

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301

Strojní inženýrství

Studijní zaměření: 2301T001

Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh invalidního vozíku pro sportovní účely

Autor: Bc. Jan Vodolán

Vedoucí práce: Ing. Jiří Barták

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan VODOLÁN**
Osobní číslo: **S13N0026K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Konstrukční návrh invalidního vozíku pro sportovní účely**
Zadávací 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:

Vytvořte řešerši sportů pro tělesně postižené a sportovních vozíků pro tyto sporty. Jeden sport vyberte a zpracujte výtah z pravidel hry. Navrhněte vlastní konstrukci vozíku pro vybraný sport. Při návrhu dbejte na nízké výrobní náklady, při zachování pevnostních požadavků. Konstrukční provedení vozíku musí splňovat předpisy uvedené v pravidlech hry. V rámci řešení konstrukčního návrhu vytvořte 3D model. Jednotlivé prvky konstrukce stručně popište. V souladu s 3D modelem zpracujte výrobní výkresovou dokumentaci s ohledem na výrobní možnosti zadavatele. Součástí projektu budou simulační výpočty. V případě realizace výroby proveďte funkční zkoušky. Sestavte finanční rozvahu.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Popis tělesných postižení
2. Rešerše sportů a vozíků
3. Konstrukční návrh - koncept, 3D model, simulační výpočty
4. Výrobní dokumentace - výkresy
5. Hodnocení návrhu

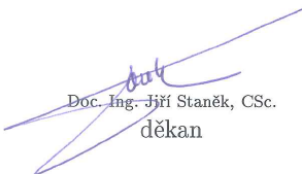
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojího inženýra 1. Brno: Computer Press, 1999

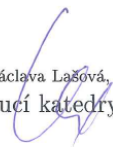
IWRP International Rules for the Sport of Wheelchair Rugby. Richmond, 2012

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

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Barták**
KKS
Konzultant diplomové práce: **Ing. Petr Barták**
Katedra konstruování strojů
Datum zadání diplomové práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Vodolán	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Barták	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh invalidního vozíku pro sportovní účely		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	111	TEXTOVÁ ČÁST	88	GRAFICKÁ ČÁST	23
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce se zabývá návrhem invalidního vozíku pro rugby. V první části jsou popsány druhy postižení, vybrané sporty pro tělesně postižené, pravidla hry a je zde provedena rešerše vozíků na trhu. Druhá část znázorňuje pomocí 3D modelu jednotlivé funkční části. Ve třetí části je popsán kontrolní výpočet rámu a finanční kalkulace materiálových nákladů. Součástí práce je výkresová dokumentace.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Rugby, invalidní vozík, postižení, kvadruplegie, paraplegie</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Vodolán	Name Jan	
FIELD OF STUDY	2301T001 „Transport Vehicles and Handling Machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Barták	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Construction design of a wheelchair for sporting purposes		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	111	TEXT PART	88	GRAPHICAL PART	23
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis describes the design of a wheelchair for rugby. The first section describes the types of disability, types of sports for disabled, the rules of the game and there are search wheelchairs on the market. The second part illustrates using a 3D model of the individual functional parts. The third section describes the calculation of the strength and the financial calculation of material costs. Component of this work is drawing documentation.
KEY WORDS	rugby, wheelchair, disabilities, quadriplegia, paraplegia

Děkuji tímto Ing. Jiřímu Bartákovi, Ing. Petru Bartákovi, Ing. Tomáši Görnerovi a Mgr. Davidovi Lukešovi za cenné rady, připomínky, ochotu a odborné konzultace. Dále děkuji všem, kteří mě v průběhu studia podporovali a povzbuzovali.

Obsah

1 Úvod.....	10
2 Tělesně postižení	12
2.1 Dělení tělesných postižení	12
2.1.1 Plegie	12
2.1.2 Kvadruplegie	13
3 Sporty pro osoby s tělesným postižením.....	15
3.1 Sporty pro vozíčkáře s ukázkami vozíků.....	16
3.1.1 Atletika vozíčkářů	17
3.1.2 Basketbal na vozíku.....	19
3.1.3 Tenis na vozíku	20
3.1.4 Boccia	21
3.1.5 Curling pro vozíčkáře	23
4 Rugby pro vozíčkáře	24
4.1 Historie hry	24
4.2 Výtah z pravidel	25
4.3 Hřiště a vybavení pro Quad rugby	26
5 Hodnocení způsobilosti ke hře rugby na vozíku	28
5.1 Klasifikace hráče.....	28
5.1.1 Hráč s hodnocením 0,5 bodu.....	29
5.1.2 Hráč s hodnocením 1,0 bodu.....	30
5.1.3 Hráč s hodnocením 1,5 bodu.....	31
5.1.4 Hráč s hodnocením 2,0 bodu.....	31
5.1.5 Hráč s hodnocením 2,5 bodu.....	32
5.1.6 Hráč s hodnocením 3,0 bodu.....	33
5.1.7 Hráč s hodnocením 3,5 bodu.....	34
5.1.8 Hráč s hodnocením 4,0 bodu.....	34
6 Průzkum trhu	35
6.1 Schmicking	35
6.2 Meyra – série Hurricane	36
6.3 RHINO – Melrose	37
6.4 Wolturnus Rugby	38
6.5 GTM Raptor.....	39
7 Návrh konstrukce.....	40
7.1 Specifikace požadavků	40

7.2 Návrh variant	40
7.2.1 Varianta 1.....	41
7.2.2 Varianta 2.....	44
7.2.3 Varianta 3.....	46
7.3 Hodnocení variant	47
7.4 Specifikace základních rozměrů	47
7.5 Návrh – 3D model	50
7.5.1 Sestava	51
7.5.2 Rám.....	53
7.5.2.1 Nosná část	56
7.5.2.2 Uchycení hlavních kol	57
7.5.2.3 Vedení sedadla a opora nohou.....	58
7.5.2.4 Uložení opěrných koleček.....	59
7.5.2.5 Uchycení nárazníku	60
7.5.2.6 Zpevňující prvky.....	61
7.5.3 Nárazník.....	62
7.5.4 Opěrná kola	63
7.5.5 Sedák.....	64
7.5.6 Nášlap	66
8 Pevnostní výpočet.....	67
8.1 Pevnostní analýza rámu	67
8.1.1 Okrajové podmínky	67
8.1.2 Určení mezních stavů.....	68
8.1.3 Výsledky analýzy	69
8.2 Zhodnocení	73
9 Finanční rozvaha.....	74
10 Závěr	76
Resume	77
Bibliografie.....	78
Seznam obrázků	81
Seznam tabulek	82
PŘÍLOHA č. 1	83
PŘÍLOHA č. 2	85
PŘÍLOHA č. 3	87

1 Úvod

Dnešní moderní doba na počátku 21. století dovoluje lidem všech věkových kategorií různorodé sportovní vyžití. Sportovní svět již není jen pro zdravé sportovce, ale nabízí mnoho aktivit i pro tělesně hendikepované osoby, a to ve sportu profesionálním i volnočasovém. Jedním z největších průkopníků sportovních aktivit pro hendikepované u nás je Rehabilitační ústav Kladruby, v jehož blízkosti jsem vyrůstal a v dětství jsem vídal mnoho, zejména mladých lidí, kteří jsou upoutáni na invalidní vozík. Právě sport lidem s hendikepem mimo jiné pomáhá při zotavování se po úrazech, při léčbě pohybového aparátu a při návratu do běžného života.

Při výběru tématu diplomové práce mě tedy téma návrhu vozíku pro sportovce s tělesným postižením oslovilo. Dále mi byla zprostředkována spolupráce především s Davidem Lukešem, hráčem Rugby pro tělesně postižené. David se aktivně zapojuje do sportovního dění vozíčkářů nejen v ČR, ale také v zahraničí, a proto jeho pomoc a rady při tvorbě této diplomové práce byli velmi přínosné a cenné.

S Rugby pro tělesně postižené, neboli Quad- rugby jsem se poprvé seznámil poté, co mě David pozval na mezinárodní turnaj, kterého se také s jeho týmem účastnil, a jehož je kapitánem, který se každoročně koná v Nymburce. Zde jsem tedy měl možnost vidět tuto hru naživo a vozík v plném nasazení. David mě na turnaji seznámil i s dalšími hráči a byla mi nabídnuta jejich pomoc při návrhu vozíku formou konzultací. Dohodli jsme se, že tento první prototyp, který je předmětem mé diplomové práce, bude určen konkrétnímu hráči a bude mu navržen přímo na tělo.

Nyní bych chtěl ještě nastínit účel tohoto projektu a motivaci lidí, kteří se na něm podílejí. Podmínkou účasti ve hře je tělesný hendikep hráče. Hra je určena pro Quadraplegiky tzn. osoby s omezenou hybností všech 4 končetin. Tito lidé jsou buď ochrnutí po úraze krční páteře, nebo prodělali nějaké onemocnění – např. dětskou mozkovou obrnu (DMO). Sport jim je dobrým pomocníkem v kontaktu s okolím a dokáže jim zpříjemnit život. Náš tým se tedy snaží o to, aby sport byl pro tyto hendikepované lidi co možná nejdostupnější. Cílová skupina, pro kterou vozík navrhuji, nejsou profesionální sportovci, ale lidé, kteří chtějí s tímto sportem začít. Takový člověk, který dostane šanci koupit nový cenově dostupný vozík, avšak ne pochybné kvality, bude mít možnost začít trénovat. To je hodně důležité, málo lidí je totiž ochotno nejprve investovat značné finanční prostředky do špičkového sportovního vybavení a následně zjišťovat, zda je daný sport bude naplňovat. V současnosti je praxe taková, že zkušení hráči přenechávají své použité a mnohdy již dosti poničené vozíky nově příchozím členům. To s sebou nese i nevýhodu tu, že vozík nemusí rozměrově vyhovovat danému hráči a hra je pro něj obtížnější.

Naším cílem bude navrhnout sportovní vozík pro Rugby tělesně postižených tak, aby byl vyroben z kvalitních materiálů, splňoval určité životnostní požadavky, ale zároveň byl cenově dostupný. Vozíky renomovaných firem jsou sice technologicky vyspělé, avšak pro mnohé cenově nedosažitelné. Není totiž výjimkou, že tyto vozíky se pohybují v cenové relaci nového menšího automobilu.

Cena je tedy faktor, který se prolíná celým návrhem vozíku. V počáteční fázi projektu zhodnotím nabídku podobných produktů na trhu, následně provedu specifikaci požadavků na navrhovaný vozík. Tímto vyberu vhodnou koncepci vozíku. Dále zpracuji 3D návrh, ve kterém použiji zčásti nakupované díly a zčásti díly vlastní konstrukce. Dalším bodem návrhu bude pevnostní analýza rámu pomocí metody konečných prvků. Pokud tímto odhalím poddimenzovaná místa, či naopak silně předimenzovaná, bude provedena jejich optimalizace. K součástem, které zkonstruuji, zhotovím výkresovou dokumentaci pro výrobu. V závěru práce provedu finanční zhodnocení celého projektu a zhodnotím, zda jsem naplnil požadavky, které jsem si kladl na počátku práce.

2 Tělesně postižení

Každý si jistě v životě zažil situaci, kdy byl i drobným úrazem omezen ve svém standardním způsobu života. V takovém okamžiku si uvědomíme, že vše není samozřejmostí a náš náhled na životní hodnoty se do jisté míry změní. Právě osoby, které trpí tělesným postižením, které není pouze přechodné, se s ním často vyrovnávají skrze sportovní aktivity. V dnešní době mají osoby s různými stupni tělesného postižení mnoho možností věnovat sportu, který jim jejich zdravotní stav dovolí. Nejčastějšími sporty pro tyto osoby jsou atletika, basketbal, síťové sportovní hry, sledge hokej, boccia a rugby.

2.1 Dělení tělesných postižení

Tělesná postižení se dělí na vrozená, která vznikají během těhotenství nebo při porodu a postižení získaná, zapříčiněná úrazem či chorobou. Další způsob dělení poruch hybnosti je kvantitativní poruchy motorické inervace, kam bychom mohli zařadit plegii a parézu a kvalitativní poruchy hybnosti, což se projevuje chorobnými abnormálními pohyby, spazmaty apod.

2.1.1 Plegie

U 15 – 20% pacientů, u kterých došlo k poranění páteře, je také poškozena mícha. Pokud je mícha poškozená v jakémkoliv úseku, všeobecně se hovoří o „paraplegii“. Následkem tohoto poškození dochází k poškození motorických, senzitivních a vegetativních drah míchy. Tato poškození mohou být jak částečná, tak úplná. Motorické výpadky vedou k ochrnutí, senzitivní ke ztrátě či omezení kvality citu a vegetativní poškození míšních drah vede k dysregulaci či poruchám funkce vnitřních orgánů.

V případě, že jsou postiženy horní končetiny, trup a dolní končetiny, mluvíme o tetrapostižení. Úroveň postižení je pak nad hrudním segmentem Th2. Pokud je postižen celý trup a dolní končetiny, zatímco horní končetiny jsou naprosto bez omezení, došlo k poškození pod segmentem Th4 a mluvíme o parapostižení.

Poškození funkcí míchy může být buď kompletní a v tomto případě ji označujeme jako *tetraplegii* či *paraplegii*. Je-li motorika zachovalá nebo pouze oslabená, mluvíme o *tetraparéze* či *paraparéze*.¹

¹ WENDSCHE, Peter a kol. *Poranění míchy: ucelená ošetrovatelsko-rehabilitační péče*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2009. 226 s. ISBN 978-80-7013-504-4. str.13-14.

2.1.2 Kvadruplegie

Kvadruplegií nazýváme stav po poranění míchy v oblasti krční páteře. Kvadruplegik má v různé míře (podle výšky poranění míchy) postiženy všechny čtyři končetiny. Příčinou kvadruplegie jsou nejčastěji úrazy, jako skok do vody, autohavárie atd. Další příčinou mohou být onemocnění, například nádory utlačující míchu.²

Podle místa, ve kterém je krční páteř poraněna, dochází k různým následkům postižení. Krční páteř je tvořena sedmi obratli, označovanými C₁ – C₇.



Obr. 1: Popis segmentů páteře³

Červená barva označuje krční obratle, modrá hrudní o., žlutá bederní o., zelená křížové o. a fialová kostrční o.

² PFEIFFER, J. Neurologie v rehabilitaci pro studium a praxi. 1.vyd. Praha: GRADA Publishing, 2007. 352 s. ISBN 978-80-247-1135-5

³ <http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1te%C5%99> [3. února 2014]

Poranění míchy nad míšním segmentem C₄

Pokud dojde k poškození v těchto horních částech krční páteře, vzniká stav nazývaný pentaplegie. Pentaplegik má poškozené všechny čtyři končetiny a pátým segmentem je bránice. Jedná se o velmi závažný stav, který je ve většině případů neslučitelný se životem, neboť dýchání musí být uměle aktivováno.

Poranění míšního segmentu C₄

Při poranění míchy v tomto segmentu dochází ke značné závislosti postiženého člověka na druhé osobě. Pohyb je možný pouze s vozíkem ovládaným bradou. Zároveň je oslabena schopnost dýchání, které musí být v mnoha případech podporováno dýchacími přístroji.

Poranění míšního segmentu C₅ – C₆

V tomto případě je postižená osoba stále závislá na péči jiné osoby, ale ne již v takové míře, jako v předchozím případě. Postižený si dokáže částečně obléct horní polovinu těla, sednout si i lehnout na lůžku. K pohybu mu slouží nejčastěji elektrický vozík, který je schopný ovládat rukou. Mechanický vozík dokážou ovládat pouze na rovině.

Poranění míšního segmentu C₇

Při porušení míchy v této části krční páteře je člověk samostatný při aktivitách v běžném životě. Je schopen za pomoci přesunu na vozík a dokáže řídit upravený osobní automobil.

3 Sporty pro osoby s tělesným postižením

Počátky paralympijského sportu lze sledovat od roku 1948, kdy se ve Velké Británii uskutečnily první Stoke – mandevillské hry sportovců - vozíčkářů. Těchto her se zúčastnilo 16 sportovců avšak pouze z britských ostrovů. Shora uvedené označení je odvozeno od místa Stoke Mandeville, kde se nacházel rehabilitační ústav pro tělesně postižené, který vedl neurolog sir Ludwig Guttmann. Právě on je považován za zakladatele a propagátora sportu osob se zdravotním postižením. Díky jeho podpoře se roku 1952 uskutečnily první mezinárodní hry vozíčkářů, kterých se zúčastnilo 130 sportovců na ortopedických vozících. Díky velkému mezinárodnímu ohlasu byla téhož roku založena mezinárodní sportovní organizace vozíčkářů (Internacional Stoke Mandeville Games Federation).

Již v roce 1960 se siru Guttmannovi podařilo zorganizovat v Římě první olympijské hry po osoby s tělesným postižením, které později dostaly označení paralympiády, jež se od této doby konají vždy ve stejném roce jako olympijské hry a paralympionici soutěží na stejných olympijských sportovištích.

Dalším významným mezníkem se stal rok 1964, kdy byla založena Mezinárodní sportovní organizace pro zdravotně postižené (International Sport Organization for the Disabled – ISOD), jež je zaměřena na podporu a rozvoj sportu osob s amputacemi a jinými tělesnými postiženími.⁴

Jak již bylo výše zmíněno, první paralympijské hry se konaly v září roku 1960 v Římě, dva týdny po konání letních olympijských her. Těchto her se zúčastnilo 400 sportovců z 23 zemí celého světa. Jednotlivé soutěže byly vypsány pouze pro sportovce s paraplegií a disciplínami prvních paralympijských her byla lukostřelba, basketbal, šerm, lehká atletika a plavání. Postupem let se přidávaly další sporty a zároveň se rozšířil okruh postižení, se kterými se mohli účastnit paralympiád také zrakově postižení (1976), sportovci s amputovanými končetinami (1976), po dětské mozkové obrně (1980) a nakonec i mentálně postižení (1992).

Moderní letní paralympijské hry zahrnují devatenáct sportovních disciplín, kterými jsou lukostřelba, atletika, boccia, cyklistika, pararezura, fotbal (5-a-side, 7-a-side), goalball, judo, powerlifting, veslování, vodáctví, střelba, plavání, stolní tenis, volejbal, basketbal, šerm, rugby, tenis.

V případě zimních paralympijských šel jejich vývoj pomaleji, než v případě letních paralympiád. První zimní paralympijské hry se konaly v roce 1976 ve švédském městě Örnsköldsviku. Závodili zde lyžaři s amputovanými končetinami a zrakovým postižením v klasickém i sjezdovém lyžování. Další disciplínou bylo rychlobruslení na speciálních saních.

⁴ JANEČKA, Zbyněk. *Vybrané kapitoly ze sportu osob se zdravotním postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, 113 s. Učebnice (Univerzita Palackého v Olomouci). ISBN 978-802-4431-079, str. 7 - 8.

Vozíčkáři se však zúčastnili až následujících her v roce 1980, kdy se zde uskutečnil závod v lyžování na speciálních saních.

V současnosti jsou zimními paralympijskými sporty uznány alpské lyžování, sledge hokej, severské lyžování a curling vozíčkářů.

Obsah následující podkapitoly tedy věnuji sportům určených pro vozíčkáře, kdy nejprve vyzdvihnu jejich základní zásady a principy a následně seznámím s vozíkem, který je pro daný druh specifický.

3.1 Sporty pro vozíčkáře s ukázkami vozíků

Ze shora uvedeného výčtu jasně vyplývá, že ne všechny paralympijské sporty jsou určeny právě pro vozíčkáře. Ze sportů ledních paralympijských her to jsou atletika, basketbal, šerm, rugby, tenis a boccia. Zimními sporty vozíčkářů čítají sledge hokej a curling. Ať se jedná o letní či zimní sport, každý sportovec má vždy individuálně upravený vozík pro daný typ sportu tak, aby vše odpovídalo pravidlům hry.

Ortopedický vozík je kompenzační pomůckou, která usnadňuje život osobám s různými druhy postižení. S ohledem na velmi rozdílné typy tělesných postižení byly vyvinuty různé druhy vozíků, jejichž základní dělení je na mechanické a elektrické. Uživateli elektrických vozíků jsou především osoby s nejtěžšími stupni postižení (kvadruplegici, progresivní svalové onemocnění atd.). Mechanické vozíky dělíme na pasivní, které slouží k přepravě s pomocí jiných osob, každodenní aktivní, sportovní a vozíky pro jízdu (formulky). Právě aktivní vozíky jsou konstruovány tak, aby jejich majitelům umožnily co nejméně problematické fungování v běžném životě. Vyznačují se především nízkou hmotností (13-15 kg), lehkou ovladatelností a možností jejich složení.

Sportovní vozíky jsou konstruovány pro každý sport individuálně. Důležitými prvky pro jejich využití ve sportu je vždy nízká hmotnost a dobrá ovladatelnost. V případě profesionálních sportovců je každý vozík vyráběn na míru pro konkrétní osobu, neboť musí být přizpůsoben jeho tělesným dispozicím. Vysoké nároky na tyto vozíky se odrážejí zejména v jejich pořizovací ceně.

Základním rozdílem mezi sportovním vozíkem a vozíkem pro každodenní použití je zejména v postavení jejich kol. Sportovní vozíky se vyznačují typicky zkosenými zadními koly, která posilují stabilitu vozíku. Dalšími výraznými prvky jsou např. nárazníky u kontaktních sportů, kterými je např. basketbal nebo rugby.⁵

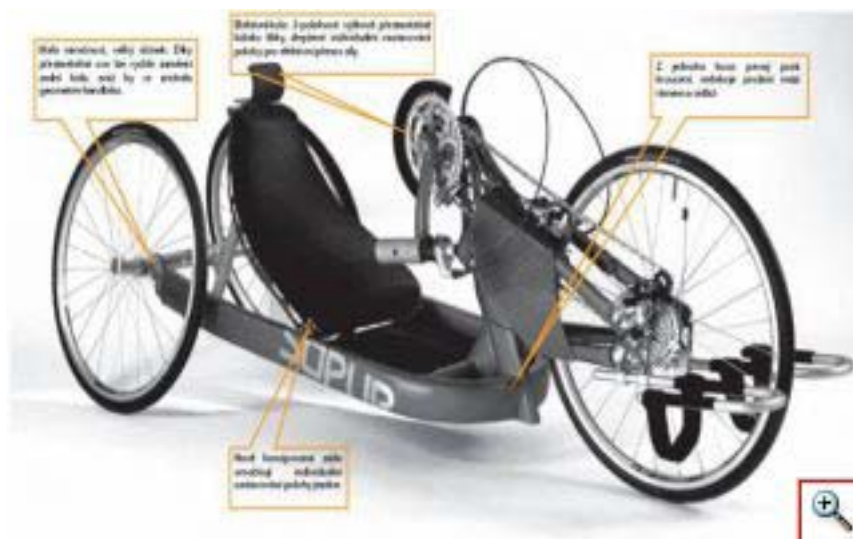
⁵ KUDLÁČEK, Martin a kol. *Aplikované pohybové aktivity pro osoby s tělesným postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 122 s. Skripta. ISBN 978-80-244-1655-7, str. 30-32.

3.1.1 Atletika vozíčkářů

Průkopníkem atletiky osob s tělesným postižením byl v České republice rehabilitační ústav v Kladrubech, kde se od roku 1947 konaly Kladrubské hry zaměřené zejména na atletiku vozíčkářů, a to v disciplínách hod koulí, hod oštěpem a hod diskem.

Do skupiny atletů na vozíku řadíme sportovce, kteří jsou takto handicapováni z důvodu úrazů páteře, oboustranné nadkolenní amputace dolních končetin, rozštěpu páteře a poliomyelitidy⁶. V souvislosti s mírou postižení dělíme atletiku vozíčkářů na kvadruplegiky (poškození páteře C5 – C8) a paraplegiky (poškození páteře TH1 – S2). Toto sportovní odvětví má 13 kategorií, kdy jsou rozlišovány disciplíny v poli (8) a na dráhu (5). Rozlišení je dáno stupněm a charakterem postižení sportovce.

V případech zmiňovaných disciplín na dráze používají sportovci speciální vozíky vyrobené každému na míru. Závodní vozík musí mít alespoň 3 kola, dvě velká vzadu a jedno vpředu. Formule, jak je tento sportovní vozík označován, nesmí mít žádné brzdící ani přídatné zařízení. Povinnou výbavou oproti jiným sportům je přilba v závodech od 400 m.



Obr. 2: Závodní vozík - formule⁷

⁶ Poliomyelitida (dětská obrna) - je virové infekční onemocnění, které napadá lymfatické tkáně nosohltanu a tenkého střeva a může proniknout do nervové soustavy; u 75% nakažených jsou obrny trvalé s následným rozvojem atrofí a deformit

⁷ <http://www.apa.upol.cz/web/index.php/pomcky.html> [10. února 2014]



Obr. 3: Jízda na vozíku⁸

V případě disciplín v poli soutěží sportovci ze speciálních vrhačských rámců nebo z klasických vozíků. Rozdíl těchto rámců oproti vozíkům je v tom, že vrhačské rámy nejsou nijak standardizovány a sportovec si je může dle svých potřeb přizpůsobit. Disciplínami, ve kterých sportovci soutěží v poli jsou vrh koulí, hod oštěpem, hod kuželkou a hod diskem. Stejně jako v atletice nepostižených má sportovec 3 hody za sebou a 8 nejlepších postupuje do finále. Zvláštní kategorií pak tvoří pětiboj vozíčkářů, který v sobě kombinuje dvě jízdy a všechny vrhačské disciplíny.



Obr. 4: Vrhačský rám⁸

⁸ <http://www.apa.upol.cz/web/index.php/pomcky.html> [10. února 2014]

3.1.2 Basketbal na vozíku

Basketbal vozíčkářů patří celosvětově k nejrozšířenější a nejoblíbenější sportovní disciplíně tělesně postižených osob, který vznikl po druhé světové válce nezávisle ve dvou centrech, kterými bylo USA a Velká Británie. Tento sport byl totiž využíván k rehabilitaci v nemocnicích pro válečné veterány. Ke sjednocení došlo po vzniku Mezinárodní basketbalové federace vozíčkářů (IWBF) roku 1973.

Znakem tohoto sportu pro osoby s tělesným postižením je to že, jeho pravidla jsou téměř totožná s klasickým basketbalem. Odchyly lze spatřovat zejména v úpravě pravidel ohledně pohybu hráčů s míčem. Hráči se zejména nesmějí nadzvíhovat ze sedačky, skákat na vozíku či v situaci, kdy drží míč zvedat obě zadní kola. Charakteristickým znakem basketbalu vozíčkářů je možnost blokování vozíkem, jako specifický způsob vedení útoku. Hráči jsou pro tuto hru dle přesných pravidel bodově klasifikováni od 1 do 4,5 bodu podle stupně postižení. Aby byly síly v týmech vyrovnané, je maximální možný součet bodů jednoho družstva na hřišti 13,5 bodu.

Původně sportovci při tomto sportu používali klasické invalidní vozíky. Postupem času, jak docházelo k profesionalizaci tohoto sportu, byly vyvinuty speciální vozíky, které umožňují sportovcům lepší pohyb na hřišti a zároveň eliminují zranění, ke kterým může dojít v rámci hry. Pravidla hry přesně určují rozměry vozíku, které nesmějí být přesaženy. V současné době existuje celá řada výrobců nabízející basketbalové vozíky, ze kterých si může vybrat sportovec se všemi stupni tělesného postižení.



Obr. 5: Basketbalový vozík Wolturnus⁹

⁹ <http://mujvozik.cz/voziky/sport-a-aktivni-zivot/wolturnus-basket/> [10. února 2014]



Obr. 6: Basketbalový vozík ALL COUR¹⁰



Obr. 7: Basketbalový vozík TERMINATOR BB¹⁰

3.1.3 Tenis na vozíku

Oproti shora uvedeným sportům pro vozíčkáře, je historie tenisu vozíčkářů mnohem kratší. Poprvé se tento sport objevil v roce 1976 v USA. Stejně jako v případě shora uvedeného basketbalu, jsou pravidla tenisu vozíčkářů téměř totožná s klasickým tenisem, kdy se hraje na klasických tenisových kurtech, avšak určitá specifika zde opět nalezneme. Jsou jimi možnost dvojího odskočení míče na soupeřově poli. Vozík se v této hře považuje za součást těla hráče. Proto v případě dotyku vozíku sítě nebo míče vozíku, jsou udělovány trestné body. U sportovců, kteří nejsou schopni fyzicky uvést vozík do pohybu pomocí kol, si mohou pomoci odrazem jednou nohou.¹¹

Vozík určený pro tento sport je konstruován tak, aby zajistil hráči co největší stabilitu, neboť se předpokládá dynamický pohyb hráče na kurtu. Proto je vozík vybaven podpůrnými kolečky vpředu i vzadu. Hlavní kola vozíku jsou pak výrazně zkosená. Oproti jiným sportům pro tělesně postižené nerozlišuje tenis typy a stupně tělesných postižení. Je proto sportem vhodným jak pro paraplegiky, amputáře i hráče s částečnou lézí páteře.

¹⁰ <http://www.apa.upol.cz/web/index.php/pomcky.html> [10. února 2014]

¹¹ <http://www.cwta.cz/index.php/cs/>



Obr. 8: Tenisový vozík s třemi podpůrnými kolečky¹²



Obr. 9: Tenisový vozík se dvěma podpůrnými kolečky¹³

3.1.4 Boccia

Boccia je sportovní aktivita podobná francouzské hře pétanque. Odchylnou je ovšem sportovní náčiní, kdy se v této hře používají modré a červené míčky z měkké kůže oproti pro pétanque typických kovových koulí vyrobených z oceli nebo slitin různých kovů. Boccia je jedinou sportovní disciplínou, ve které mohou dohromady soupeřit hráči obou pohlaví. Zároveň tato hra otevírá možnost uplatnění pro osoby s těžkými stupni tělesných postižení, zejména pro osoby s dětskou mozkovou obrnou či s těžkými pohybovými dysfunkcemi končetin.

Bocciiu mohou hrát jak jednotlivci, tak družstva o dvou či třech hráčích. Kromě fyzických schopností vyžaduje tato hra zejména zdatnost a schopnost taktizovat. Jak již bylo výše zmíněno, ke hře je potřeba šest červených, šest

¹² <http://www.sportmanagement.sk> [18. února 2014]

¹³ <http://www.hamrsport.cz/> [18. února 2014]

modrých a jeden bílý míč. Cílem hry je pak umístit míče své barvy co nejbližší k bílému míči. Odhodové území je rozděleno do šesti odhodových boxů. Pomocným zařízením, které tato hra povoluje, jsou tzv. rampy, se kterou se hráč musí vejít do boxu. Skrze toto pomocné zařízení může sportovec nasměrovat míč správným směrem. Nesmí však používat jiná zaměřovací zařízení.¹⁴ Možnost použití rampy umožňuje provozovat tento sport osobám s nejtěžšími stupni postižení, které mají postižené zejména horní končetiny.

Vozík používaný pro tento sport má předepsanou maximální výšku sedu 60 cm a musí se vejít do hracího boxu. Žádnou jinou speciální konstrukční úpravu tato hra nevyžaduje. Hlavní kola jsou proto oproti jiným sportovním vozíkům kolmá, jako u klasického invalidního vozíku.



Obr. 10: Vozík pro hru Boccia s rampou¹⁵



Obr. 11: Míče pro hru Boccia¹⁵



Obr. 12: Rampa pro zaměření míče¹⁶

¹⁴ JANEČKA, Zbyněk. *Vybrané kapitoly ze sportu osob se zdravotním postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012, 113 s. Učebnice (Univerzita Palackého v Olomouci). ISBN 978-802-4431-079, str. 51 -59.

¹⁵ <http://www.boccia.xf.cz/> [18. února 2014]

¹⁶ <http://www.demandequipment.com/boccia-fusion.html> [18. února 2014]

3.1.5 Curling pro vozíčkáře

Historie curlingu sahá až do roku 1716, kdy byla ve Skotsku poprvé sepsána pravidla této hry. Ta se v nepatrné míře změnila v roce 1838, kdy byl v Edinburghu založen GRAND NATIONAL CURLING CLUB, který je považován za základ všech curlingových klubů, které postupem času vznikaly po celém světě.

Curling se provozuje na speciální ledové ploše, jež je podélně rozdělena do osově souměrných drah. V soutěži proti stojí dva čtyřčlenné týmy, kdy každý tým má sadu osmi kamenů barevně odlišených od kamenů soupeře. Základem hry je odhazování kamenů po ledové ploše z prostoru na jednom konci dráhy do prostoru na protějším konci. Cílem hry je pak umístit nebo udržet své kameny co nejbliže středu kruhů.

Hlavní odchylkou curlingu pro vozíčkáře oproti klasickému curlingu je zákaz používání metadel. Kameny jsou tedy odhazovány ze stojícího vozíku, který nemá žádné zvláštní konstrukční úpravy. Nohy sportovce se nesmí při odhozu dotknout ledu.¹⁷



Obr. 13: Hráč curlingu¹⁸

¹⁷ <http://www.curlinghk.cz/curling.html> [19. února 2014]

¹⁸ <http://skmagazine.eu/en/article/read/478/slovak-paralympians-make-history> [19. února 2014]

4 Rugby pro vozíčkáře

4.1 Historie hry

Sportovní hra Ragby pro vozíčkáře nazývaná taktéž Wheelchair rugby nebo Quad rugby je kolektivní míčová hra, která zahrnuje prvky basketbalu, amerického fotbalu, házené a ledního hokeje. Počátky této hry se datují do roku 1976, základ hry položila pětice kanadských sportovců na vozíku Jerry Terwin, Duncan Campbell, Randy Dueck, Paul a Chris Lejeune Sargent. Tito sportovci se s ohledem na svá těžká postižení nemohli uplatnit v basketbalu pro vozíčkáře. Původně se hře říkalo Murderball, a to díky přímému kontaktu sportovců a agresivním prvkům, které hra obsahuje.

Zprvu byla hra propagována družstvem Winipegu na exhibičních utkáních a již v roce 1977 dokázalo toto družstvo uspořádat první národní mistrovství, kterého se zúčastnili 4 týmy. Během následujících let se hra rozšířila i v sousedních Spojených státech a v mnoha rehabilitačních centrech byla brzy součástí sportovního rehabilitačního programu. Roku 1981 byl založen oficiální tým na univerzitě v Severní Dakotě. Následně byl uspořádán i první mezinárodní turnaj. V té době už hra nesla název Quad rugby. Zavedení tohoto názvu, který je výstižnější, mělo dva podstatné důvody. Prvním byl počet hráčů (quad znamená hovorově čtveřice) a druhým důvodem bylo, že quad je používanou a uznávanou zkratkou pro quadruplegiky, pro něž je hra určena.

Quad rugby bylo roku 1982 předvedeno jako ukázka na národním vozíčkářském mistrovství USA v Minnesotě. Od roku 1990 oficiálně existuje Světová asociace wheelchair rugby (IWRF – International Wheelchair Rugby Federation). V USA i v Kanadě se tak od roku 1990 pořádají národní i mezinárodní turnaje. Během posledních let se tato hra rozšířila do Evropy a Japonska.

V České republice byl v lednu 1993 založen první klub „SK Quadru Fit“ Hradec Králové, který se stal sídlem české ragbyové reprezentace. V roce 2000 byl dohodě všech týmů založen Český ragbyový svaz vozíčkářů (ČRSV). V České republice se pořádá každoročně prestižní mezinárodní turnaj Rugbymania, koná se vždy na podzim v Nymburce. První Rugbymania se konala v roce 1999 a od roku 2002 se ho účastní osm týmů z Evropy. V roce 2009 se turnaje účastnilo 10 týmů vozíčkářů.¹⁹

¹⁹ <http://www.qklub.cz/quad-rugby-popis-hry-a-pravidla/quad-rugby-historie/> [25.února 2014]

4.2 Výtah z pravidel²⁰

Rugby je hra čítající dvě mužstva o čtyřech hráčích. Účelem je vniknout s míčem do soupeřova bodovacího prostoru. Celé družstvo je složeno z dvanácti hráčů a jednoho trenéra, který může být zároveň hráčem. Trenér může mít na pomoc jednoho asistenta. Hlavní povinností trenéra kromě vedení mužstva je oznámení zapisovateli jména hráčů včetně jejich zdravotní klasifikace, což je velice důležité pro rozložení sil na hřišti během zápasu.

Vozíčkářské rugby se hraje na 4 čtvrtiny po 8 minutách. Přestávka po první a třetí čtvrtině je 2 minuty. Přestávka po druhé čtvrtině je 5 minut. V případě prodloužení trvá každá část prodloužení 3 minuty. 2 minutová přestávka má být mezi ukončením řádné hrací doby a prvním prodloužením. Je-li potřeba další prodloužení, jsou mezi nimi přestávky 2 minuty. V quad rugby se hraje míčem, který může být při jízdě položen na klíně, dále rukama nebo předloktím. Nohy nesmí být do hry zapojovány, v opačném případě je to klasifikováno jako přestupek a znamená to ztrátu míče. V případě, že má hráč míč ve svém držení, je povinen sním driblovat minimálně jedenkrát za deset sekund. Pokud tak neučiní, opět se jedná o přestupek. Stejným důsledkem je případ, kdy se míč dostane do zámezí, tedy kdy se nachází mimo hrací plochu.

Utkání i každá hra v prodloužení vždy začínají rozskokem ve středovém kruhu. Oba hráči, kteří se rozskoku účastní, musejí mít ruce v klíně a nesmí se dotýkat vozíku. Míče se smějí dotknout až v okamžiku, kdy se dotkne země, nebo jiného hráče. Druhým způsobem vhazování je tzv. „náhradní postup“. Jedná se o vhazování z postranní čáry ve středu hřiště. Uplatní se namísto rozskoku ve druhé, třetí a čtvrté části hrací doby i po odpískání držení míče. Držený míč je odpískán, když dva nebo více hráčů má jednu nebo obě ruce na míči, míč se zaklíní mezi vozíky, míč uvázne pod vozíkem, nebo jej protihráči současně vhodí do zámezí.

Družstvo, které získá míč ve své obranné polovině nebo obdrží branku, musí přejít do útočné poloviny v průběhu patnácti sekund. Porušením tohoto pravidla družstvo ztrácí míč. Za každou branku získává družstvo jeden bod. Branky je dosaženo, pokud hráč, který má míč v držení, přejede alespoň dvěma koly vozíku čáru ohraničující bodový prostor. Důležitý je tedy okamžik držení míče, neboť bez míče se smí hráč pohybovat v bodovacím prostoru deset sekund.

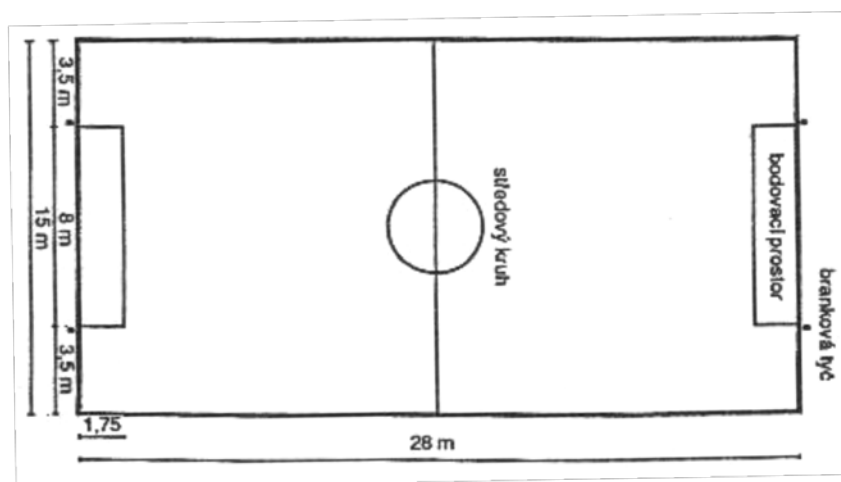
Pravidla pro quad rugby byla vytvořena kombinací pravidel platných pro basketbal a lední hokej. Z toho také vyplývá hodnocení nedovolených zákroků během hry a způsob jejich trestání. Pokud se hráč dopustí nedovoleného zákroku, je potrestán vyloučením na 1 minutu. Nedovoleným zákrokem je držení (omezování protihráče ve volném pohybu držení vozíku,

²⁰ KUDLÁČEK, Martin a kol. *Aplikované pohybové aktivity pro osoby s tělesným postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 122 s. Skripta. ISBN 978-80-244-1655-7, str. 56 – 59.

některé části těla, či oblečení), strkání (vrážení, nebo podobná činnost, jejímž výsledkem je nedobrovolné opuštění soupeře ze své pozice), napadání (vytváření nátlaku na soupeře, jejímž cílem není soupeře zastavit, zpomalit nebo změnit jeho směr jízdy), couvání (njetí do soupeře couváním s cílem zkřížit mu přímý směr jízdy), nedovolené bránění (pohyb ve směru protihráče tak rychle, že ten nestihne zastavit nebo změnit směr jízdy). Vyloučením na jednu minutu a předáním míče soupeři je postižen také hráč, který se dopustí technické chyby. Tou je nevhodná kritika rozhodčího, napadení rozhodčího, zesměšňování soupeře, úmyslné zdržování hry apod. Vyloučit lze i více hráčů, ovšem nesmí být porušeno pravidlo, že družstvo musí hrát s nejméně dvěma hráči na hřišti. Vyloučení sice dále zůstávají na trestné lavici, za ně ale musí hrát jiný hráč, aby byl dodržen minimální předepsaný počet hráčů.

Pro střídání hráčů není omezen jejich počet, ale musí při tom být opět dodržována pravidla hry. Družstvo může střídat pouze v případech uvedených v pravidlech. Jedná se o tyto situace: je odpískán držený míč, je odpískán nedovolený zákrok, je poskytnut započítatelný oddechový čas, je vybrán oddechový čas rozhodčími kvůli zranění hráče nebo poruchy na vozíku. Není ovšem povoleno vystřídat hráče po dosažení nebo obdržení branky. Každé družstvo má během hry právo vybrat si čtyři jednominutové oddechové časy. V utkání vítězí to družstvo, které po končení poslední části hry získalo vyšší počet bodů. V případě shodného počtu bodů je nařízeno prodloužení, až do rozhodného skončení.

4.3 Hřiště a vybavení pro Quad rugby



Obr. 14: Hřiště pro rugby vozíčkářů²¹

²¹ <http://www.qklub.cz/quad-rugby-popis-hry-a-pravidla/quad-rugby-hriste-a-vybaveni/>
[25. února 2014]

Hrací plocha pro quad rugby zahrnuje hřiště, na kterém se hraje a okolní oblasti používané týmy a pomocníky týmů během hry. Rugby na vozíku se hraje v hale na hřišti o rozměrech 15 metrů na šířku a 28 metrů na délku. Hřiště je vyznačeno hraničními čarami, středovou čarou, středovým kruhem a dvěma brankovišti. Na hřišti mají být dvě brankoviště, na každém konci hřiště jedno ve středu mezi postranními čarami. Každé brankoviště je označeno dvěma kolmými čarami na koncovou čáru. Brankoviště je široké 8 metrů a dlouhé 1,75 metru. Po straně hřiště je umístěna trestná lavice tvořená dvěma boxy pro každé družstvo. Minimální přípustný rozměr boxu je 1 x 2 metry a mezi boxy musí být vzdálenost alespoň 2 metry. Prostor mezi boxy je vyhrazen pro časoměřiče trestu. Proti trestným lavicím jsou umístěny střídačky pro obě družstva. Trestné lavice i střídačky musí být v minimální vzdálenosti 1 metru od postranní čáry. Ke hře quad rugby se využívá klasický volejbalový míč vyrobený z pružné kůže s duší uvnitř. Míč musí mít bílou barvu.²²

Hráči mohou při hře používat rukavice. Dresy hráčů musejí být označeny čísly o velikosti 10 cm vpředu na levé části trika a vzadu číslem o velikosti 12 až 20 cm umístěným uprostřed na zádech.

Pro hru je nutný ukazatel času a skóre včetně signalizačního zařízení. To umožňuje odměřit každou ze čtyř částí hry, trestné minuty, oddechový čas a zaznamenává „náhradní postup“.

²² KUDLÁČEK, Martin a kol. *Aplikované pohybové aktivity pro osoby s tělesným postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 122 s. Skripta. ISBN 978-80-244-1655-7, str. 59.

5 Hodnocení způsobilosti ke hře rugby na vozíku²³

Jak je tedy shora patrné, nemůže se každý postižený, u něhož došlo k porušení míchy pokoušet o sportovní aktivity. Čím výše k oblasti hlavy dojde k poškození krční páteře, tím je postižení a celkový způsob života těžší. Zároveň je ale hlavní podmínkou pro přijetí vozičkáře k možnosti hraní rugby na vozíku právě zdravotní postižení, které vede k trvalému, znatelnému a potvrzenému omezení aktivit.

Quadrugby je sport, který byl původně určen pro tělesně postižené tetraplegiky. Původ jejich postižení mohl být jak v poranění míchy, tak v prodělaném nervosvalovém onemocnění, jímž je např. dětská obrna. Dnes je však tato hra určena i pro hráče s jinými onemocněními, jakými jsou např. Guillain-Barré syndrom²⁴, svalová dystrofie a další. Ke hraní rugby jsou ovšem způsobilí též hráči, kteří sice netrpí žádným neurologickým postižením, ale jejich pohybové omezení je srovnatelné s hráči s tetraplegií. Takovými osobami jsou například hráči po mnohočetných amputacích či vrozeném chybění končetin.

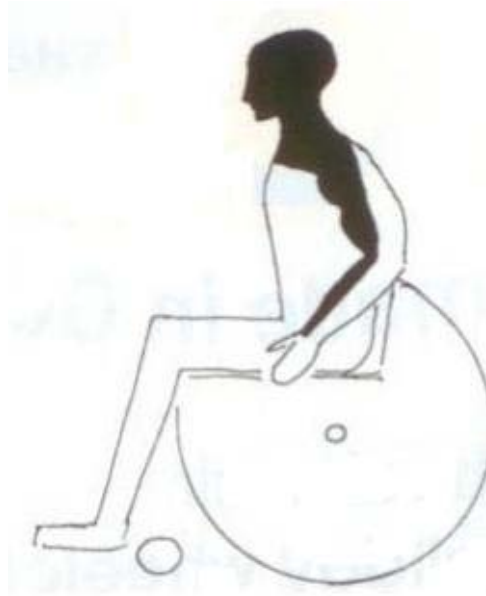
5.1 Klasifikace hráče

K tomu, aby se mohl postižený stát hráčem quadrugby, musí absolvovat ohodnocení svého zdravotního stavu. Podle výsledků tohoto hodnocení je rozhodnuto, zda je způsobilý tento sport provozovat. Ke klasifikaci slouží rozdělení postižených do sedmi tříd podle stupně postižení. Svě odůvodnění to má v tom, že podle součtu výsledných bodů jednotlivých hráčů, se určuje vyrovnaný poměr sil v jednotlivých týmech. Součástí klasifikace je fyzické vyšetření, technické hodnocení a sledování hráče na hřišti. Nakonec je hráči přidělena sportovní třída, kterou je číselná kategorie 0,5 – 3,5 bodu.

²³ <http://ref.webnode.cz> [26. února 2014]

²⁴ Guillan- Barré syndrom – jedná se o relativně vzácné zánětlivé onemocnění, které postihuje nervovou soustavu, zejména periferní nervy vycházející z míchy. Postižení nervů a jejich obalů má za následek těžký výpadek jejich funkce, tj. ztráta pohyblivosti i citlivosti v postiženém úseku. Nemoc má tendenci postupovat odzdoila nahoru a tak postupující ochrnutí dolních končetin přechází na poruchu citlivosti kůže trupu a míří stále výš. Člověk může ochrnut na všechny čtyři končetiny, ale než se tak stane, obvykle se uduší, protože mu ochrne i bránice a mezižeberní svaly (významné dýchací svaly). V dnešní době je však velmi vysoká úspěšnost při záchraně života takto nemocných pacientů. Napojením na umělou plicní ventilaci je pacient stabilizován a jeho stav se zhruba po měsíci začne upravovat. Po dalších několika měsících se stav většinou vrací zpět do normálu, někdy však přetrvává doživotní porucha hybnosti nebo trvalá invalidita.

5.1.1 Hráč s hodnocením 0,5 bodu



Obr. 15: Znázornění funkčního svalstva 0.5 bodového hráče

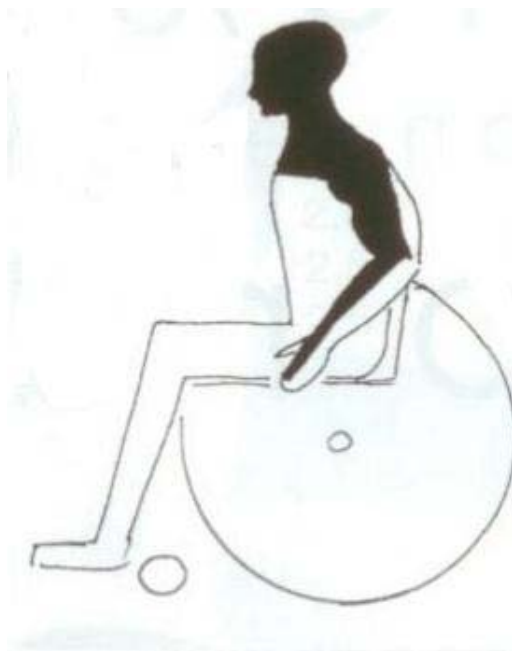
Svalový test: Hráč má výraznou slabost svalů ramenního pletence, nemá žádnou sílu tricepsu, širokého svalu zádového, hrudní části prsního svalu, z čehož vyplývá neschopnost připažit při jízdě a odehrát míč od hrudníku.

- jeho hlavní role na hřišti je obranná, blokuje protihráče
- na hřišti je pomalý
- je na vozíku v podsazeném sedu, má výraznou kyfosu hrudní, sedačka je nízko
- ke startu, zastavení a otáčení vozíku používá ~~zádky~~ a pohání vozík zejména pomocí předloktí pro výrazné oslabení extenze (zvedání) zápěstí a zároveň nedostatek jiné funkce zápěstí
- pohání vozík pomocí bicepsu²⁵ bez zapojení tricepsu²⁶, který je nefunkční, zároveň je patrná abdukce paží (rozpažení- nejsou schopni přitáhnout paže k tělu) a vnitřní rotace v rameni
- při nárazech, startu, zastavení, ale i jízdě pohodí hlavou dopředu pro slabost pletence ramenního
- odehrává volejbalově (spodní podání), pokud chce odehrát míč daleko
- na velmi krátkou vzdálenost jej vyhazuje obouruč z klína nejbližšímu spoluhráči
- při chytání míče jej ihned sráží do klína

²⁵ Biceps (dvojhlavý sval pažní) - je kosterním svalem ležícím na přední straně nadloktí, je ohybačem loketního kloubu a natahovačem kloubu ramenního. Je tedy antagonistou trojhlavého svalu, který je natahovačem loketního kloubu

²⁶ Triceps (trojhlavý sval pažní) - je velký kosterní sval, umístěný na laterální straně paže. Je natahovačem loketního kloubu a ohybačem ramenního kloubu. Je také antagonistou dvojhlavého svalu

5.1.2 Hráč s hodnocením 1,0 bodu



Obr. 16: Znázornění funkčního svalstva 1 bodového hráče

Svalový test: má minimální funkci tricepsu a svalů pletence ramenního

- na hřišti také zejména blokuje, může občas míč rozehrávat
- schopen startovat, brzdit a otáčet se všemi směry, může se otáčet bez zastavení všemi směry lehčeji a rychleji
- méně pohazuje hlavou při jízdě
- při pohánění vozíku využívá již funkce tricepsu a používá větší část zadních kol i jejich krytů, při otáčení může již využít dorsální flexe zápěstí (použije ji k brzdění na jedné straně zápěstí zaháknutím ruky pod obruče)
- je schopen přitáhnout trochu paže k tělu čímž lépe využije síly horní partie paží
- míč chytá pěstmi nebo ještě stále předloktím a je schopen odehrávat od hrudníku, i když se špatnou kontrolou míče

5.1.3 Hráč s hodnocením 1,5 bodu

Svalový test: obvykle je přítomna asymetrie

- na hřišti je skvělým obráncem a příležitostně již může vézt míč
- má ještě nerovnováhu v síle svalů pažního pletence zejména tricepsu, který má sílu 3+/5 až 4-/5, pro zlepšení svalové síly v rameni je lepší v dovednostech s míčem i vozíkem
- může mít ještě přítomnou nevyváženou sílu mezi extenzory²⁷ a flexory²⁸ zápěstí, kdy při extenzi (natažení) má sílu 4-5/5 a při flexi (ohnutí) 0-3/5, což je příčinou limitované kontroly míče
- jeho jízda bývá asymetrická díky asymetrické funkci paží, což kompenzuje zaháknutím ruky na silnější straně
- většinou má jednostranné dovednosti s míče, např. při sbírání míče využívá efektivně silnější stranu, lépe odehrává míč od hrudníku apod.

5.1.4 Hráč s hodnocením 2,0 bodu



Obr. 17: Znárodnění funkčního svalstva 2 bodového hráče

²⁷ Extenzor – šlachy natahující prsty či zápěstí. Nalézají se na zadní straně ruky a předloktí a zajišťují tak natažení prstů ruky a zápěstí

²⁸ Flexory – svaly, jejichž funkcí je ohnutí v kloubu. Flexory ruky jsou všechny svaly a jejich šlachy zprostředkovávají ohyb prstu nebo zápěstí. Šlachy flexorů zápěstí se upínají na zápěstních nebo záprstních kostech

Svalový test: charakteristická je neúplná flexe prstů a již znatelná částečná úchopová funkce, je-li přítomna oboustranně, pak hráč patří do třídy 2.5

- více je na hřišti využíván jako útočník
- má již silná ramena (kompletní svalový test) a to mu umožňuje být na hřišti rychlý
- při zvedání míče po obruči ze země již používá flexi zápěstí díky zlepšení svalové síly flexorů zápěstí, funkce flexorů a extenzorů zápěstí je však kolísavá a proto má horší funkci při přihrávkách je-li bráněn
- odehrává míč od hrudníku v úrovni ramen s dobrou kontrolou na střední vzdálenost
- je schopen být omezeně kontrolovat přihrávky a jejich vzdálenost nad hlavou, může občas provést přihrávku jednoruč nad hlavou s omezenou kontrolou do minimální vzdálenosti
- může držet míč pevně mezi zápěstími
- dribluje na obě strany a s otevřenou dlaní bez použití prstů
- při chytání sráží míč do klína
- ke startu, zastavení a otáčení používá galusek i obruče

5.1.5 Hráč s hodnocením 2,5 bodu

Svalový test: má lepší svalovou sílu flexorů a extenzorů prstů i palce než 2.0 bodový hráč, ale oproti 3.0 bodovému hráči nemá funkci palce do addukce²⁹, abdukce³⁰ a zejména opozice

- na hřišti často vozí míč a vytváří hru
- díky silným ramenům je na hřišti velmi rychlý
- ruce hráče vykazují atrofii v oblasti thenaru³¹ a hypothenaru³² a neschopnost nebo jen minimální schopnost udržení klenby dlaně
- patrná je neúplná flexe a extenze prstů s minimální schopností stisku a uvolnění
- při střídavé flexi a extenzi prstů je patrný „curling“, tj. dyskoordinace pohybu díky stále výraznému oslabení a nefunkčnosti interoseálních (meziprstních) svalů
- funkční sevření dává hráči výhodu při používání obručí při jízdě, což zlepšuje manévrovací schopnosti
- pozice zápěstí využívá k zesílení schopnosti stisku a uvolnění, která je však při manévrování nedokonalá, zejména je-li bráněn

²⁹ Addukce – přitažení palce

³⁰ Abdukce – odtážení palce

³¹ Thenar - vyvýšená část na palcové straně dlaně. Obsahuje svaly důležité pro pohyb palce

³² Hypothenar – malíková část dlaně ležící proti thenaru

- dribluje bezpečně s předloktím v supinaci, aby mohl v nebezpečí včas stáhnout míč rychle do klína
- je schopen lépe přihrávat nad hlavou i jednoruč díky i slabé síle prstů do flexe, stále však do limitované vzdálenosti a s limitovanou přesností
- obouruč chytá bezpečně míč a stahuje jej do klína, může jej chytat i jednou rukou a přitisknout na hrud' nebo do klína
- bezpečně a jistěji než 2.0bodový hráč manipuluje s míčem díky lepší funkci zápětí a prstů
- nebo může mít hráč HKK za 2.0body a minimální funkci trupu, která mu umožňuje lepší stabilitu při hře

5.1.6 Hráč s hodnocením 3,0 bodu



Obr. 18: Znázornění funkčního svalstva 3 bodového hráče

Svalový test: charakteristická je přítomnost atrofie v oblasti hypothenaru a interoseálních svalů, čímž má hráč sníženou schopnost udržení klenby dlaně. To je jasnou známkou oslabení a svalové síly 4-5/5. 3.0 bodový hráč je schopen sevření a uvolnění ruky. Palec je schopen, flexe, extenze, ale i addukce, abdukce a opozice.

- při hře je velmi dobrý v zacházení s míčem a tvoří hru
- také může mít určitou funkci trupu, která mu poskytuje lepší stabilitu

- při odpalech, zachycení míče na obruči používá efektivněji flexi zápěstí a prstů
- stabilizuje se pomocí jedné paže, aby měl většího rozsahu pohybu všemi směry
- opakovaně dribluje jednou rukou se solidní kontrolou míče a schopen driblovat i před vozíkem
- možnost sevření obruče prsty a placem zvyšuje jeho rychlost
- je schopen zvednout míče ze země jenom rukou bez pomoci obruče
- může již výborně přihrávat jednoruč s dobrou přesností a do větší vzdálenosti
- funkční flexe a extenze prstů mu umožňuje kontrolovat míč v různých rovinách a dovoluje mu sevřít a uvolnit obruče nezávisle na poloze zápěstí

5.1.7 Hráč s hodnocením 3,5 bodu

- hlavní hráč zacházející s míčem a velmi rychlý, často je hlavním kdo tvoří hru
- má určitou částečnou funkci trupu, pro niž je velmi stabilní a ve vozíku je schopen jej využít při herních dovednostech
- díky kombinaci funkce trupu a rukou je obvykle schopen velmi dobré kontroly míče, přihrávek jednoruč na určitou vzdálenost a skvělé ochrany míče při chytání a odehrávání
- může mít asymetrickou funkci paží nebo rukou patrnou při dovednostech s míčem a jízdě na vozíku

5.1.8 Hráč s hodnocením 4,0 bodu

- nesmí být připuštěn ke hře
- hráč má dle svalového testu ve všech vyšetřovaných svalech sílu 4-5/5 a skóre funkčního testu ruky je 8.5-9bodů
- avšak kvalifikace ke hraní rugby se nesmí hodnotit pouze na základě svalového testu, ale musí se vzít v úvahu schopnost aktivního pohybu celé HK, tedy její funkce jako celku

6 Průzkum trhu

Před samotným návrhem vozíku pro hru Rugby jsem se rozhodl udělat zběžný průzkum trhu, kde jsem jako potenciální konkurenční výrobky vyhledával vozíky renomovaných firem. O každém vozíku jsem se snažil získat co nejvíce technických informací, to nebylo úplně jednoduché, protože údaje uvedené na webových stránkách prodejců a výrobců jsou převážně reklamního charakteru. Prakticky u žádného vozíku nelze zjistit přesnou cenu, neboť ta je individuální, podle doplňkového příslušenství.

6.1 Schmicking

Schmicking je osvědčený německý výrobce sportovních potřeb pro hendikepované sportovce. Pro hráče rugby má v nabídce útočnou a obrannou variantu vozíků. Rám vozíku je vyroben z vysokopevnostní hliníkové slitiny 7020 T6, následně je svařený rám třikrát tepelně upraven. Vozík je navržen vždy na konkrétního hráče. Hmotnost je dle velikosti od 12,7 kg do 15,8 kg. Anatomické adaptivní sedadlo. Stupátko z uhlíkových vláken.³³



Obr. 19: Vozíky Schmicking

³³ <http://www.schmicking.com/> [3.března 2014]

6.2 Meyra – série Hurricane

Německý výrobce potřeb pro hendikepované Meyra nabízí široký sortiment produktů, které vynikají kvalitou materiálů i technickým zpracováním. V nabídce vozíků pro hráče Quadrugby má útočnou a obrannou verzi včetně veškerého příslušenství. Rám vozíku je svařen z trubek ze slitiny hliníku 7020. Po svaření je rám tepelně upraven pro snížení pnutí a zvýšení pevnosti, která byla snížena svařováním. Každý vozík je vyroben na míru pro konkrétního hráče a jeho konstrukce umožňuje ještě následné nastavení sedačky podle potřeb jeho uživatele. Cena vozíku začíná na 4600 €. ³⁴



Obr. 20: Vozíky Meyra

³⁴ <http://www.aktiv-rollstuhl.de/produkte/sportrollstuhl/rugbyrollstuhl/meyra-hurricane-rugby/>
[3.března 2014]

6.3 RHINO – Melrose

Firma Rhino má více než 15-ti leté zkušenosti s výrobou sportovních vozíků. Vozíky jsou vyrobeny po konzultaci se sportovci a odpovídají mezinárodním pravidlům IWRF. Při výrobě jsou použity kvalitní materiály a výroba probíhá pomocí moderních CNC technologií. V nabídce je útočná a obranná varianta. Volitelný odklon kol mezi 12° a 20°. Kola o průměru 24" až 26". Nastavitelná výška stupátka. Nastavitelné sedadlo.³⁵



Obr. 21: Vozíky Rhino

³⁵ http://www.melrosewheelchairs.com/index.php?main_page=page&id=2 [3. března 2014]

6.4 Wolturnus Rugby

Vozíky Wolturnus jsou dodávané ve variantě útočné a obranné. Rám je svařen ze slitiny hliníku 7020. Vozíky se vyrábí na míru a jsou přizpůsobeny individuálním požadavkům hráče. Desing odpovídá mezinárodním pravidlům IWTF.³⁶



Obr. 22: Vozík Wolturnus

³⁶ http://www.ottobock.cz/cps/rde/xchg/ob_cz_cs/hs.xml/26111.html [3. března 2014]

6.5 GTM Raptor

GTM Raptor je útočný vozík, má zesílenou konstrukci. Je navržen individuálně pro potřeby hráče. Design odpovídá mezinárodním pravidlům IWTF. Rám je vyroben z hliníkové slitiny a výrobce jej nabízí v různých barvách. K příslušenství patří anatomicky tvarovaná sedačka, nárazník, křídla. Kola jsou o rozměrech 25“, 26“ a 28“, jejich sklon je možný od 10° do 22°. Cena £3,072.00.³⁷



Obr. 23: Vozík GTM Raptor

³⁷ <http://www.silkmobility.com/store/active-users-wheelchairs/gtm-raptor-rugby.html>
[3. března 2014]

7 Návrh konstrukce

Tato kapitola se věnuje konstrukčnímu řešení jednotlivých komponent vozíku pro tělesně postižené. V podkapitole Specifikace požadavků jsou zohledněny požadavky na konstrukci a je vybrána vhodná varianta řešení. Podkapitola 3D model zobrazuje a popisuje jednotlivé části konstrukce z hlediska funkce a jejich vztah k pravidlům hry. Poslední podkapitola se věnuje pevnostnímu výpočtu pomocí MKP.

7.1 Specifikace požadavků

Prvním krokem při navrhování jakéhokoliv výrobku musí být specifikace požadavků. Jedná se o výčet požadavků, které jsou na konstruovaný předmět kladeny.

Specifikace požadavků:

- Splnění mezinárodních předpisů pro hru
- Umožnění usazení tělesně postiženého člověka
- Umožnění snadného pohybu s vozíkem

Detailní specifikace požadavků:

Splnění mezinárodních předpisů pro hru:

Vozík je určen i pro mezinárodní turnaje, aby se jich mohl hrát s tímto vozíkem účastnit, musí vozík splňovat předpisy dané v pravidlech hry. Jedná se především o rozměry a tvar některých součástí.

Umožnění usazení tělesně postiženého člověka:

Rám vozíku musí mimo jiné zajistit především usazení a sezení tělesně postižené osoby. Další prvky vozíku musí být vhodně umístěny, aby byly v dosahu uživatele.

Umožnění snadného pohybu s vozíkem:

Konstrukce vozíku musí umožnit pohyb a obratnou manipulaci z místa uživatele.

7.2 Návrh variant

Nyní když jsem specifikoval požadavky na výrobek, přistoupím k návrhu možných variant řešení. Pro tvorbu variant jsem využil postup s morfologickou maticí. Morfologická matice obsahuje soupis požadavků na vozík. K těmto požadavkům jsou pak přiřazeny možné alternativy provedení. Na základě této matice jsem následně vybral vhodné řešení pro každý požadavek.

Skupina	Funkce	Možné řešení		
Vozík	Postavení ve hře	Útočný	Obranný	
Rám	Materiál	Ocel	Slitina hliníku	Uhlíkový kompozit
	Variabilita	Pevný	Částečně variabilní	Plně variabilní
	Tvar křídel	Konkávní	Konvexní	
	Typ osičky kol	Široká osička	Úzká osička	
	Uchycení hlavních kol	Rychloupínací	Spona se šroubem	Šroubovací
	Ochranné kryty vzadu	Ano	Ne	
Pohyb	Průměr kol	24"	25"	26"
	Umístění opěrných koleček	Uvnitř rámu	Vně rámu	
	Úhel hlavních kol	12°	14°	16°
Posed	Materiál sedáku	Skořepina	Skořepina + potah	Rám + látka
	Sklon opěradla	Záporný	Kladný	Nulový

Tab. 1: Morfologická matice

V tabulce 1 jsou zřejmé navrhované možnosti řešení pro jednotlivé funkce ragby vozíku. Tyto funkce jsou navíc zařazeny do skupin, ke kterým se vztahují.

Po dohodě s týmem Active handicap byly vytvořeny tři varianty, a to dvě pro obranný vozík a jedna pro útočný. Pro varianty byly vytvořeny 3D modely pro ilustraci. Pro tyto varianty byl vypracován podrobnější seznam možností pro dosažení stanovených požadavků.

7.2.1 Varianta 1

První variantou je vozík obranného typu bez křídel.

Podrobný návrh varianty 1:

- Materiál
 - o Rám
 - Hliník
 - o Nárazník
 - Hliník
 - o Nášlap pro nohy
 - Uhlíkový kompozit

- Rozebíratelnost
 - o Demontáž kol
 - o Demontáž nárazníku
 - o Demontáž uložení opěrných koleček
 - o Demontáž sedáku
 - o Demontáž nášlapu
- Variabilita
 - o Pevný rám
- Tvar křídel
 - o Bez křídel
- Tvar osičky kol
 - o Široká osička
- Uchycení hlavních kol
 - o Rychloupínací
- Ochranné kryty vzadu
 - o Ne
- Průměr kol
 - o 24"
- Umístění opěrných koleček
 - o Vně rámu
- Úhel hlavních kol
 - o 16°
- Materiál sedáku
 - o Rám + látka
- Sklon opěradla
 - o Nulový úhel



Obr. 24: Varianta 1 - obranný vozík

Pro tento návrh obranného vozíku je charakteristická vytažená, štíhlá přední část bez křídel po stranách. Hlavní podélné trubky se sbíhají pod větším úhlem a jsou vytaženy co nejvíce dopředu, jak to pravidla dovolují. Na tomto vytažení je k desce, která je součástí rámu, přišroubován nárazník. V tomto případě se jedná o hliníkový svařenec. Nárazník slouží k zachycení vozíku protihráče a umožňuje tak jeho blokování. Přední opěrná kolečka byla umístěna pro lepší stabilitu a z důvodu dodržení pravidel z vnější strany rámu, to ovšem zvyšuje riziko jejich poškození nárazem jiného vozíku. Hlavní kola jsou odnímatelná a k rámu jsou uchycena rychloupínacím mechanismem. Sedák je tvořen pevnou látkou a je pomocí suchých zipů připevněn k rámu vozíku. Upevnění suchým zipem je výhodné z hlediska možnosti nastavení sedáku i opěradla.

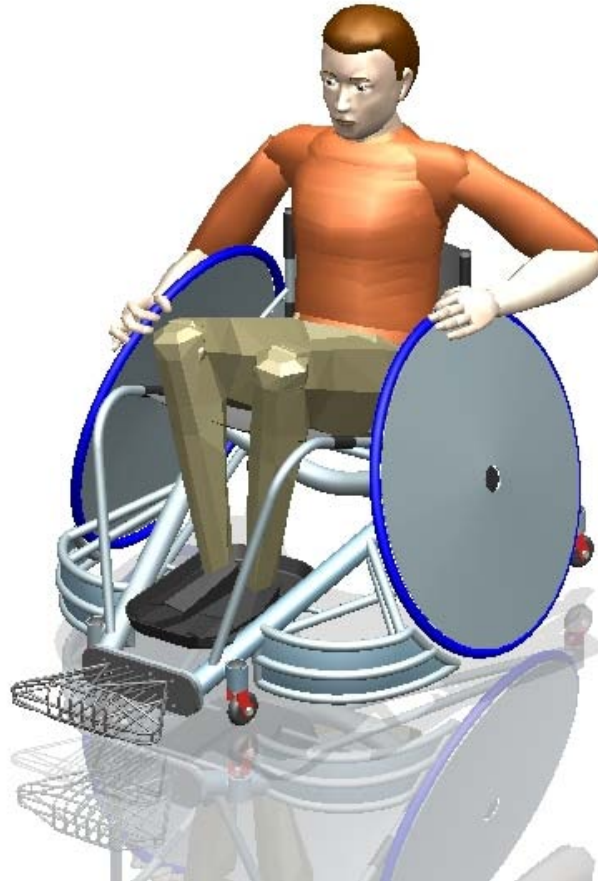
7.2.2 Varianta 2

Druhou variantou je vozík obranného typu s křídly.

Podrobný návrh varianty 2:

- Materiál
 - o Rám
 - Hliník
 - o Nárazník
 - Ocel
 - o Nášlap pro nohy
 - Uhlíkový kompozit
- Rozebíratelnost
 - o Demontáž kol
 - o Demontáž nárazníku
 - o Demontáž uložení opěrných koleček
 - o Demontáž sedáku
 - o Demontáž nášlapu
- Variabilita
 - o Pevný rám
- Tvar křídel
 - o Konvexní
- Tvar osičky kol
 - o Široká osička
- Uchytení hlavních kol
 - o Rychloupínací
- Ochranné kryty vzadu
 - o Ne
- Průměr kol
 - o 24"
- Umístění opěrných koleček
 - o Vně rámu
- Úhel hlavních kol
 - o 16°

- Materiál sedáku
 - o Rám + látka
- Sklon opěradla
 - o Nulový úhel



Obr. 25: Varianta 2 - obranný vozík

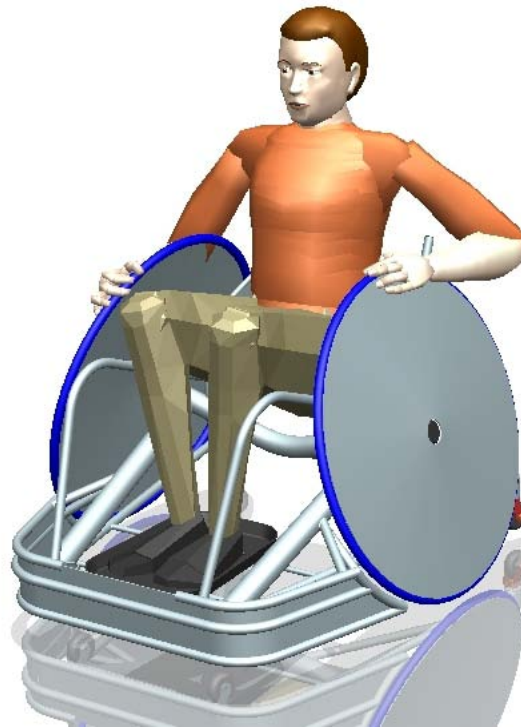
Pro druhý návrh obranného vozíku je charakteristická vytažená, štíhlá přední část a křídla po stranách. U varianty 2 je oproti variantě 1 použit nárazník, který je svařencem z ocelových drátů. Rám je odlišný v použití křídel, které mají konvexní tvar, ten dle hráčů více snižuje riziko zachycení jiným vozíkem. V ostatním se návrh téměř shoduje s variantou 1.

7.2.3 Varianta 3

Třetí variantou je vozík útočného typu.

Podrobný návrh varianty 3:

- Materiál
 - o Rám
 - Hliník
 - o Nášlap pro nohy
 - Uhlíkový kompozit
- Rozebíratelnost
 - o Demontáž kol
 - o Demontáž uložení opěrných koleček
 - o Demontáž sedáku
 - o Demontáž nášlapu
- Variabilita
 - o Pevný rám
- Tvar křídel
 - o Konvexní
- Tvar osičky kol
 - o Široká osička
- Uchycení hlavních kol
 - o Rychloupínací
- Ochranné kryty vzadu
 - o Ne
- Průměr kol
 - o 26"
- Umístění opěrných koleček
 - o Uvnitř rámu
- Úhel hlavních kol
 - o 16°
- Materiál sedáku
 - o Rám + látka
- Sklon opěradla
 - o Nulový úhel



Obr. 26: Varianta 3 - útočná varianta

Útočný ragby vozík má oproti obrannému krátkou a širokou přední část, která je tvořena nárazníkem. Křídla nejsou samostatně, ale je zde plynulý přechod křídel do nárazníku. V tomto případě je snaha o vytvoření hladké plochy bez výstupků, aby bylo co nejvíce ztěženo zachycení vozíku protihráčem. Přední opěrná kolečka jsou ukryta za nárazníkem. Hlavní kola jsou odnímatelná a jsou připevněna rychloupínacím mechanismem. Sedák je stejně jako u obranné varianty látkový, připevněný suchým zipem.

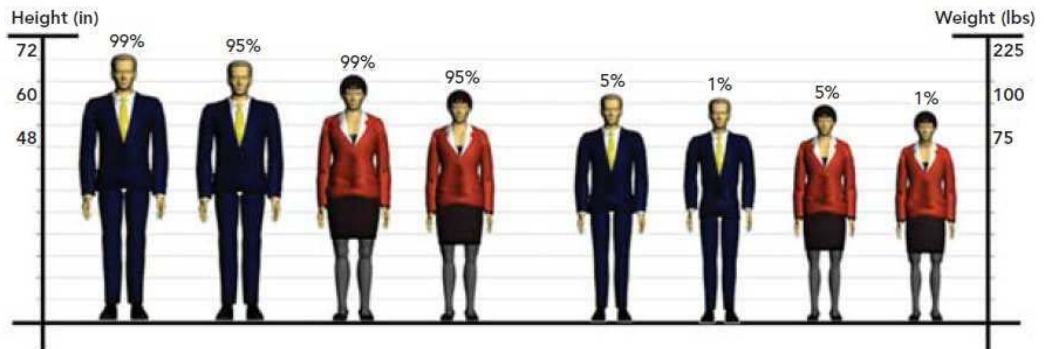
7.3 Hodnocení variant

Navržené varianty byly konzultovány a zhodnoceny týmem Active handicap. Výběr konečné varianty byl podmíněn výběrem konkrétního hráče. Tohoto hráče vybral Mgr. David Lukeš. Jedná se o hráče, který prodělal Dětskou mozkovou obrnu (DMO). V týmu má funkci obránce. Bylo tedy rozhodnuto, že se detailně rozpracuje varianta 1 - obranný vozík bez křídel.

7.4 Specifikace základních rozměrů

Před započítáním samotné konstrukce je nejprve nutné vymezit si cílovou skupinu, pro kterou je produkt určen. To je tzv. referenční postava. V tomto případě se jedná ve většině případů o muže. Pokud by šlo o vozík, který by se vyráběl sériově, museli bychom zvolit takovou postavu, která co nejvíce vystihuje průměrného uživatele našeho výrobku.

Při výběru průměrné výšky postavy se zohledňuje tzv. procentuální výška. Rozmezí např. 5-95% znamená, že pod jeho nejnižší hodnotu spadá 5% osob a pod jeho nejvyšší hodnotu spadá 95% osob. Z tohoto rozmezí nejnižší a nejvyšší hodnoty se vypočte aritmetický průměr.



Obr. 27: Zobrazení procentuelní výšky člověka³⁸

U sportovních vozíků jde téměř vždy o výrobu na zakázku, tedy přímo pro konkrétního hráče. Většina konstrukcí vozíků totiž z důvodu dosažení pevnosti rámu nedisponuje mnoha možnostmi nastavení. Není zde tedy zapotřebí hledat ideální kompromis.

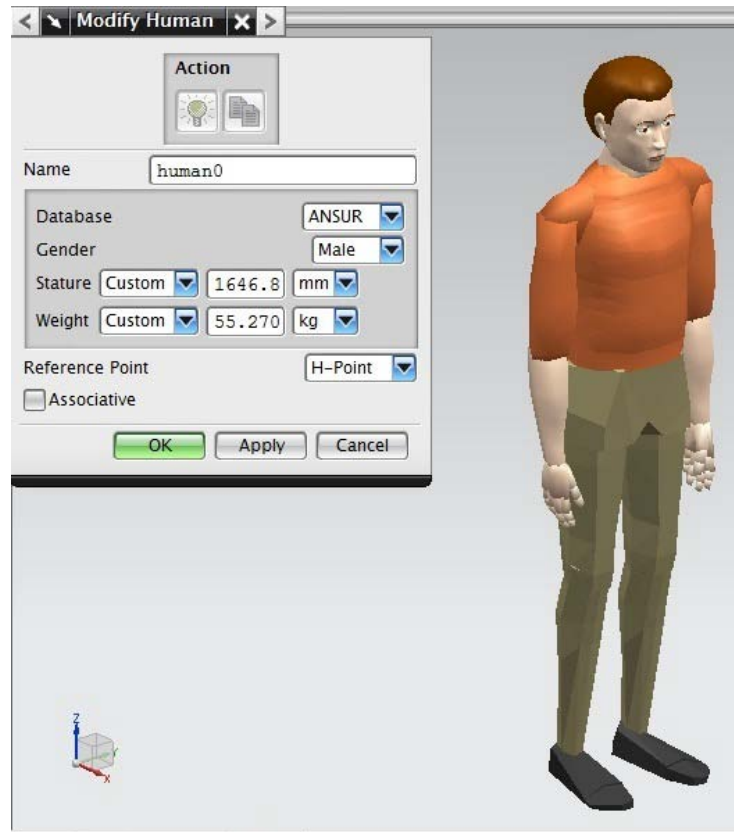
Před započítáním návrhu došlo k zaměření hráče, pro kterého je vozík určen. V programu Siemens NX je možnost využít modul „Human“. V tomto modulu je možné vyplnit naměřené hodnoty, které vidíme na obrázku. Výsledkem je model postavy člověka, kterou je možno nastavit do požadované polohy. Tuto postavu jsem vložil do prvotního návrhu konstrukce a upravil jsem rozměry rámu tak, aby všechny důležité části byly na dobře dosažitelných místech.

Na základě tohoto postupu byly zvoleny tyto základní rozměry vozíku:

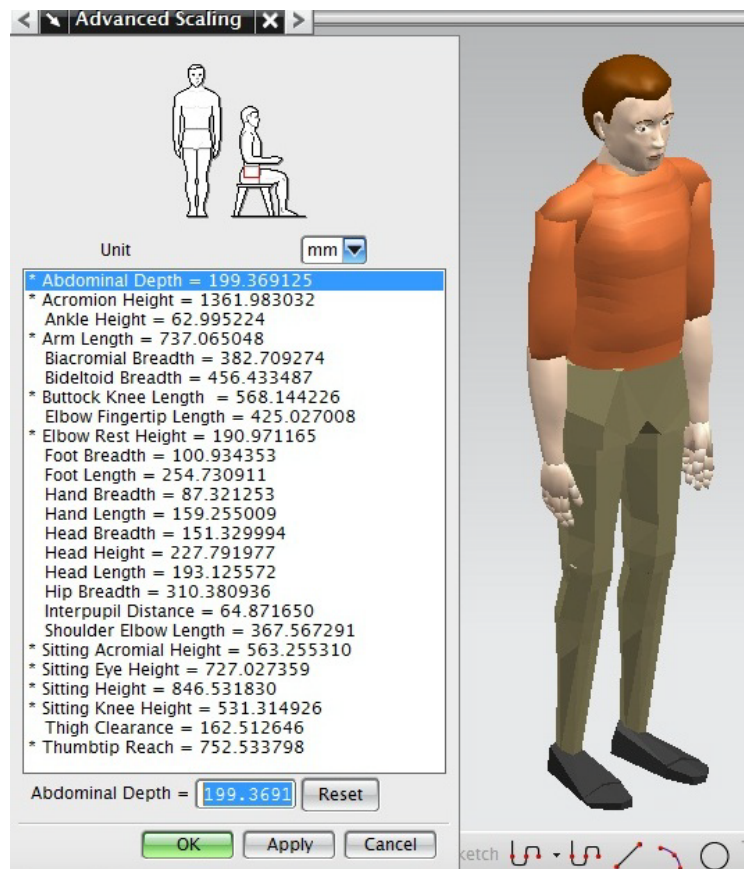
- Šířka sedadla 400 mm
- Délka sedadla 380 mm
- Výška opěradla 360 mm
- Výška sedadla od nášlapu 330 mm

Rozměry týkající se sedadla se vztahují k modelu a v praxi jsou ještě částečně závislé na druhu použitého sedáku a míře jeho napnutí.

³⁸<http://cms.allsteeloffice.com/SynergyDocuments/ErgonomicsAndDesignReferenceGuideWhitePaper.pdf> [11. března 2014]



Obr. 28: Vložení váhy a výšky



Obr. 29: Rozměry postavy detailně

7.5 Návrh – 3D model

Hlavním prvkem vozíku je rám, který je svařen z trubek slitiny hliníku. Rám je rozdělen do několika podsestav podle jejich funkce. Další navrhovanou součástí je nárazník, úchyt podpůrných koleček a nášlap pro nohy. Ostatní součásti vozíku jsou nakupovanými díly, neboť jsou dobře k sehnání, nebo by jejich návrh a výroba byla ekonomicky nevýhodná.

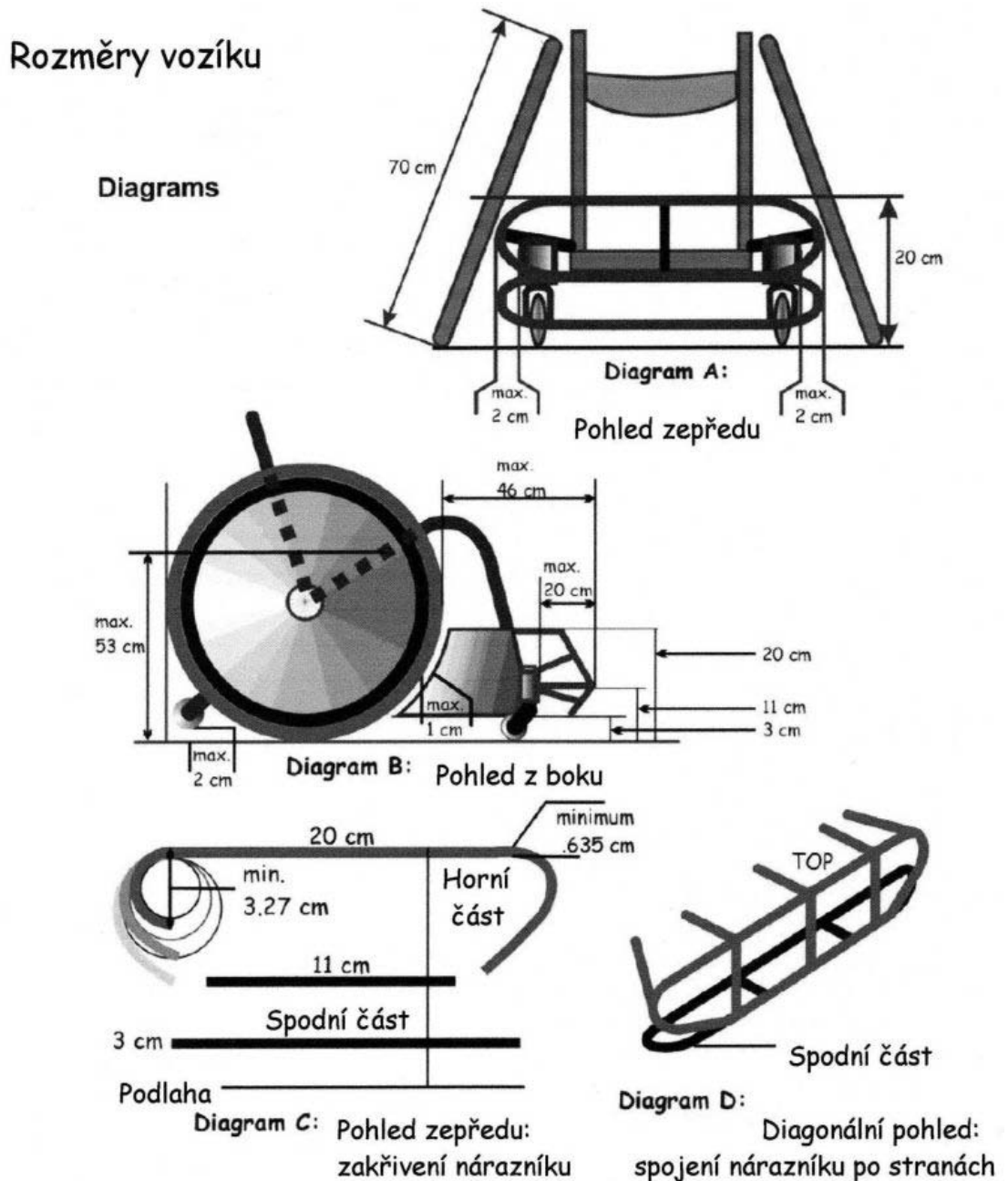
Při tvorbě modelu jsem vycházel ze skutečnosti, že vozík bude vyroben pro konkrétního člověka. Na jednom z turnajů jsem si změřil jeho základní míry, důležité pro ergonomii vozíku. V konstrukčním programu Siemens NX 7.5 jsem tyto míry zadal v modulu „Human“ figuríně. Tuto figurínu jsem usadil do vozíku a upravil rozměry rámu tak, aby byli pro hráče v ideální poloze.



Obr. 30: Ragby vozík s figurínou

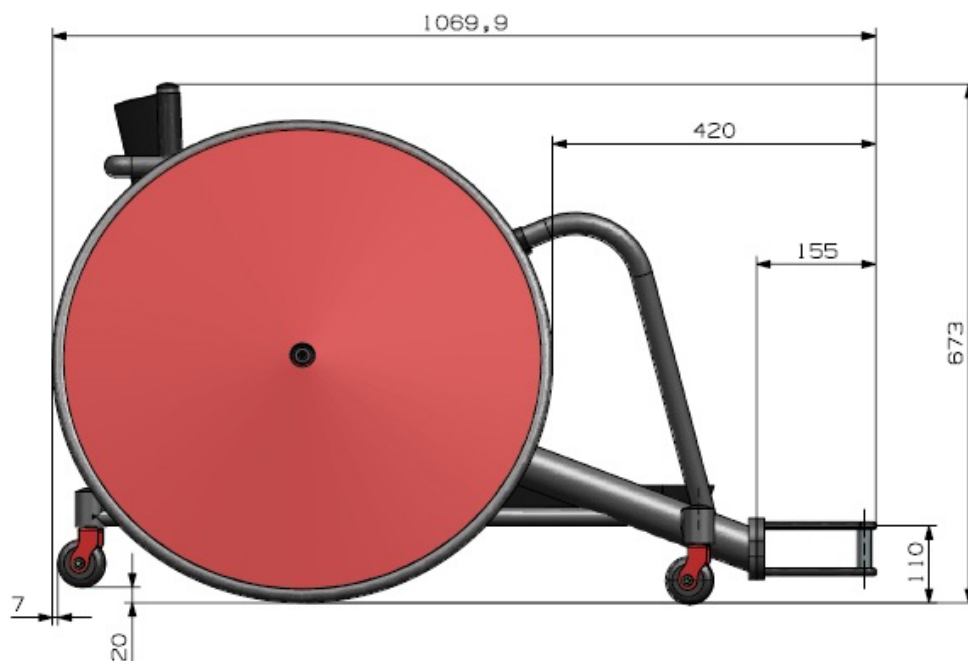
7.5.1 Sestava

Celkovou koncepci vozíku určují Mezinárodní pravidla vozíčkářského ragby. Základní parametry tedy musely být dodrženy.

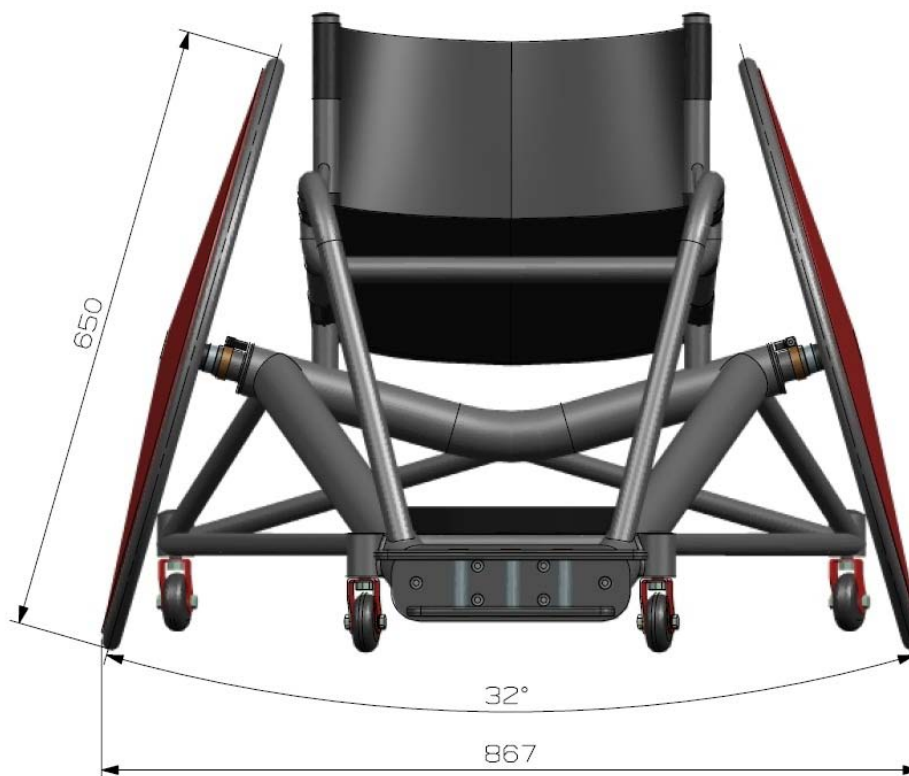


Obr. 31: Předepsané rozměry pro ragby vozík³⁹

³⁹http://www.iwrf.com/resources/iwrf_docs/Wheelchair_Rugby_International_Rules_2012_English.pdf, str. 16 [11. března 2014]



Obr. 32: Skutečné rozměry navrženého vozíku - pohled z boku



Obr. 33: Skutečné rozměry navrženého vozíku – pohled zepředu

Z výše uvedeného obrázku je patrné, že vozík splňuje požadavky, které udává předpis IWRP.

Základní parametry vozíku:

- Délka	1069,9 mm
- Šířka	867 mm
- Výška	673 mm
- průměr kol	24"
- sklon kol	16° (vůči sobě 32°)

7.5.2 Rám

Požadavky

Rám tvoří hlavní část vozíku, a proto mu byla věnována největší pozornost. Rozměry rámu musí v první řadě splňovat předpisy Mezinárodních pravidel vozíčkářského ragby, dále je důležité rozměry přizpůsobit konkrétnímu hráči a tvar jednotlivých prvků zvolit, tak aby byl při hře výhodou a byl funkční. Vozík je určený pro hru, u které dochází k častým nárazům, to bylo zohledněno při volbě materiálu a tvaru rámu.

Materiál

Při výběru materiálu jsem se inspiroval výrobky, které jsou uvedeny v kapitole Průzkum trhu. Dále jsem vybíral z materiálů vozíku pro basketball, jelikož se u nich počítá s podobným zatížením. Další skupinou, která se charakterem zatížení podobá, jsou jízdní kola. Do výběru materiálu pro konstrukci ragby vozíku byly zařazeny čtyři materiály. Jedná se o slitiny hliníku EN AW-7020, EN AW-7003, EN AW-6061 a EN AW-6082 a o ocel 25CrMo4. U slitin hliníku se počítá s tepelnou úpravou po svaření, jedinou výjimkou je materiál 7020. Slitina EN AW-7020 (AlZn4,5Mg) má vlastnost přirozeného stárnutí. Materiál po svaření získává zpět 90% pevnosti do sedmi dnů a 100% pevnosti získá zpět během tří týdnů při pokojové teplotě. V úvahu připadá i výroba z uhlíkového kompozitu, tato možnost však není v možnostech výrobce.

Pro stavbu konstrukce vozíku byla zvolena výroba ze slitiny hliníku. Hlavními důvody byla nižší cena a dobrá zpracovatelnost v porovnání s uhlíkovým kompozitem a nižší hmotnost v porovnání s ocelí.

Konečným materiálem byl zvolen EN AW-7020 T6. Tento konkrétní materiál byl vybrán především pro svou jedinečnou vlastnost přirozeného stárnutí. Odpadá tím problematika dodatečné tepelné úpravy.

Provedení rámu

Pojmem provedení rámu rozumíme technologii výroby. Ze všech možných technologií výroby rámu, byla zvolena výroba svařováním z trubek.

Tuto technologii jsem vybral z důvodu cenové dostupnosti a nízké hmotnosti. V konstrukci rámu jsem se u některých částí nemohl vyhnout ohýbání. Ohýbání trubek není v rozpočtu na konstrukci rámu zanedbatelnou položkou, proto jsem se snažil o co nejméně ohybů. Kromě ohýbání je před svařením nutné konce trubek buď odfrézovat, nebo odříznout laserem podle výkresové dokumentace. Trubky na sebe před svařením musí doléhat v celé délce svaru. To je důležité pro kvalitu svarů a pro přesnost výroby.

Trubky jsou k dostání v různých průřezových profilech. V tomto případě je nejvýhodnější použít kruhový profil. Výhodou kruhového profilu je, že vykazuje ve všech směrech stejné pevnostní vlastnosti. Další předností je dobrá dostupnost trubek s kruhovým průřezem v relativně širokém spektru rozměrů.

Při volbě průměru trubek jsem vycházel z orientačního výpočtu. Orientační výpočet je idealizovaný a omezený pouze na statiku a neuvažuje ráz, který vznikne při nárazu dvou vozíků. Idealizace rámu spočívá v přenesení na nosník o dvou podporách, který je uprostřed zatížen hmotností hráče. Základní průměr trubek jsem tedy spočítal ze vztahu pro výpočet průřezového modulu v ohybu W_o . Hodnota průřezového modulu se určí ze vztahu pro výpočet napětí.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o}$$

Kde:

σ_o – Ohybové napětí [MPa]

M_o – Ohybový moment [Nm]

W_o – Průřezový modul v ohybu [m³]

$$W_o = \frac{M_o}{\sigma_D}$$

σ_D – Dovolené napětí v ohybu [MPa]

Při prvotním návrhu jsem tedy vzal v úvahu idealizovaný výpočet s přihlédnutím k tomu, jaké průměry trubek používá konkurence. Pro lepší orientaci jsem využil možnosti spolupráce s ragby týmem a na jejich vozících jsem porovnal průměry trubek, které jsou používány (zejména u částí vystavených nárazu). U této příležitosti jsem byl také upozorněn na místa, která jsou náchylná k praskání. Ve většině případů se jednalo o praskliny ve svarech, a to v blízkosti částí, které jsou nárazům vystavovány (oblast kolem křídel, nárazníku a svar v blízkosti uložení hlavního kola). Po vytvoření prvního 3D modelu jsem nadefinoval výpočet MKP a v návaznosti na výsledky jsem parametry rámu optimalizoval. Trubky hlavní nosné části

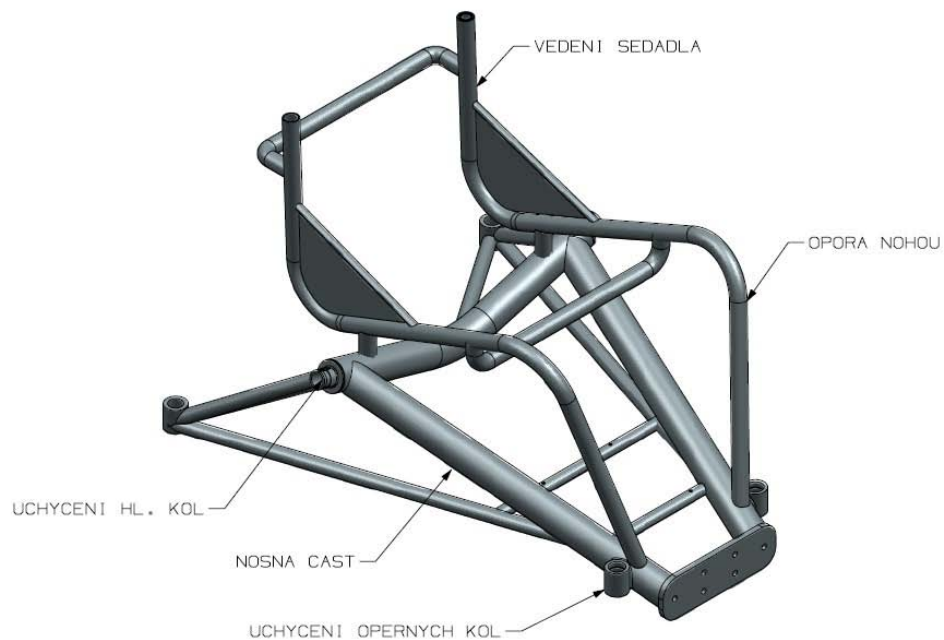
jsem zvolil o vnějším průměru 55 mm a tloušťce stěny 3 mm. Trubky sedáku jsou o vnějším průměru 28 mm a tloušťce stěny 2 mm. Trubky zajišťující uchycení zadních opěrných koleček a uchycení nášlapu jsou o vnějším průměru 25 mm a tloušťce stěny 3 mm.⁴⁰

Ve skutečnosti je rám zatížen od statické síly od hmotnosti hráče, a od dynamických sil vzniklých nárazem. Síly od nárazu je obtížné určit. Simulace, která by zahrnovala crash výpočet, je mimo mé možnosti. V kapitole výpočet MKP jsem nadefinoval okrajové podmínky, které obsahují přepočtení dynamické síly na statickou, a tím jsem ověřil pevnost rámu.

Konstrukce rámu

Jak již bylo uvedeno výše, hlavními stavebními prvky rámu jsou trubky kruhového průřezu, dále je zde použit plech ze stejného materiálu o tloušťce 10 mm a 2 mm. Rám je tvořen několika funkčními podskupinami, které jsou svařeny z jednotlivých součástí. Těmito podskupinami jsou: nosná část (součástí je uchycení hlavních kol a deska pro připevnění nárazníku), uchycení pro opěrná kolečka, uchycení nášlapu pro nohy, vedení sedadla a opora nohou.

Hmotnost takto navrženého rámu činí 7,25 kg.



Obr. 34: Funkční podskupiny konstrukce rámu

⁴⁰ <http://www.wmh.de> [20. března 2014]

7.5.2.1 Nosná část

Nosná část slouží jako základní stavební prvek celého rámu. Její funkcí je přenést váhu od sedícího člověka na kola, tvořit spojovací článek pro další komponenty a přenášet energii vzniklou nárazem.

Tento základ rámu je svařen z:

- jedné příčné trubky, která je umístěna pod sedadlem a tvoří upevňovací body pro hlavní kola
- dvou podélných trubek, které mimo to, že slouží jako spojovací článek pro další součásti, musí také přenést energii od nárazníku ke středu hmotnosti
- desky nárazníku, která spojuje dvě podélné trubky a slouží pro upevnění nárazníku
- ložiskových domků, které slouží k upevnění předních opěrných koleček
- k hlavní příčné trubce jsou navařeny příruby pro uchycení hlavních kol



Obr. 35: Nosná část rámu

7.5.2.2 Uchycení hlavních kol

Požadavky

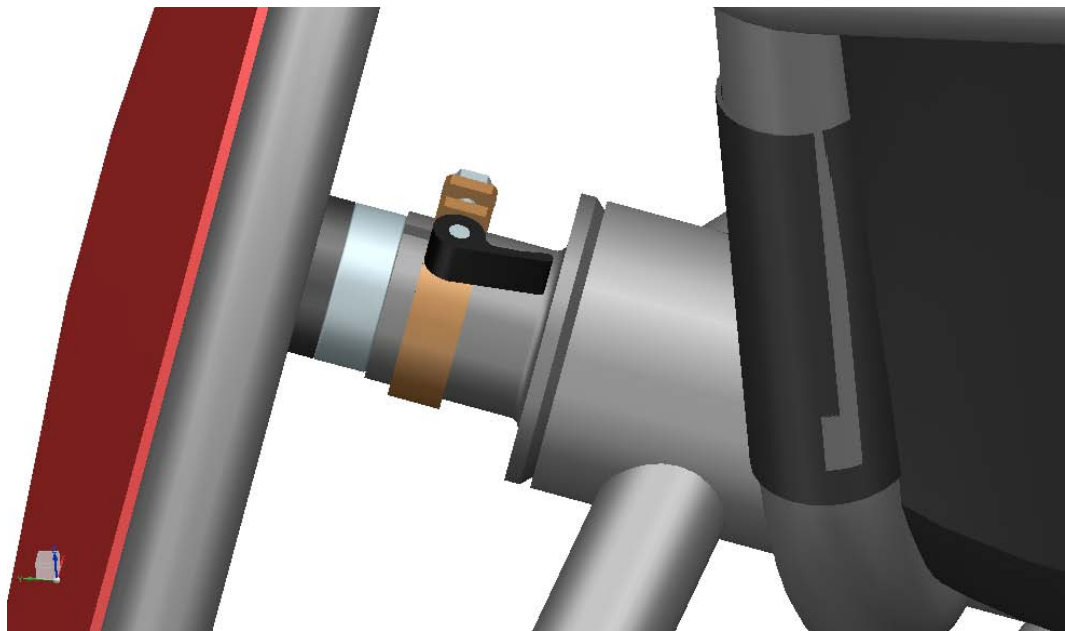
Spojení hlavních kol s rámem je velmi důležitá část vozíku. Požadavky na toto spojení je rozebíratelnost, a to pokud možno bez náradí, protože kola jsou často sundávána např. při přepravě vozíku. Dalším požadavkem je možnost montáže unifikovaných osiček, které používá většina současných vozíků.

Materiál

Mechanismus rychloupínáku je složena z ocelového pásku, ocelového kolíčku, ocelové matky a plastové páčky.

Provedení

Realizace připevnění hlavního kola k rámu pomocí rychloupínáku je spolehlivé a levné řešení. Velkou výhodou je demontáž a montáž kol bez použití náradí. Funkce je zřetelná z obrázku. Odklopením páčky se spoj uvolní a přimáčknutím se kolo zajistí.



Obr. 36: Připevnění hlavních kol k rámu

7.5.2.3 Vedení sedadla a opora nohou

Požadavky

Tento prvek má sloužit pro připevnění sedáku a opěradla a tvořit tak jeho rám. Další funkcí je vytvoření stability pro hráče.

Materiál

Použitý materiál je slitina hliníku jako u zbytku rámu. Konkrétně jde o ohnutou trubku do tvaru S o vnějším průměru 28 mm a stěně 2 mm.

Provedení

Část vozíku, která má plnit funkci vedení sedadla a oporu nohou, se skládá z levé a pravé strany. Trubky jsou ohnuté tak, že téměř kopírují tvar sedící osoby. Horní část slouží pro upevnění sedáku a opěradla pomocí suchých zipů. V této části je také šikmo navařena trubka pro zpevnění, vzniklý prostor je vyplněn hliníkovým plechem o tloušťce 2 mm. To tvoří boční vedení pro tělo hráče a také slouží jako ochrana před otáčejícími se koly. Část, která vede dolů a je přivařena k hlavním podélným trubkám slouží buď jen jako opora pro nehybné nohy, nebo si hráč může nohu přímo k této trubce fixovat.



Obr. 37: Vedení sedadla a opora nohou

7.5.2.4 Uložení opěrných koleček

Požadavky

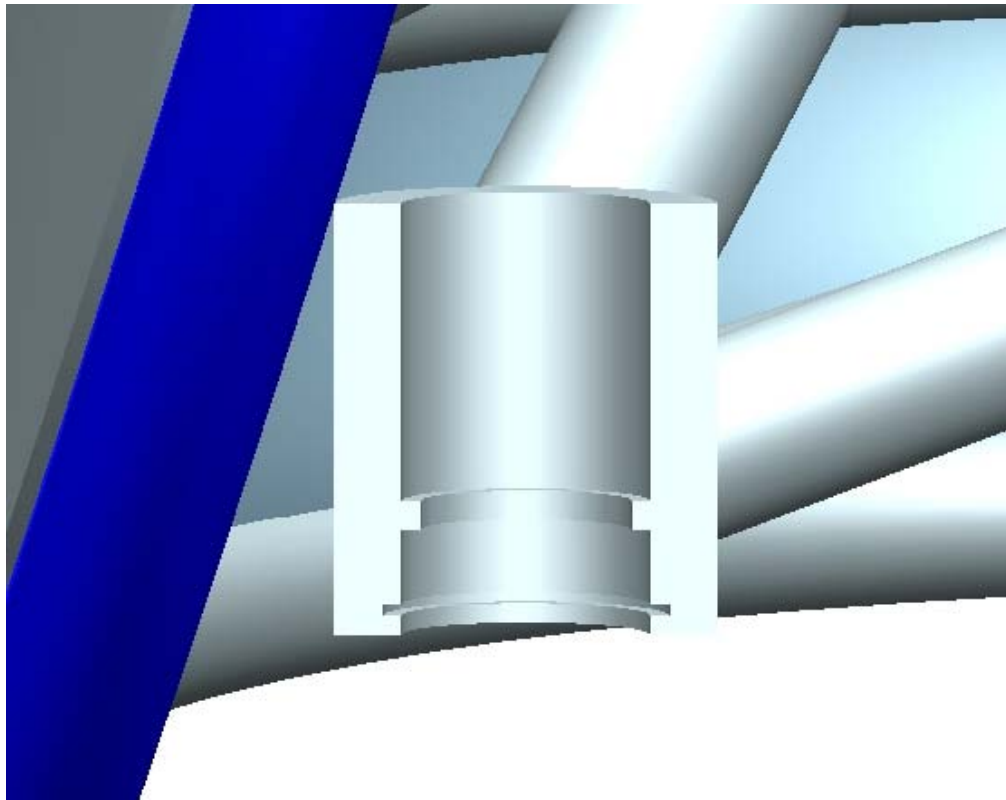
Část rámu sloužící pro upevnění opěrných koleček.

Materiál

Použitý materiál je shodný s rámem vozíku. Jedná se o soustruženou součást.

Provedení

Uchycovací body pro opěrná kolečka jsou na vozíku celkem čtyři. Jde o jednoduchý, soustružený díl, který má na vnitřním průměru osazení, sloužící jako doraz pro spodní ložisko a zápich pro pojistný kroužek.



Obr. 38: Řez komponentou pro uchycení opěrných koleček

7.5.2.5 Uchycení nárazníku

Požadavky

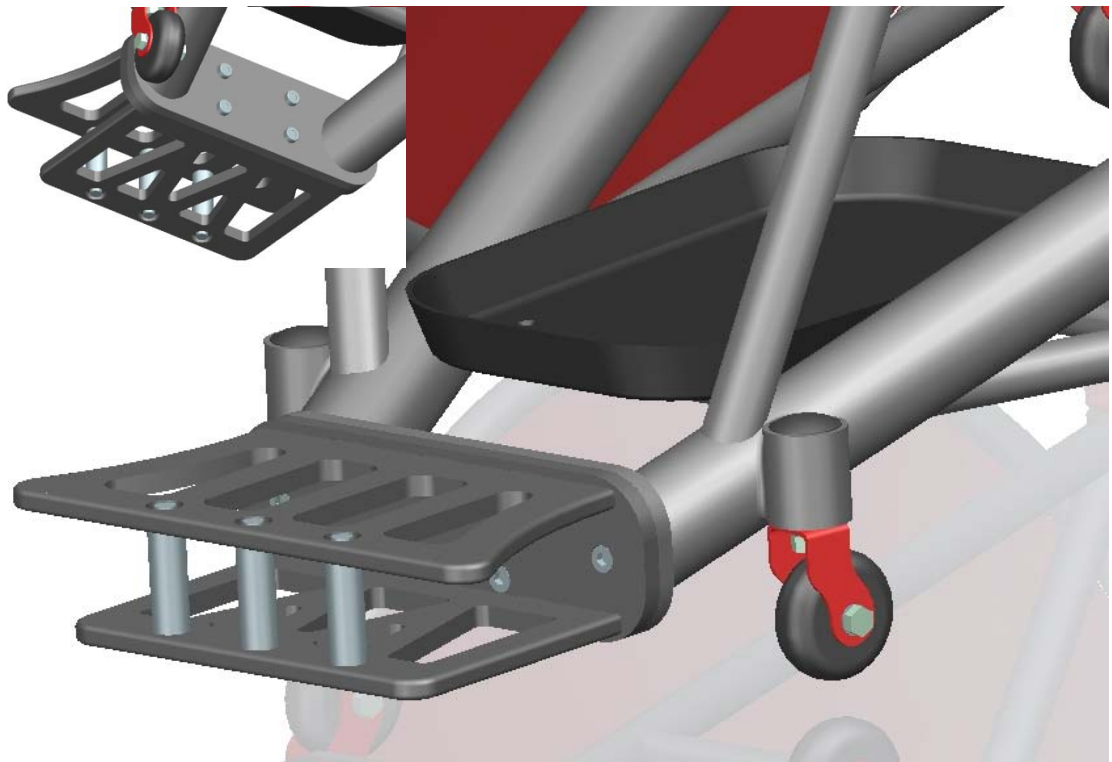
Spojení nárazníku musí být rozebíratelné z důvodu možnosti výměny nebo opravy poškozeného dílu. Spoj musí být dostatečně pevný, aby se při nárazu do jiného vozíku nepoškodil.

Materiál

Spoj je proveden šrouby DIN 912 M8x20 s vnitřním šestihranem a s nízkou výškou hlavy z pevnostní oceli s označením 8.8.

Provedení

Základem nárazníku je deska o tloušťce 10 mm. Deska stejného tvaru je i součástí rámu vozíku. Tyto dvě desky jsou k sobě sešroubovány šesti rovnoměrně rozmístěnými šrouby M8x20 s označením pevnosti 8.8. Hlavy šroubů jsou v desce nárazníku zapuštěny, tak aby nevyčnívaly. V protikusu, tedy v desce, která je součástí rámu, jsou nalisované matice⁴¹. K montáži nárazníku stačí pouze imbusový klíč velikosti 6.



Obr. 39: Uchycení nárazníku

⁴¹ Viz Příloha č. 2

7.5.2.6 Zpevňující prvky

Požadavky

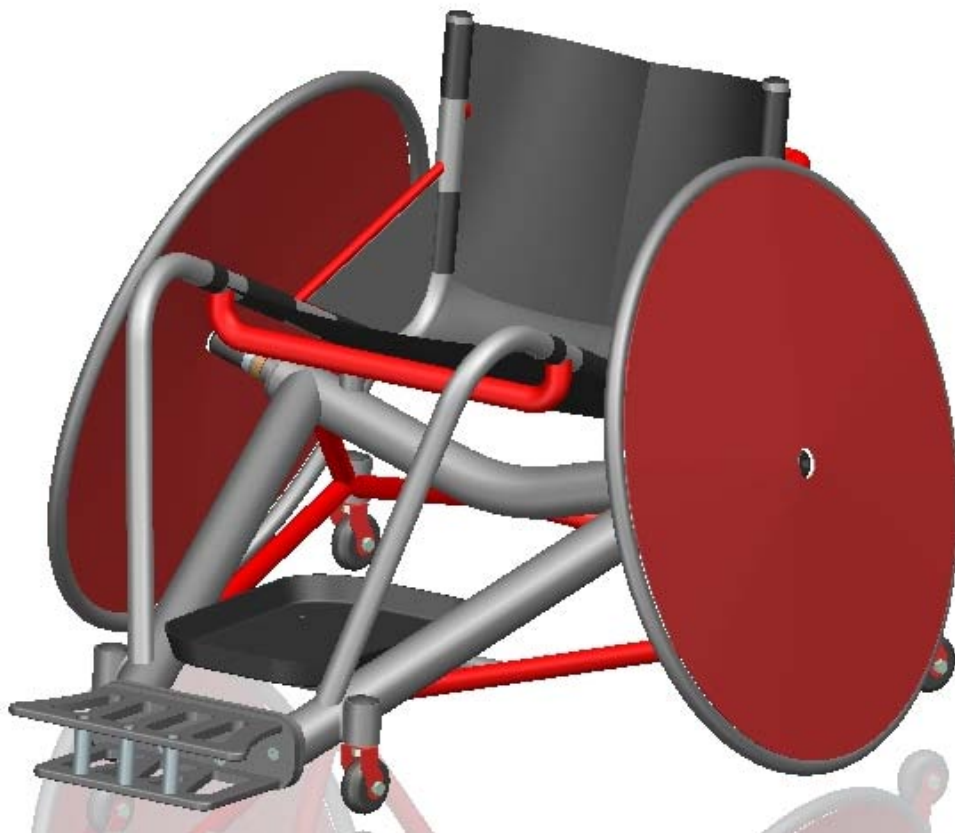
Samostatné funkční části vozíku neposkytují dostatečnou tuhost a pevnost rámu. Do konstrukce musí být vneseny takové prvky, které vozík zpevní, ale hmotnost zvýší pouze minimálně.

Materiál

Díly sloužící jako výztuž rámu jsou jeho součástí. Materiál je shodný s materiálem rámu.

Provedení

Pokud by se rám skládal pouze z částí, které jsou nutné pro funkci vozíku, neměl by dostatečnou tuhost a pevnost. Při používání by docházelo k častým poškozením (především praskání). Tomuto lze předejít vhodným umístěním výztuh. V tomto případě jde o zpevnění vedení sedáku, uchycení zadních opěrných koleček. Některé tyto výztuhy jsou prakticky využity. Např.: zpevnění konstrukce sedadla je využita jako boční vedení těla hráče a ochrana před otáčejícími se koly a výztuž zadních opěrných koleček je využita pro upevnění držáku pro nášlap. Na obrázku jsou zpevňující trubky vyznačeny červenou barvou.



Obr. 40: Znázornění zpevňujících trubek

7.5.3 Nárazník

Požadavky

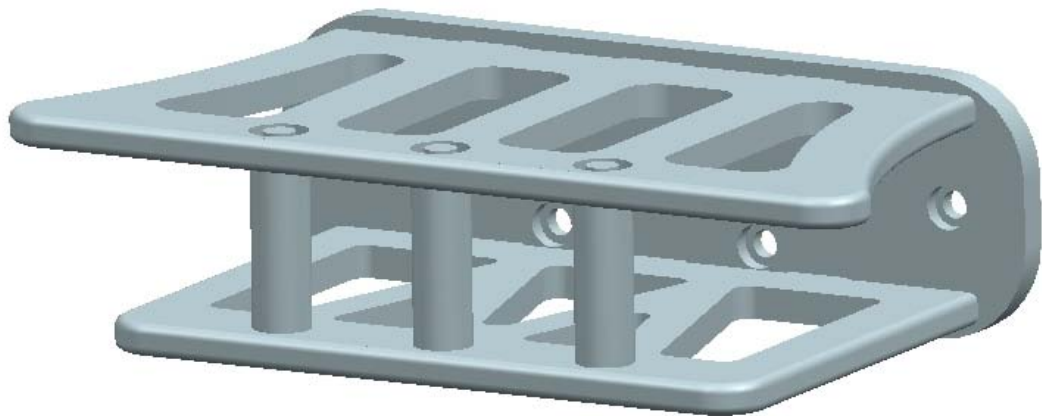
Tvar nárazníku musí splňovat předpisy pro mezinárodní ragby. Nárazník má sloužit pro zachycení vozíku soupeře. Jeho pevnost musí být dostatečně vysoká, aby vydržel běžné nárazy, ke kterým při hře dochází. Nárazník je demontovatelný, aby byla možná jeho výměna.

Materiál

Z cenových a technologických důvodů byla pro výrobu zvolena slitina hliníku, stejná jako pro výrobu rámu.

Provedení

Nárazník je svařenec, který je sestaven ze tří desek a tří sloupků. Jednotlivé části do sebe zapadají systémem výstupků a otvorů. V místech spojení vznikne prostor pro svar. Výhodou tohoto provedení svaru je pevnost a estetická stránka. Pro výrobu desek lze použít kombinaci řezání laserem nebo vodním paprskem společně s frézováním, nebo samotné frézování. Sloupky jsou jednoduché soustružené díly.



Obr. 41: Konstrukce nárazníku

7.5.4 Opěrná kola

Při návrhu uložení opěrných koleček byl brán opět zřetel na cenu, dostupnost dílů a také na snadnou montáž a demontáž. Jelikož je ragby kontaktní sport, počítá se zde s poškozením dílů sestavy opěrných koleček od nárazů. Tato sestava je tedy navržena tak, aby jednotlivé díly byly sehnatelné bez objednání a výměnu zvládl i laik.

Popis sestavy uložení opěrných koleček

Sestava je tvořena položkami, které jsou uvedeny v tabulce 2. Uspořádání zobrazuje obrázek 42. Kromě rozpěrných trubiček a plechového úchytu se jedná o nakupované díly.

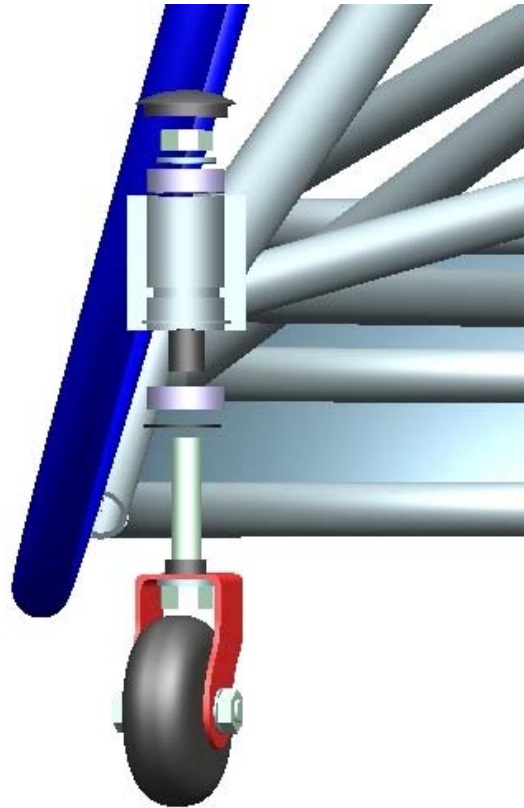
Postup montáže

První komponentou pro montáž je spodní ložisko, které má uložení s přesahem a je zajištěno pojistným kroužkem. Poté následuje vložení delší rozpěrné trubičky shora a nalisování horního ložiska. Dalším krokem je prostrčení šroubu s podložkou skrz úchyt, na šroub pak nasadíme krátkou rozpěrnou trubičku a následně prostrčíme šroub skrz ložiska. Na šroub shora nasadíme podložku a matici, kterou utáhneme. Nyní vložíme kolečko do úchytu, prostrčíme šroub a utáhneme. Kolečko bylo zvoleno z náhradních dílů pro kolečkové brusle, obsahuje tedy již poměrně kvalitní ložisko.

Složení sestavy

KUSOVNÍK	
NÁZEV	POČET
Šroub M10 x 50 DIN 931	1
Matice M10 DIN 934	1
Podložka plochá DIN 125A M10/10,5	2
Pojistný kroužek DIN 472 - 26 x1,2	1
Ložisko DIN 625 T1-6000 10x26x8	2
Trubka Ø14 x Ø10,5 x 13mm	1
Trubka Ø14 x Ø10,5 x 5mm	1
Šroub M8 x 38 DIN 931	1
Matice M8 DIN 934	1
Podložka plochá DIN 125A M8/6,4	2
Úchyt	1
Kolečko Ø64 x 26mm	1

Tab. 2: Kusovník pro sestavu opěrného kolečka



Obr. 42: Sestava uložení opěrných koleček – rozstřel

7.5.5 Sedák

Požadavky

Pro pohodlí hráče je nutná možnost částečného nastavení výšky posedu, sklonu opěrky.

Materiál

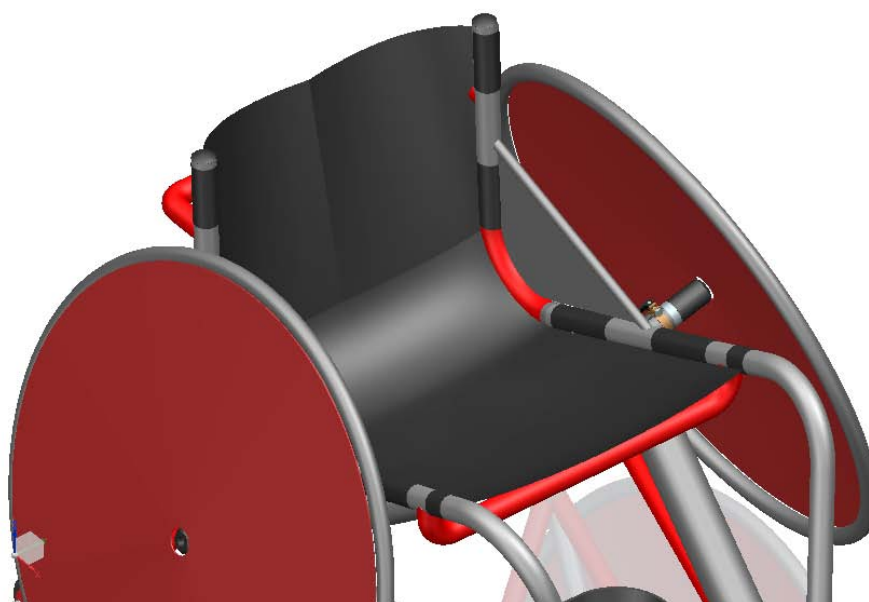
Materiál sedadla tvoří pevná látka s molitanovými vycpávkami. Rám pro sedadlo je již součástí rámu vozíku, jde tedy o slitinu hliníku.

Konstrukce sedadla a opěrky

Sedadlo a opěrka je výrobně poměrně složitá součást, proto týmem Active handicap bylo rozhodnuto, že se opěrka bude nakupovat již hotová. Jedná se o kombinaci pevné látky s molitanovou vycpávkou. Sedadlo a opěrka mají všité připevňovací pásy se suchým zipem, díky tomu je možné nastavení sedadla a opěrky, které je uvedeno v požadavcích.



Obr. 43: Provedení sedadla na vozíku SCHMICKING⁴²



Obr. 44: Upevnění sedadla -návrh

⁴² Foto autor práce

7.5.6 Nášlap

Požadavky

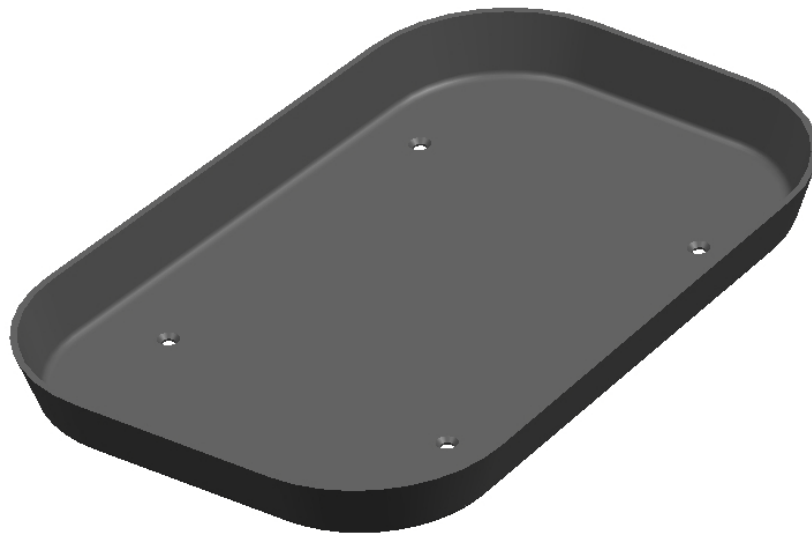
Zajistit podpěru pro nohy a zamezit jejich pohybu do stran (v oblasti chodidel).

Materiál

Pro výrobu byl zvolen uhlíkový kompozit. Důvodem je jednoduchá výroba, vysoká pevnost, nízká hmotnost a zajímavý design.

Provedení

Nášlap je navržen ve tvaru vaničky. Bočnice zamezují pohybu nohy do strany a zabraňuje tak sklouznutí nohy. Nášlap je k rámu přišroubován čtyřmi šroubky M5x20mm.



Obr. 45: Nášlap pro nohy

8 Pevnostní výpočet

Pevnostní výpočty slouží ke zjištění namáhání jednotlivých komponent. Výsledkem výpočtu je hodnota napětí v konkrétním místě. Nejvyšší zjištěná hodnota napětí v konstrukci nesmí přesáhnout mez dovoleného napětí materiálu. Z poměru vypočteného a dovoleného napětí vypočteme bezpečnost k . Pokud by v některém místě bylo napětí vyšší než dovolené, je nutné konstrukci upravit a to buď tvarově, aby došlo k lepšímu využití materiálu, nebo rozměrově.

Pro výpočet jsem provedl pevnostní analýzu v programu Siemens NX 7.5. Tento program využívá řešič NASTRAN. Výpočet je realizován metodou konečných prvků (MKP). Tato metoda funguje na principu diskretizace modelu (spojitého kontinua) na konečný počet elementů. Následně jsou v jednotlivých uzlech těchto elementů vypočteny zjišťované parametry.

8.1 Pevnostní analýza rámu

Analýzu rámu jsem provedl v jednom zátěžovém stavu. Jde o silové zatížení vzniklé působením hmotnosti člověka v kombinaci se zatěžující silou od nárazu druhého vozíku.

8.1.1 Okrajové podmínky

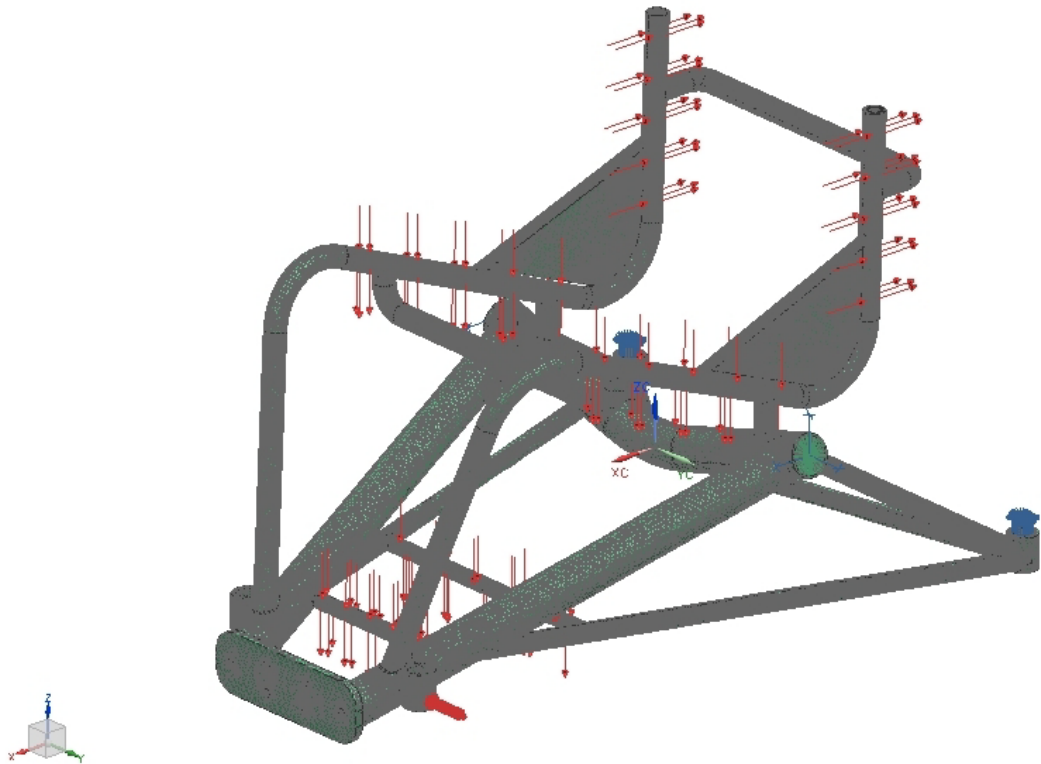
Okrajové podmínky shrnují všechny vlivy okolí na danou součást. Řadí se sem podmínky zatížení (síla, moment, gravitační síla), uchycení a symetrie. Tyto podmínky jsou voleny tak, aby co nevystižněji charakterizovaly působící zatížení vozíku.

Pro simulaci jsem zvolil ve čtyřech místech podmínky omezující pohyb. V místě uchycení hlavních kol jsou vytvořeny růžice, které spojují plochu na konci trubky se středovým bodem pomocí nekonečně tuhých elementů. V těchto středových bodech jsem zamezil možnost posuvu v souřadnicích x , y , z . Další okrajová podmínka omezující pohyb je v místě uchycení zadních podpěrných koleček. Zde je pohyb zamezen ve směru osy z .

Zatížení rámu od sedící osoby působí svisle na rám sedadla (65 kg), vodorovně na opěradlo sedadla (300 N) a na uchycení nášlapu (15 kg). Další silové zatížení působí v oblasti ložiskového domku pro přední opěrná kolečka ve směru osy x . Zde jde o průměrnou sílu vyvolanou nárazem vozíku s hráčem, který má stejnou hmotnost a narazí z boku do stojícího vozíku (pro výpočet této síly jsem zvolil hmotnost hráče 80 kg, hmotnost vozíku 25 kg (rám + příslušenství), tedy $m_1=m_2=105$ kg a rychlost vozíků $v_1 = 0$, $v_2 = 12$ km/h .

Pro výpočet průměrné síly nárazu F jsem použil výpočet na základě změny hybnosti ΔH . Dobu rázu jsem zvolil $t = 0,1s$.

$$F = \frac{\Delta H}{t} = \frac{H_1 - H_2}{t} = \frac{m_1 \vec{v}_1 - m_2 \vec{v}_2}{t} = \frac{0 + 350}{0,1} = 3500,0 N$$



Obr. 46: Zobrazení okrajových podmínek pro rám

8.1.2 Určení mezních stavů

Při vyhodnocování výsledků pevnostní analýzy je nutné nejprve stanovit mezní stavy materiálu, které spočtené hodnoty nesmí překročit. Podmínky jsou pevnostní (hodnota napětí) a deformační (hodnota posunutí). Tyto druhy podmínek jsou závislé na použitém materiálu. Je tedy nutné znát vlastnosti materiálu. Z hlediska použití rámu je důležitá podmínka pevnosti, budeme rám tedy hodnotit z tohoto hlediska.

Vlastnosti materiálu AL 7020 T6⁴³:

- Pevnost v tahu $R_m = 350 \text{ MPa}$
- Mez kluzu $R_{p0,2} = 280 \text{ MPa}$

Nyní je nutné určit hodnotu dovoleného napětí σ_{Dov} . Abychom tak mohli učinit, je třeba zvolit součinitel bezpečnosti k . Jelikož je výpočet prováděn pro statické zatížení a je zde zahrnuta průměrná síla vzniklá při rázu, je nutné zohlednit v součiniteli bezpečnosti možnou chybu při volbě dynamické síly (především parametr – doba rázu). Součinitel bezpečnosti z tohoto důvodu volím $k = 2,5$.

Maximální dovolené napětí:

$$\sigma_{Dov} = \frac{R_{p0,2}}{k} = \frac{280}{2,5} = 112 \text{ MPa}$$

Kde:

- σ_{Dov} Dovolené napětí [MPa]
- $R_{p0,2}$ Napětí na mezi kluzu
- k Koeficient bezpečnosti

8.1.3 Výsledky analýzy

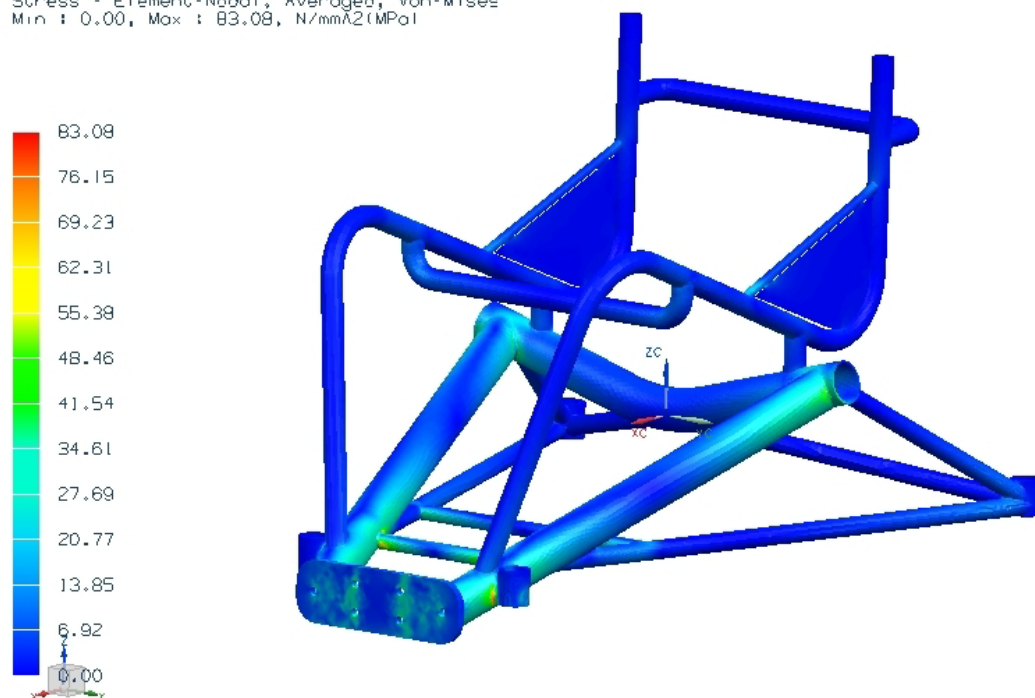
Na Obr. 47 a 48 je zobrazen průběh napětí v konstrukci rámu vyvolané působením vnějších sil. Obr. 48 ukazuje detailně místo, kde dochází k největší koncentraci napětí. Nejvyšší hodnota napětí se vyskytuje v místě spojení hlavní podélné trubky s příčnou trubkou, která slouží jako držák pro nášlap a zároveň jako výztuha. Dle tenzorového zobrazení napětí na Obr. 49 se jedná o napětí tahové.

Nejvyšší hodnota napětí v rámu při daném zatížení vzniká ve spojení trubky příčky a podélníku. Napětí má hodnotu 83 MPa, tím je podmínka největšího dovoleného napětí $\sigma_{Dov} = 112 \text{ MPa}$ splněna.

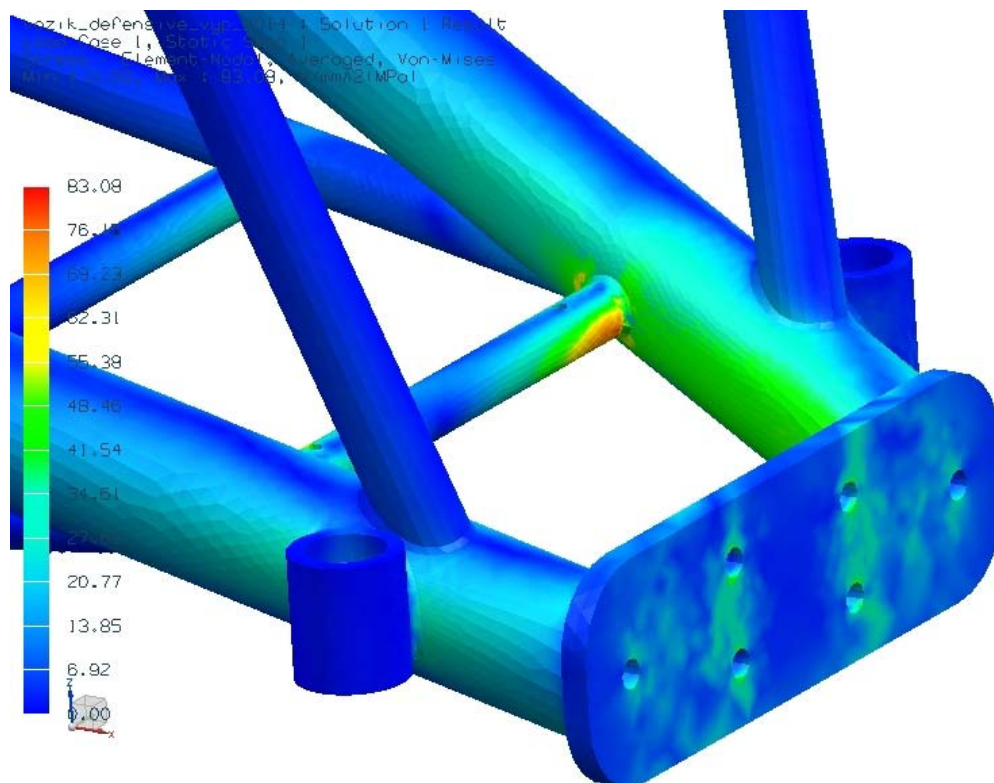
Dalším hlediskem hodnocení je deformace rámu. Na Obr. 50 až 52 je znázorněn průběh posunutí v jednotlivých osách souřadného systému.

⁴³ Viz Příloha č. 3

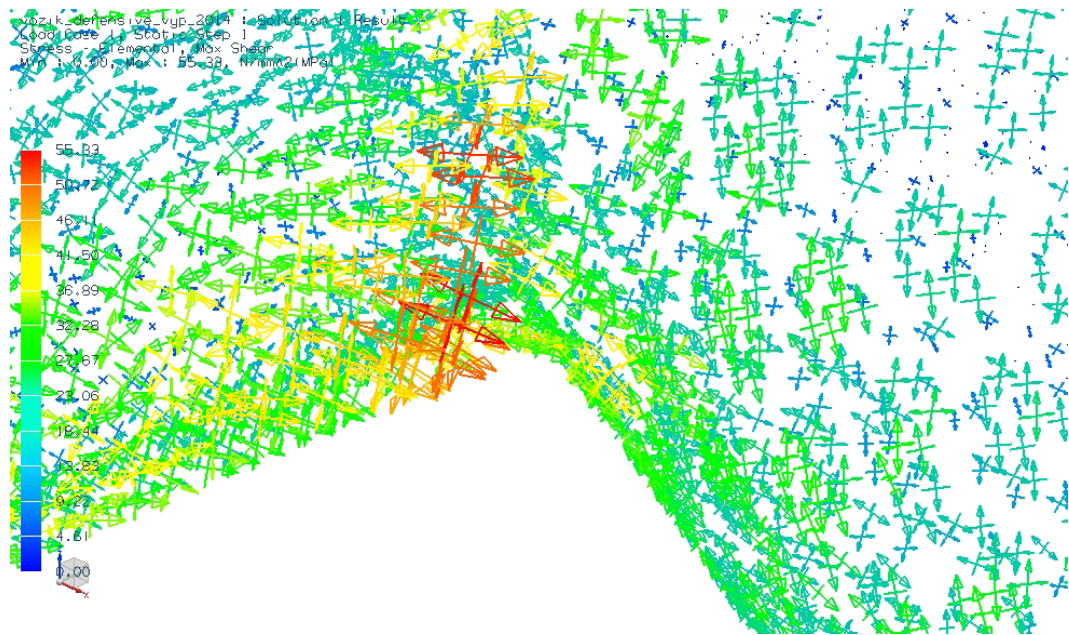
vozik_defensivne_vyp_2014 : Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Stress - Element-Nodal, Averaged, Von-Mises
Min : 0.00, Max : 83.08, N/mm²(MPa)



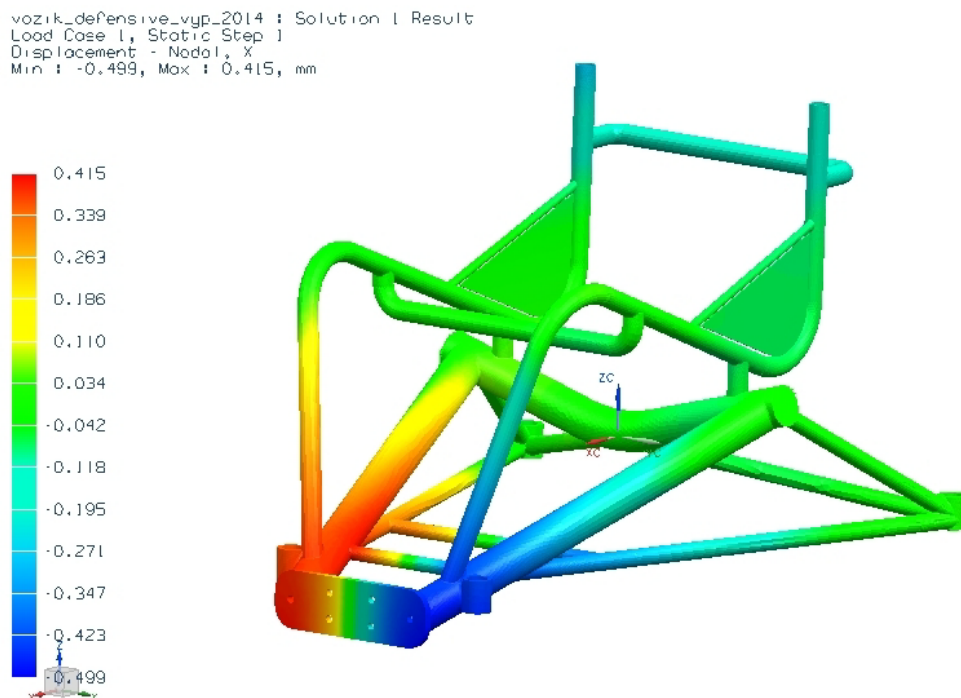
Obr. 47: Zobrazení celkového napětí v rámu [MPa]



Obr. 48: Místo s nejvyšší koncentrací napětí v rámu [MPa]

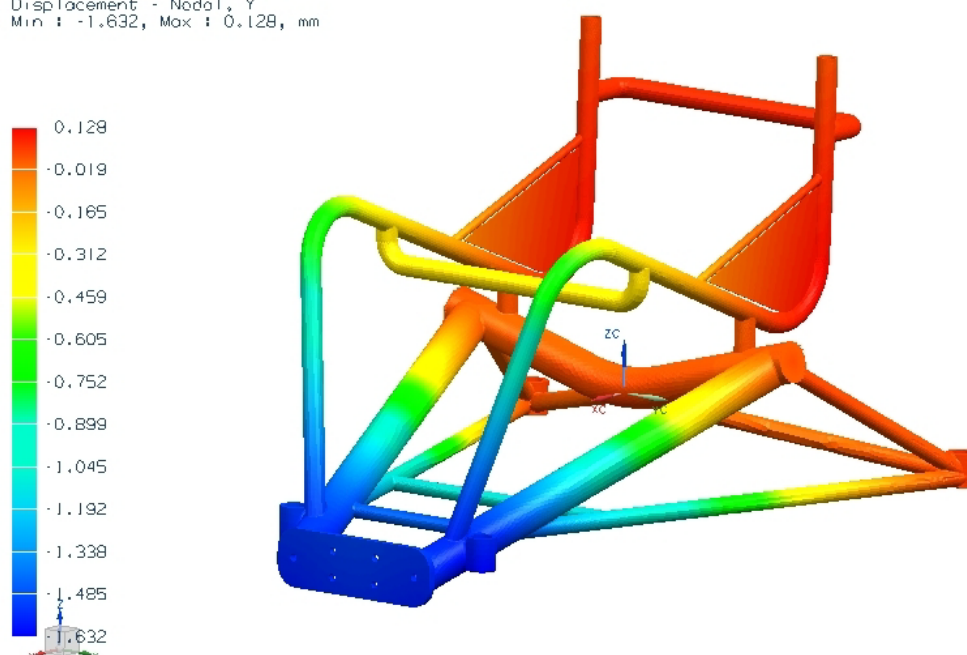


Obr. 49: Místo s nejvyšší koncentrací napětí v rámu – tenzorové zobrazení



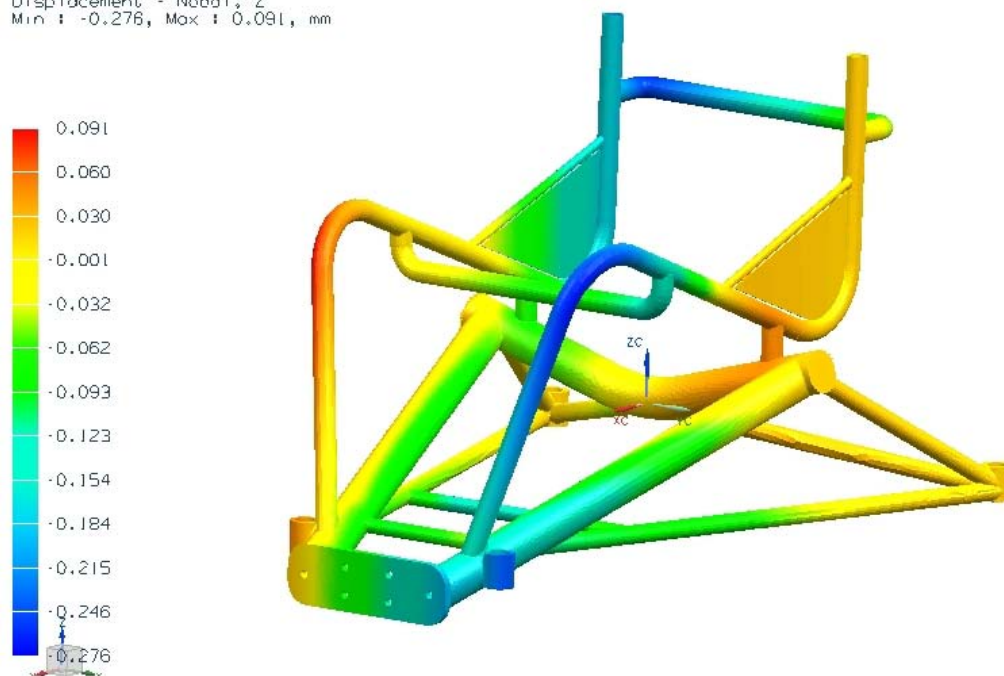
Obr. 50: Zobrazení deformace rámu v podélné ose [mm]

vozik_defensive_vyp_2014 : Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Y
Min : -1.632, Max : 0.128, mm



Obr. 51: Zobrazení deformace rámu v příčné ose [mm]

vozik_defensive_vyp_2014 : Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Z
Min : -0.276, Max : 0.091, mm



Obr. 52: Zobrazení deformace rámu ve svislé ose [mm]

Hodnoty posunutí ukazují deformaci rámu v pružné oblasti deformací, jelikož hodnota napětí nepřesáhla mez kluzu. Z analýzy plyne, že největší deformace je dosaženo v příčné vodorovné ose, tedy ve směru zatížení. Tento stav platí ovšem pouze pro dané zatížení. Pro objektivní zhodnocení tuhosti rámu by muselo proběhnout větší množství výpočtů s různými zatíženími, v různých směrech působení.

8.2 Zhodnocení

V této kapitole jsem se věnoval ověření konstrukce z hlediska pevnosti. Výsledkem pevnostní analýzy, jsem ověřil, zda je rám z hlediska pevnosti navržen správně. Výsledek ukázal, že napětí v rámu nedosáhlo dovolené meze i po zavedení koeficientu bezpečnosti, který konstrukci chrání proti případnému přetížení. V rámci výpočtu jsem dále provedl simulační výpočet se stejnými zatěžujícími vlivy, s rozdílem v působišti nárazu. Ověřil jsem pevnost rámu pro případ nárazu zepředu, z boku do nárazníku, zezadu do upevnění opěrných koleček a z boku do upevnění opěrných koleček. Všechny uvedené výpočty vyhověly podmínce pevnosti. Pro tyto dané situace, tedy konstrukce splňuje pevnostní nároky.

9 Finanční rozvaha

V této poslední kapitole se věnuji technicko - ekonomickému hodnocení výroby. Jde v podstatě o výpočet nákladů, které jsou spojeny s výrobou produktu. Celková částka se skládá z vlastních nákladů výroby (materiál, práce, nakupované díly) a přidružených nákladů (správní a odbytová režie). V mém případě jsou přidružené náklady neznámými parametry. Cenová kalkulace bude v tomto případě omezena pouze na vlastní náklady výroby. Jedná se o výrobu prototypu, proto bude výpočet ceny vztažen na 1 kus.

Výpočet nákladů na materiál:

$$N_m = l \cdot c \cdot k$$

Kde:

- N_m - materiálové náklady [Kč]
- l - délka profilu [m]
- c - cena za 1m profilu [Kč/m]
- k - koeficient pro odpadový materiál (10%)

Profil	ØD [mm]	Ød [mm]	l [m]	cena [Kč/m]	cena celkem [Kč]
TRUBKA ALU	55	49	1.9	581	1104
	28	24	4.2	190	798
	25	19	3.6	204	735
	15	12	0.56	70	40
TRUBKA OCEL	14	11	0.1	19	2
KULATINA ALU	40	-	0.2	1447	290
	55	-	0.15	2959	444
	Tloušťka [mm]		m ²	cena [Kč/m ²]	cena celkem [Kč]
PLECH ALU	2		0.11	1545	170
	10		0.12	7466	896
CENA	-	-	-	-	4479

Tab. 3: Výpočet materiálových nákladů na 1 vozík⁴⁴

⁴⁴ Ceny na dotaz od Westdeutscher Metall-Handel GmbH [13. května 2014]

Druhou složku pro určení celkových nákladů jsou nakupované položky.

NÁZEV	POČET	CENA/KS [Kč]	CENA [Kč]
Šroub M10 x 50 DIN 931	4	3,39	13,56
Matice M10 DIN 934	4	0,64	2,56
Podložka plochá DIN 125A M10	8	0,33	2,64
Pojistný kroužek DIN 472 - 26 x1,2	4	3,30	13,20
Matice M5 DIN 934	4	0,08	0,32
Šroub M5x20 DIN 963	4	0,27	1,08
Ložisko DIN 625 6000 SKF 10x26x8	8	75,36	602,88
Šroub M8 x 20 DIN 912	4	1,26	5,04
Matice M8 KVT CLS-M8-1	6	1,5	9,00
Úchyt	4	10,00	40,00
Kolo	2	12 000	24 000
Sedadlo	1	3 000	3 000
Nášlap	1	500	500
Kolečko Ø64 x 26mm	4	275,00	1 100,00
CELKOVÁ CENA [Kč]			29 290,28

Tab. 4: Výpočet nákladů na nakupované díly⁴⁵

Celkové náklady na materiál získáme sečtením materiálových nákladů a nákladů na nakupované díly.

$$CNM = NM + NK$$

Kde:

CNM - celkové náklady na materiál

NM - materiálové náklady

NK - náklady na nakupované díly

Celkové náklady na materiál kalkulované na výrobu 1 prototypu jsou 33 770 Kč.

⁴⁵ <http://www.spojovaci-material.net/> [13. května 2014]

10 Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření návrhu vozíku pro sport tělesně postižených, včetně zpracování výkresové dokumentace. V první fázi práce bylo nutné seznámit se s druhy tělesných postižení a možnými sporty pro vozíčkáře. Informace k těmto tématům, které jsou uvedeny na začátku práce, byly velmi cenné pro samotný návrh konstrukce. Dále jsem se seznámil s pravidly hry podle Světové asociace wheelchair rugby (IWRF). Vozík pro ragby tělesně postižených je sportovní pomůcka, kterou vyrábí několik známých firem. Pro uvedení do problematiky jsem tedy provedl analýzu trhu a zpracoval jsem rešerši s dostupnými informacemi.

Další část práce je věnována samotnému návrhu konstrukce v souladu s pravidly hry. Nejdříve byly navrženy dvě možné varianty řešení ragby vozíku. Jednalo se o útočnou a obrannou verzi. Při hodnocení v rámci týmu Active handicap byla vybrána obranná varianta, z důvodu vhodnosti pro konkrétního hráče. Konstrukce byla tedy tvořena přímo na rozměry tohoto hráče. Při návrhu jsem konstrukci rozdělil do několika částí podle jejich funkce. Tyto funkční skupiny byly popsány a rozpracovány. V rámci návrhu jsem provedl pevnostní simulaci rámu vozíku. Rám v této simulaci splnil pevnostní podmínku. V závěru práce jsem zhotovil finanční rozvahu pro materiálové náklady na výrobu prototypu vozíku. Na základě 3D modelu rámu jsem zpracoval výkresovou dokumentaci pro účel výroby zkušební prototypu.

Výsledkem práce je návrh konstrukce prvního zkušební prototypu cenově dostupného vozíku pro ragby tělesně postižených. Od tohoto prototypu se očekává, že v první etapě projde testovacím obdobím. V tomto období bude bez omezení používán hráčem, pro kterého byl vyroben. V druhé etapě bude podroben kontrole, kde bude využita především nedestruktivní defektoskopie pro odhalení prasklin. Výsledek této kontroly spolu s připomínkami hráče bude sloužit jako podnět pro další vývoj.

Věřím, že jsem ve své diplomové práci dostal všem požadavkům, které na mne byly kladeny jak ze strany zadavatele tématu, tak ze strany vedoucího mé práce. Byl bych rád, kdyby tento můj návrh prošel dalším vývojem a ve výsledku přispěl ke zlevnění vozíků a dostupnosti i pro zájemce o tento sport, kteří nemohou vynaložit tak vysoké finanční prostředky, za které se nyní tyto vozíky prodávají.

Resume

The aim of my diploma work was to design and prepare a set of construction plans for a wheelchair that would enable disabled to play rugby. In the first instance I had to become familiar with the types of the disabilities and the rules of the game in accordance with the International Wheelchair Rugby Federation.

The next part of the work focuses on the construction itself, again, in accordance with the rules of the game. Firstly I have designed two possible options of the rugby wheelchair. One was designed for the post of an attacker with the second one being made for the defender. On the basis of the evaluation of the two designs by the Active handicap team, the defence option chair was chosen. This better suited the specific player for whom the wheelchair was specifically designed. I have divided the construction into several parts depending on its functionality. These functional groups were described and worked on. Within the design of the wheelchair, the strength of the frame of the wheelchair was also tested. The test was successful. In the conclusion of the project I have prepared a budget for the costs of the materials necessary for the production of the wheelchair. On the basis of the 3D model, I have prepared production documentation for the sample prototype of the wheelchair.

The result of my diploma work is a proposal for a construction of the first prototype of an affordable wheelchair for disabled rugby. It is expected that this prototype will firstly go through the testing period. During this period, it will only be used, without any limitations, by the player for whom it was produced. In the second phase, it will be inspected using mainly non-destructive defectoscopy to establish any cracks in the construction. The results of this inspection together with the comments from the player will be used for a further development of this device.

Bibliografie

Literatura česká:

HOSNEDL, Stanislav a KRÁTKÝ, Jaroslav. *Příručka strojního inženýra: spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie. 1, [Obecné strojní části]*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 1999. Iviii, 313 s. Edice strojaře. ISBN 80-7226-055-3.

JANEČKA, Zbyněk a kol. *Vybrané kapitoly ze sportu osob se zdravotním postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 113 s. Učebnice. ISBN 978-80-244-3107-9.

KUDLÁČEK, Martin a kol. *Aplikované pohybové aktivity pro osoby s tělesným postižením*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. 122 s. Skripta. ISBN 978-80-244-1655-7.

LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. xiv, 927 s. ISBN 978-80-7361-081-4.

VOKURKA, Martin a kol. *Velký lékařský slovník*. 9., aktualiz. vyd. Praha: Maxdorf, ©2009. xv, 1159 s. Jessenius. ISBN 978-80-7345-202-5.

WENDSCHE, Peter a kol. *Poranění míchy: ucelená ošetrovatelsko-rehabilitační péče*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů v Brně, 2009. 226 s. ISBN 978-80-7013-504-4.

Literatura zahraniční:

OPENSHAW, S., TAYLOR, E. - *Ergonomics and design a reference guide*. Muscatine: Allsteel Inc., 2006. 57 s.

PFEIFFER, Jan. *Ergoterapia: Učebný text pre stredné zdravotnícke školy, študijný odbor rehabilitačný pracovník. [Diel] 2. 1. vyd.* Martin: Osveta, 1990. 198 s. Učebnice pre stredné zdravotnícke školy.

TILLEY, Alvin R. *The measure of man and woman: human factors in design.* New York: John Wiley & Sons, ©2002. 98 s. ISBN 978-0-471-09955-0.

Elektronické zdroje:

<http://www.iwrf.com/>

<http://www.qklub.cz/>

<http://mujvozik.cz/>

<http://www.cwta.cz/>

<http://www.sportmanagement.sk/>

<http://www.hamrsport.cz/>

<http://www.boccia.xf.cz/>

<http://www.demandequipment.com/>

<http://www.curlinghk.cz/>

<http://skmagazine.eu/>

<http://www.schmicking.com/>

<http://www.aktiv-rollstuhl.de/>

<http://www.melrosewheelchairs.com/>

<http://www.ottobock.cz/>

<http://www.silkmobility.com/>

<http://www.wmh.de/>

<http://www.spojovaci-material.net/>

<http://cms.allsteeloffice.com/>

<http://cs.wikipedia.org/>

<http://ref.webnode.cz/>

<http://shop.kvt-fastening.de/>

Seznam použitého software:

Autodesk Inventor professional 2011

MS Office

Siemens NX 7.5

Seznam obrázků:

Obr. 1: Popis segmentů páteře.....	13
Obr. 2: Závodní vozík - formule.....	17
Obr. 3: Jízda na vozíku	18
Obr. 4: Vrháčský rám	18
Obr. 5: Basketbalový vozík Wolturnus.....	19
Obr. 6: Basketbalový vozík ALL COUR	20
Obr. 7: Basketbalový vozík TERMINATOR BB.....	20
Obr. 8: Tenisový vozík s třemi podpůrnými kolečky	21
Obr. 9: Tenisový vozík se dvěma podpůrnými kolečky	21
Obr. 10: Vozík pro hru Boccia s rampou.....	22
Obr. 11: Míče pro hru Boccia	22
Obr. 12: Rampa pro zaměření míče	22
Obr. 13: Hráč curlingu	23
Obr. 14: Hřiště pro rugby vozíčkářů.....	26
Obr. 15: Znázornění funkčního svalstva 0.5 bodového hráče.....	29
Obr. 16: Znázornění funkčního svalstva 1 bodového hráče.....	30
Obr. 17: Znázornění funkčního svalstva 2 bodového hráče.....	31
Obr. 18: Znázornění funkčního svalstva 3 bodového hráče.....	33
Obr. 19: Vozíky Schmicking.....	35
Obr. 20: Vozíky Meyra	36
Obr. 21: Vozíky Rhino.....	37
Obr. 22: Vozík Wolturnus.....	38
Obr. 23: Vozík GTM Raptor	39
Obr. 24: Varianta 1 - obranný vozík.....	43
Obr. 25: Varianta 2 - obranný vozík.....	45
Obr. 26: Varianta 3 - útočná varianta	47
Obr. 27: Zobrazení procentuelní výšky člověka	48
Obr. 28: Vložení váhy a výšky	49
Obr. 29: Rozměry postavy detailně	49
Obr. 30: Ragby vozík s figurínou	50
Obr. 31: Předepsané rozměry pro ragby vozík.....	51
Obr. 32: Skutečné rozměry navrženého vozíku - pohled z boku	52
Obr. 33: Skutečné rozměry navrženého vozíku – pohled zepředu.....	52
Obr. 34: Funkční podskupiny konstrukce rámu	55
Obr. 35: Nosná část rámu.....	56
Obr. 36: Připevnění hlavních kol k rámu.....	57
Obr. 37: Vedení sedadla a opora nohou.....	58
Obr. 38: Řez komponentou pro uchycení opěrných koleček	59
Obr. 39: Uchycení nárazníku.....	60
Obr. 40: Znázornění zpevňujících trubek	61
Obr. 41: Konstrukce nárazníku	62

Obr. 42: Sestava uložení opěrných koleček – rozstřel.....	64
Obr. 43: Provedení sedadla na vozíku SCHMICKING	65
Obr. 44: Upevnění sedadla -návrh.....	65
Obr. 45: Nášlap pro nohy	66
Obr. 46: Zobrazení okrajových podmínek pro rám	68
Obr. 47: Zobrazení celkového napětí v rámu [MPa]	70
Obr. 48: Místo s nejvyšší koncentrací napětí v rámu [MPa]	70
Obr. 49: Místo s nejvyšší koncentrací napětí v rámu – tenzorové zobrazení ..	71
Obr. 50: Zobrazení deformace rámu v podélné ose [mm]	71
Obr. 51: Zobrazení deformace rámu v příčné ose [mm].....	72
Obr. 52: Zobrazení deformace rámu ve svislé ose [mm].....	72

Seznam tabulek:

Tab. 1: Morfologická matice.....	41
Tab. 2: Kusovník pro sestavu opěrného kolečka.....	63
Tab. 3: Výpočet materiálových nákladů na 1 vozík	74
Tab. 4: Výpočet nákladů na nakupované díly	75

PŘÍLOHA č. 1

Seznam výkresové dokumentace

Seznam výkresové dokumentace:

1. SVAŘENEC 1
2. SVAŘENEC 2
3. SVAŘENEC 3
4. TRUBKA 1
5. TRUBKA 2
6. TRUBKA 3
7. TRUBKA 4
8. TRUBKA 5
9. TRUBKA 6
10. TRUBKA 7
11. TRUBKA 8
12. TRUBKA 9
13. TRUBKA 10
14. TRUBKA 11
15. TRUBKA 12
16. BOČNÍ KRYT
17. DESKA NÁRAZNÍKU
18. SPODNÍ DÍL NÁRAZNÍKU
19. VRCHNÍ DÍL NÁRAZNÍKU
20. SLOUPEK
21. NÁRAZNÍK
22. LOŽISKOVÝ DOMEK
23. PŘIRUBA KOLA

PŘÍLOHA č. 2

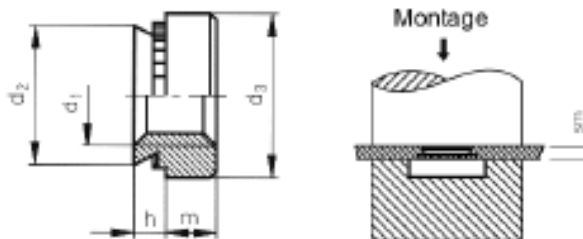
Datový list – Nalisovaná matice⁴⁶

⁴⁶ <http://shop.kvt-fastening.de/> [20. března 2014]

KVT-Fastening GmbH
Stand 08.05.2014
Technische Änderungen vorbehalten.



Technisches Datenblatt - CLS-M8-1 PEM® Einpressmutter



3D-Daten verfügbar	
Bestellbezeichnung	CLS-M8-1
Gewinde d1	M8
Loch-Ø im Blech +0,08 0	10,50 mm
d2 max.	10,47 mm
d3 ± 0,25	12,70 mm
m ± 0,25	5,47 mm
h max.	1,38 mm
sm min.	1,4 mm
Min. Randabstand bis Mitte Loch	9,7 mm
Werkstoff	nichtrostender Stahl 18/8 (AISI 302/303) passiviert.
Einsatz	Für Blechhäuten bis HRB 70.
Information	Für den Einsatz in Blechen > HRB 80 Typ SP vorsehen. Typen für andere Lochabmessungen auf Anfrage.
Werkzeuge	

Internetadresse:

<http://shop.kvt-fastening.de/katalog/item.jsp?artgrp=9985&matkat=CLS-M8-1&grpbdt=PEM%26reg%3B-Einpressmutter>

PŘÍLOHA č. 3

Výtah z normy ČSN EN 754-2⁴⁷ Materiál AL 7020 T6

⁴⁷ ČSN EN 754-2. *Hliník a slitiny hliníku – Tyče s trubky tažené za studena – Část 2: Mechanické vlastnosti*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

ČSN EN 754-2

Tabulka 34 – Slitina EN AW-7020 [Al Zn4,5Mg1]

Tažená tyč										
Stav materiálu	Rozměry mm		R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW	
	D^a	S^b	min.	max.	min.	max.	min.	min.		
T6 ^c	≤ 80	≤ 50	350	–	280	–	10	8	110	
Tažená trubka										
Stav materiálu	Tloušťka stěny t mm	R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW		
		min.	max.	min.	max.	min.	min.			
T6 ^c	≤ 20	–	–	350	–	280	–	10	8	110

^a D = průměr kruhové tyče.
^b S = tloušťka čtvercové, šestihranné nebo ploché tyče.
^c Vlastnosti mohou být získány kalením za matricí.

Tabulka 35 – Slitina EN AW-7022 [Al Zn5Mg3Cu]

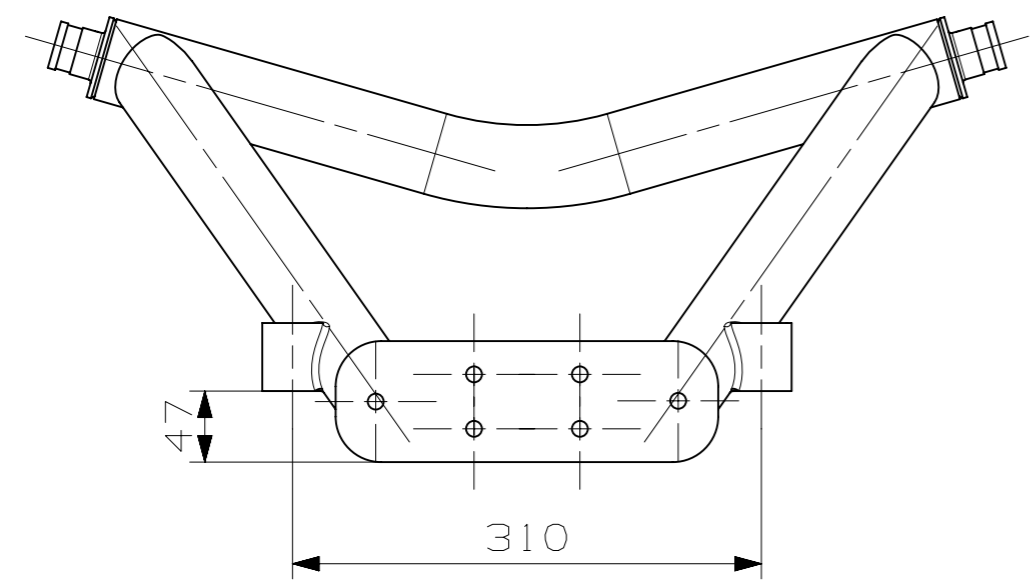
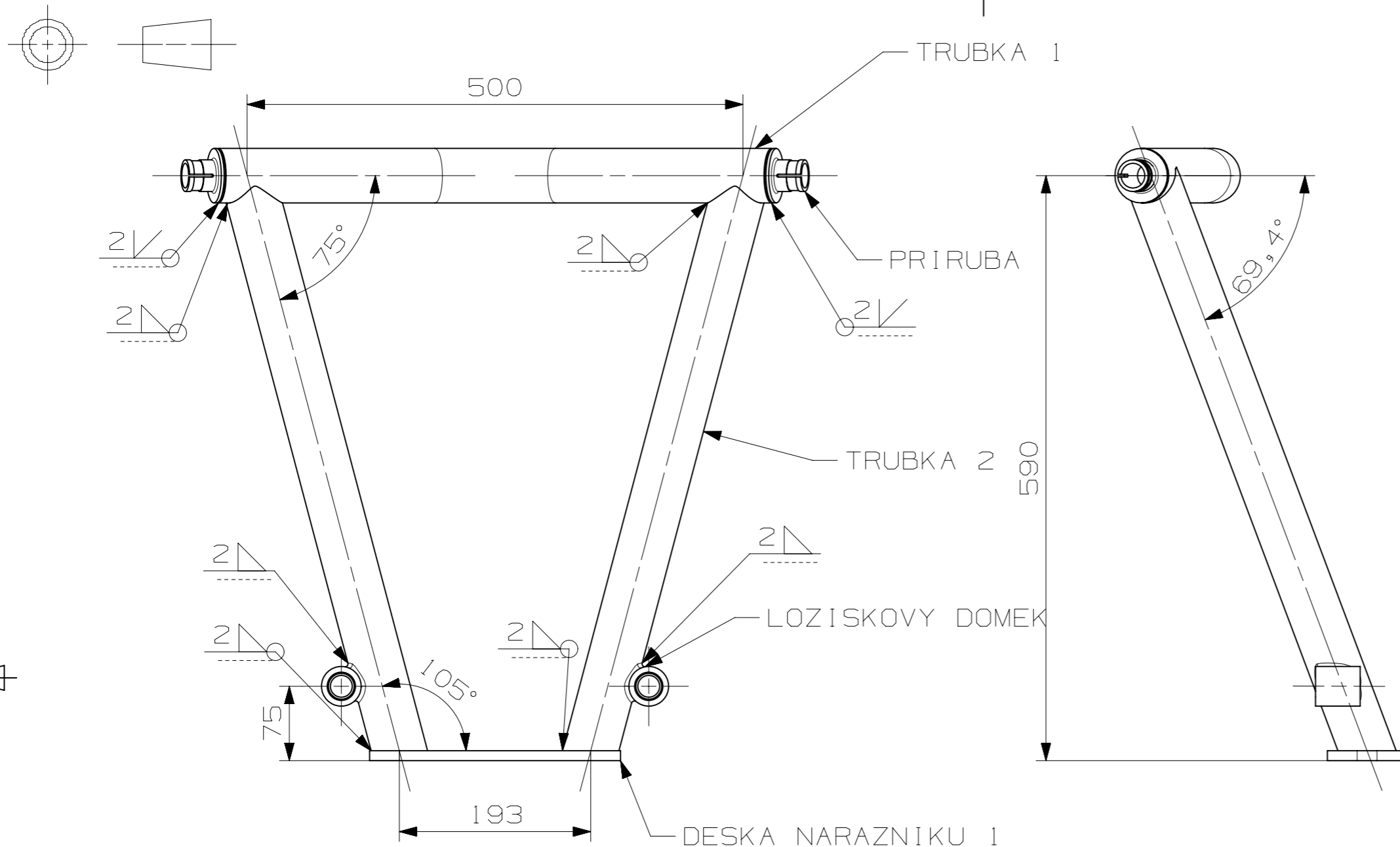
Tažená tyč										
Stav materiálu	Rozměry mm		R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW	
	D^a	S^b	min.	max.	min.	max.	min.	min.		
T6 ^c	≤ 80	≤ 80	460	–	380	–	8	6	133	
Tažená trubka										
Stav materiálu	Tloušťka stěny t mm	R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW		
		min.	max.	min.	max.	min.	min.			
T6 ^c	≤ 20	–	–	460	–	380	–	8	6	133

^a D = průměr kruhové tyče.
^b S = tloušťka čtvercové, šestihranné nebo ploché tyče.
^c Vlastnosti mohou být získány kalením za matricí.

Tabulka 36 – Slitina EN AW-7049A [Al Zn8MgCu]

Tažená tyč										
Stav materiálu	Rozměry mm		R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW	
	D^a	S^b	min.	max.	min.	max.	min.	min.		
T6	≤ 80	–	590	–	500	–	7	5	170	
Tažená trubka										
Stav materiálu	Tloušťka stěny t mm	R_m MPa		$R_{p0,2}$ MPa		A %	$A_{50\text{ mm}}$ %	Typická hodnota HBW		
		min.	max.	min.	max.	min.	min.			
T6, T6510, T6511	≤ 5	–	–	590	–	530	–	6	4	170
	$5 < t \leq 20$	–	–	590	–	530	–	7	5	170

^a D = průměr kruhové tyče.
^b S = tloušťka čtvercové, šestihranné nebo ploché tyče.

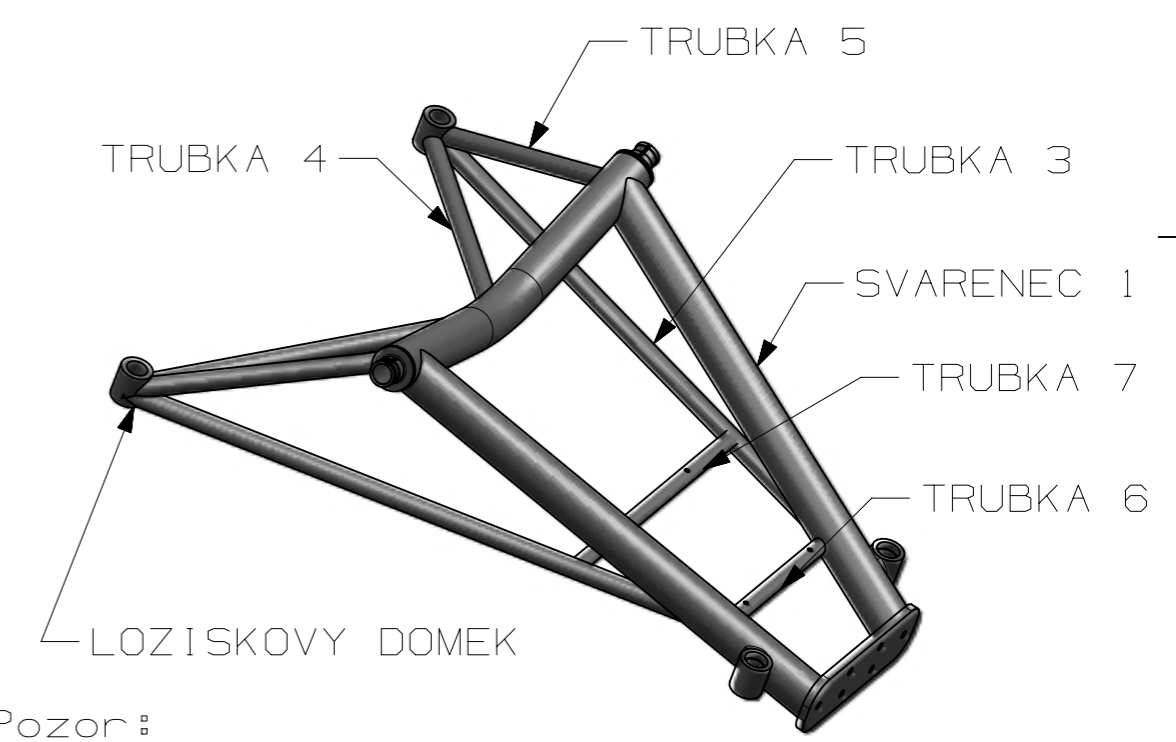
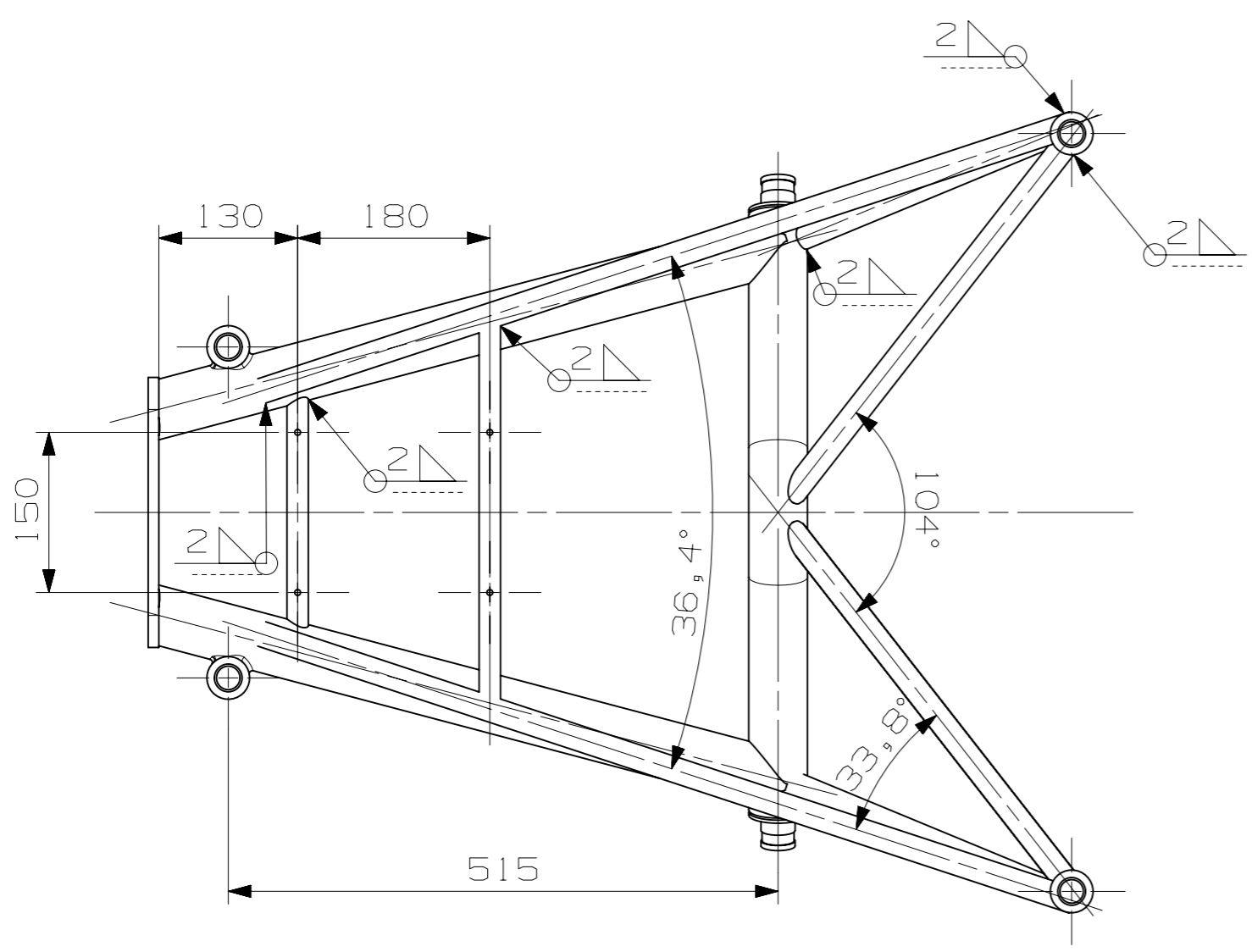
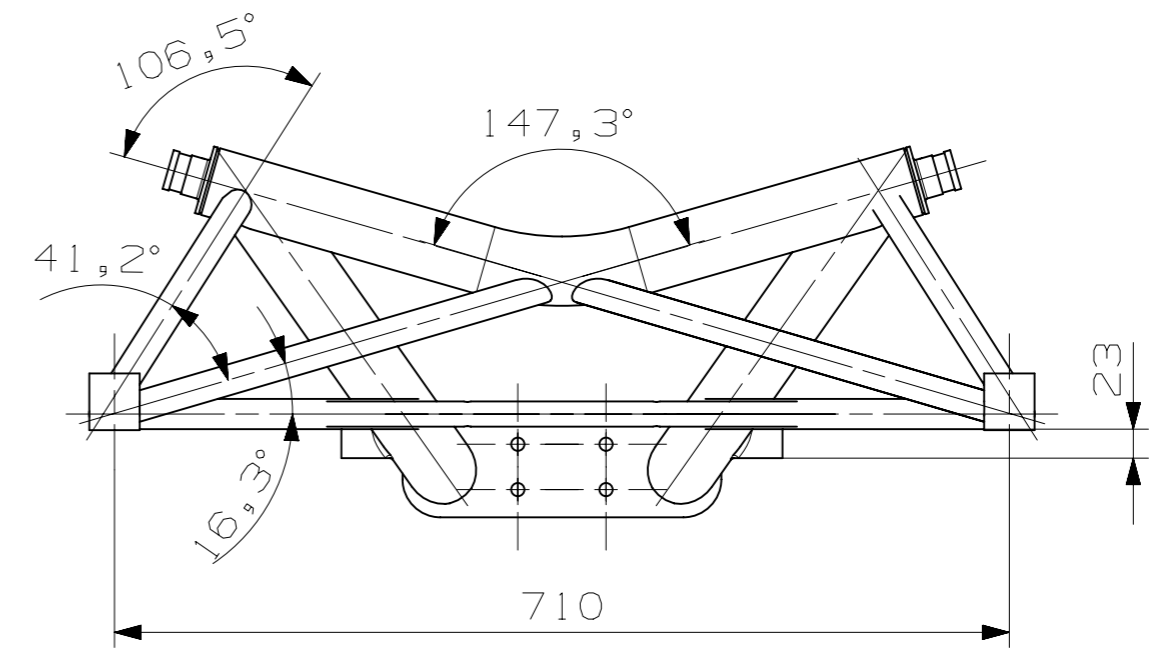
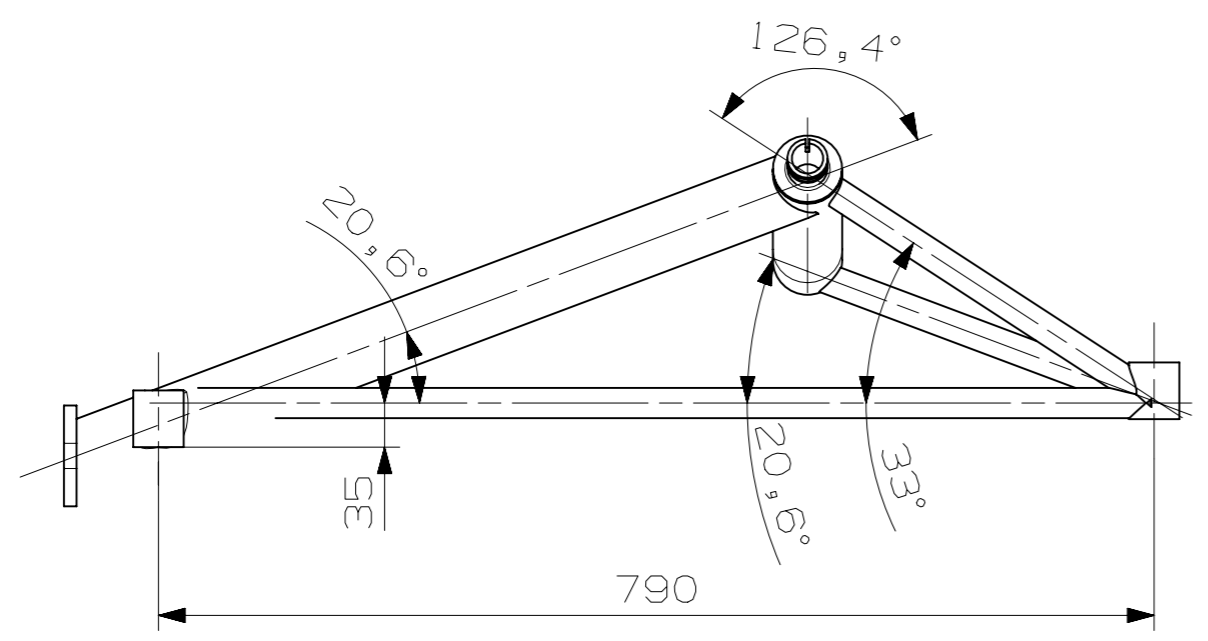
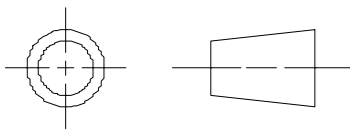


Pozor :
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Material: EN AW-7020 T6
 Neopredpsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju		
FIRST ISSUED		TITLE		
DRAWN BY	Vodolan	SVARENEC 1		
CHECKED BY				
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.	REV
		A3	001	<input checked="" type="checkbox"/>
		SCALE 1:5	SHEET 1 OF 1	

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

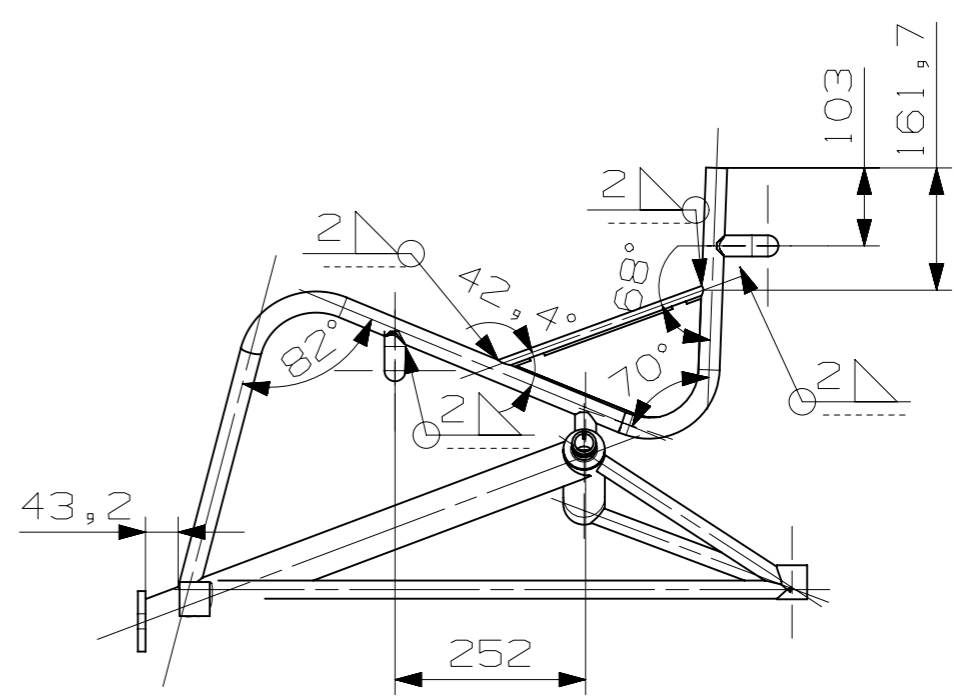
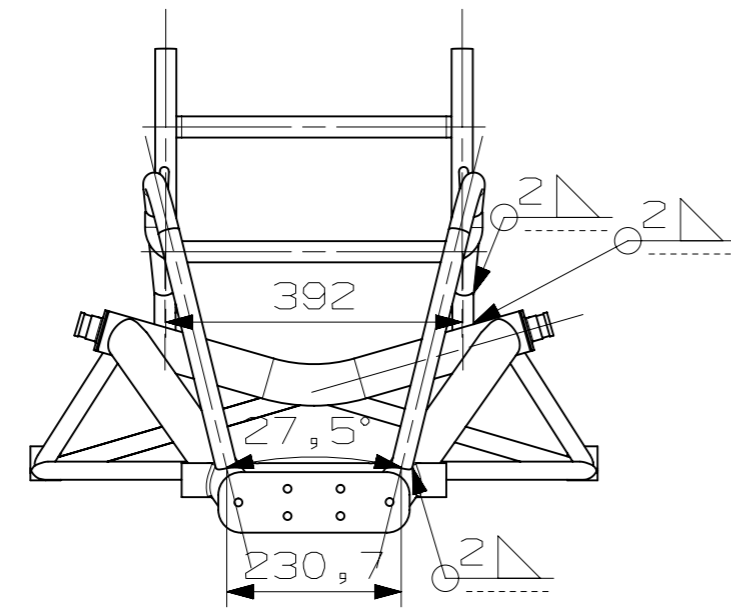
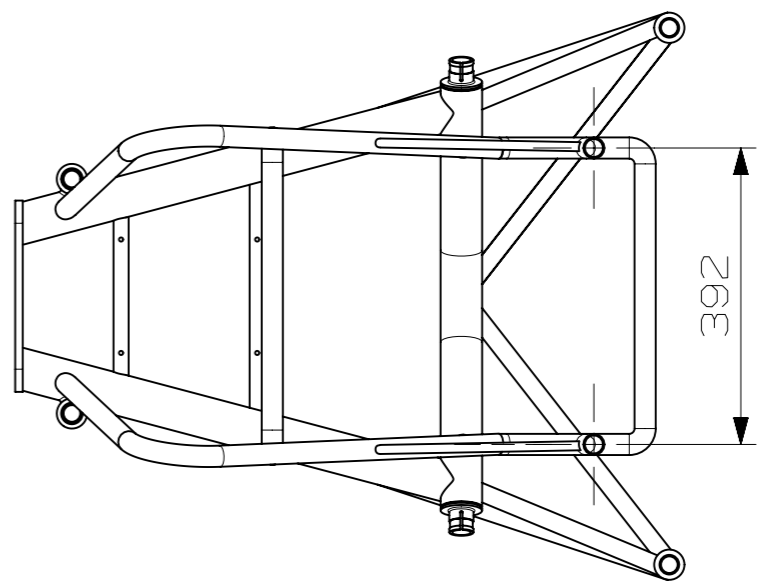
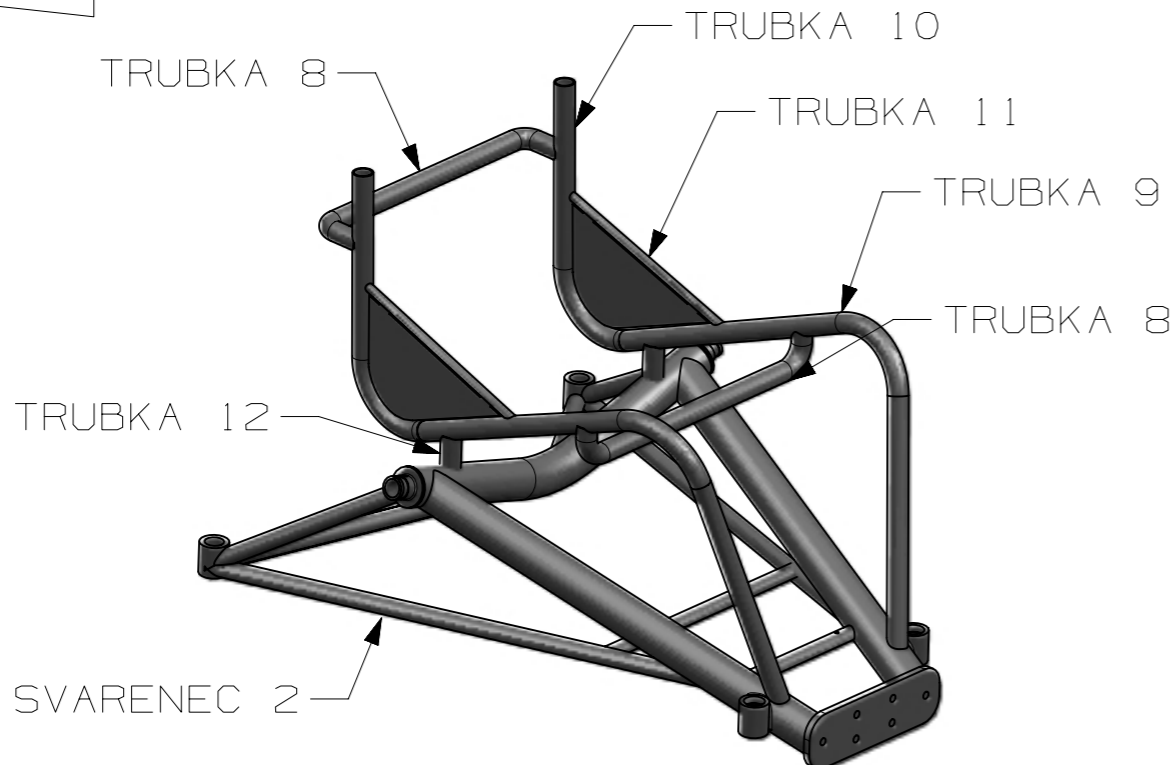
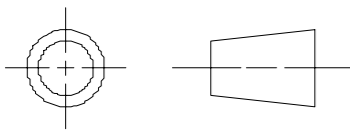


Pozor :
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Material: EN AW-7020 T6
 Neopredpsané tolerance dle ISO 2768-mK

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	SVARENEC 2	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3	002
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

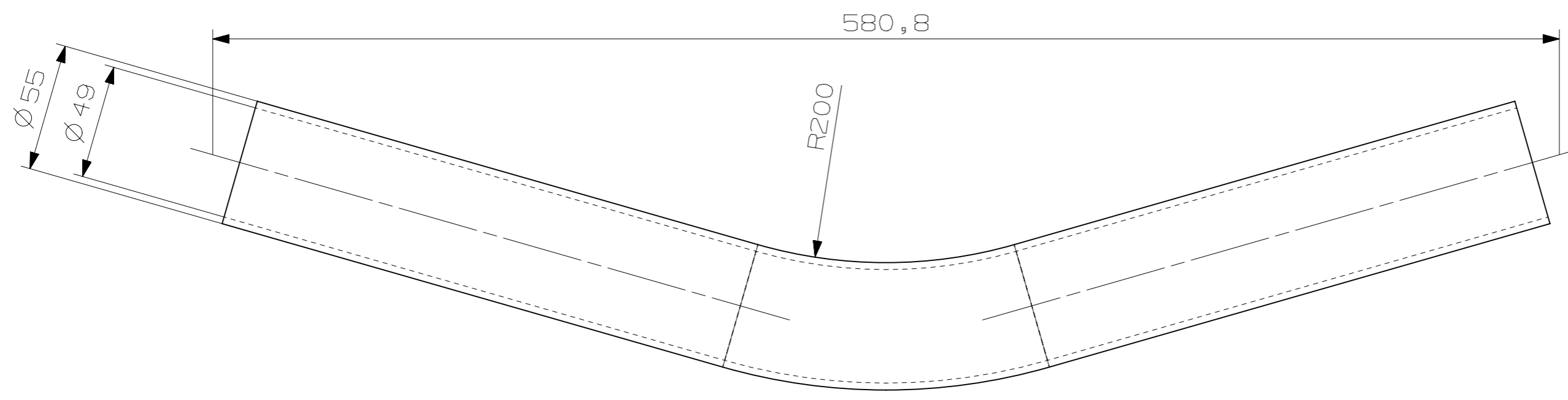
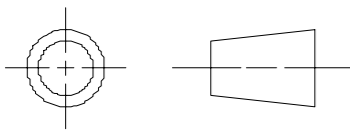


Pozor :
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Material: EN AW-7020 T6
 Neopredpsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	SVARENEC 3	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	003
		SCALE 1:10	SHEET 1 OF 1
		REV	<input checked="" type="checkbox"/>

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

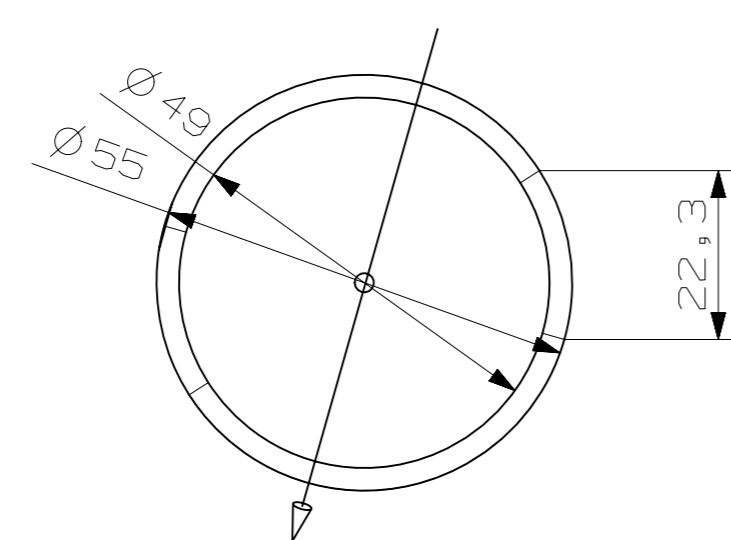
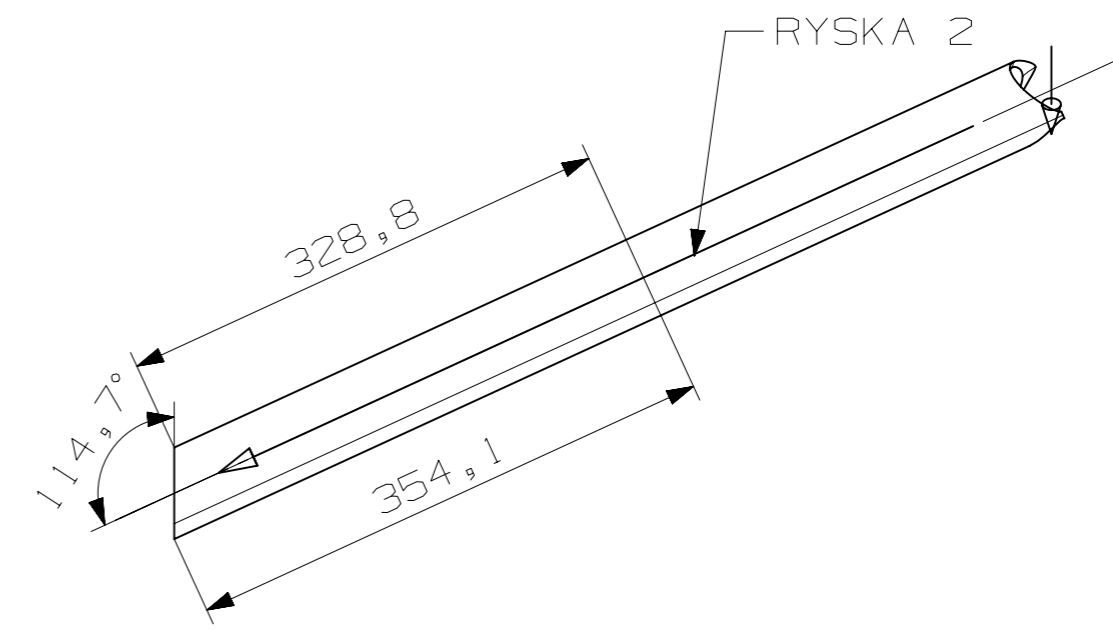
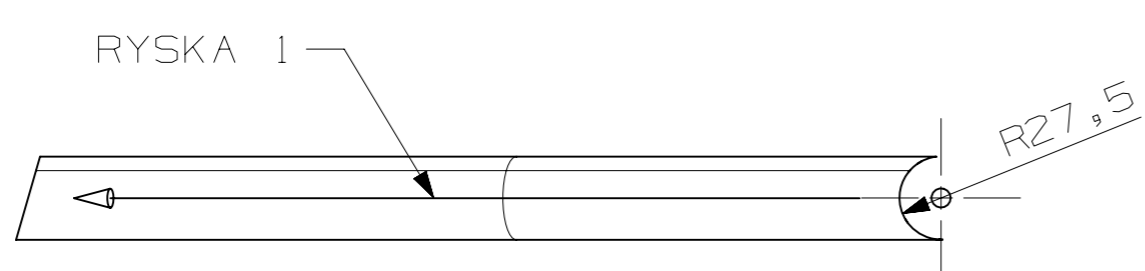
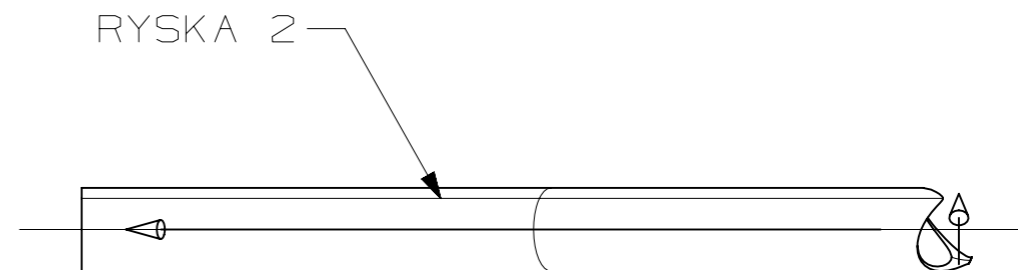
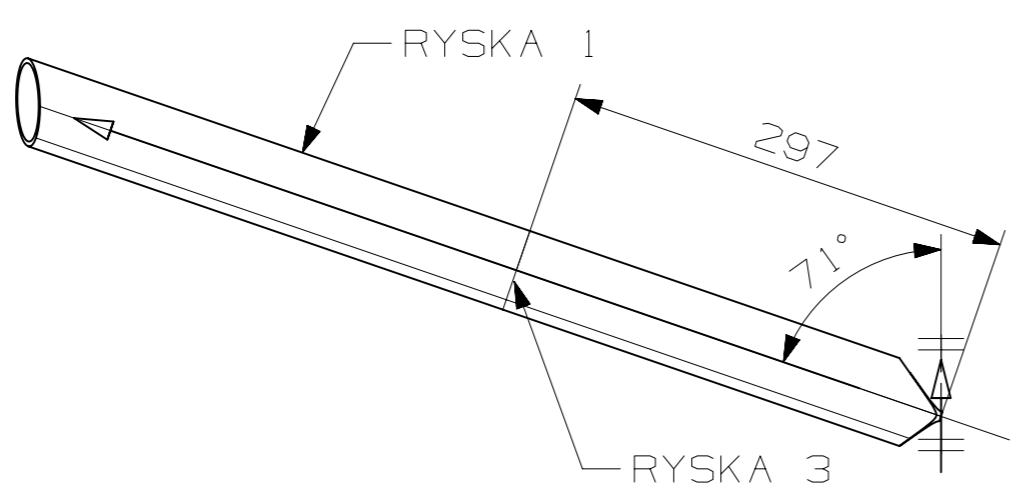
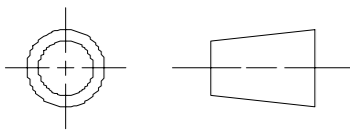


Pozor :
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 55 \times \varnothing 49 \times 575,7$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju		
		TITLE TRUBKA 1		
FIRST ISSUED		SIZE DRG NO.		REV
DRAWN BY	Vodolan	A3 004		
CHECKED BY		SCALE 1:2		
APPROVED BY				SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

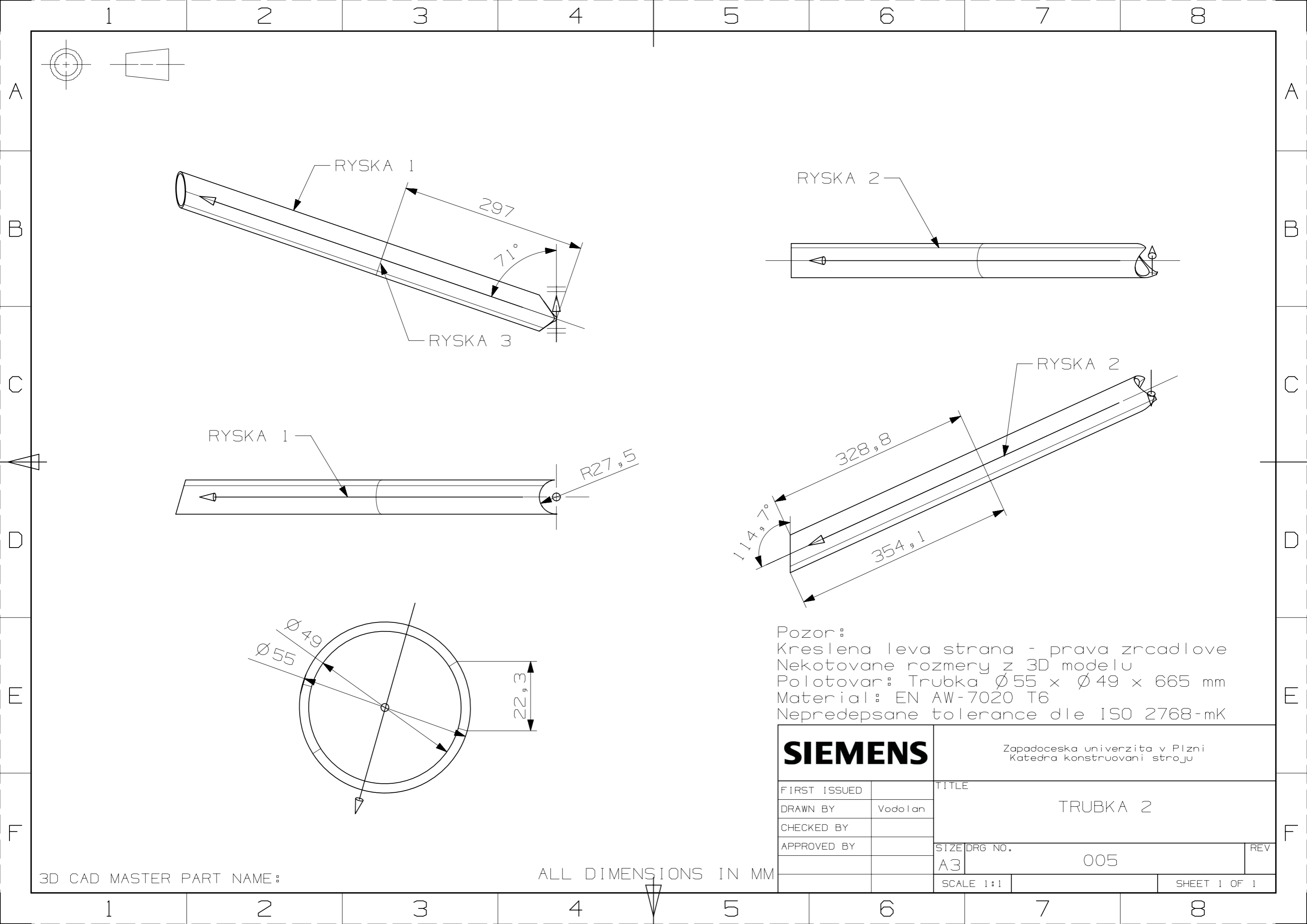


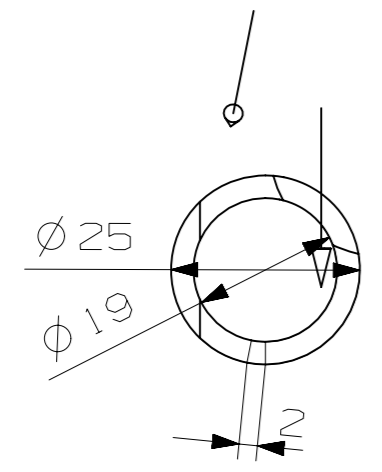
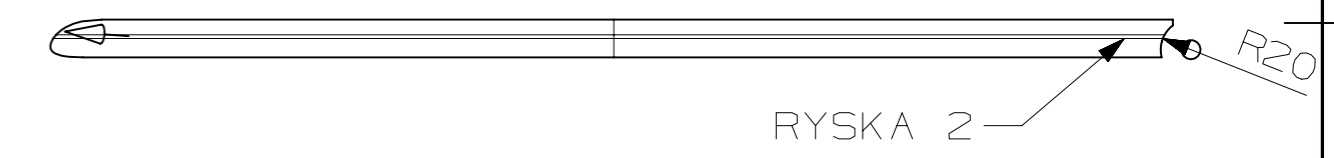
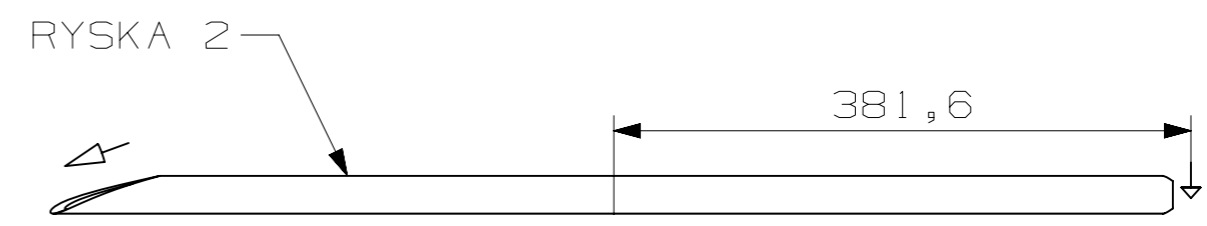
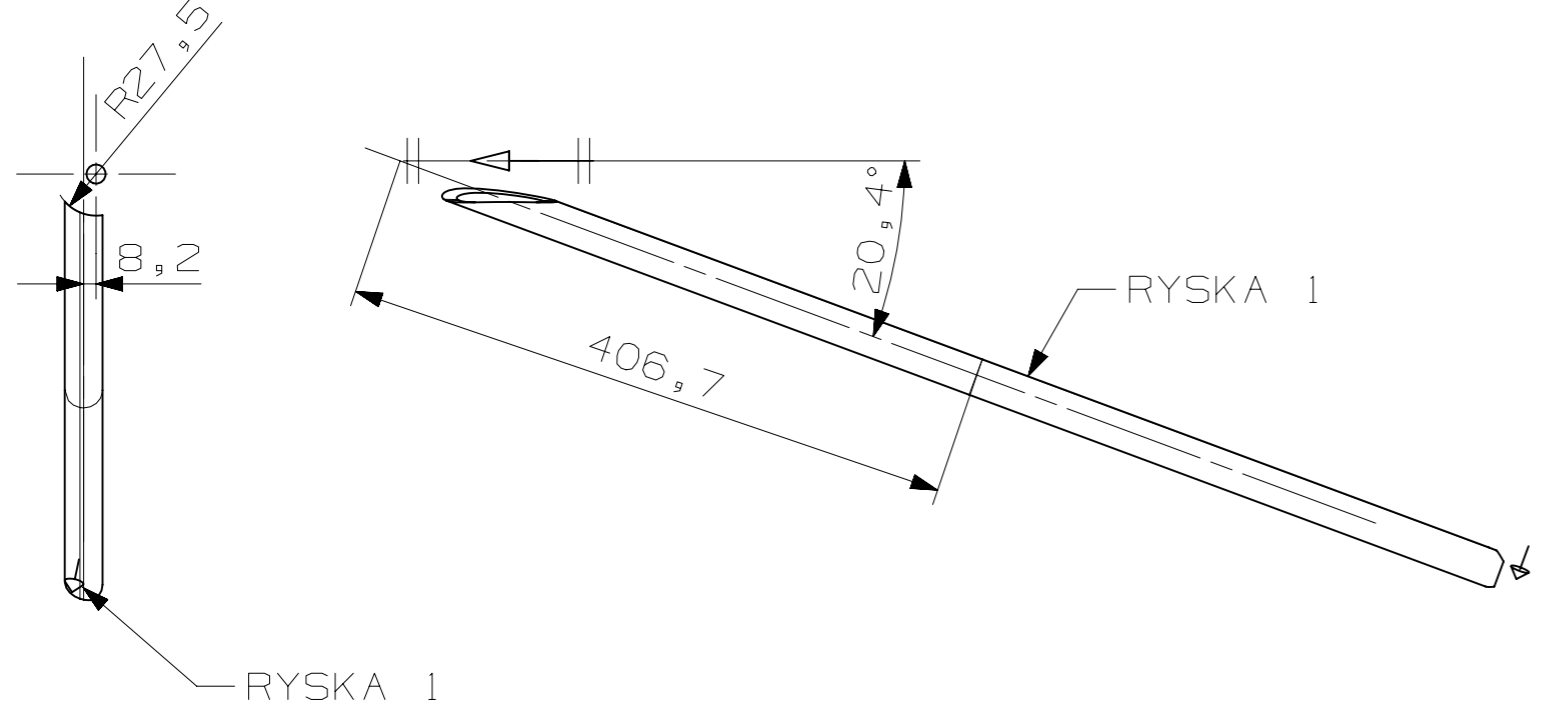
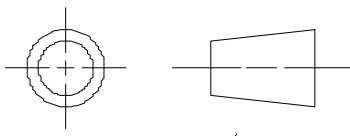
Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 55 \times \varnothing 49 \times 665$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 2	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 005	
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM



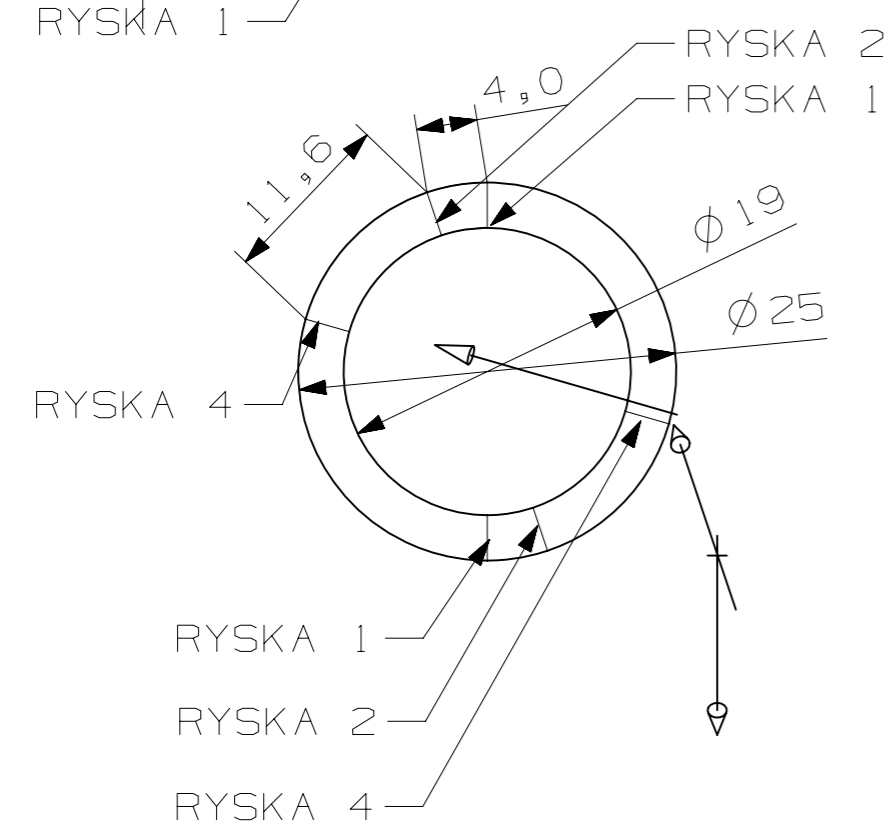
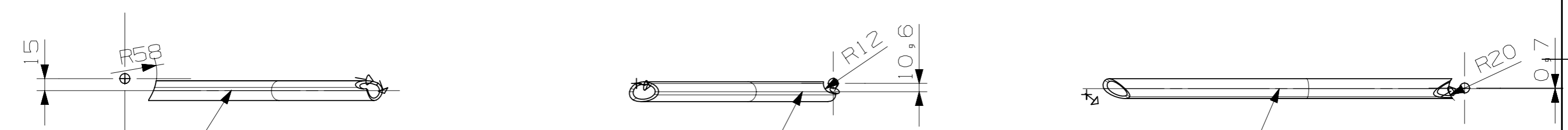
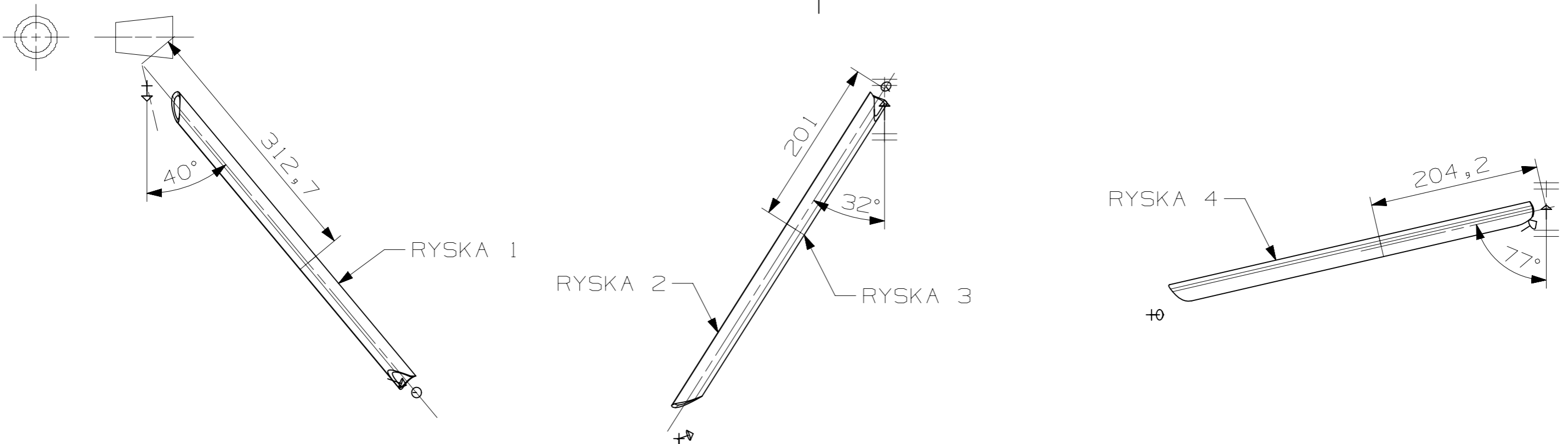


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 25 \times \varnothing 19 \times 800$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeska univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 3	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 006	
		SCALE 1:5	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

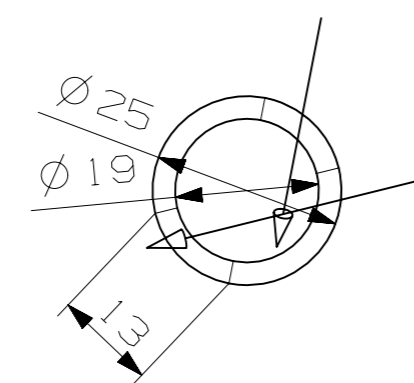
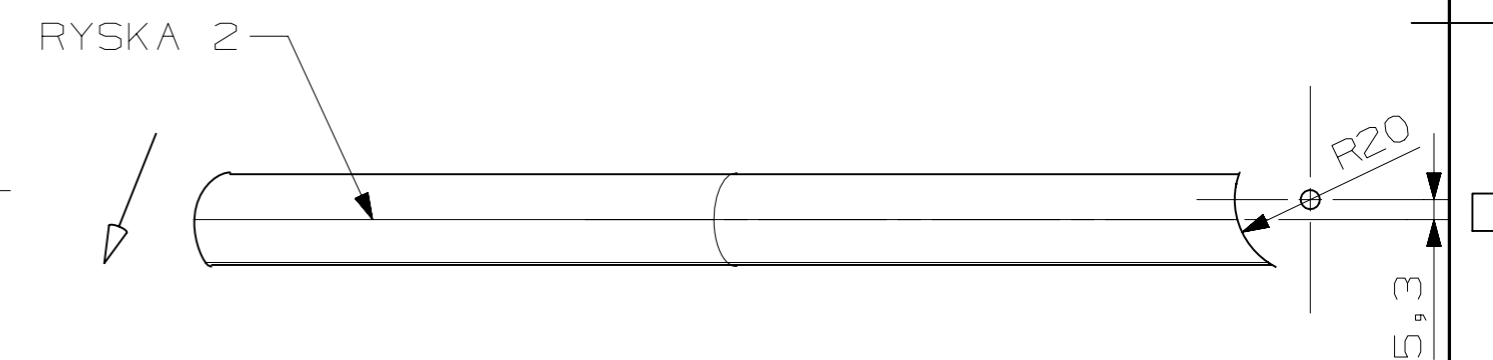
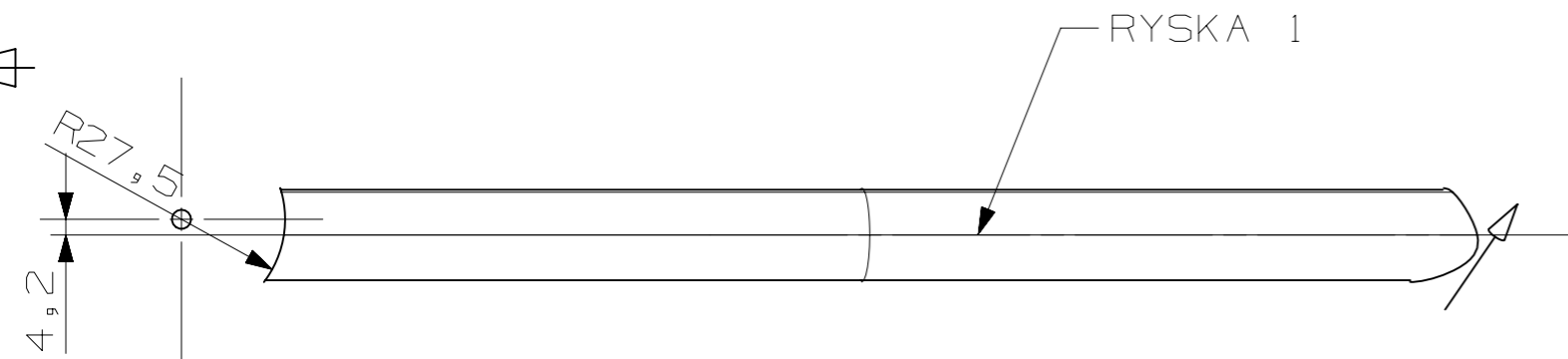
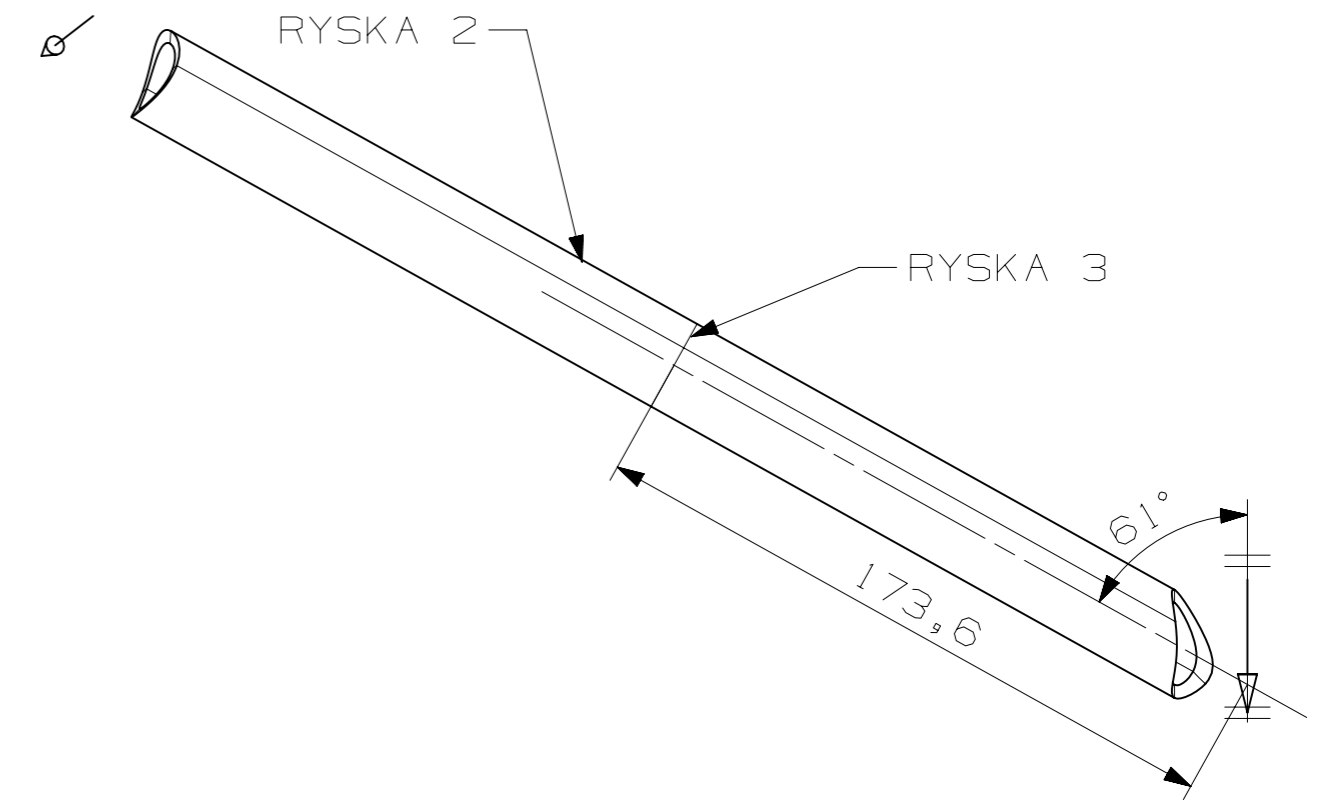
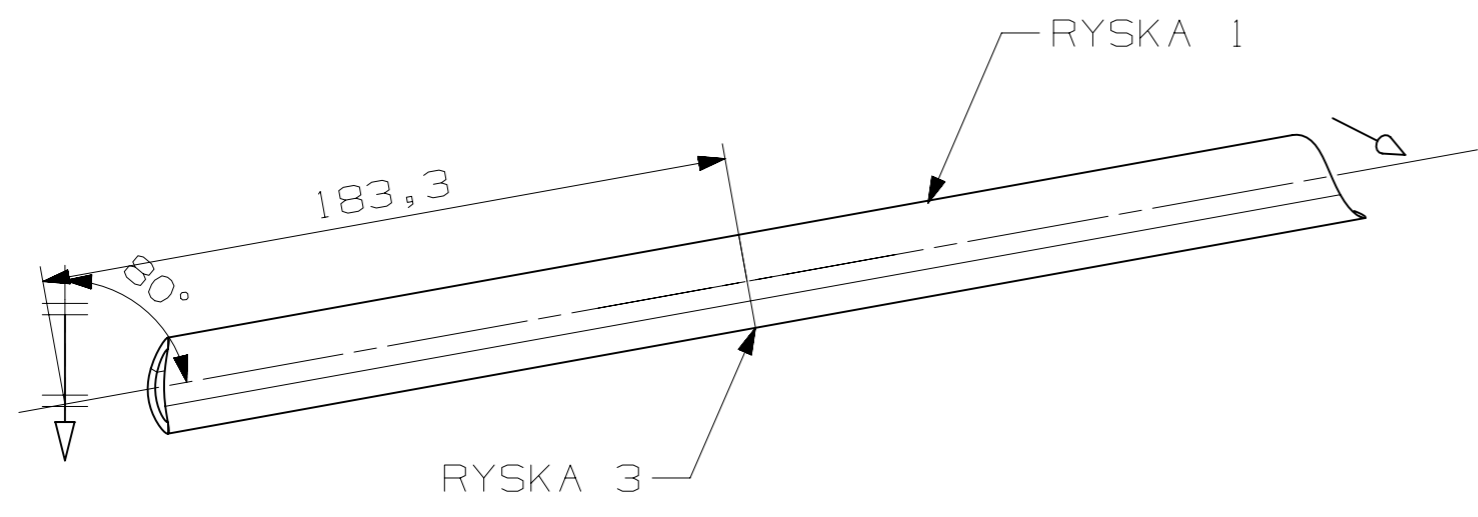
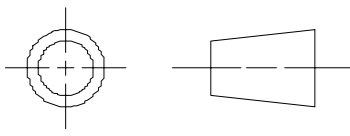


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozměry z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\phi 25 \times \phi 19 \times 500$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	TRUBKA 4	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	007
		SCALE 1:5	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

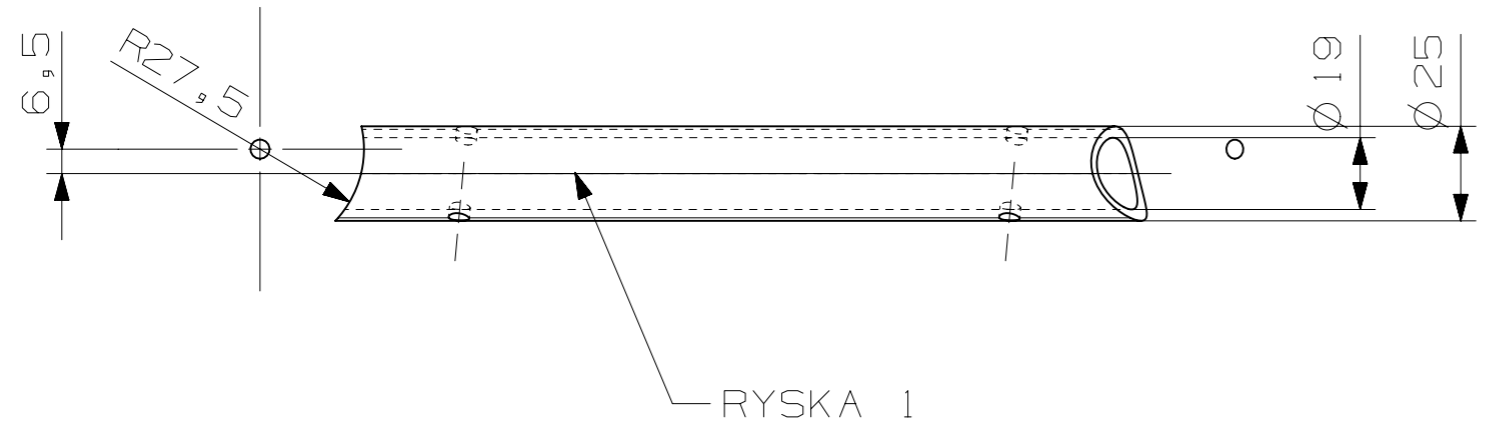
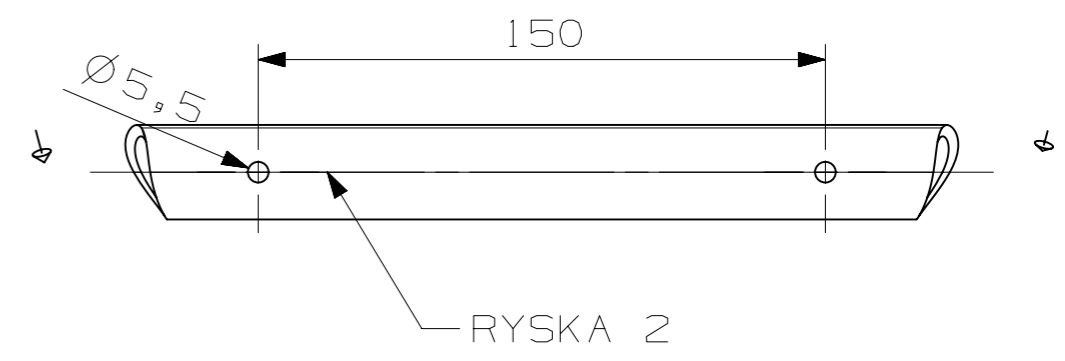
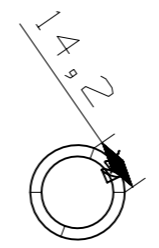
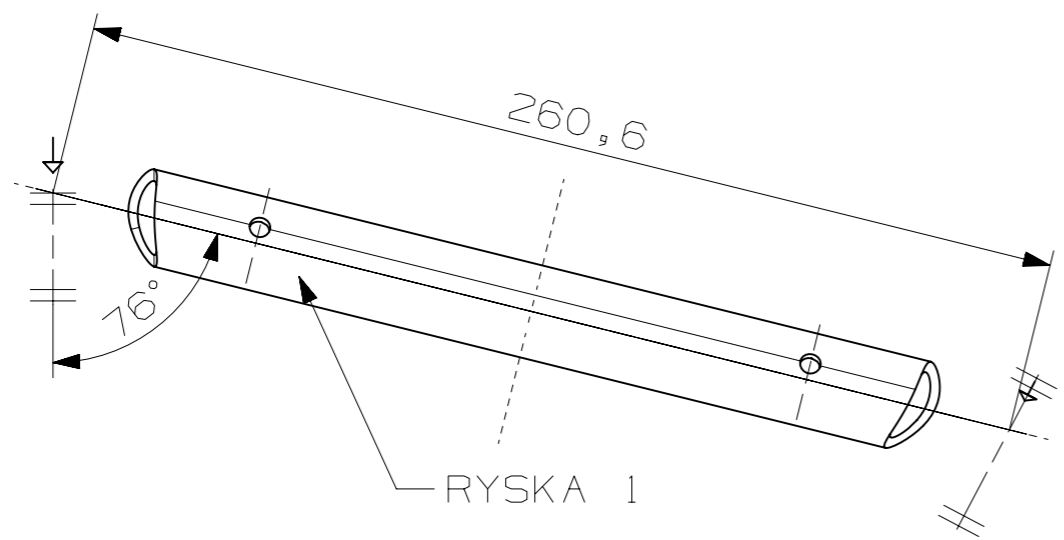
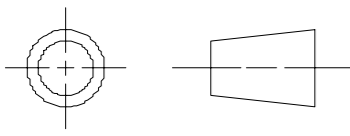


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 25 \times \varnothing 19 \times 360$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadoceska univerzita v Plzni Katedra konstruovani stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	TRUBKA 5	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	008
		SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

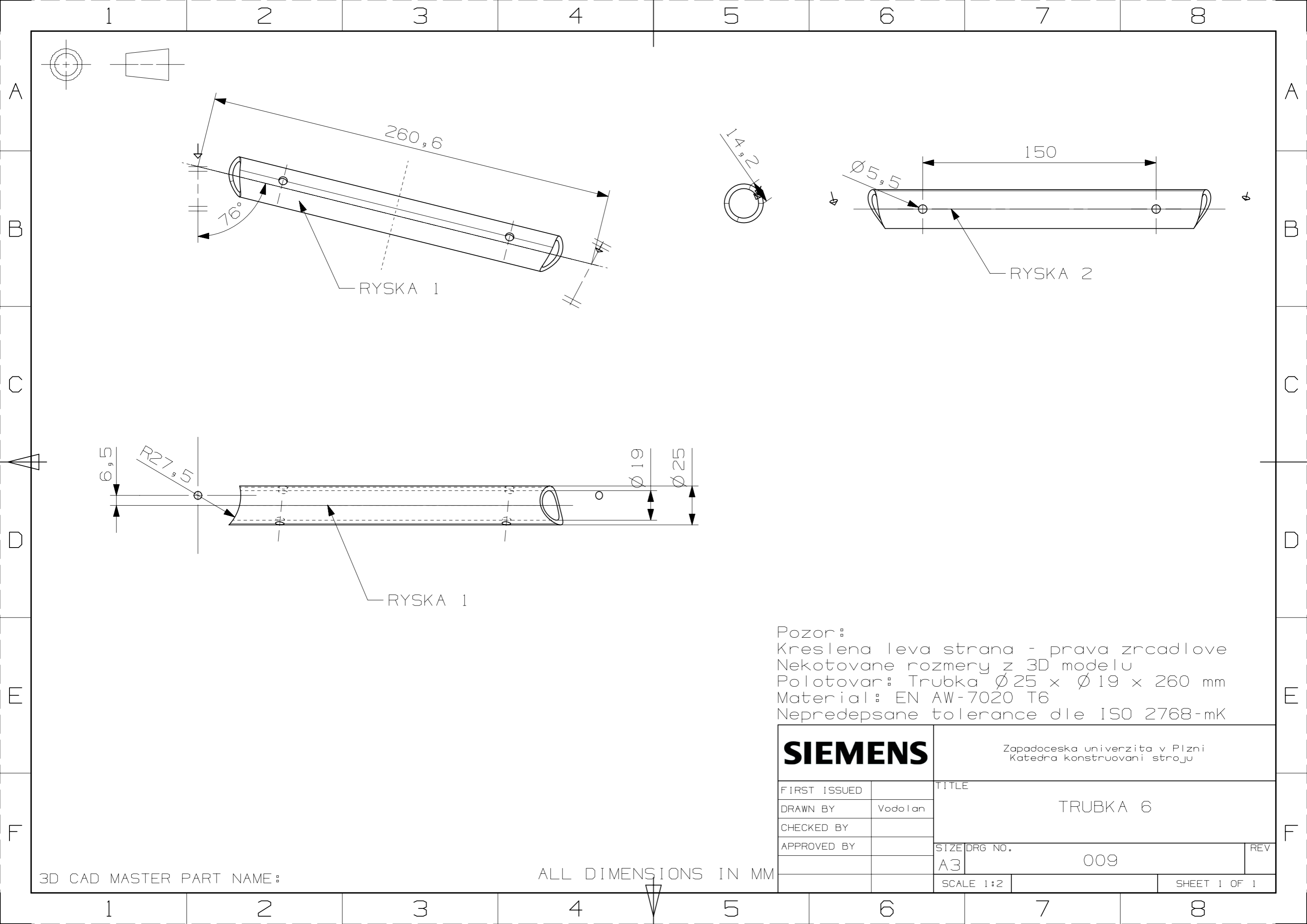


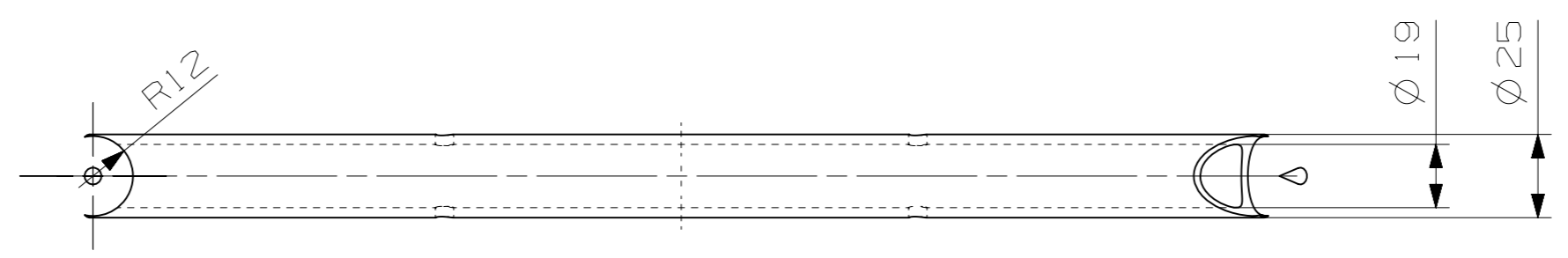
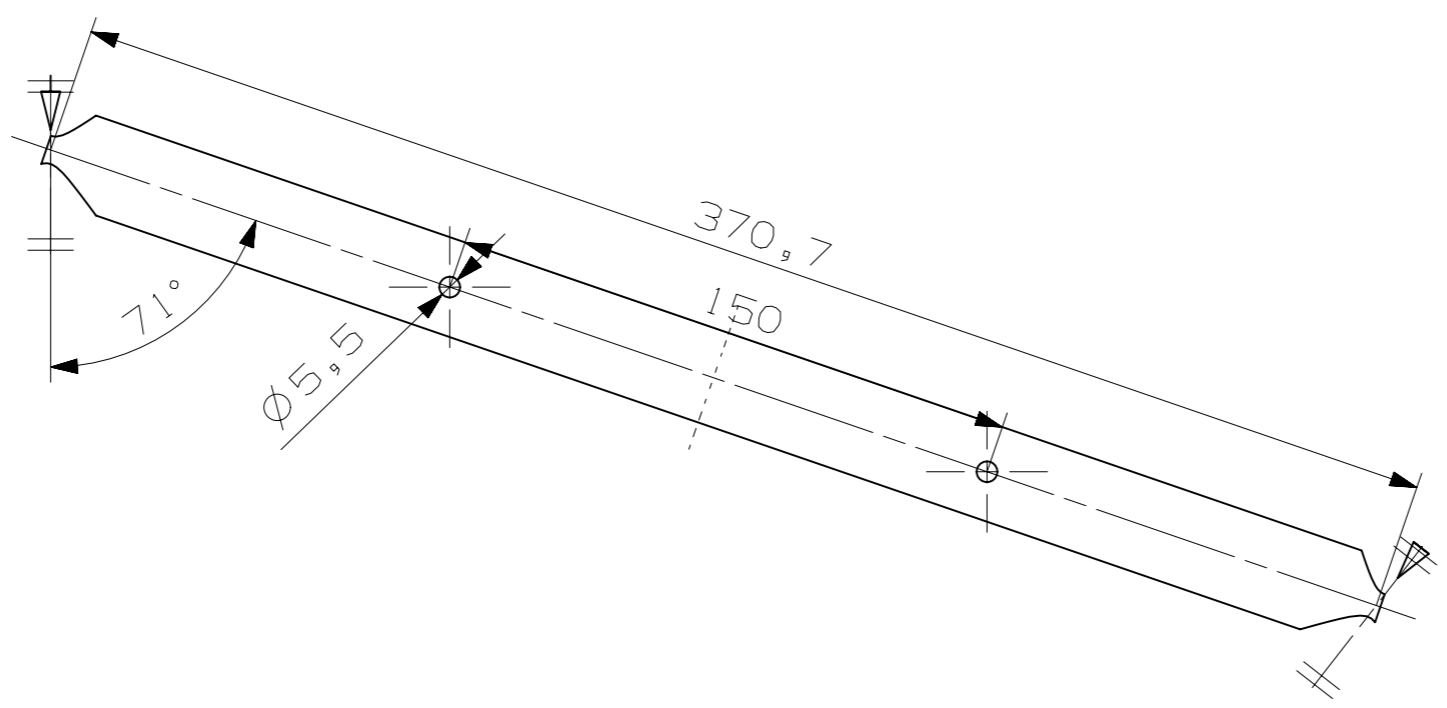
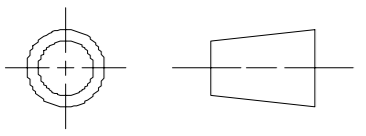
Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 25 \times \varnothing 19 \times 260$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeska univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju		
		TITLE TRUBKA 6		
FIRST ISSUED		SIZE DRG NO.		REV
DRAWN BY	Vodolan	A3 009		
CHECKED BY		SCALE 1:2		
APPROVED BY				SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM



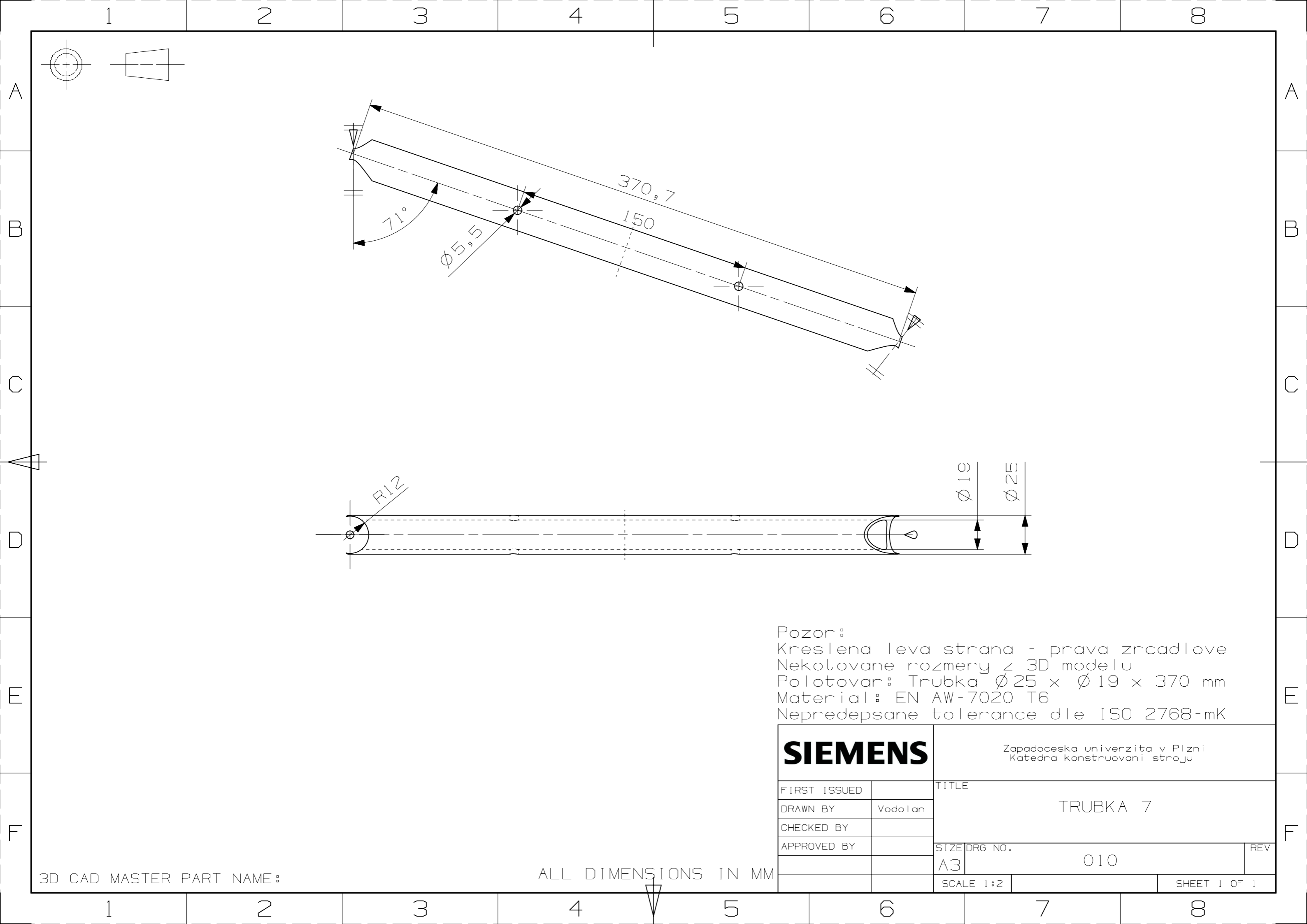


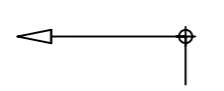
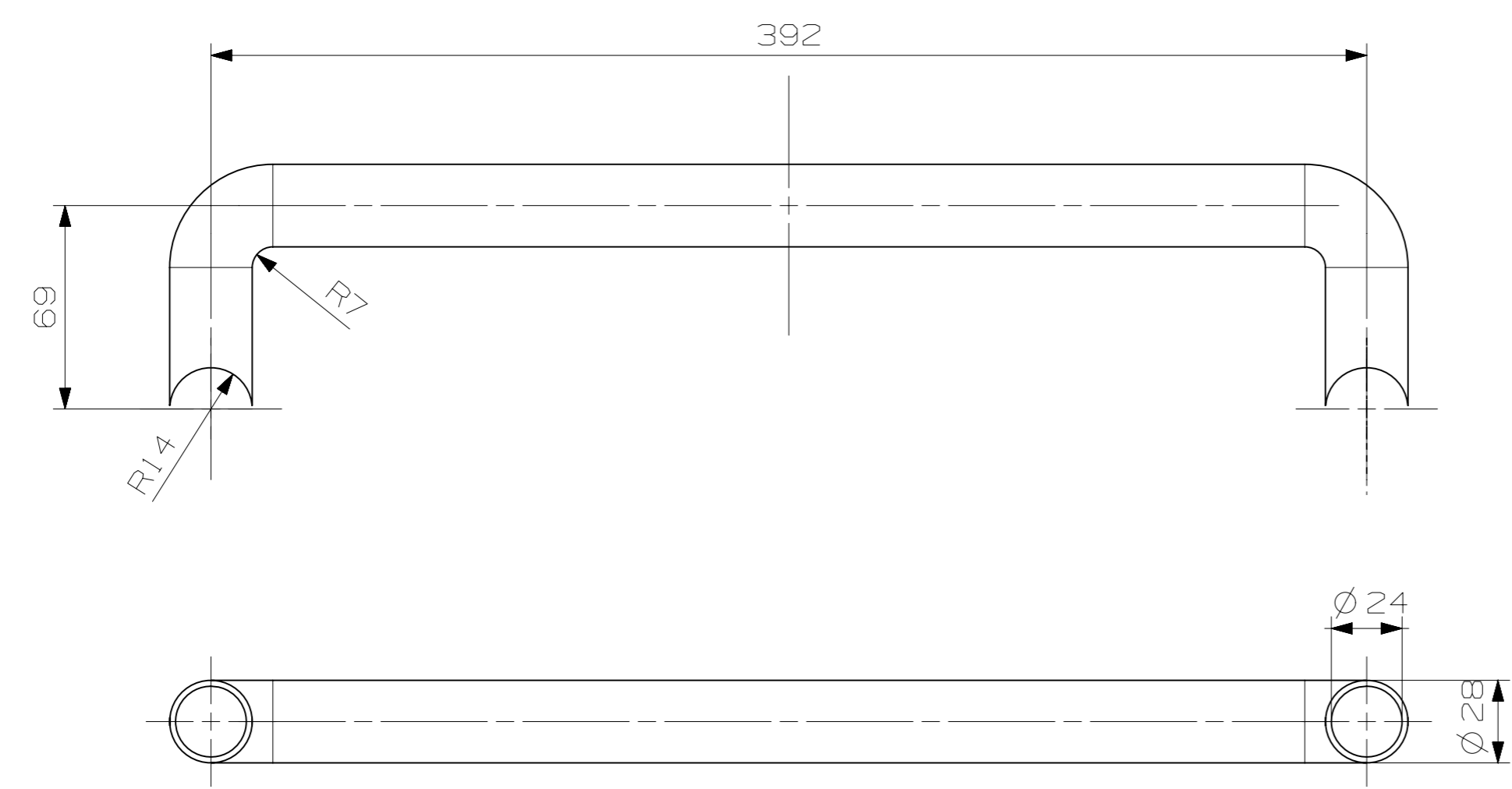
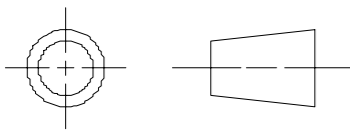
Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 25 \times \varnothing 19 \times 370$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeska univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju		
		TITLE TRUBKA 7		
FIRST ISSUED		SIZE DRG NO. 010 REV		
DRAWN BY	VodoJan			
CHECKED BY				
APPROVED BY				
		A3		
		SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1	

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM



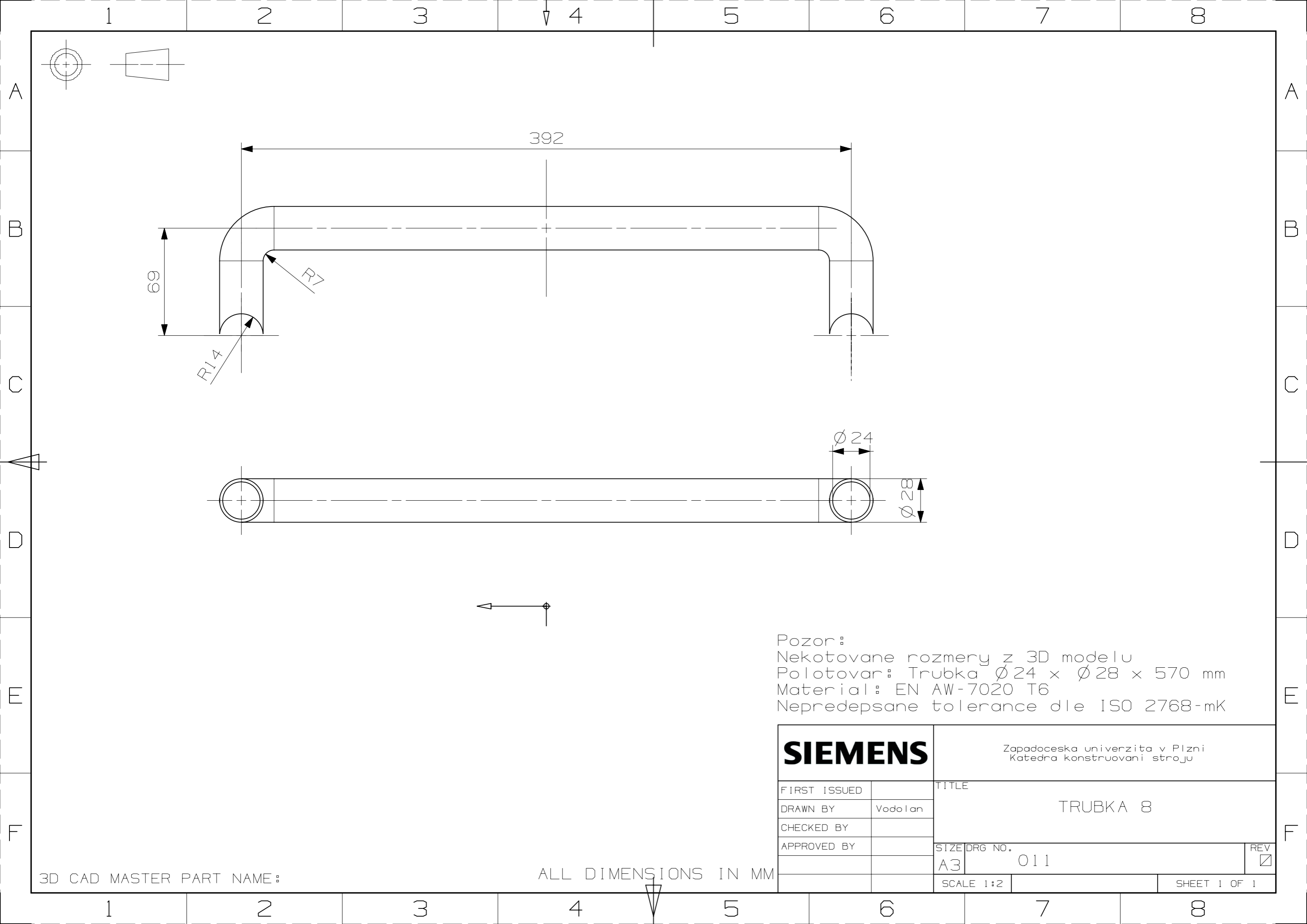


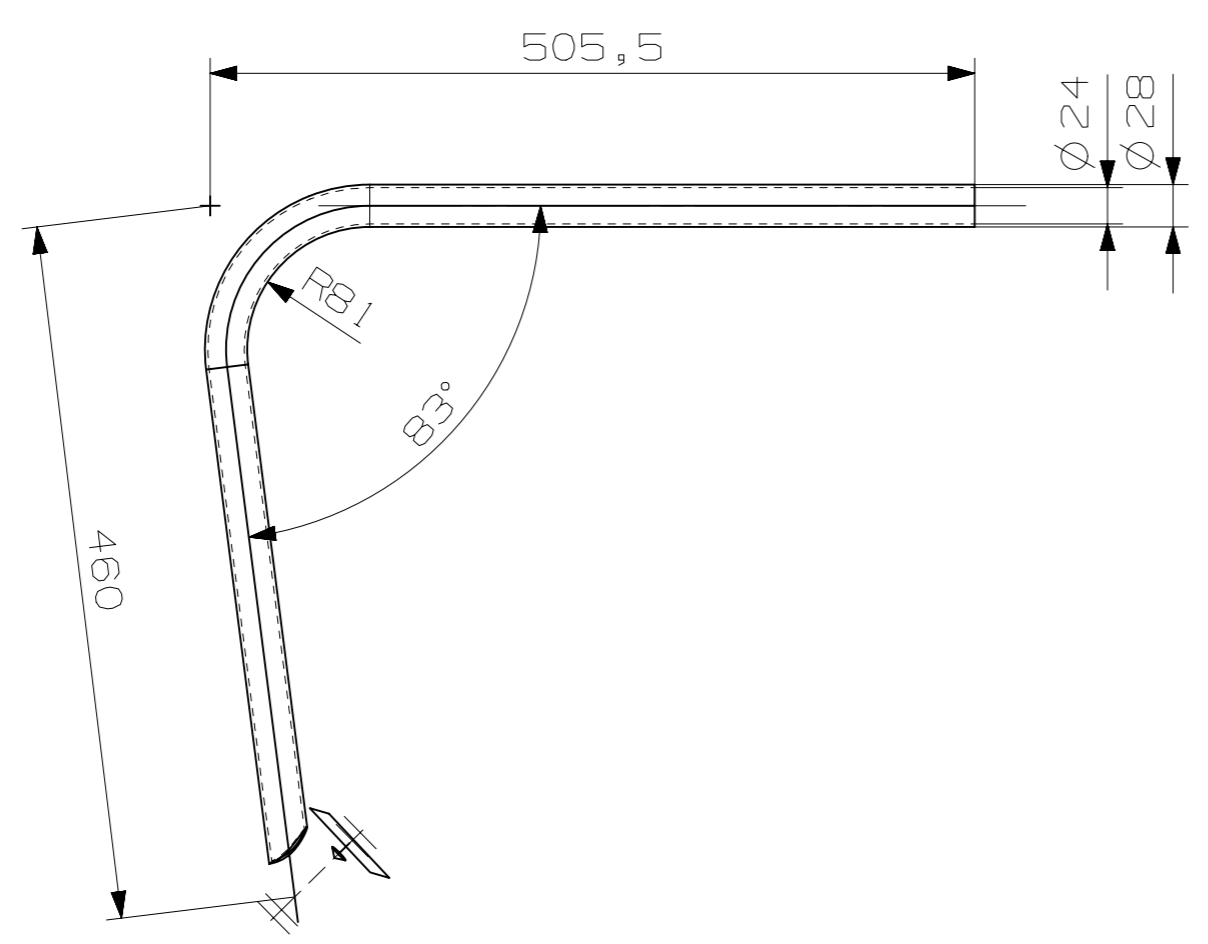
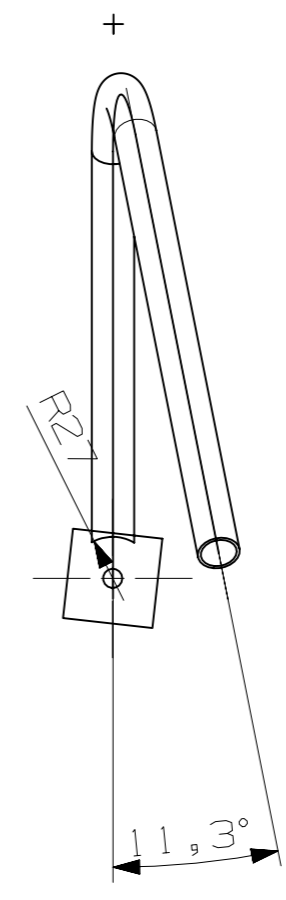
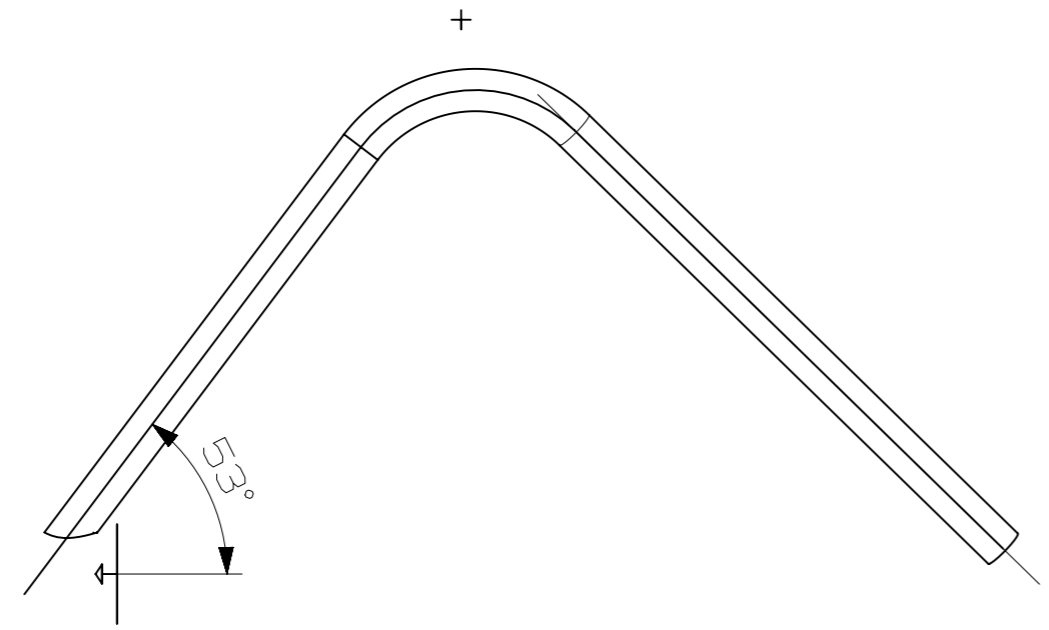
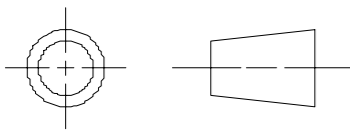
Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 24 \times \varnothing 28 \times 570$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů		
		TITLE TRUBKA 8		
FIRST ISSUED		SIZE DRG NO.		REV
DRAWN BY	Vodolan	A3	011	<input checked="" type="checkbox"/>
CHECKED BY		SCALE 1:2		SHEET 1 OF 1
APPROVED BY				

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM



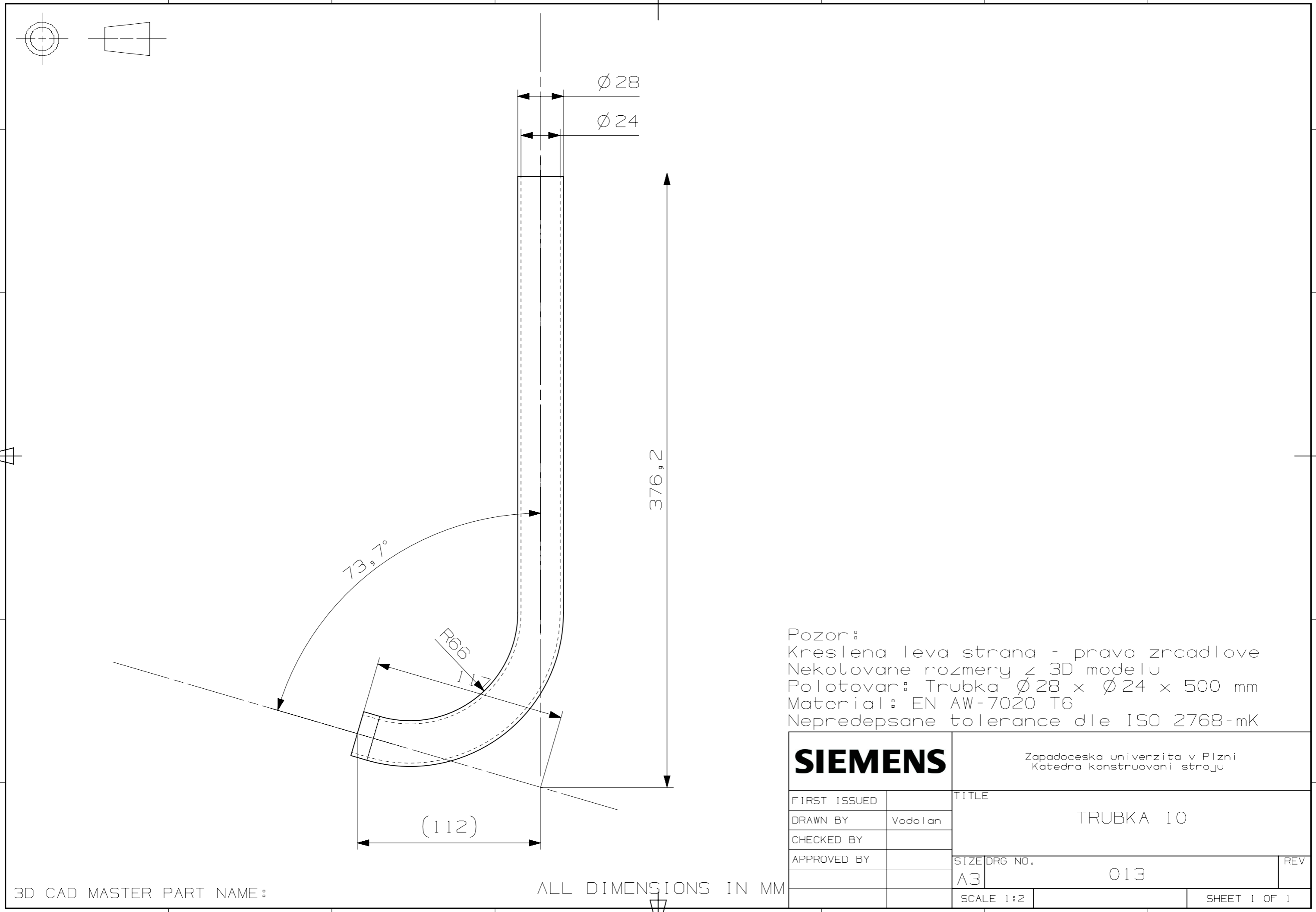
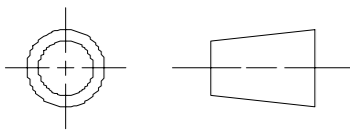


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 28 \times \varnothing 24 \times 970$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeska univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 9	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 012	
		SCALE 1:5	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

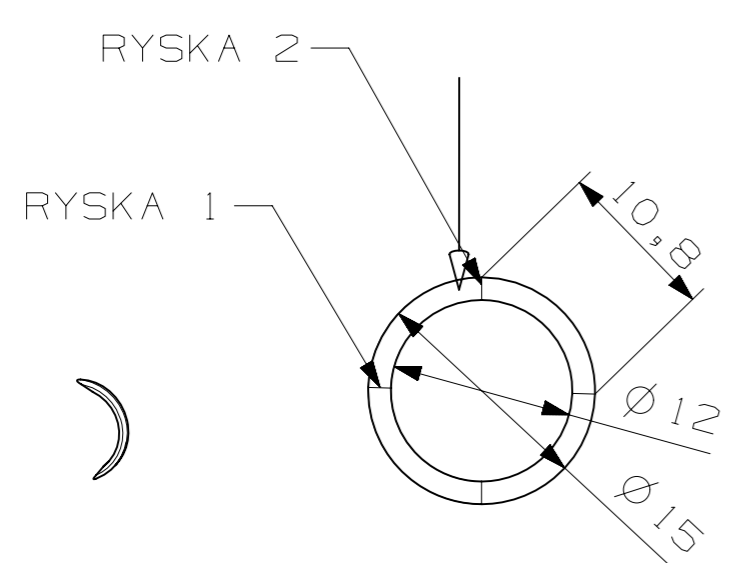
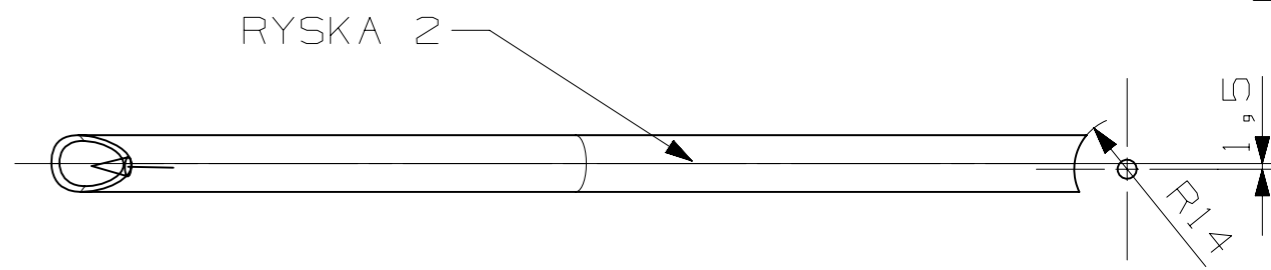
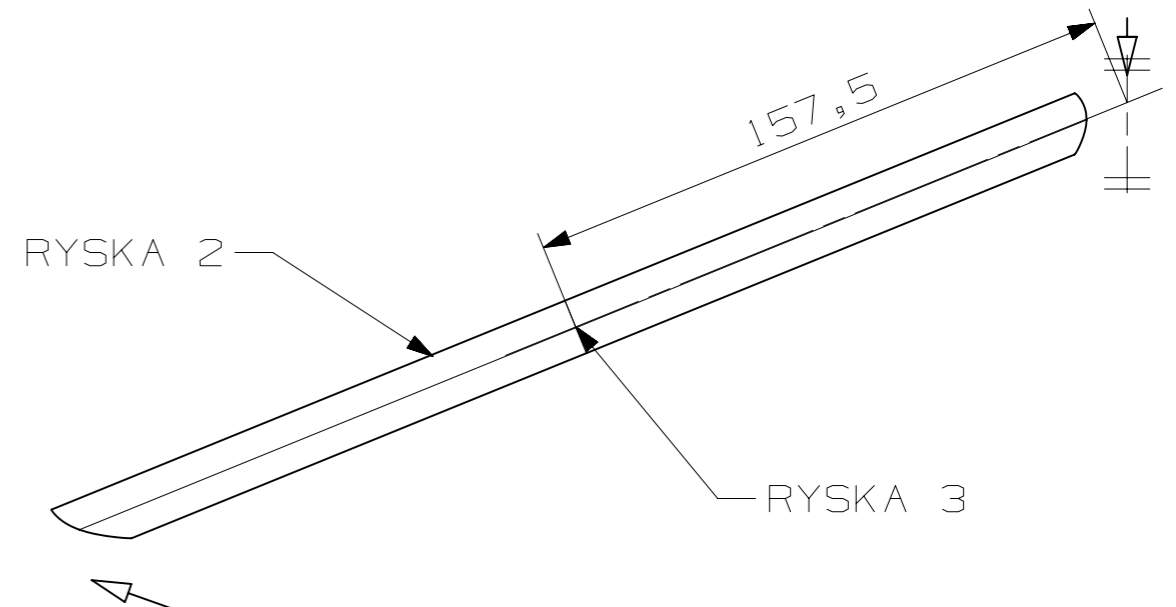
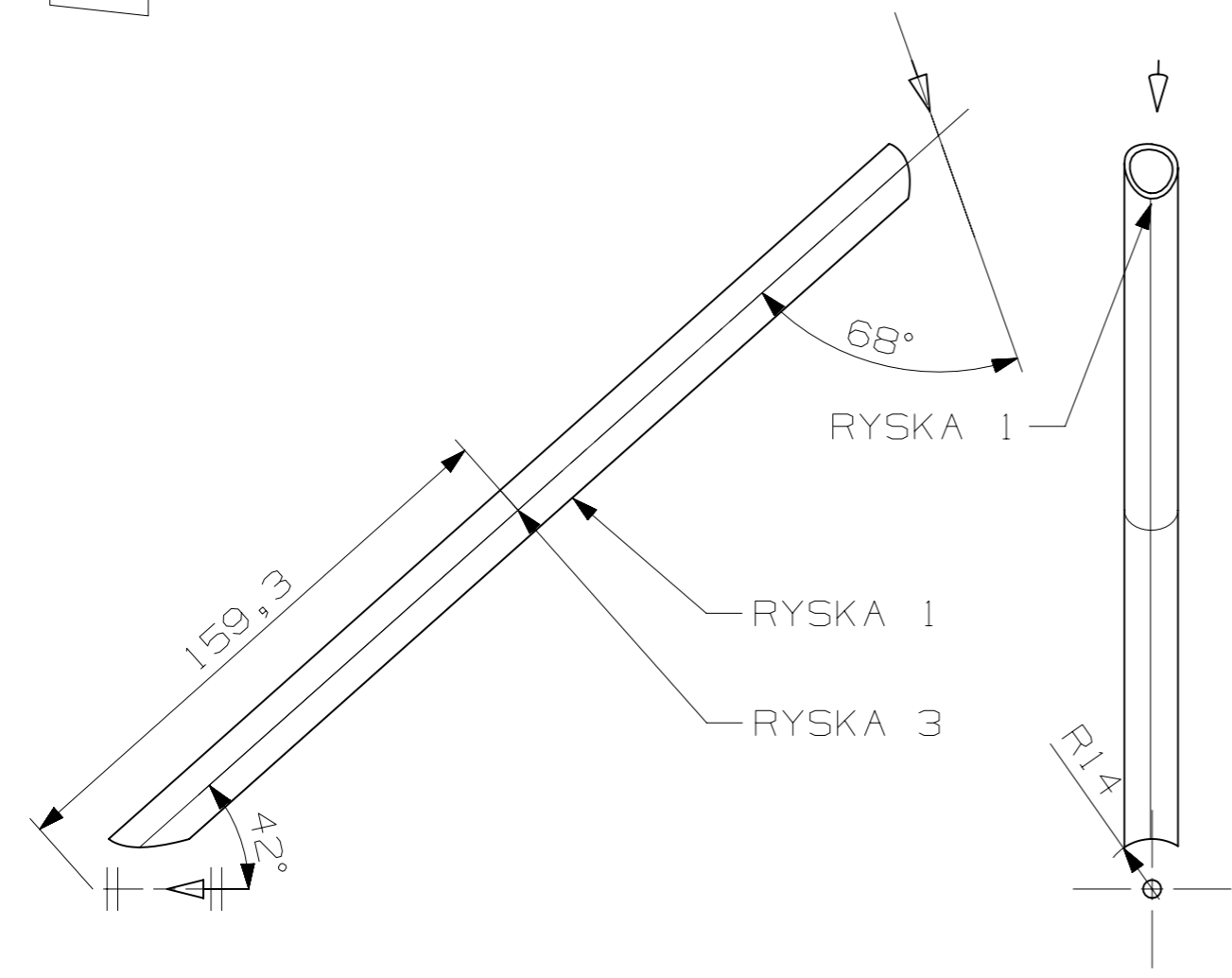
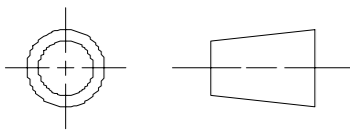


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 28 \times \varnothing 24 \times 500$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 10	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	013
		SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1
		REV	

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

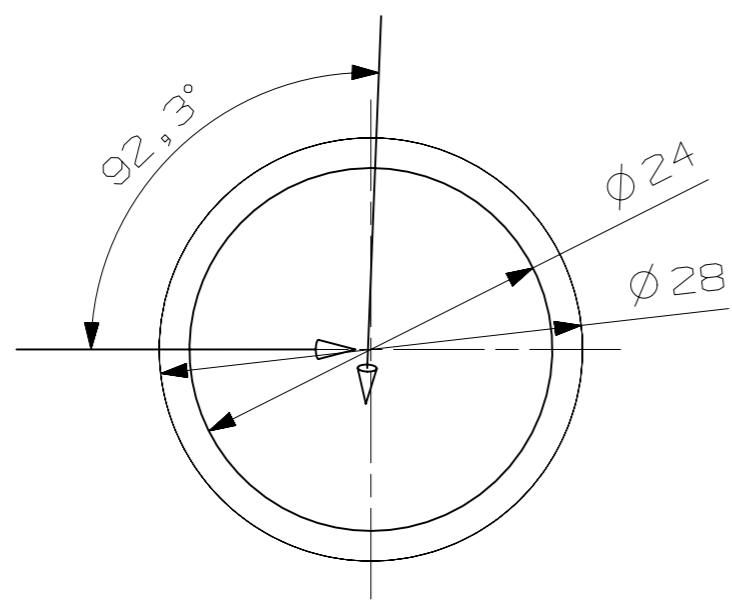
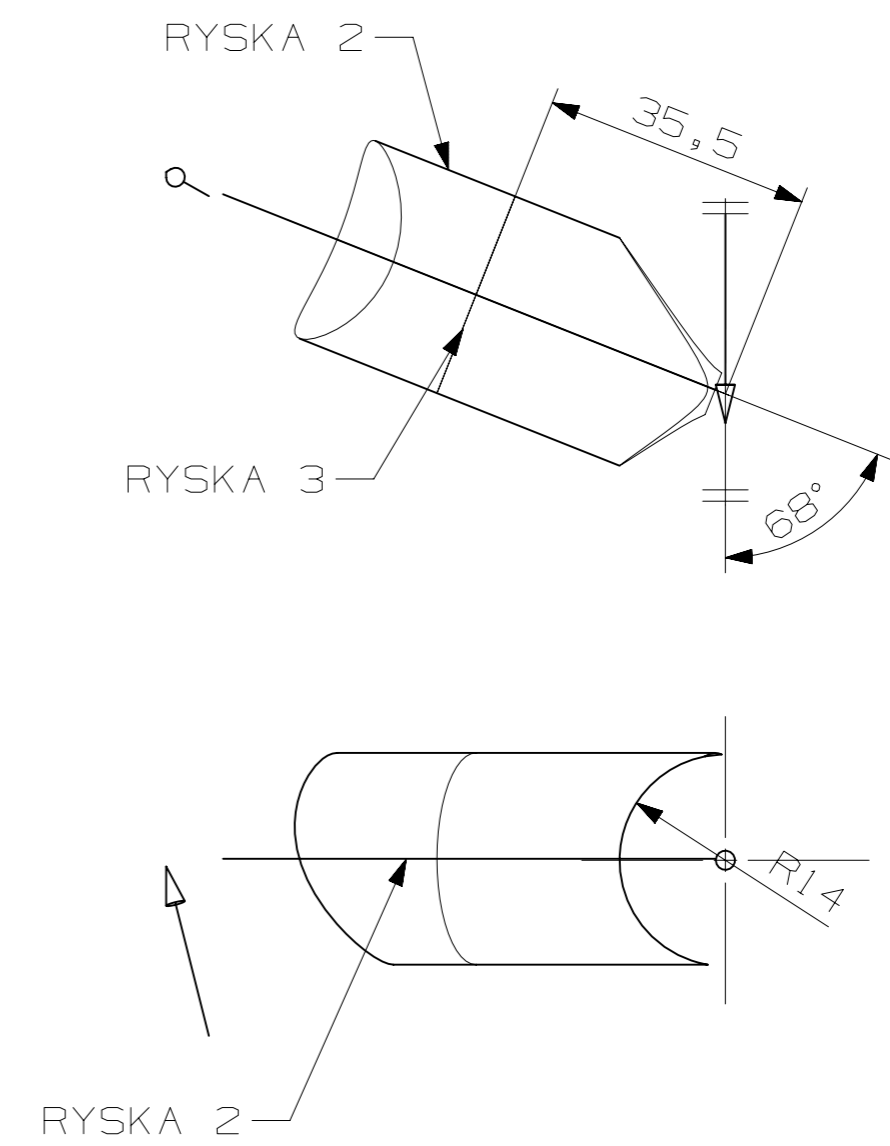
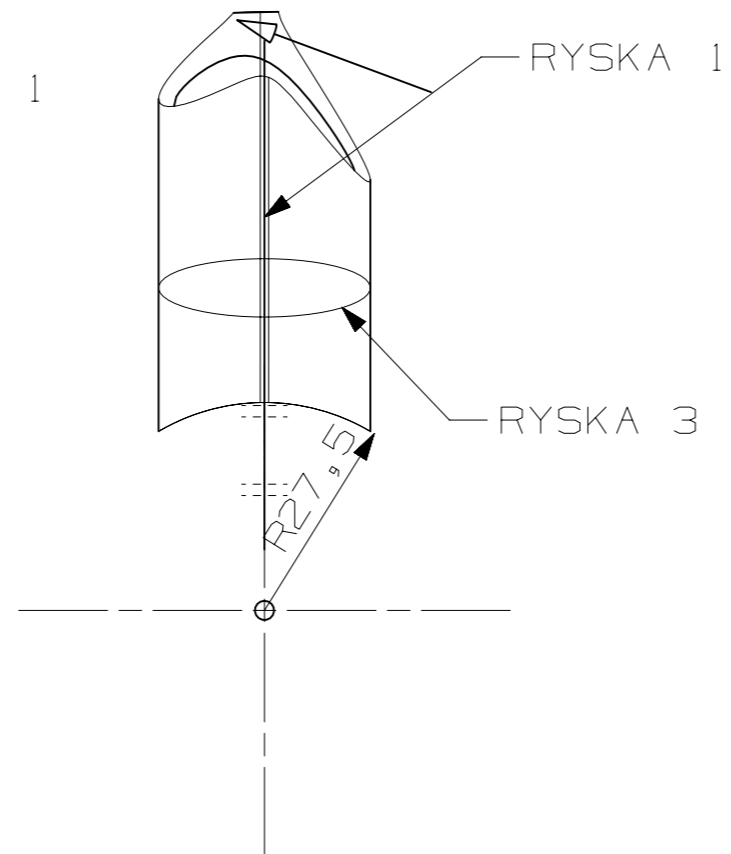
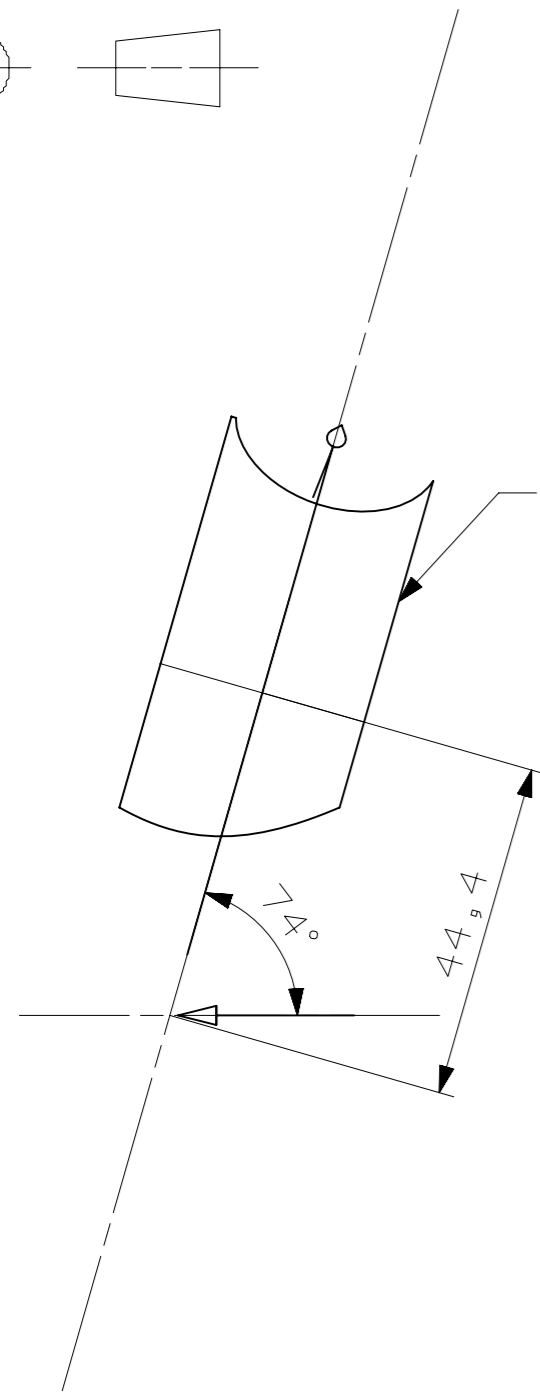
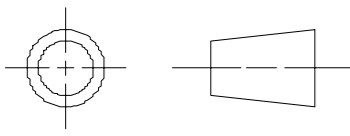


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\varnothing 15 \times \varnothing 12 \times 320$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 11	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 014	
		SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME:

ALL DIMENSIONS IN MM

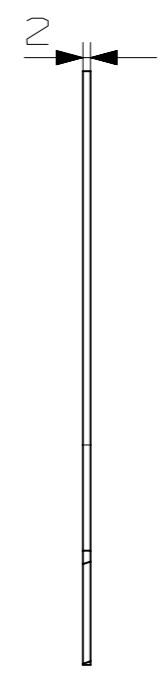
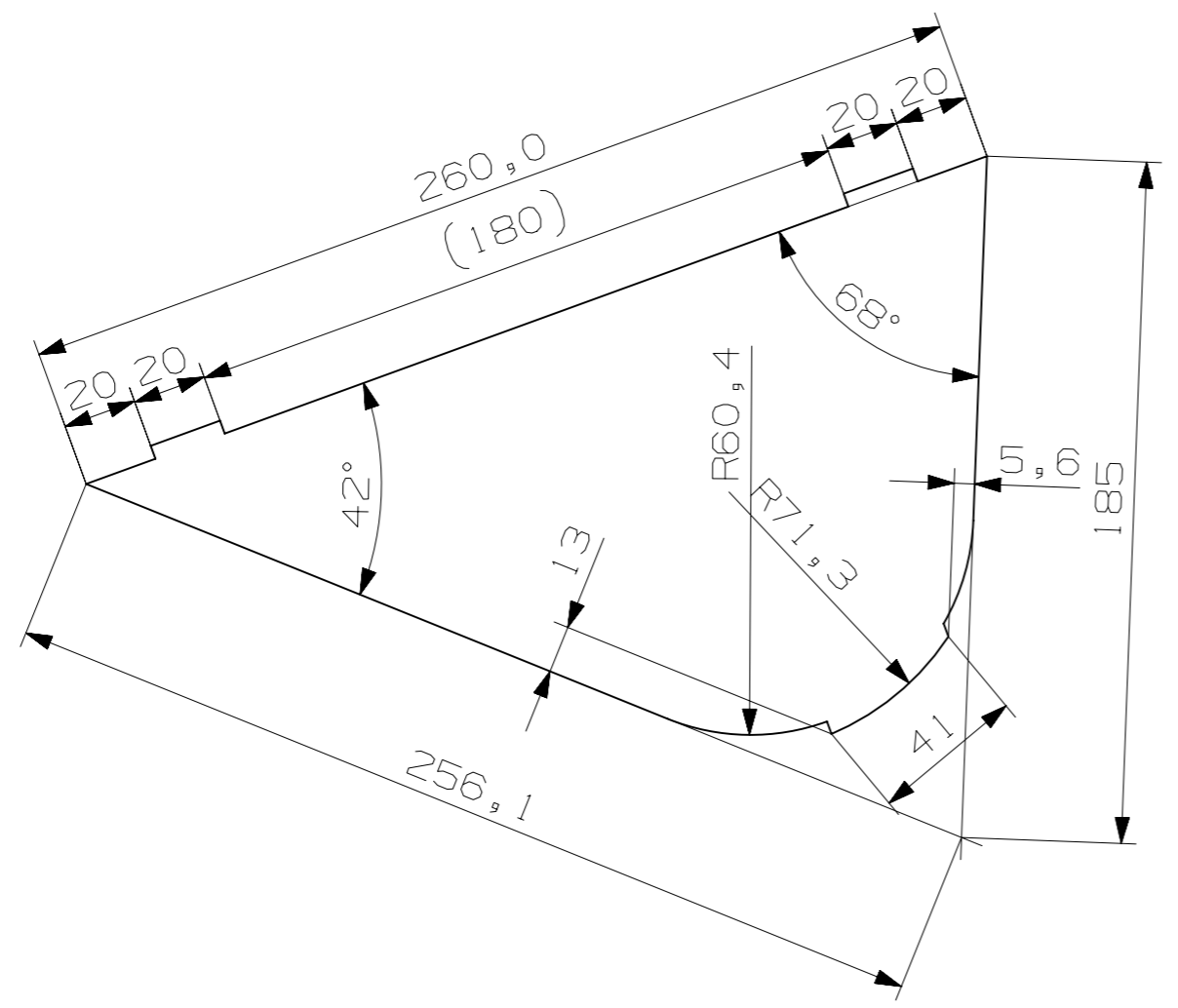
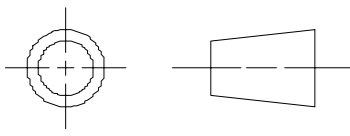


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Trubka $\text{Ø}24 \times \text{Ø}28 \times 75$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	TRUBKA 12	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 015	
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

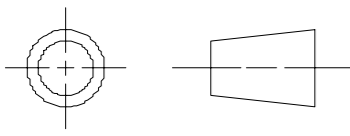


Pozor:
 Kreslena leva strana - prava zrcadlove
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Plech 260 x 200 x 2 mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

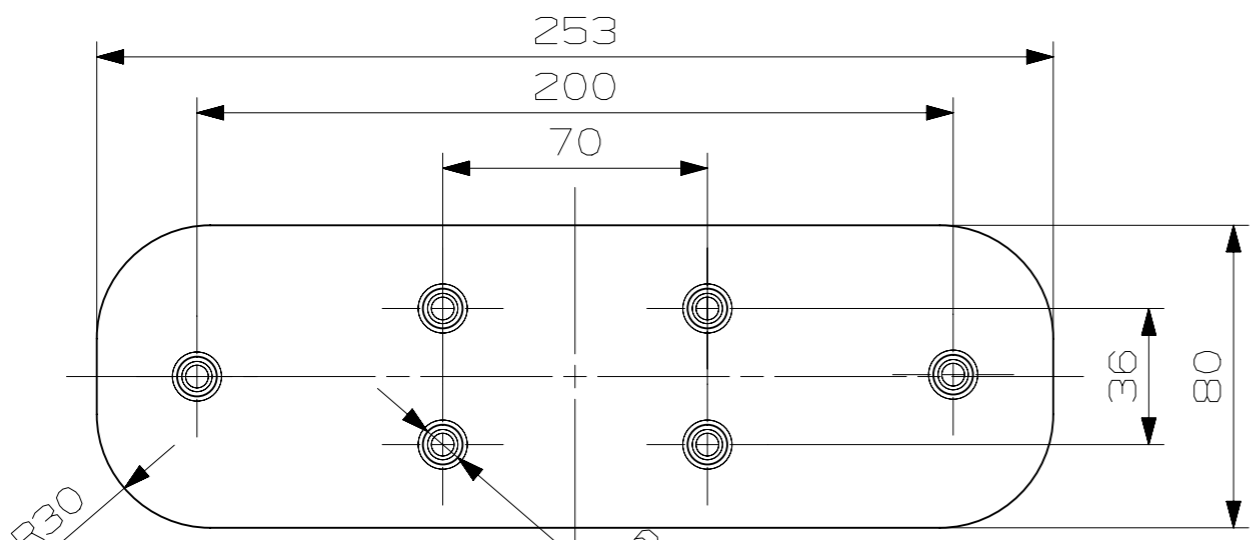
SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	BOCNI KRYT	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	016
		SCALE 1:2	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

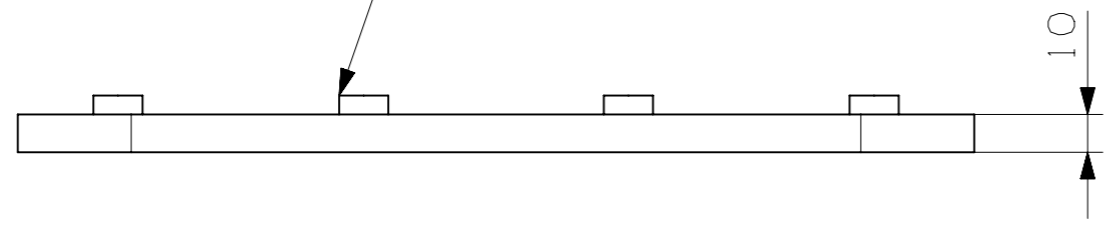
ALL DIMENSIONS IN MM



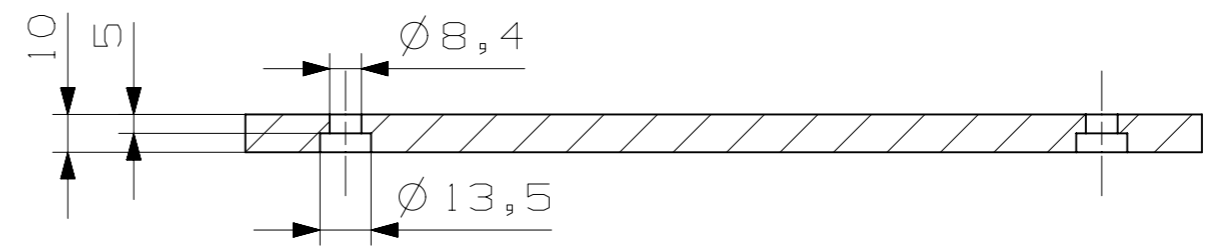
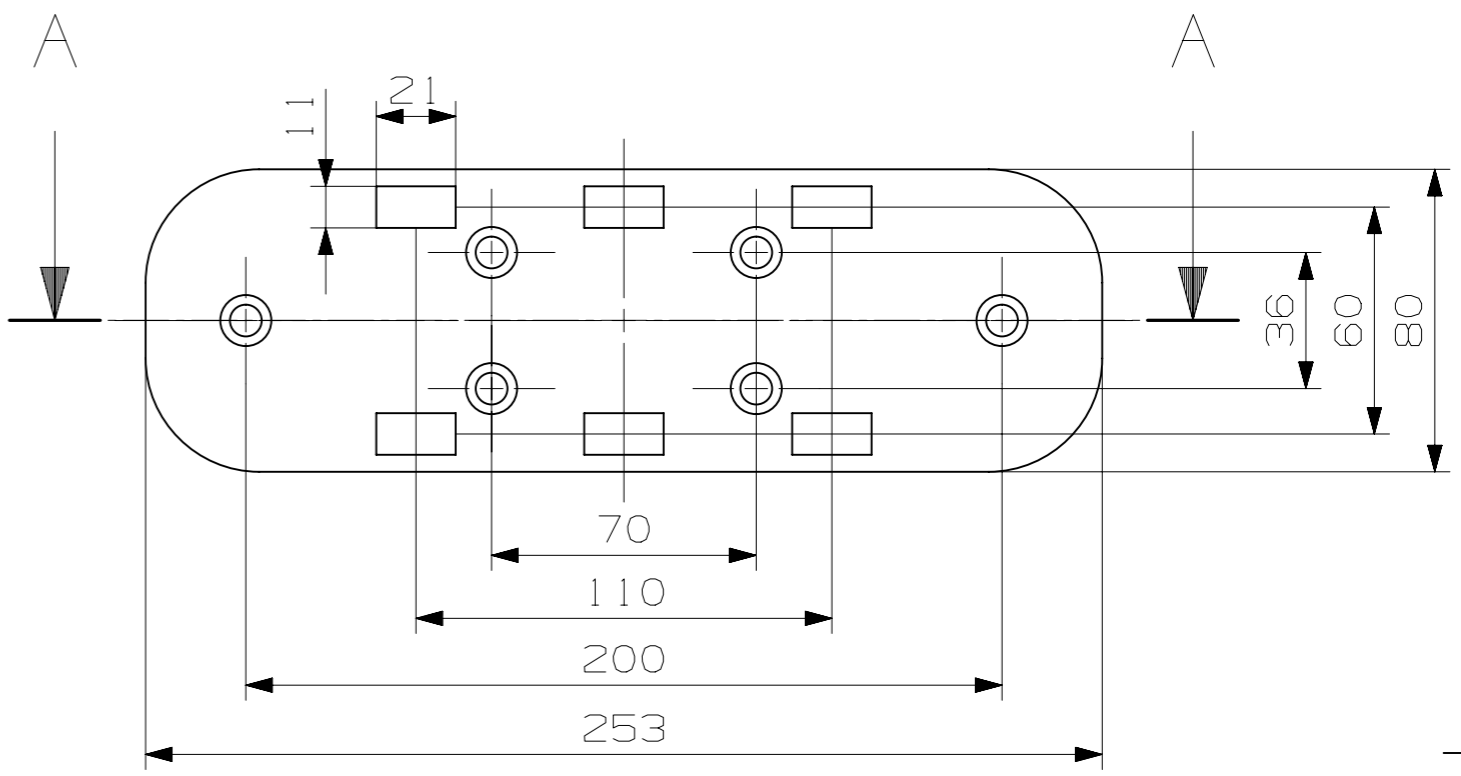
DESKA NARAZNIKU 1



6x LISOVANA MATICE
CLS-M8-1



DESKA NARAZNIKU 2



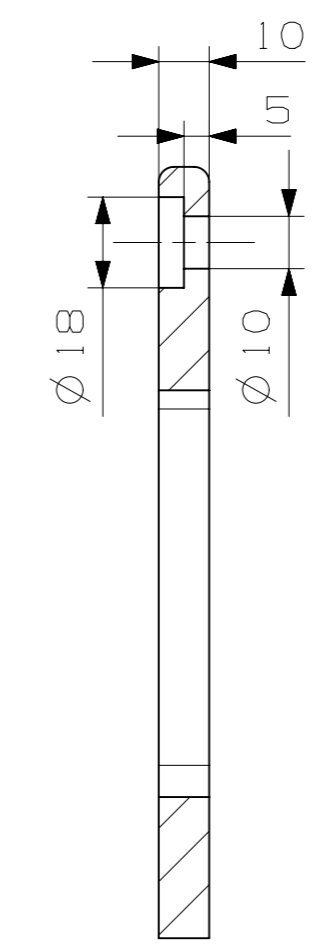
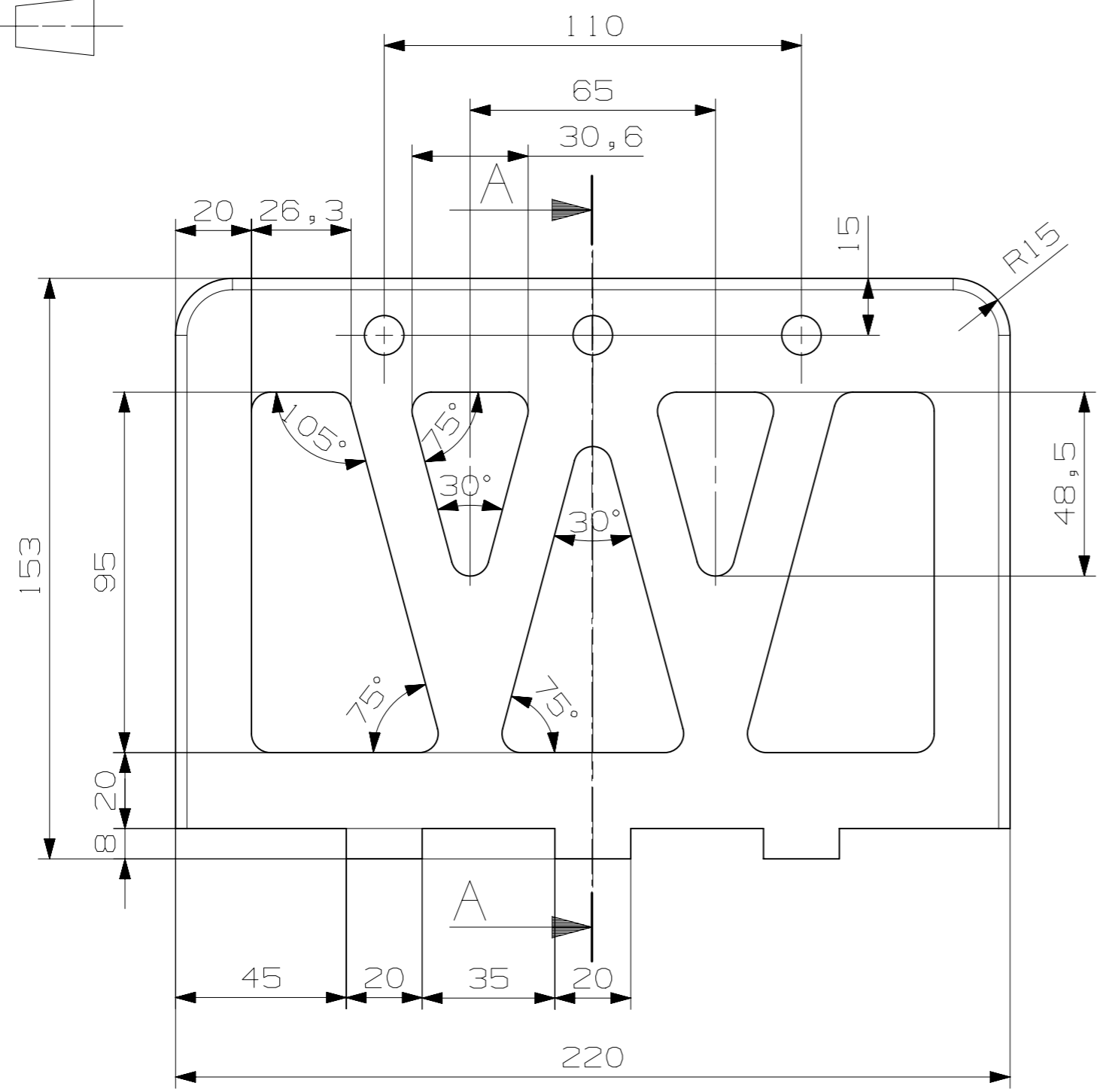
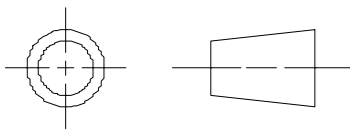
REZ A - A

Pozor:
Nekotované rozmery z 3D modelu
Polotovár: Plech 253 x 80 x 10 mm
Material: EN AW-7020 T6
Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

3D CAD MASTER PART NAME:

ALL DIMENSIONS IN MM

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	DESKA NARAZNIKU	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	017
		SCALE 1:2	REV <input checked="" type="checkbox"/>
		SHEET 1 OF 1	



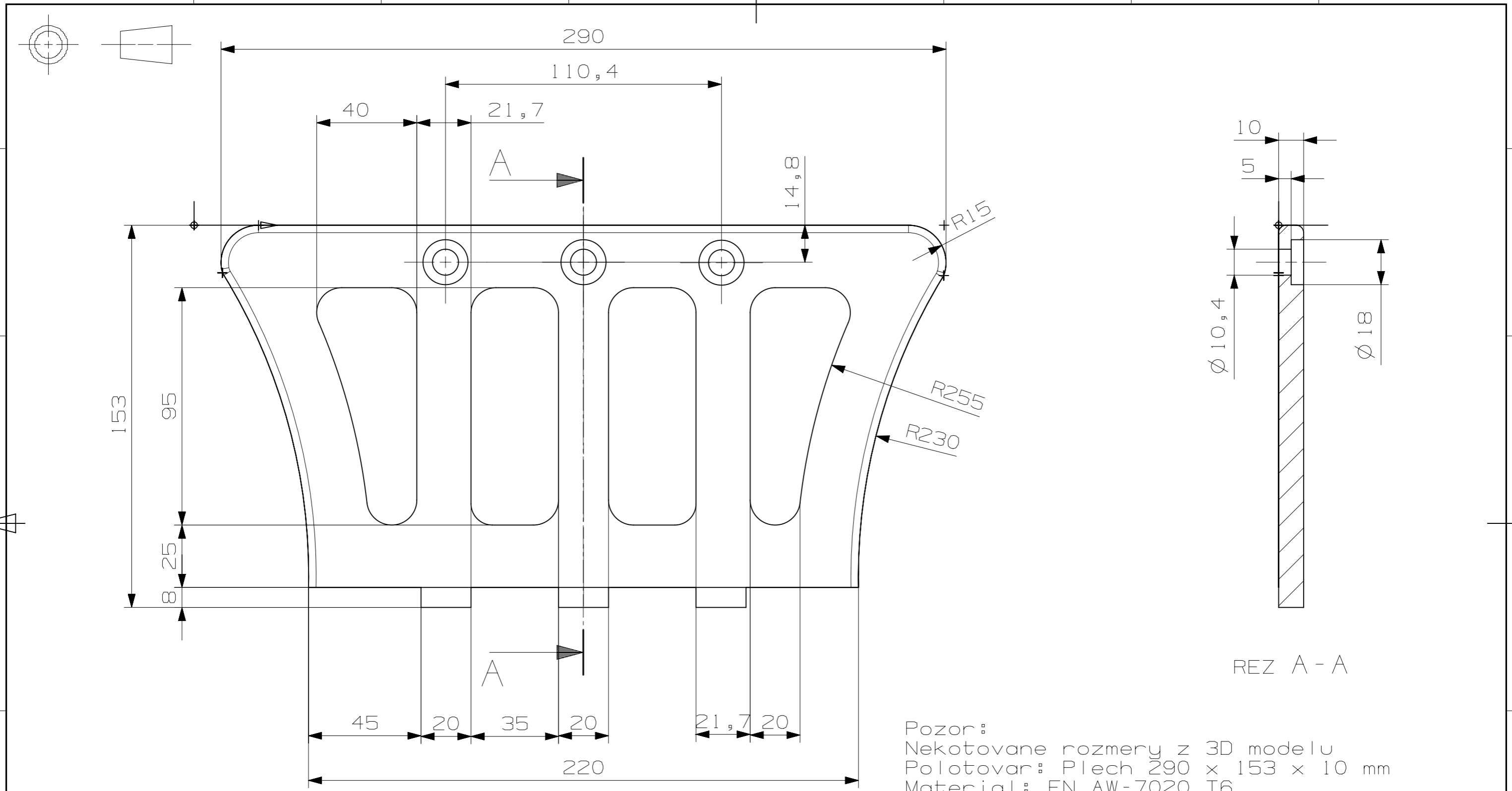
REZ A - A

Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Plech 220 x 153 x 10 mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK
 Nekotované radiusy R5

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	SPODNI DIL NARAZNIKU	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 018	<input checked="" type="checkbox"/>
		SCALE 1:1,5	SHEET 1 OF 1



Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Plech 290 x 153 x 10 mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK
 Nekotované radiusy R10

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	VRCHNI DIL NARAZNIKU	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE DRG NO.	REV
		A3 019	<input checked="" type="checkbox"/>
		SCALE 1:1.5	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME :

ALL DIMENSIONS IN MM

1

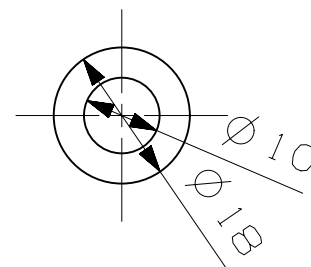
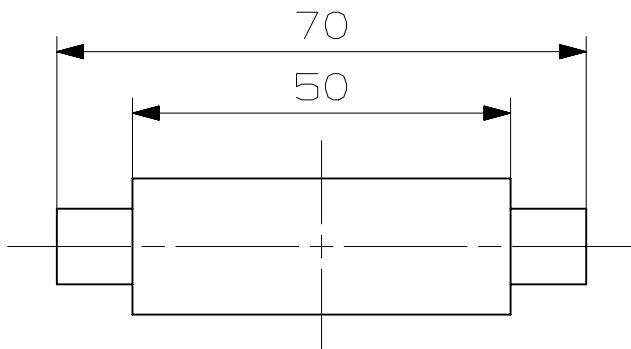
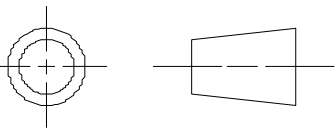
2

3

4

5

6



Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Kulatina $\varnothing 18 \times 70$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS

Zapadoceska univerzita v Plzni
 Katedra konstruovani stroju

FIRST ISSUED	
DRAWN BY	Vodolan
CHECKED BY	
APPROVED BY	

TITLE		SLOUPEK	
SIZE	DRG NO.	REV	
A4	020	<input checked="" type="checkbox"/>	
SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1		

ALL DIMENSIONS IN MM
 3D CAD MASTER PART NAME :

1

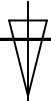
2

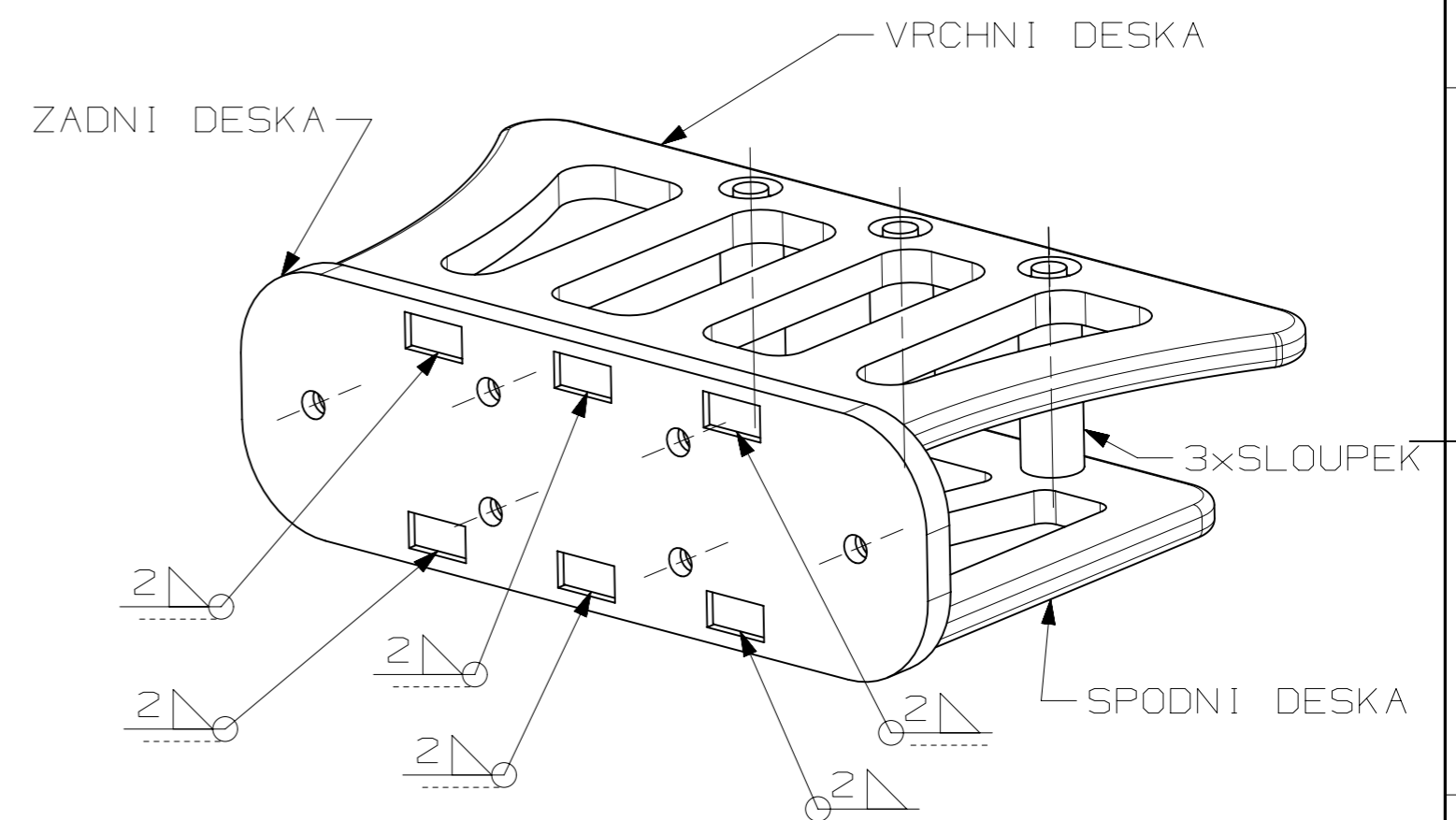
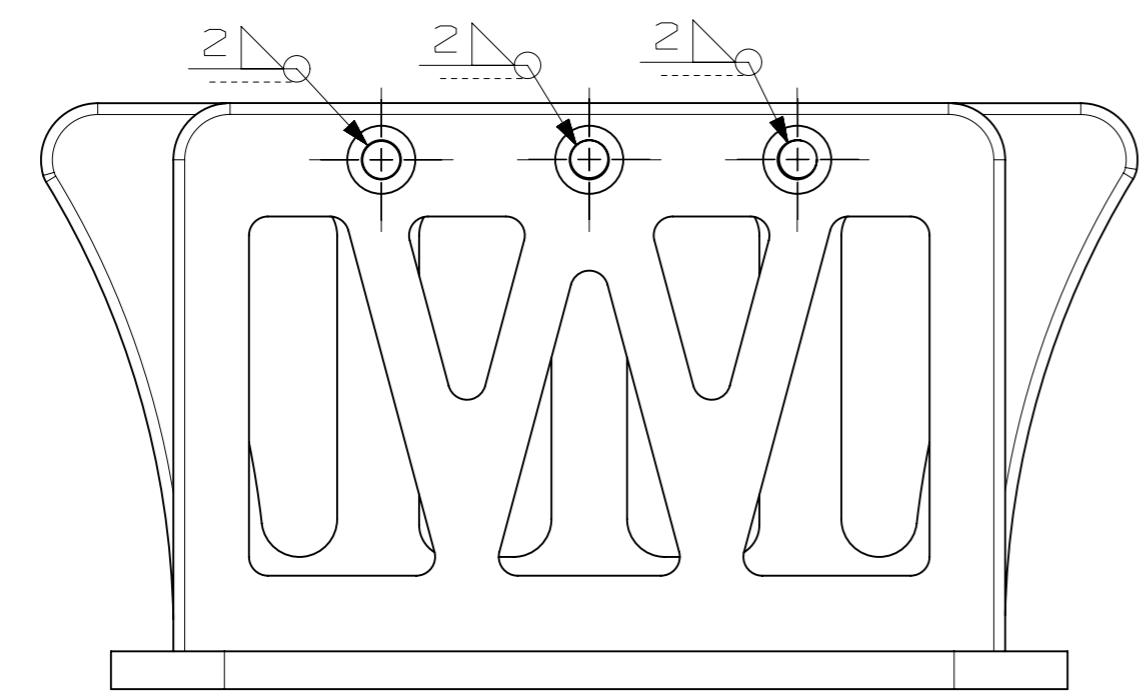
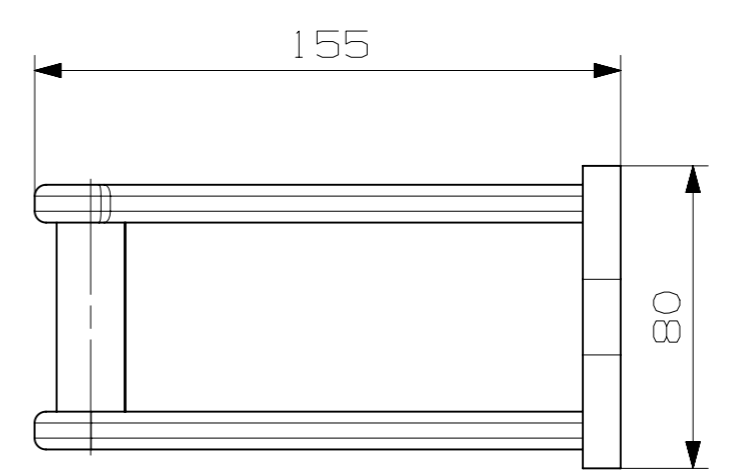
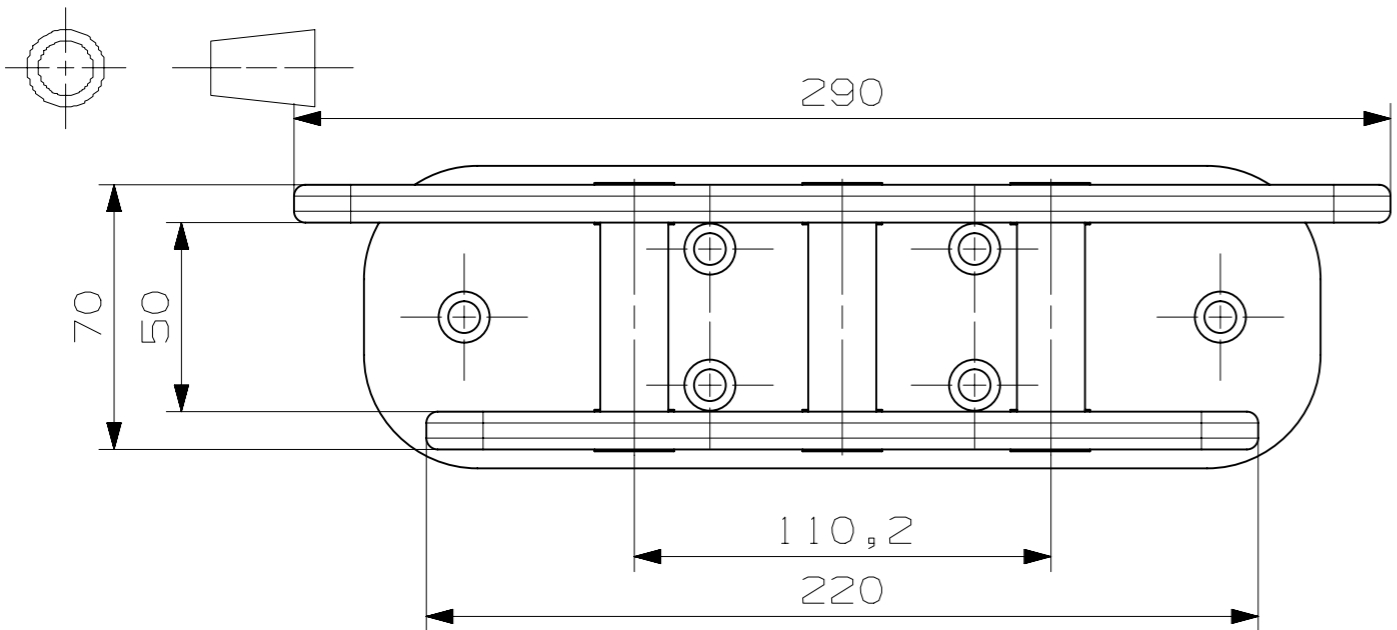
3

4

5

6



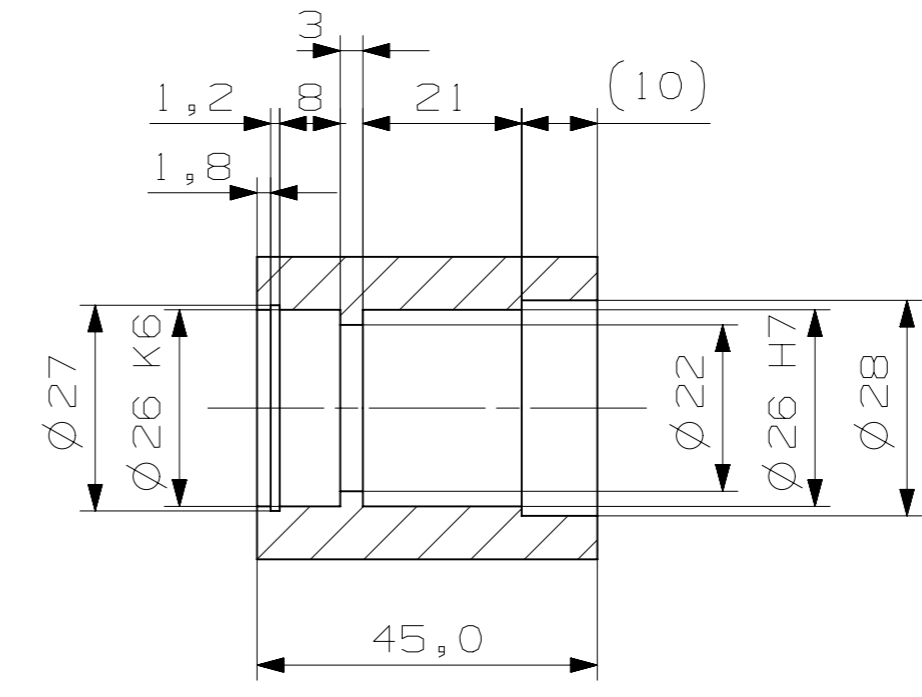
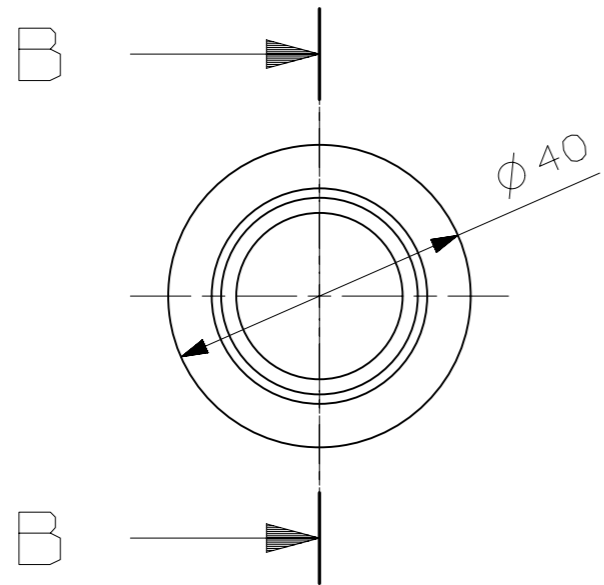
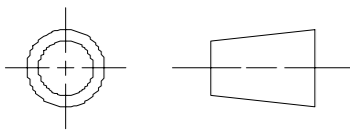


Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsane tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Zapadočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	NARAZNIK	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	021
		SCALE 1:2	REV <input checked="" type="checkbox"/>
		SHEET 1 OF 1	

3D CAD MASTER PART NAME:

ALL DIMENSIONS IN MM



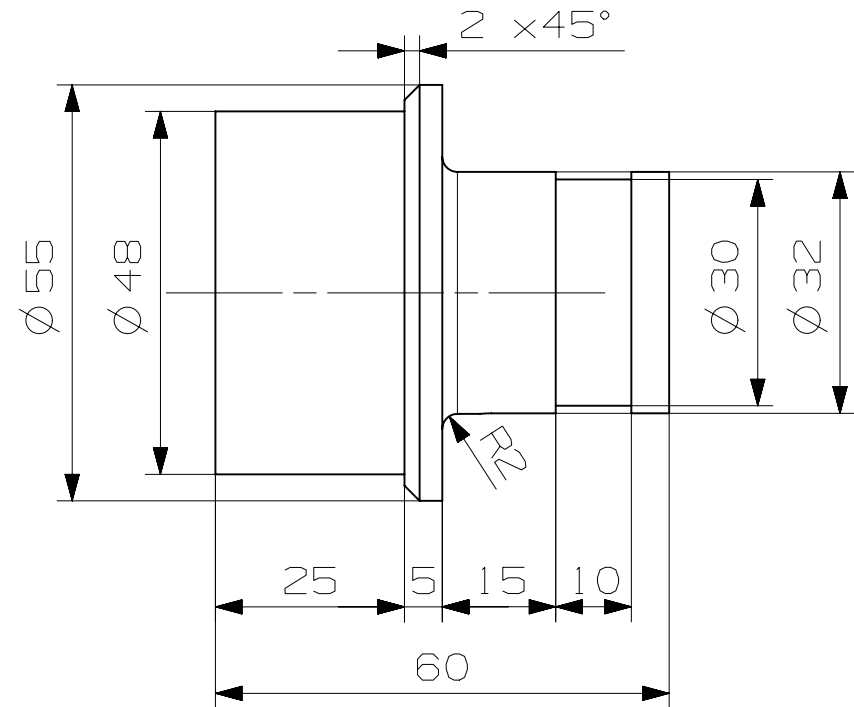
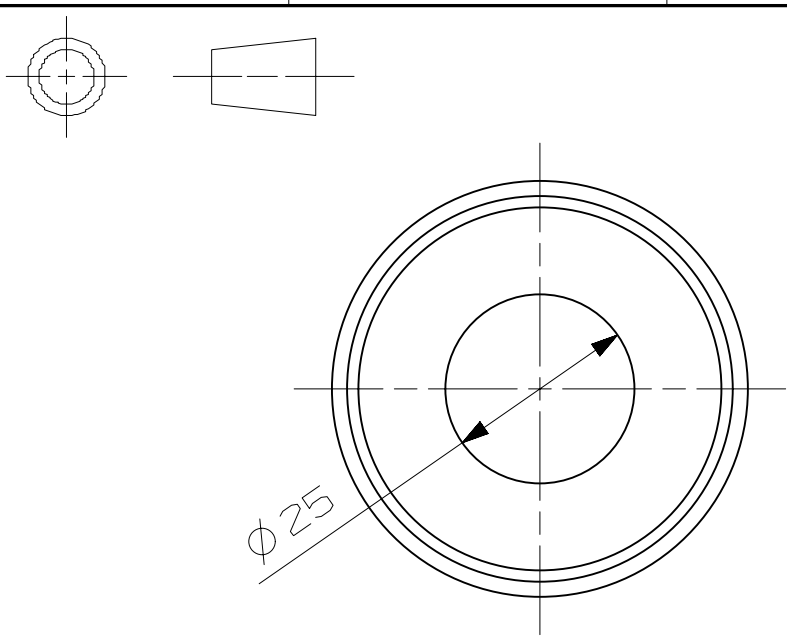
REZ B-B

Pozor:
Nekotované rozmery z 3D modelu
Polotovár: Kulatina $\varnothing 40 \times \varnothing 22 \times 45$ mm
Material: EN AW-7020 T6
Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování strojů	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	VodoJan	LOZISKOVY DOMEK	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A3	022
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1

3D CAD MASTER PART NAME:

ALL DIMENSIONS IN MM



Pozor:
 Nekotované rozmery z 3D modelu
 Polotovár: Kulatina $\varnothing 55 \times 60$ mm
 Material: EN AW-7020 T6
 Nepredepsané tolerance dle ISO 2768-mK

SIEMENS		Západočeská univerzita v Plzni Katedra konstruování stroju	
FIRST ISSUED		TITLE	
DRAWN BY	Vodolan	PRIRUBA KOLA	
CHECKED BY			
APPROVED BY		SIZE	DRG NO.
		A4	023
		SCALE 1:1	SHEET 1 OF 1
			REV
			<input checked="" type="checkbox"/>

ALL DIMENSIONS IN MM
 3D CAD MASTER PART NAME :

A
B
C
D

A
B
C
D

1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

6