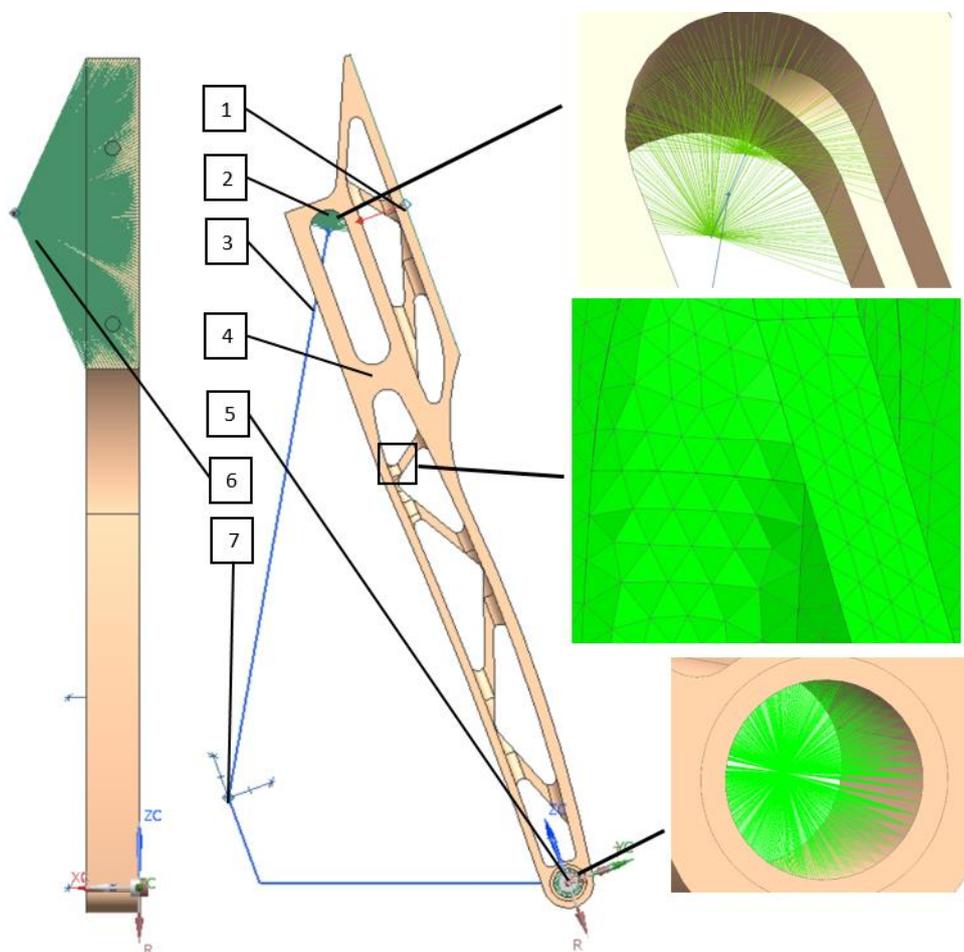


Obrázek 31 – Výsledné redukované napětí [MPa]

Výsledné redukované napětí, které působí na plynový pedál, je přijatelné. Maximální redukované napětí se nachází na žebro v horní části plynového pedálu. Toto napětí dosahuje hodnot $\sigma_{max} = 75 [MPa]$. Vlivem vhodné úpravy plynového pedálu bylo docíleno snížení hmotnosti o cca 25 [g]. Výsledný posuv u plynového pedálu je přijatelný. Maximální posuv se nachází v horní části pedálu, jeho hodnota dosahuje $\epsilon = 0,37 [mm]$. Výsledné redukované napětí je znázorněno na Obrázku č. 31. Celkové posunutí plynového pedálu se silou působící na plochu pedálu je znázorněno v Příloze č. 16.

5.2 Analýza plynového pedálu se silou působící mimo nášlapnou plochu plynového pedálu

Tato simulace vyjadřuje namáhání pedálu při působení síly mimo nášlapnou plochu pedálu. Síla je ve vzdálenosti 40 [mm] od osy pedálu, kde toto zatížení vzniká, když řidič nepůsobí v ose pedálu, tedy když má chodidlo mírně vybočené. Síla byla zvolena na 250 [N].



Obrázek 32 – Popis MKP zasítovaného plynového pedálu včetně počátečních podmínek

Použité sítě v modelu

- 2 – Je zde použita 1D síť typu CBEAM, která představuje čep o určitém průměru. Tento čep se pohybuje v lineárním vedení plynového pedálu. Poloha plynového pedálu je ve stavu, kdy je pedál stlačen na maximum. Proto je tato 1D síť spojena pomocí vazby RBE3, která je napojena na plochu, na kterou čep dosedá. Tento celek

je napojen na 1D síť typu CBEAM s daným průměrem (znázorňuje č. 3). Tato síť má znázorňovat spojovací tyč, která je táhlem plynového mechanismu.

- 4 – Zasíťování celého modelu 3D sítí typu CTETRA(4) - (čtyřstěnu) o velikosti elementu 1 [mm].
- 6 – 1D síť propojena vazbou RBE3 přenáší sílu působící mimo nášlapnou plochu pedálu.

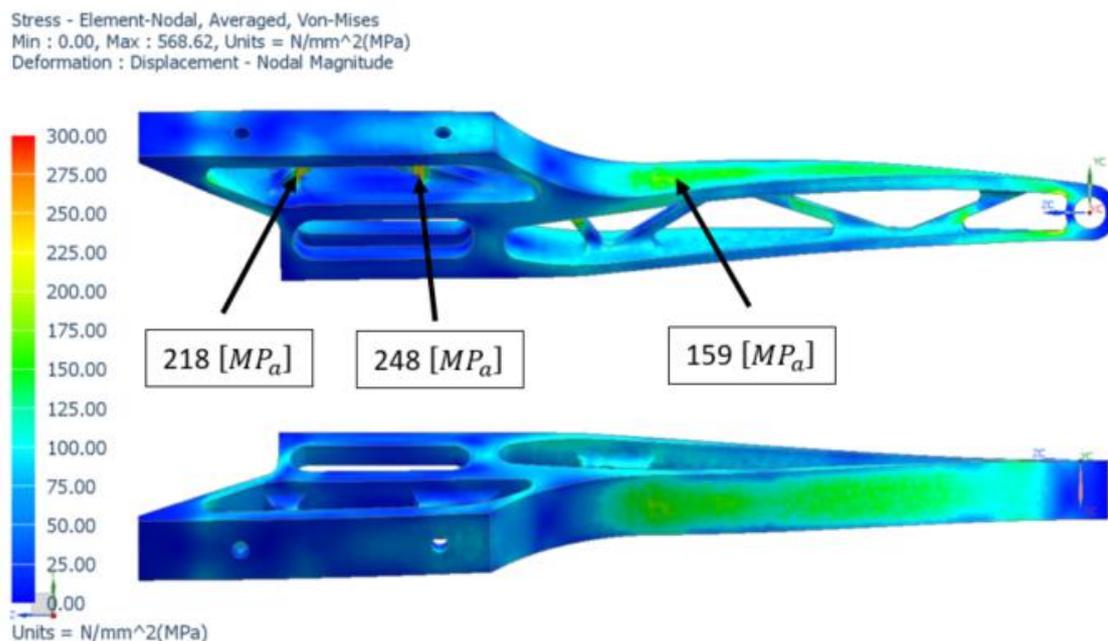
Okrajové podmínky

- 1 – Síla o velikosti 250 [N], která působí mimo nášlapnou plochu plynového pedálu.
- 5 – Okrajová podmínka v uložení pedálu, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy x.
- 7 – Okrajová podmínka v uložení spojovací tyče, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy x.

Zvolený materiál

- Hliníková slitina EN AW 7075, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 4.

5.2.1 Výsledky výpočtu



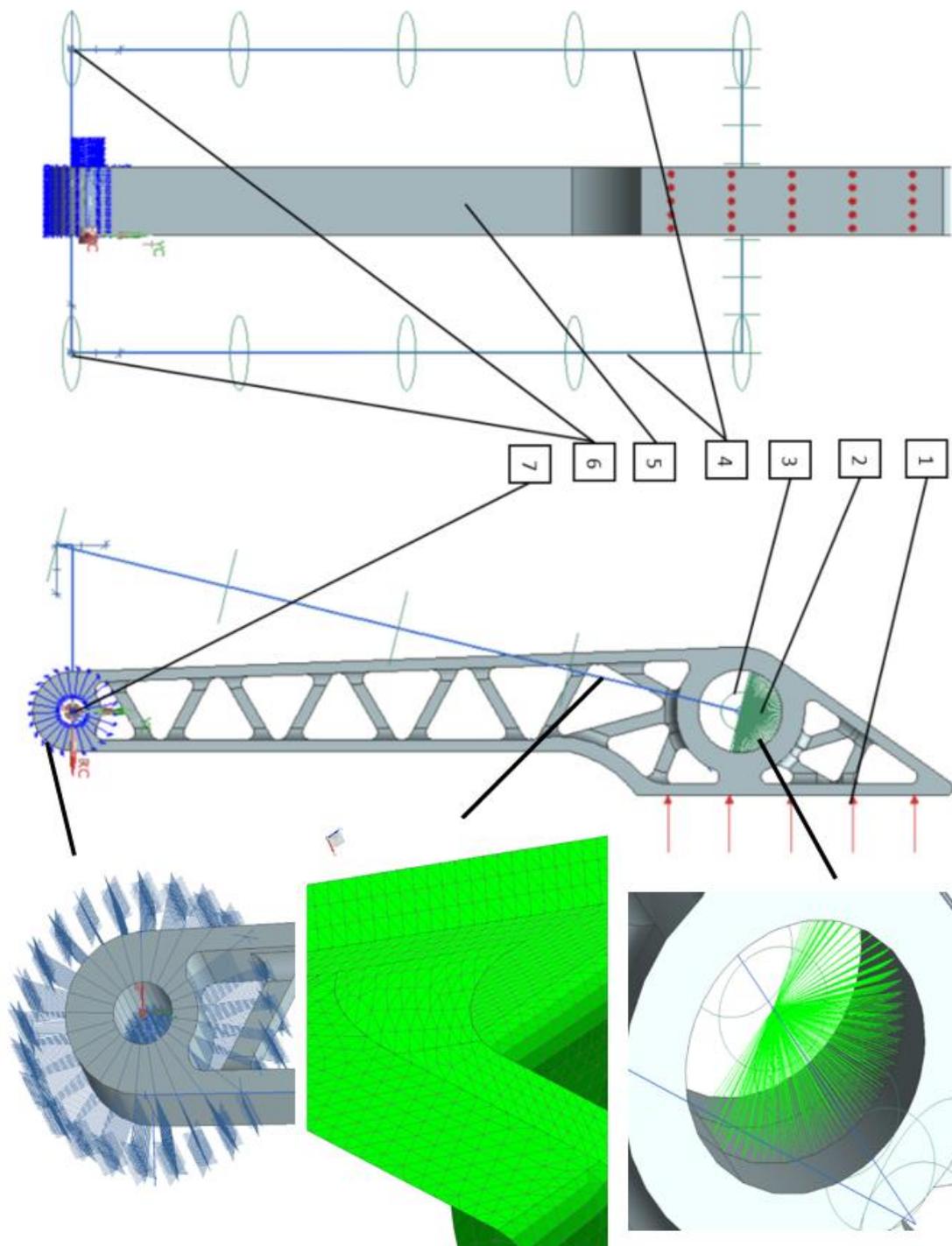
Obrázek 33 – Výsledné redukované napětí [MPa]

Výsledné redukované napětí, které působí na plynový pedál, je přijatelné. Maximální redukované napětí se nachází uprostřed pedálu, kde jsou koncentrátoři napětí (drobné rádiusové prvky). Toto napětí dosahuje hodnot $\sigma_{max} = 248 [MP_a]$.

Tento výpočet byl použit pro případ, kdy jezdec nepůsobí chodidlem v ose plynového pedálu. Výsledné posunutí u plynového pedálu je přijatelné. Maximální posunutí se nachází v horní části pedálu, jeho hodnota dosahuje $\epsilon = 2,8 [mm]$. Tento výpočet je použit pouze jako kontrolní, kde jezdec v 99 % případech působí chodidlem kolmo na osu pedálu. Celkové posunutí plynového pedálu se silou působící mimo plochu pedálu je znázorněno v Příloze č. 16.

5.3 Analýza brzdového pedálu

Tato simulace vyjadřuje namáhání pedálu při působení síly na plochu pedálu, kde je umístěn nášlap. Síla daná pravidly Formula SAE o velikosti 2000 [N] působí kolmo na nášlapnou plochu. Pro co nejbližší přiblížení k reálným výsledkům je ve výpočtu zahrnuto vahadlo brzdového systému a hlavní brzdové válce.



Obrázek 34 – Popis MKP zasít'ovaného brzdového pedálu včetně počátečních podmínek

Použité sítě v modelu

- 3 – Je zde použita 1D síť typu CBEAM s daným průměrem, která představuje hřídel ve vahadle. Hřídel považujeme za dokonale tuhé těleso, které přenesení sílu od zatížení přímo do pedálu. Tento přenos je proveden 1D sítí a použitou vazbou RBE3, která odpovídá rozměrově sférickému ložisku použitému ve vahadle, které znázorňuje č. 2. Tento celek je napojený na 1D síť typu CBEAM s daným rozměrem, který odpovídá brzdovým válcům (znázorňuje č. 4).

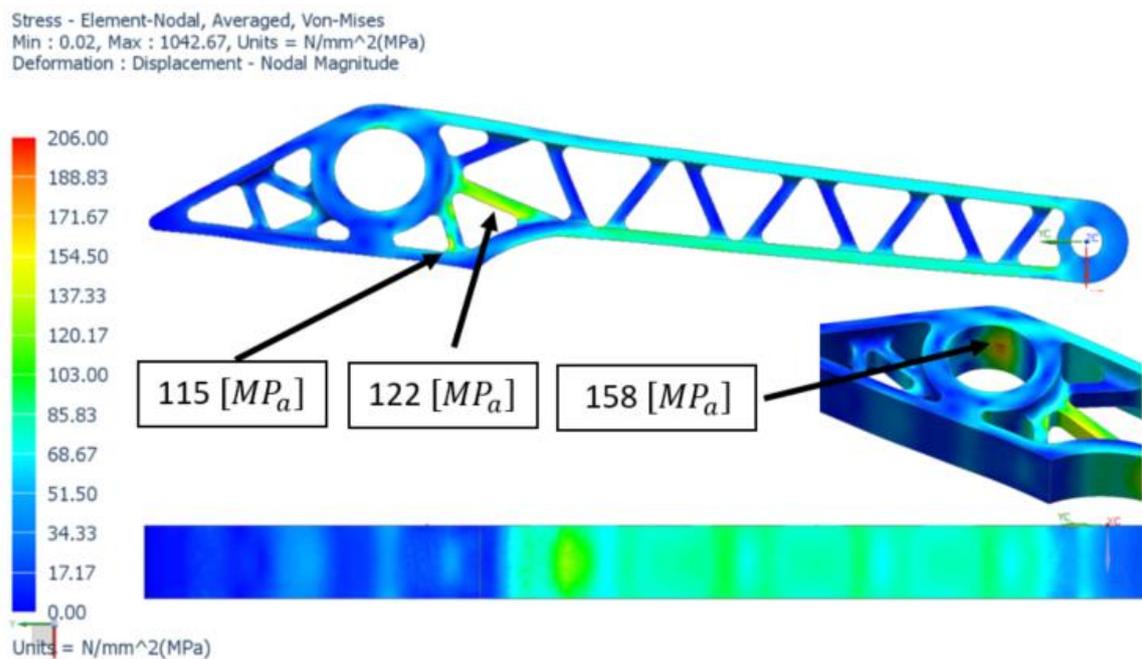
Okrajové podmínky

- 1 – Síla o velikosti 2000 [N], která působí v ose brzdového pedálu.
- 7 – Okrajová podmínka v uložení pedálu, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy z.
- 6 – Okrajová podmínka v uloženích brzdových válců, která povoluje rotaci kolem osy otáčení, tedy kolem osy z.

Zvolený materiál

- Hliníková slitina EN AW 7075, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 4.

5.3.1 Výsledky výpočtu

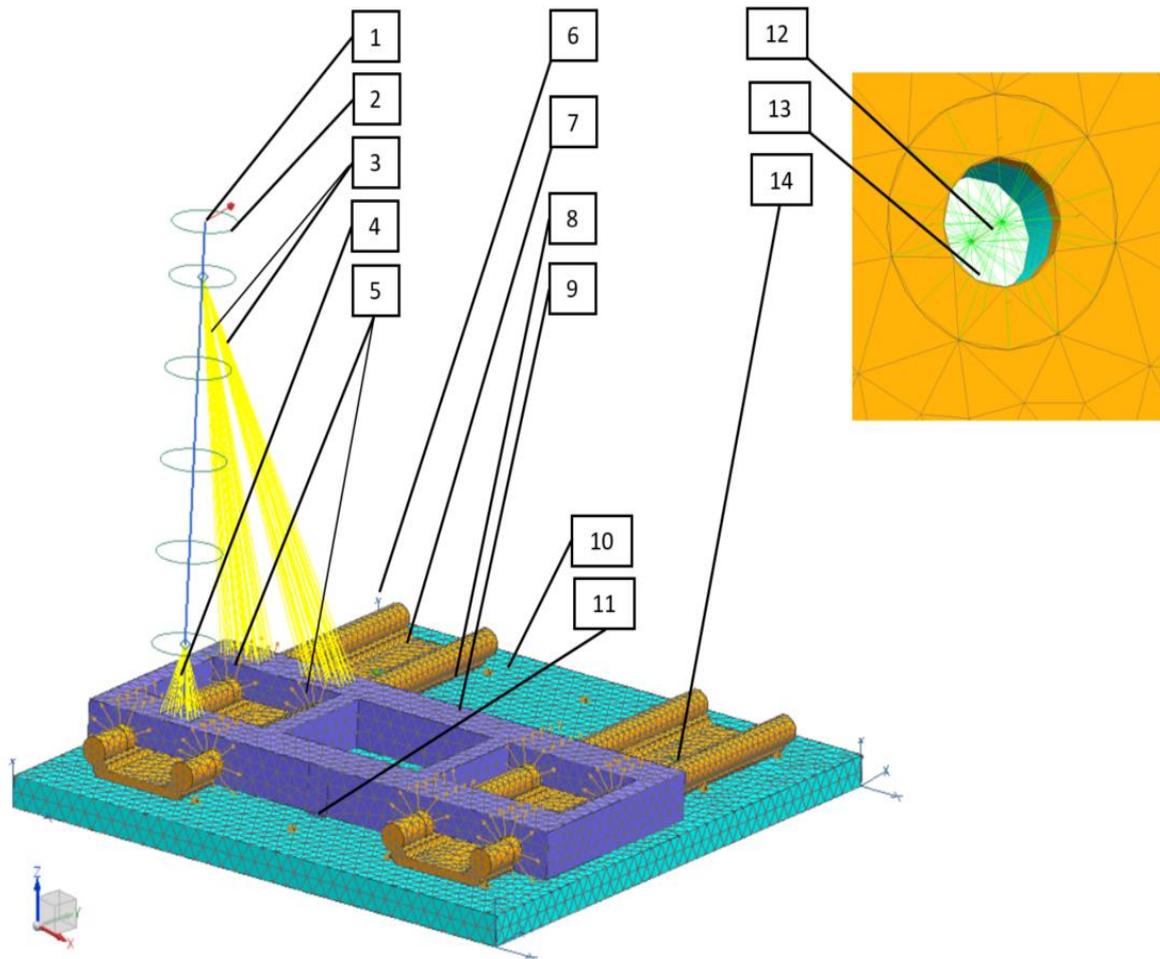


Obrázek 35 – Výsledné redukované napětí [MPa]

Výsledná redukovaná napětí jsou přijatelná. Maximální redukované napětí se nachází na žebro vyztužujícím brzdový pedál, dosahuje hodnot $\sigma_{max} = 206 [MPa]$. Vzhledem k použitému materiálu je toto napětí v pořádku. Výsledné posunutí brzdového pedálu je přijatelné. Maximální posunutí se nachází v horní části pedálu, jeho hodnota dosahuje $\epsilon = 1,3 [mm]$. Celkové posunutí brzdového pedálu je znázorněno v Příloze č. 16.

5.4 Analýza lineární kolejnice

Tato simulace řeší výpočet lineárního vedení od maximální síly 2000 [N], která se přenáší od brzdového pedálu. V úloze je použit kontakt mezi kolejnicemi a základnou s koeficientem statického tření 0,1 a kontakt mezi kolejnicemi a podlahou, která je uchycená k rámu. Pro uchycení kolejnic k podlaze je použita idealizace šroubů za pomoci 1D sítí funkcí „Bolt Connection“ s předpětím šroubů o velikosti 5 [kN] pro přesnější výpočet. Lineární vedení je z hliníku EN AW 6061 s tvrdě eloxovanou vrstvou.



Obrázek 36 – Popis MKP zasítované soustavy pro výpočet lineárního vedení včetně počátečních podmínek

Použité sítě v modelu

- 2 – Použití 1D sítě typu CBEAM s daným rozměrem, který představuje tvar brzdového pedálu. Na tento pedál je napojena 1D síť s vazbou RBE3, která plní funkci hlavních brzdových válců a přenáší tím sílu od brzdového pedálu na základnu (znázorňuje č. 3).
- 4 – 1D síť s vazbou RBE3 znázorňuje uložení brzdového pedálu v základně.
- 7 – 3D síť typu CTETRA(10) – (čtyřstěn) o velikosti elementu 5 [mm]. Tato síť je použita na lineární kolejnice v soustavě.
- 9 – 3D síť typu CTETRA(10) – (čtyřstěn) o velikosti elementu 5 [mm]. Tato síť je použita na základnu soustavy.

- 10 – 3D síť typu CTETRA(10) – (čtyřstěn) o velikosti elementu 5 [mm]. Síť použita na podlahu pedálů.
- 12 – 1D síť s vazbou RBE2 znázorňuje šroub, který spojuje podlahu s kolejnicemi.
- 13 – 1D síť typu CBEAM odpovídá průměru šroubu.

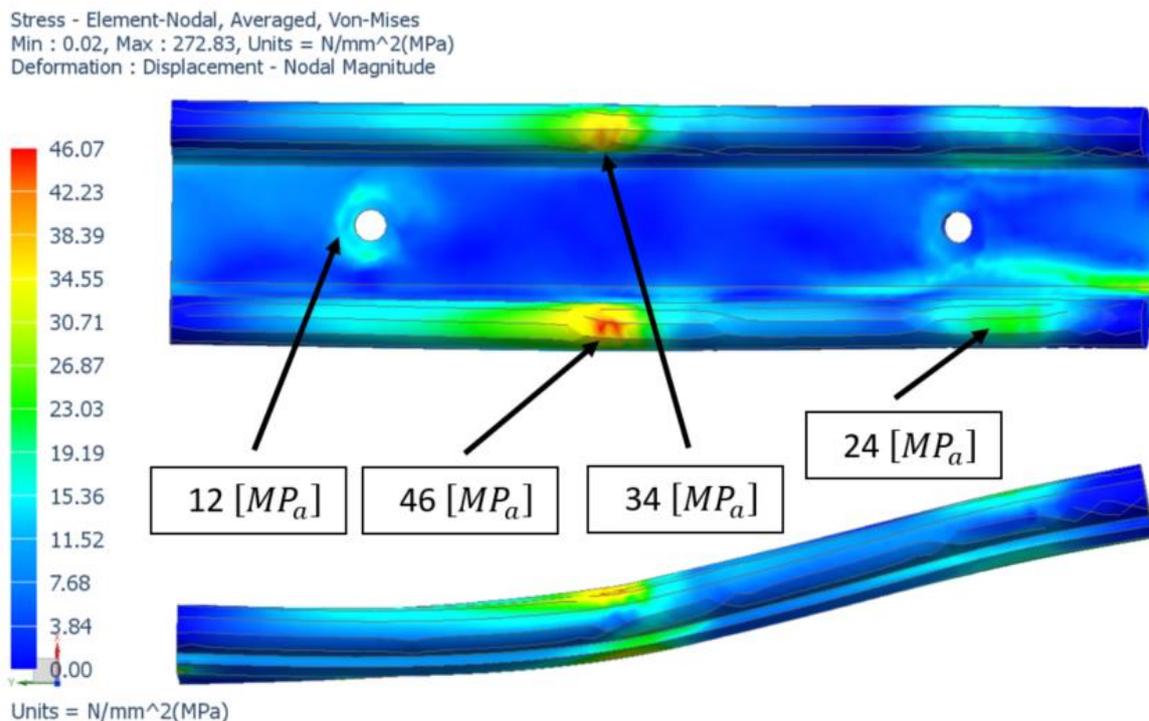
Okrajové podmínky

- 1 – Síla o velikosti $F = 2000$ [N] působící na brzdový pedál.
- 5 – Kontakt mezi základnou a kolejnicí s koeficientem statického tření o velikosti 0,1.
- 6 – Okrajová podmínka pro uložení podlahy do rámu. Odebrání translačních stupňů volnosti (ve směru x,y,z).
- 8 – Kontakt mezi kolejnicemi a podlahou s koeficientem statického tření o velikosti 0,1.
- 11 – Okrajová podmínka pro pohyb základny po kolejnici. Tato okrajová podmínka zamezuje pohybu ve směru osy y. Ostatní směry jsou povoleny.
- 14 – Simulace vloženého šroubu, která zamezuje pohybu kolejnicím po podlaze v ose y.

Zvolený materiál

- Hliníková slitina EN AW 7075 pro základnu a podlahu, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 4.
- Hliníková slitina EN AW 6061, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 9

5.4.1 Výsledky výpočtu

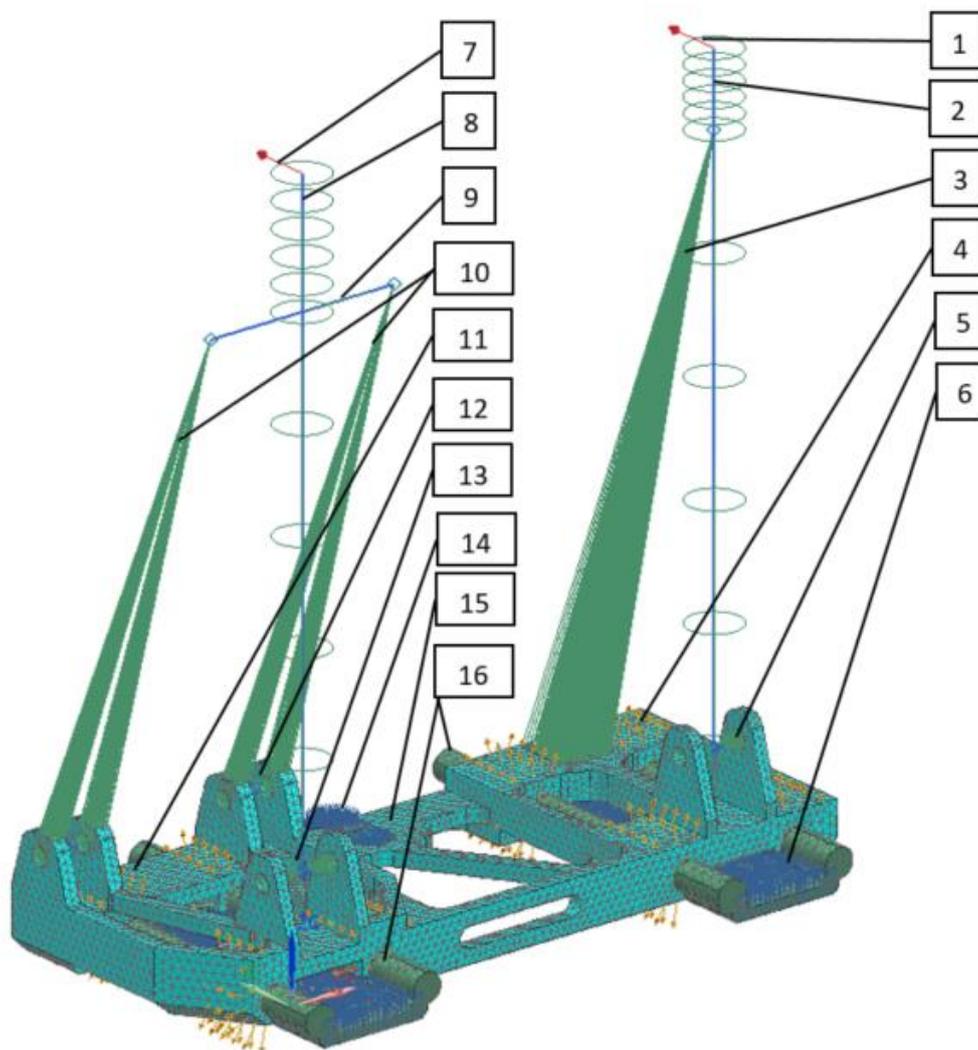


Obrázek 37 – Výsledné redukované napětí lineární kolejnice [MPa]

Maximální redukované napětí o velikosti $\sigma_{max} = 46 [MP_a]$ se nachází na dotykové ploše, která je v kontaktu se základnou. Namáhání na celé kolejnici je přijatelné. Velikost maximálního posunutí na lineárním vedení $\epsilon = 0,17 [mm]$ je přijatelné. Celkové posunutí lineárního vedení je znázorněno v Příloze č. 16.

5.5 Analýza základny

Výpočet je řešen pomocí kontaktní úlohy mezi základnou a kolejnicemi. Je zde zahrnut přenos sil od plynového pedálu s hodnotou $500 [N]$ a brzdového pedálu s hodnotou $2000 [N]$, který působí na základnu. Výpočet nezahrnuje výsledné redukované napětí a výsledné posunutí od výpočtu lineárního vedení z důvodu nízkých výsledných hodnot, které jsou v toleranci kluzných pouzder. Pro požadovanou vysokou tuhost základny je tento výpočet velice důležitý.



Obrázek 38 – Popis MKP zasíťované soustavy pro výpočet základny včetně počátečních podmínek

Použité sítě v modelu

- 2, 8 – 1D síť typu CBEAM s daným rozměrem představuje tvar pedálu.
- 3 – 1D síť s vazbou RBE3, která představuje přenos síly od plynového pedálu do držáku táhla plynu.

- 9 – 1D síť s vazbou RBE2 slouží pro znázornění hřídele vahadla, na které jsou připevněny hlavní brzdové válce tvořící 1D síť s vazbou RBE3 (č. 10).
- 5, 13 – 1D síť s vazbou RBE3, která je použita jako uložení pedálu do držáku na základně.
- 14 – 3D síť typu CTETRA(10) – (čtyřstěnu) o velikosti elementu 3 [mm] ležící na základně.
- 15 – 3D síť typu CTETRA(10) – (čtyřstěnu) o velikosti elementu 5 [mm] ležící na kolejnicích.

Okrajové podmínky

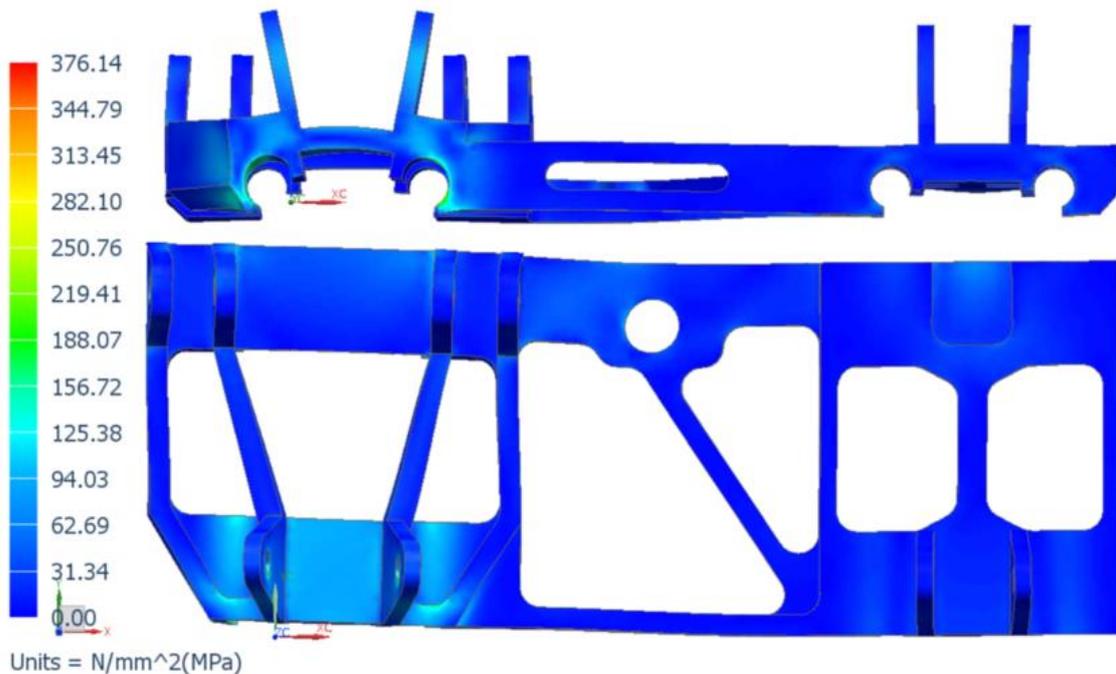
- 1 – Síla působící na plynový pedál o velikosti $F = 500 [N]$.
- 7 – Síla působící na brzdový pedál o velikost $F = 2000 [N]$.
- 11, 4 – Kontakt mezi kolejnicemi a základnou s koeficientem statického tření 0,1.
- 6 – Okrajová podmínka pro uložení kolejnice v podlaze. Otvory v kolejnicích mají omezení pohybu ve směru os x, y. Plocha spodní části kolejnic dosedající na podlahu je zafixovaná ve směru osy z.
- 12 – Okrajová podmínka pro pohyb základny po kolejnicích. Tato okrajová podmínka má funkci čepu, který zabraňuje pohybu základny po kolejnicích ve směru osy y.

Zvolený materiál

- Hliníková slitina EN AW 7075, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 4
- Hliníková slitina EN AW 6061, jejíž vlastnosti jsou popsány v Příloze č. 9

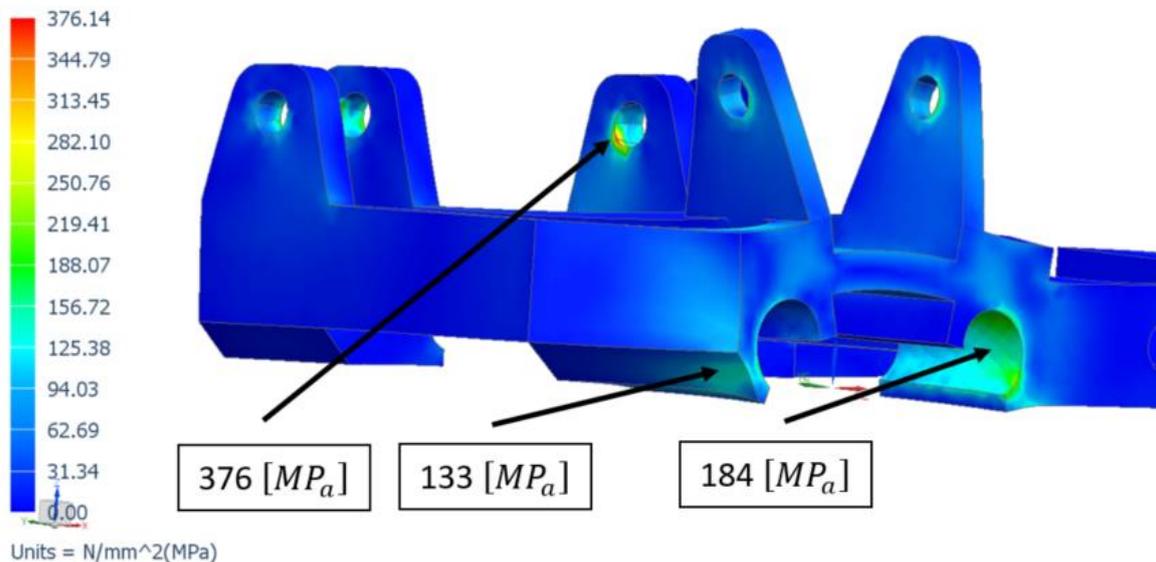
5.5.1 Výsledky

Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises
Min : 0.00, Max : 376.14, Units = N/mm²(MPa)
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 39 – Výsledné redukované napětí na základnu [MPa]

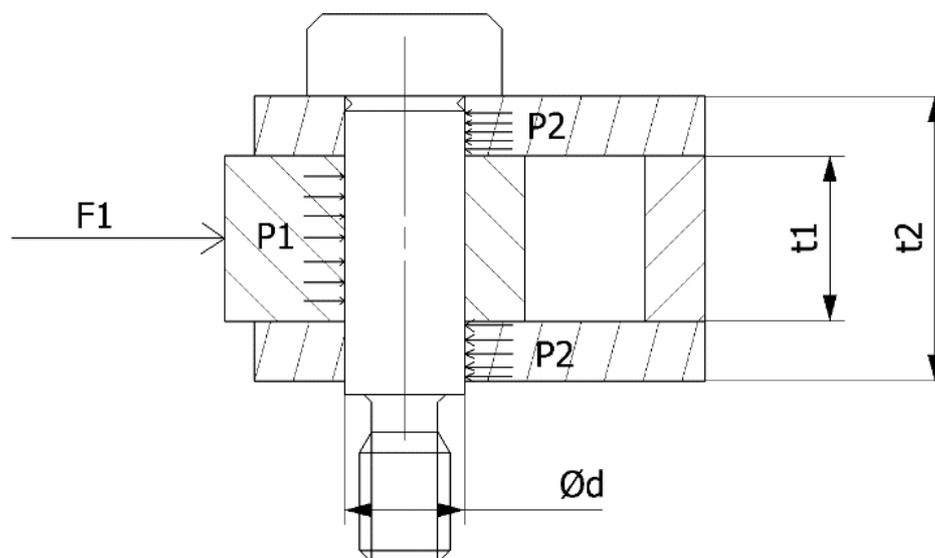
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises
Min : 0.00, Max : 376.14, Units = N/mm²(MPa)
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 40 – Detail na maximální redukované napětí působící na základnu [MPa]

Maximální redukované napětí dosahuje hodnoty $\sigma_{max} = 376 [MP_a]$. Toto redukované napětí se nachází u otvoru držáků hlavních brzdových válců. Uchycení hlavních brzdových válců je jedním z důležitých uzlů celé soustavy, proto byl prověřen také analytickým výpočtem pro stříh šroubu, který je znázorněn v Kapitole 5.5.2. Výsledné posunutí u plynového pedálu je přijatelné. Maximální deformace se nachází v horní části pedálu, jeho hodnota dosahuje $\epsilon = 0,28 [mm]$. Celkové posunutí základny je znázorněno v Příloze č. 16.

5.5.2 Kontrola uchycení hlavních brzdových válců šroubem



Zadané hodnoty:

$$\varnothing d = 6 \text{ [mm]}$$

$$t_1 = 11,1 \text{ [mm]}$$

$$t_2 = 21,1 \text{ [mm]}$$

$$F = 889 \text{ [N]}$$

Materiál šroubu: ocel 8.8

$$R_e = 640 \text{ [MPa]}$$

$$\text{Bezpečnost: } k=2$$

Podmínka pevnosti:

$$\tau_D \geq \tau_S$$

Dovolené napětí ve smyku:

$$\tau_D = \frac{R_m}{k} = \frac{640}{2} = 320 \text{ [MPa]}$$

Napětí ve smyku:

$$\tau_S = \frac{F}{2 * S_s} = \frac{F}{2 * \frac{\pi * d_s^2}{4}} = \frac{4 * 889}{2 * \pi * 6^2} = 16 \text{ [MPa]}$$

Tlak P_1 působící na šroub:

$$P_1 = \frac{F}{S_1} = \frac{F}{t_1 * d} = \frac{889}{11,1 * 6} = 13 \text{ [MPa]}$$

Tlak P_2 působící na šroub:

$$P_2 = \frac{F}{S_2} = \frac{F}{(t_2 - t_1) * d} = \frac{889}{10 * 6} = 15 \text{ [MPa]}$$

Výsledek:

$$\tau_D \geq \tau_S$$

$$320 \text{ [MPa]} \geq 23 \text{ [MPa]}$$

Podmínka splněna

Kde:

τ_D [MPa] – Dovolené napětí ve smyku

τ_S [MPa] – Napětí ve smyku

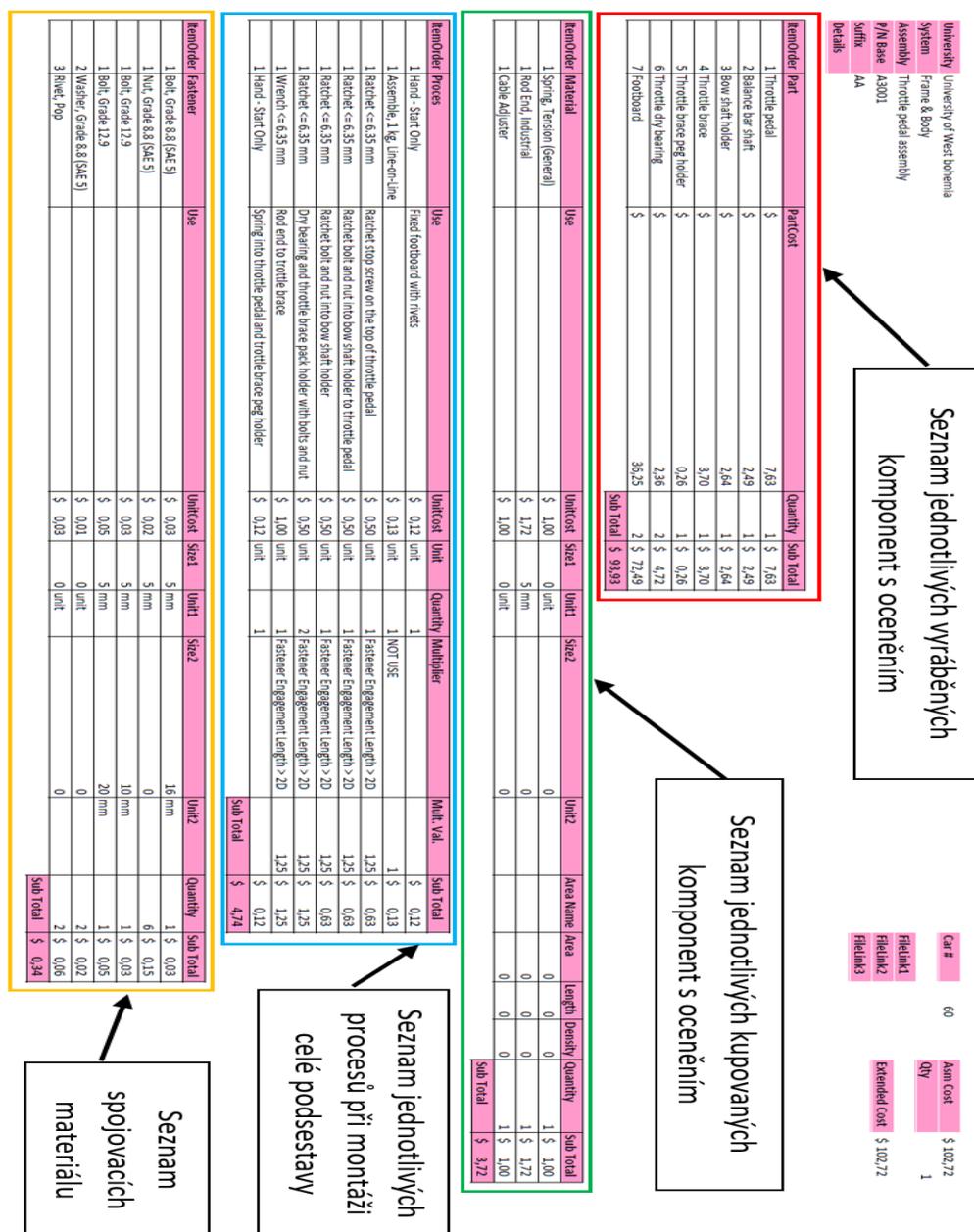
R_m [MPa] – Mez kluzu

6 TECHNICKOEKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Cílem technickoeconomického zhodnocení pedálové soustavy UWB05 je vyhodnocení nákladů na její výrobu. Tyto náklady jsou v soutěži Formula SAE zhotoveny formou Cost reportu.

Cost report je jednou z položek, která se hodnotí při statických disciplínách na každém závodu Formula SAE. Dle pravidel musí tým propočítat výrobní náklady celého vozu pro sériovou výrobu 1000 ks. Pro možnost srovnání nákladů mezi jednotlivými týmy jsou vytvořeny jednotné ceny pro výrobu a nákup jednotlivých komponent. U každého týmu jsou vybrány dvě sestavy, u kterých proběhne důkladné prověření zhotoveného Cost reportu, a následně jsou uděleny body za jeho provedení a kvalitu. [3]

6.1 Cost report pro pedálovou soustavu UWB05



Obrázek 41 – Popis Cost reportu pro plynový pedál

Cost report pro pedálovou soustavu je rozdělen do tří podsestav, z nichž má každá svou oceněnou tabulku. Cost tabulka pro plynovou soustavu je znázorněna na Obrázku č. 41. Zde si můžeme všimnout rozdělení nákladů do čtyř skupin, které jsou označeny, a je zde vysvětlen jejich význam. U každé skupiny jsou rozepsány jednotlivé ceny, které jsou na konci dané tabulky sečteny. Po sečtení jednotlivých skupin celé sestavy je zobrazena výsledná cena, která se nachází v horním pravém rohu. Z důvodu stejného postupu při vytváření Cost reportu jsou zbylé podsestavy zobrazeny v Příloze č. 17.

Výpočet nákladů vyráběných dílů

Výpočet nákladové ceny jednoho kusu jednotlivých vyráběných komponent pro plynovou podsestavu popisují Tabulky č. 10 – 16. Tyto ceny jsou následně přeneseny do hlavní tabulky zobrazené na Obrázku č. 41, kde je udán počet kusů jednotlivých komponent. Po konečném sečtení dostaneme výslednou cenu vyráběných komponent.

Tabulka 10 – Výpočet nákladů pro Throttle pedal

Throttle pedal			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Waterjet Cut	120 [cm]	0,01	1,20
Machining Setup	1	1,30	1,30
Machining	4,76 [cm ³]	0,04	0,19
Machining Setup	1	0,65	0,65
Drilled holes	6	0,35	2,10
Threading	0,1 [cm ³]	0,10	0,01
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	12750 [mm ²]	4,20	2,18
Total:			7,63

Tabulka 11 – Výpočet nákladů pro Balance bar shaft

Balance bar shaft			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Machining Setup	1 [cm]	1,30	1,30
Machining	3,45 [cm ³]	0,04	0,14
Machining Setup	1	0,65	0,35
Drilled holes	1	0,35	0,65
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	450 [mm ²]	4,20	0,05
Total:			2,49

Tabulka 12 – Výpočet nákladů pro Bow shaft holder

Bow shaft holder			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Machining Setup	1	1,30	1,30
Machining	6,14 [cm ³]	0,04	0,25
Machining Setup	1	0,65	0,65
Drilled holes	6	0,35	0,35
Threading	0,1 [cm ³]	0,10	0,01
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	144 [mm ²]	4,20	0,08
Total:			2,64

Tabulka 13 – Výpočet nákladů pro Throttle brace

Throttle brace			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Machining Setup	1	1,30	1,30
Machining	20,45 [cm ³]	0,04	0,82
Machining Setup	1	0,65	0,65
Drilled holes	2	0,35	0,70
Threading	0,2 [cm ³]	0,10	0,02
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	144 [mm ²]	4,20	0,21
Total:			3,70

Tabulka 14 – Výpočet nákladů pro Throttle brace peg holder

Throttle brace peg holder			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Waterjet Cut	23,8 [cm]	0,01	0,24
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	420 [mm ²]	4,20	0,02
Total:			0,26

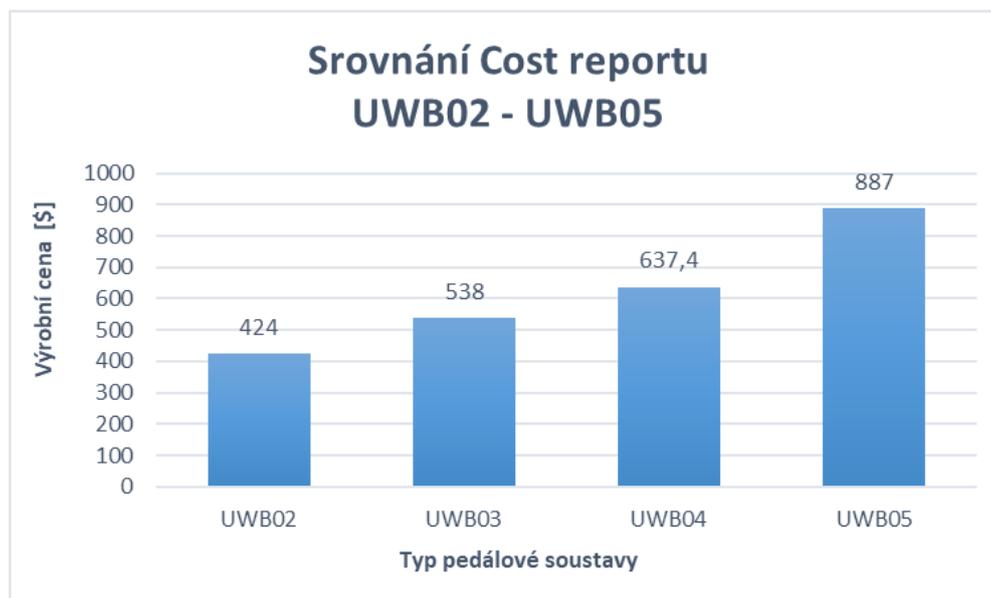
Tabulka 15 – Výpočet nákladů pro Throttle dry bearing

Throttle dry bearing			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Machining Setup	1	1,30	1,30
Machining	11 [cm ³]	0,04	0,04
Machining Setup	1	0,65	0,65
Drilled holes	2	0,35	0,35
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Aluminum, Premium	144 [mm ²]	4,20	0,02
Total:			2,36

Tabulka 16 – Výpočet nákladů pro Footboard

Footboard			
Proces:	Quantity	Unit Cost \$	Sub Total \$
Lamination, Man.	0,2 [m ²]	35,00	7,00
Cure Autoclave	0,2 [m ²]	50,00	10,00
Lamination	0,25 [m ²]	1500,00	0,13
Drilled holes	2	0,35	0,70
Materials:	Area	Unit Cost \$	Sub Total \$
Carbon Fiber	19432 [mm ²]	200,00	18,42
Total:			36,25

Porovnávání Cost reportů mezi jednotlivými pedálovými sestavami z předešlých let je velice složité, neboť každý Cost report tvořil jiný člen týmu a struktura jednotlivých podsestav se liší. Proto je provedeno porovnávání nákladů pouze z výsledných nákladů celé pedálové soustavy. Porovnání nákladů je zobrazeno na Obrázku č. 42.



Obrázek 42 – Srovnání Cost reportu UWB02 - UWB05

Z grafu je patrné, že se pedálové soustavy každoročně zdražují. Důvodem tohoto nárůstu je neustálé vyvíjení daných komponent, u kterých se dělají stále složitější výrobní operace. Dalším hlediskem je cena nakupovaných komponent a cena polotovarů, která každým rokem stoupá. U pedálové soustavy UWB05 si můžeme všimnout, že došlo k výraznému zvýšení ceny oproti pedálové soustavě UWB04. Hlavní důvody navýšení nákladů jsou:

- nákup kloubového převodu a jeho ovládání pro vahadlo brzdového systému,
- nákup výrazně většího polotovaru pro hlavní základnu z důvodu zvýšení tuhosti,
- složitější výroba jednotlivých komponent při snižování hmotnosti.

Nárůst ceny pedálové soustavy UWB05 oproti předešlému řešení je 28 [%]. S tímto zvýšením ceny byla pedálová soustava odlehčena o 570 [g], zvýšila se tuhost celé soustavy, byly opraveny předešlé nedostatky a v neposlední řadě byly provedeny úpravy celé pedálové soustavy, které ulehčí práci s celou soustavou jak řidičům, tak i mechanikům.

7 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navržení souboru úprav pedálové soustavy pro vůz UWB05 za účelem snížení hmotnosti. Na začátku bylo důležité vytvořit celkovou analýzu pedálových soustav ve vozech UWB02 – UWB04. Analyzovaná data byla zpracována a byly vytvořeny srovnávací tabulky zaměřené na hmotnost, funkčnost a na chyby, které se u dřívějších pedálových soustav vyskytovaly. Další poznatky k pedálové soustavě byly navrženy řidiči vozu. Týkaly se funkčnosti jednotlivých komponent. Z těchto dat byla vytvořena osnova úprav pro pedálovou soustavu UWB05, z nichž nejdůležitější je funkčnost a snížení hmotnosti.

Následně se přešlo k samotnému návrhu komponent pro pedálovou soustavu. U pedálové soustavy je 5 hlavních komponent, které jsou vyráběné a u kterých lze hmotnost snížit. Mezi ně patří plynový pedál, brzdový pedál, základna, lineární vedení a vahadlo brzdového systému. Návrh každé z komponent byl detailně popsán a bylo uvedeno zlepšení oproti předešlému řešení. Dále je upravená komponenta umístěná do dané soustavy, která tvoří celek daného mechanismu. Mechanismu byl názorně vysvětlen a důležité části zvýrazněny. Jednotlivé části pedálové soustavy byly řešeny z hlediska zástavbového prostoru, kde například proběhl kompletní výpočet vahadla brzdového systému, který je atypických rozměrů. Finální návrh pedálové soustavy byl porovnán a zkontrolován podle tabulek hmotností. Bylo sledováno, zda došlo ke snížení hmotnosti dané komponenty. Dalším bodem bylo posouzení, zda finální návrh pedálové soustavy splňuje pravidla Formula SAE.

Po finálním řešení návrhu pedálové soustavy UWB05 byl proveden MKP výpočet. Tento výpočet byl proveden u každé hlavní komponenty, u které bylo prověřeno dimenzování, a dále bylo zjištěno rozložení redukovaného napětí a celkové posunutí od zatěžujících sil. Tímto výpočtem byla prověřena také bezpečnost komponent, které už jsou dimenzovány vlivem velikosti působících sil daných pravidly či sil zvolených při experimentálním měření. Pro představu konečné podoby pedálové soustavy byl použit render v programu Keyshot.

V posledním bodě bakalářské práce je pedálová soustava řešena z pohledu technickoekonomického hlediska. Sestava z finančního hlediska vychází na 887 \$, to je 4,2 % z celkové ceny vozu. Pedálová soustava bude vyrobena podle přiložené výrobní dokumentace, která je součástí bakalářské práce. U pedálové soustavy pro vůz UWB05 se dle CAD dat podařilo snížit hmotnost o 570 [g], a tím byl splněn hlavní cíl této bakalářské práce. Důležité je zdůraznit, že hmotnost pedálové soustavy zahrnuje pouze 0,7 % z celkové hmotnosti vozu, proto je potřeba snižovat hmotnost i u ostatních komponent vozu. Funkčnost pedálové soustavy bude ověřena při testech s vozem UWB05.

Dlouhodobým cílem pro následující roky je další snižování hmotnosti při vývoji pedálové soustavy. Tento cíl může být dosažen např. změnou materiálu u plynového mechanismu či novým konstrukčním řešením vahadla brzdového systému.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

Knižní publikace

- [1] PUHN, F. *Brake Handbook*. Tucson: HPBooks, 1985. ISBN 0-89586-232-8
- [2] TRZESNIKOWSKI, M. *Rennwagentechnik*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2012 ISBN 978-3-8348-1779-2
- [3] HÁJEK, Emanuel. *Pružnost a pevnost 1*. 1988. Praha: SNTL, 1988.
- [4] VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství František Vlk, 2000. ISBN 80-239-0024-2.

Publikace na internetu

- [5] *Formula Student Germany: fs-germany.org* [online]. Copyright © [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: https://www.formulastudent.de/uploads/media/FS-Rules_2018_V1.1.pdf
- [6] Pedálový box OBP V3 podlahový (válec vzadu), plynové lanko | race-.... *Sportovní a tuningové náhradní díly pro Vaše vozidlo. - RACES s.r.o.* [online]. Copyright © 2015 [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <https://race-shop.cz/podlahove-pedalove-boxy/54979-pedalovy-box-obp-v3-podlahovy-valec-vzadu-plynove-lanko.html>
- [7] OBP Universal Top Mounted Bulkhead Fit Hydraulic Clutch Pedal Box OBP0002PRT - Motorsport-Tools.com. *Rally & Motorsport Parts | Group 4 Ford Escort | Facom | Sealey | Beta Tools | Wilwood Brakes | Racing - Motorsport-Tools.com* [online]. Copyright © 2008 [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <https://www.motorsport-tools.com/obp-universal-top-mounted-bulkhead-fit-hydraulic-clutch-pedal-box-obp0002prt.html>
- [8] Racecar Pedalbox V2 - Andrew McIntosh. *Projects - Andrew McIntosh* [online]. Copyright © 2015 [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <http://andykmcintosh.com/pedalbox17.html>
- [9] Balance Bar Assembly for Brake Bias. *Rod Ends, Motorsport Parts Oval Racing UK | McGill Motorsport* [online]. Copyright © McGill Motorsports Ltd. [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <http://www.mcgillmotorsport.com/balance-bar-assembly-for-brake-bias-7-16-unf-681/>
- [10] AP Racing Brake Bias Pedal Box Balance Bar Dash Adjuster 3/8 UNF 1200mm CP2905-8 - Motorsport-Tools.com. *Rally & Motorsport Parts | Group 4 Ford Escort | Facom | Sealey | Beta Tools | Wilwood Brakes | Racing - Motorsport-Tools.com* [online]. Copyright © 2008 [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <https://www.motorsport-tools.com/ap-racing-brake-bias-pedal-box-balance-bar-dash-adjuster-3-8-unf-1200mm-cp2905-8.html>
- [11] Tilton 90 Degree Brake Bias Balance Bar Adjuster Adaptor - Motorsport-Tools.com. *Rally & Motorsport Parts | Group 4 Ford Escort | Facom | Sealey | Beta Tools | Wilwood Brakes | Racing - Motorsport-Tools.com* [online]. Copyright © 2008 [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <https://www.motorsport-tools.com/tilton-90-degree-brake-bias-balance-bar-adjuster-adaptor.html>
- [12] EN AW 7075 - GLEICH Aluminium. [online]. Dostupné z: <https://gleich.de/cz/produkty/en-aw-7075/>

- [13] [online]. Copyright © [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: http://www.ancorapraha.cz/wp-content/uploads/ALBRO-TECH_LISTY-CJ1.pdf
- [14] igus® Kluzné pouzdro iglidur® J - Údaje materiálu. *igus® energy chains, flexible cables, polymer bearings* [online]. Dostupné z: https://www.igus.cz/wpck/1877/iglidur_J_Werkstoffdaten
- [15] *igus® energy chains, flexible cables, polymer bearings* [online]. Dostupné z: <https://www.igus.sk/contentData/Products/Downloads/drylin-r-liner-jum-02.pdf>
- [16] [online]. Dostupné z: http://www.bolzano.cz/assets/fles/TP/MOP_%20Tycova_ocel/EN_10083/MOP_vlastnosti_25CrMo4.pdf
- [17] PCMF 060808 E - pouzdro kluzné, s přírubou, kompozit PTFE. *Ložiska, hydraulika | Arkov.cz* [online]. Dostupné z: https://www.arkov.cz/p/pcmf-060808-e-pouzdro-kluzne-s-priрубou-kompozit-ptfe-skf-30586?gclid=EAIaIQobChMI_sT5gq6M2gIVQhMbCh2vUgR1EAQYBSABEgIGnPD_BwE#gallery-2
- [18] AP Racing - Race Car - Master Cylinders - Bearing Mounted Types - CP7855 Type. *Home - AP Racing* [online]. Copyright © 2011 AP Racing. All rights reserved. Website by PRG [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: <http://www.apracing.com/ProductDetail.aspx?ProductID=2392>
- [19] *Farnell element14 | Electronic Component Distributors* [online]. Copyright ©R [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: http://www.farnell.com/datasheets/10841.pdf?_ga=2.48868710.1705593633.1522946609-1350373847.1521447087
- [20] *HENNLICH s.r.o. - dodavatel průmyslových komponent špičkové kvality* [online]. Copyright © [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: https://www.hennlich.cz/fileadmin/_migrated/DryLin_W.pdf
- [21] Torx cheese head titanium screws-T&M Tech Metal Co.,Ltd. *T&M Tech Metal Co.,Ltd-T&M Tech Metal Co.,Ltd* [online]. Copyright © 2018T [cit. 10.04.2018]. Dostupné z: http://www.tmtechmetals.com/html_products/ISO14580-Torx-cheese-head-titanium--screws-62.html
- [22] Seeger-Orbis Product Catalog. *SEEGER-ORBIS* [online]. Dostupné z: <http://data.seeger-orbis.de/catalog/?page=94>
- [23] [online]. Dostupné z: http://related:www.dalsteel.com.au/technical-information/datasheets/Aluminium-Alloy-6061-T6-Extrusions_145.aspx aluminium 6061 t6 properties

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1 – Pedálový box OBP V2 [6]	11
Obrázek 2 – Pedálový box OBP Universal [7].....	12
Obrázek 3 – Pedal box Northwestern Formula Racing [8]	12
Obrázek 4 – Konstrukční nedostatek u pedálové soustavy UWB04	14
Obrázek 5 – Plynový pedál UWB02 - UWB04.....	16
Obrázek 6 – Kinematika plynového pedálu UWB05	17
Obrázek 7 – Konstrukční návrh plynového pedálu UWB05	18
Obrázek 8 – Změny provedené na plynovém pedálu UWB05	18
Obrázek 9 – Popis plynového mechanismu.....	19
Obrázek 10 – Rozklad plynového mechanismu pro vůz UWB05.....	20
Obrázek 11 – Brzdový pedál UWB02 - UWB04	21
Obrázek 12 – Síly působící na brzdový mechanismus	22
Obrázek 13 – Brzdový pedál UWB05	24
Obrázek 14 – Vahadlo brzdového systému s uložením do brzdového pedálu [9]	24
Obrázek 15 – Popis vahadla brzdového systému [1].....	25
Obrázek 16 – Ovládání vahadla [10] a kloubový převod [11]	26
Obrázek 17 – Silové rozložení na vahadle brzdového systému	28
Obrázek 18 – Polohy ložiska v základně vahadla brzdového systému	30
Obrázek 19 – Rozklad vahadla brzdového systému na voze UWB05	30
Obrázek 20 – Vahadlo brzdového systému UWB05.....	31
Obrázek 21 – Brzdový mechanismus UWB05.....	32
Obrázek 22 – Rozklad brzdového mechanismu UWB05	33
Obrázek 23 – Popis základny UWB05	34
Obrázek 24 – Popis základny UWB05 (spodní část)	35
Obrázek 25 – Dostupnost úprav pedálové soustavy UWB05.....	36
Obrázek 26 – Graf hmotnostního průběhu vybraných komponent	38
Obrázek 27 – Graf procentuálního průběhu hmotnosti	39
Obrázek 28 – Render pedálové soustavy UWB05 (přední část)	40
Obrázek 29 – Render pedálové soustavy UWB05 (zadní část).....	41
Obrázek 30 – Popis MKP zasít'ovaného plynového pedálu včetně počátečních podmínek	42
Obrázek 31 – Výsledné redukované napětí [MPa].....	43
Obrázek 32 – Popis MKP zasít'ovaného plynového pedálu včetně počátečních podmínek	44
Obrázek 33 – Výsledné redukované napětí [MPa].....	45
Obrázek 34 – Popis MKP zasít'ovaného brzdového pedálu včetně počátečních podmínek	46
Obrázek 35 – Výsledné redukované napětí [MPa].....	47
Obrázek 36 – Popis MKP zasít'ované soustavy pro výpočet lineárního vedení včetně počátečních podmínek	48
Obrázek 37 – Výsledné redukované napětí lineární kolejnice [MPa]	49
Obrázek 38 – Popis MKP zasít'ované soustavy pro výpočet základny včetně počátečních podmínek	50
Obrázek 39 – Výsledné redukované napětí na základnu [MPa].....	51
Obrázek 40 – Detail na maximální redukované napětí působící na základnu [MPa].....	52
Obrázek 41 – Popis Cost reportu pro plynový pedál.....	54
Obrázek 42 – Srovnání Cost reportu UWB02 - UWB05	57
Obrázek 43 – Celkový posun plynového pedálu s přímým působením síly v [mm]	96
Obrázek 44 – Velkové posunutí plynového pedálu s působením síly mimo plochu pedálu v [mm]	96
Obrázek 45 – Celkové posunutí brzdového pedálu v [mm]	97

Obrázek 46 – Celkové posunutí lineárního vedení v [mm].....	97
Obrázek 47 – Celkové posunutí základny v [mm]	98
Tabulka 1 – Zhodnocení varianty UWB02.....	13
Tabulka 2 – Zhodnocení varianty UWB03.....	14
Tabulka 3 – Zhodnocení varianty UWB04.....	15
Tabulka 4 – Souhrnná tabulka rozměrů.....	15
Tabulka 5 – Měření síly působící na plynový pedál.....	17
Tabulka 6 – Vzdálenosti sférického ložiska od středu základny vahadla	29
Tabulka 7 – Specifikace brzdového válce od firmy AP Racing CP7855	31
Tabulka 8 – Tabulka hmotností pedálových soustav (UWB02 - UWB05).....	37
Tabulka 9 – Procentuální snížení hmotnosti komponent pedálové soustavy	39
Tabulka 10 – Výpočet nákladů pro Throttle pedal	55
Tabulka 11 – Výpočet nákladů pro Balance bat shaft	55
Tabulka 12 – Výpočet nákladů pro Bow shaft holder	56
Tabulka 13 – Výpočet nákladů pro Throttle brace	56
Tabulka 14 – Výpočet nákladů pro Throttle brace peg holder	56
Tabulka 15 – Výpočet nákladů pro Throttle dry bearing	56
Tabulka 16 – Výpočet nákladů pro Footboard	57

PŘÍLOHY

Vázané přílohy

- Příloha č. 1 – Pedálová soustava UWB02
- Příloha č. 2 – Pedálová soustava UWB03
- Příloha č. 3 – Pedálová soustava UWB04
- Příloha č. 4 – Materiálový list hliníkové slitiny EN AW – 7075 T6 [12]
- Příloha č. 5 – Materiálový list Albromet 200 [13]
- Příloha č. 6 – Karta materiálu iglidur J [14]
- Příloha č. 7 – Karta kluzného pouzdra JUMO-10 [15]
- Příloha č. 8 – Karta materiálu 25CrMo4 [16]
- Příloha č. 9 – Materiálový list hliníkové slitiny EN AW – 6061 T6 [23]
- Příloha č. 10 – Kluzné pouzdro SKF [17]
- Příloha č. 11 – Hlavní brzdový válec od firmy AP Racing typu CP7855 [18]
- Příloha č. 12 – Přepínač 5632A [19]
- Příloha č. 13 – Lineární vedení od firmy Hennlich [20]
- Příloha č. 14 – Lícovaný šroub DIN 7984 [21]
- Příloha č. 15 – Drátěný pojistný kroužek [22]
- Příloha č. 16 – Celkové posunutí jednotlivých komponent při MKP výpočtu
- Příloha č. 17 – Cost report pro pedálovou soustavu

Nevázané přílohy

- Výkres sestavy – UWB05-06-51-000
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-002
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-003
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-005
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-006
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-007
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-008
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-011
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-015
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-017
- Výrobní výkres – UWB05-06-51-018

Výrobní výkres – UWB05-06-51-020

Výrobní výkres – UWB05-06-51-021

Výrobní výkres – UWB05-06-51-033

Výrobní výkres – UWB05-06-51-046

Výrobní výkres – UWB05-06-51-047

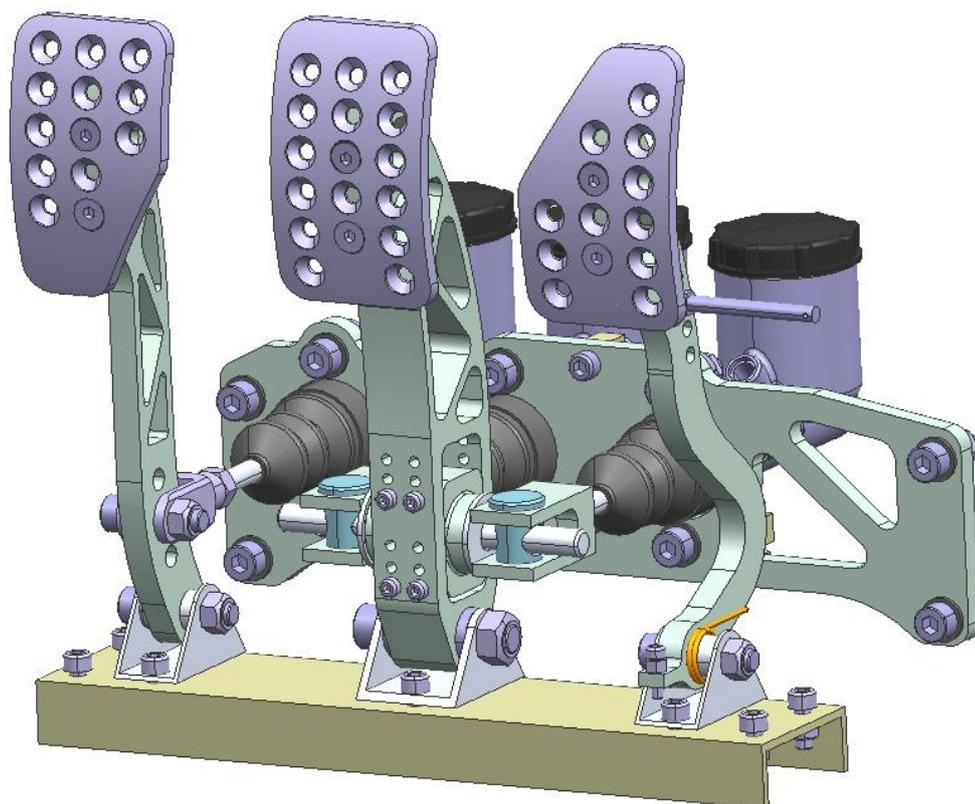
Výrobní výkres – UWB05-06-51-048

Výrobní výkres – UWB05-06-53-002

Výrobní výkres – UWB05-06-53-003

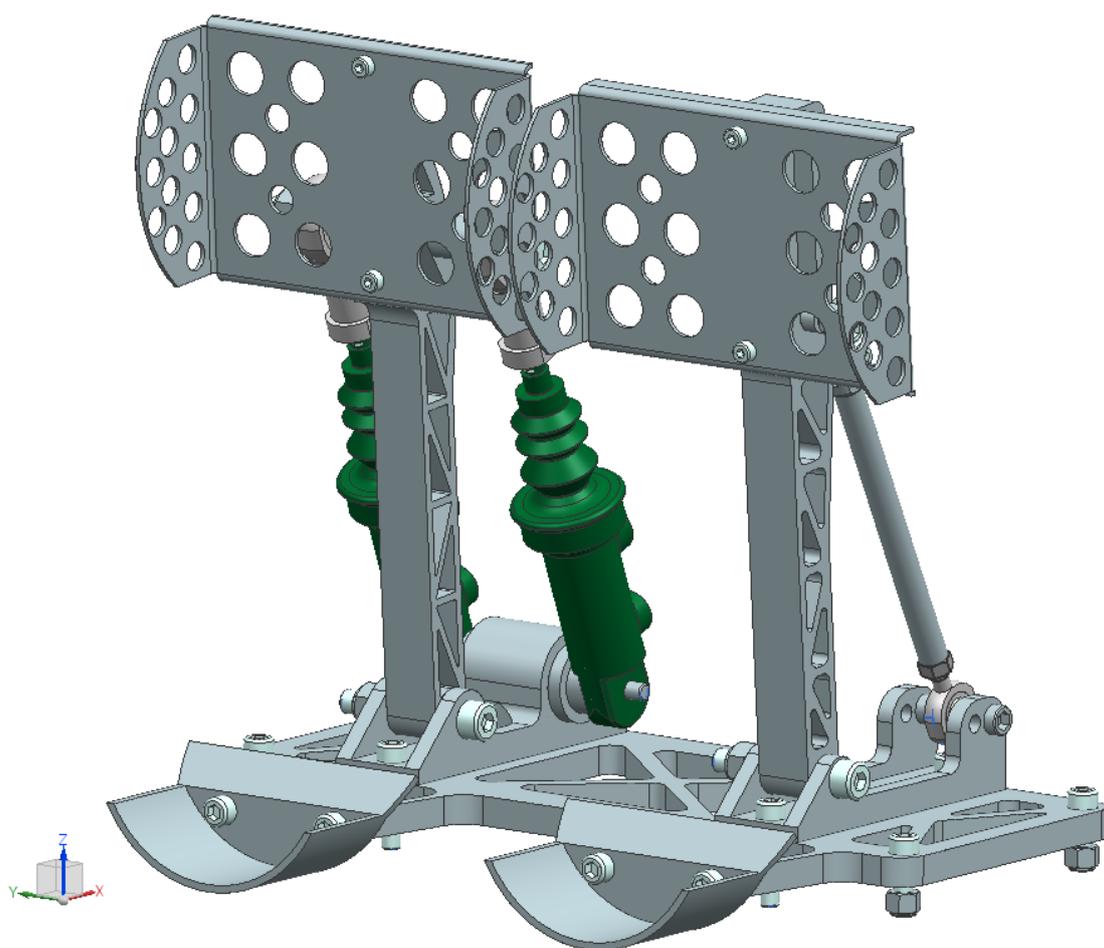
PŘÍLOHA č. 1

Pedálová soustava UWB02



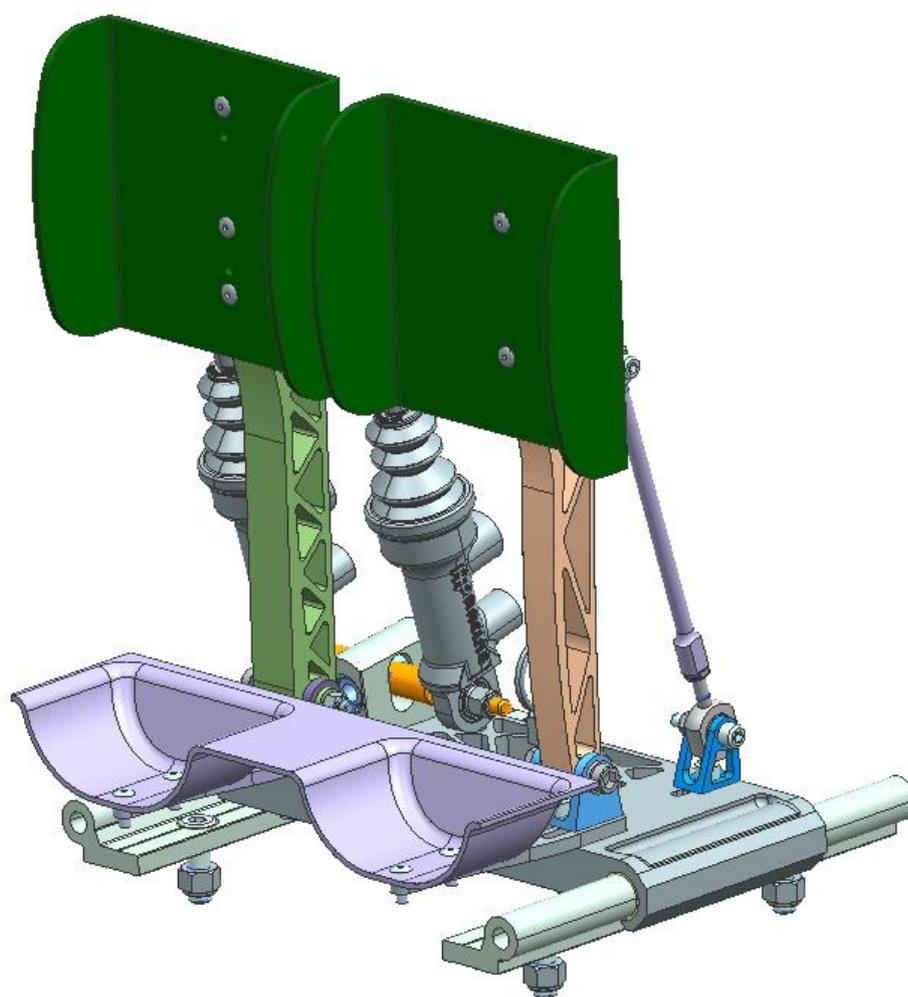
PŘÍLOHA č. 2

Pedálová soustava UWB03



PŘÍLOHA č. 3

Pedálová soustava UWB04



PŘÍLOHA č. 4

Materiálový list hliníkové slitiny EN AW - 7075



Válcované desky EN AW

EN AW 7075

TECHNICKÝ LIST

EN AW 7075

Znaky slitiny	
Slitina	EN AW 7075 (AlZn5,5MgCu)
Typ slitiny	vytvrditelná
Povrch	T6 / T651 / T7351
Stav materiálu	válcovaný povrh

Mechanické vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Mez kluzu $R_{p0,2}$	[MPa]	240 - 460
Pevnost v tahu R_m	[MPa]	360 - 540
Tažnost A_{50}	[%]	2 - 8
Tvrdoost HBW	[2,5/62,5]	104 - 160

Fyzikální vlastnosti ²⁾		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm ³]	2,80
Modul pružnosti	[GPa]	71
Elektrická vodivost	[m/D - mm ²]	19 - 23
Koeficient tepelné roztažnosti	[K ⁻¹ · 10 ⁻⁶]	23,4
Tepelná vodivost	[W/m · K]	130 - 160
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	862

Technologické vlastnosti ²⁾	
Tvarová stálost/Vnitřní prnutí	5 - 6
Obrobitelnost	1
Vhodnost k erozivnímu obrábění	1
Svažitelnost (plyn / WIG / MIG / Odporové / EB)	6 / 6 / 6 / 2 / 5
Odolnost proti korozi (mořská voda / povětří / SpRK)	5 / 5 / 3
Použití při vysokých teplotách (max. °C při dlouhodobém/krátkodobém zatížení) ³⁾	90 / 120
Eloxování (technické / dekorativní / tvrdé-) ⁴⁾	4/ 6/ 2
Leštitelnost	1
Vhodnost k leptání struktur	1
Kontakt s potravinami (podle EN 602)	ne

Tolerance			
Při tloušťce [mm]	Rovinnost [mm] ⁵⁾	Tloušťka [mm]	Délka & šířka [mm]
10 - 200	EN 485-3	EN 485-3	EN 485-3
Zuschnitte ≤ 150			DIN ISO 2768-1m
Zuschnitte > 150			-0 / +5 mm

Dodávané formáty		
Formáty [mm]	1.520 × 3.020	u tlouštěk od 10 - 200 mm
Tloušťky na skladě	10 ; 12 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 35 ; 40 ; 45 ; 50	
	55 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; 120 ; 130 ; 140 ; 150 ; 160 ; 180 ; 200	

Další tloušťky podle poptávky!

Datum: 12.07.2016

- 1) Typické hodnoty při pokojové teplotě.
- 2) Relativní hodnoty hliníkových materiálů od 1 (velmi dobrý) do 6 (nevhodný).
- 3) Bez ztráty pevnosti po ochlazení.
- 4) Výlučně technická anodizace. Neposkybujeme žádnou záruku na barevný vzhled/fešer.
- 5) Tolerance rovinnosti se měří výlučně na měřících stolech a s použitím ocelového pravítka.

PŘÍLOHA č. 5

Materiálový list Albromet 200

TECHNICKÉ LISTY MATERIÁLŮ



ALBROMET 200

Vlastnosti materiálu:

Houževnatý materiál s vysokou pevností a dobrou odolností vůči opotřebením, velmi dobrými kluznými vlastnostmi, odolný vůči korozi.

Příklady použití:

Ložisková pouzdra, vedení, ozubená kola a šneková kola, vřetenové matice, sedla ventilů, klouzátka ve válcovacích strojích, šrouby a matice pro použití v korozivním prostředí. Ideální opotřebitelný partner pro četné druhy ocelí. Použitelný zejména v obecném strojírenství, na válcovací stroje a při výrobě plastových forem.

Pokyny pro zpracování:

ALBROMET 200 se dobře zpracovává, pro rozsáhlejší řezání doporučujeme nářadí z tvrdokovu; dobře se svařuje.

Orientační rozbor:

Al	11,0 %
Fe	4,0 %
Ostatní	0,5 % max.
Cu	zbytek

Normy / specifikace:

CuAl10Fe
EN 1982
DIN 1714
ASTM B505 C95400

Dodávka:

- kované prvky
- odlévané prvky
- polotovary
- hotové výrobky podle výkresů

Mechanické a fyzikální vlastnosti:

	kované:	odlévané:	polotovary:	
tvrdost podle Brinella (HB 30)	200	180	190	
pevnost v tahu R_m	700	600	>586	N/mm ²
mez pružnosti $R_p 0,2$	350	260	>221	N/mm ²
mezí protažení A5	>8	>8	>12	%
hustota	7,5 g/cm ³			
pevnost v tlaku	950 Mpa			
modul elasticity E	117,7 KN/mm ²			
koeficient střední lineární teplotní roztažnosti	16,0 10 ⁻⁶ /K			
tepelná vodivost při 20 °C	60 W			
	m . K			
elektrická vodivost	7,54 m			
	Ohm . mm ²			
odolnost vůči teplotě	300 °C max. do výrazné změny pevnosti			
permeabilita	1,18 H = 100 Oe			

Uvedené údaje vycházejí z informací našich dodavatelů. Změny vyhrazeny.

Hodnoty mechanické pevnosti jsou typickými orientačními hodnotami, závislými na rozměrech a způsobu výroby.

PŘÍLOHA č. 6

Karta materiálu iglidur J

iglidur® J - údaje o materiálu

Tabulka materiálů

Obecné vlastnosti	Jednotka	iglidur® J	Testovací metoda
Hustota	g/cm ³	1,49	
Barva		žlutá	
Max. absorpce vlhkosti při 23 °C a 50% relativní vlhkosti	hmot. -%	0,3	DIN 53495
Maximální absorpce vody	hmot. -%	1,3	
Koeficient povrchového tření, dynamický, na oceli	μ	0,08 - 0,18	
Max. hodnota p x v (sucho)	MPa x m/s	0,34	
Mechanické vlastnosti			
E-modul ohybu	MPa	2.400	DIN 53457
Pevnost v ohybu při 20 °C	MPa	73	DIN 53452
Pevnost v tlaku	MPa	60	
Maximální doporučený povrchový tlak (20 °C)	MPa	35	
Tvrдость podle Shorea		74	DIN 53505
Fyzikální a tepelné vlastnosti			
Horní dlouhodobá aplikační teplota	°C	+90	
Horní krátkodobá aplikační teplota	°C	+120	
Dolní teplotní mez používání	°C	-50	
Tepelná vodivost	[W/m x K]	0,25	ASTM C 177
Koeficient tepelné roztažnosti (při 23 °C)	[K ⁻¹ x 10 ⁻⁵]	10	DIN 53752
Elektrické vlastnosti			
Specifický odpor v propustném směru	Ωcm	> 10 ¹³	DIN IEC 93
Povrchový odpor	Ω	> 10 ¹²	DIN 53482

Tabulka 01: Údaje materiálu

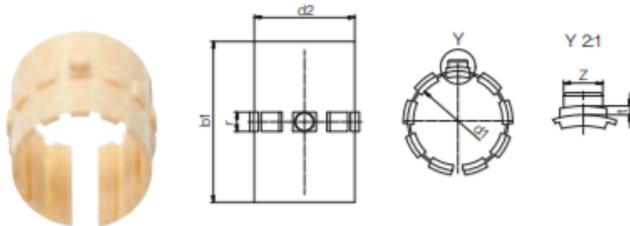
PŘÍLOHA č. 7

Karta kluzného pouzdra JUMO-10

drylin® R
round
shaft guide
systems

drylin® R liners | Product range

Short, closed design for round shafts –
made from iglidur® J (all-rounder)



Order key

Type	Size
JUM-02-10	
igidur® J	
Liner	
Metric	
Compact	
d1	

The "allrounder" for all shaft surfaces in the indoor
and outdoor use

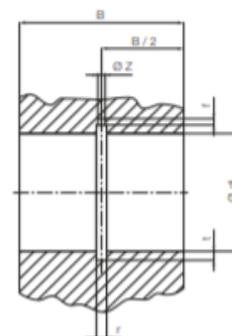
⁷⁸⁾ According to igus® testing method ▶ Page 1038
Please note: installation instructions ▶ Page 981
 min. -50 °C
max. +90 °C

Dimensions [mm]

d1	d1-Tolerance ⁷⁸⁾	d2	b1	r	t	Z	Weight [g]	Part No.
10	+0.030 +0.070	12	25	3.0	0.8	2.5	1.02	JUM-02-10
12	+0.030 +0.070	14	27	3.0	0.8	3.0	1.27	JUM-02-12
16	+0.030 +0.070	18	29	3.5	0.8	3.5	1.82	JUM-02-16
20	+0.030 +0.070	23	29	5.0	0.8	3.5	3.27	JUM-02-20
25	+0.030 +0.070	28	39	5.0	0.8	4.0	5.75	JUM-02-25
30	+0.040 +0.085	34	49	5.0	0.8	4.0	11.28	JUM-02-30
40	+0.040 +0.085	44	59	6.0	1.3	5.0	17.94	JUM-02-40
45	+0.040 +0.085	50	59	7.0	1.3	6.0	27.00	JUM-02-45
50	+0.050 +0.150	55	69	7.0	1.3	6.0	32.56	JUM-02-50

Housing bore for liner JUM-02 | dimensions [mm]

Shaft	d1	B	r	t	f	Z	Part No.
Ø	H7	h10	+0.05	+0.1	+0.5	+0.2	
10	12	26	3.0	1.0	1.0	2.6	JUM-02-10
12	14	28	3.0	1.0	1.5	3.1	JUM-02-12
16	18	30	3.5	1.0	1.7	3.6	JUM-02-16
20	23	30	5.0	1.0	2.0	3.6	JUM-02-20
25	28	40	5.0	1.0	2.0	4.1	JUM-02-25
30	34	50	5.0	1.0	2.0	4.1	JUM-02-30
40	44	60	6.0	1.5	2.5	5.1	JUM-02-40
45	50	60	7.0	1.5	2.5	6.1	JUM-02-45
50	55	70	7.0	1.5	2.5	6.1	JUM-02-50



PŘÍLOHA č. 8

Karta materiálu 25CrMo4

Přehled vlastností oceli 25CrMo4 (25CrMoS4)										1.7218 (1.7213)							
Druh oceli	Nízkolegovaná ušlechtilá chrom - molybdenová ocel k zušlechťování																
TDP	ČSN EN 10083-3: 2007																
Dřívější označení	25CrMo4 (25CrMoS4) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; 25CrMo4 (25CrMoS4) podle DIN 17200; 15 130 podle ČSN																
Použití	Ocel s nižší prokalitelností pro středně namáhané strojní díly. Je svařitelná a vhodná pro výrobu bezešvých trub. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 48 HRC. V zušlechťeném stavu dosahuje středních hodnot pevnosti a meze kluzu při relativně vysoké houževnatosti. Není náchylná k popouštění křehkosti.																
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr	Mo	Ni	V								
	0,22-0,29	0,40	0,60-0,90	0,025	0,035	0,90-1,20	0,15-0,30	-	-								
Složení hotového výrobku ²⁾	0,20-0,31	0,43	0,56-0,94	0,030	0,040	0,85-1,25	0,12-0,33	-	-								
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. ³⁾	Průměr mm		R _e min. MPa	R _m MPa		A min. %	Z min. %	KV min. J									
	d ≤ 16		700	900 – 1100		12	50	-									
	16 < d ≤ 40		600	800 - 950		14	55	50									
	40 < d ≤ 100		450	700 - 850		15	50	50									
100 < d ≤ 160		400	650 - 800		16	60	45										
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost					Žíhaný na měkko											
	HB max. 255					HB max. 212											
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušebního tělesa v mm																
	Tvrdost v HRC																
	s)																
	+H	Mez	1,5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50
		max.	52	52	51	50	48	46	43	41	37	35	33	32	31	31	31
	+HH	min.	44	43	40	37	34	32	29	27	23	21	20	-	-	-	-
		max.	52	52	51	50	48	46	43	41	37	35	33	32	31	31	31
+HL	min.	47	46	44	41	39	37	34	32	28	26	24	23	22	22	22	
	max.	49	49	47	46	43	41	38	36	32	30	29	28	27	27	27	
min.	44	43	40	37	34	32	29	27	23	21	20	-	-	-	-		

Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 30 mm)

Popouštěcí teplota ve st.C

Křivky prokalitelnosti

Vzdálenost od kaleného čela v mm

PŘÍLOHA č. 9

Materiálový list hliníkové slitiny EN AW – 6061 T6 [23]

Aluminium Alloy 6061 - T6 Extrusions



SPECIFICATIONS

Commercial	6061
EN	6061

Aluminium alloy 6061 is a medium to high strength heat-treatable alloy with a strength higher than 6005A. It has very good corrosion resistance and very good weldability although reduced strength in the weld zone. It has medium fatigue strength. It has good cold formability in the temper T4, but limited formability in T6 temper. Not suitable for very complex cross sections.

Applications

Alloy 6061 is typically used for heavy duty structures in:

- ~ Rail coaches
- ~ Truck frames
- ~ Ship building
- ~ Bridges and Military bridges
- ~ Aerospace applications including helicopter rotor skins
- ~ Tube
- ~ Pylons and Towers
- ~ Transport
- ~ Boilermaking
- ~ Motorboats
- ~ Rivets

CHEMICAL COMPOSITION

BS EN 573-3:2009 Alloy 6061	
Element	% Present
Magnesium (Mg)	0.80 - 1.20
Silicon (Si)	0.40 - 0.80
Iron (Fe)	0.0 - 0.70
Copper (Cu)	0.15 - 0.40
Chromium (Cr)	0.04 - 0.35
Zinc (Zn)	0.0 - 0.25
Titanium (Ti)	0.0 - 0.15
Manganese (Mn)	0.0 - 0.15
Others (Total)	0.0 - 0.15
Other (Each)	0.0 - 0.05
Aluminium (Al)	Balance

TEMPER TYPES

The most common temper for 6061 aluminium is:

- T6 - Solution heat treated and artificially aged

SUPPLIED FORMS

Alloy 6061 is typically supplied as

- Extrusions

GENERIC PHYSICAL PROPERTIES

Property	Value
Density	2.70 g/cm ³
Melting Point	650 °C
Thermal Expansion	23.4 x10 ⁻⁶ /K
Modulus of Elasticity	70 GPa
Thermal Conductivity	166 W/m.K
Electrical Resistivity	0.040 x10 ⁻⁶ Ω .m

MECHANICAL PROPERTIES

BS EN 755-2:2008 Extrusions Up to 200mm Dia. & A/F, 5mm WT for Tube and Prof	
Property	Value
Proof Stress	240 Min MPa
Tensile Strength	260 Min MPa
Hardness Brinell	95 HB

WELDABILITY

Weldability – Gas: Good
Weldability – Arc: Very Good
Weldability – Resistance: Good
Brazability: Good
Solderability: Good

FABRICATION

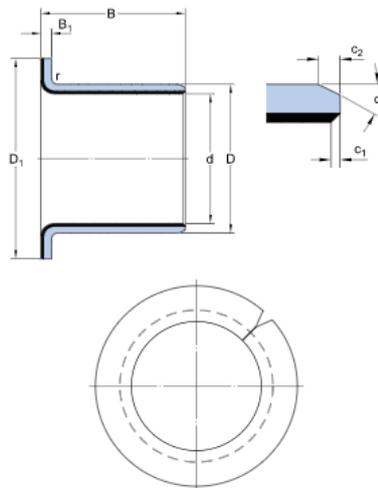
Workability – Cold: Good
Machinability: Acceptable

PŘÍLOHA č. 10

Kluzné pouzdro SKF

PCMF 060808 E

Rozměry



d	6	mm
D	8	mm
B	8	mm
D ₁	12	mm
B ₁	1	mm
c ₁	min. 0.1	mm
c ₁	max. 0.7	mm
c ₂	min. 0.2	mm
c ₂	max. 1	mm
α	±8 20	°
r	max. 1	mm

Doporučená uložení

Tolerance hřídele	f7
Tolerance tělesa	H7

Data výpočtu

Základní dynamická únosnost – radiální směr	C	2.9	kN
Základní statická únosnost – radiální směr	C ₀	9	kN
Základní dynamická únosnost – axiální směr	C _a	2.75	kN
Základní statická únosnost – axiální směr	C _{0a}	8.65	kN
Součinitel měrného dynamického zatížení	K	80	N/mm ²
Součinitel měrného statického zatížení	K ₀	250	N/mm ²
Součinitel závislý na materiálu a typu ložiska	K _M	480	
Přípustná kluzná rychlost	v	min. 0	m/s
Přípustná kluzná rychlost	v	max. 2	m/s
Součinitel tření	μ	min. 0.03	
Součinitel tření	μ	max. 0.25	

Hmotnost

Hmotnost pouzdra	0.0019	kg
------------------	--------	----

PŘÍLOHA č. 11

Hlavní brzdový válec od firmy AP Racing typu CP7855



Weight	.169 to .198Kg (.37 to .44lbs)
Full Stroke	- 14mm to 7/8" Bores - 30mm (1.18") - 15/16" to 1.00" Bores - 28mm (1.1")
Travel To Cut-Off	Extra Short - .48 to .63mm (.19" to .25")
Inlet Hydraulic Thread	7/16" x 20UNF
Outlet Hydraulic Thread	3/8" x 24UNF
Push Rod Thread	PRTE = 5/16" x 24UNF
Bore Sizes Available	Part Numbers
14mm	CP7855-88PRTE
15mm	CP7855-89PRTE
15.9mm (.625") 5/8"	CP7855-90PRTE
16.8mm	CP7855-905PRTE
17.8mm (.70")	CP7855-91PRTE
19.1mm (.75") 3/4"	CP7855-92PRTE
20.6mm (.812") 13/16"	CP7855-93PRTE
22.2mm (.875") 7/8"	CP7855-94PRTE
23.8mm (.937") 15/16"	CP7855-95PRTE
25.4mm (1.00")	CP7855-96PRTE

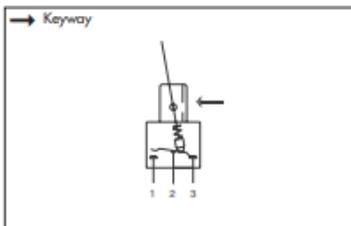
PŘÍLOHA č. 12

Přepínač 5632A

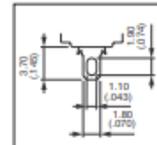
5000 series

Toggle switches - solder lug terminals

Threaded bushing $\varnothing 6,35$ (1/4) : 5600



• 1, 2, 3 and 4 pole configurations



MODEL
STRUCTURE



Shown with standard lever (-13)

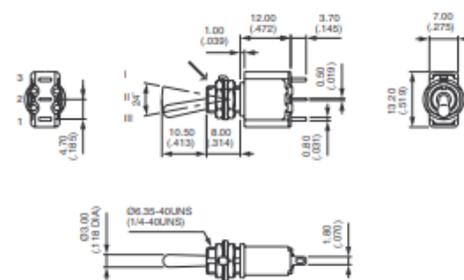
Single pole



5636
5639
5637
5638
5632

III	II	I
2-3		1-2
ON	-	ON
ON	OFF	ON
MOM	OFF	MOM
ON	OFF	MOM
ON	-	MOM

→ Keyway



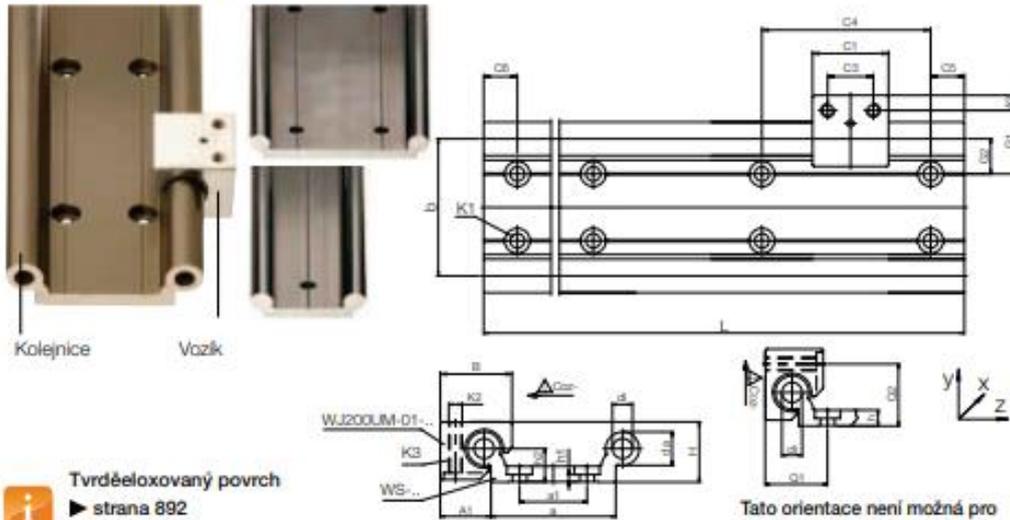
PŘÍLOHA č. 13

Lineární vedení od firmy Hennlich

drylin® W
Modulární
vodící
systém

drylin® W Modulární vodící systém | Produktová řada

Dvouřadá kulatá kolejnice



drylin® W Dvouřadá čtvercová kolejnice – rozměry [mm]

Číslo dílu	Hmotnost [kg/m]	H* ±0,07	da	dl	L	a	A1	b	h	h1	h2	G1	G2	a1**	Q1	Q2
					max.											
WS-10-40	1,00	18	10-0,1	-	4,000	40-0,5	16,5	40	5,5	5,5***	9	30	20	-	-	-
WS-10-80	1,50	18	10-0,1	-	4,000	74-0,7	16,5	74	5,5	5,5***	9	27	17	40	-	-
WS-10-120	2,02	18	10-0,1	-	4,000	120-0,7	16,5	120	5,5	5,5***	9	30	20	80	-	-
WS-16-60	1,96	27	16-0,1	8,0	4,000	54-0,5	25,0	58	7,5	3,5	14	43	29	-	32	28
WS-20-80	3,30	36	20-0,1	10,2	4,000	74-0,7	30,0	82	9,5	4,5	20	38	21	40	37	37
WS-25-120	5,8	45	25-0,15	14,0	4,000	120-0,7	37,5	131	11,5	5,5	25	46,5	25,5	80	45,5	46

* Výška bez vůlí v systému

** WS-10-40 a WS-16-60 jsou vrtané v ose kolejnice;

WS-10-80/-10-120/-20-80/-25-120 je vrtaná ve dvou řadách

Číslo dílu	C4		C5		C6		K1 pro Šroub DIN 912	ly [mm ³]	lz [mm ³]	Wby [mm ³]	Wbz [mm ³]
	min.	max.	min.	max.	min.	max.					
WS-10-40	120	20	79,5	20	79,5	20	M6***	91,000	5,100	3,600	590
WS-10-80	120	20	79,5	20	79,5	20	M6***	388,000	6,100	9,200	650
WS-10-120	120	20	79,5	20	79,5	20	M6***	1,303,000	7,100	20,000	720
WS-16-60	120	20	79,5	20	79,5	20	M8	367,600	26,100	9,900	1,900
WS-20-80	120	20	79,5	20	79,5	20	M8	1,080,000	78,700	21,000	4,000
WS-25-120	150	25	99,5	25	99,5	25	M10	4,867,000	215,000	62,400	8,500

Standardní vrtání: C5 = C6; pokud požadujete jiné vrtání, prosíme, uveďte je v objednávce nebo zašlete výkres

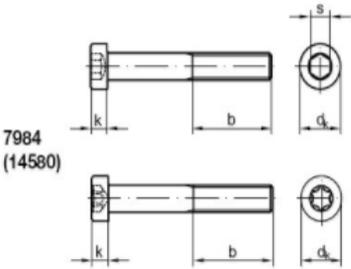
*** Bez zahloubení

Hodí se pro kulaté vozíky ▶ strana 955

montovaný vozík, kulatý ▶ strana 963

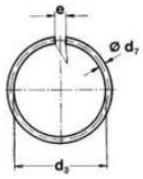
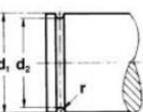
PŘÍLOHA č. 14

Lícovaný šroub DIN 7984

DIN (ISO)	Maße	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12
 <p>7984 (14580)</p> <p>b₁) Für l ≤ 125 mm b₂) Für 125 mm < l ≤ 200 mm b₃) Für l > 200 mm</p>	d _k	5,5	7	8,5	10	13	16	18
	k	2	2,5	3,5	4	5	6	7
	s	2	2,5	3	4	5	7	8
	ISR	T10	T20	T25	T30	T40 (45)	T50	-
	b ₁	12	14	16	18	22	26	30
	b ₂	-	-	-	-	28	32	36
	b ₃	-	-	-	-	-	-	-
	Maße	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	
	d _k	21	24	27	30	33	36	
	k	8	9	10	11	12	13	
s	10	12	12	14	14	17		
ISR	-	-	-	-	-	-		
b ₁	34	38	42	46	50	54		
b ₂	40	44	48	52	56	60		
b ₃	-	57	61	65	69	73		

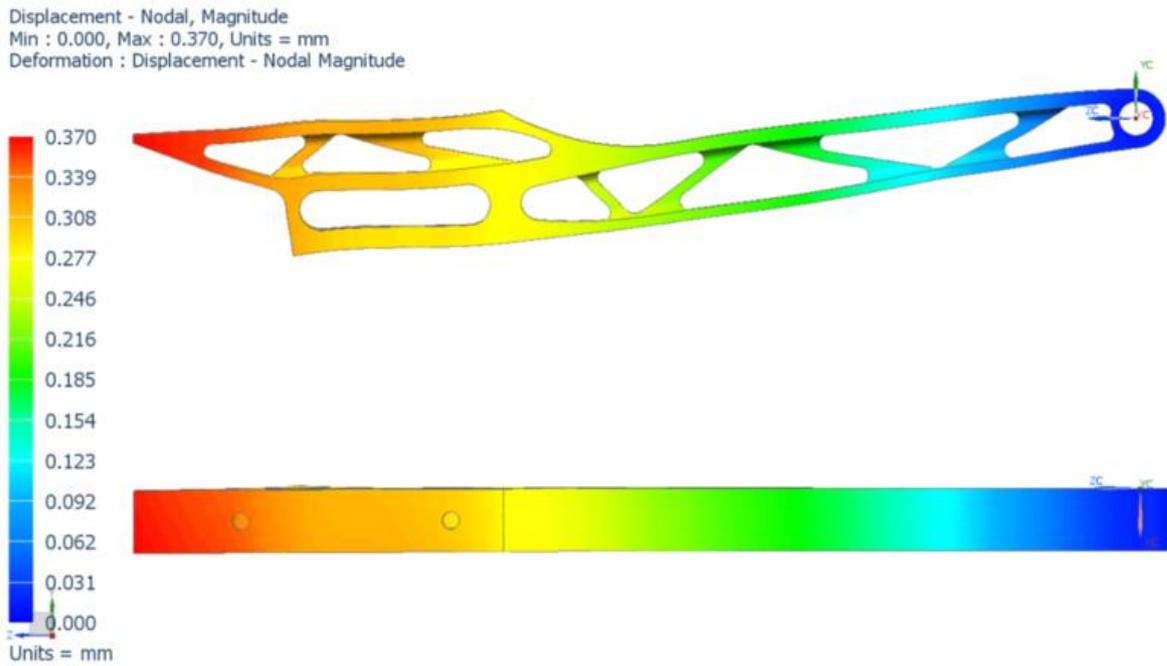
PŘÍLOHA č. 15

Drátěný pojistný kroužek

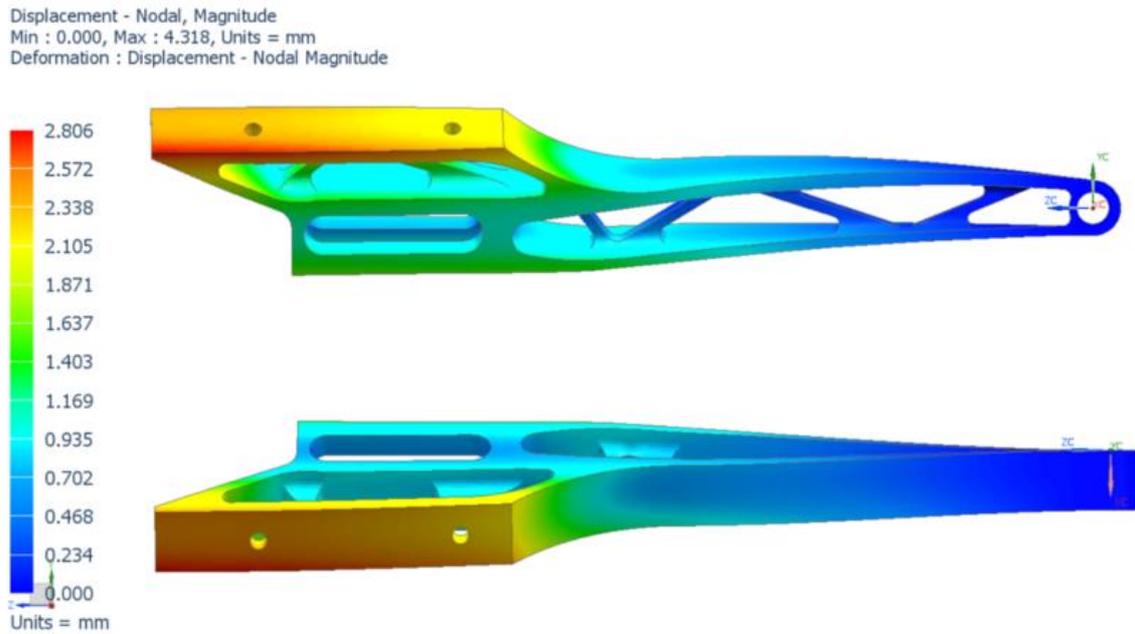
53		Seeger-Runddrahtsprengringe / Wellenringe (Ausführung A) Seeger Circular Wire Circlips / Shaft Rings (Version A) Joncs d'arrêt Seeger / Anneaux pour arbres (Exécution A)									
Maßliste Data chart Table dimensionnelle	Bezeichnung Designation Désignation	RW 4 – RW 125 / DIN 7993*									
<p>Ungespannt Unstressed A l'état libre</p>  		Nennmaß Nominal dimension Dimension nominale	Ring · Ring · Anneau					Nut · Groove · Gorge			n_{abl} x1000 (1/min)
	d₁	d₇*	d₃	Toleranz Tolerance Tolérance	e	Gew. Weight Masse kg/1000	d₂	Toleranz Tolerance Tolérance	r		
	RW 4	4	0,8	3,1	-0,2	1	0,044	3,2	±0,05	0,5	175
	RW 5	5	0,8	4,1	-0,2	1	0,057	4,2	±0,05	0,5	112
	RW 6	6	0,8	5,1	-0,2	1	0,069	5,2	±0,05	0,5	77
	RW 7	7	0,8	6,1	-0,3	2	0,077	6,2	±0,05	0,5	57
	RW 8	8	0,8	7,1	-0,3	2	0,090	7,2	±0,05	0,5	44
	RW 10	10	0,8	9,1	-0,3	2	0,115	9,2	±0,05	0,5	28
	RW 12	12	1,0	10,8	-0,4	3	0,210	11,0	±0,05	0,6	24
	RW 14	14	1,0	12,8	-0,4	3	0,250	13,0	±0,05	0,6	18
	RW 16	16	1,6	14,2	-0,4	3	0,740	14,4	±0,05	0,9	22
	RW 18	18	1,6	16,2	-0,4	3	0,830	16,4	±0,05	0,9	17
	RW 20	20	2,0	17,7	-0,5	3	1,450	18,0	±0,10	1,1	18
	RW 22	22	2,0	19,7	-0,5	3	1,600	20,0	±0,10	1,1	15
	RW 24	24	2,0	21,7	-0,5	3	1,780	22,0	±0,10	1,1	12
	RW 25	25	2,0	22,7	-0,5	3	1,840	23,0	±0,10	1,1	11
	RW 26	26	2,0	23,7	-0,5	3	1,910	24,0	±0,10	1,1	10
	RW 28	28	2,0	25,7	-0,5	3	2,070	26,0	±0,10	1,1	9
	RW 30	30	2,0	27,7	-0,5	3	2,220	28,0	±0,10	1,1	8
	RW 32	32	2,5	29,1	-0,6	4	3,670	29,5	±0,10	1,4	9
	RW 35	35	2,5	32,1	-0,6	4	3,980	32,5	±0,10	1,4	7
	RW 38	38	2,5	35,1	-0,6	4	4,400	35,5	±0,10	1,4	6

PŘÍLOHA č. 16

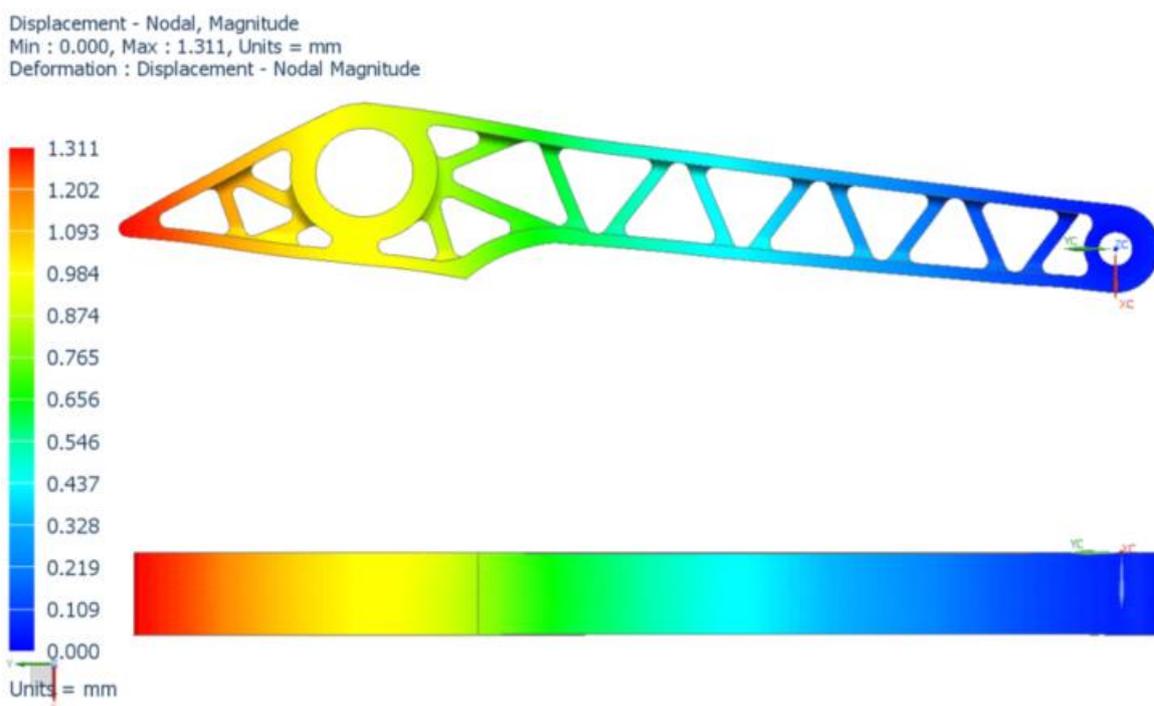
Celkové posunutí jednotlivých komponent při MKP výpočtu



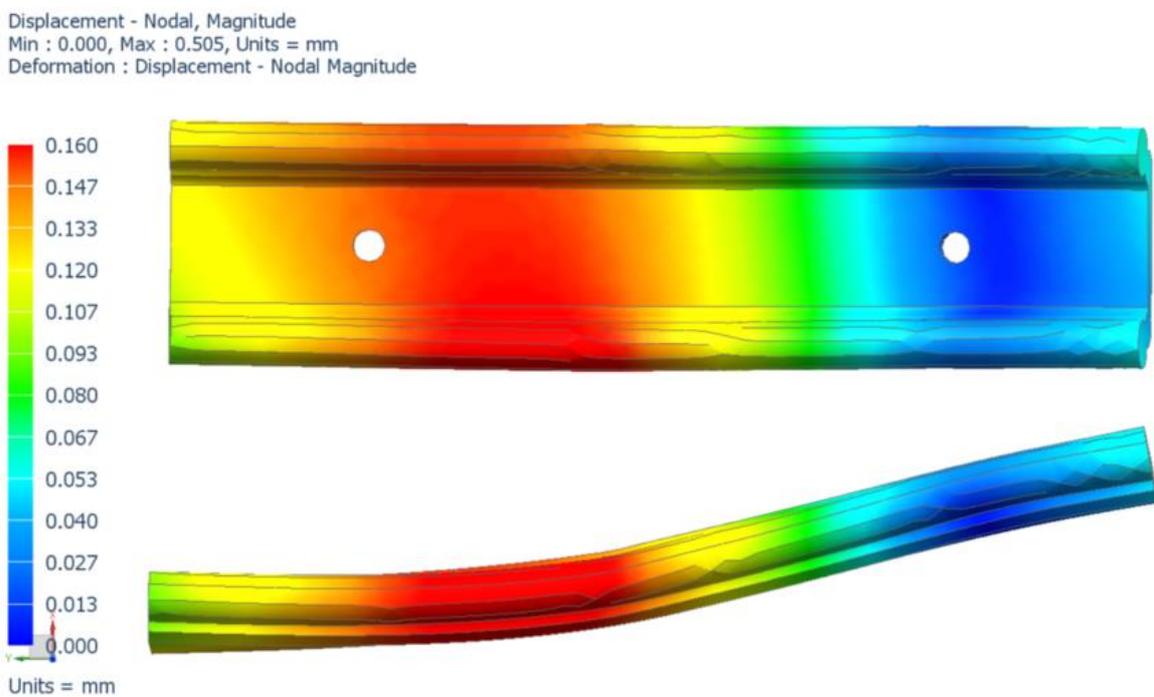
Obrázek 43 – Celkový posun plynového pedálu s přímým působením síly v [mm]



Obrázek 44 – Velkové posunutí plynového pedálu s působením síly mimo plochu pedálu v [mm]

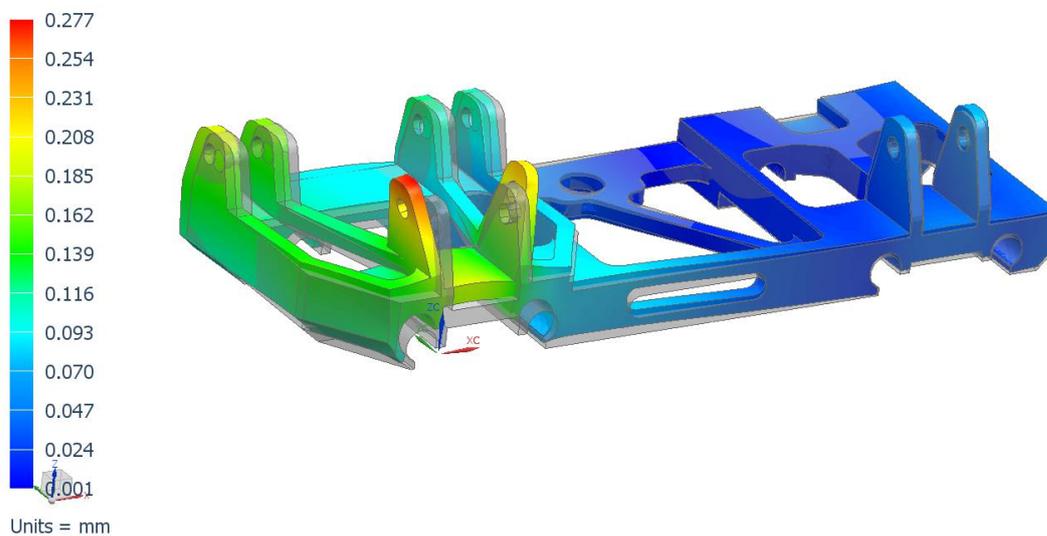


Obrázek 45 – Celkové posunutí brzdového pedálu v [mm]



Obrázek 46 – Celkové posunutí lineárního vedení v [mm]

Displacement - Nodal, Magnitude
Min : 0.000, Max : 1.004, Units = mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obrázek 47 – Celkové posunutí základny v [mm]

PŘÍLOHA č. 17

Cost report pro pedálovou soustavu

University of West bohemia
System Frame & Body
Assembly Throttle pedal assembly
P/N Base A3001
Suffix AA
Details

Car # 60
FileLink1
FileLink2
FileLink3
Asm Cost \$ 102,72
Qty 1
Extended Cost \$ 102,72

ItemOrder	Part	PartCost	Quantity	Sub Total
1	Throttle pedal	\$ 7,63	1	\$ 7,63
2	Balance bar shaft	\$ 2,49	1	\$ 2,49
3	Bow shaft holder	\$ 2,64	1	\$ 2,64
4	Throttle brace	\$ 3,70	1	\$ 3,70
5	Throttle brace peg holder	\$ 0,26	1	\$ 0,26
6	Throttle dry bearing	\$ 2,36	2	\$ 4,72
7	Footboard	\$ 36,25	2	\$ 72,49
Sub Total				\$ 93,93

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Area Name	Area	length	Density	Quantity	Sub Total
1	Spring, Tension (General)		\$ 1,00		0 unit				0	0	0	1	\$ 1,00
1	Rod End, Industrial		\$ 1,72		5 mm				0	0	0	1	\$ 1,72
1	Cable Adjuster		\$ 1,00		0 unit				0	0	0	1	\$ 1,00
Sub Total													\$ 3,72

ItemOrder	Process	Use	UnitCost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total
1	Hand - Start Only	Fixed footboard with rivets	\$ 0,12	unit	1		\$ 0,12	\$ 0,12
1	Assembly, 1 kg, Line-on-Line		\$ 0,13	unit	1	NOT USE		\$ 0,13
1	Ratchet <= 6,35 mm	Ratchet stop screw on the top of throttle pedal	\$ 0,50	unit	1	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 0,63
1	Ratchet <= 6,35 mm	Ratchet bolt and nut into bow shaft holder to throttle pedal	\$ 0,50	unit	1	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 0,63
1	Ratchet <= 6,35 mm	Ratchet bolt and nut into bow shaft holder	\$ 0,50	unit	1	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 0,63
1	Ratchet <= 6,35 mm	Dry bearing and throttle brace pack holder with bolts and nut	\$ 0,50	unit	2	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 1,25
1	Wrench <= 6,35 mm	Rod end to throttle brace	\$ 1,00	unit	1	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 1,25
1	Hand - Start Only	Spring into throttle pedal and throttle brace peg holder	\$ 0,12	unit	1			\$ 0,12
Sub Total								\$ 4,74

ItemOrder	Fastener	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Quantity	Sub Total
1	Bolt, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,03	5 mm	16 mm			1	\$ 0,03
1	Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	5 mm	0			6	\$ 0,15
1	Bolt, Grade 12.9		\$ 0,03	5 mm	10 mm			1	\$ 0,03
1	Bolt, Grade 12.9		\$ 0,05	5 mm	20 mm			1	\$ 0,05
2	Washer, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,01	0 unit	0			2	\$ 0,02
3	Rivet, Pop		\$ 0,03	0 unit	0			2	\$ 0,06
Sub Total									\$ 0,34

University University of West bohemia
System Frame & Body
Assembly Brake pedal assembly
P/N Base A3002
Suffix AA
Details

Car # 60
FileLink1
FileLink2
FileLink3
Asm Cost \$ 597,66
Qty 1
Extended Cost \$ 597,66

ItemOrder	Part	PartCost	Quantity	Sub Total
1	Brake pedal	\$ 19,94	1	\$ 19,94
2	Balanced bar shaft	\$ 6,71	1	\$ 6,71
3	Balanced bar joint	\$ 6,23	1	\$ 6,23
4	Balanced bar peg	\$ 3,33	1	\$ 3,33
5	Brake flude holder	\$ 1,67	1	\$ 1,67
6	Balace bar housing	\$ 4,71	1	\$ 4,71
7	Footboard	\$ 37,67	1	\$ 37,67
Sub Total			\$ 80,26	\$ 80,26

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Area Name	Area	Length	Density	Quantity	Sub Total
1	Bearing, Spherical	Use	\$ 9,32	12 mm	1	Assemble - Length > 0,5m	0		0	0	0	1	\$ 9,32
1	Hydraulic Fluid Reservoir, Remote (Plastic)	Put the balance shaft holder with sterical bearing and put washer	\$ 5,00	0 mm	0		0		0	0	0	2	\$ 10,00
1	Hose, High pressure, Stainless Steel Braided Outer	Screw the balanced bar peg on the shaft	\$ 12,11	6 mm	0		0		0	0	0	2	\$ 24,22
2	Fitting/L/P /Straight/Aluminum/Anodized	Put the balance bar peg to balance bar joint	\$ 6,77	9,734 mm	0		0		0	0	0	2	\$ 13,54
3	Balace Bar Cable Adjuster, Right Angle Drive, AP CP5500-10	Save the balance bar peg with retaining ring	\$ 109,00	0 unit	0		0		0	0	0	1	\$ 109,00
3	Master Cylinder, AP, CP7355	Screw with miniature bolt to the angled drive assembly to shaft	\$ 174,50	0 unit	0		0		0	0	0	2	\$ 349,00
Sub Total												\$ 509,08	

ItemOrder	Proces	Use	UnitCost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total
1	Riveting	Riveting footboard, fluid holder and fluid reservoir	\$ 0,25	unit	6		1,25	\$ 1,50
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Put the balance shaft holder with sterical bearing and put washer	\$ 0,13	unit	1	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,16
1	Hand, Tight <= 6,35 mm	Screw the balanced bar peg on the shaft	\$ 0,50	unit	2		1,25	\$ 1,00
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Put the balance bar peg to balance bar joint	\$ 0,13	unit	2	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,31
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Save the balance bar peg with retaining ring	\$ 0,13	unit	2	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,31
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Screw with miniature bolt to the angled drive assembly to shaft	\$ 0,13	unit	2	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,31
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Screw the master cylinder to balanced bar joint	\$ 0,13	unit	2	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,31
1	Wrench <= 6,35 mm	Screw fitting to master cylinders	\$ 1,00	unit	2	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 2,50
1	Assemble, 1 Kg, Line-on-Line	Assemble hoses on the master cylinder and fluid reservoir	\$ 0,13	unit	2	Assemble - Length > 0,5m	1,25	\$ 0,31
Sub Total								\$ 6,72

ItemOrder	Fastener	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Quantity	Sub Total
1	Washer, Grade 8.8 (SAE 5)	Use	\$ 0,01	0 unit	0		0	2	\$ 0,02
1	Retaining Ring, External		\$ 0,06	16 mm	0		0	2	\$ 0,12
1	Retaining Ring, Spiral		\$ 0,05	12 mm	0		0	2	\$ 0,10
1	Tie Wrap		\$ 0,04	0 unit	0		0	4	\$ 0,16
2	Hose Clamp, Miniature Bolt		\$ 0,51	3 mm	0		0	2	\$ 1,02
3	Rivet, Pop		\$ 0,03	0 unit	0		0	6	\$ 0,18
Sub Total									\$ 1,60

University of West bohemia
System Frame & Body
Assembly Basement assembly
P/N Base A3003
Suffix AA
Details

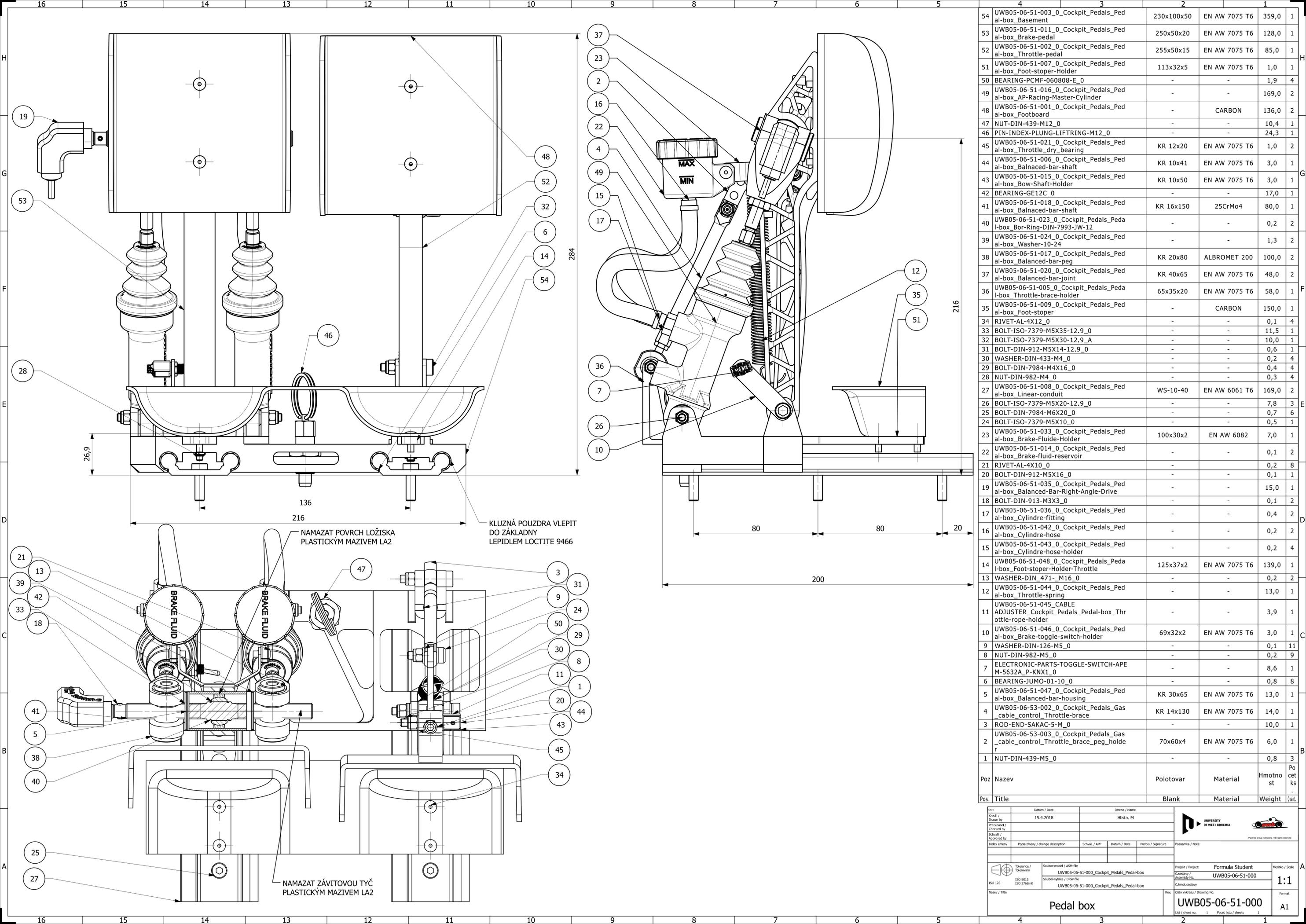
Car # 60
FileLink1
FileLink2
FileLink3
Asm Cost \$ 185,96
Qty 1
Extended Cost \$ 185,96

ItemOrder	Part	PartCost	Quantity	Sub Total
1	Basement	\$ 70,74	1	\$ 70,74
2	Throttle brace holder	\$ 5,25	1	\$ 5,25
3	Linear conduit	\$ 10,68	2	\$ 21,36
4	Foot stopper holder Throttle	\$ 0,54	1	\$ 0,54
5	Brake toggle switch holder	\$ 0,56	1	\$ 0,56
6	Foot stopper holder	\$ 0,80	1	\$ 0,80
7	Foot stopper	\$ 36,69	1	\$ 36,69
8	Bearing PCMF060808	\$ 2,43	4	\$ 9,71
9	Bearing Jumo-01-010	\$ 2,37	8	\$ 18,99
10	Pin index lifting M12	\$ 8,01	1	\$ 8,01
			Sub Total	\$ 172,66

ItemOrder	Material	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Area Name	Area	Length	Density	Quantity	Sub Total	
1	Switch, Toggle		\$ 1,00		0 unit		0		0	0	0	1	\$ 1,00	
1	Cable, The Mount, Adhesive Backed	For sliding bushes	\$ 0,15		0 unit		0		0	0	0	8	\$ 1,20	
													Sub Total	\$ 2,20

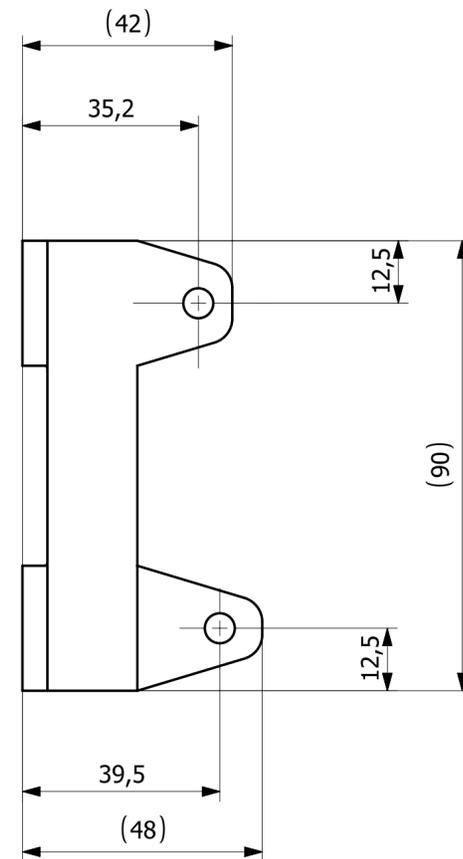
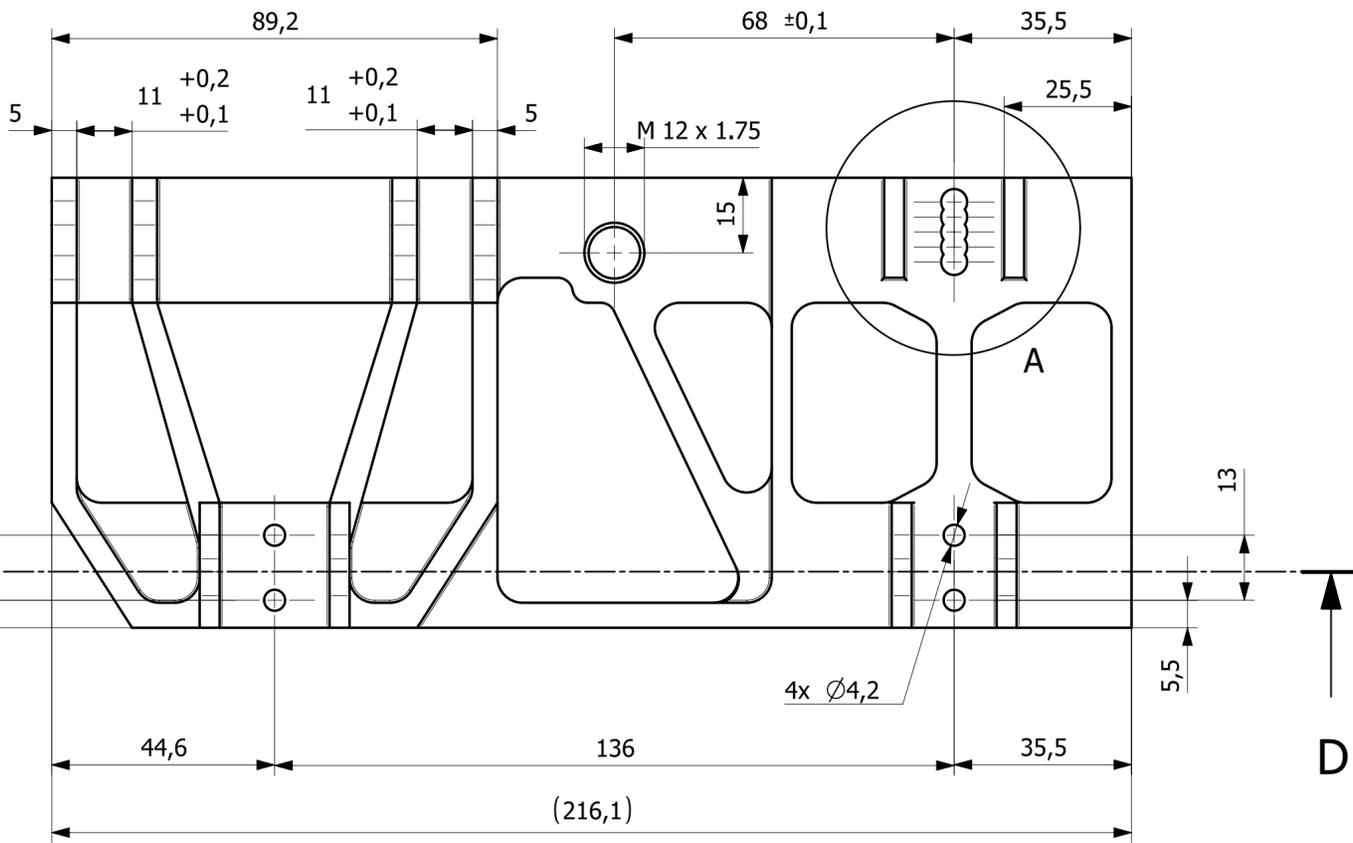
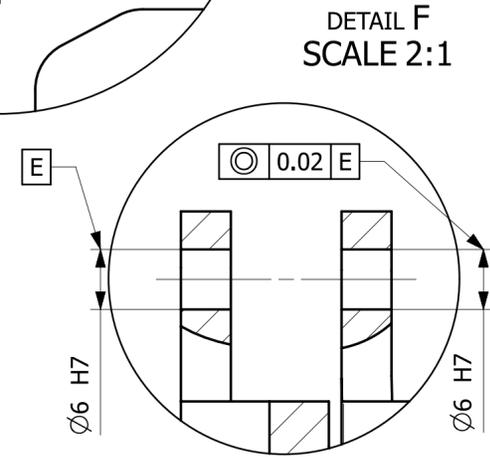
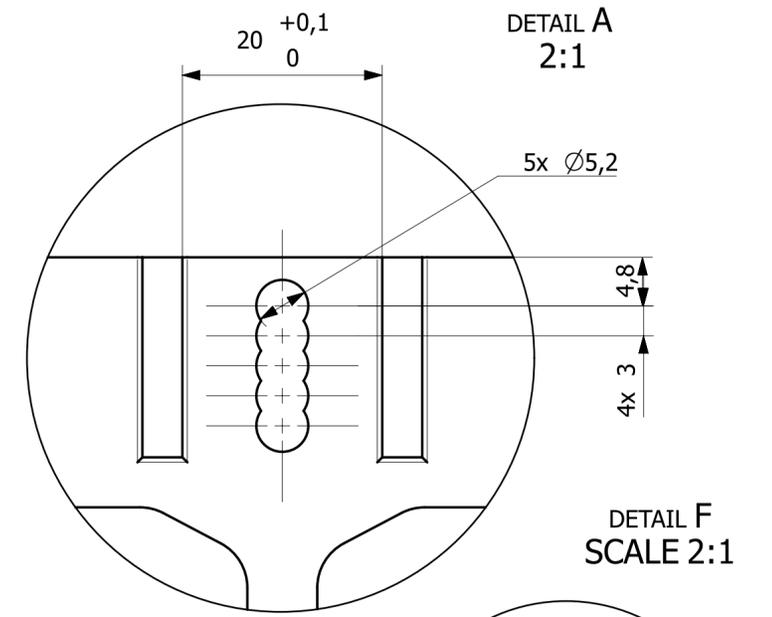
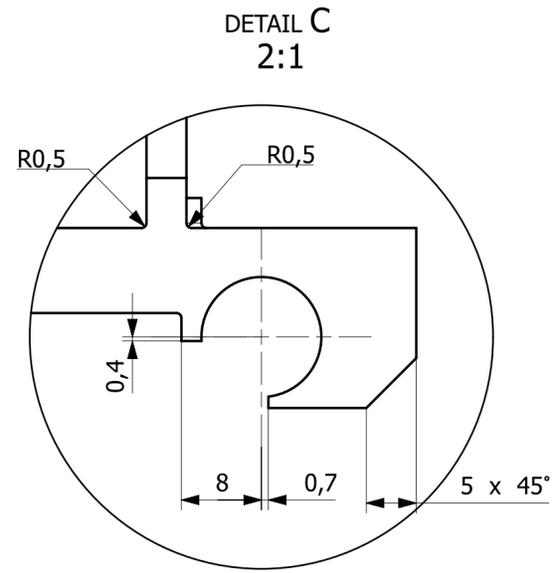
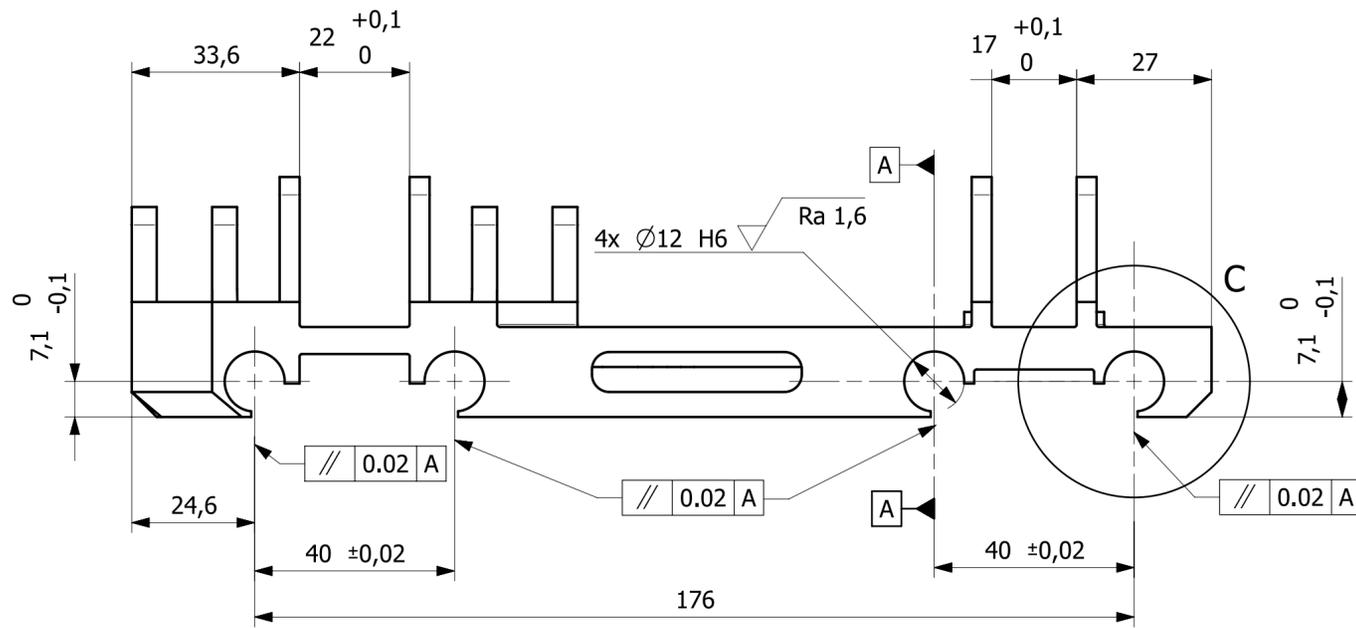
ItemOrder	Process	Use	UnitCost	Unit	Quantity	Multiplier	Mult. Val.	Sub Total	
1	Hand -Start Only		\$ 0,12	unit	8			\$ 0,96	
1	Assembly, 1kg, Line-on-Line		\$ 0,13	unit	8	NOT USE		\$ 1,00	
1	Assembly, 1kg, Interference	Stopper holders screw to basement	\$ 0,19	unit	2	NOT USE		\$ 0,38	
1	Riveting	Foodstopper to holders	\$ 0,25	unit	2			\$ 0,50	
1	Assembly, 1kg, Interference	Throttle brace holder to basement	\$ 0,19	unit	1	NOT USE		\$ 0,19	
1	Assembly, 1kg, Interference	Brake toggle switch holder to basement	\$ 0,19	unit	1	NOT USE		\$ 0,19	
1	Assembly, 1kg, Line-on-Line	Screw toggle switch to holder	\$ 0,13	unit	1	NOT USE		\$ 0,13	
1	Ratchet <= 6,35 mm	Ratchet brake pedal assembly to basement	\$ 0,50	unit	2	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 1,25	
1	Ratchet <= 6,35 mm	Ratchet throttle assembly to basement	\$ 0,13	unit	2	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 1,25	
1	Assembly, 1kg, Line-on-Line	Assembly conduits to basement	\$ 0,13	unit	1	NOT USE		\$ 0,13	
1	Ratchet <= 6,35 mm	Screw linear conduits to floor	\$ 0,50	unit	6	Fastener Engagement Length > 2D	1,25	\$ 3,75	
1	Assembly, 1kg, Line-on-Line	Pin plung lifting screw to basement	\$ 0,13	unit	1	NOT USE		\$ 0,13	
								Sub Total	\$ 9,84

ItemOrder	Fastener	Use	UnitCost	Size1	Unit1	Size2	Unit2	Quantity	Sub Total	
1	Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,10	12 mm		0		1	\$ 0,10	
1	Bolt, Grade 12.9		\$ 0,05	5 mm		20 mm		3	\$ 0,15	
1	Bolt, Grade 12.9		\$ 0,07	5 mm		30 mm		1	\$ 0,07	
1	Bolt, Grade 12.9		\$ 0,09	5 mm		35 mm		1	\$ 0,09	
2	Bolt, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,04	6 mm		20 mm		6	\$ 0,27	
3	Bolt, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	4 mm		16 mm		4	\$ 0,07	
4	Washer, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,01	0 unit		0		13	\$ 0,13	
5	Rivet, Pop		\$ 0,03	0 unit		0		4	\$ 0,12	
6	Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	5 mm		14 mm		1	\$ 0,02	
7	Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	5 mm		0		6	\$ 0,15	
8	Nut, Grade 8.8 (SAE 5)		\$ 0,02	4 mm		0		4	\$ 0,08	
									Sub Total	\$ 1,26

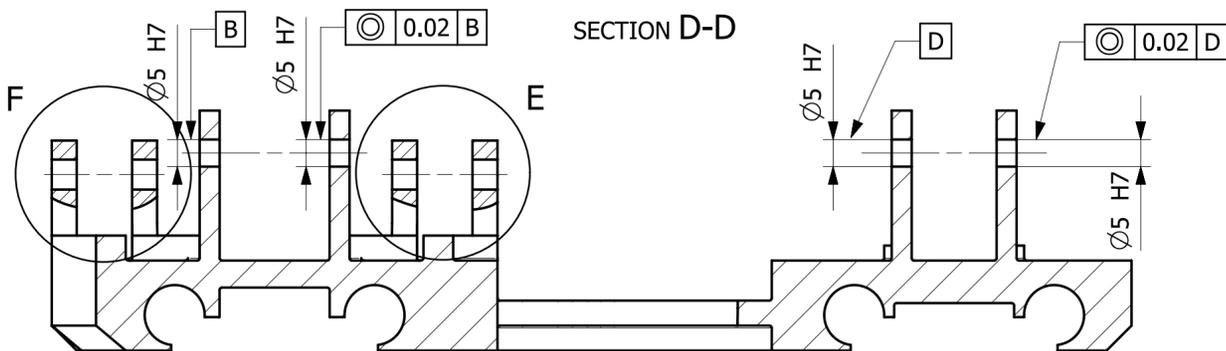
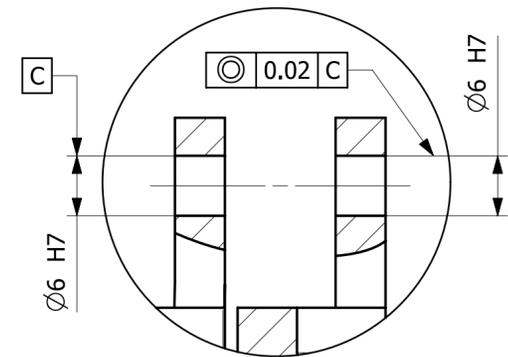


Pos.	Title	Blank	Material	Hmotnost	Počet ks
54	UWB05-06-51-003_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Basement	230x100x50	EN AW 7075 T6	359,0	1
53	UWB05-06-51-011_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-pedal	250x50x20	EN AW 7075 T6	128,0	1
52	UWB05-06-51-002_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-pedal	255x50x15	EN AW 7075 T6	85,0	1
51	UWB05-06-51-007_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Foot-stoper-Holder	113x32x5	EN AW 7075 T6	1,0	1
50	BEARING-PCMF-060808-E_0	-	-	1,9	4
49	UWB05-06-51-016_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_AP-Racing-Master-Cylinder	-	-	169,0	2
48	UWB05-06-51-001_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Footboard	-	CARBON	136,0	2
47	NUT-DIN-439-M12_0	-	-	10,4	1
46	PIN-INDEX-PLUNG-LIFTRING-M12_0	-	-	24,3	1
45	UWB05-06-51-021_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle_dry_bearing	KR 12x20	EN AW 7075 T6	1,0	2
44	UWB05-06-51-006_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-shaft	KR 10x41	EN AW 7075 T6	3,0	1
43	UWB05-06-51-015_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Bow-Shaft-Holder	KR 10x50	EN AW 7075 T6	3,0	1
42	BEARING-GE12C_0	-	-	17,0	1
41	UWB05-06-51-018_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-shaft	KR 16x150	25CrMo4	80,0	1
40	UWB05-06-51-023_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Bor-Ring-DIN-7993-JW-12	-	-	0,2	2
39	UWB05-06-51-024_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Washer-10-24	-	-	1,3	2
38	UWB05-06-51-017_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-peg	KR 20x80	ALBROMET 200	100,0	2
37	UWB05-06-51-020_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-joint	KR 40x65	EN AW 7075 T6	48,0	2
36	UWB05-06-51-005_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-brace-holder	65x35x20	EN AW 7075 T6	58,0	1
35	UWB05-06-51-009_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Foot-stoper	-	CARBON	150,0	1
34	RIVET-AL-4X12_0	-	-	0,1	4
33	BOLT-ISO-7379-M5X35-12.9_0	-	-	11,5	1
32	BOLT-ISO-7379-M5X30-12.9_A	-	-	10,0	1
31	BOLT-DIN-912-M5X14-12.9_0	-	-	0,6	1
30	WASHER-DIN-433-M4_0	-	-	0,2	4
29	BOLT-DIN-7984-M4X16_0	-	-	0,4	4
28	NUT-DIN-982-M4_0	-	-	0,3	4
27	UWB05-06-51-008_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Linear-conduit	WS-10-40	EN AW 6061 T6	169,0	2
26	BOLT-ISO-7379-M5X20-12.9_0	-	-	7,8	3
25	BOLT-DIN-7984-M6X20_0	-	-	0,7	6
24	BOLT-ISO-7379-M5X10_0	-	-	0,5	1
23	UWB05-06-51-033_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-Fluide-Holder	100x30x2	EN AW 6082	7,0	1
22	UWB05-06-51-014_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-fluid-reservoir	-	-	0,1	2
21	RIVET-AL-4X10_0	-	-	0,2	8
20	BOLT-DIN-912-M5X16_0	-	-	0,1	1
19	UWB05-06-51-035_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-Bar-Right-Angle-Drive	-	-	15,0	1
18	BOLT-DIN-913-M3X3_0	-	-	0,1	2
17	UWB05-06-51-036_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Cylindre-fitting	-	-	0,4	2
16	UWB05-06-51-042_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Cylindre-hose	-	-	0,2	2
15	UWB05-06-51-043_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Cylindre-hose-holder	-	-	0,2	4
14	UWB05-06-51-048_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Foot-stoper-Holder-Throttle	125x37x2	EN AW 7075 T6	139,0	1
13	WASHER-DIN_471_M16_0	-	-	0,2	2
12	UWB05-06-51-044_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-spring	-	-	13,0	1
11	UWB05-06-51-045_CABLE ADJUSTER_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-rope-holder	-	-	3,9	1
10	UWB05-06-51-046_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-toggle-switch-holder	69x32x2	EN AW 7075 T6	3,0	1
9	WASHER-DIN-126-M5_0	-	-	0,1	11
8	NUT-DIN-982-M5_0	-	-	0,2	9
7	ELECTRONIC-PARTS-TOGGLE-SWITCH-APE M-5632A_P-KNX1_0	-	-	8,6	1
6	BEARING-JUMO-01-10_0	-	-	0,8	8
5	UWB05-06-51-047_0_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-housing	KR 30x65	EN AW 7075 T6	13,0	1
4	UWB05-06-53-002_0_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle-brace	KR 14x130	EN AW 7075 T6	14,0	1
3	ROD-END-SAKAC-5-M_0	-	-	10,0	1
2	UWB05-06-53-003_0_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle_brace_peg_holder	70x60x4	EN AW 7075 T6	6,0	1
1	NUT-DIN-439-M5_0	-	-	0,8	3
Poz	Nazev	Polotovar	Material	Hmotnost	Počet ks
Pos.	Title	Blank	Material	Weight	Qty.

15.4.2018	Hlsta, M		
UWB05-06-51-000_Cockpit_Pedals_Pedal-box	Formula Student	UWB05-06-51-000	1:1
Pedal box		UWB05-06-51-000	



DETAIL E SCALE 2:1



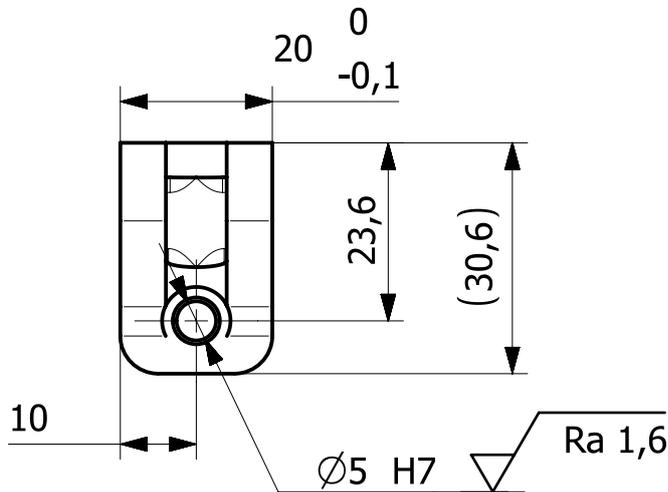
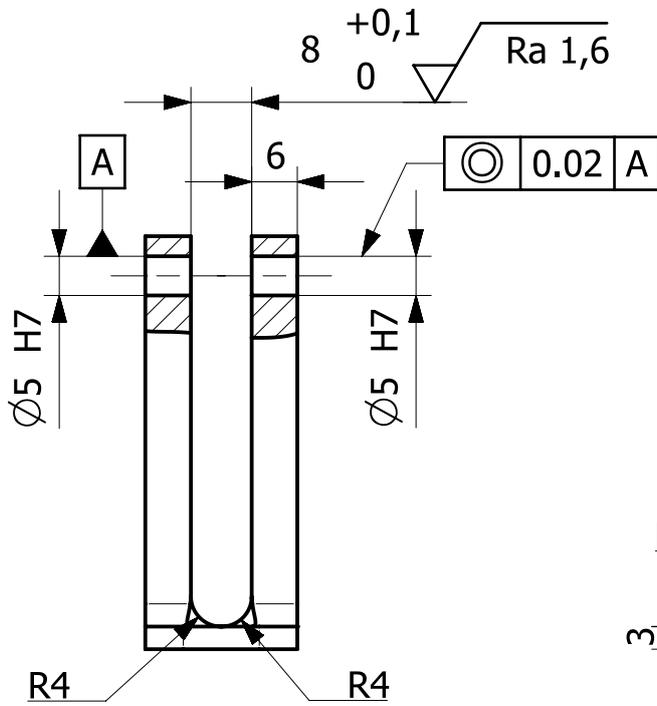
TVAROVÉ PLOCHY DLE CAD MODELU

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P55 - 230 x 100	EN AW 7075 T6	0,359	UWB05-06-51-000	54		
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovary	Material	T.O.	C.hmot.	H.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
Cad 1	Datum / Date		Jmeno / Name					
Kreslil / Drawn by	5.3.2018		Hlista, M					
Prezkoušel / Checked by								
Schválil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note:			
Tolerance / Tolerovani		Soubor-model / ASM-file		Projekt / Project		Meritka / Scale		
ISO 128		UWB05-06-51-003_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Basement		Formula Student		2:1		
ISO 8015		Soubor-vykres / DRW-file		C.sestavy / Assembly No.		Format		
ISO 2768mK		UWB05-06-51-003_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Basement		UWB05-06-51-003				
Nazev / Title			Rev.		Cislo vykresu / Drawing No.		Format	
Basement					UWB05-06-51-003			
				List / sheet no.		Pocet listu / sheets		
				1		1		

✓ Ra 3,2 (✓ Ra 1,6)



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved



VYPÁLIT DĚ DXF
NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5 X 45°
TVAROVÉ PLOCHY DLE CAD MODELU

Ra 3,2 (Ra 1,6)

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P20 - 65 x 35	AN EW 7075 T6	0,058	UWB05-06-51-000	6		
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

GAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	23.3.2018	Hlista.M		
Prezkousel / Checked by				
Schvalil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

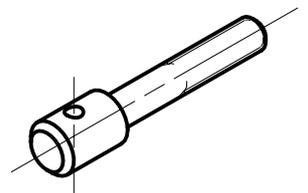
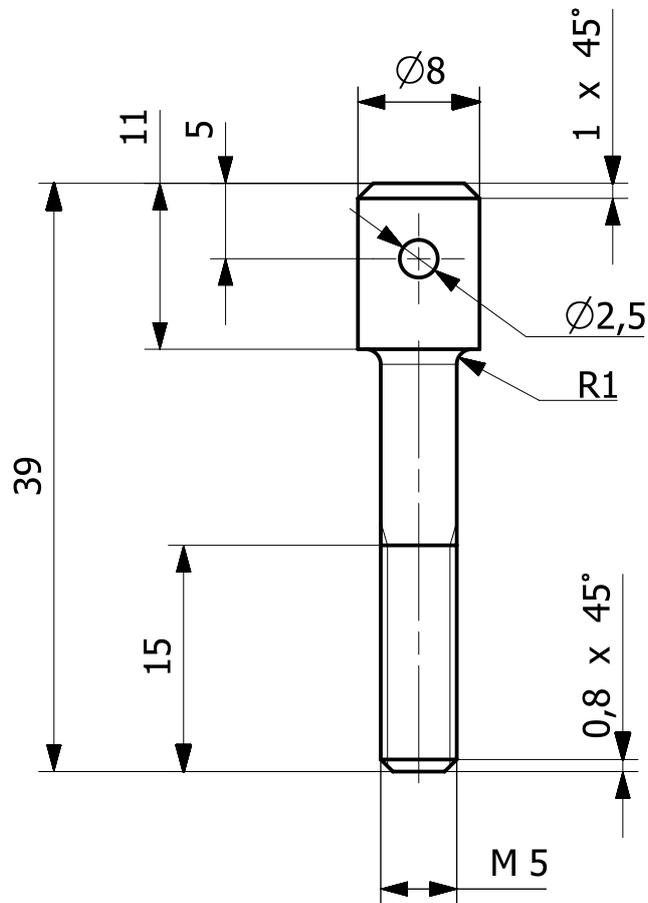
ISO 128	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-06-51-005_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-brace-holder	Formula Student	1:1
Nazev / Title	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
Throttle brace holder	UWB05-06-51-005_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle-brace-holder		UWB-06-51-005	A4
	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	List / sheet no.	Pocet listu / sheets
			1	1

4

3

2

1



Ra 3.2

1	<input checked="" type="checkbox"/>	KR10 - 45	EN AW 7075 T6		0,003		UWB05-06-51-000	44
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name			  <p>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</p>		
Kreslil / Drawn by	4.4.2018		Hlista. M					
Prezkousel / Checked by								
Schvalil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:	Formula Student		Meritko / Scale
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-06-51-006_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balnaced-bar-shaft			C.sestavy / Assembly No.			2:1
Soubor-vykres / DRW-file				Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.			Format
UWB05-06-51-006_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balnaced-bar-shaft					UWB05-06-51-006			A4
Nazev / Title					List / sheet no.	1	Pocet listu / sheets	1
Balance bar shaft								

4

3

2

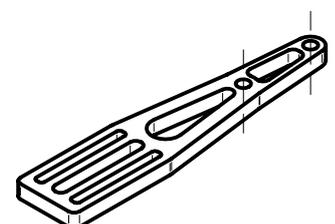
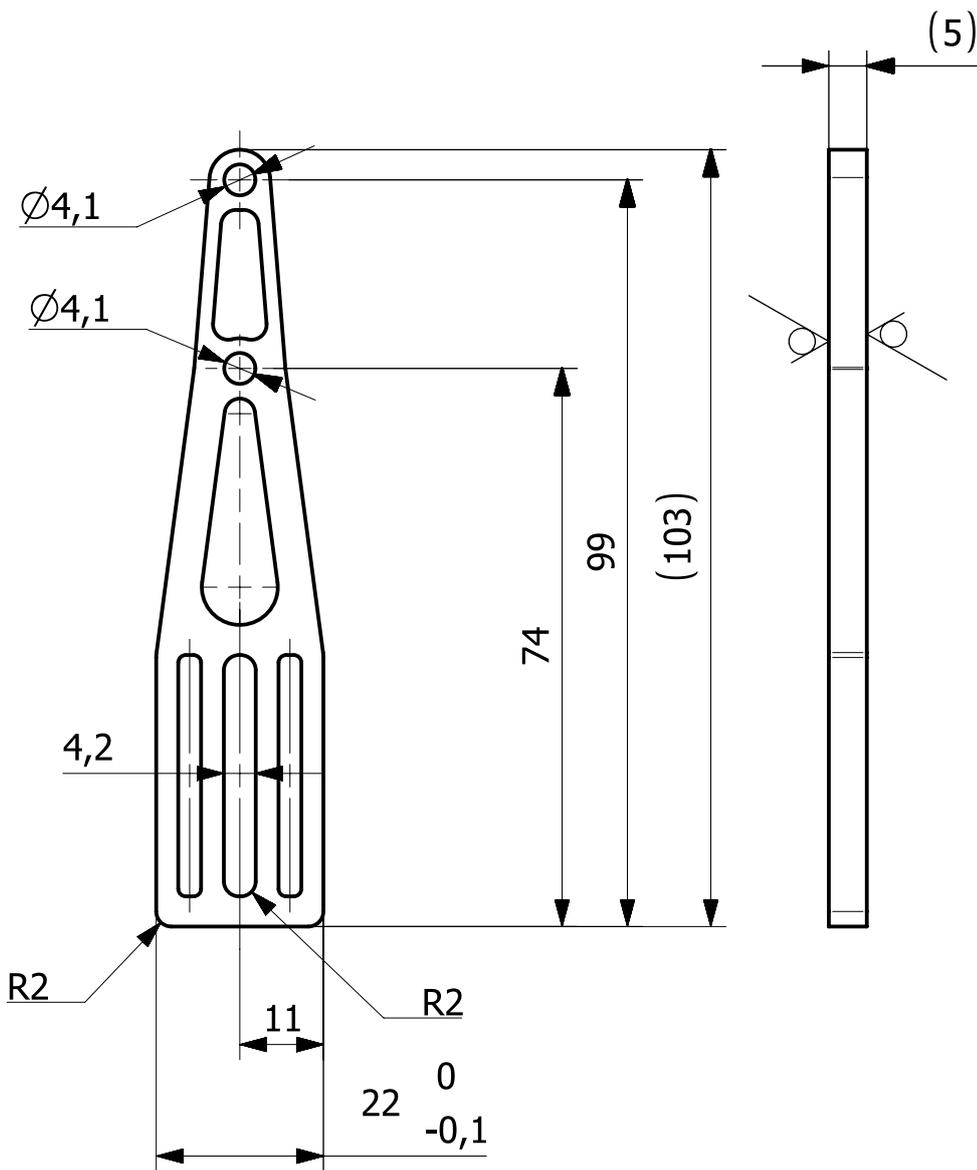
1

4

3

2

1



✓ Ra 3.2 (✓)

VYPÁLIT DLE DXF

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P5 - 115 x 35	EN AW 7075 T6	0,014	UWB05-06-51-000	51		
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kresil / Drawn by	3.4.2018	Hlista. M		
Prezkousel / Checked by				
Schvalil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

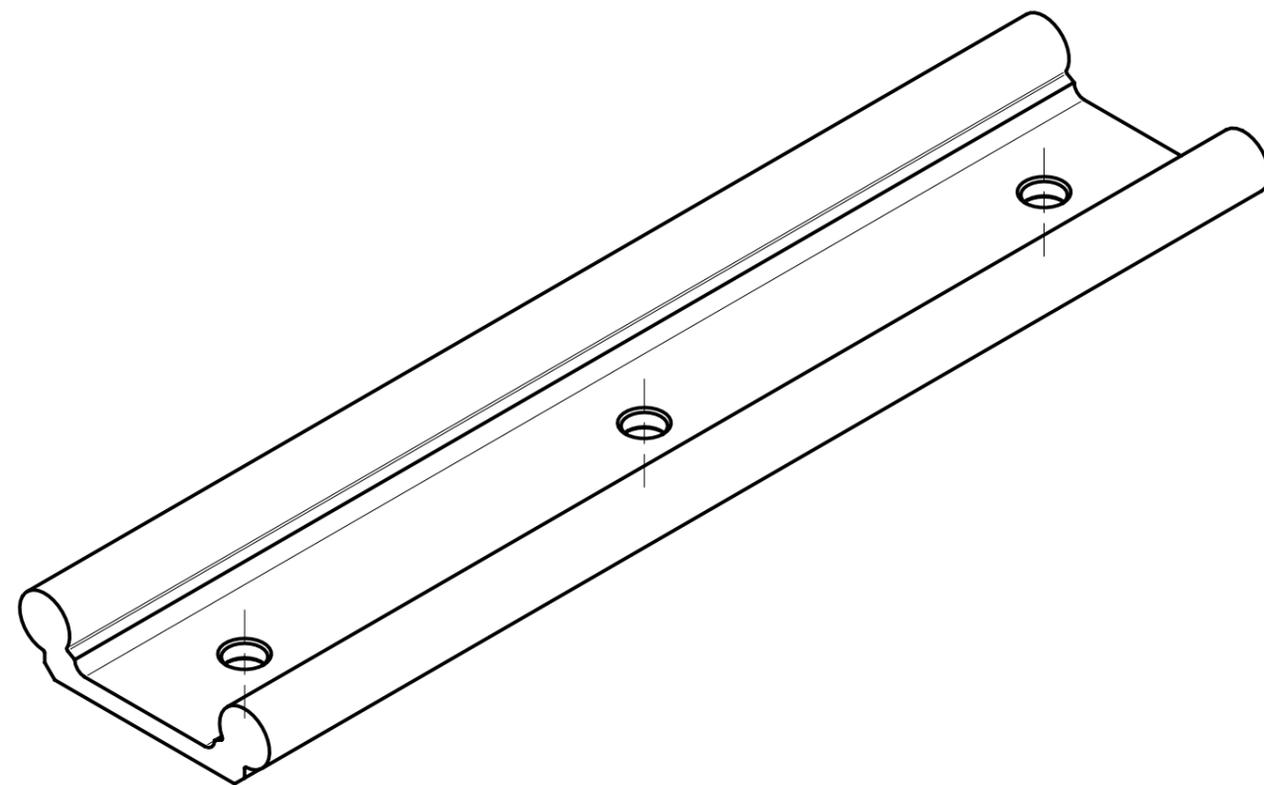
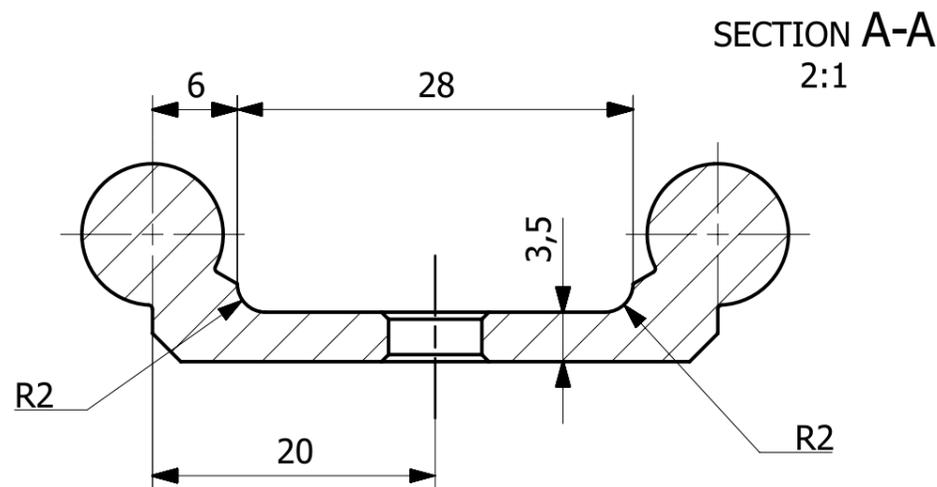
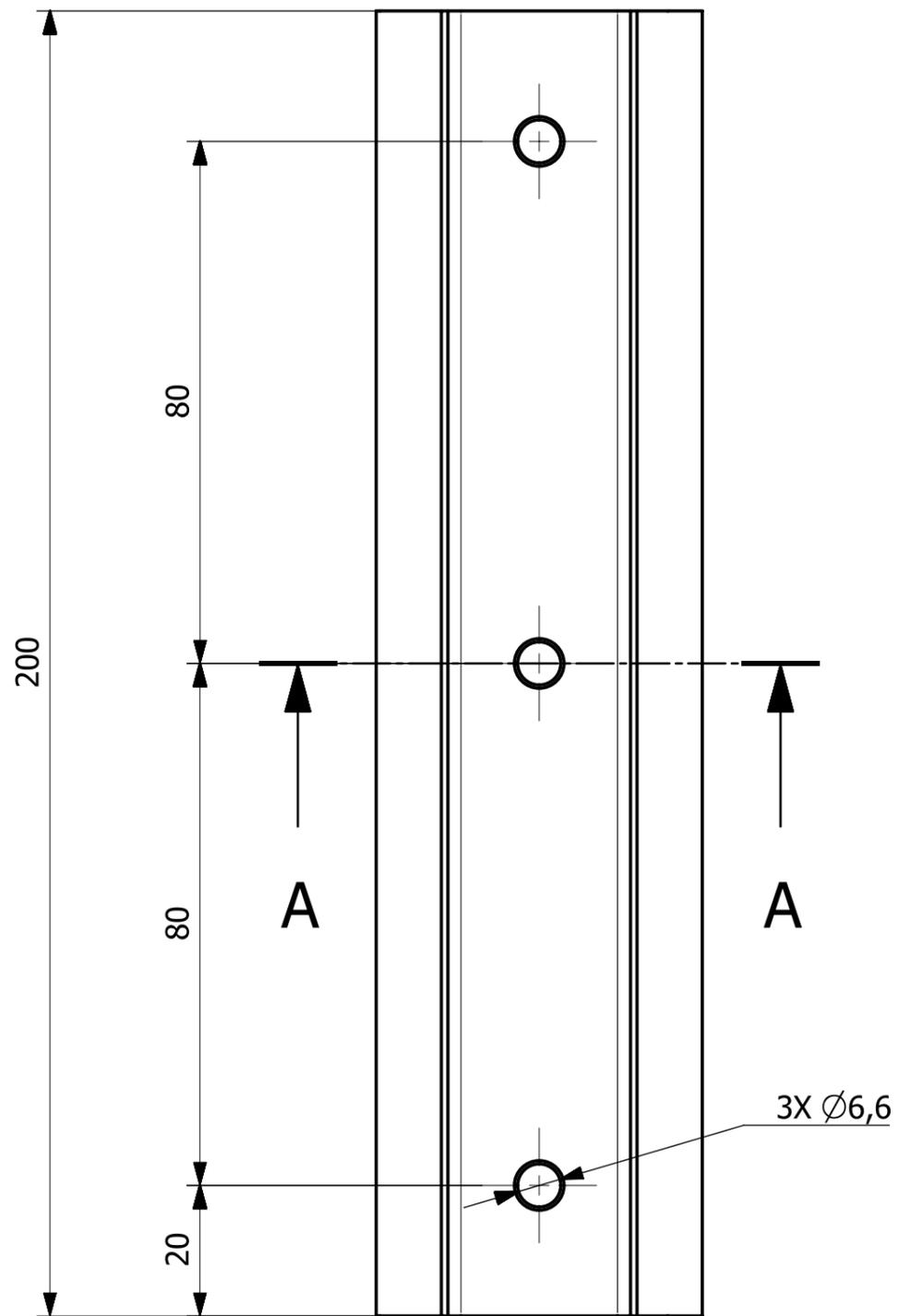
 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-06-51-007_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Foot-stoper-Holder	Formula Student	1:1
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	
	UWB05-06-51-007_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Foot-stoper-Holder		
Nazev / Title	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
Foot stoper holder		UWB05-06-51-007	A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

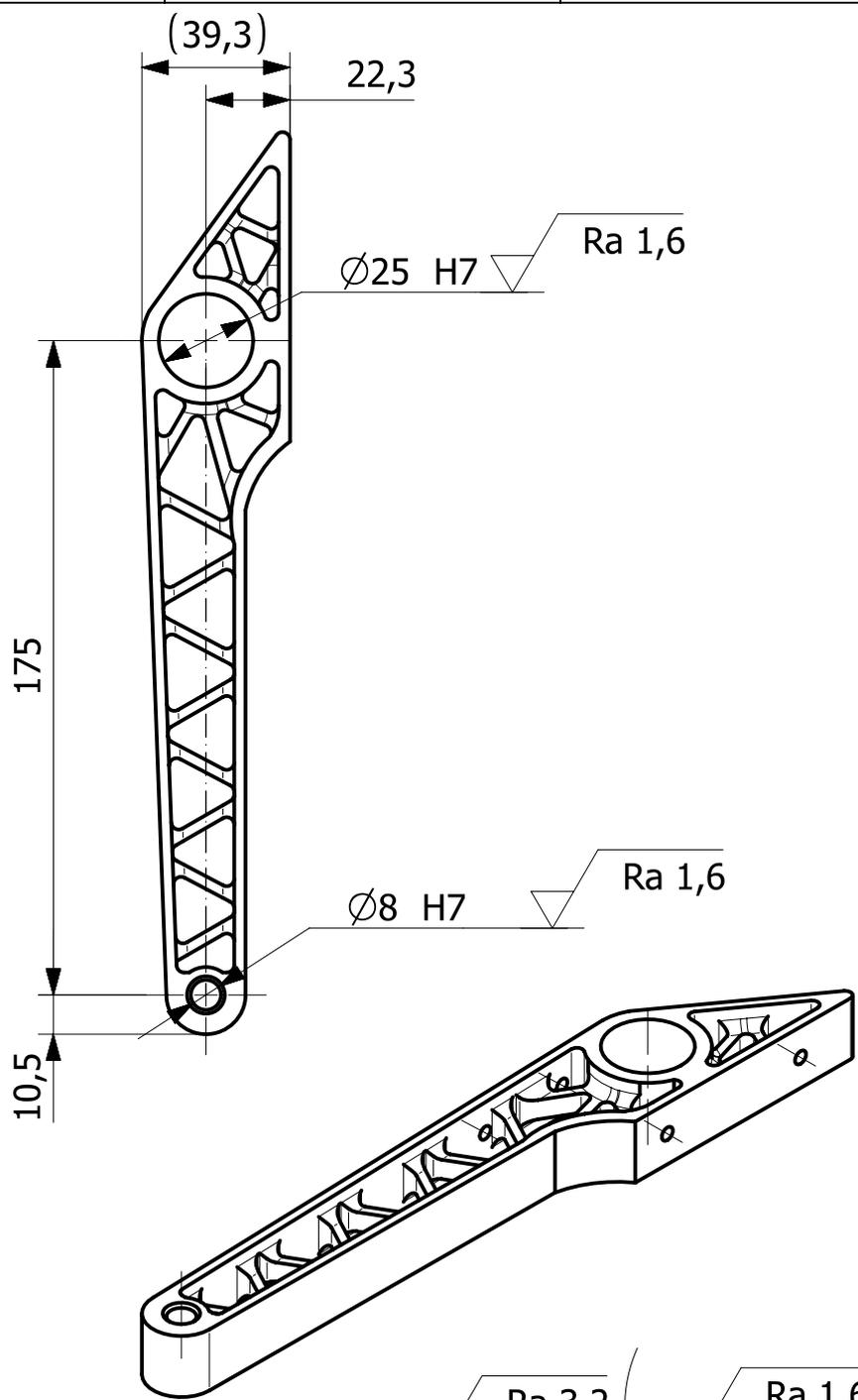
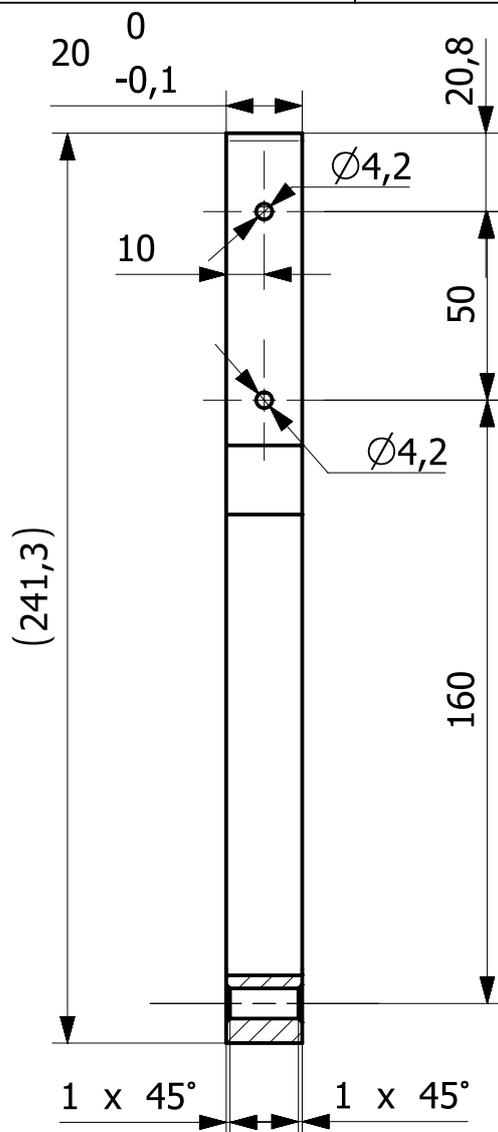
1



NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5 x 45°
 POLOTOVAR LINEÁRNÍ VEDENÍ WS-10-40, DÉLKA=200 MM

Ra 3,2

2	<input checked="" type="checkbox"/>				0,169		UWB05-06-51-000	27
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name						
Kreslil / Drawn by	10.4.2018	Hlista M.						
Prezkousel / Checked by					 <small>Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved</small>			
Schvalil / Approved by								
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:			
	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file			Projekt / Project:	Formula Student		Meritko / Scale
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mK	UWB05-06-51-008_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Linear-conduit			C.sestavy / Assembly No.			1:1
		Soubor-vykres / DRW-file			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.		Format
		UWB05-06-51-008_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Linear-conduit				UWB05-06-51-008		A3
Nazev / Title					List / sheet no.		Pocet listu / sheets	
Linear conduit					1		1	



VYPÁLIT DLE DXF
TVAROVÉ PLOCHY DLE CAD MODELU

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P25 - 255 x 50	EN AW 7075 T6	0,128	UWB05-06-51-000	53		
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	22.3.2018	Hlista.M		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



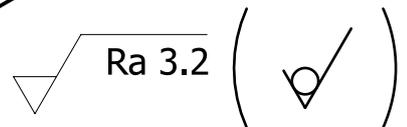
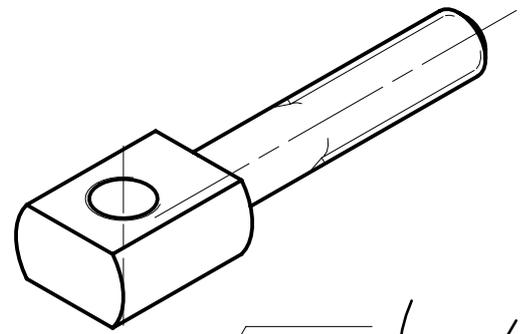
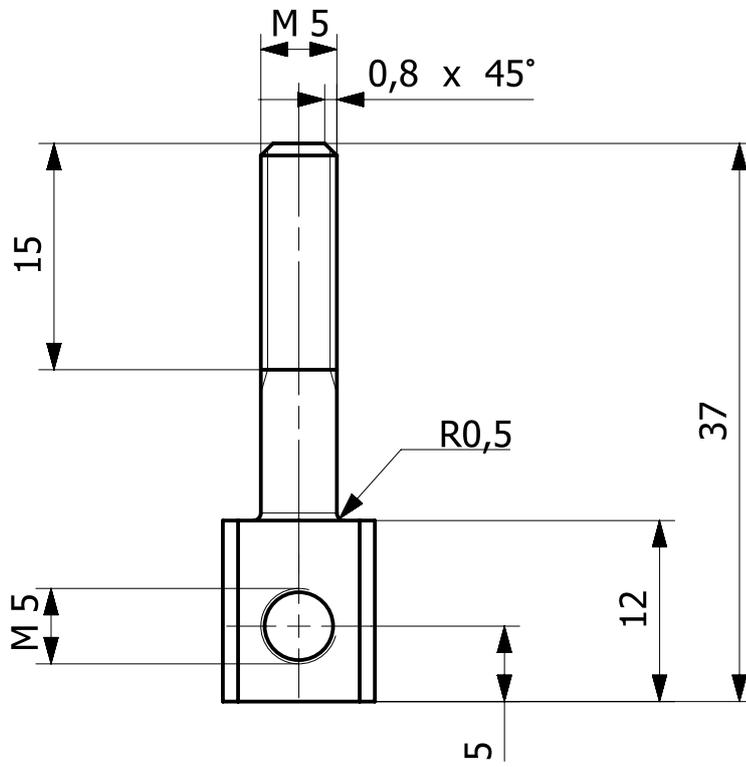
UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:	
Projekt / Project:	Formula Student
C.sestavy / Assembly No.	1:2
Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.
	UWB05-06-51-011
List / sheet no.	1
Pocet listu / sheets	1
Format	A4

Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-06-51-011_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-pedal	Formula Student	
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	1:2
	UWB05-06-51-011_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-pedal	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.
Nazev / Title	Brake pedal		UWB05-06-51-011
		List / sheet no.	1
		Pocet listu / sheets	1



NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5 X 45°

1	<input checked="" type="checkbox"/>	KR10 - 50	EN AW 7075 T6		0,003		UWB05-06-51-000	43
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	4.4.2018	Hlista. M		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature


UNIVERSITY OF WEST BOHEMIA


Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

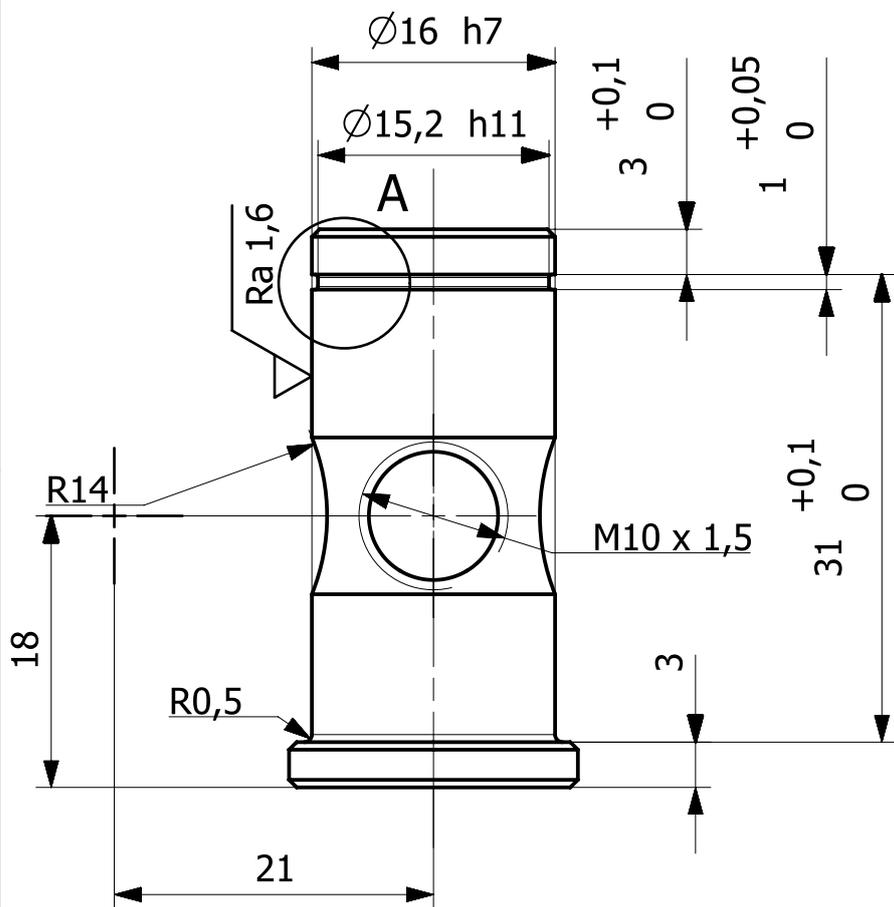
 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-51-015_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Bow-Shaft-Holder	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale 2:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-51-015_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Bow-Shaft-Holder	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title Bow shaft holder		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-51-015	Format A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

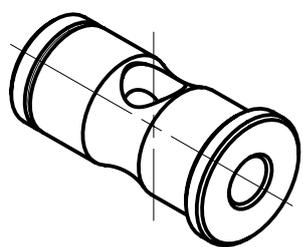
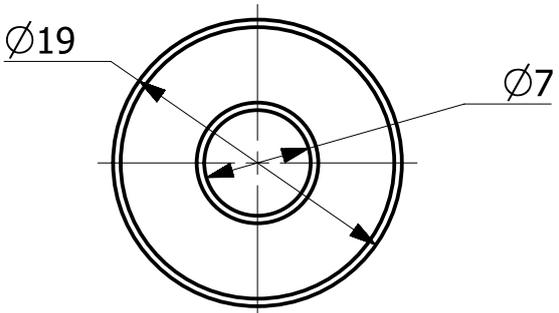
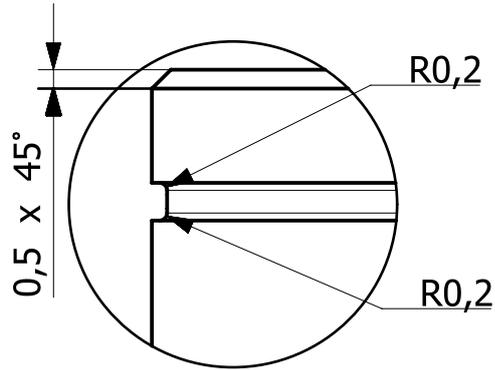
3

2

1



DETAIL A
SCALE 5:1



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$ ($\sqrt{\text{Ra } 1,6}$)

NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0.5 x 45°

2	<input checked="" type="checkbox"/>	KR20 - 80	Albromet 200		0,1 kg		UWB05-06-51-000	38
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kresil / Drawn by	22.2.2018	Hlista		
Prezkousel / Checked by				
Schvalil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



 ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-51-017_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-peg	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale 2:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-51-017_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-peg	C.sestavy / Assembly No.	Format A4
Nazev / Title Balanced bar peg	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-51-017	List / sheet no. 1 Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1

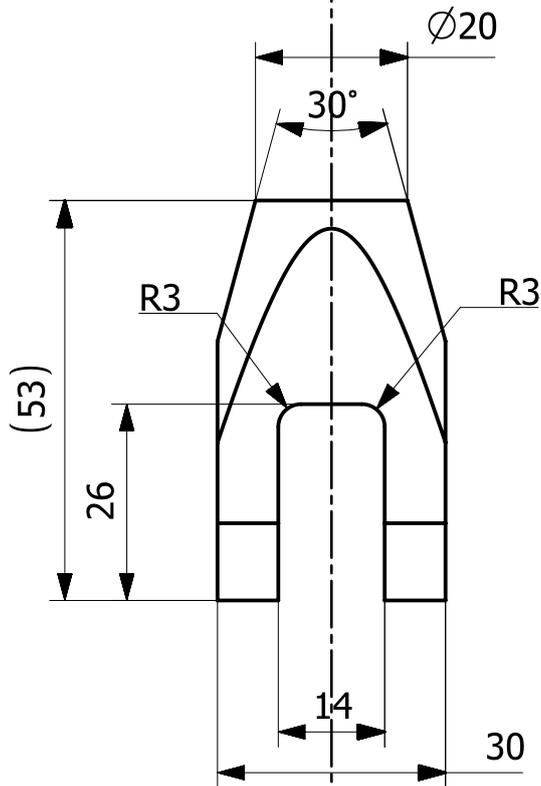
4

3

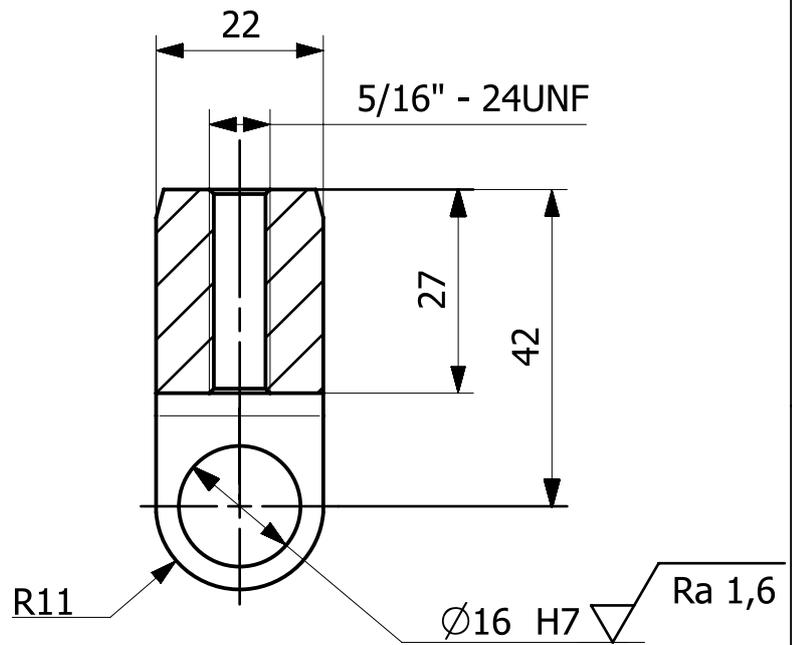
2

1

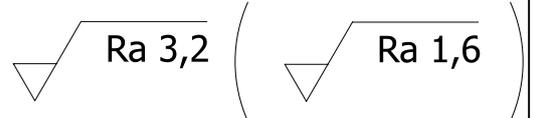
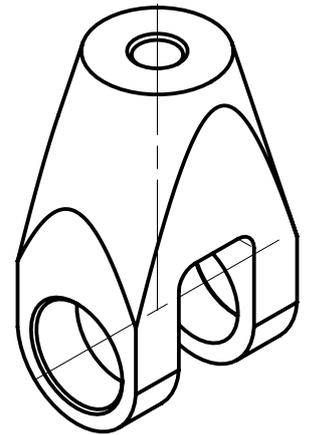
A



SECTION A-A



A



NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5 x 45°

2		KR40 - 65	EN AW 7075 T6		0,048		UWB05-06-51-000	37
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovarov	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	10.4.2018		Hlista M.		
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

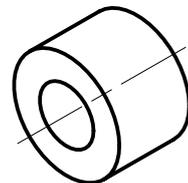
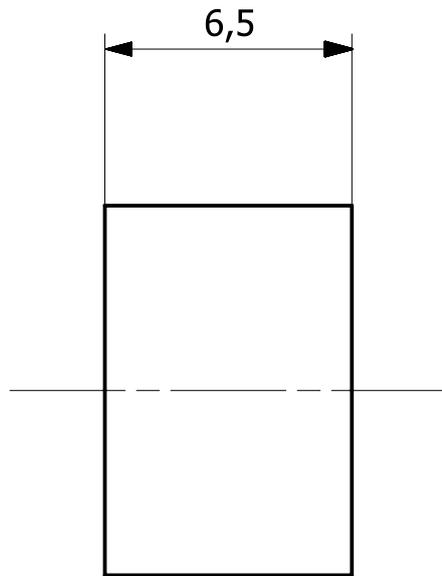
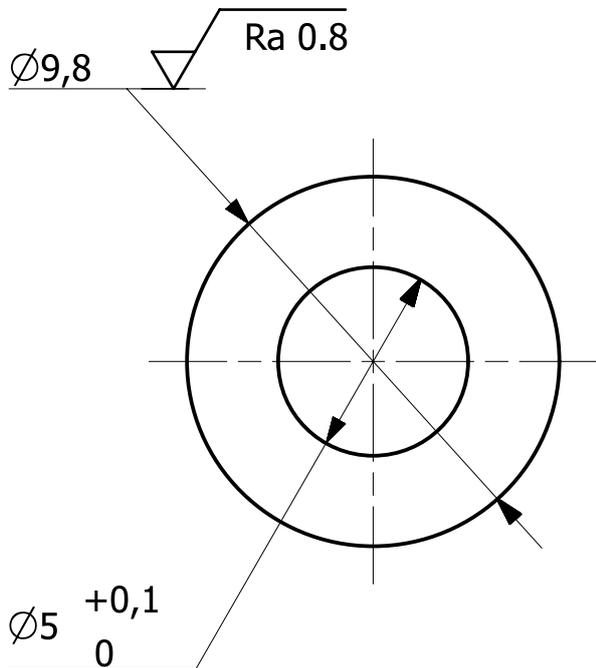
 ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
		UWB05-06-51-020_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-joint	Formula Student	1:1
		Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	
		UWB05-06-51-020_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-joint		
Nazev / Title	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format	
Balanced bar joint		UWB05-06-51-020	A4	
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1	

4

3

2

1



NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ HRAN 0.3 X 45°

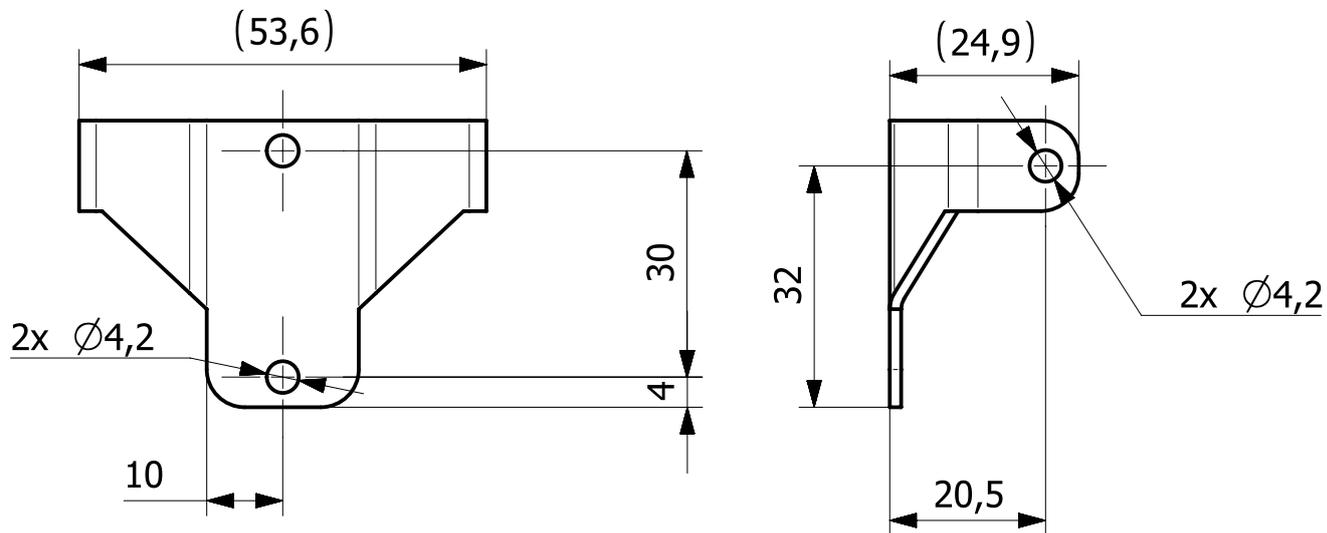
2	<input checked="" type="checkbox"/>	KR 12x20	EN AW 7075 T6		0,001		UWB05-06-51-000	45
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	4.4.2018		Hlista. M		
Prezkousel / Checked by					
Schvalil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

 ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-06-51-021_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Throttle_dry_bearing	Soubor-vykres / DRW-file	Formula Student	5:1
Nazev / Title		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
Throttle dry bearing			UWB05-06-51-021	A4
		List / sheet no.	Pocet listu / sheets	
		1	1	

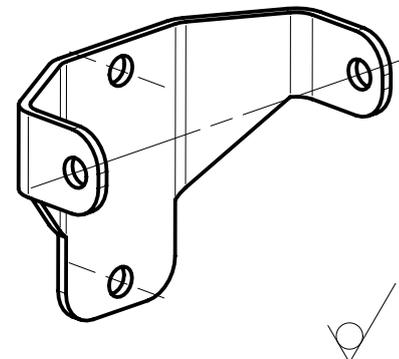
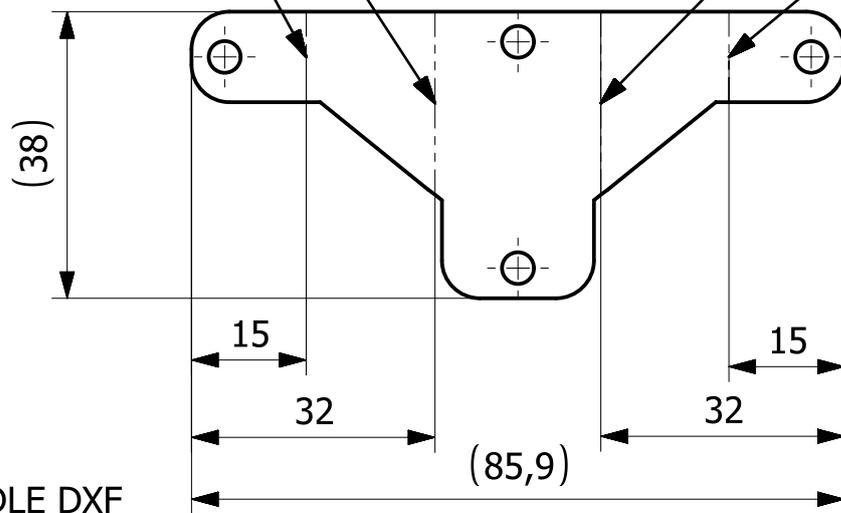


ÚHEL OHYBU = 30°
RÁDIUS OHYBU = 3

ÚHEL OHYBU = 60°
RÁDIUS OHYBU = 3

ÚHEL OHYBU = 30°
RÁDIUS OHYBU = 3

ÚHEL OHYBU = 60°
RÁDIUS OHYBU = 3



VYPÁLIT DLE DXF

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P2 - 100 x 30	EN AW 6082		0,007		UWB05-06-51-000	23
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date		Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	26.3.2018		Hlista. M		
Prezkoušel / Checked by					
Schválil / Approved by					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

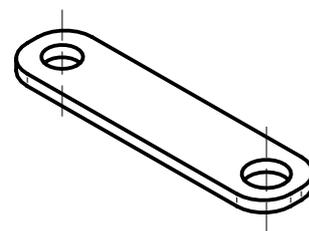
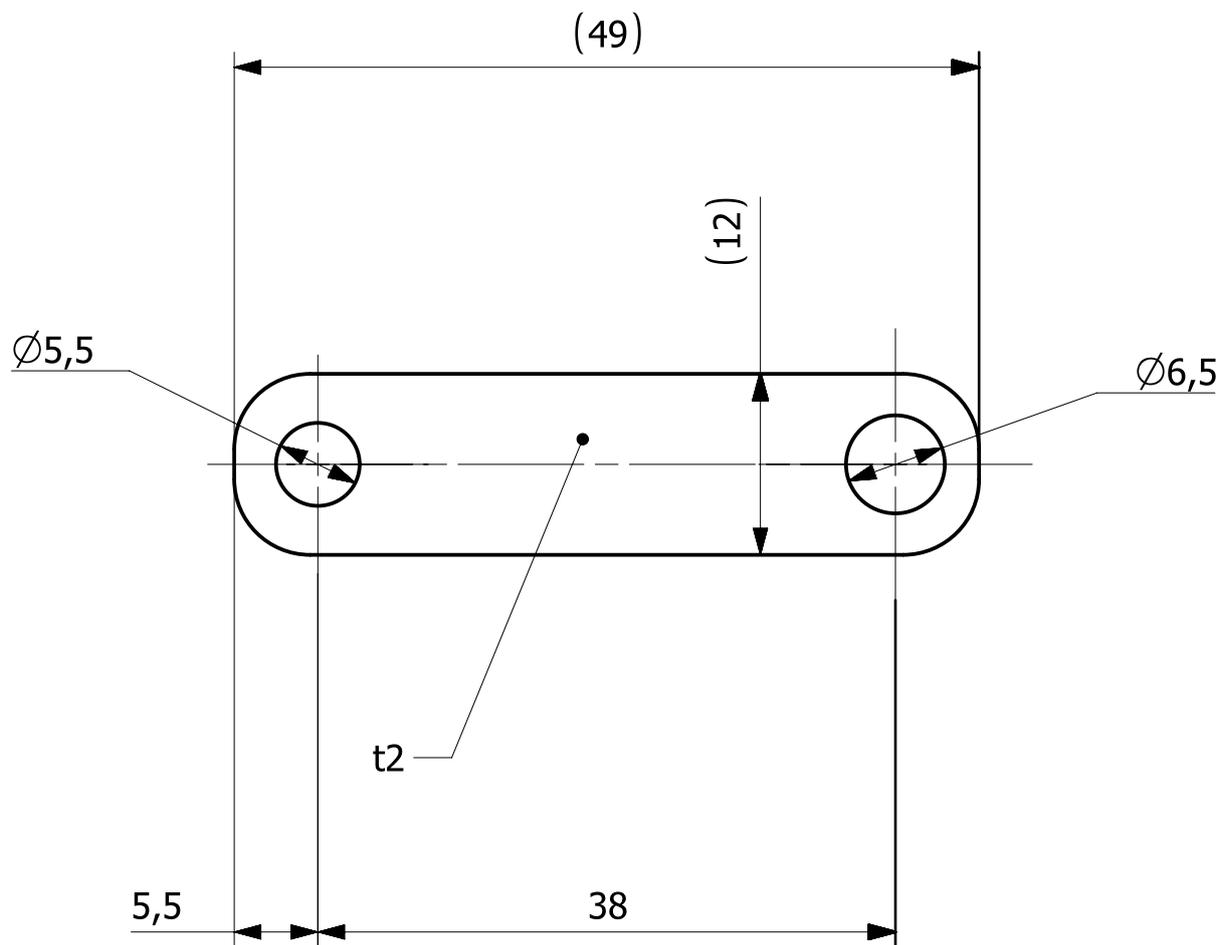
 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-51-033_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-Fluide-Holder	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-51-033_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-Fluide-Holder	C.sestavy / Assembly No.	1:1
Nazev / Title Brake fluide holder	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-51-033	Format A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1



VYPÁLIT DLE DXF

Ra 3.2

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P2 - 70 x 35	EN AW 7075 T6		0,003		UWB05-06-51-000	10
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	26.3.2018	Hlista. M		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

UNIVERSITY
OF WEST BOHEMIA

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-51-046_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-toggle-switch-holder	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale 1:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-51-046_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Brake-toggle-switch-holder	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title Brake toggle switch holder		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-51-046
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1
		Format A4	

4

3

2

1

4

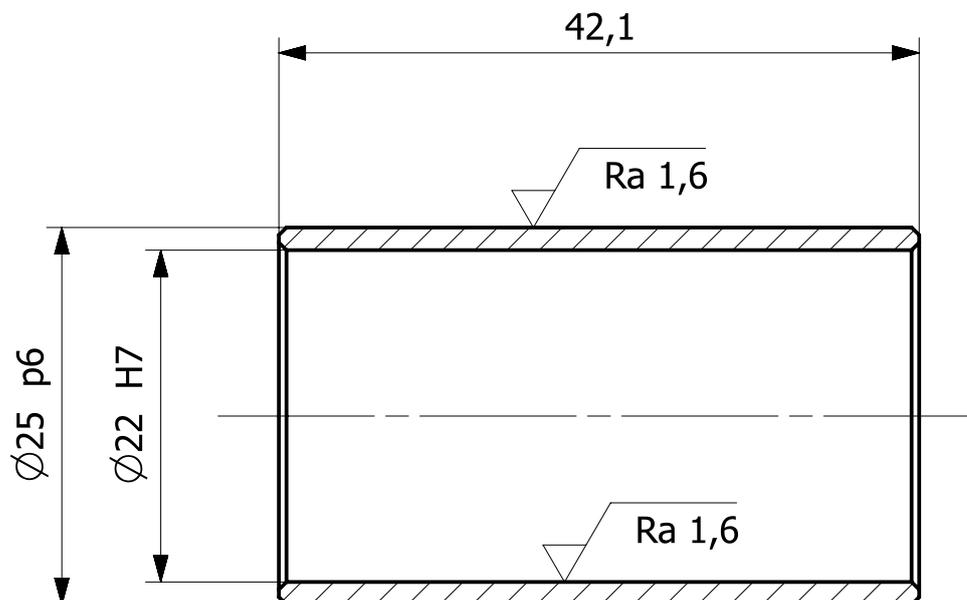
3

2

1

D

D



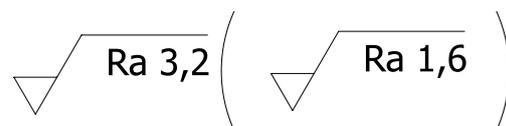
C

C

B

B

NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0.5 X 45°



1	<input checked="" type="checkbox"/>	KR30 - 65	EN AW 7075 T6		0,013		UWB05-06-51-000	5
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	26.3.2018	Hlista. M		
Prezkousel / Checked by				
Schvalil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

UNIVERSITY
OF WEST BOHEMIA

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-06-51 -047_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-housing	Formula Student	2:1
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	
	UWB05-06-51 -047_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Balanced-bar-housing		
Nazev / Title	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
Balance bar housing		UWB05-06-51-047	A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

A

A

4

3

2

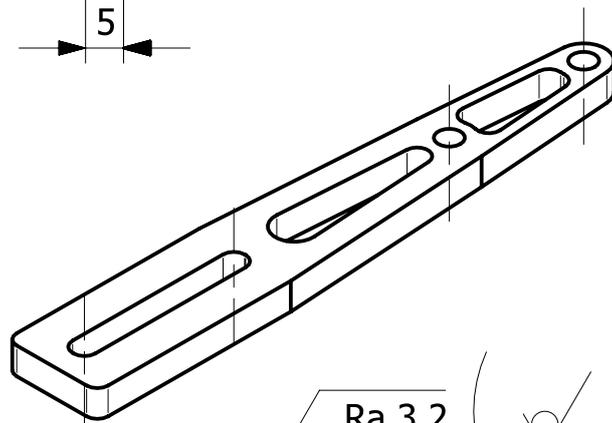
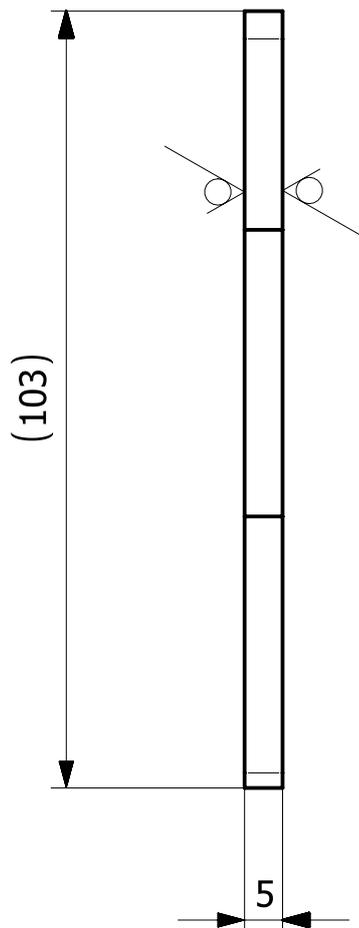
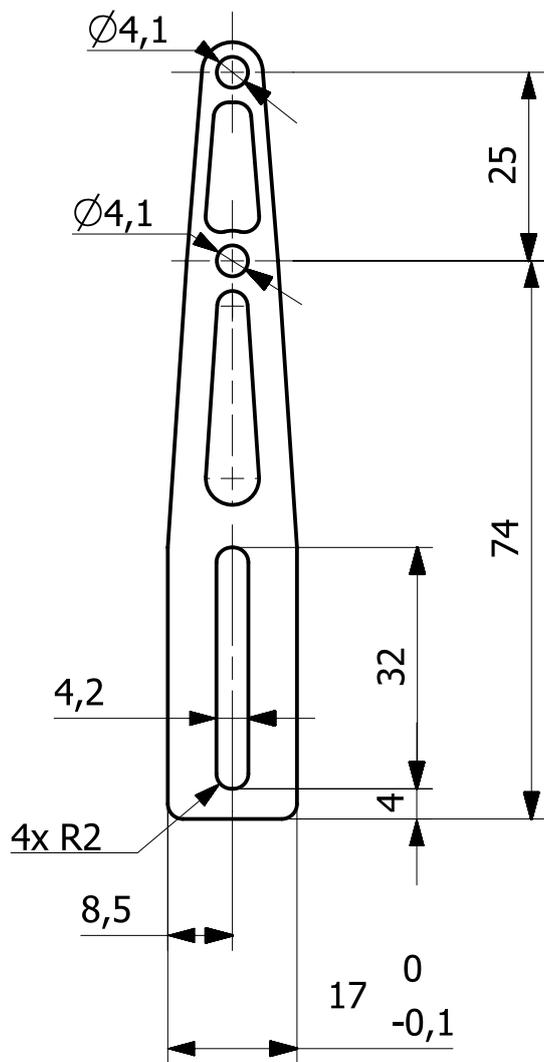
1

4

3

2

1



Ra 3.2

VYPÁLIT DLE DXF

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P5 - 125 x 40	EN AW 7075 T6		0,014		UWB05-06-51-000	14
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovary	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	26.3.2018	Hlista. M		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature

UNIVERSITY
OF WEST BOHEMIA

Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

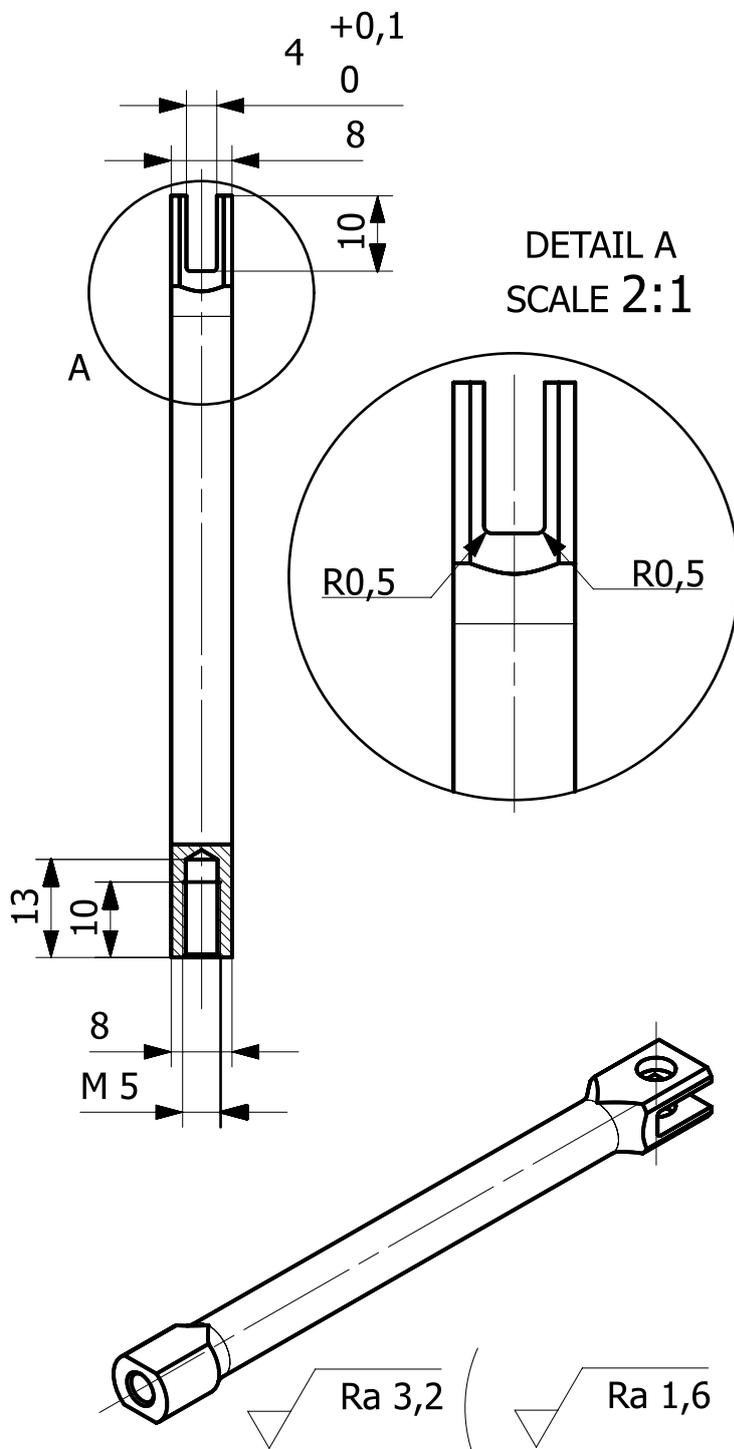
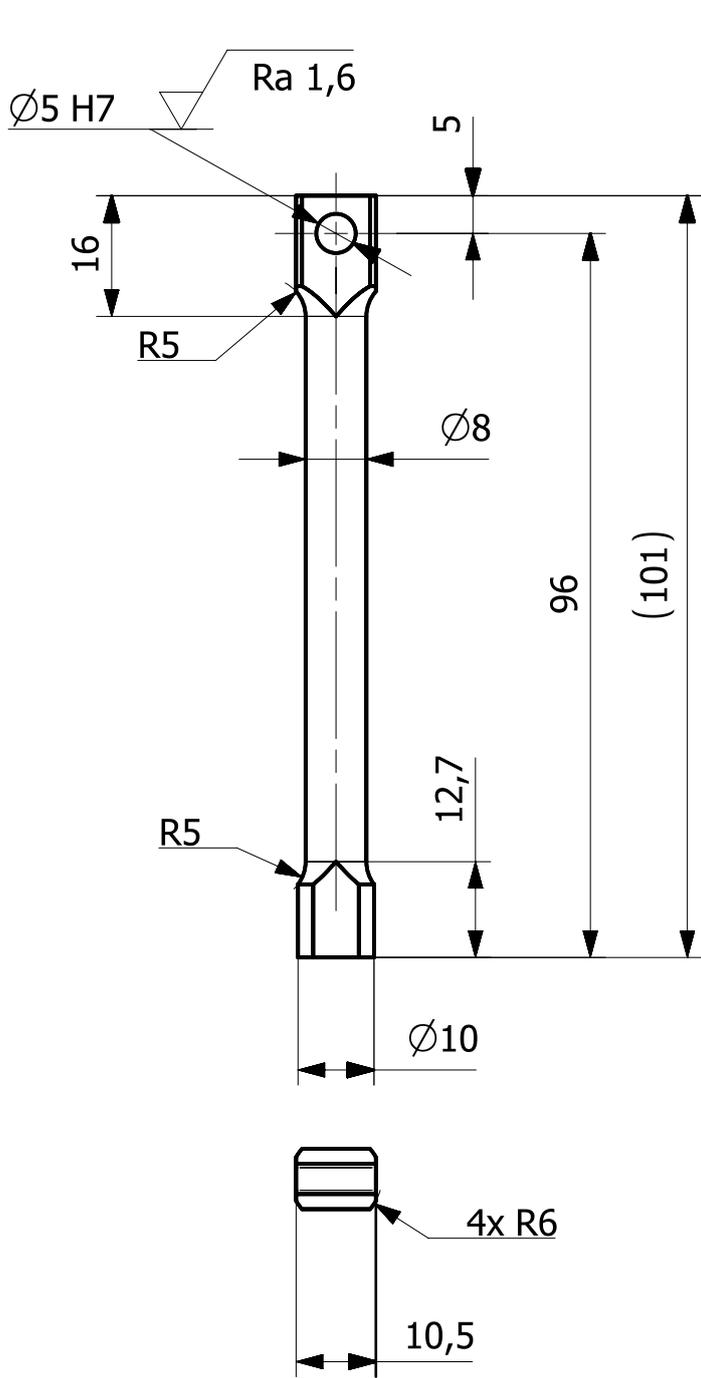
 ISO 128 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-51-048_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Footer-stoper-Holder-Throttle	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-51-048_Cockpit_Pedals_Pedal-box_Footer-stoper-Holder-Throttle	C.sestavy / Assembly No.	1:1
Nazev / Title Foot stoper holder throttle		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-51-048	Format A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1

4

3

2

1



NEÓKOTOVANÉ SRAŽENÍ 0,5 x 45°

1		KR14 -130	EN AW 7075 T6		0,014		UWB05-06-51-000	4
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

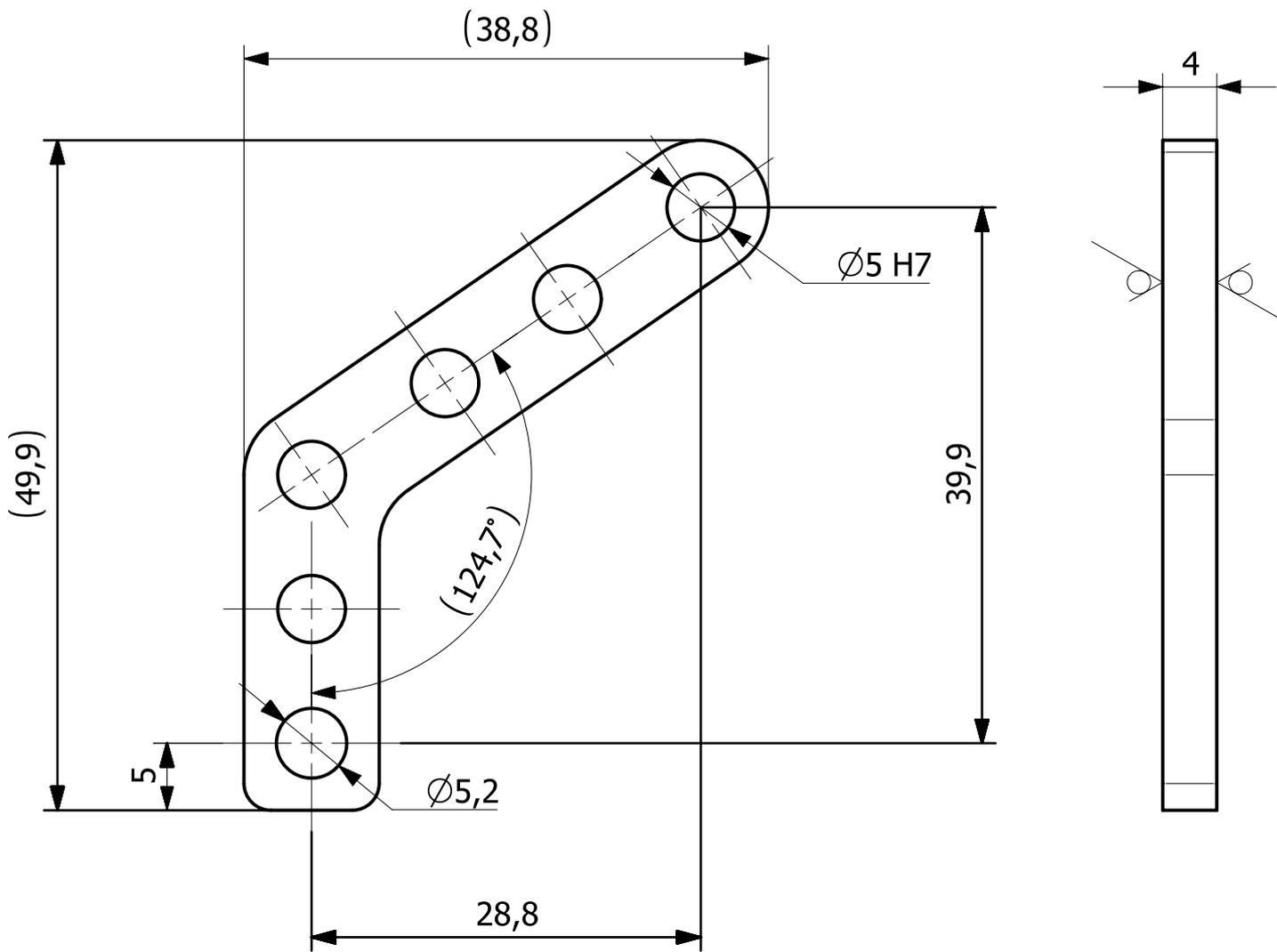
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kresil / Drawn by	Hlista. M	4.4.2018		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

 Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Projekt / Project:	Meritko / Scale
	UWB05-06-53-002_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle-brace	Formula Student	1:1
	Soubor-vykres / DRW-file	C.sestavy / Assembly No.	
	UWB05-06-53-002_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle-brace		
Nazev / Title	Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	Format
Throttle brace		UWB05-06-53-002	A4
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1



✓ Ra 3.2 (✓)

VYPÁLIT DLE DXF

1	<input checked="" type="checkbox"/>	P4 - 70 x 60	EN AW 7075 T6		0,006		UWB05-06-51-000	2
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polotovar	Material	T.O.	C.hmot.	Hr.hmot.	Cislo vykresu sestavy	Poz.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.	Pos.

CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name		
Kreslil / Drawn by	4.4.2018	Hlista. M		
Prezkoušel / Checked by				
Schválil / Approved by				
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature



Vsechna prava vyhrazena / All rights reserved

Poznamka / Note:

Tolerance / Tolerovani ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file UWB05-06-53-003_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle_brace_peg_holder	Projekt / Project: Formula Student	Meritko / Scale 2:1
	Soubor-vykres / DRW-file UWB05-06-53-003_Cockpit_Pedals_Gas_cable_control_Throttle_brace_peg_holder	C.sestavy / Assembly No.	
Nazev / Title Throttle brace peg holder		Rev.	Cislo vykresu / Drawing No. UWB05-06-53-003
		List / sheet no. 1	Pocet listu / sheets 1
		Format A4	