

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2302T040 Konstrukce zdravotnické techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Konstrukční návrh volnočasového vozíku typu handbike

Autor: **Bc. Petra Matvijová**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petra MATVIJOVÁ, DiS.**
Osobní číslo: **S15N0080P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce zdravotnické techniky**
Název tématu: **Konstrukční návrh volnočasového vozíku typu handbike**
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:

Cílem diplomové práce je vytvořit konstrukční návrh tříkolového vozíku typu handbike, určeného pro volnočasové aktivity. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost, bezpečnosti a technické jednoduchosti navrhovaného vozíku. U výsledného navrženého konstrukčního řešení provést zhodnocení technických parametrů.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematické specifikace požadavků.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování konstrukčního řešení.
4. Zhodnocení navržené koncepce řešení.

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

REKTOR, I. a kol. *Centrální poruchy hybnosti v praxi.* Triton, Praha, 2003

KOLEKTIV AUTORŮ. *Pohybový systém a zátěž.* Praha: Grada Publishing, 1997

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra.* Brno: Computer Press, 1999

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

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Martin Gorschenek**
Strkan, s.r.o., Plzeň

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **2. června 2017**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

Poděkování

Úvodem bych ráda poděkovala doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D., vedoucímu této diplomové práce za odborné vedení, vstřícné jednání a konstruktivní kritiku, dále Ing. Václavu Fialovi a Ing. Pavlu Alblovi ze společnosti Doosan Škoda Power s.r.o. za poskytnutí podpory a odborných rad týkajících se pevnostní analýzy a v neposlední řadě pánům Janu Krauskopfovi, Radovanu Civišovi a Petru Neradovi za poskytnutí jejich vozíků handbike, které posloužily k pořízení fotodokumentace a k získání osobních zkušeností s tímto vozíkem.

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 vypracovala 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 Matvijová	Jméno Petra	
STUDIJNÍ OBOR	N2301 „Konstrukce zdravotnické techniky“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Konstrukční návrh volnočasového vozíku typu handbike		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	131	TEXTOVÁ ČÁST	79	GRAFICKÁ ČÁST	52
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Obsahem této diplomové práce je návrh tří variant vozíku handbike určeného pro volnočasové aktivity. Jsou zde uvedeny dvě konstrukční řešení jedné vybrané varianty, jejich podrobný popis, včetně technických výkresů. U těchto dvou řešení je provedena pevnostní analýza, jejíž výsledky jsou zde rovněž popsány.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	handbike, hendikep, konstrukce, design, pohon, rám, MKP, CAD

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Matvijová	Name Petra	
FIELD OF STUDY	N2301 “ Design of medical equipment“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Engineering design of handbike for leisure time		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2017
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	131	TEXT PART	79	GRAPHICAL PART	52
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The design of three variants of handbike intended for leisure activities is the content of this diploma thesis. Here are incorporated a two detailed descriptions of the structural design of one selected variant including technical drawings in this thesis. Stress analysis is performed in this thesis which results of this are also described here.
KEY WORDS	handbike, handicap, construction, design, drive, frame, stress analysis, CAD

Obsah

Úvod	1
1 Cíle diplomové práce	2
2 Anatomie a fyziologie páteře a míchy	3
2.1 Anatomie a fyziologie páteře	3
2.2 Pohyblivost páteře	4
2.3 Anatomie a fyziologie míchy	5
2.3.1 Inervace míšními nervy	5
3 Příčiny a následky ochrnutí	6
3.1 Poruchy hybnosti	6
3.1.1 Paréza	6
3.1.2 Plegie	6
3.2 Možnosti a schopnosti hendikepovaného	7
4 Historie handbiku	9
5 Rešerše	10
5.1 Rozdělení vozíků handbike	10
5.1.1 Podle koncepčního uspořádání	10
5.1.2 Podle použitého pohonu	12
5.1.3 Podle povrchu	13
5.1.4 Podle účelu	15
5.1.5 Podle polohy jezdce	15
6 Popis jednotlivých komponent	18
6.1 Rám	18
6.2 Vidlice	19
6.3 Kola	19
6.4 Sedačka	21
6.5 Brzdy	22
6.6 Kliky	23
6.7 Ozubení a přesmykač	23
6.8 Hlavní konstrukční uzly	24
7 Požadavky související s omezenými možnostmi hendikepované osoby	28
8 Návrh variant	29
8.1 Morfologická matice	29
8.2 Vybrané parametry	30
8.3 Předběžné návrhy a skici	31
8.3.1 Varianta 1	31
8.3.2 Varianta 2	32
8.3.3 Varianta 3	33
8.4 Vyhodnocení variant	34
9 Konstrukční návrh zvolené varianty	35
9.1 Základní výpočty	35
9.1.1 Určení těžiště	35
9.1.2 Určení velikosti díry na povrchu	37
9.1.3 Určení svislé překážky	37
9.2 Řešení 1 - handbike s odnímatelnou vidlicí	38

9.2.1	Konstrukční návrh rámu	38
9.2.2	Krk pro uchycení vidlice	40
9.2.3	Vidlice	41
9.2.4	Hnací soustava	42
9.2.5	Sedačka.....	42
9.2.6	Fixace nohou	43
9.2.7	Kompletní sestava	44
9.3	Řešení 2 – handbike se skládacím rámem	45
10	Pevnostní analýza	48
10.1	Rozložení sil a reakcí ve vazbách	48
10.1.1	Rozložení sil v případě řešení 1	48
10.1.2	Rozložení sil v případě řešení 2	51
10.2	MKP analýza	53
10.2.1	Diskretizace modelu	54
10.2.2	Určení okrajových podmínek.....	55
10.2.3	Výsledky analýzy – řešení 1.....	56
10.2.4	Výsledky analýzy – řešení 2.....	63
11	Technicko-ekonomické zhodnocení	73
Závěr	77	
Seznam použité literatury	78	

Seznam obrázků

Obrázek 1	Obratel [4]	3
Obrázek 2	Páteř člověka [4].....	4
Obrázek 3	Rozsah pohybů páteře [3]	4
Obrázek 4	Průřez míchou [7]	5
Obrázek 5	Inervace míšními nervy [20].....	6
Obrázek 6	Rozsah ochrnutí podle úrovně poškození míchy [12]	7
Obrázek 7	První vozík na ruční pohon [15]	9
Obrázek 8	Handbike Schmicking, uspořádání jedno kolo vpředu a dvě vzadu.....	10
Obrázek 9	Uspořádání - dvě kola vpředu a jedno vzadu [15]	11
Obrázek 10	Terénní handbike – čtyřkolka	11
Obrázek 11	Jednostopý handbike [15].....	12
Obrázek 12	ottobock s přídatným pohonem [16]	13
Obrázek 13	ELEKTRO Handbike COMP s přídatným pohonem [17]	13
Obrázek 14	Carbonbike - Celokarbonový silniční handbike [18]	14
Obrázek 15	Terénní handbike	14
Obrázek 16	Beach bike [24].....	15
Obrázek 17	Druhy poloh při jízdě	16
Obrázek 18	Handbike od firmy Top End, vyžadující polohu v kleče [19].....	17
Obrázek 19	Top End - handbike vyžadující polohu v kleče [19].....	17
Obrázek 20	Rám handbiku	18
Obrázek 21	Vidlice handbiku	19
Obrázek 22	Náboj zadního kola	20
Obrázek 23	Náboj předního kola s kazetou	20
Obrázek 24	Sedačka	21
Obrázek 25	Kotoučová brzda	22

Obrázek 26 Ráfkové brzdy na předním kole	22
Obrázek 27 Kliky a rukojeti.....	23
Obrázek 28 Planetová převodovka Rohloff.....	24
Obrázek 29 Planetová převodovka Rohloff [23].....	24
Obrázek 30 Řez nábojem kola.....	25
Obrázek 31 Pevné spojení vidlice s rámem uprostřed se silentblokem.....	26
Obrázek 32 Uložení opěrky.....	26
Obrázek 33 Uložení sedáku – textilní báze.....	27
Obrázek 34 Fixace nohou [15].....	28
Obrázek 35 Návrh - Rám.....	31
Obrázek 36 Návrh - Spojení rámu s vidlicí u silničního vozíku (varianta 1).....	31
Obrázek 37 Návrh - Handbike do terénu na ruční pohon (varianta 2).....	32
Obrázek 38 Handbike do terénu na ruční pohon - jiná možnost.....	32
Obrázek 39 Návrh - vozítko s elektromotorem (varianta 3).....	33
Obrázek 40 Návrh - vozítko s elektromotorem - pohled shora.....	33
Obrázek 41 Grafická metoda určování těžiště.....	36
Obrázek 42 Velikost díry při jejím přejezdu.....	37
Obrázek 43 Překonávání svislé překážky.....	38
Obrázek 44 Návrh rámu	38
Obrázek 45 Rám se zadní nápravou.....	39
Obrázek 46 Rám se zadní nápravou - bočný a zadní pohled	39
Obrázek 47 Modul pro přichycení vidlice.....	40
Obrázek 48 Modul pro přichycení vidlice s rámem.....	40
Obrázek 49 Trubka hlavového složení pro umístění vidlice	41
Obrázek 50 Sestava vidlice - detail vrstev.....	41
Obrázek 51 Hnací soustava.....	42
Obrázek 52 Sedačka	43
Obrázek 53 Polohovací systém opěrky.....	43
Obrázek 54 Fixace nohou.....	44
Obrázek 55 Kompletní sestava - varianta 1	44
Obrázek 56 Pevná část rámu	45
Obrázek 57 Pohyblivá část rámu	46
Obrázek 58 Zajištění hlavních spojovacích čepů rámu.....	46
Obrázek 59 Tvarový spoj s rychloupínacím čepem.....	46
Obrázek 60 Madlo	47
Obrázek 61 Varianta 2 - kompletní sestava.....	47
Obrázek 62 Varianta 2 - Sestava handbiku ve složeném stavu	47
Obrázek 63 Reakce v uložení kol - řešení 1.....	48
Obrázek 64 Reakce v uložení kola s uvažováním sklonu	49
Obrázek 65 Reakce na rám v uložení vidlice - řešení 1.....	50
Obrázek 66 Reakce v uložení kol – řešení 2.....	51
Obrázek 67 Reakce na rám v uložení vidlice - řešení 2.....	52
Obrázek 68 Diskretizace modelu rámu na konečný počet elementů	54
Obrázek 69 Diskretizace modelu vidlice na konečný počet elementů.....	54
Obrázek 70 Okrajové podmínky rámu (A a $B = R_A$, $C=N_1$, $D=N_2$, $E=N_3$)	55
Obrázek 71 Okrajové podmínky u vidlice ($A = N_2$, $B=N_1$, $C=N_3$)	55
Obrázek 72 Rozložení redukovaného napětí u rámu - řešení 1	56
Obrázek 73 Rozložení redukovaného napětí u rámu s maximálním napětím.....	56
Obrázek 74 Celková deformace u rámu - řešení 1	57

Obrázek 75 Řez kritickým místem pod nosnou trubkou - řešení 1	57
Obrázek 76 Řez kritickým místem – oblast zadní nápravy	58
Obrázek 77 Rozložení redukovaného napětí u vidlice - řešení 1	59
Obrázek 78 Celkové posunutí u vidlice - řešení 1	60
Obrázek 79 Cesta průběhu napětí v místě radiálního uložení	60
Obrázek 80 Cesta průběhu napětí v oblasti svaru	61
Obrázek 81 Rozložení redukovaného napětí u rámu - řešení 2	63
Obrázek 82 Detail místa maximálního napětí HMH	63
Obrázek 83 Detail - maximální napětí u rámu - řešení 2	64
Obrázek 84 Maximální napětí v zúženém místě rámu v místě	64
Obrázek 85 Celková deformace u rámu - řešení 2	65
Obrázek 86 Maximální hodnota posunutí v zadní části rámu	65
Obrázek 87 Rozložení redukovaného napětí u vidlice s maximálním napětím	66
Obrázek 88 Celková deformace - vidlice, řešení 2	66
Obrázek 89 Cesta průběhu napětí v kritickém místě	67
Obrázek 90 Řez čepovým spojením (v rámci jednoho čepu)	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 Morfologická matice	29
Tabulka 2 Vabrané parametry jednotlivých variant	30
Tabulka 3 Vlastnosti použitých materiálů	53
Tabulka 4 Vlastnosti oceli	68
Tabulka 5 Srovnání hodnot - rám (řešení 1)	70
Tabulka 6 Srovnání hodnot - rám (řešení 1)	71
Tabulka 7 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 1)	71
Tabulka 8 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 1)	71
Tabulka 9 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 2)	71
Tabulka 10 Ceny součástí běžně dostupných na trhu	73
Tabulka 11 Ceny součástí u jiných výrobců	74
Tabulka 12 Cena materiálu	74
Tabulka 13 Ceník technologických operací rámu	75
Tabulka 14 Ceník technologických operací vidlice	75
Tabulka 15 Celkové náklady na výrobu jednoho vozíku	75

Seznam grafů

Graf 1 Průběh napětí v řezu v oblasti pod vzpěrnou trubkou	58
Graf 2 Průběh napětí v řezu v oblasti zadních kol	59
Graf 3 Průběh napětí v oblasti radiálního ložiska	61
Graf 4 Průběh napětí v oblasti svaru	62
Graf 5 Průběh napětí v kritickém místě	67

Seznam použitých veličin

Název veličiny	Značka veličiny	
délka	l	m, in
průměr	d, D	
poloměr	r, R	
Kartézské souřadnice	x, y, z	
obsah	S, S_1, S_2	m^2
stupně	α, β, γ	$^\circ$
hmotnost	m	kg
síla	F	N
tíha	G	
spojité zatížení	q	$N \cdot m^{-1}$
moment síly	M	Nm
napětí (průměrné, průměrné + ohybové, celkové)	$\sigma, \sigma_p, \sigma_{po}, \sigma_c$	MPa
normálové napětí	N	
smykové napětí ve stříhu	τ_s	
Youngův modul pružnosti	E	
mez kluzu	R_p	
tlak	p_1, p_2	
tuhost	k	$N \cdot mm^{-1}$
reakční síly	$R_{Ax}, R_{Ay}, R_B, N_1, N_2, N_3$	N
koeficient rozložení zatížení	k_L	-
provozní koeficient	k_{sp}, k_{sb}	-
bezpečnostní koeficient	k	-
Poissonova konstanta	μ	-
rychlost	v	$m \cdot s^{-1}$
zrychlení	a	$m \cdot s^{-2}$
gravitační zrychlení	g	

Seznam použitých zkratk

C (1-8)	Cervikální (krční) segmenty míchy
Th (1-12)	Thorakální (hrudní) segmenty míchy
S (1-5)	Sakrální (křížové) segmenty míchy
CMP	Cévní mozková příhoda
MTB	Mountain Bike (horské kolo)
MKP	Metoda konečných prvků
HMH	Huber, von Mises, Hencky (hypotéza)

Seznam příloh

- Příloha č. 1 Obrazová dokumentace
- Příloha č. 2 Rendr sestavy
- Příloha č. 3 Podíl hmotností segmentů těla na jeho celkové hmotnosti
- Příloha č. 4 Souhrn výsledků MKP analýzy
- Příloha č. 5 Výkresová dokumentace

Úvod

Hendikep je tělesné postižení, které vede k fyzickému omezení člověka. Často se jedná o hendikep, kvůli kterému je osoba odkázána na invalidní vozík v důsledku ztráty pohyblivosti dolních končetin. Velmi častou příčinou takového tělesného selhání, jsou poruchy v oblasti páteře a míchy. K těmto poruchám může docházet v důsledků závažných úrazů nebo onemocnění.

Hendikep pro člověka v dřívějších dobách představoval velký problém, který souvisel s jeho omezeními. Osoba s tímto postižením nebyla schopna provádět celou řadu běžných činností, například, překonávání bariér, mnoho sportovních činností jako je cyklistika, lyžování, míčové sporty, jízdu autem a podobně. Ani není třeba dodávat, že ve středověku byli tito lidé zcela odříznutí od běžného sociálního prostředí.

V dnešní době je ale všechno jinak. S vývojem lepších a dokonalejších invalidních vozíků, jde ruku v ruce také vývoj různých sportovních, lokomočních a kompenzačních pomůcek, které tato omezení postupně odbourávají. Dnes již pro tyto tělesně postižené osoby není problém řídit motorové vozidlo nebo dokonce motorku díky ručnímu ovládání, hrát basketbal nebo florbal, absolvovat vysokohorskou turistiku, lyžovat, bruslit nebo například jezdit na kole.

Právě cyklistikou, která patří mezi nejčastější a také nejdostupnější druhy sportů, je inspirována tato diplomová práce. A také z toho důvodu, že handbike významným způsobem ovlivňuje kvalitu života, možnosti a psychiku hendikepované osoby.

V současné době se vývojem těchto vozítek zabývá mnoho zahraničních i tuzemských firem. Nejznámějším výrobcem je německá firma Schmicking nebo švýcarská firma Carbonbike. V České republice se vývojem těchto vozíků zabývá například firma Benecykl. O sestrojení se pokusila také firma Duratec se sídlem ve Městě Touškov na Plzeňsku. [2]

1 Cíle diplomové práce

Tuto práci lze rozdělit do dvou hlavních částí, jak je naznačeno níže. Její cíle pak budou řazeny následujícím způsobem:

Teoretická část

- a) Seznámení se základy anatomie a fyziologie páteře a míchy a nejčastější příčiny tělesného postižení.
- b) Popis a pojmenování poruch a tělesných postižení jako následků těchto příčin.
- c) Stručné seznámení s historickými poznatky.
- d) Zpracování podrobné rešerše sportovních vozíků pro tělesně postižené na trhu. Jejich koncepční a konstrukční řešení.
- e) Rozbor technických parametrů. Popis jednotlivých částí a komponent, hlavních uzlů a požadavky související s omezenými možnostmi hendikepované osoby.

Praktická část

- a) Hlavním cílem této diplomové práce je vytvořit konstrukční návrh tříkolového vozíku typu handbike. Budou proto navrženy tři varianty volnočasového vozíků, které se budou lišit svým zaměřením na typ terénu, účel použití a pohon. Využita k tomu bude metoda morfologické matice, na základě které bude provedena vizualizace těchto tří návrhů pomocí skic.
- b) Z těchto tří variant bude zvolena jedna a ta bude zpracována ve dvou řešeních.
- c) Během řešení bude pozornost zaměřena na bezpečnost, jednoduchost konstrukce, variabilitu, praktičnost, snadnou manipulaci, použití vhodných a lehkých materiálů a pohodlí uživatele. Snahou bude splnění všech požadavků a vizí, tak aby obě řešení byla navržena co nejefektivněji.
- d) Provedení pevnostního výpočtu jednotlivých částí sportovního vozíku handbike.
- e) Zpracování výkresové dokumentace.

2 Anatomie a fyziologie páteře a míchy

2.1 Anatomie a fyziologie páteře

Páteř je součástí osového (axiálního) skeletu trupu. Jejímí hlavními funkcemi jsou stabilizace, flexibilita, ochrana míchy, přenos zátěže a podpora. [5]

Páteř člověka (obr. 2) obsahuje celkem 33 – 34 obratlů, z toho 7 obratlů krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových a 4 – 5 kostrčních. Kostrční obratle později srůstají v kost kostrční. Délka páteře u dospělého člověka dosahuje asi 35% tělesné výšky. Pětinu až čtvrtinu délky páteře tvoří meziobratlové ploténky. [3]

Každý obratel má 3 části – tělo, oblouk a výběžky (obr. 1). Každá z těchto částí má odlišnou mechanickou funkci. [3]

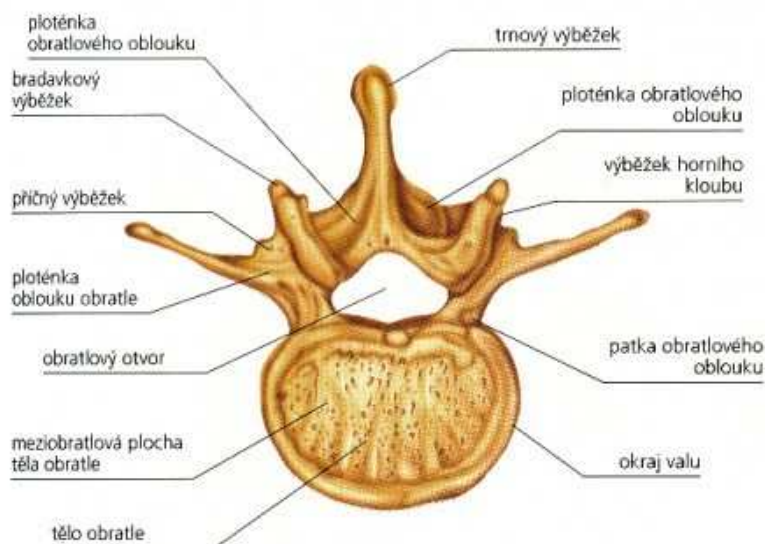
Tělo obratle má funkci nosnou. Horní i spodní plocha těla je téměř rovná a je k ní připojena chrupavčitá meziobratlová destička. [3]

Oblouk obratle má funkci ochrannou. Tvoří uprostřed otvor. Všechny obratle tak svými otvory tvoří páteřní kanál, kterým prochází mícha.

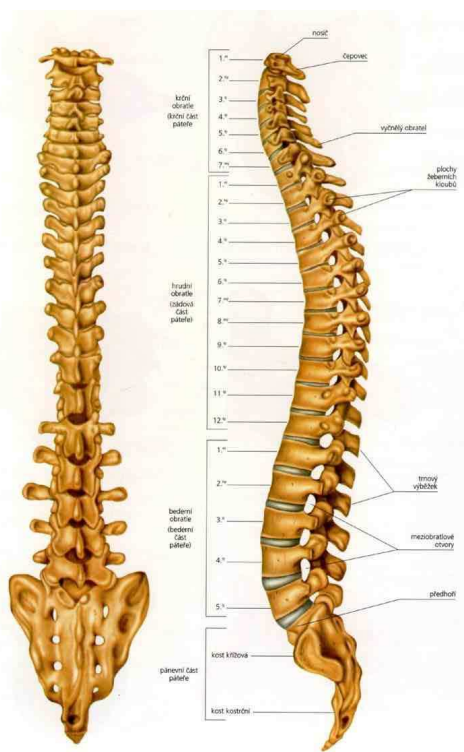
Výběžky slouží k pohyblivosti obratle a jsou připojeny k oblouku. Patří mezi ně kloubní výběžky, které slouží ke spojení například se žebry. Příčné výběžky a trnový výběžek jsou místa svalových úponů. [3]

Obratle se v jednotlivých místech páteře liší svým tvarem. Zatímco krční obratle mají nízká těla, bederní obratle mají těla vysoká a rozměrná vzhledem k tomu, že nesou celou váhu horní poloviny trupu. U krční části rozlišujeme ještě první obratel nosič (atlas), který tělo nemá a druhý čepovec (axis). [3]

Páteř je u dospělého člověka typická svým zakřivením. Krční a bederní lordóza je obloukovité konvexní zakřivení v krční a bederní oblasti. Hrudní kyfóza a kyfóza v oblasti křížové je potom opakem lordózy. Díky těmto zakřivením se páteř stává pružnější, ale také pevnější. [3]



Obrázek 1 Obratel [4]



Obrázek 2 Páteř člověka [4]

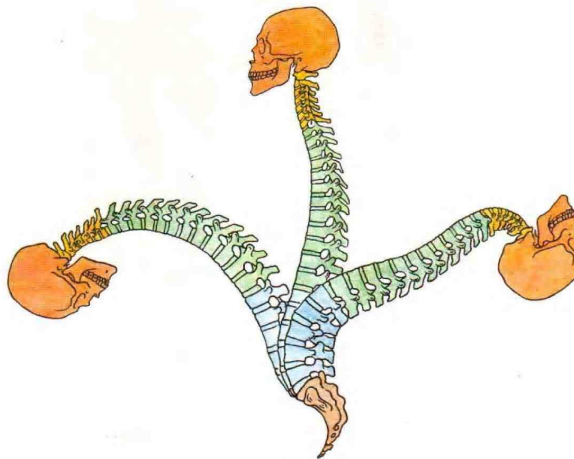
2.2 Pohyblivost páteře

Pohyblivost páteře je dána součty pohybů mezi jednotlivými obratli v její spodní části. Tyto pohyby jsou vytvářeny stlačováním meziobratlových plotének a usměřňovány meziobratlovými klouby. Rozsah pohybu je pak přímo úměrný výšce meziobratlových plotének (obr. 3). [3]

Pohyb páteře dovoluje 6 stupňů volnosti, jsou to rotace a posunutí kolem transverzální, sagitální a vertikální osy. Ve výsledku je potom možná flexe (ohnutí), extenze (natažení), laterální flexe (ohnutí do strany) a rotace. [5]

Rozsah pohybu se mezi jednotlivými částmi páteře liší. Nejpohyblivější je krční páteř. Zde je střed otáčení umístěn v zadní části obratle. V případě bederní oblasti je tento střed umístěn uvnitř meziobratlové ploténky. Pohyblivost se snižuje s rostoucím věkem. [5]

Ke sdruženým pohybům páteře dochází při pohybu ve více rovinách současně. Nejčastěji se jedná o kombinaci pohybu v rovině frontální a transverzální. [5]



Obrázek 3 Rozsah pohybů páteře [3]

2.3 Anatomie a fyziologie míchy

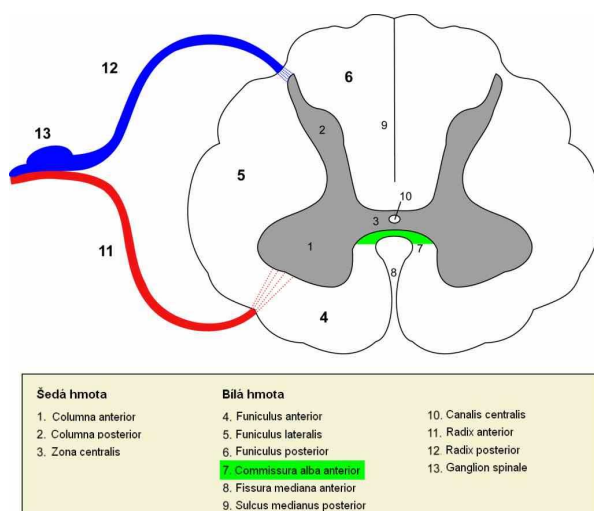
Mícha je tenká a dlouhá nervová trubice vedoucí páteřním kanálem. V její horní části navazuje na prodlouženou míchu a končí nad druhým bederním obratlem. [6]

Mícha je, stejně jako mozek, obalena míšními obaly a plní reflexní a převodní funkce. Z míchy vystupují míšní nervy (obr. 4). Součástí míchy jsou smíšená vlákna (motorická a senzitivní) a vegetativní vlákna. [7]

Mícha je rozdělena na pravou a levou polovinu a vstupují do ní kořeny míšních nervů, ty obsahují dostředivá (senzitivní) vlákna vedoucí vzruchy z periferie, odstředivá (motorická) vlákna vedoucí k příčně pruhovaným svalům a vlákna vegetativní (autonomní) inervující žlázy a hladkou svalovinu. [8]

Na průřezu míchou je patrná šedá a bílá hmota (obr. 4). Šedá hmota má tvar písmene „H“ nebo motýla a je tvořena nakupenými neurony. Jejím středem vede míšní kanálek. Šedou hmotu obklopuje bílá hmota. [7]

Stejně jako páteř, také mícha je rozdělena na segmenty. Z každého míšního segmentu se sbíhá jeden pár míšních nervů. Celkový počet je 31 párů míšních nervů – 8 krčních, 12 hrudních, 5 bederních, 5 křížových a 1 kostrční. [7]

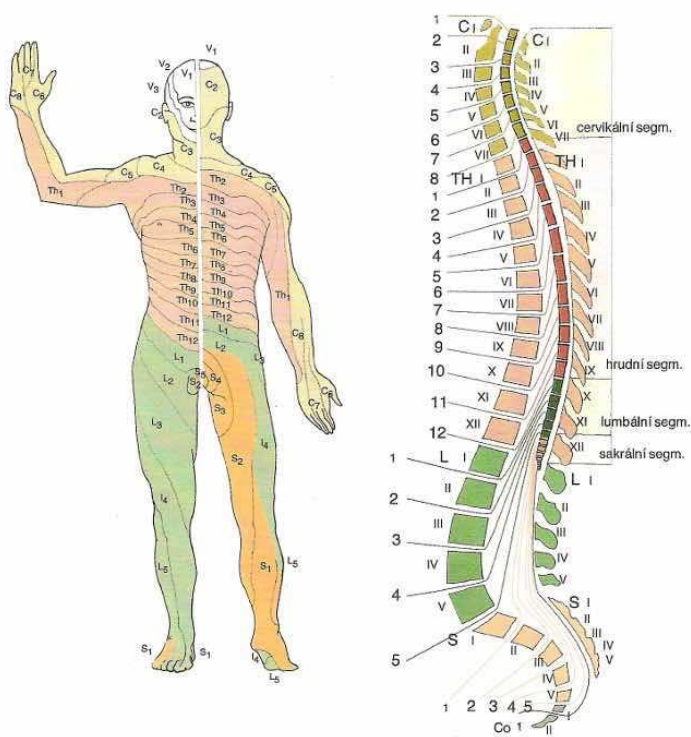


Obrázek 4 Průřez míchou [7]

2.3.1 Inervace míšními nervy

Celý proces inervace začíná v mozkové kůře, odkud se signál šíří skrz mozek do míchy a z míchy se pomocí nervů vystupujících z páteře šíří nervový signál do příslušných svalových vláken. Přenos informace z nervu na sval se děje na tzv. nervosvalové ploténce. Podráždění svalu pak vede k jeho stažení a tím vzniká vlastní pohyb. Které oblasti jsou inervovány konkrétními míšními kořeny je možné vidět na obrázku 5. [9]

Krční pletěň senzitivně inervuje kůži hlavy a nadklíčkovou oblast. Motoricky inervuje svaly krku. Patří sem například brániční nerv. Pažní pletěň zahrnuje vlákna C4 – Th1 a inervuje horní končetinu. Z této pletěně vychází například nerv vřetenní a nerv loketní. Hrudní nervy vedou mezižeberními prostory a nevytvářejí žádné pletěně. Inervují stěnu hrudníku. Bederní pletěň inervuje kůži a svaly břicha, stehna a pánve. Stehenní nerv patří mezi nejsilnější nerv této pletěně. Křížová pletěň je nejsilnější a vede vlákna ze segmentů S1 – S5. Inervuje dolní končetinu (hýždě, zadní stranu stehna, bérce, nohu). Nejsilnějším nervem této pletěně a celého lidského těla vůbec je sedací nerv. [7]



Obrázek 5 Inervace míšními nervy [20]

3 Příčiny a následky ochrnutí

K ochrnutí dochází při poškození kterékoliv oblasti dráhy od mozku až po sval. Poškození se může týkat přímo mozku, míchy, nervů, nervosvalové ploténky nebo svalu. Následkem je pak porucha přenosu nervového signálu, což se projevuje ochrnutím. Mezi příčiny patří poškození mozku, míchy, nervů nebo nervosvalové ploténky v důsledku onemocnění nebo poranění. [9]

3.1 Poruchy hybnosti

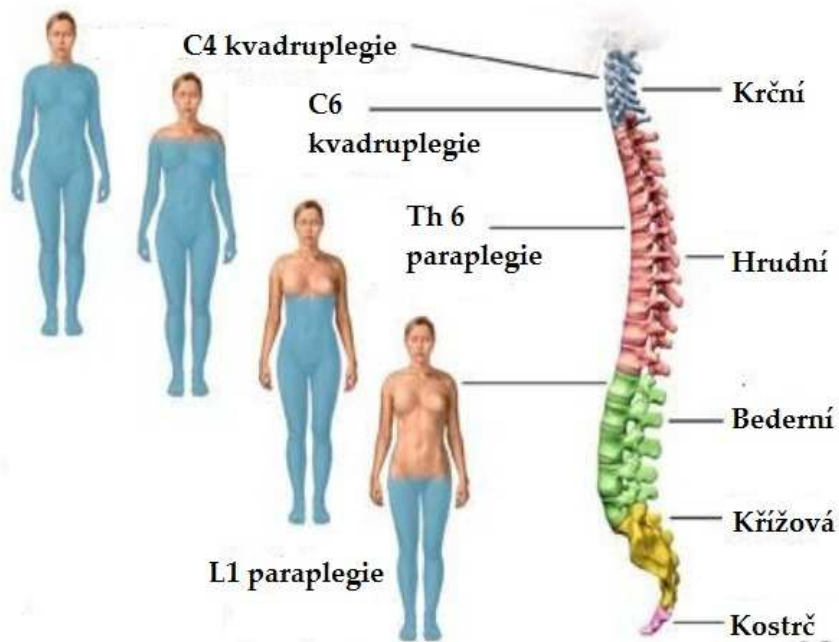
Při poruchách hybnosti se lze setkat s parézou nebo plegií. V případě poranění páteře a míchy lze hovořit spíše o plegiích. Jak rozsáhlá porucha hybnosti nastane, pak záleží na místě, kde k poškození míchy došlo (obr. 6). Podle toho lze parézy a plegie rozlišit.

3.1.1 Paréza

V případě parézy se jedná o neúplné ochrnutí, kde je částečně zachována hybnost. Hemiparéza je ochrnutí pravé nebo levé poloviny těla. Nejčastější příčinou jsou cévní mozkové příhody nebo poškození motorických drah. K hemiparéze vždy dochází na opačné straně, než je poškození mozkové hemisféry z důvodu křížení nervových vláken na úrovni prodloužené míchy. Paraparéza je pak částečné ochrnutí dolní poloviny těla, tedy obou končetin. Kvadruparéza je částečné ochrnutí všech čtyř končetin. [10]

3.1.2 Plegie

Plegie znamená úplnou ztrátu hybnosti. Podle rozsahu a charakteru postižení se pak také plegie rozlišuje na hemiplegii, což je úplná ztráta hybnosti pravé nebo levé poloviny těla. Paraplegie je úplná ztráta hybnosti dolních končetin a kvadruplegie je úplná ztráta hybnosti dolních i horních končetin. Zejména u kvadruplegie hodně závisí kvalita života na úrovni poškození.



Obrázek 6 Rozsah ochrnutí podle úrovně poškození míchy [12]

3.2 Možnosti a schopnosti hendikepovaného

Pokud dochází k poškození v úrovni čtvrtého krčního obratle (C4), pak se jedná o kvadruplegii prvního stupně.

Tato osoba je zcela odkázána na své okolí. Má ochrnuté celé tělo, včetně mluvidel. V tomto případě je nutný elektrický vozík ovládaný bradou. [11]

Jen o úroveň níže, tedy při poškození v oblasti C5 - C6 jde o poškození 2. stupně a postižená osoba je schopna si sednout, lehnout a může částečně oblékat horní polovinu těla. Sedět může s oporou o vlastní ruce. Ale nedokáže udržet rovnováhu. Tito lidé dokážou ovládat i vozík mechanický, ale potřebují kompenzační pomůcky pro ruce. Takto postižení jedinci se většinou neobejdou bez asistenta. [14]

Při poškození úrovně C6 – C7 se jedná o 3. stupeň poranění míchy. Osoba s tímto postižením je schopná ohnout jednu horní končetinu do úrovně ramen a druhou horní končetinou se podepírá. Tito hendikepovaní lidé jsou samostatní ve spoustě aktivit, třeba ve zvládnutí osobní hygieny, v oblékání, řízení automobilu. Jsou schopni přejet vozíkem 2cm práh a dokáží zvedat lehké předměty ze země. Ani oni se však neobejdou bez asistenta. [11], [14]

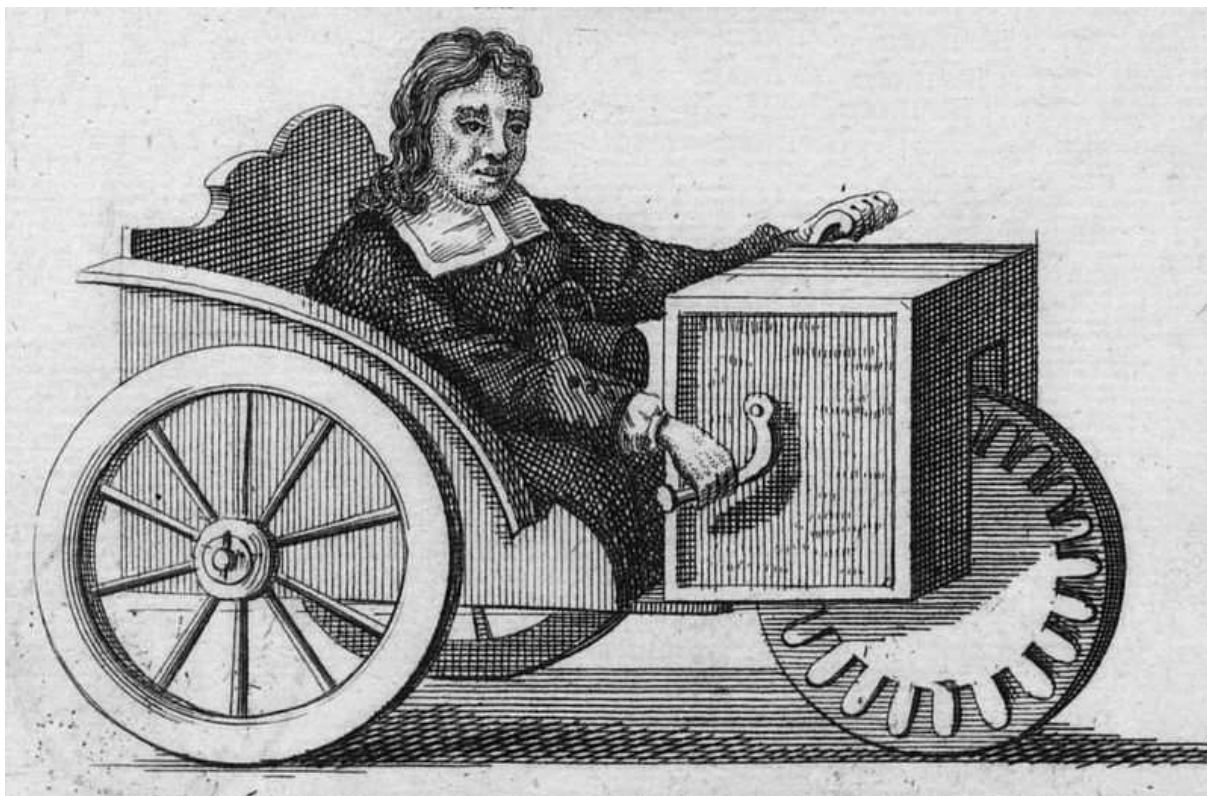
Nejlehčím stupněm poškození v krční oblasti je 4. stupeň, kdy se jedná o poranění míchy v oblasti C7 – C8. Osoba je schopna ohnout jednu končetinu nad hlavu a v této pozici se předklonit a narovnat. Je schopna sedět bez podepření o horní končetiny. Asistenci potřebuje jen zpočátku. Dále je schopna oblékání a obouvání. Na vozíku zvládne jízdu po nerovném terénu, popřípadě přejíždět malé schůdky. Jedinec zvládne také přemístit těžiště dozadu a zvednout přední kola nebo naložit vozík do automobilu. [14]

Paraplegie je podle úrovně poškození rozdělena na vysokou paraplegii – stupeň poškození 5 při poranění míchy v oblasti Th1 – Th6 a nízkou paraplegii – stupeň poškození 6 při poranění míchy v oblasti Th10 – L. Paraplegik je v mnoha úkonech zcela samostatný. Není pro něj problém nasednout na invalidní vozík (dokonce i ze země v případě pádu) nebo přesednout z vozíku na handbike, čtyřkolku nebo například motokáru. Jeho funkční horní polovina těla dokáže kompenzovat nefunkční spodní část posílením zbytkového funkčního svalstva horních končetin a trupu. Díky rehabilitacím je postižený schopen získat stabilitu v sedu i v nižších polohách s využitím správných funkčních opor o horní končetiny. [13, 14]

4 Historie handbiku

První handbike, tak jak ho známe, byl sestrojen v USA v roce 1983. Historie těchto vozítek má však mnohem hlubší kořeny. První dochované záznamy sahají už do roku 1655. Tehdy si 22letý Stephan Farfler z Norimberku zhotovil kolečkové křeslo, jehož pohon fungoval na principu rumpálu. Tento velmi zručný hodinář byl postižen dětskou obrnou a k sestrojení vozíku ho vedla touha pravidelně se účastnit bohoslužeb. Jelikož byl odkázán na cizí pomoc, především svojí matky, jeho touha nebyla do uspokojivé míry naplněna. Proto proti tomuto fyzickému omezení zahájil aktivní boj a tento vozík na ruční pohon zkonstruoval (obr. 7). [15]

V dnešní době je možné na ulici potkat celou řadu těchto vozítek na ruční ovládní. Současný koncept handbiků se z USA do Evropy dostal až v roce 1990. Zde byly první handbiky sestrojeny v roce 1993 Kees Van Breukelenem v Holandsku a Gregorem Petersonem v Německu. [1]



Obrázek 7 První vozík na ruční pohon [15]

5 Rešerše

Pod pojmem handbike je možné si představit dopravní prostředek fungující na principu jízdního kola s tím rozdílem, že zdrojem energie jsou v tomto případě ruce. Právě ruce vyvíjejí potřebnou sílu, která vytváří točivý moment. Tento točivý moment pohání kola pomocí řetězového převodu a ozubení. Klasický bicykl má hnací kolo zadní, zatímco u handbiku je tomu ve většině případech naopak.

Na trhu již existuje nepřeberné množství těchto vozíků. Ty se nejčastěji liší svým koncepčním uspořádáním, pohonem, povrchem, pro jaký byly navrženy, účelem a polohou, kterou musí uživatel ve vozíku zaujmout.

Mezi největší výrobce handbiků patří německá firma Schmicking a švýcarská firma Carbonbike. Dalšími výrobci jsou Sunrise Medical nebo americká společnost TOP END. Těchto firem existuje celá řada a je jich čím dál více. Vývoj konkurenceschopného handbiku si vyzkoušela také firma Duratec na Plzeňsku zabývající se výrobou jízdních kol. V dnešní době se rozmáhá vývoj handbiků také ve společnostech, které se svým původem cyklistikou vůbec nezabývají.

5.1 Rozdělení vozíků handbike

Sportovní vozíky handbike, které v současné době existují na trhu lze rozdělit podle několika kritérií.

5.1.1 Podle koncepčního uspořádání

Nejčastější uspořádání je jedno kolo vpředu a dvě kola vzadu (obr. 8). Na obrázku 9 je potom uspořádání typu dvě kola vpředu a jedno vzadu, tzv. Kozoroh nebo Explorer. Výrobou Kozorohů se zabývá česká firma Benecykl. Tyto vozíky jsou vhodné do velmi náročného a kopcovitého terénu. Je možné se také setkat s koncepcí dvě kola vpředu a dvě kola vzadu (obr. 10) Tyto čtyřkolky se používají zejména pro downhill a jsou rozšířené spíše v USA. Na trhu existují také jednostopé handbiky, tedy s jedním kolem vpředu a s jedním vzadu (obr. 11).



Obrázek 8 Handbike Schmicking, uspořádání jedno kolo vpředu a dvě vzadu



Obrázek 9 Uspořádání - dvě kola vpředu a jedno vzadu [15]



Obrázek 10 Terénní handbike – čtyřkolka



Obrázek 11 Jednostopý handbike [15]

5.1.2 Podle použitého pohonu

V dnešní době se na trhu lze setkat s vozítky nejčastěji na ruční pohon, kdy uživatel pomocí speciálních úchopových klik uvádí handbike do pohybu. Princip je podobný jako na běžném jízdním kole, ale zdrojem síly potřebné k vytváření točivého momentu jsou místo nohou ruce. Na rozdíl od nohou, které se při šlapání střídají, pohyb rukou probíhá současně a zrcadlově. Tento typ handbiku je například na obrázcích 8 a 9.

Pro méně zdatné hendikepované osoby existuje vozík s integrovaným přídavným pohonem. Tento pohon zahrnuje řídicí jednotku, která určuje míru „příšlapu“. Rozjezd a jízda i po náročném terénu je tak mnohem snadnější. Výrobou těchto vozítek se zabývá například firma ottobock. (obr. 12). [16]

Dalším podobným zařízením na trhu je ELEKTRO Handbike COMP, který je výše položen a zajišťuje tak lepší dostupnost terénem (obr. 13). [17]



Obrázek 12 ottobock s přídavným pohonem [16]



Obrázek 13 ELEKTRO Handbike COMP s přídavným pohonem [17]

5.1.3 Podle povrchu

Podle typu povrchu, pro který byl handbike navržen rozlišujeme terénní a silniční vozíky. Silniční vozíky jsou většinou vyrobeny z velmi lehkých materiálů, mají úzké silniční pláště, upravené převody pro vyšší rychlost, jsou níže položené, sedadlo může být i ve výšce 10 cm nad zemí. Cílem je dosáhnout co nejmenšího odporu při jízdě a tudíž dosažení co nejvyšší rychlosti (obr. 14). Nejznámější firmou, která vyrábí špičkové silniční handbiky je již zmíněná firma Carbonbike. Váha takového kola se pohybuje kolem 5 kg, díky celokarbonové konstrukci.



Obrázek 14 Carbonbike - Celokarbonový silniční handbike [18]

Naproti tomu handbike určený do terénu má robustní konstrukci. Kola mají hrubý vzorek a celkově jsou přizpůsobená náročnému terénu, podobně jako horská kola. Výška rámu sahá k 25 cm vzhledem k předpokládaným nerovnostem povrchu. Převody jsou pomalejšího charakteru. Častou volbou z pohledu bezpečnosti jsou kotoučové brzdy, které se uplatní zejména při sjezdech. Handbiky určené do terénu jsou na obr. 8 až 13 a na obrázku 15. Za zmínku ještě stojí speciálně upravený handbike, nebo spíše beach bike do písku nebo do sněhu (obr. 16). Tento typ vozíku se vyznačuje velmi širokými koly.



Obrázek 15 Terénní handbike



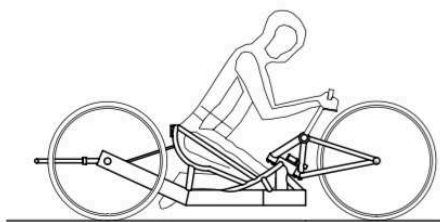
Obrázek 16 Beach bike [24]

5.1.4 Podle účelu

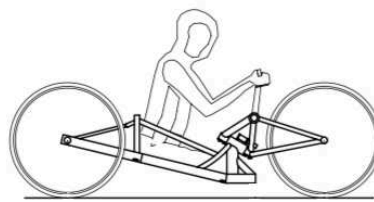
Podle účelu lze rozlišit handbike závodní a rekreační. Závodní handbike může být svým typem silniční i terénní. Mezi závodní „silničky“ patří například zmíněný Carbonbike (obr. 14). Ať už je ale vozík určený na silnici nebo do terénu, jeho závodní verze má vždy lepší výbavu – kvalitnější brzdy, přesmykač, uložení, lehčí rám nežli verze rekreační. Je ale pravda, že tyto rozdíly jsou zřetelnější spíše u silničních variant.

5.1.5 Podle polohy jezdce

Jízda může probíhat v různých pozicích jezdce (obr. 17). Nejběžnější polohou, kterou uživatel na handbiku může zaujmout je poloha vsedě, v polosedě nebo vleže. Tato poloha se dá upravit sklonem zádové opěrky, která je ve většině případů nastavitelná. Méně obvyklá poloha je vkleče, tzv. „knee seat“ (obr. 18 a 19).



Knee seat - poloha vkleče



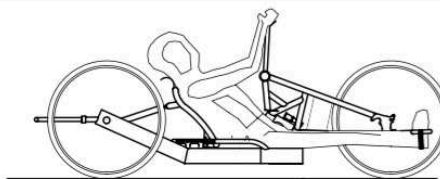
**Poloha u osoby s
amputovanými DK**



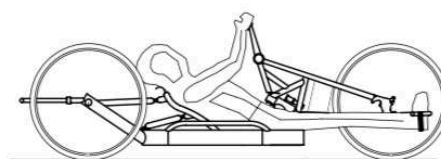
**Poloha vsedě - nízká
zádová opěrka**



**Poloha vsedě - vysoká
zádová opěrka**



**Poloha
v polosedě**



Poloha vleže

Obrázek 17 Druhy poloh při jízdě



Obrázek 18 Handbike od firmy Top End, vyžadující polohu v kleče [19]



Obrázek 19 Top End - handbike vyžadující polohu v kleče [19]

6 Popis jednotlivých komponent

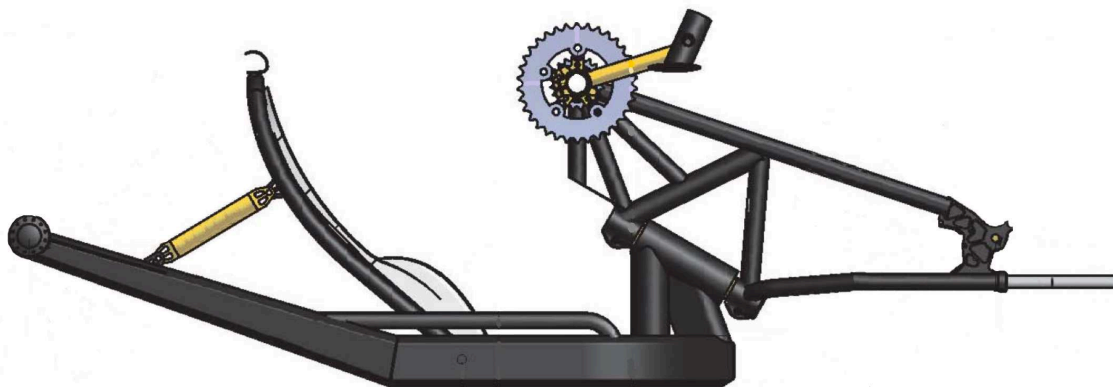
Každý handbike se skládá z následujících komponent:

- Rám
- Vidlice
- Kola
- Sedačka
- Kliky
- Brzdy
- Ozubení
- Přesmykač a přehazovačka
- Některé handbiky mohou být vybaveny navíc přídatným pohonem

6.1 Rám

Rám tvoří dominantní součást handbiku a je základem celé jeho konstrukce (obr. 20). Jedná se o svařenec různých profilů. Tato komponenta není typizovaná, tudíž je její výroba kusová, což se projevuje především na pořizovacích nákladech. K zadní části rámu jsou přichycena kola a vředu je k němu připojena vidlice. Rám musí držet celou váhu osoby a snést rázové zatížení, ke kterému dochází při jízdě po nerovném terénu, proto se jedná o nejvíce zatěžovanou součást.

Použitým materiálem může být buď ocel, slitiny hliníku, titanu nebo karbon. Popřípadě kombinace těchto materiálů. [21]



Obrázek 20 Rám handbiku

6.2 Vidlice

Vidlice je část handbiku, ke které je připojena celá hnací soustava, tedy kliky, ozubení s řetězem a přední kolo (obr. 21). V místě, ve kterém je připojena k rámu je otočná kolem osy tohoto spoje. Ke snížení tření během otáčení je opatřena valivými axiálními nebo radiálními ložisky. Tím je zajištěna změna směru během jízdy. Vidlice může být k rámu připojena buď napevno, to znamená, že tento spoj není rozebíratelný, nebo může být demontovatelná. Výhodou napevno připojených vidlic je vyšší tuhost celé soustavy. Naopak výhodou demontovatelné vidlice je snadnější manipulace během transportu. Také v tomto případě se jedná o svařenec různých profilů. Materiál může být opět ocel, slitina hliníku nebo karbon. Také výroba vidlice je kusová, tvořená na zakázku. K vidlici jsou připojeny polohovatelné úchyty, tzv. podnožky, které podepírají uživatelské nohy.



Obrázek 21 Vidlice handbiku

6.3 Kola

Kola se u handbiku většinou neliší od klasických jízdních kol. Lze je koupit v jakémkoliv obchodě s cyklistickými potřebami. Nejčastější velikost je 26“ nebo 28“ a zahrnují náboj, výplet, ráfek a plášť. U závodních silniček mohou být kola vyrobena z karbonu. Samozřejmě jsou přizpůsobena určenému terénu. Na silnici se používají galusky, které jsou i při defektu schopné dojetí. Do terénu se používají stejné pláště jako u horských kol, popřípadě univerzální trekkingové pláště. Pak ještě existují speciální kola do písku nebo do sněhu (obr. 16).

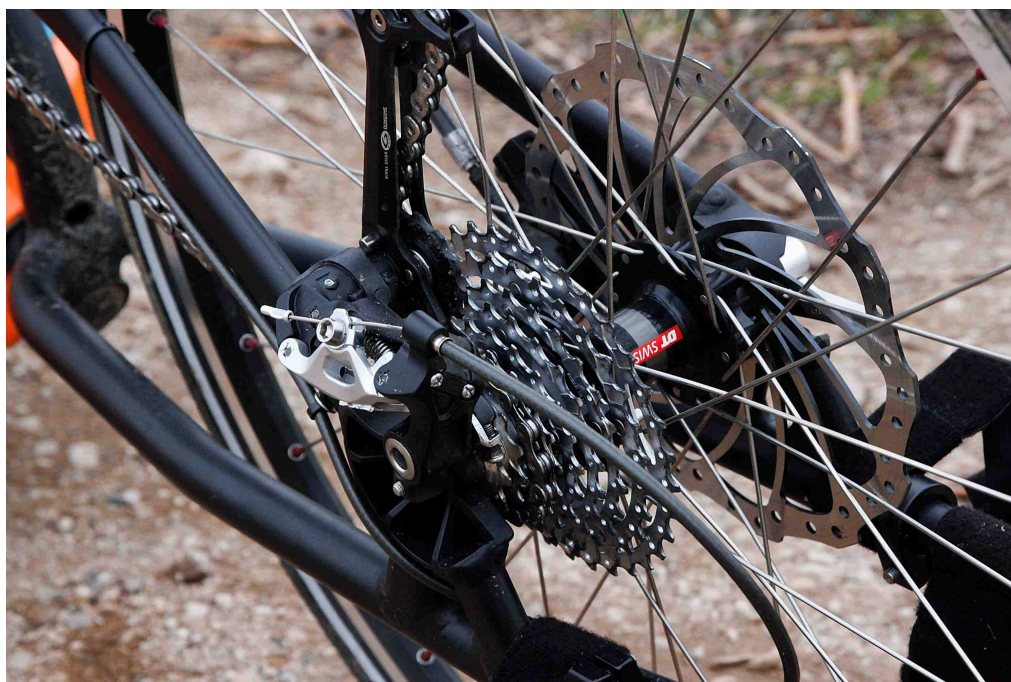
Zadní kola se od předního liší svým nábojem, jehož pomocí jsou kola přichycena k rámu a stejně jako v předním kole jsou v něm obsažena valivá průmyslová ložiska. Přední náboj je opatřen kazetou s pastorkem. Zadní kola jsou opatřena většinou nábojem s vyčnívající osou, která se zasouvá do trubky rámu. Pomocí rychloupínacího mechanismu jsou pak kola zajištěna.

Výplet musí být proveden velmi pečlivě a přesně. Je důležité, aby rovina ráfku byla přesně kolmá na osu náboje v jejím středu. To se provádí správným centrováním. Materiál výpletu je buď ocel nebo hliník. [22]

Ráfky mohou mít různý tvar. Mohou být jednostěnné, dvoustěnné, nízké, vysoké, vyztužené. Čím větší nerovnosti terénu se při jízdě předpokládají, tím pevnější ráfek by měl být použit. Například dvoustěnný.[22]



Obrázek 22 Náboj zadního kola



Obrázek 23 Náboj předního kola s kazetou

6.4 Sedačka

Sedačka musí být hlavně pohodlná, což je zajištěno kopírováním anatomických tvarů (obr. 24). Je důležité, aby byla polohovatelná a tím bylo možné ji přizpůsobit aktuálním potřebám uživatele. Ze všeho nejdůležitější je ale vhodná volba materiálu. Použitím špatných materiálů by mohlo dojít ke vzniku proleženin v místě dlouhodobého kontaktu dané části těla se sedačkou a to v důsledku nedokrvení těchto partií. Proto musí být použitý materiál antidekubitní (proti proleženinám). Pokožka pod ním nesmí být v přílišném útlaku a musí dýchat. Zdravý člověk si mnohdy ani neuvědomuje, jak často mění polohu například když sedí na židli. Tuto možnost však ochrnutí lidé nemají a v důsledku absence cití ani žádný diskomfort nepocítují a to je velmi nebezpečné.

Sedačka může být buď monolitická, tedy vyrobená z jednoho kusu, nebo se může skládat z opěrky a podsedačky. V případě monolitického provedení je její nevýhodou omezená možnost polohování. Opěradlo se v tomto případě nedá sklápět. Většinou je však tento způsob použit tam, kde je poloha jezdce výhradně vleže a nepředpokládá se změna.



Obrázek 24 Sedačka

6.5 Brzdy

U handbiků se používají, stejně jako u klasických kol, buď ráfkové (obr. 26) nebo kotoučové brzdy (obr. 25). Ráfkové brzdy pracují na principu tření gumového špalíku o brzdnu plochu ráfku. Nejčastěji se instalují na silniční vozíky a to dvě na přední kolo. [22]

Kotoučové brzdy mají kotouč spojený s nábojem kola. Pracují na principu kotouče připevněného k náboji a třmene, který je namontován na navářky rámu. Třmen obsahuje pístky a ty tlačí brzdové destičky na kotouč a tím dochází k efektu brzdění třením. S těmito brzdami je možné se setkat především u vozíků MTB opět na předním kole. V některých případech, a jde zejména o zakázkovou výrobu, mohou být tyto brzdy umístěny také na zadních kolech (obr. 8). Kotoučová brzda je k náboji připevněna buď pomocí přírubového spoje, který je častější, nebo pomocí drážkovaného hřídele. [22]



Obrázek 25 Kotoučová brzda



Obrázek 26 Ráfkové brzdy na předním kole

6.6 Kliky

Kliky slouží k přenosu síly vyvinuté rukama. Kromě toho slouží také k určování směru jízdy (obr. 27). Na běžném kole jsou kliky zakončeny pedály, v tomto případě tvoří jejich konec rukojeti, na které jsou připevněny řadící a brzdové páky. Materiálem klik i rukojetí může být hliník nebo karbon. Kliky jednotlivých handbiků se mohou lišit svou délkou, popřípadě roztečí. Délka se pohybuje v rozmezí 150 – 200 mm. Během jízdy uživatel otáčí oběma klikami současně dopředu. Díky tomu je jeho pohyb symetrický, rovnoměrný a nezatěžuje zbytečně jeho horní polovinu těla. Navíc kvalitní ložiskové složení umožňuje minimální ztráty energie a je zárukou lehkého a přesného chodu.



Obrázek 27 Kliky a rukojeti

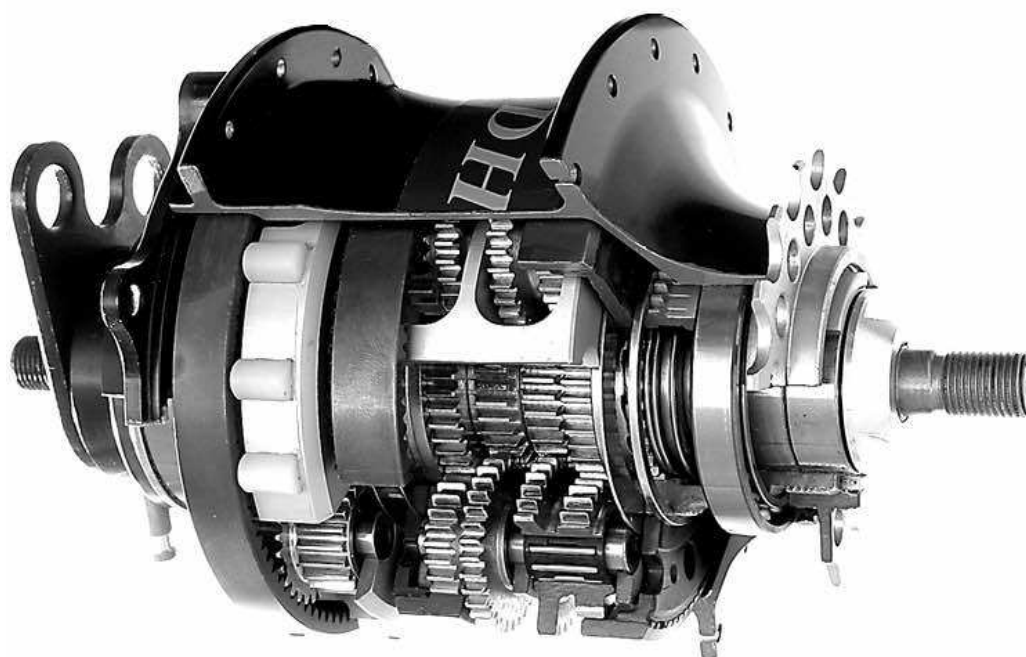
6.7 Ozubení a přesmykač

Kazeta s ozubenými koly patří stejně jako kola a brzdy mezi stavebnicové součásti. Jsou tedy běžně dostupné. Nejčastěji se používá osmikolečko připevněné k náboji předního kola, některé silničky mají koleček devět. Střed je umístěn mezi klikami a sestává ze tří ozubených kol. Na středovou osu jsou nasazena dvě ložiska. Pro přehazování řetězu mezi jednotlivými ozubenými koly slouží přehazovačka a přesmykač. Přesmykač je umístěn na trojřetězovém převodníku mezi klikami a slouží k přesmykování řetězu. Přehazovačka přehazuje řetěz mezi ozubenými koly na pastorku a kompenzuje napjatost řetězu.

U některých kol se místo pastorku používá přehazovačka umístěná uvnitř náboje kola, tzv. planetová převodovka. U jízdních kol je známá jako Rohloff (obr. 28 a 29). S tímto typem vícerychlostního náboje se lze setkat hlavně u terénních handbiků, kdy se uplatní jeho výhoda, jelikož v tomto případě je možné řazení rychlosti i v záběru například při jízdě do mírného kopce.



Obrázek 28 Planetová převodovka Rohloff



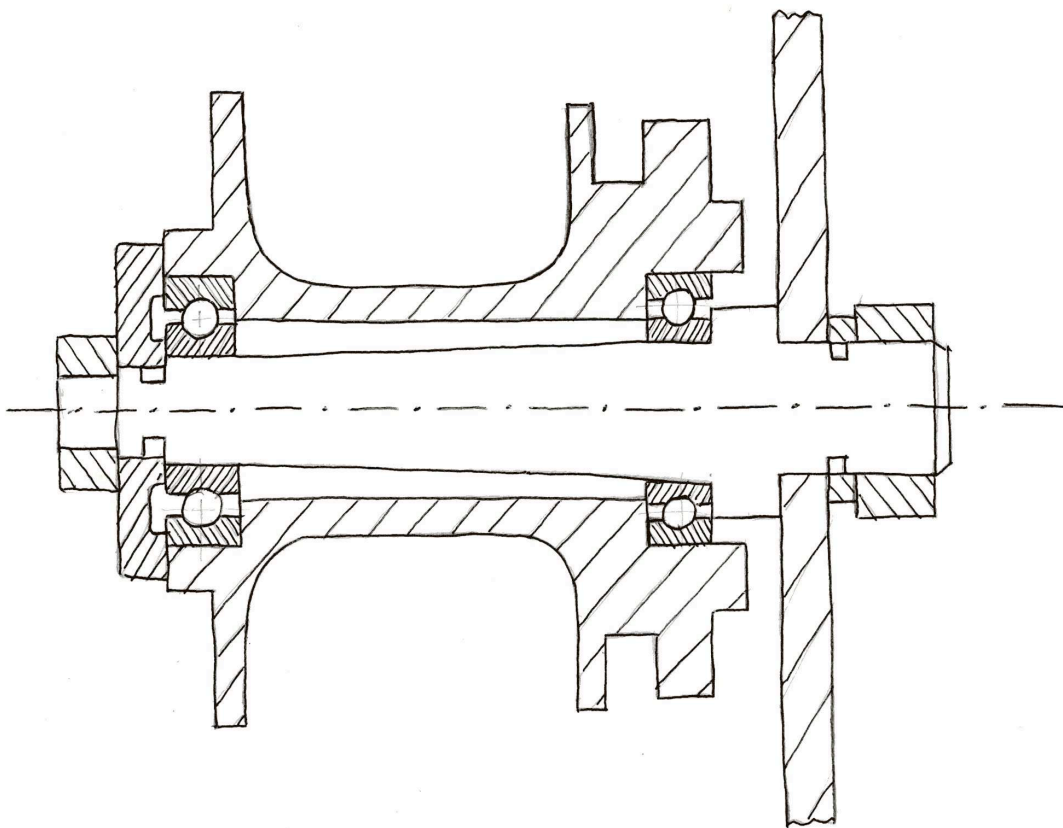
Obrázek 29 Planetová převodovka Rohloff [23]

6.8 Hlavní konstrukční uzly

Mezi hlavní konstrukční uzly patří uložení kol, spojení rámu s vidlicí a uložení sedadla. Kola jsou uložena na valivých kuličkových ložiskách v náboji (obr. 30) a bývají zajištěna rychloupínacím mechanismem. Přední kolo je součástí vidlice, do které je připevněno pomocí středové osy. Zadní kola jsou k rámu připevněna pomocí os, které jsou jejich pevnou součástí. (obr. 22).

Spojení rámu a vidlice může být buď pevné nebo rozebíratelné. V případě rozebíratelného spoje má každý výrobce jiný mechanismus – například zajištění pomocí čepu nebo tvarový spoj. Vidlice může být odebrána z hlavového složení nebo může být z rámu odmontována včetně hlavového složení. Pevné spojení je provedeno například nasazením osy vidlice do krku rámu a zajištěním pomocí šroubů (obr. 31). K zabránění samovolného naklápění vidlice slouží silentbloky (obr. 31).

Sedačka se většinou skládá ze dvou částí – sedák a opěrka. Opěrka bývá polohovatelná tak, že ji lze jednoduše sklopit dle potřeby a v některých případech je také možno ji posunout dopředu nebo dozadu podle potřeby uživatele. Uložení je provedeno pomocí šroubů (obr. 32). Podklad sedáku je ve většině případů vytvořen textilními popruhy, které jsou vzájemně propleteny. Tento způsob zajišťuje dostatečné pružení při jízdě, což mimo jiné také pomáhá předcházet vzniku dekubitů (obr. 33).



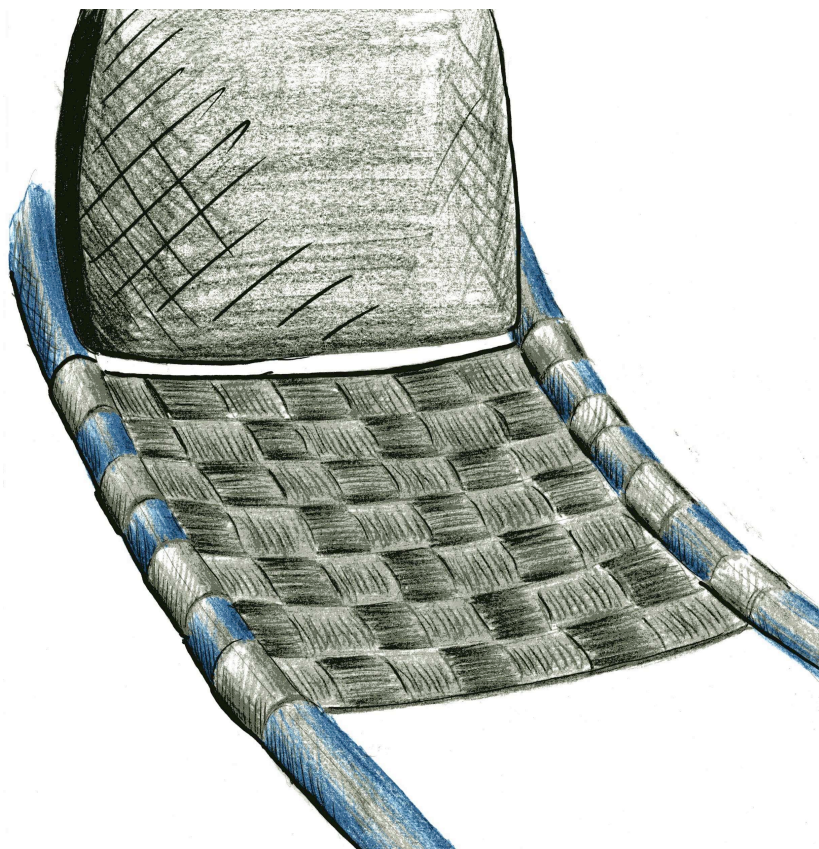
Obrázek 30 Řez nábojem kola



Obrázek 31 Pevné spojení vidlice s rámem uprostřed se silentblokem



Obrázek 32 Uložení opěrky



Obrázek 33 Uložení sedáku – textilní báze

7 Požadavky související s omezenými možnostmi hendikepované osoby

Při navrhování tohoto vozíku je užitečné si představit, jakým způsobem bude osoba tento prostředek využívat. Nejlepší je začít hned od začátku. Aby mohl hendikepovaný jezdec na vozíku jezdit, musí na něj nejprve vylézt nebo lépe řečeno přelézt na něj z invalidního vozíku, na kterém sedí. Důležité tedy je, aby měl možnost se k handbiku náležitě postavit, aby cesta přelézání byla co nejkratší a nejdostupnější a také, aby stabilita obou dopravních prostředků nebyla při tomto úkonu nijak narušena. Přelézání musí být tedy zároveň bezpečné.

Uživatel zaujal místo na handbiku a má za sebou první fázi. Následuje fáze druhá, kdy je třeba zaujmout vhodnou polohu. Poloha musí být pohodlná a zároveň musí umožnit opřít se do klik například při jízdě do kopce. Je třeba brát zřetel na ochrnuté partie postižené osoby, které musí být bezpečně uloženy, popřípadě podepřeny a zafixovány. Například nohy drží speciální polohovatelné podnožky zabudované do vidlice (obr. 34). V případě potřeby je vhodné zafixovat také kolena pomocí popruhu.



Obrázek 34 Fixace nohou [15]

Důležité je, aby rám byl dostatečně široký, aby se nedotýkal boků a sedacích partií osoby. V těchto místech by mohlo dojít k porušení kožní integrity. Materiál sedáku i opěrky by měl být antidekubitní, jelikož vzniklé proleženiny se u ochrnutých osob velmi špatně hojí.

Třetí fáze se týká samotné jízdy. Tato fáze je nejdůležitější z hlediska ergonomie. Při jízdě, kdy jezdec pohybuje rukama v záběru je důležité, aby pohyb byl symetrický, tím jsou více šetřeny záda, ramena a ruce. Brzdové páky a ovládání přehazovačky musí být v dosahu, aby se pro ně uživatel nemusel nikam ohýbat nebo naklánět. Při jízdě z kopce na silnici je možné dosáhnout vysokých rychlostí (u silničních vozítek i více než 70 km/hod), proto je důležité, aby byl vozík v každém případě stabilní, zejména při jízdě do zatáček.

V poslední fázi jezdec přelézá z handbiku zpátky na invalidní vozík. Mít možnost použít „ruční brzdu“ je velmi praktické, spousta handbiků však tuto možnost nemá. Uživatel to pak řeší použitím například pásky na suchý zip, kterou si brzdu stáhne. Přelézání z handbiku na invalidní vozík je mnohem náročnější vzhledem k nutnosti překonání gravitace. Při těchto úkonech je důležité, aby se přelézající osoba o nic neporanila (například o ozubení).

8 Návrh variant

Úkolem této diplomové práce je vytvořit konstrukční návrh tříkolového vozíku typu handbike. Budou proto navrženy tři různé varianty, které se budou lišit svým zaměřením na typ terénu, účel použití a pohon. Při výběru parametrů k jednotlivým variantám bude využita metoda morfologické matice (tab. 1), zahrnující nejrůznější možné vlastnosti, přiřazené k jednotlivým částem tohoto technického produktu.

V této kapitole jsou předvedeny designerské skici těchto tří variant. Po jejich zhodnocení pak bude vybrána jedna varianta, která bude řešena do detailu. Úkolem bude navrhnout dvě možná řešení této varianty.

8.1 Morfologická matice

Parametry		1. silniční	2. terénní	3. rekreační
Celý handbike				
	max. délka	1800 mm	2300 mm	2500 mm
	max. šířka	580 mm	600 mm	900 mm
Váha handbiku		10 kg	30 kg	40 kg
Rám				
	max. délka (včetně vidlice)	1300 mm	1750 mm	1900 mm
	max. šířka	380 mm	400 mm	650 mm
	výška sedáku	100 mm	350 mm	1000 mm
	materiál	ocel	hliník	karbon
	skládací	ne	ano	
Vidlice				
	montáž/demontáž	ano	ne	
	materiál	ocel	hliník	karbon
	uchycení	tvárový spoj	západka	pevné
Kola				
	velikost	24"	26"	28"
	ráfek	vysoký	jednotěnný	dvoustěnný
	materiál	ocel	hliník	karbon
	povrch	silnice	terén	smíšený
Sedačka				
	počet dílů	1	2	více
	podklad	pružný	pevný	
	materiál	antidekubitní - pěna	antidekubitní - gel	antidekubitní - ROHO
	polohovatelnost	podélná/sklápění	výšková/sklápění	kombinace
	uchycení	pomocí šroubů na horizontální liště	pomocí šroubů na vertikální liště	Tvarový posuvný spoj
Kličky				
	materiál	ocel	hliník	karbon
	rozpětí	200 - 300 mm	250 - 500 mm	300 - 500 mm
	délka	150 - 200 mm	150 - 300 mm	/
brzdy				
	umístění	Přední	zadní	jinde
	typ	ráfková	kotoučová	
pohon				
		ruční	elektro - příšlap	elektromotor

Tabulka 1 Morfologická matice

8.2 Vybrané parametry

VYBRANÉ PARAMETRY	VARIANTY		
	Varianta 1 silniční	Varianta 2 terénní	Varianta 3 rekreační
CELÝ HANDBIKE			
• Max. délka	2300 mm	2300 mm	2300 mm
• Max. šířka	900 mm	900 mm	900 mm
VÁHA	10 kg	30 kg	40 kg
RÁM			
• Max. délka včetně vidlice	1750 mm	1750 mm	1750 mm
• Max. Šířka	650 mm	650 mm	650 mm
• Výška sedáku	100 mm	350 mm	1000 mm
• Materiál	Karbon	Hliník	Hliník
• Skládací	Ne	Ano	Ne
VIDLICE			
• Montáž/demontáž	Ne	Ano	Ne
• Materiál	Karbon	Hliník	Hliník
• Uchytení	Tvarový spoj	Tvarový spoj	Pevné
KOLA			
• Velikost	28“	24“	26“
• Ráfek	Vysoký	Dvoustěnný	Jednostěnný
• Materiál	Karbon	Hliník	Ocel
• Povrch	Silnice	Terén	Smíšený
SEDAČKA			
• Počet dílů	2	2	2
• Podklad	Pružný látkový	Pružný látkový	Pevný polstrovaný
• Materiál	Antidekubitní	Antidekubitní	Antidekubitní
• Polohovatelnost	Podélná sklápěcí	Podélná sklápěcí	Výšková sklápěcí
• Uchytení	Pomocí šroubu na horizontální liště	Pomocí šroubu na horizontální liště	Pomocí šroubu na vertikální liště
KLIKY			Klasická říditka
• Materiál	Karbon	Hliník	Hliník
• Rozpětí	250 – 500 mm	250 – 500 mm	300 – 500 mm
• Délka	150 – 200 mm	150 – 200 mm	
BRZDY			
• Umístění	2 přední	1 přední	2 přední
• Typ	Ráfková	Kotoučová	Kotoučová
POHON	Ruční	Ruční	Elektromotor

Tabulka 2 Vybrané parametry jednotlivých variant

Parametry uživatele

Maximální výška: 160 - 200 cm

Maximální váha: 120 kg

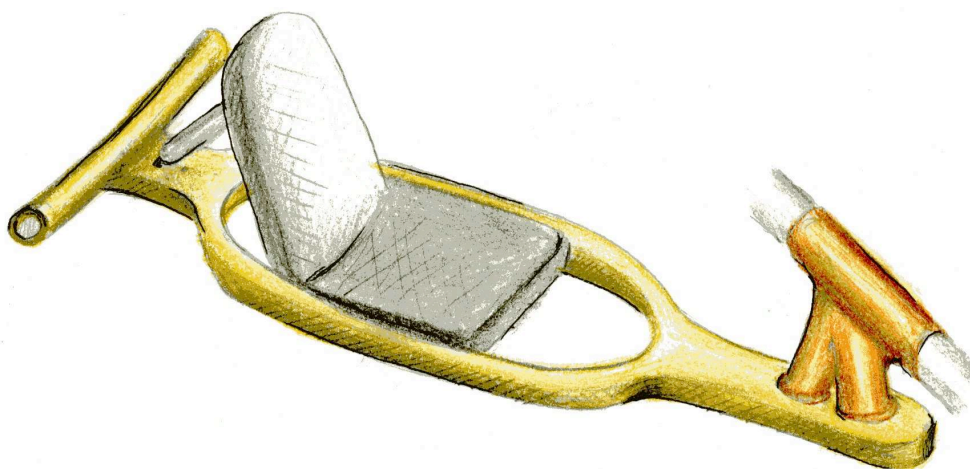
Druh hendikepu: paraplegie/ kvadruplegie v oblasti C7 – C8

8.3 Předběžné návrhy a skici

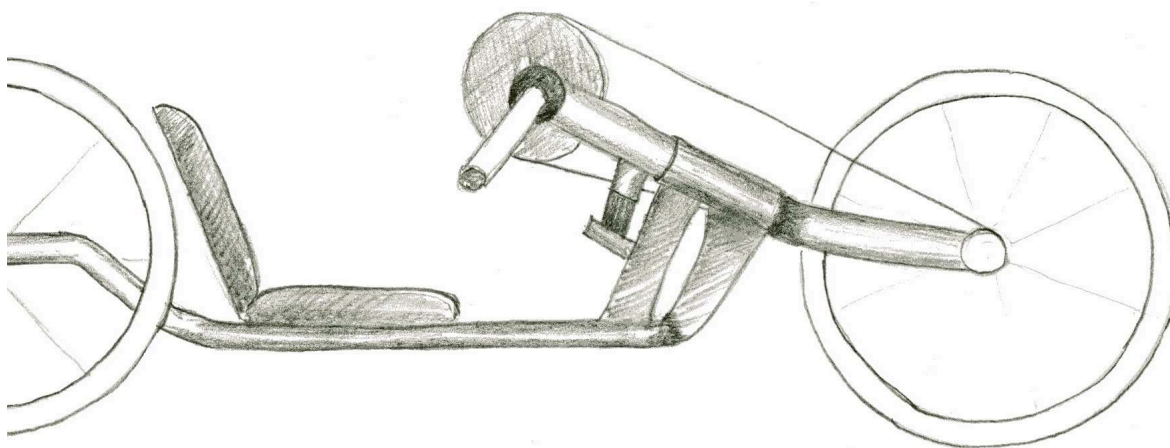
8.3.1 Varianta 1

Na obrázku 35 je znázorněna skica rámu neobvyklého designu, který na první pohled působí kompaktně a jednoduše. Ačkoliv toto konkrétní řešení by nebylo z funkčního hlediska příliš ideální, snahou ale je, aby tyto vlastnosti (kompaktnost a jednoduchost) byly pokud možno zachovány. Návrh na obrázku 36 představuje sportovní závodní handbike určený na silnici. Snahou bylo nakreslit opět co nejjednodušší rozvržení rámu a vidlice.

Vzhledem k použitým materiálům dosahuje váha maximálně 10 kg. Tato varianta je opatřena 28 palcovými koly se dvěma ráfkovými brzdami na předním kole. Samozřejmě je volba řazení vyšší třídy například Shimano Ultegra a použití kvalitních komponent.



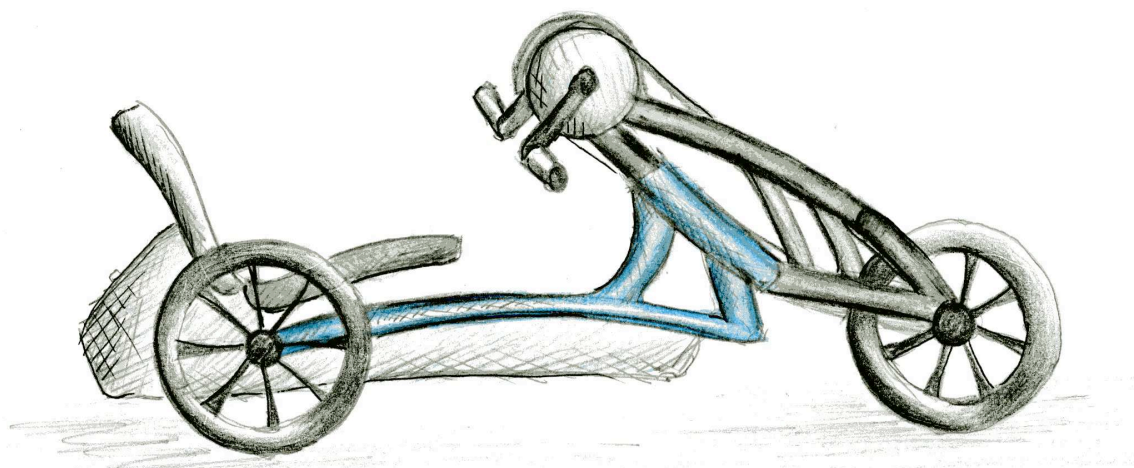
Obrázek 35 Návrh - Rám



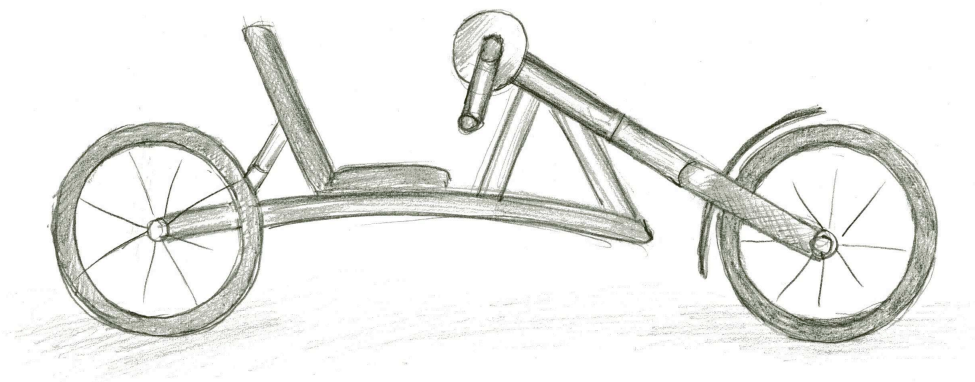
Obrázek 36 Návrh - Spojení rámu s vidlicí u silničního vozíku (varianta 1)

8.3.2 Varianta 2

Další varianta (obr. 37, 38) se od klasického handbiku liší velikostí kol a rámem. Zatímco běžně mají tyto vozíky trubkový rám jdoucí po stranách sedící osoby, tudíž sedačka je připevněna do prostoru mezi těmito trubkami, u této varianty je rám tvořen jedním středovým členem, který se v zadní části rozdvouje. Tyto větve tvoří zadní nápravu a jsou v nich uchycena zadní kola. Pohon je klasicky ruční a do předního kola je nainstalován převodový mechanismus v podobě kazety s osmikolečkem nebo je možné použít vícerychlostní náboj. Vidlice je spojena s rámem pomocí tvarového spoje. Tento vozík má stejnou délku jako sportovní handbike. Velikost kol je 24 palců a přední je opatřeno kotoučovou brzdou. V konstrukčním návrhu takového kola by bylo možné vymyslet skládací mechanismus, popřípadě jednoduchou demontáž vidlice.



Obrázek 37 Návrh - Handbike do terénu na ruční pohon (varianta 2)

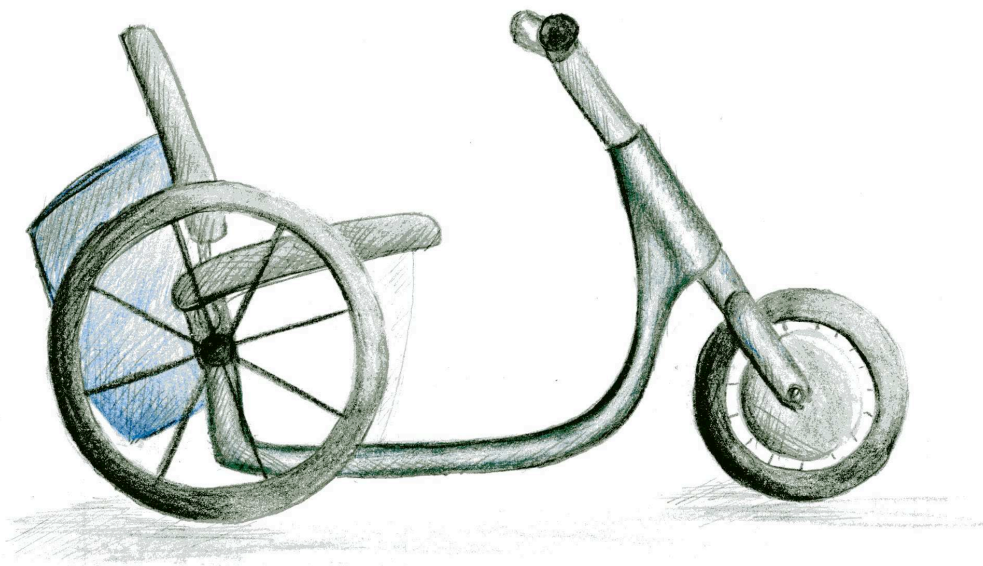


Obrázek 38 Handbike do terénu na ruční pohon - jiná možnost

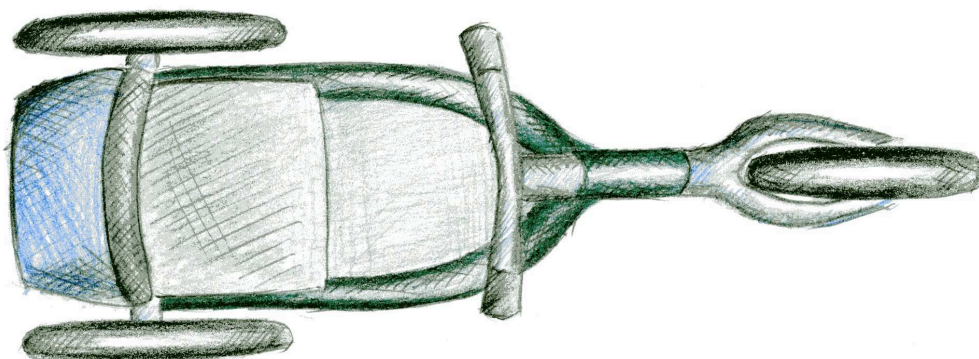
8.3.3 Varianta 3

Návrh na obr. 39 a 40 je neobvyklé konstrukce, díky které na první pohled působí jako invalidní vozík, ale jsou k němu napevno připojena říditka, která tvoří se zbytkem rámu kompaktní celek. Rám je uzavřený a dno vozíku je pokryto plastovou podlahou, na které má uživatel položeny nohy (obr. 40). V prostoru pod sedačkou by mohlo vzniknout místo pro zavazadla, stejně jako za sedačkou. Toto vozítko má v předním kole zabudovaný stejnosměrný bezkartáčový elektromotor s možností rekuperace při brzdění. Jezdec se tedy při jízdě nemusí namáhat. K tomu jsou přizpůsobena také říditka. Baterie by mohla zaujmout rovněž místo pod sedačkou.

Velikost zadních kol je 26 palců a velikost předního kola 20 palců. Samozřejmě je použití kvalitní kotoučové brzdy.



Obrázek 39 Návrh - vozítko s elektromotorem (varianta 3)



Obrázek 40 Návrh - vozítko s elektromotorem - pohled shora

8.4 Vyhodnocení variant

Všechny tři varianty by mohly být svým způsobem zajímavé s poměrně vysokou užitnou hodnotou.

Varianta 1 – silniční handbike (obr. 36) je celokarbonové vozítko určené na silnici. Karbon je velmi lehký, ale zároveň velmi odolný materiál. Uživatel, který si tento materiál zvolí většinou plánuje, že toto vozítko bude využívat čistě pro závodní účely. Ovšem volba tohoto materiálu významně zvyšuje náklady. K docílení vysoké tuhosti navíc není vhodné u této varianty vymýšlet skládání nebo demontáž vidlice.

Varianta 2 je handbike určený do terénu (obr. 37 a 38), nejedná se o závodní prostředek jako u předchozího návrhu, ale spíše o volnočasovou záležitost. Jde o praktické vozítko, pomocí kterého si jezdec může zároveň i kvalitně zasportovat. Povrch - terén, pro který je vozítko určené, rozšiřuje mnohem více pole působnosti.

Varianta 3 – rekreační vozík (obr. 39 a 40) nejméně připomíná vozík typu handbike. Tento návrh by bylo možné daleko efektivněji nahradit přídatným adaptérem, který se připojuje ke klasickým invalidním vozíkům. Je to o mnoho praktičtější i z toho důvodu, že zařízení pak nezabere tolik prostoru.

Po zvážení všech výhod a nevýhod bude tato diplomová práce dále uvažovat pouze variantu 2 - terénní handbike, který je praktický, cenově dostupnější a také osloví největší skupinu uživatel. Vzhledem k tomu, že se dosud nevyrábí skládací handbike, bude při zpracování konstrukčního řešení na tento poznatek brán zřetel a skládání, popřípadě demontáž bude hlavní dominantou konstrukčního návrhu.

9 Konstrukční návrh zvolené varianty

Zvolená varianta je poháněná rukama. Cílovou skupinou jsou všichni průměrně fyzicky zdatní jedinci s postižením paraplegie nebo případně kvadruplegie v oblasti spodní části krční páteře C7 - C8. Hnací soustava bude soustředěna na přední kolo s využitím kazety s osmikolečkem. Mezi klikami bude umístěn troj převodník. Budou vytvořeny dva způsoby řešení. První řešení bude mít pevný rám a odnímatelnou vidlici. Druhý návrh bude mít rám skládací. Cílem obou možností bude usnadnění transportu. Dále bude snahou využití co největšího počtu stavebnicových prvků pro snížení nákladů. Mezi tyto prvky se řadí kola, ozubení, řetěz, přesmykač, přehazovačka, brzdy, řadící a brzdící páčky, ložiska a blatník.

9.1 Základní výpočty

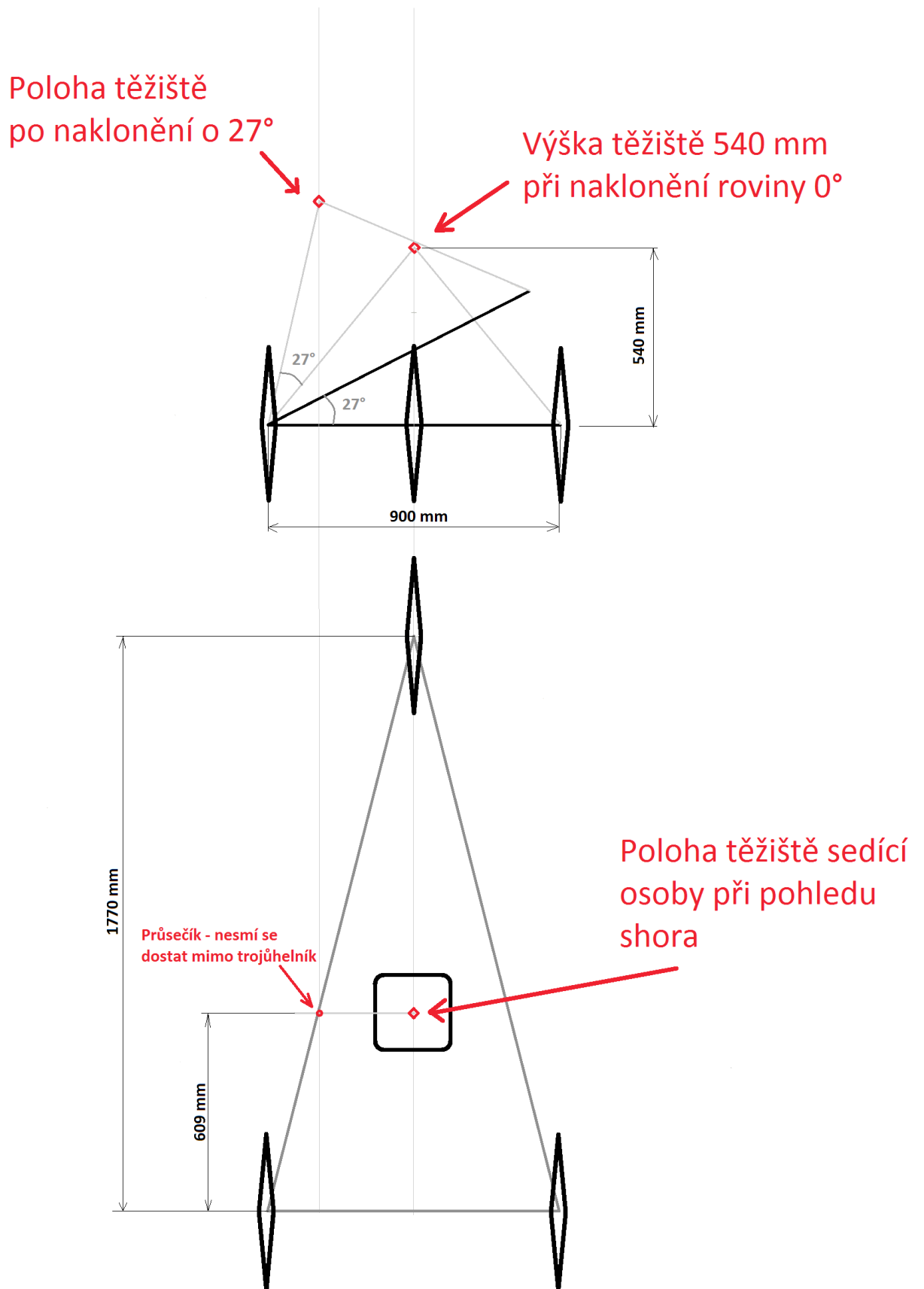
Před realizací konstrukčního řešení je vhodné provést několik základních výpočtů. Například určení těžiště, určení velikosti děr na povrchu tak, aby nedošlo k zapadnutí nebo určení svislé překážky. V případě překonávání brodu je snahou pokud možno zabránit během brodění vniknutí vody do ložisek náboje kola a do hnací soustavy předního kola, aby nedocházelo ke korozi těchto součástí. Pokud jde o osobu na vozíku sedící, pak jeho výška začíná na cca 35 cm, to znamená, že na tento rozměr by měl být při brodění také brán zřetel.

9.1.1 Určení těžiště

Koncepční uspořádání navrhovaného vozíku bude jedno kolo vpředu a dvě kola vzadu. Když pomyslnými čarami spojíme místa, kde se kola dotýkají vozovky, vznikne trojúhelník. Tento trojúhelník poslouží při určování těžiště. Aby při jízdě po nakloněné rovině nedošlo k narušení stability, bude poloha tohoto těžiště využita k výpočtu maximálního dovoleného úhlu stranového naklonění.

Výpočet je možné provést graficky, kdy se na základě úhlu nakloněné roviny provede pomyslná vertikála od bodu, který označuje výšku těžiště sedícího uživatele, kolmo k zemi (obr. 41). Tato čára se po protnutí s pomyslnou horizontálou jdoucí od tohoto těžiště při pohledu shora nesmí dostat mimo trojúhelník naznačený na obr. 41, který spojuje při tomto pohledu všechna tři kola. Jedině v tomto případě bude zajištěna dostatečná stabilita vozíku při jízdě po nakloněné rovině. Při pohledu na toto grafické vyjádření je tedy zřejmé, že určení těžiště tak, aby stabilita byla zachována je závislé na velikosti rozvoru a rozchodu kol. [26]

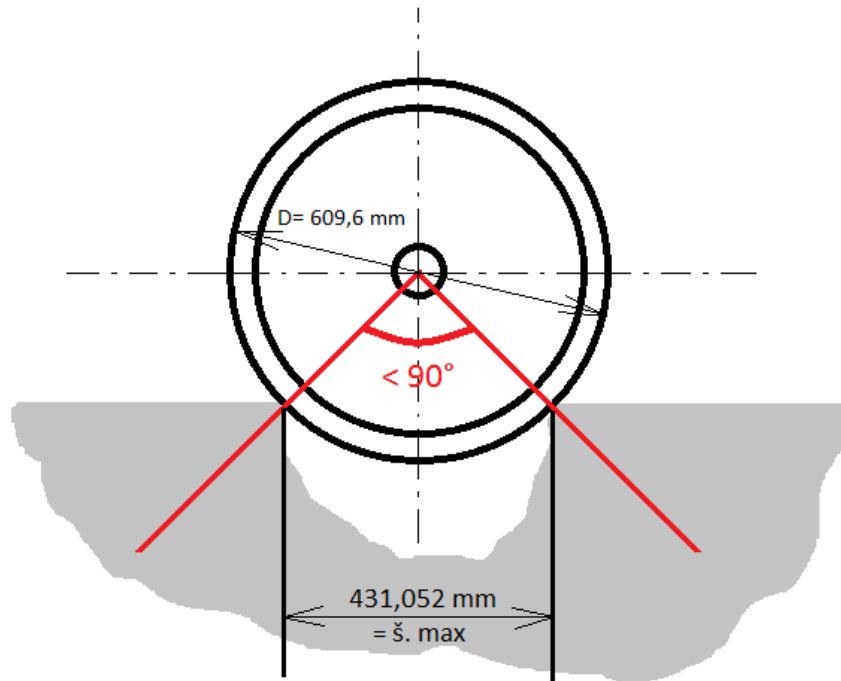
Na obrázku 41 je znázorněno zjednodušené schéma vozítka. Podle zadaných rozměrů jsou zadní kola svými středy od sebe vzdálena 900 mm. Vzdálenost mezi osami předního kola a zadních kol je 1770 mm. Důležitá je také poloha sedadla, která je od zadní osy posunuta o 609 mm. Při uvažování nadprůměrné výšky trupu osoby odhadneme výšku těžiště 540 mm. Tato hodnota tvoří bod, od kterého bude po naklonění roviny vedena kolmice směrem k zemi. Tato kolmice tedy musí procházet zmíněným trojúhelníkem v úrovni těžiště sedačky, v žádném případě mimo trojúhelník. Tento způsob je možné provést také opačně, provedením kolmice od země, která je ještě zahrnuta v trojúhelníku. Takto snáze získáme maximální hodnotu úhlu naklonění roviny. Po provedení tohoto postupu je maximální úhel naklonění roviny 27°.



Obrázek 41 Grafická metoda určování těžiště

9.1.2 Určení velikosti díry na povrchu

Maximální velikost díry musí být taková, aby nedošlo k zapadnutí jezdce. Při vytvoření spojnice hran díry se středem kola vznikne od tohoto středu vrcholový úhel. Pokud bude tento úhel menší než 90° , k zapadnutí nedojde (obr. 42). To znamená, že při velikosti kola 24 palců (≈ 610 mm) je maximální možná velikost díry 431 mm. K tomuto výsledku je možné dospět jednoduše použitím Pythagorovy věty. [26]



Obrázek 42 Velikost díry při jejím přejezdu

$$\text{š}_{\max} = \sqrt{r^2 + r^2} = \sqrt{2r^2} = \sqrt{2 \cdot 304,8^2} = 431,052 \text{ mm}$$

9.1.3 Určení svislé překážky

Při překonávání svislé bariéry, například schodu, nesmí úhel mezi bodem, ve kterém se kolo dotýká země a vrcholem překážky překročit hodnotu 30° (Obr. 43). Díky tomu vznikne při spojení těchto dvou bodů se středem kola pomyslný rovnostranný trojúhelník. Z toho plyne, že všechny tři strany jsou stejně dlouhé a všechny tři úhly stejně velké. [26]

Lze tedy psát:

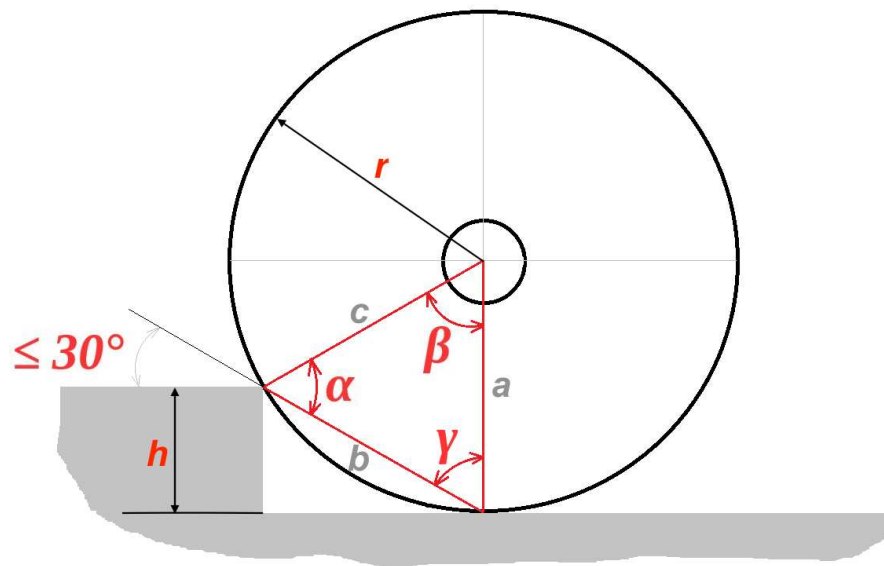
$$\alpha = \beta = \gamma = 60^\circ$$

$$a = b = c = r = 304,8 \text{ mm}$$

Výšku překážky pak lze určit:

$$h = r \cdot \sin(30)$$

$$h = 304,8 \cdot \sin(30) = 152,4 \text{ mm}$$

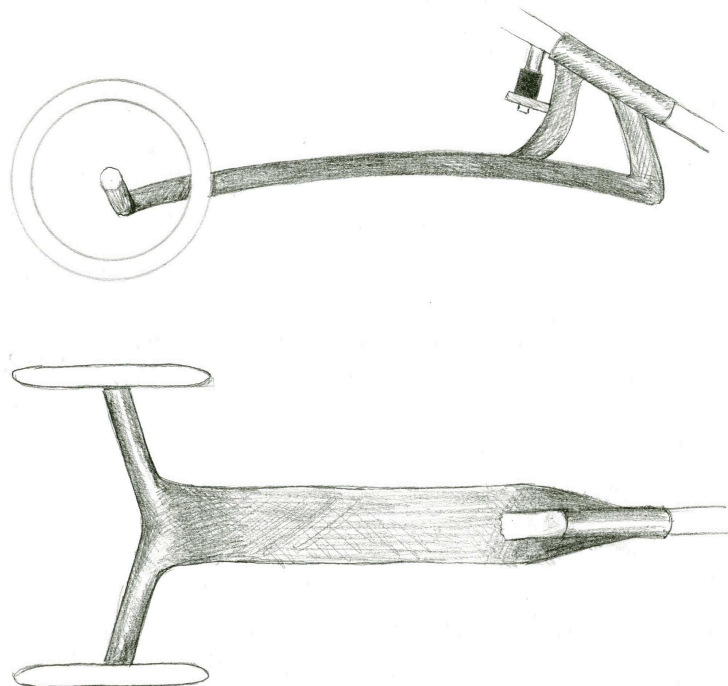


Obrázek 43 Překonávání svislé překážky

9.2 Řešení 1 – handbike s odnímatelnou vidlicí

9.2.1 Konstrukční návrh rámu

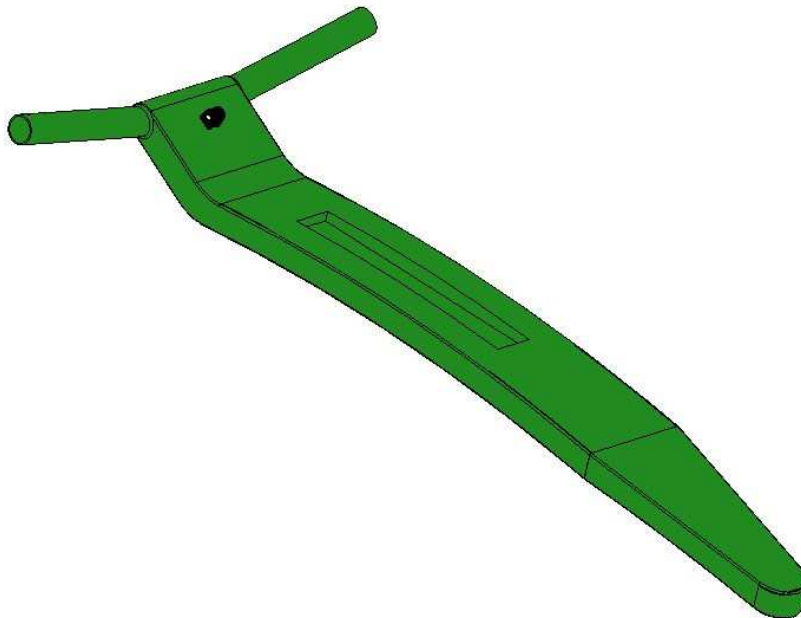
Rám představuje hlavní nosný prvek celého vozítka. Je tedy důležité, aby jeho tuhost byla dostatečná. Zároveň je snahou, aby jeho konstrukční řešení bylo jednoduché. Předběžné skici jsou demonstrovány na obrázku 44.



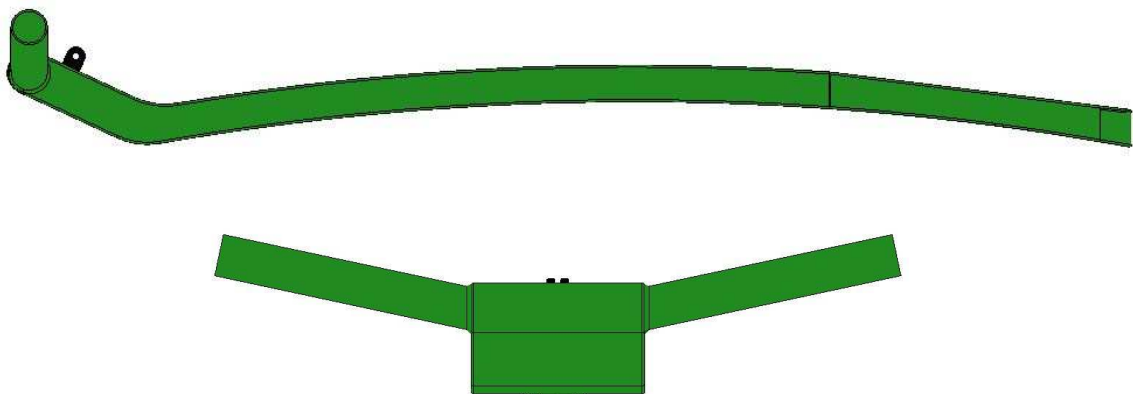
Obrázek 44 Návrh rámu

3D model základního rámu potom tvoří dvě části (rám a zadní nápravu), které jsou k sobě přivařené (obr. 45 až 46). Osy trubek, tvořící zadní nápravu, jsou od středové osy zadní části rámu vychýlené o 12° . Toto vychýlení zajišťuje naklopení zadních kol pro zvýšení stability a bezpečnosti při jízdě. Provedení rámu má celkově kompaktní a jednoduchý design, nicméně s poměrně náročnou výrobní technologií. Tato část bude tedy celkem finančně náročná. Tloušťka stěny rámu je 5 mm a použitý materiál je hliníková slitina, která je při zvážení poměru cena-výkon nejlepší volbou.

Možnost použití technologického postupu hydroforming, při kterém probíhá tváření horkým olejem pod tlakem ve formě, umožňuje dosažení libovolného tvaru. Dalším důležitým bodem technologie je povrchová úprava, která musí zajistit odolnost vůči mechanickému a chemickému zatížení, ale také vůči účinkům slunečního záření. Nejčastější povrchovou úpravou hliníku je eloxování (anodická oxidace). Jedná se o elektrolytický proces, který vede k vytvoření ochranné oxidové vrstvy. To zvyšuje korozní odolnost, tvrdost a otěruvzdornost. [28]



Obrázek 45 Rám se zadní nápravou



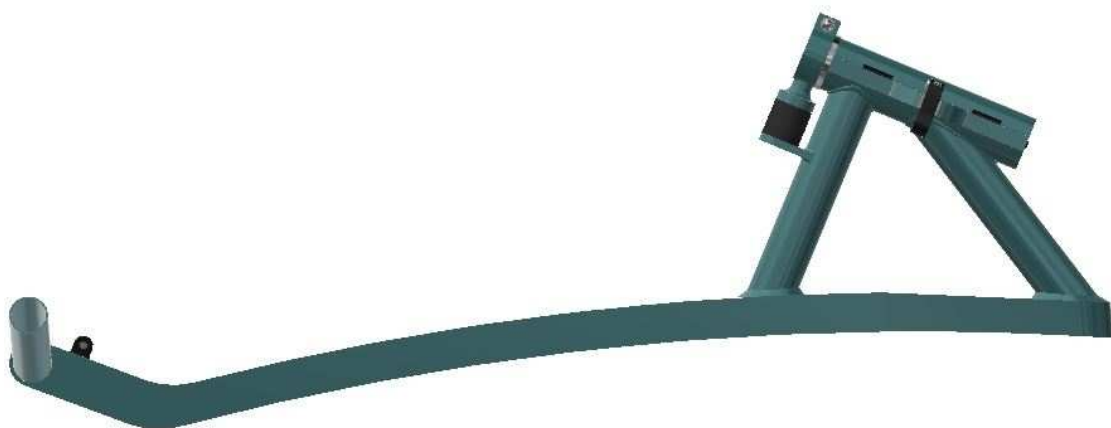
Obrázek 46 Rám se zadní nápravou - bočný a zadní pohled

9.2.2 Krk pro uchycení vidlice

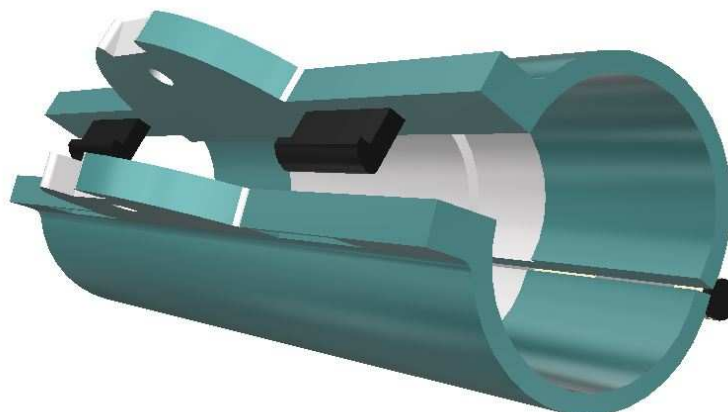
Další součástí rámu, která je k němu rovněž přivařena je člen, jehož úkolem je držení vidlice v požadované poloze. Je tvořen dvěma nosnými trubkami na spodní části přivařenými k rámu a v horní části svařenými s hlavní trubkou - krkem, do které se zasouvá vidlice (obr. 47 a 48). Osy všech tří trubek jsou v centrální rovině mimoběžné. To zajišťuje dostatečný vzájemný vzpěr při držení vidlice. Vidlice je odnímatelná díky hlavní trubce, kterou je možno podélně otevřít (obrázek 49). K takovému řešení byl použit pant na jedné straně se společnou spojovací osou. Na druhé straně jsou pak vytvořeny západky jdoucí z profilu pevné poloviny, které při uzavření obvodu trubky zapadnou do vytvořených otvorů druhé pohyblivé poloviny. Jelikož tento spoj by z pevnostního hlediska nebyl dostačující, je navíc zajištěn ještě rychloupínacím systémem upevňujícím půlkruhový tvarový spoj. Součástí nosné trubky je navárek pro uchycení silentbloku, který zabraňuje samovolnému stáčení vidlice (obr. 47). Vnitřek krku obsahuje drážky, do kterých zapadá pouzdro s ložisky.



Obrázek 47 Modul pro přichycení vidlice



Obrázek 48 Modul pro přichycení vidlice s rámem



Obrázek 49 Krk rámu pro umístění vidlice

9.2.3 Vidlice

Vidlice (obr. 50) má jednoduchý design, v provozním stavu připomíná spíše vidlici klasického jízdního kola. Nicméně je opatřena třemi náboji s jedním axiálním kuličkovým ložiskem a dvěma radiálními jehlovými ložisky a to z důvodu zatížení příliš naklonené hlavní osy vidlice, která nese velké břemeno. Při demontáži vidlice z krku je spolu s ní odebráno také hlavové složení, ozubení s řetězem a převodníky a přední kolo včetně hydraulické kotoučové brzdy. Tedy všechny součásti napevno s vidlicí spojené. Demontáž je snadná a rychlá.

Jehlová ložiska jsou u demontované vidlice uložena v pouzdře, které je následně uchyceno do drážek krku. Horní a spodní část pouzdra je překryta těsněním, čímž jsou ložiska chráněna před vniknutím prachu a nečistot. Axiální ložiska jsou upevněna v náboji, který leží na rozšířeném segmentu v oblasti spodní části vidlice.

V případě nutnosti výměny ložisek je vidlice rozdělena na dvě části, které do sebe zapadají a proti jejich vzájemné rotaci v ose je opatřena drážkovým tvarovým spojem, který navíc zajišťuje správnou polohu hnacího ústrojí vůči přednímu kolu. K fixaci obou těchto částí slouží šroubové spojení silentbloku. Při výměně ložisek se pak tyto dva segmenty od sebe oddělí a ložiska lze jednoduše vysunout po spodní trubce vidlice.

Použitým materiálem pro vidlici je hliníková slitina - dural, který zajišťuje dostatečnou pevnost, ale zároveň je mnohem lehčí než ocel.



Obrázek 50 Sestava vidlice - detail vrstev

9.2.4 Hnací soustava

Hnací soustava (obr. 51) je soustředěna do osy trubky příčně navařené na horní profil vidlice. Uvnitř jsou uložena dvě radiální kuličková ložiska. Součástí hnací soustavy jsou kliky a ručky, mezi které jsou rovněž vloženy ložiskové náboje s radiálními kuličkovými ložisky. Obě kliky s ručkami se při jízdě pohybují stejným směrem, vzniká tedy symetrický pohyb těchto součástí. Délka klik je 200 mm a od hnacího středu směřují šikmo do stran. Tím vzniká rozpětí mezi oběma ručkami 350 mm. Na ručkách je vytvořena menší hřídelka pro upnutí brzdových a převodových pák. Brzdová páka je k ručce přichycena tak, aby jí mohl uživatel při použití stisknout všemi čtyřmi prsty, nikoli palcem.

Hnací soustava přenáší točivý moment na přední kolo pomocí řetězu, jak je to běžné u klasických jízdnicích kol. Stejně tak mechanismus volby rychlostí se od klasických kol neliší.



Obrázek 51 Hnací soustava

9.2.5 Sedačka

Sedačka se skládá ze tří částí. Patří mezi ně sedací základ, opěrka a podsedák (obr. 52). Mezi opěrkou a sedacím základem je klasický otočný pant, to umožňuje sklápění opěrky. Fixace její polohy je provedena pomocí dvou teleskopických trubek mezi opěrkou a zadní částí rámu (obr. 53). K upevnění polohy pak slouží rychloupínací systém. Opěrka má anatomické křivky, které kopírují přirozený tvar páteře. Sedačka je k rámu přichycena čtyřmi šrouby se šestihlannou hlavou o velikosti M8x40. Základ tedy není pružný a proto je kladen větší důraz na kvalitnější antidekubitní materiál podsedáku. Dobrou volbou v tomto případě bude ROHO (podsedák se vzduchovými bublinami). Sedačka umožňuje několik stupňů podélného nastavení podle děr se závitem, které jsou v rámu připravené.



Obrázek 52 Sedačka



Obrázek 53 Polohovací systém opěrky

9.2.6 Fixace nohou

Pro jezdce na handbiku je důležité, aby jeho nohy měly své místo. Obzvláště, je-li jezdec ochrnutý. Nohy obvykle bývají uloženy podélně po stranách vozítka a končí v úrovni předního kola. V tomto místě musí být vytvořena fixační pomůcka, ve které jsou uložena chodidla. Ideální je, jsou-li nohy narovnané v kolenou. V případě pokrčených nohou musí být navíc staženy popruhem.

Je důležité, aby pozice nohou kopírovala pohyb kola, aby nedocházelo k zamotání chodidla mezi loukotě během jízdy při zatáčení, proto je nutné, aby tato fixace byla pevnou součástí vidlice.

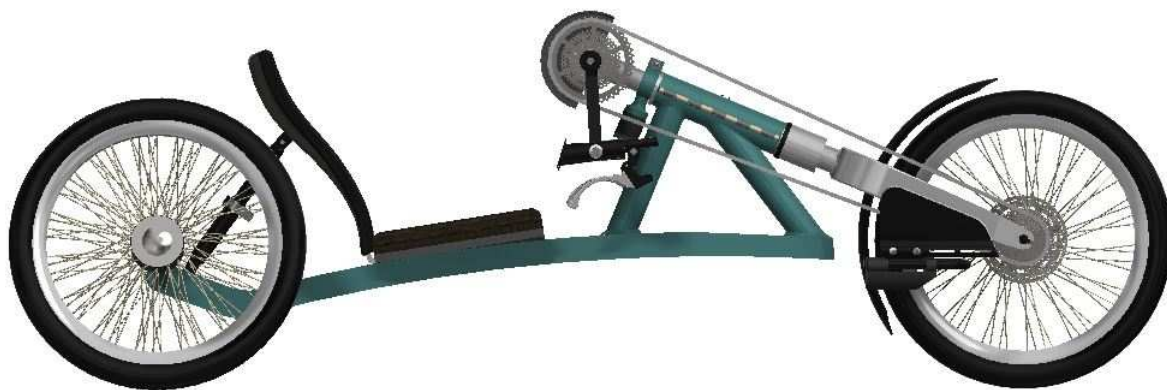
Pro tento účel byla vytvořena součást ve tvaru ploché desky, která je navařena na postranní plochu vidlice (obr. 50) a na opačné straně končí tvarovým spojem, v němž je uchycen držák pro chodidla (obr. 54). Díky tomuto tvarovému spoji je možné držák podélně posunout a přizpůsobit ho tak jezdcovi. Styčná plocha pro chodidla je tvořena měkkým pružným materiálem, například neoprenem.



Obrázek 54 Fixace nohou

9.2.7 Kompletní sestava

Sestavení prvního návrhu je patrné na obrázku 55. Je vhodné dodat, že hnací soustava je opatřena karbonovým krytím, což snižuje možnost poranění o ozubená kola, zejména při přelézání nebo manipulaci. Dále v přední vidlici je pomocí rozpěrného kroužku namontován blatník a tak při jízdě za deště jezdec nebude zablácen jak to mnohdy v těchto případech bývá.



Obrázek 55 Kompletní sestava - varianta 1

9.3 Řešení 2 – handbike se skládacím rámem

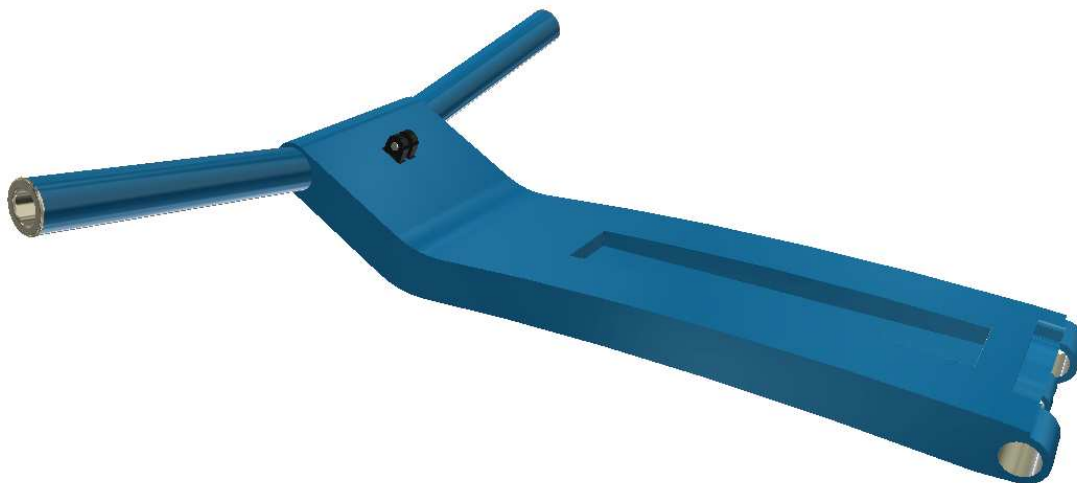
Druhé řešení se od prvního příliš neliší. Jsou zde použity stejné díly a součástky. Významný rozdíl od předchozího návrhu spočívá v rámu a ve vidlici. Jak již bylo naznačeno na začátku předchozí kapitoly, tato varianta sice postrádá odnímatelnou vidlici, navzdory tomu však disponuje skládacím rámem. V této kapitole bude tedy popsán pouze rám a vidlice (obr. 56 a 57).

Rám je rozdělen na dvě části, které jsou navzájem spojeny dvěma hlavními čepy. Čepy tvoří z vnější strany rámu hlavu a z vnitřní strany jsou zajištěny pojistnými kroužky zasazenými do drážky čepu (obr. 58). Části rámu lze rozdělit na pevnou a pohyblivou. Pevná část zahrnuje sedací prvek a zadní kola a pohyblivá část přední vidlici.

V případě jízdy je nutné rám zafixovat do provozního stavu. K tomu byl využit rychloupínací čep, který je vsazený do tvarového spoje v podobě půlkruhu (podobně jako je tomu u otevíracího krku v předchozí variantě) (obr. 59). Tvarový spoj je vytvořen na horní straně rámu, což umožňuje lepší přístup k tomuto zajišťovacímu prvku.

Povolením rychloupínacího čepu lze handbike přibližně v jeho polovině „zlomit“. Tím dosáhneme přijatelnějších rozměrů pro snazší uskladnění například do kufru automobilu. V případě potřeby je možné sklopit sedačku a také podnožky. Ve chvíli, kdy je z tvarového spoje rychloupínací čep vysunut a handbike složen, ho lze snadno tlačit, případně táhnout po zadních kolech. Díry se závitem k rychloupínacímu čepu jsou v tomto případě využity pro nasazení madla (obr. 60). Tím je transport vozítka pohodlnější. Kompletní sestava druhé varianty je demonstrována na obr. 61 a na obr. 62 potom ve složeném stavu.

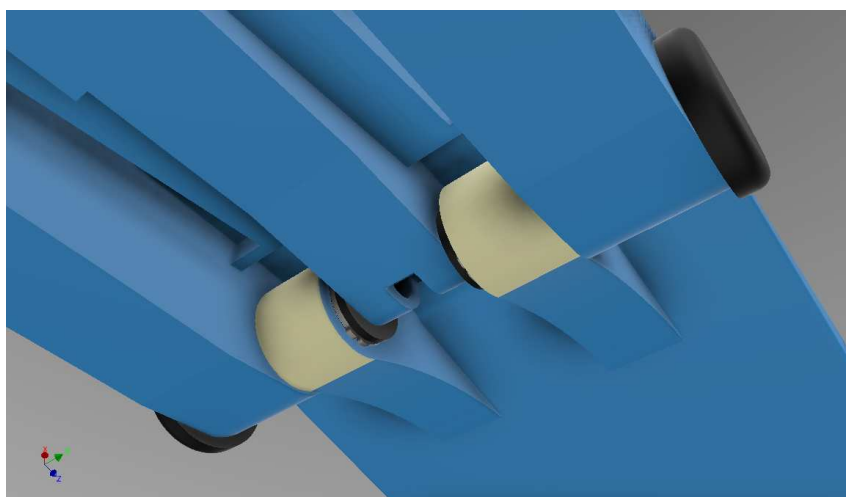
Vidlice se od předchozího řešení liší zejména umístěním ložisek. Ložiska jsou v tomto případě součástí rámu a jsou umístěna ve vybráních krku držícího vidlici a to na jeho začátku a na konci. Spodní okraj krku se pak opírá o axiální ložiska podobně jako v předchozím návrhu. I v tomto případě je vidlice rozdělena na dva do sebe zapadající segmenty z důvodu možnosti výměny ložisek.



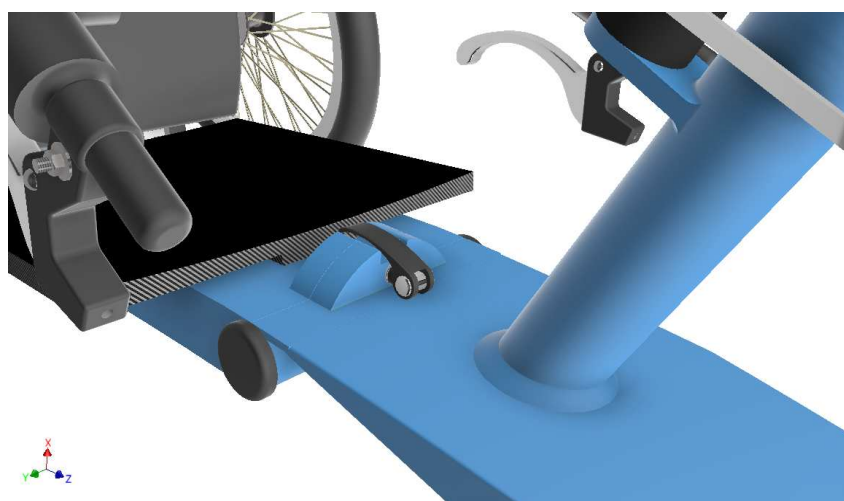
Obrázek 56 Pevná část rámu



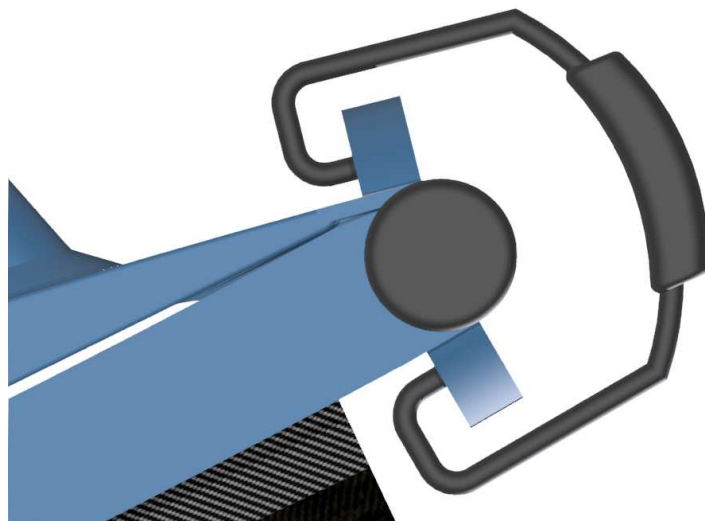
Obrázek 57 Pohyblivá část rámu



Obrázek 58 Zajištění hlavních spojovacích čepů rámu



Obrázek 59 Tvarový spoj s rychloupínacím čepem



Obrázek 60 Madlo



Obrázek 61 Varianta 2 - kompletní sestava



Obrázek 62 Varianta 2 - Sestava handbiku ve složeném stavu

10 Pevnostní analýza

Při pevnostní analýze bude použita metoda konečných prvků s využitím výpočetního systému Ansys. Pozornost bude zaměřena především na rám a vidlici, kde je zatěžování jednoznačně nejvýraznější. Cílem této metody tedy bude zjistit pevnost obou součástí při zatížení osobou vážící 120 kg. Výsledkem pak bude rozložení vnitřního napětí, čímž bude možné získat důležité informace o tom, do jaké míry tyto prvky pevnostně vyhovují.

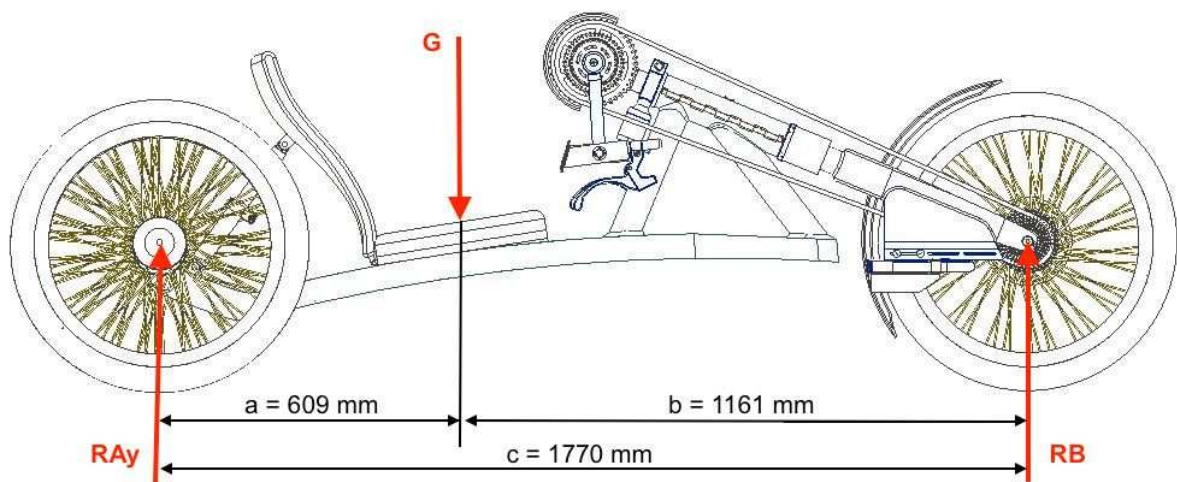
V příloze č. 3 jsou naznačeny hmotnostní podíly jednotlivých částí lidského těla vůči celkové hmotnosti, jelikož váha těla se na vozíku určitým způsobem rozloží. To je možné použít pro zpřesnění výpočtu. U takto tělesně postižených osob však nemusí hmotnostní podíly zcela odpovídat, vzhledem k tomu, že u ochrnutého člověka jsou dolní končetiny vlivem svalové atrofie lehčí a naopak horní polovina těla vlivem kompenzace spodní postižené části těžší než u chodících jedinců. Při analýze bude proto tento aspekt zanedbán a celá váha těla bude koncentrována pouze do těžiště sedadla. Takový postup bude sice méně výhodný, ale bude znamenat větší jistotu v případě kladného výsledku pevnostní kontroly.

10.1 Rozložení sil a reakcí ve vazbách

Handbike si lze představit jako nosník na dvou podporách s tím, že reakce působící v zadní podpoře bude rozložena na dvě kola. Pro výpočet všech reakcí ve vazbách bude tato úloha rozdělena na dvě části. Nejprve budou určeny reakce ve všech kolech. V případě zadních kol bude uvažováno také jejich naklonění. Druhá část se potom bude zabývat zjišťováním reakcí v uložení vidlice. Jelikož parametry v obou případech řešení jsou rozdílné, budou vytvořeny výpočty dva.

10.1.1 Rozložení sil v případě řešení 1

10.1.1.1 Reakce v uložení kol



Obrázek 63 Reakce v uložení kol - řešení 1

Hlavní reakce v kolech:

$$G = m \cdot g = 120 \cdot 9,81 = \mathbf{1177,2 \text{ N}}$$

$$\sum F_{iy} = 0 \Rightarrow R_{Ay} + R_B - G = 0$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow G \cdot a - R_B \cdot (a + b) = 0$$

$$R_B = \frac{G \cdot a}{(a + b)} = \frac{1177,2 \cdot 609}{609 + 1161} \doteq \mathbf{405 \text{ N}}$$

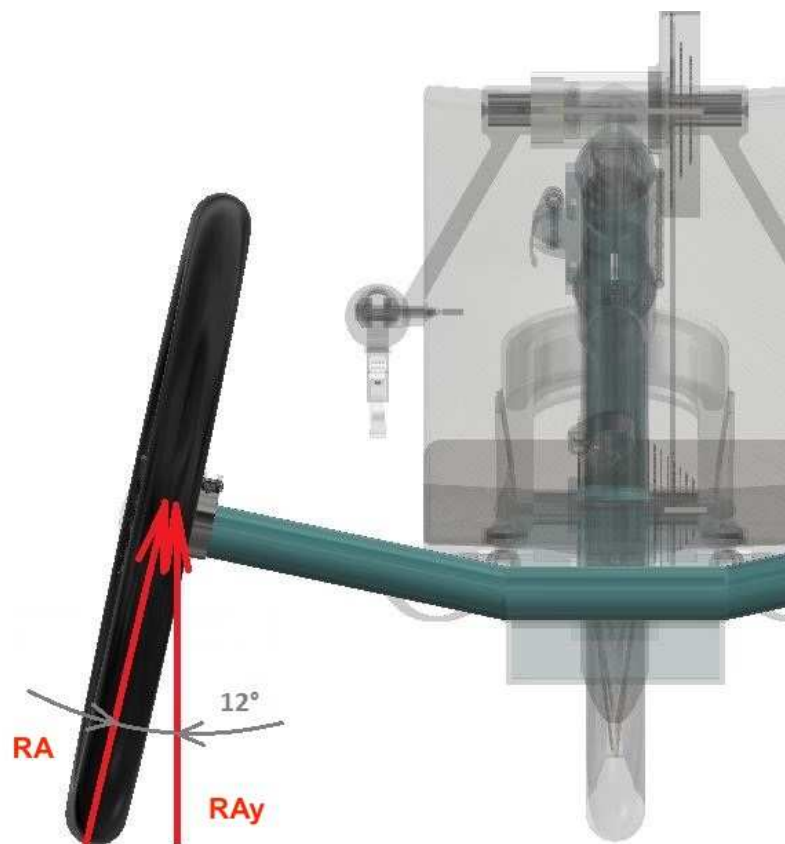
$$\Rightarrow R_{Ay} = G - R_B = 1177,2 - 405 = \mathbf{772,2 \text{ N}}$$

Uvažování naklonění zadních kol (obr. 63):

$$\cos \varphi = \frac{R_{Ay}}{2 \cdot R_A} \Rightarrow \frac{R_A}{2} = \frac{R_{Ay}}{2 \cdot \cos \varphi} = \frac{772,2}{2 \cdot \cos(12)} = \mathbf{394,7 \text{ N}}$$

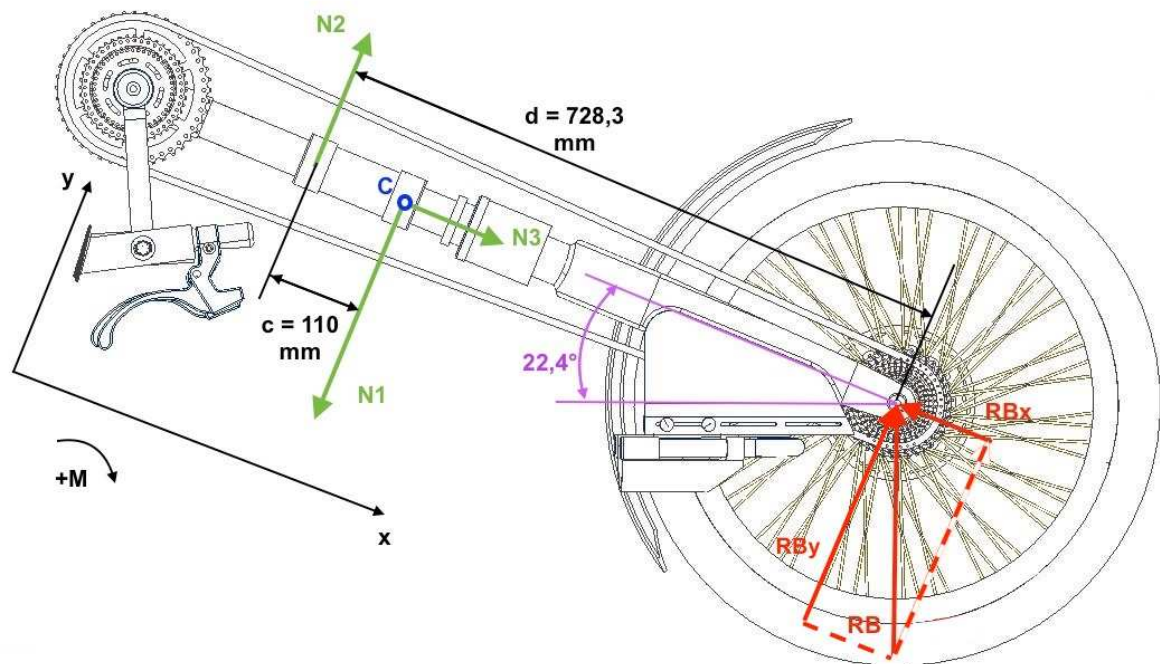
Pro obě zadní kola pak platí:

$$R_A = 394,7 \cdot 2 = \mathbf{789,4 \text{ N}}$$



Obrázek 64 Reakce v uložení kola s uvažováním sklonu

10.1.1.2 Reakce na rám v uložení vidlice



Obrázek 65 Reakce na rám v uložení vidlice - řešení 1

$$RBx = RB \cdot \sin\varphi$$

$$RBx = 405 \cdot \sin(22,4) = \mathbf{154,3\text{ N}}$$

$$RBy = RB \cdot \cos\varphi$$

$$RBy = 405 \cdot \cos(22,4) = \mathbf{374,4\text{ N}}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N3 - RBx = 0$$

$$N3 = RBx = \mathbf{154,3\text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow RBy + N2 - N1 = 0$$

$$\sum M_c = 0 \Rightarrow$$

$$RBy \cdot (d - c) - N2 \cdot c = 0$$

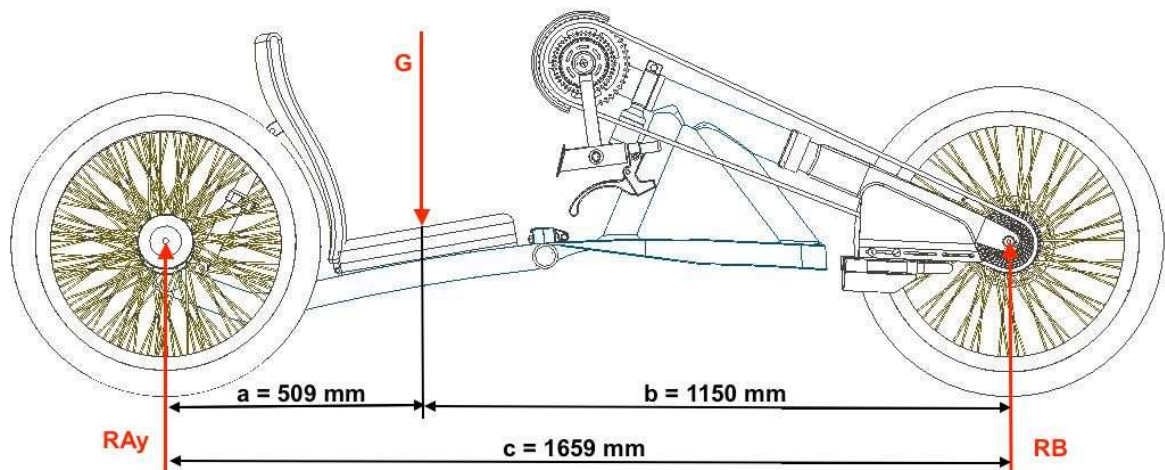
$$N_2 = \frac{R_{By} \cdot (d - c)}{c}$$

$$N_2 = \frac{374,4 \cdot (728,3 - 110)}{110} = \mathbf{2104,5 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow N_1 = R_{By} + N_2 = 374,4 + 2104,5 = \mathbf{2478,9 \text{ N}}$$

10.1.2 Rozložení sil v případě řešení 2

10.1.2.1 Reakce v uložení kol



Obrázek 66 Reakce v uložení kol – řešení 2

Hlavní reakce v kolech:

$$G = m \cdot g = 120 \cdot 9,81 = \mathbf{1177,2 \text{ N}}$$

$$\sum F_{iy} = 0 \Rightarrow R_{Ay} + R_B - G = 0$$

$$\sum M_A = 0 \Rightarrow G \cdot a - R_B \cdot (a + b) = 0$$

$$R_B = \frac{G \cdot a}{(a + b)} = \frac{1177,2 \cdot 509}{509 + 1150} = \mathbf{361,2 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow R_{Ay} = G - R_B = 1177,2 - 361,2 = \mathbf{816 \text{ N}}$$

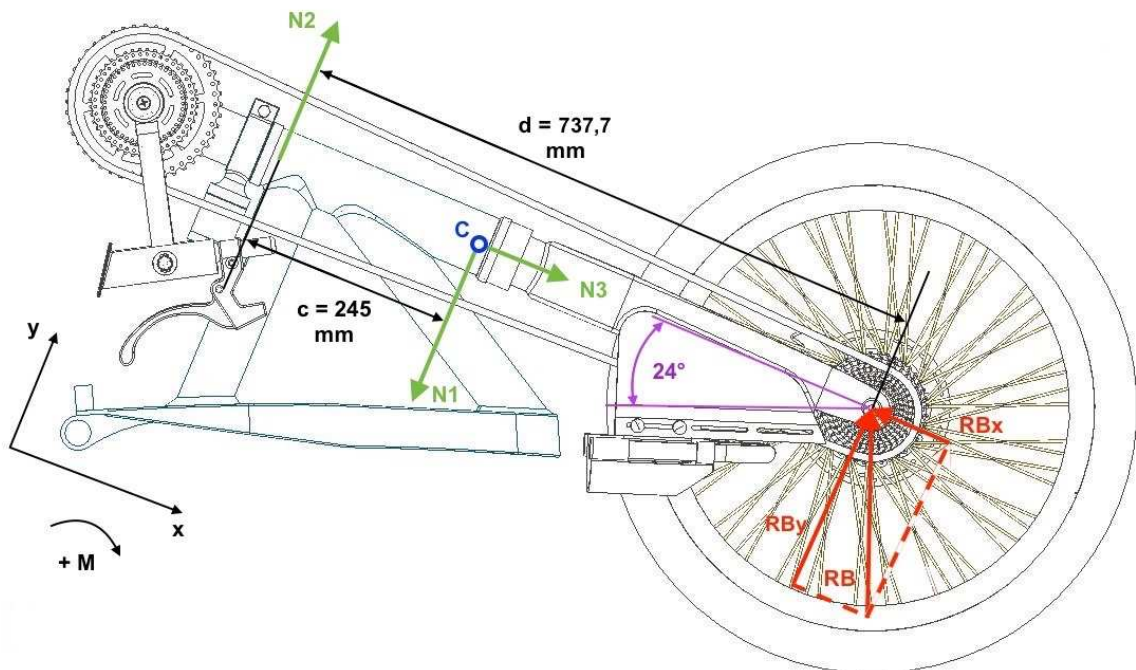
Uvažování naklonění zadních kol (obr. 63):

$$\cos\varphi = \frac{RA_y}{2 \cdot RA} \Rightarrow \frac{RA}{2} = \frac{RA_y}{2 \cdot \cos\varphi} = \frac{772,2}{2 \cdot \cos(12)} = \mathbf{417,1 \text{ N}}$$

Pro obě zadní kola pak platí:

$$RA = 417,1 \cdot 2 = \mathbf{834,2 \text{ N}}$$

10.1.2.2 Reakce na rám v uložení vidlice



Obrázek 67 Reakce na rám v uložení vidlice - řešení 2

$$RBx = RB \cdot \sin\varphi$$

$$RBx = 361,2 \cdot \sin(23) = \mathbf{141,1 \text{ N}}$$

$$RBy = RB \cdot \cos\varphi$$

$$RBy = 361,2 \cdot \cos(23) = \mathbf{332,5 \text{ N}}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow N3 - RBx = 0$$

$$N3 = RBx = \mathbf{141,1 \text{ N}}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{By} + N_2 - N_1 = 0$$

$$\sum M_c = 0 \Rightarrow$$

$$R_{By} \cdot (d - c) - N_2 \cdot c = 0$$

$$N_2 = \frac{R_{By} \cdot (d - c)}{c}$$

$$N_2 = \frac{332,5 \cdot (737,7 - 245)}{245} = \mathbf{668,7 \text{ N}}$$

$$\Rightarrow N_1 = R_{By} + N_2 = 332,5 + 653,9 = \mathbf{1001,2 \text{ N}}$$

10.2 MKP analýza

Při zadávání okrajových podmínek bude použit reverzní postup, to znamená, že jednotlivé vazby budou nahrazeny vypočtenými reakcemi a síla G od osoby sedící na vozíku, bude nahrazena pevnou vazbou.

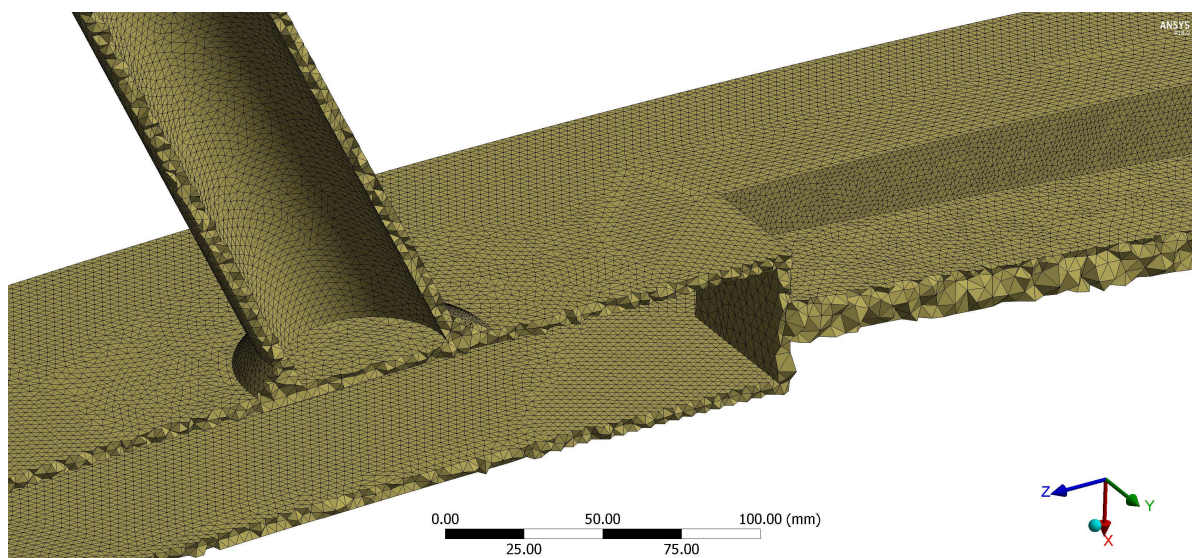
Pro získání přesného výsledku je nutné znát materiálové vlastnosti. Použitým materiálem pro rám bude slitina hliníku EN AW-6061 dle ČSN EN 485-2 (AlMg1SiCu), s tepelným opracováním T651. Je však možné použít také materiál EN AW-6060/6063 (AlMg0,5Si/AlMg0,7Si). Pro vidlici by z pevnostního hlediska bylo ideální použít EN AW-7020 (dural) dle ČSN 42 4201 (AlZn5Mg1,5). Slitina hliníku AW-6061 je výrazně pevnější než AW-6060/63, ale lze jej sehnat pouze v zahraničí, je dodávána ve formě plechů. Slitina hliníku AW-6060, popř. AW-6063 je dodávána ve formě plechů, bezešvých trubek, tyčí, popřípadě obdélníkových a jiných průřezů. Duraly je možno sehnat ve formě plechů i trubek. Materiálové vlastnosti jsou popsány v tabulce č. 3. Uvedené jednotky jsou použité ve výpočetním systému Ansys.

Název	Materiál	Slitina hliníku AW-6061	Slitina hliníku AW-6063	Slitina hliníku AW- 7020 (dural)
Obecné	Měrná hmotnost	2,7 g/cm ³	2,7 g/cm ³	2,8 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu (Rp0,2)	240 MPa	195 MPa	280 MPa
	Mez pevnosti v tahu (Rm)	290 MPa	245 MPa	350 MPa
Napětí	Youngův modul	70000 MPa		
	Poissonova konstanta	0,33		

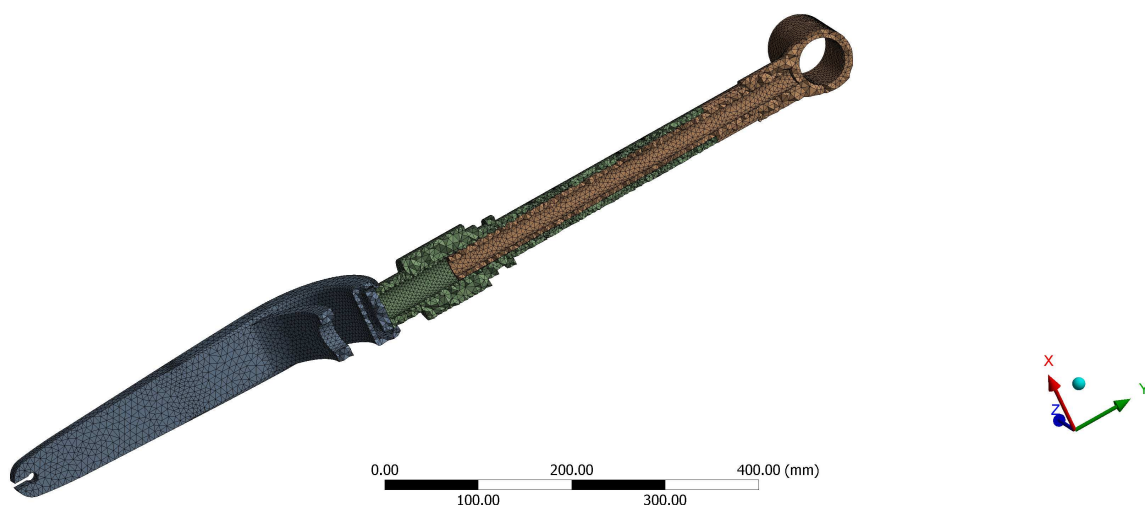
Tabulka 3 Vlastnosti použitých materiálů

10.2.1 Diskretizace modelu

Prvním nutným krokem k provedení MKP výpočtu je rozdělení modelu na konečný počet prvků, čili jeho zasetřování. K vytvoření sítě je možné použít různé druhy elementů. Pro tyto modely byly zvoleny objemové kvadratické čtyřstěny, které mají kromě rohových uzlů ještě další uzly uprostřed jednak v každém směru mezi rohovými uzly a jednak v tělesové uhlopříčce. Tím jsou všechny směry aproximovány kvadratickou bázovou funkcí. Výpočet je tak přesnější než kdyby byly použity jednoduché elementy s aproximací lineární funkcí. Velikost elementu je 3 mm a po tloušťce materiálu jsou dva elementy za sebou. Síť je tedy dostatečně jemná v celém objemu a zajišťuje vysokou přesnost výpočtu. Není tedy nutné síť zjemňovat v kritických místech modelu. Na obrázku 68 a 69 je znázorněn příklad zasetřování rámu a vidlice u prvního řešení. Diskretizace je shodná v obou případech řešení.



Obrázek 68 Diskretizace modelu rámu na konečný počet elementů – pohled v řezu



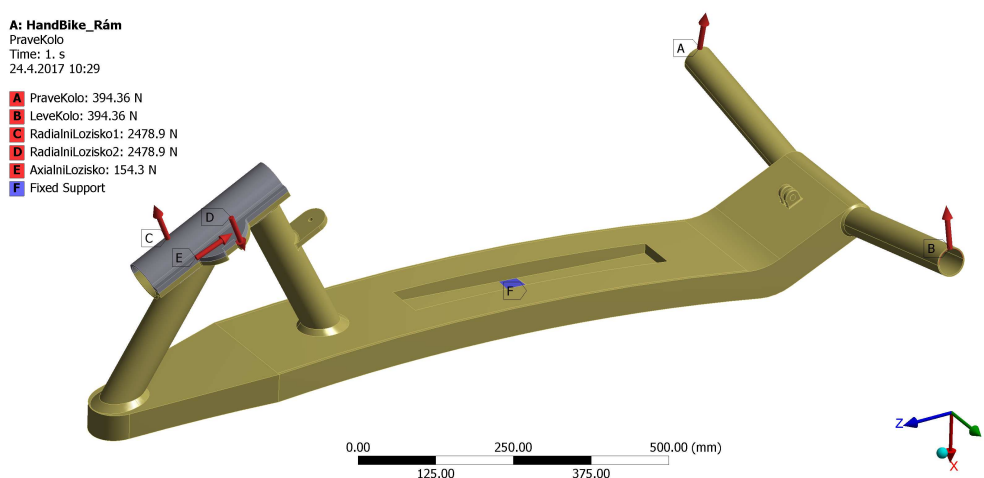
Obrázek 69 Diskretizace modelu vidlice na konečný počet elementů – pohled v řezu

10.2.2 Určení okrajových podmínek

Zadáním reakcí z kapitoly 10.1 do příslušných částí modelů byly vytvořeny okrajové podmínky (obr. 70). Volba okrajových podmínek a celkový přístup k výpočtům obecně je maximálně konzervativní. Jsou tedy zvolena místa působení okrajových podmínek pro konečný výsledek nejméně výhodná. Například místo ploch jsou zvoleny pouze hrany, plocha sedadla je výrazně zmenšena.

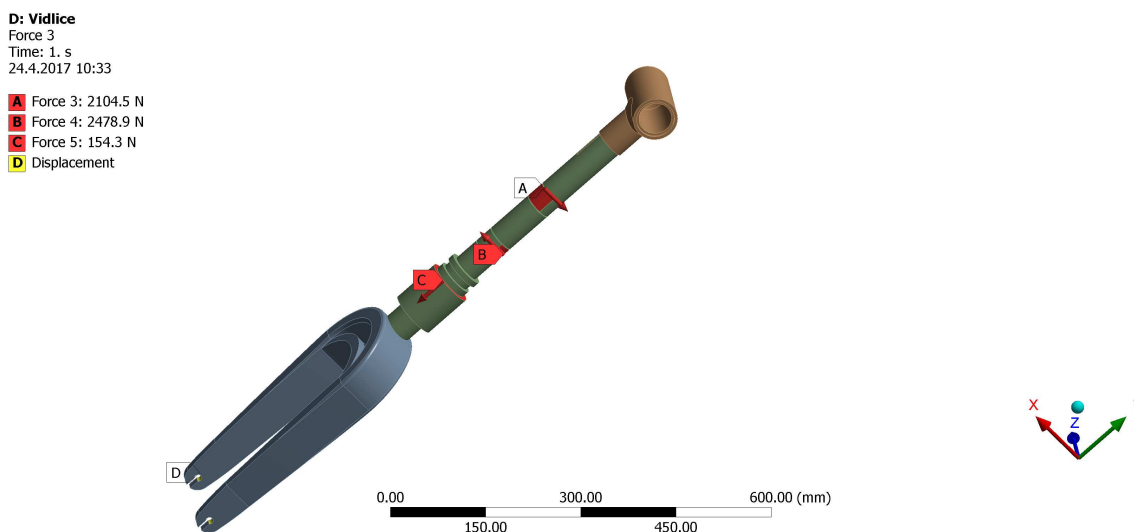
V případě rámu byly reakce na zadní kolo použity ve všech třech složkách R_{Ax} , R_{Ay} , R_{Az} , z důvodu jejich naklonění o 12° . Reakce ve směru z byla uvedena jako nulová. Na rám dále působí také reakce od vidlice. V případě této části byl pro zjednodušení vytvořen zvláštní souřadnicový systém kopírující sklon krku. Zde byly zadány reakční síly působící v místě obou radiálních ložisek a axiálního ložiska.

Volba okrajových podmínek je u obou řešení podobná. Jen u rámu druhé varianty byla navíc analyzována pevnost tvarového spojení.



Obrázek 70 Okrajové podmínky rámu (A a $B = R_A$, $C=N_1$, $D=N_2$, $E=N_3$)

Okrajové podmínky u vidlice v obou případech řešení byly zadány obdobným způsobem jako u rámu, pouze směry reakčních sil mají smysl opačný. Opět byly zadány reakce působící na všechna ložiska ve zvláštním souřadnicovém systému a reakce, tentokrát na přední kolo byla rozložena do jednotlivých směrů (obr. 71). Rozdíl mezi variantami spočívá pouze ve vzájemné vzdálenosti obou reakčních sil na ložiska (N_1 a N_2).

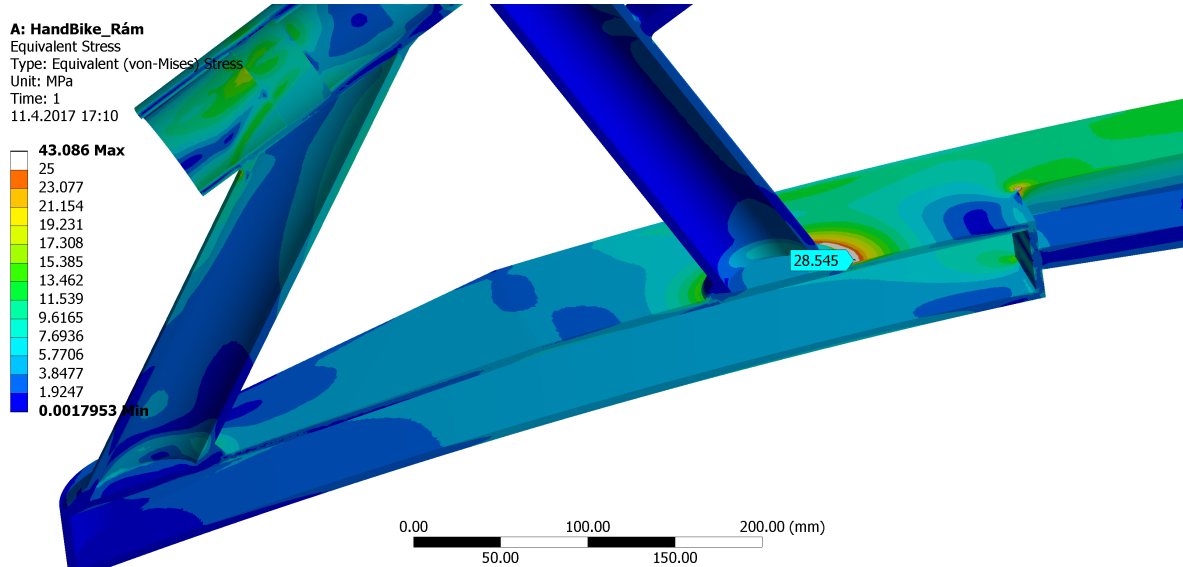


Obrázek 71 Okrajové podmínky u vidlice ($A = N_2$, $B=N_1$, $C=N_3$)

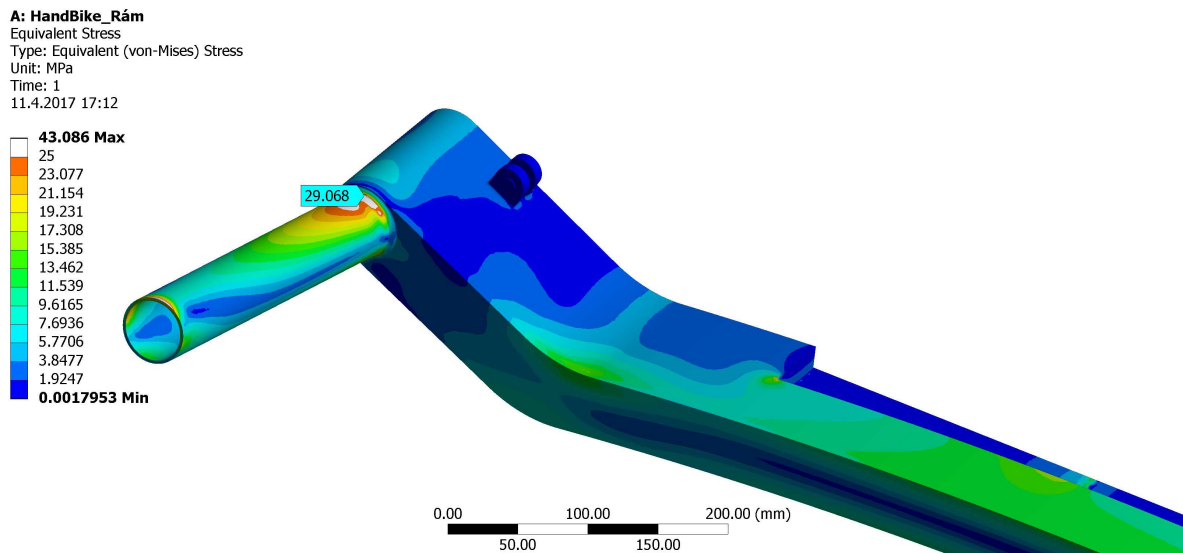
10.2.3 Výsledky analýzy – řešení 1

U MKP analýzy byla pozornost soustředěna především na rozložení redukovaného napětí HMM a pak na celkovou deformaci.

10.2.3.1 Rám

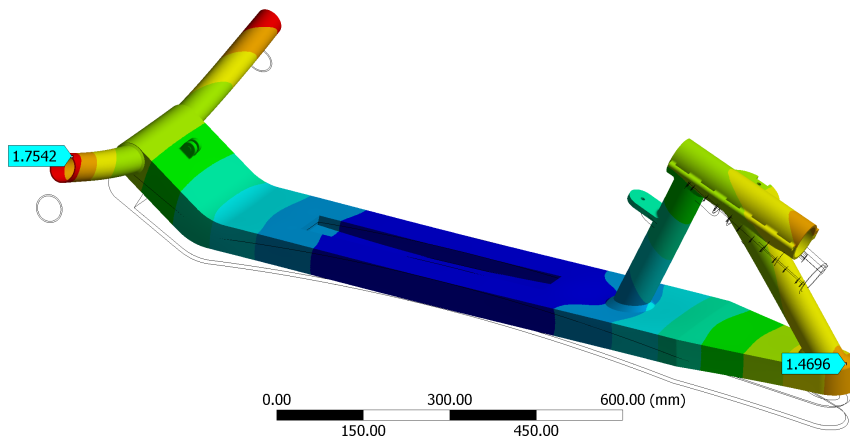
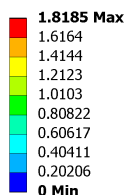


Obrázek 72 Rozložení redukovaného napětí u rámu - řešení 1



Obrázek 73 Rozložení redukovaného napětí u rámu s maximálním napětím - řešení 1

A: HandBike_Rám
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
11.4.2017 17:06



Obrázek 74 Celková deformace u rámu - řešení 1

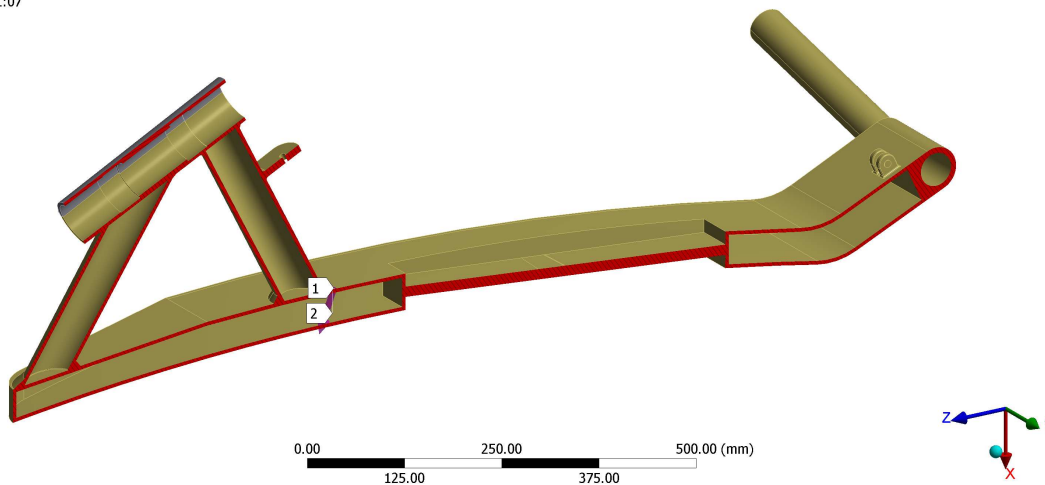
V oblasti rámu pod nosnou trubkou byla patrná vyšší hodnota napětí (obr. 72). Z těchto důvodů zde byla provedena analýza průběhu napětí v řezu v kritickém místě (obr. 75). Průběh napětí daným řezem byl následně vyjádřen graficky (graf 1).

Vyšší hodnota napětí a deformace byla patrná také v zadní části rámu v místě zadní nápravy (obr. 73). Také zde byla vytvořena cesta pro grafické znázornění průběhu napětí (obr. 76 a graf 2)

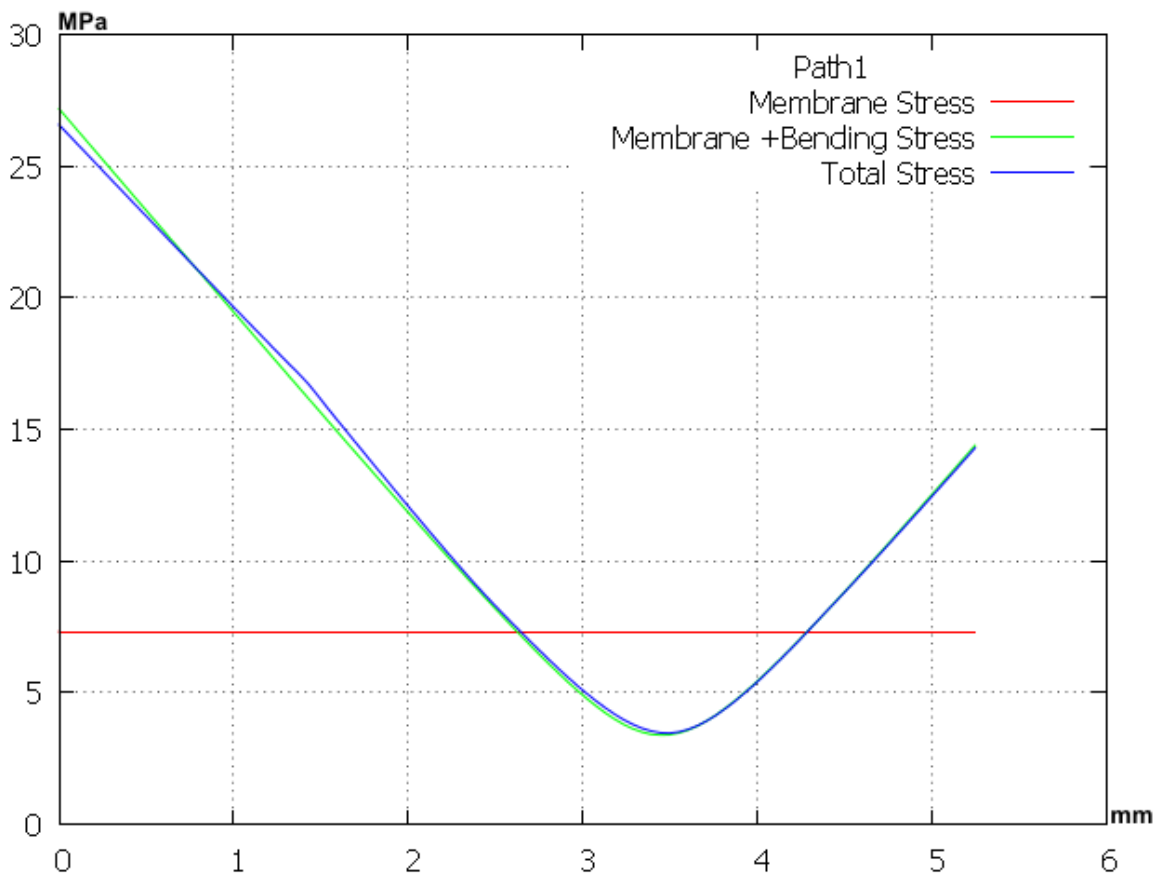
V příloze č. 4 je pak uveden podrobný výčet hodnot průměrného napětí, součtu průměrného a ohybového napětí a celkového napětí v jednotlivých vzdálenostech této cesty.

Path1
20.4.2017 11:07

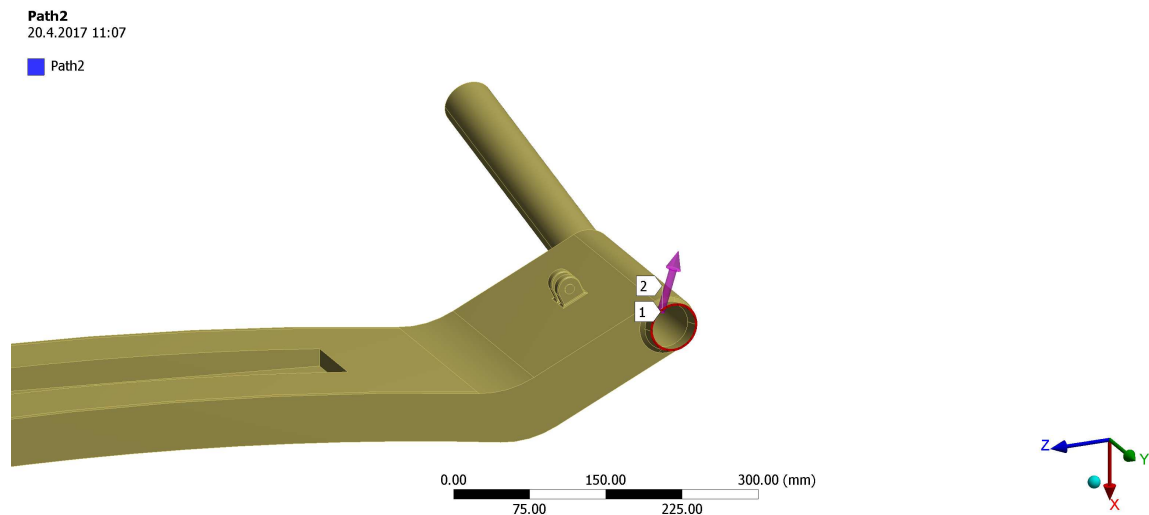
Path1



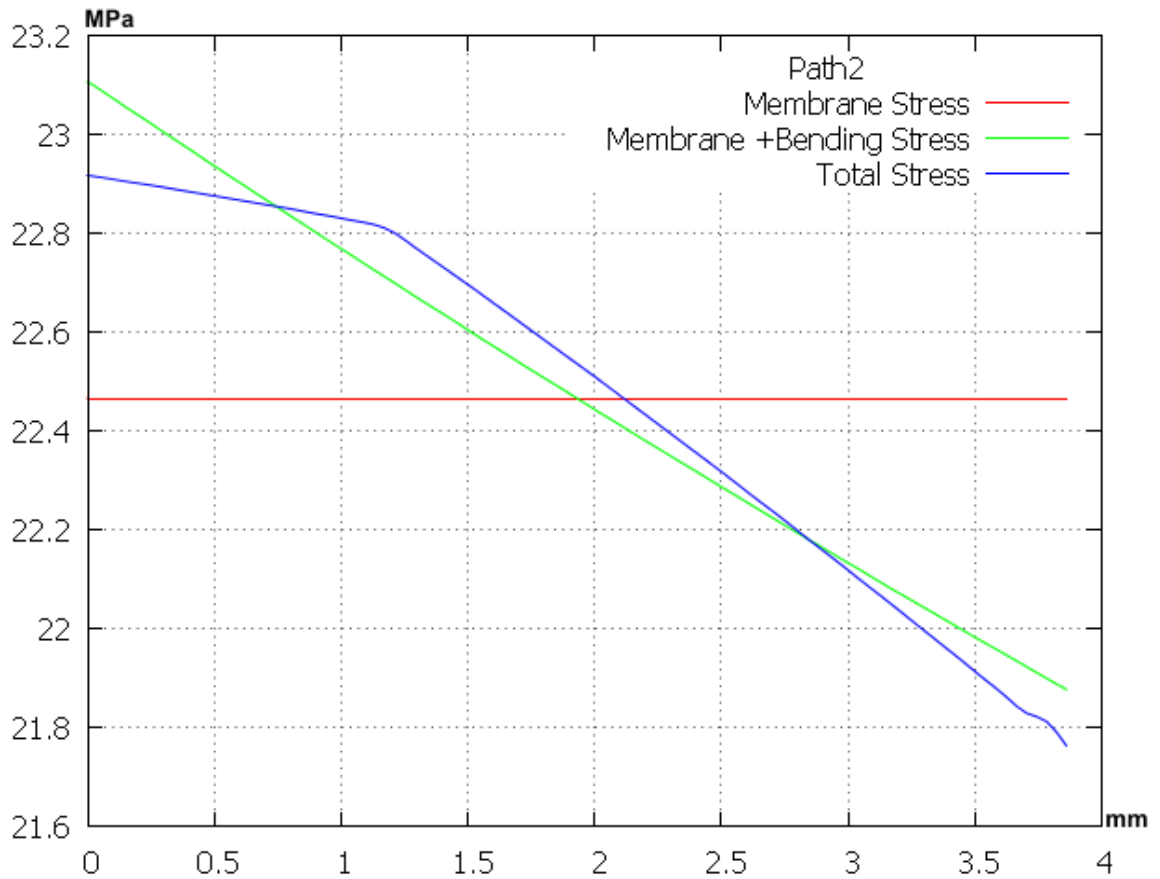
Obrázek 75 Řez kritickým místem pod nosnou trubkou - řešení 1



Graf 1 Průběh napětí v řezu v oblasti pod nosnou trubkou – rám, řešení 1

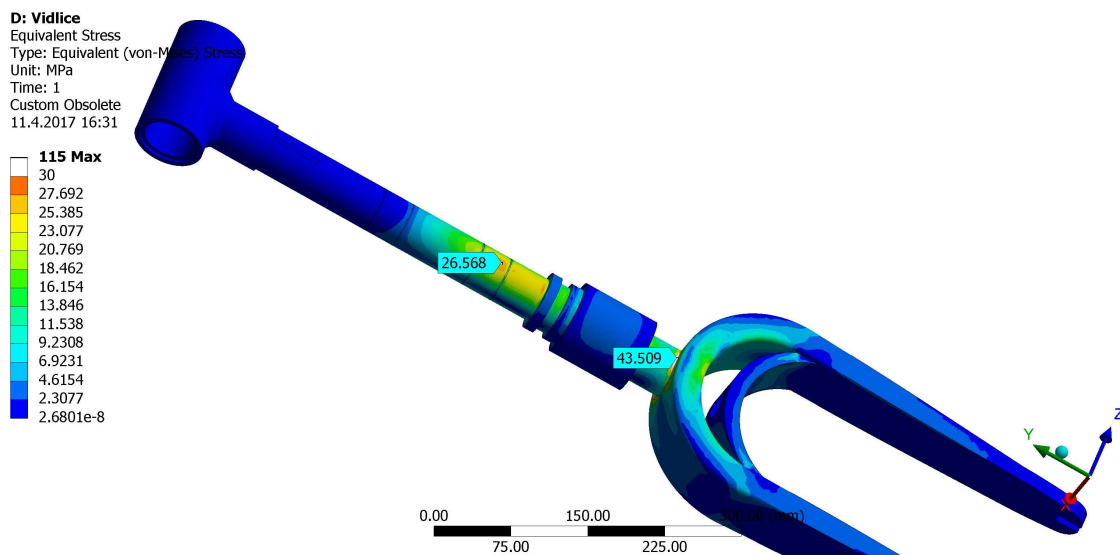


Obrázek 76 Řez kritickým místem – oblast zadní nápravy



Graf 2 Průběh napětí v řezu v oblasti zadních nápravy – rám, řešení 1

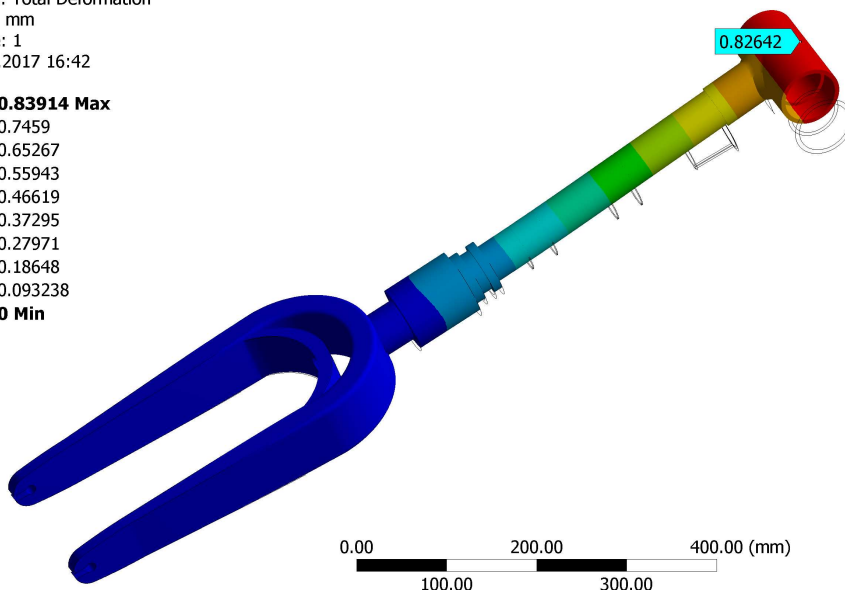
10.2.3.2 Vidlice – řešení 1



Obrázek 77 Rozložení redukovaného napětí u vidlice - řešení 1

D: Vidlice
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
11.4.2017 16:42

0.83914 Max
0.7459
0.65267
0.55943
0.46619
0.37295
0.27971
0.18648
0.093238
0 Min

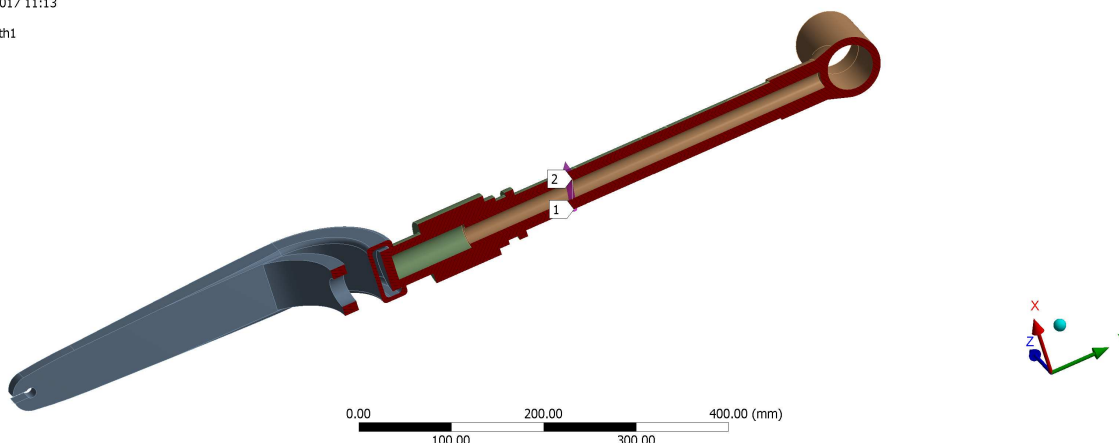


Obrázek 78 Celkové posunutí u vidlice - řešení 1

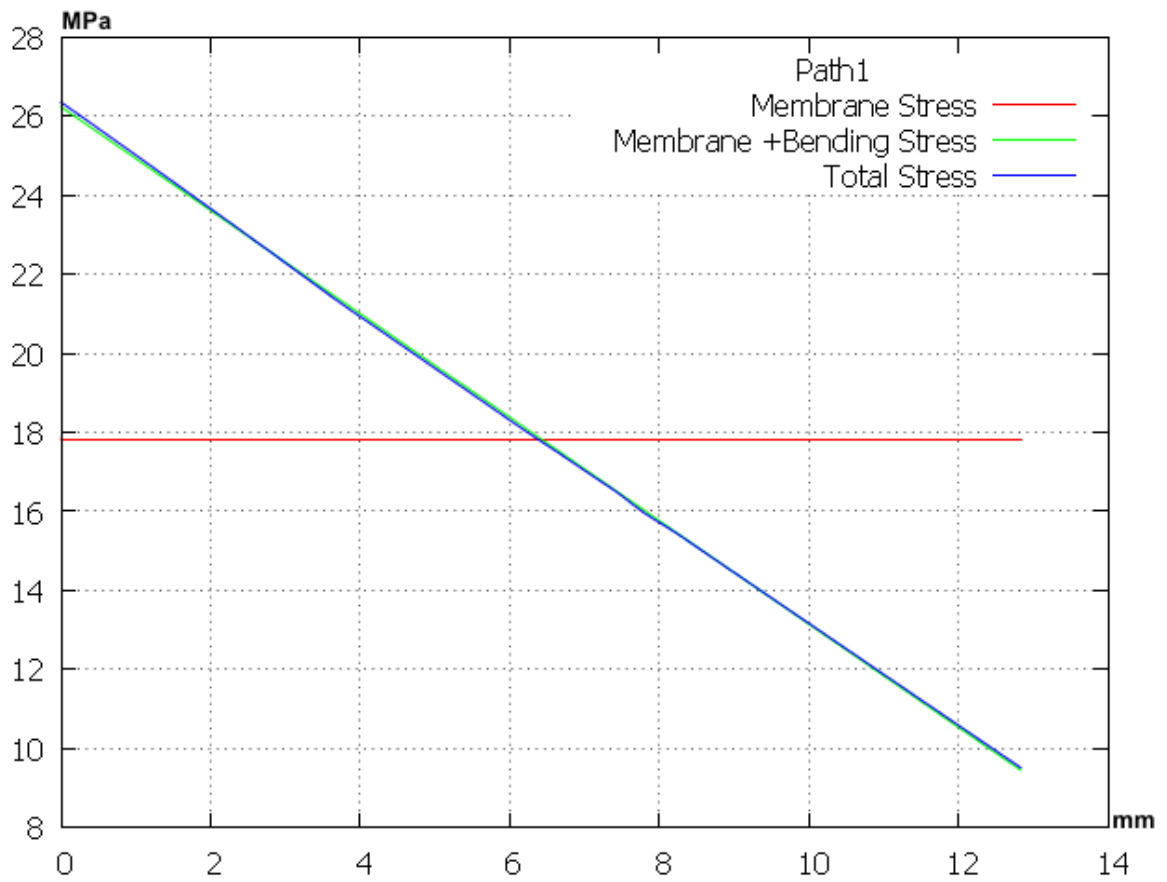
Také na vidlici jsou kritická místa, u kterých je rovněž vhodná podrobnější analýza. Je to v oblasti spodního radiálního uložení (obr. 79) a v místě svaru (obr. 80). Grafický výstup je potom patrný v grafu 3 pro uložení a v grafu 4 pro svar.

V případě ložiska je důvodem vyššího napětí drážka, která tam ale ve skutečnosti nebude. Byla vytvořena pouze z důvodu manipulace v programu Ansys pro snadnější a přesnější určení míst, která jsou vymezena přesným radiálním uložením a která definují působíště sil N1 a N2. Ve druhém případě se nepodařilo svar ve výpočetním systému vykreslit, i když tam ve skutečnosti přítomen je.

Path1
20.4.2017 11:13
■ Path1

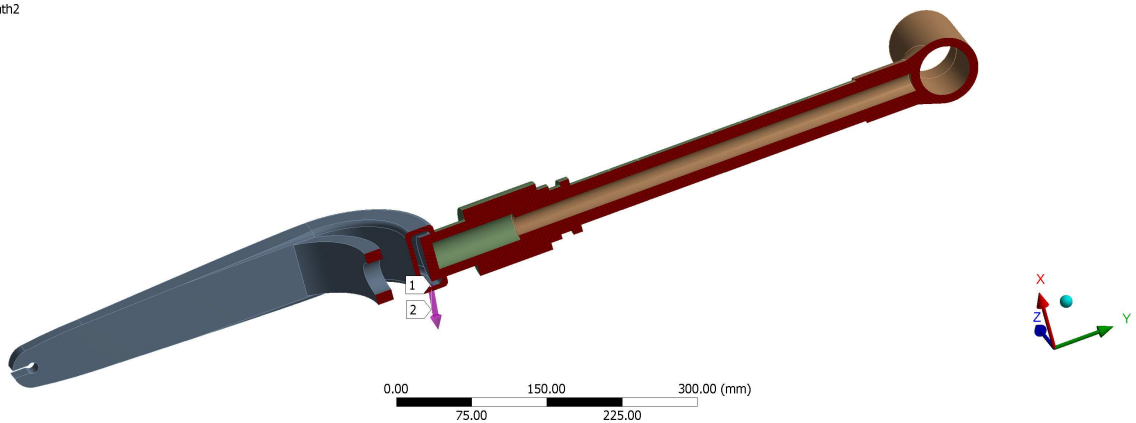


Obrázek 79 Cesta průběhu napětí v místě radiálního uložení

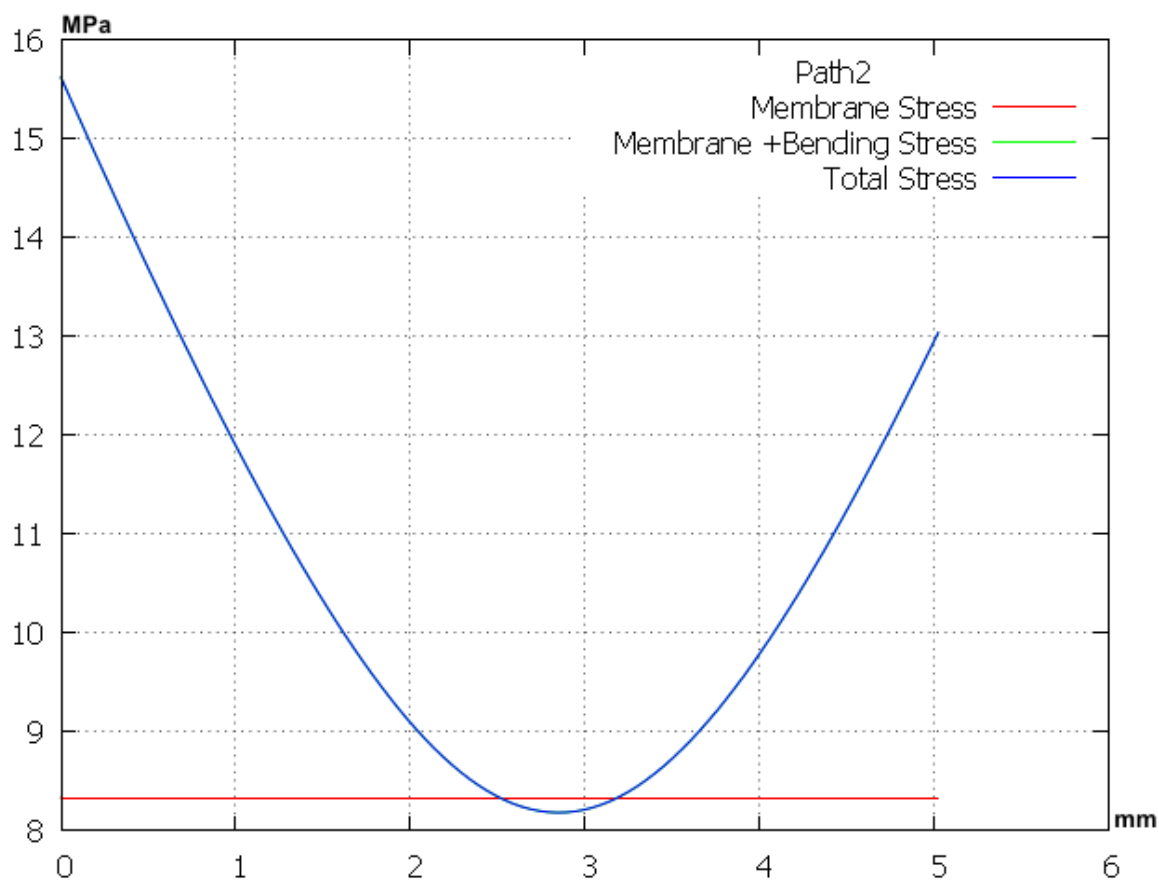


Graf 3 Průběh napětí v oblasti radiálního ložiska – vidlice, řešení 1

Path2
20.4.2017 11:15
■ Path2



Obrázek 80 Cesta průběhu napětí v oblasti svaru



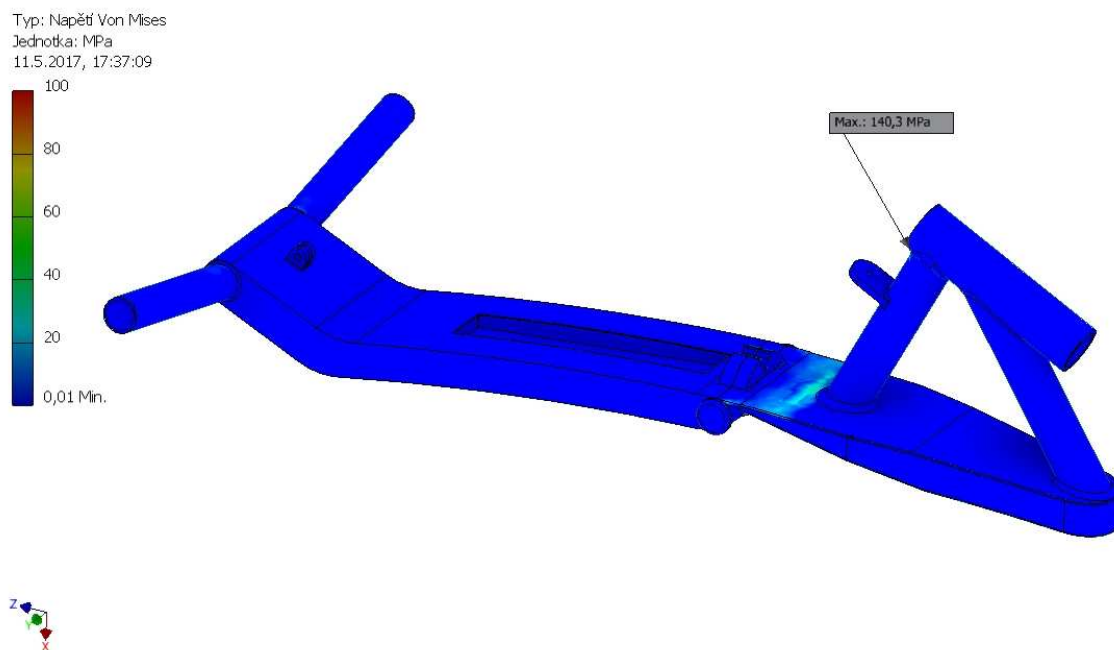
Graf 4 Průběh napětí v oblasti svaru – vidlice, řešení 1

10.2.4 Výsledky analýzy – řešení 2

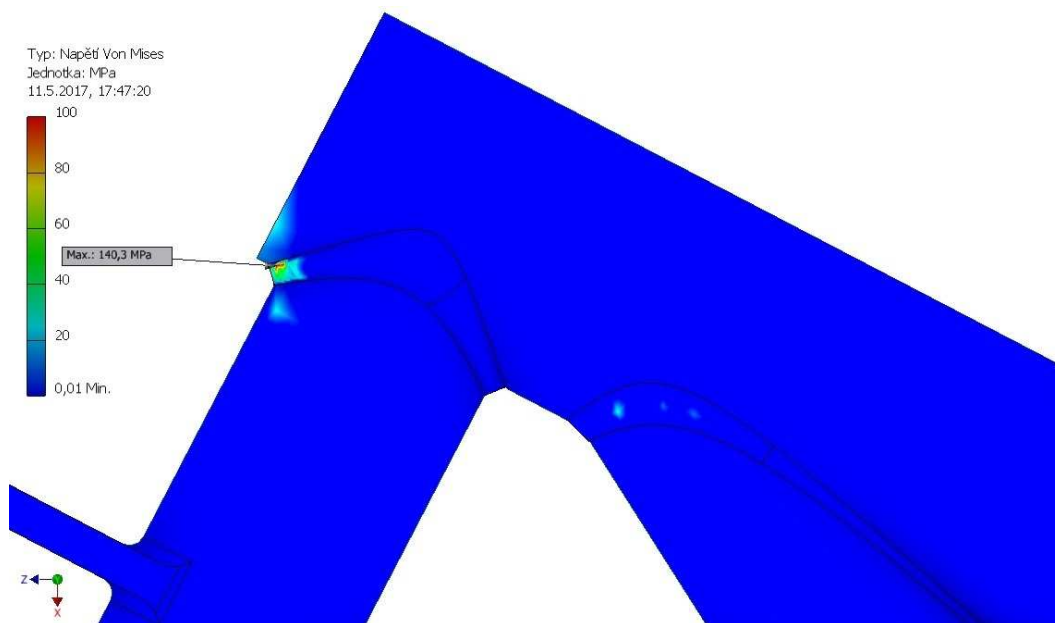
V případě druhého řešení byla předem provedena úprava těch částí, které způsobovaly koncentraci napětí a nežádoucí deformace v prvním případě. Lze předpokládat, že pevnostní analýza u vidlice bude srovnatelná s výsledky prvního řešení. Pouze v oblasti spojení obou částí rámu se očekává vyšší koncentrace napětí. Stejně tak lze očekávat vyšší celkovou deformaci na předním konci rámu vzhledem k jeho snížené tuhosti.

U čepů, které spojují obě části rámu, bude provedena podrobnější analýza. V tomto případě bude použit ruční výpočet.

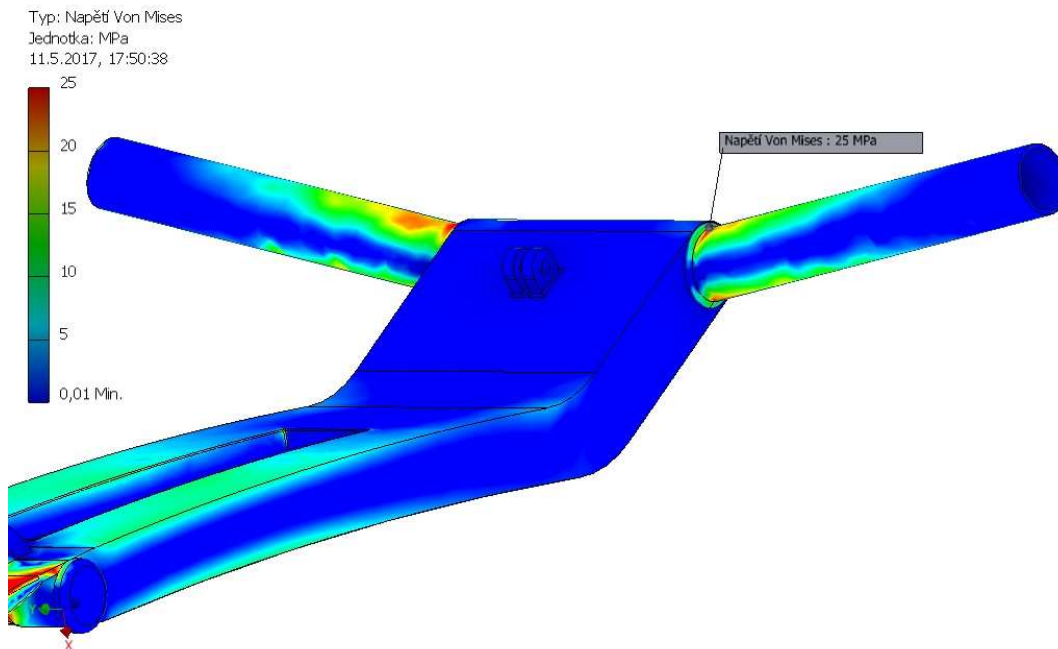
10.2.4.1 Rám – řešení 2



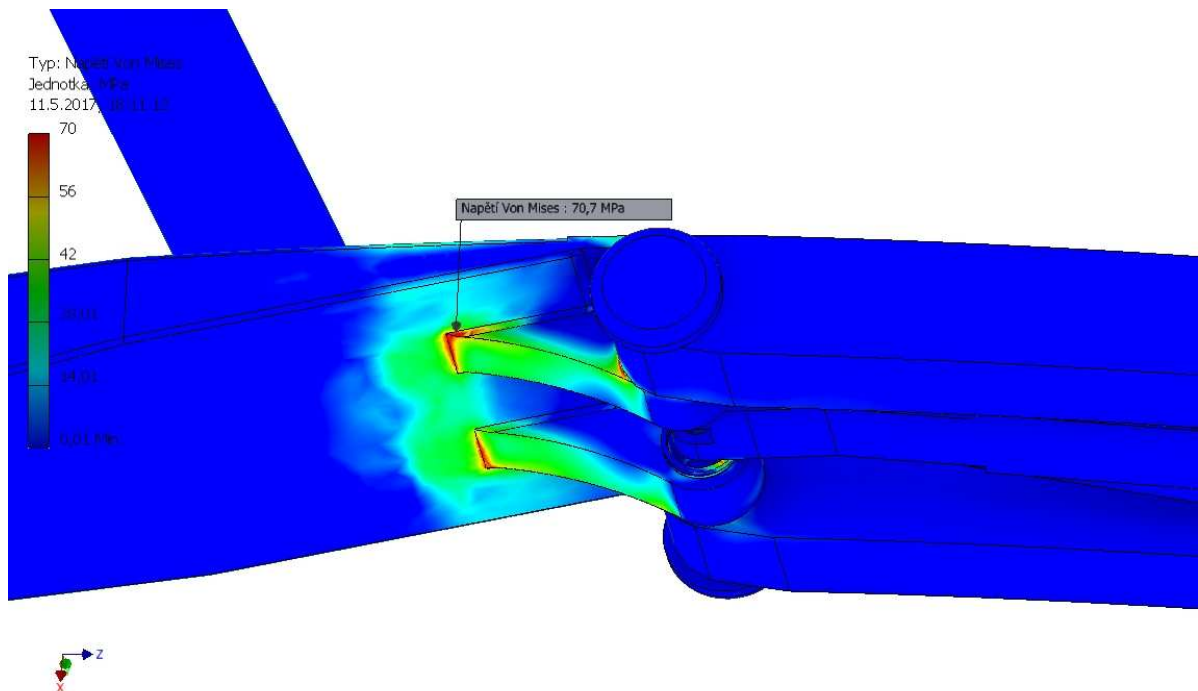
Obrázek 81 Rozložení redukovaného napětí u rámu - řešení 2



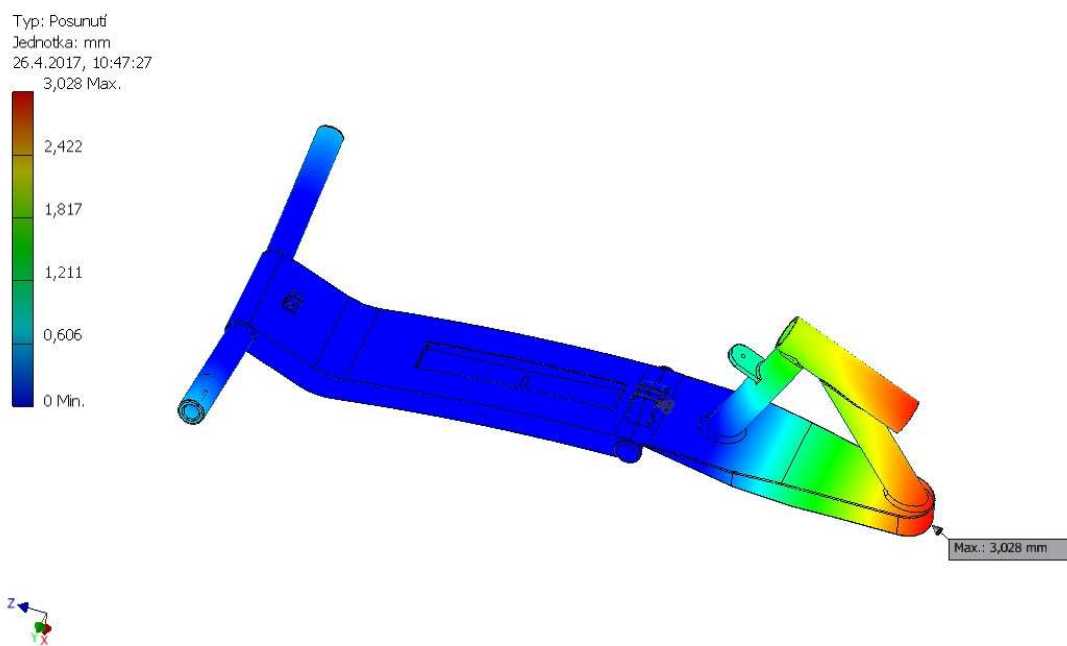
Obrázek 82 Detail místa maximálního napětí HMH



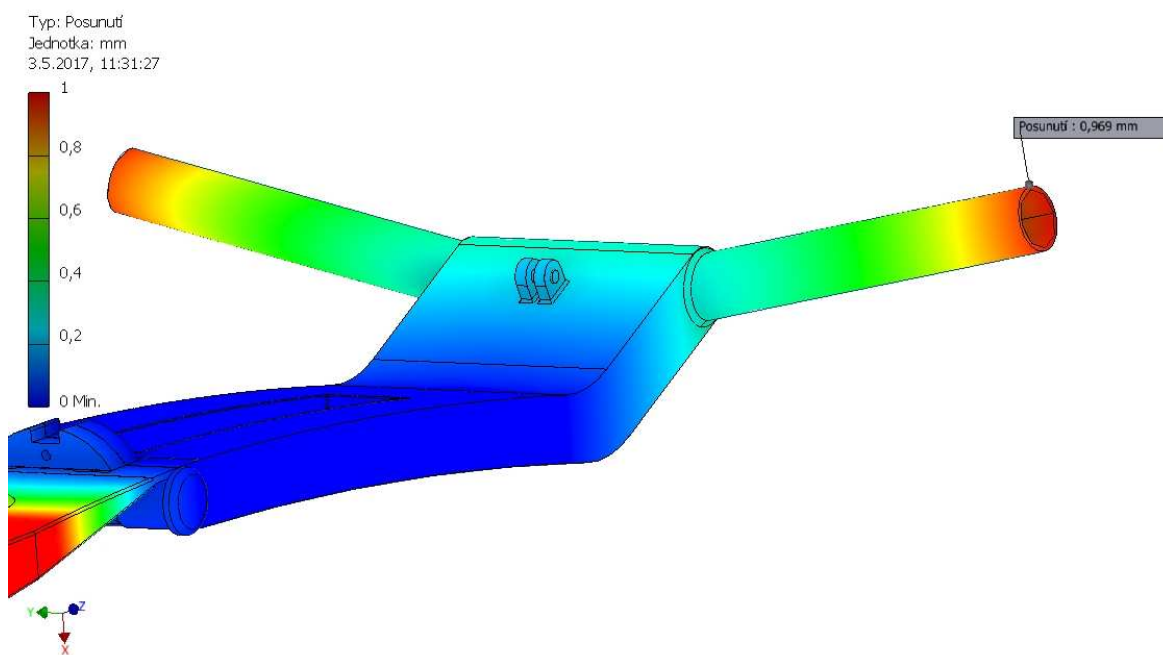
Obrázek 83 Detail - maximální napětí u rámu - řešení 2



Obrázek 84 Maximální napětí v zúženém místě rámu v místě



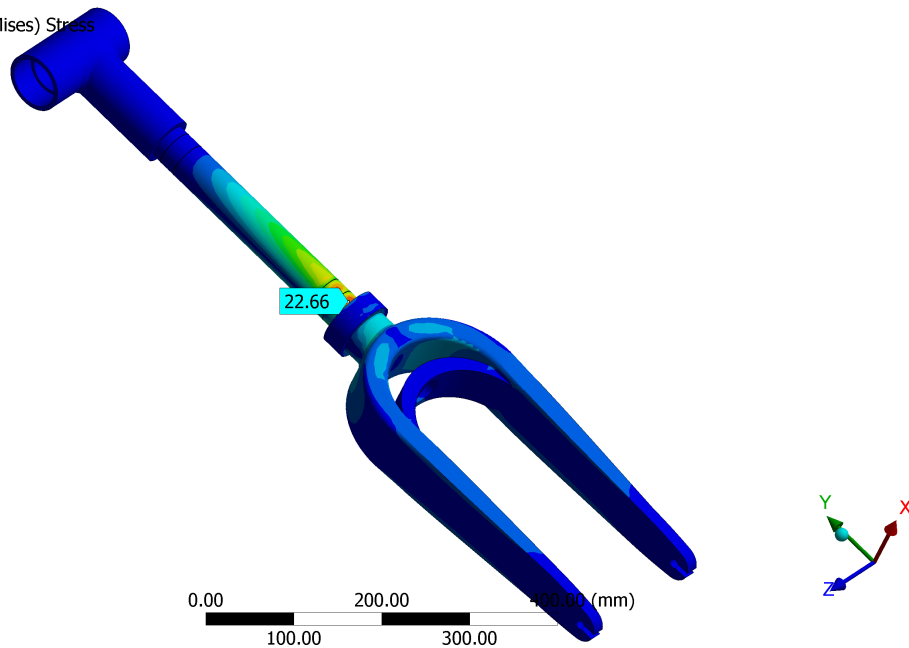
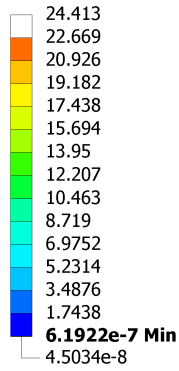
Obrázek 85 Celková deformace u rámu - řešení 2



Obrázek 86 Maximální hodnota posunutí v zadní části rámu

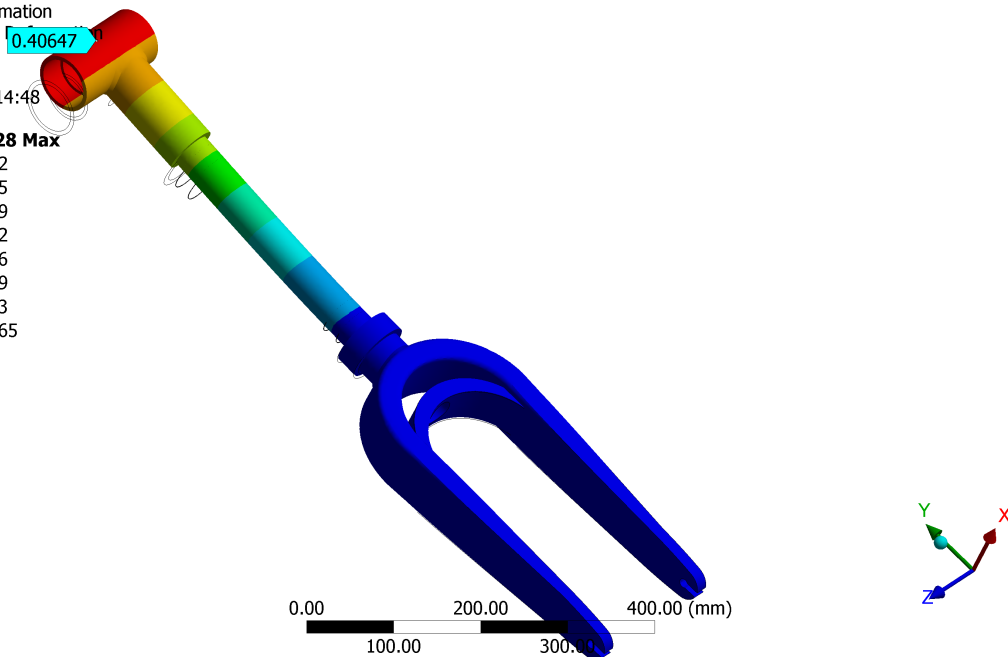
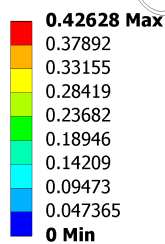
10.2.4.2 Vidlice – řešení 2

E: Vidlice2
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
Custom Obsolete
21.4.2017 14:49

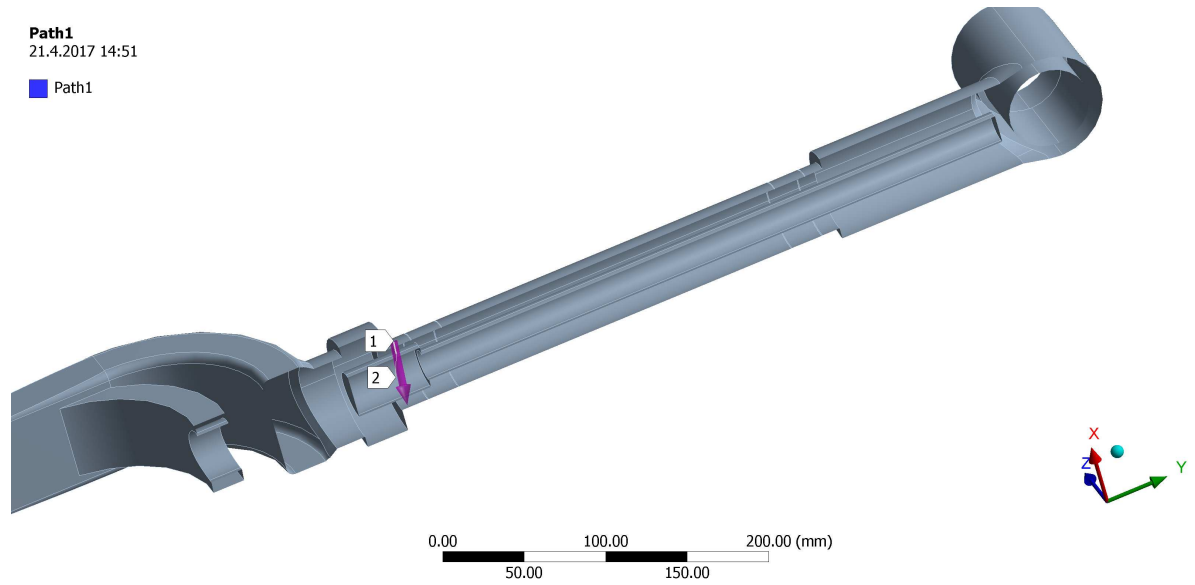


Obrázek 87 Rozložení redukovaného napětí u vidlice s maximálním napětím - řešení 2

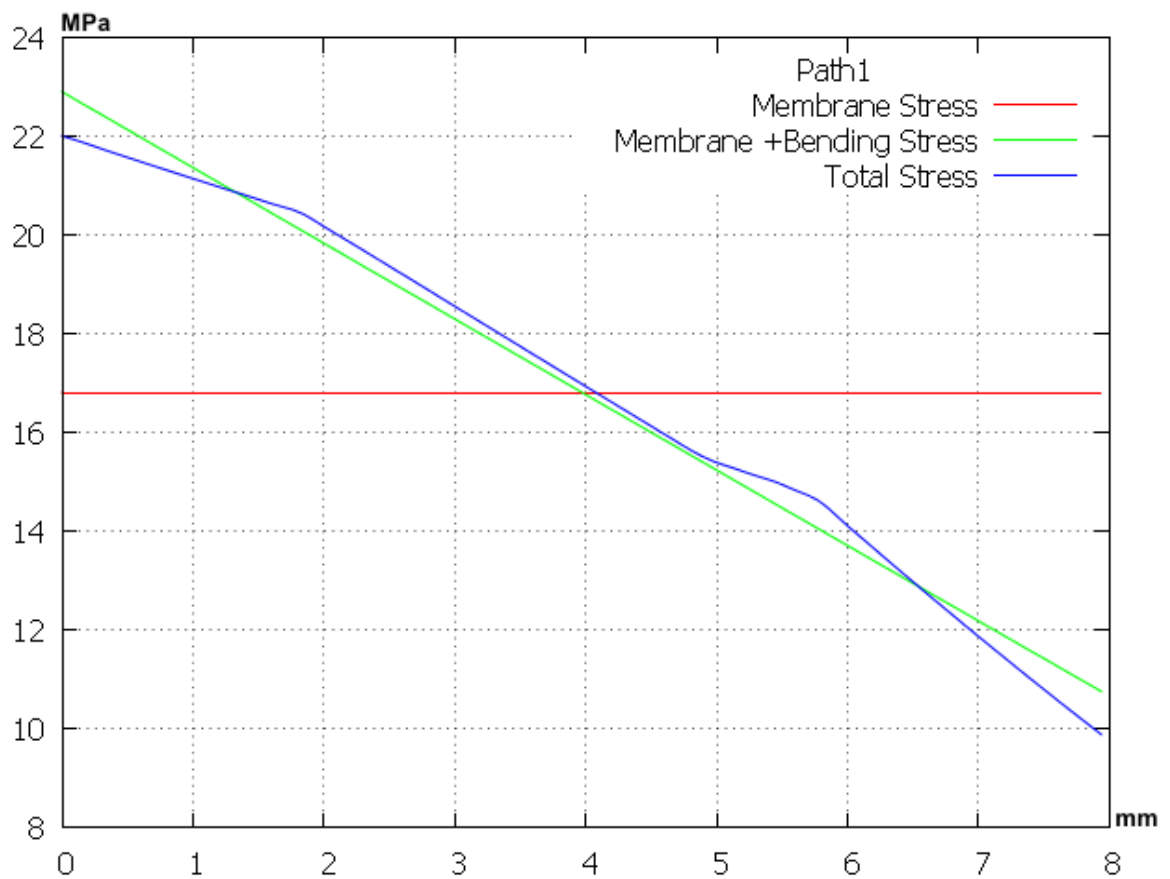
E: Vidlice2
Total Deformation
Type: Total
Unit: mm
Time: 1
21.4.2017 14:48



Obrázek 88 Celková deformace - vidlice, řešení 2

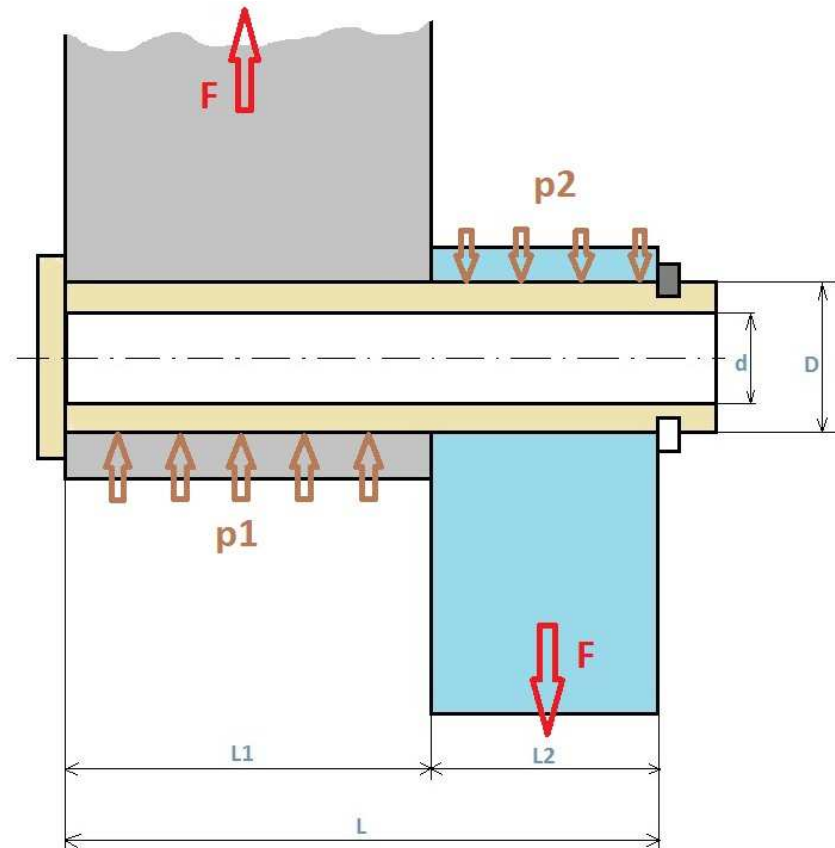


Obrázek 89 Cesta průběhu napětí v kritickém místě



Graf 5 Průběh napětí v kritickém místě – vidlice, řešení 2

10.2.4.3 Výpočet čepu mezikruhového průřezu



Obrázek 90 Řez čepovým spojením (v rámci jednoho čepu)

V případě řešení pevnosti čepu se provádí výpočet smykového napětí a tlaku na jeho podélný průřez.

Materiál čepu (ocel 11 500)

ocel 11 500	
τ_S	40 MPa
σ_{D0}	100 MPa
σ_{Pt}	500 MPa
Re	270 MPa
P_D	90 MPa

Tabulka 4 Vlastnosti oceli

Síla F použitá v těchto výpočtech zahrnuje celou váhu osoby, ke které je navíc přičtena váha celého kola, tedy

$$F = 1177,2 + 30 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ N}$$

A) Výpočet smykového napětí

$$\tau_s = k_{sb} \cdot \frac{F}{k_L \cdot i \cdot S} \quad S = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

$$\tau_s = k_{sb} \cdot \frac{4F}{k_L \cdot i \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2)}$$

τ_s	smykové napětí
F	síla
k_{sb}	provozní koeficient (1 ÷ 3) – zvoleno 3
k_L	koeficient rozložení zatížení (0,5 ÷ 1) – zvoleno 0,5
i	počet čepů ve spoji
S	plocha profilu čepu

$$\tau_s = 3 \cdot \frac{4 \cdot 1471,5}{0,5 \cdot 2 \cdot \pi \cdot (30^2 - 26^2)} = 25,09 \doteq 25,1 \text{ MPa}$$

B) Výpočet tlaku na čep

$$p_1 = k_{sp} \cdot \frac{F}{k_1 \cdot i \cdot S_1} \quad S_1 = (D - d) \cdot L_1$$

$$p_2 = k_{sp} \cdot \frac{F}{k_1 \cdot i \cdot S_2} \quad S_2 = (D - d) \cdot L_2$$

p_1, p_2	tlak od síly působící na kolík na vzdálenosti L_1, L_2
k_{sp}	provozní koeficient (1 ÷ 3) – zvoleno 3
S_1, S_2	plocha podélného průřezu čepu na vzdálenosti L_1, L_2

$$p_1 = 3 \cdot \frac{1471,5}{0,5 \cdot 2 \cdot 180} = 24,52 \doteq 25 \text{ MPa} \quad S_1 = (30 - 26) \cdot 45 = 180 \text{ mm}$$

$$p_2 = 3 \cdot \frac{1314,5}{0,5 \cdot 2 \cdot 120} = 36,78 \doteq 37 \text{ MPa} \quad S_2 = (30 - 26) \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

Koeficient k_L byl použit z důvodů možných montážních a výrobních nepřesností. Pokud je ve spoji kolíků více, nemusí být napětí rovnoměrně rozloženo mezi všechny kolíky. Skutečná nosná plocha spoje je potom nižší než nosná plocha stanovená teoreticky. Koeficient rozložení zatížení vyjadřuje poměr mezi teoretickou a skutečnou nosnou plochou tohoto spoje. [29]

Provozní koeficienty k_{sp} , k_{sb} jsou koeficienty pro tlak, ohyb a smyk. Vyjadřují celkový vliv výrobních a provozních parametrů na snížení únosnosti spoje z hlediska dovoleného otláčení stykových ploch a únosnosti kolíku namáhaného smykovým napětím, popř. ohybovým napětím. Velikost koeficientů závisí na typu kolíku a charakteru zatížení spoje. [29]

10.2.4.4 Vyhodnocení

Protože ve výpočtech bylo uvažováno statické namáhání, byl zvolen součinitel bezpečnosti vůči mezi kluzu, $k = 2,4$ (běžně je součinitel pro ocel volen v rozmezí $1,5 \div 2$). Bezpečnost je zvolena tak, aby ve výpočtech byly do určité míry zahrnuty také dynamické vlivy. Dovolené namáhání u obou řešení bylo v případě materiálu AW-6061 je stanoveno jako

$$\sigma_D = \frac{R_p}{k} = \frac{240}{2,4} = \mathbf{100 \text{ MPa}}$$

koeficient lze rovněž napsat takto: $240 \cdot \mathbf{0,417} = 100 \text{ MPa}$

σ_D *dovolené napětí*
 R_p *mez kluzu pro hliník*
 k *koeficient bezpečnosti*

Potom jednotlivá namáhání jsou určena způsobem:

Pro průměrné namáhání $\sigma_P = \sigma_D = \mathbf{100 \text{ MPa}}$

Pro součet ohybového a průměrného namáhání $\sigma_{PO} = \sigma_D \cdot 1,5 = \mathbf{150 \text{ MPa}}$

Pro celkové napětí $\sigma_C = \sigma_D \cdot 3 = \mathbf{300 \text{ MPa}}$

Průměrné dovolené namáhání pro hliníkovou slitinu 7020 je 116 MPa

V následujících tabulkách je provedeno srovnání maximálních hodnot jednotlivých cest grafického průběhu napětí s hodnotami dovolenými v případě použitých materiálů. Z těchto údajů je pak vypočten koeficient bezpečnosti, který nesmí překročit hodnotu 0,42. U rámu pak je možnost vybrat ze dvou materiálů (Al 6061, popř. Al 6063). V tabulkách jsou proto uvažovány obě možnosti.

Rám – řešení 1 (průběh napětí pod vzpěrnou trubkou)					
Druh namáhání	$\sigma_{\max}[\text{MPa}]$	$\sigma_D [\text{MPa}]$		Koeficient bezpečnosti σ_{\max} / σ_D	
		Al 6061	Al 6063	Al 6061	Al 6063
Průměrné	7,3203	100	81	0,07	0,09
Průměrné + ohybové	27,182	150	122	0,18	0,22
Celkové	26,573	300	244	0,09	0,11

Tabulka 5 Srovnání hodnot – rám (řešení 1)

Rám – řešení 1 (průběh napětí na zadní nápravě)					
Druh namáhání	σ_{max} [MPa]	σ_D [MPa]		Koeficient bezpečnosti σ_{max}/σ_D	
		Al 6061	Al 6063	Al 6061	Al 6063
Průměrné	22,466	100	81	0,22	0,28
Průměrné + ohybové	23,107	150	122	0,15	0,19
Celkové	22,917	300	244	0,08	0,09

Tabulka 6 Srovnání hodnot - rám (řešení 1)

Vidlice – řešení 1 (průběh napětí na spodním radiálním ložisku)			
Materiál 7020 – AlZn5Mg1,5 (dural)			
Druh namáhání	σ_{max} [MPa]	σ_D [MPa]	Koeficient bezpečnosti σ_{max}/σ_D
Průměrné	17,837	116	0,15
Průměrné + ohybové	26,246	174	0,15
Celkové	26,363	348	0,08

Tabulka 7 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 1)

Vidlice – řešení 1 (průběh napětí v místě svaru)			
Materiál 7020 – AlZn5Mg1,5 (dural)			
Druh namáhání	σ_{max} [MPa]	σ_D [MPa]	Koeficient bezpečnosti σ_{max}/σ_D
Průměrné	8,3298	116	0,07
Průměrné + ohybové	15,614	174	0,09
Celkové	15,618	348	0,04

Tabulka 8 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 1)

Vidlice – řešení 2 (průběh napětí na spodním radiálním ložisku)			
Materiál 7020 – AlZn5Mg1,5 (dural)			
Druh namáhání	σ_{max} [MPa]	σ_D [MPa]	Koeficient bezpečnosti σ_{max}/σ_D
Průměrné	16,813	116	0,14
Průměrné + ohybové	22,9	174	0,13
Celkové	22,007	348	0,06

Tabulka 9 Srovnání hodnot - vidlice (řešení 2)

Maximální napjatost u rámu prvního řešení činí (dle obr. 73) 29 MPa v jeho zadní části, kde vystupují trubky zadní nápravy. Pod nosnou trubkou, která je v přední části k rámu přivařena bylo naměřeno druhé největší napětí 28,5 MPa (obr. 72). Ačkoliv hodnoty i přesto s velkou rezervou splňují pevnostní podmínku, byla provedena úprava rámu přidáním dvou žeber pod přivařenými nosnými trubkami. Místa s vyšším napětím pak byla podrobněji graficky analyzována pouze před těmito úpravami vzhledem k rozsahu práce.

Hodnota celkové deformace u prvního rámu je 1,8 mm a vzniká na hranách zadních trubek přesně v místě kontaktu zadních kol s rámem (obr. 74). Druhá největší deformace 1,5 mm vzniká přesně na opačném konci rámu v přední části a je to způsobeno jeho průhybem v místě sedící osoby.

V případě vidlice je maximální napětí soustředěno do místa svaru, jehož hodnota je 43,5 MPa a potom v oblasti prvního radiálního ložiska s hodnotou 26,5 MPa. Celková deformace je 0,9 mm na horním konci vidlice.

U druhého řešení byla provedena pevnostní analýza rámu jako celku (jako v případě řešení prvního) a poté bylo pevnostně zkontrolováno spojení obou částí, tedy čepy spojující pevnou i sklopnou část rámu.

Nejvyšší hodnota v případě velikosti redukovaného napětí u rámu je 140 MPa v oblasti svaru (obr. 81 a 82). Důvodem může být náhlá změna tloušťky materiálu a svar tak může působit jako vrub. Jedná se tedy spíše o artefakt, který toto napětí nesmyslně vyhodnocuje. K tomuto závěru lze dospět při pohledu na rozložení redukovaného napětí v tomto daném svaru, kdy na několika elementech je naměřena špička napětí 140 MPa a do okolních elementů prudce klesá na hodnotu kolem 60 MPa a pak na 0 MPa. Takový ostrý spád není možný, jelikož napětí ve skutečnosti klesá úměrně se vzdáleností.

V zadní části rámu vyšla hodnota redukovaného napětí podobně jako v případě prvního řešení 25 MPa (obr. 83). V zúženém místě rámu, v oblasti výztuh, kde se obě části spojují byla naměřena vyšší koncentrace napětí 70,7 MPa, i přesto tato hodnota nepřekračuje dovolené namáhání 100 MPa (obr. 84).

Maximální hodnota posunutí u rámu je 3,0 mm a je naměřeno v jeho přední části (obr. 85). Hodnota posunutí v zadní části činí 1,0 mm (obr. 86).

Redukované napětí u vidlice má maximální velikost 22,6 MPa v oblasti spodního radiálního ložiska (obr. 87). Celková deformace pak činí 0,4 mm na horním konci vidlice (obr. 88).

V případě posuzování pevnosti čepu byl brán zřetel na smyk a otláčení. Materiál čepu je ocel 11 500. Jako síla F , která na čep působí přitom byla použita celá váha sedící osoby a navíc k této hodnotě byla přičtena váha kola, která činí 30 kg, tedy celkem 1471,5 N. Aby přístup byl co nejkonzervativnější, byly zároveň při výpočtu použity nejpřísnější hodnoty provozních koeficientů a koeficientů rozložení zatížení. Také u těchto čepů je pevnostní podmínka splněna.

11 Technicko-ekonomické zhodnocení

Hlavním cílem tohoto zhodnocení je stanovit náklady, které jsou potřebné k výrobě navrženého technického produktu. Do této ceny je kromě materiálu a komponent zahrnut také technologický postup.

Část vozíku je vyrobena z komponent běžně dostupných na trhu. Tyto stavebnicové prvky cenu vozíku snižují. Jedná se například o ozubení, kola, přesmykač a přehazovačku, brzdy a ložiska. Díky tomu je uživatel schopen do určité míry ovlivnit finální cenu vozíku a přizpůsobit ji jeho finančním možnostem v tom smyslu, že si zvolí buď dražší a kvalitnější komponenty, nebo komponenty sice ne tak kvalitní, ale cenově dostupné. Významná část handbiku je ale vytvořena z prvků, které nejsou běžně dostupné a ty cenu naopak zase zvyšují. Při zpracování technicko-ekonomického zhodnocení byly komponenty klasifikovány do tří skupin. Do první skupiny patří výše uvedené součásti, které lze na trhu snadno sehnat, ve druhé skupině jsou zařazeny prvky, které běžně nakoupit nelze, ale již jsou oceněny u výrobců jiných podobných vozíků. Jsou to například kliky a ručky, náboje zadních kol, sedadlo a opěrka. Tyto součásti se vesměs neliší nebo jen nepatrně a lze tedy předpokládat, že rozdíl v ceně bude zanedbatelný. Do třetí skupiny patří součásti zcela individuální, které nelze nijak srovnávat s komponentami na trhu, byť podobnými. Je to například rám a vidlice. Cena rámu a vidlice v tabulce 10 je uvedena pouze pro zajímavost a jedná se o karbonový rám a hliníkovou vidlici u handbiku od společnosti Carbonbike.

Ceny uvedené v následujících tabulkách, týkající se zejména první skupiny součástí, jsou vždy průměrné. Hodnota součástí z druhé a třetí skupiny byla buď v měně euro nebo dolar. K přepočtu na koruny byl použit aktuální měnový kurz.

m

Druh	Součásti	Počet kusů	Cena v obchodech	Cena jiných výrobců	Cena celkem za součást
Součásti nakupované stavebnicové	MTB ráfek na kolo 24 palců	3 ks	990 Kč		2970 Kč
	MTB plášť 24 palců	3 ks	650 Kč		1950 Kč
	výplet	3 ks	520 Kč		1560 Kč
	Náboj přední s osou	1 ks	950 Kč		950 Kč
	Hydraulická kotoučová brzda - set	1 ks	1300 Kč		1300 Kč
	Ložisko 28mm	4 ks	21 Kč		84 Kč
	Ložisko 52 mm	2 ks	51 Kč		102 Kč
	Ložisko jehlové 58 mm	2 ks	400 Kč		800 Kč
	Ložisko axiální kuličkové 74 mm	1 ks	500 Kč		500 Kč
	Kazeta s osmikolečkem	1 ks	400 Kč		400 Kč
	Přesmykač	1 ks	500 Kč		500 Kč
	Přehazovačka	1 ks	900 Kč		900 Kč
	Páčka přední 3R	1 ks	400 Kč		400 Kč
	Páčka zadní 8R	1 ks	500 Kč		500 Kč
	Blatník	1 ks	300 Kč		300 Kč
	Rychloupínací kroužek 50mm	2 ks	490 Kč	40 €	980 Kč
Cena celkem					15000 Kč

Tabulka 10 Ceny součástí běžně dostupných na trhu

Druh	Součásti	Počet kusů	Cena v obchodech	Cena jiných výrobců	Cena celkem za součást
Součásti vyráběné u jiných výrobců – běžně nedostupné	Náboj zadní	2 ks		280 €	7560 Kč
	Přední táč bez klik	1 ks		160 €	4320 Kč
	Řetěz	1 ks		60 €	1620 Kč
	Kličky	2 ks		750 € /2ks	20250 Kč
	Ručky	2 ks		250 € /2ks	6800 Kč
	Sedák	1 ks		200 \$	5100 Kč
	Opěrka	1 ks		140 \$	3570 Kč
	Podsedák ROHO	1 ks	8000 Kč		8000 Kč
	Podnožky	2 ks		125 €	3375 Kč
Součásti individuální	Rám	1 ks		4880 € (C)	
	Vidlice	1 ks		1400 € (Al)	
Cena celkem po zaokrouhlení					61000 Kč

Tabulka 11 Ceny součástí u jiných výrobců

Materiál	Rozměry profilu	Potřebná délka	Cena
Hliník - obdélníkový profil	Šířka: 200 mm Výška: 50 mm Tloušťka: 5 mm	1400 mm	1020 Kč
Hliník - trubka	D = 60 mm d = 50 mm	600 mm	170 Kč
Hliník – trubka	D = 50 mm d = 40 mm	600 mm	150 Kč
Hliník – kruhová tyč	D = 70 mm	300 mm	400 Kč
Hliník – kruhová tyč	D = 50 mm	500 mm	400 Kč
Hliník – kruhová tyč	D = 75 mm	400 mm	600 Kč
Cena za materiál celkem po zaokrouhlení			3000 Kč

Tabulka 12 Cena materiálu

Cena handbiků kompletně se pohybuje mezi 110 až 260 tisíci Kč. Nejdražší 9630 € (cca 260 000 Kč) je jednoznačně Carbonbike, který je kompletně celokarbonový (rám, vidlice, kola, popř. doplňky)

Do ceny rámu a vidlice musí být kromě materiálu započítána také doba tvorby 3D modelu, cena technologického a výrobního postupu, povrchových úprav materiálu, lakování, atd. Lze předpokládat, že technologický postup bude nejnákladnější položkou, zejména v případě rámu. Běžně se cena rámu u podobných vozíků pohybuje kolem 100 tisíc korun. Jsou to rámy tvořící z velké části svařenec trubek. Cenu a dobu trvání jednotlivých technologických postupů lze pouze odhadovat.

Hlavní část rámu je tvořena z obdélníkového hliníkového profilu o rozměrech 200x50x5 mm a délky 1400 mm. K němu jsou v zadní části přivařeny hliníkové trubky průměru 50 mm a v přední části vzpěrné trubky o průměru 60 mm. Ke vzpěrným trubkám je přivařen krk pro uchycení vidlice. Jeho průměr je 70 mm. Ceny těchto materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 12. Největší část rámu musí být postupně opracována do požadovaného tvaru. Opracování spočívá ve stříhání a ohýbání hliníkových profilů, hydroformingu, svařování, případném broušení svarů, vrtání a v povrchových úpravách – eloxování a práškové lakování. Ceník technologických operací je znázorněn v tabulkách 13 a 14.

Ceník technologických operací rámu				
Typ operace	Sazba	Počet hodin	Hmotnost	Cena celkem
Stříhání a ohýbání	200 Kč/hod	2 hod		400 Kč
Svařování	400 Kč/hod	8 hod		3200 Kč
Hydroforming	550 Kč/hod	6 hod		3300 Kč
Broušení svarů	400 Kč/hod	4 hod		1600 Kč
Vrtání	450 Kč/hod	1 hod		450 Kč
Žíhání	20 Kč/kg		13 kg	260 Kč
Povrchové úpravy	2000 Kč/ks			2000 Kč
Výrobní náklady celkem po zaokrouhlení				12000 Kč

Tabulka 13 Ceník technologických operací rámu

Ceník technologických operací vidlice				
Typ operace	Sazba	Počet hodin	Hmotnost	Cena celkem
Protahování	400 Kč/hod	2		800 Kč
Soustružení	550 Kč/hod	3		1650 Kč
Svařování	400 Kč/hod	3		1200 Kč
Broušení svarů	400 Kč/hod	3		1200 Kč
Žíhání	17 Kč/kg		9 Kg	153 Kč
Povrchové úpravy	700 Kč			700 Kč
Výrobní náklady celkem po zaokrouhlení				6000 Kč

Tabulka 14 Ceník technologických operací vidlice

Vzhledem k tomu, že se jedná o odhad jak časového rozvržení jednotlivých výrobních operací, tak ve velké míře také jejich sazeb, byly výsledné celkové náklady zaokrouhleny na tisíce směrem nahoru. Stejně tak byly zaokrouhleny celkové náklady komponent. Tvorba 3D modelu, která je oceněná v tabulce 15 zahrnuje navíc tvorbu ručních skic. Po sečtení pak získáme cenu technického produktu (tab. 15).

Celkové náklady na výrobu jednoho vozíku	
Součásti běžně dostupné na trhu	15000 Kč
Součásti oceněné jinými výrobci	61000 Kč
Materiál rámu a vidlice celkem	3000 Kč
Výroba rámu	12000 Kč
Výroba vidlice	6000 Kč
Tvorba 3D modelu 100hod (100 Kč/hod)	10000 Kč
Výrobní náklady celkem	107000 Kč

Tabulka 15 Celkové náklady na výrobu jednoho vozíku

Závěrem k této kapitole je nutno dodat, že ceny komponent, které jsou v této práci uvedené jako již oceněné jinými výrobci, jsou považovány současně za ceny prodejní, jelikož jejich hodnota byla získána z internetových či kamenných obchodů. Proto by nebylo správné k těmto cenám přičítat navíc přírůžku. V případě, že by byl vozík vyráběn také za účelem výnosu, bylo by vhodnější získávat komponenty za velkoobchodní ceny, aby náklady na výrobu byly co nejnižší.

Ačkoliv se o výrobu těchto handbiků zajímá čím dál více firem, náklady na jeho realizaci jsou stále poměrně vysoké. I přesto, že na ně často přispívají neziskové organizace a řada sponzorů, spousta tělesně hendikepovaných lidí, si tuto vymoženost dovolit nemůže, i když by to pro ně bylo jak zdravotně, tak psychicky velmi prospěšné. Bohužel ani zdravotní pojišťovny na tento výrobek nepřispívají, jelikož se nejedná o kompenzační pomůcku.

Realizace tohoto vozíku by, i při snaze ušetřit, překročila hodnotu 100 tisíc Kč. Přesto se jedná o nižší cenovou kategorii.

Závěr

V této práci byl navržen vozík handbike určený pro volnočasovou aktivitu. Jedná se o dopravní prostředek uzpůsobený především tělesně postiženým osobám, které mají ochrnuté dolní končetiny. Během zpracování této práce bylo postupováno systematicky. Nejprve byla popsána anatomie páteře a míchy a stupně postižení. Každý stupeň přitom dovoluje různé omezené možnosti a schopnosti postižené osoby.

V dalších kapitolách byla zpracována rešerše, díky které bylo zjištěno, jaké vozíky se na trhu nejčastěji vyskytují, jakými vlastnostmi disponují a nebo naopak jaké vlastnosti postrádají. Poté následoval rozbor jednotlivých částí handbiku.

S využitím morfologické matice byl proveden návrh tří variant, které byly naskicovány. Z těchto tří variant byla vybrána druhá varianta, tedy handbike na ruční pohon určený do terénu, jenž byl následně zpracován ve dvou řešeních.

Bylo zvoleno klasické uspořádání kol, tedy dvě vzadu a jedno vpředu. Absence skládacího mechanismu na trhu byla podnětem k jeho zpracování v této práci. Proto první řešení má pevný rám s odnímatelnou vidlicí včetně hlavového složení a druhé řešení má rám skládací zajištěný dvěma čepy a tvarovým spojem s rychloupínacím systémem.

Jelikož se jedná o diplomovou práci, snahou bylo navrhnout rám a vidlici trochu jiné koncepce, než se běžně u těchto vozíků vyrábí. Proto je rám tvořen jedním středovým členem obdélníkového profilu, na kterém je umístěno sedadlo a opěrka. Zároveň tento koncept dovoluje pevnější spojení v případě skládací verze.

Detaily u obou návrhů byly proto řešeny především u rámu a vidlice, na ty byla soustředěna také pevnostní analýza. Ostatní součásti, zejména stavebnicové prvky, odpovídají jen tvarově a velikostně, 3D modely jsou tedy vytvořeny jen přibližně.

Pevnostní analýza, byla provedena s uvažováním statického namáhání s volbou přísného koeficientu bezpečnosti. Do výpočtu čepového spojení pak byly zahrnuty také provozní koeficienty, jejichž velikosti závisí mimo jiné na charakteru zatížení spoje. Také v tomto případě byly zvoleny hodnoty nejpřísnější.

Z výsledků lze říci, že rám i vidlice pevnostně vyhovují s určitou rezervou. Ověření těchto výsledků je možné v příloze č. 4, kde jsou vypsány hodnoty průběhu napětí v kritických místech v jednotlivých vzdálenostech cesty řezu. Žádná z těchto hodnot nepřekračuje dovolené namáhání ani při použití konzervativního způsobu řešení.

Jediný problém vznikl v místě svaru u rámu druhého návrhu, kde vznikla špička napětí překračující dovolené namáhání. Tato hodnota bude pravděpodobně způsobena náhlou změnou tloušťky materiálů v místě svaru, kde zároveň dochází ke skokové změně tuhosti a je z těchto důvodů zanedbána.

Přesto pro ověření pevnosti by bylo vhodné po vytvoření reálného modelu podrobit rám provozní zkoušce simulací reálného zatížení. Popřípadě by bylo možné otestovat, při jakém zatížení dojde k trvalé deformaci rámu či přímo k jeho porušení.

Oba dva vytvořené návrhy mají svoje výhody a nevýhody. Výhodou prvního řešení je vyšší tuhost rámu a možnost demontáže vidlice poměrně jednoduchým způsobem, ale i po demontáži možná bude s tímto vozíkem horší manipulace.

Výhodou druhého řešení je jedinečná možnost skládání díky kloubu navrženém přibližně uprostřed jeho délky. Použití zásuvného madla navíc usnadňuje manipulaci. Nevýhodou však je menší tuhost rámu. Předností obou návrhů je vyšší stabilita díky sklonu zadních kol a snadná dostupnost terénem.

I přes klady a zápory jsou obě verze prakticky použitelné. Záleží jen na zákazníkovi, která bude více splňovat jeho představy a vyhovovat jeho potřebám a požadavkům.

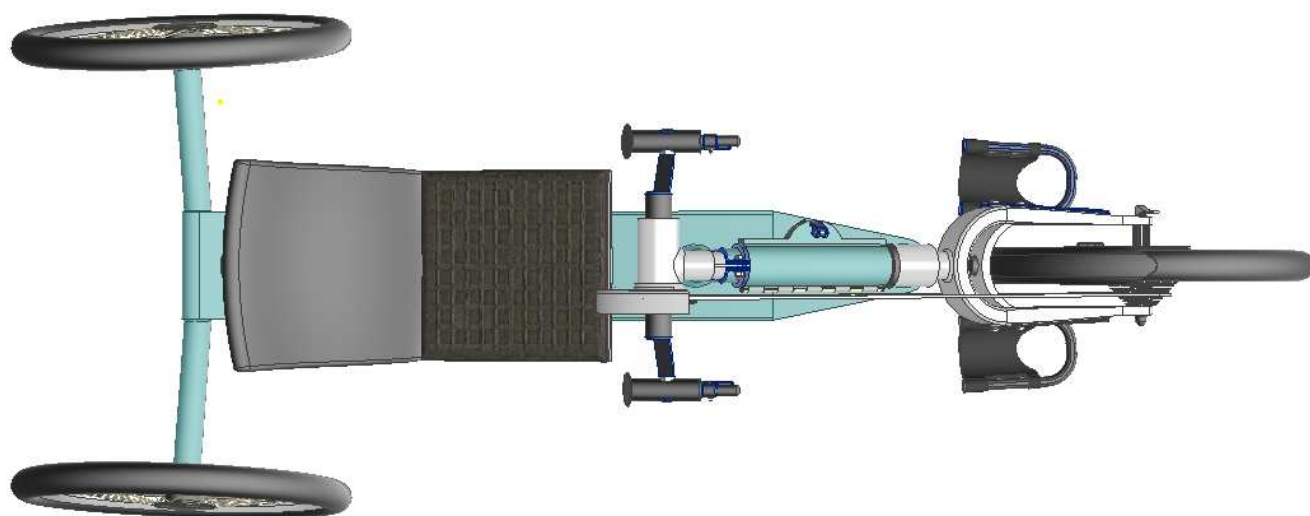
Seznam použité literatury

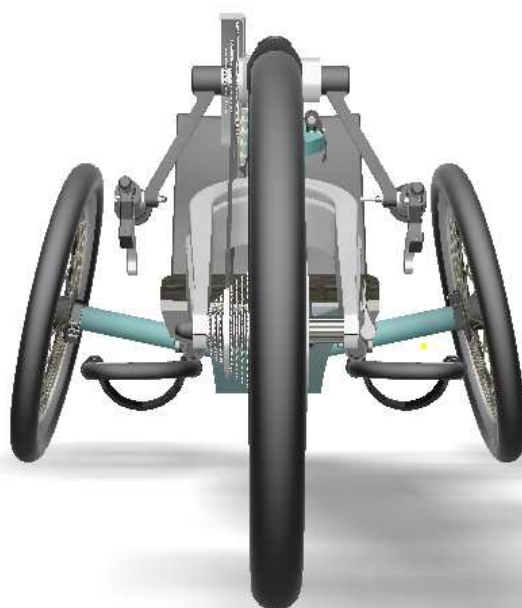
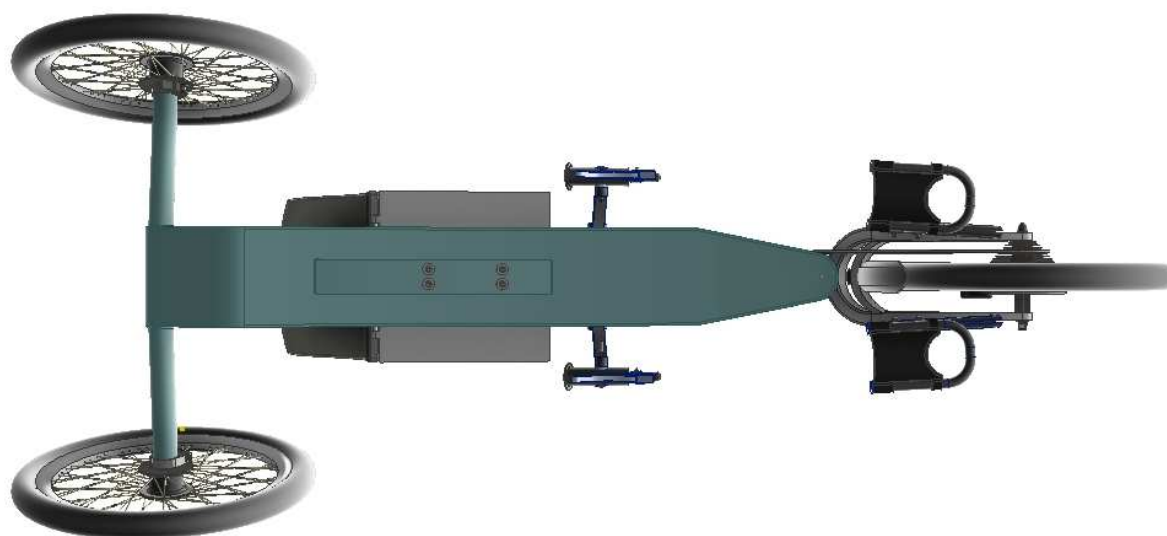
- [1] MTBS. Historie. [online]. [cit. 16.12.2010]
<http://mtbs.cz/clanek/handcycling-jizda-na-trech-kolech/kategorie/ostatni#.V8aLZvmLQ-U>.
- [2] VOZEJKOV. Vývoj handbiku u nás a ve světě. [online]. [cit. 25.2.2013].
<http://vozejkov.cz/Articles/detail/novy-cesky-handbike-r2blade/>
- [3] ČIHÁK, R., GRIM, M., Anatomie 1, 3. upr. a dopl. vyd., Grada, 2011,
ISBN: 978-80-247-3817-8, 552 stran
- [4] OPĚRNÁ SOUSTAVA - obrázky. Přírodopis pro osmičku. [online]. [cit. 2016]
<http://www.prirodopisprosmicku.estranky.cz/fotoalbum/operna-soustava/obratel.html>
- [5] POHYBLIVOST PÁTEŘE. Univerzita Palackého v Olomouci. [online].
http://ftk.upol.cz/fileadmin/user_upload/FTK-katedry/biomechanika/APBMF_Pater_red.pdf
- [6] WIKIPEDIA. Mícha. [online]. [cit. 5.1.2017].
<https://cs.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADcha>
- [7] WIKISKRIPTA. Medulla spinalis. [online]. [cit. 28.4.2016]
http://www.wikiskripta.eu/index.php/Medulla_spinalis
- [8] SKOLAJECNA. Mícha páteřní. [online].
http://skolajecna.cz/biologie/Sources/Textbook_Textbook.php?intSectionId=91000
- [9] MAČÁK, J., MAČÁKOVÁ, J., DVOŘÁČKOVÁ, J.; GRADA Publishing, 2012,
ISBN 978-80-247-3530-6, 376 stran
- [10] VELKÝ LÉKAŘSKÝ SLOVNÍK. Hemiparéza. [online].
<http://lekarske.slovniky.cz/lexikon-pojem/hemipareza-1>
- [11] NA POMOC DAVIDOVI. Kvadruplegie. [online].
<http://www.pomozte-davidovi.hys.cz/kvadruplegie>
- [12] Z.M. Nemoci a poranění míchy. [online]. [cit. 4.2.2015]
<http://www.zbynekmlcoch.cz/informace/medicina/neurologie-nemoci-vysetreni/nemoci-a-poraneni-michy-priznaky-projevy-symptomy-lecba>
- [13] Léčba a rehabilitace pacientů s míšními lézemi. Roho antidekubitní podložka. [online].
[reklamní brožura].
http://www.spinalcord.cz/_userfiles/dokumenty/publikace/lecba-a-rehabilitace-pacientu-s-misni-lezi.pdf
- [14] KAŇKOVÁ, H., Posouzení vlivu motorického postižení na omezení aktivit denního života, Bakalářská práce, ZČU, FZS, Plzeň 2012

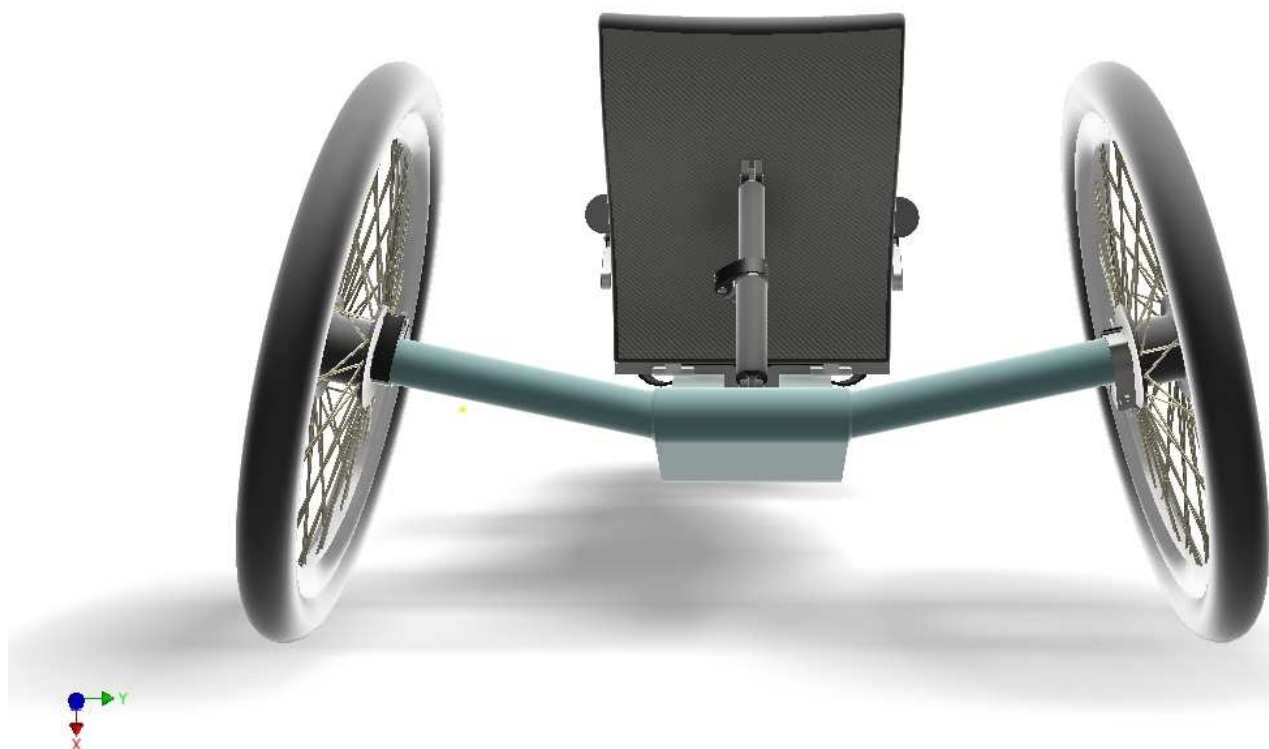
- [15] HANDBIKE CYKLISTIKA. [ONLINE]. [cit. 2015].
www2.teiresias.muni.cz/hybridbook/app/index.php?page=prave_ctu&bookid=1139
- [16] OTTO BOCK. E-mano 3. [online]. [cit. 2013].
<http://www.ottobock.co.za/en/wheelchairs-seating-solutions/active-sport-and-outdoor/sport-and-outdoor/handbikes-emanos/>
- [17] COMP. Elektro handbike. [online]. [reklamní brožura].
<http://handbike-comp.cz/elektro-handbike>
- [18] CARBONBIKE. Handbike. [online]. [reklamní brožura].
<http://www.carbonbike.ch/?lang=2>
- [19] TOP END. Handbike Invacare. [online]. [reklamní brožura].
<http://topendwheelchair.com.au/product/topend-force-k/>
- [20] MILADA LANGFELNEROVÁ. Nervová soustava. [online]. [cit. 24.8.2015].
<http://milada-langfelnerova.cz/nervova-soustava-nervy/>
- [21] ČERVENÝ, Š., Handbike pro tělesně postižené, Diplomová práce, ZČU, FST, Plzeň 2012
- [22] CYKLOBANDA. Servisní školička. Kola a ráfky. [online]. [cit. 13.2.2006].
<http://www.cyklobanda.com/index.php?page=servis/skolicka/popis>
- [23] 11ANTS. Rohloff. [online].
<https://11antsbikes.com/gearboxes/>
- [24] LUDIA LUDOM. Terénny Handbike pre Tomáša. Beach bike. Obrázek. [online].
<http://www.ludialudom.sk/vyzvy/3572>
- [25] HOSNEDL, S., Systémové navrhování technických produktů, KKS/FST, ZČU, Plzeň 2012, ISBN 978-80-261-0125-3, 172 stran
- [26] HRDLIČKA, F. Terénní handbike, Diplomová práce, ZČU, FST, Plzeň 2015
- [27] KME_ZČU_biomechanika. Studijní materiály. Hmotnost těla. [online].
www.kme.zcu.cz/download/predmety/bio/segmenty.pdf
- [28] BOMEX. Technologie. [online]. [cit. 2016]
<http://www.bomex.cz/technologie/eloxovani>
- [29] MITCALC. Čepové a kolíkové spoje. [online].
<http://www.mitcalc.com/doc/pins/help/cz/pinstxt.htm>
- [30] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra. Brno: Computer Press, 1999

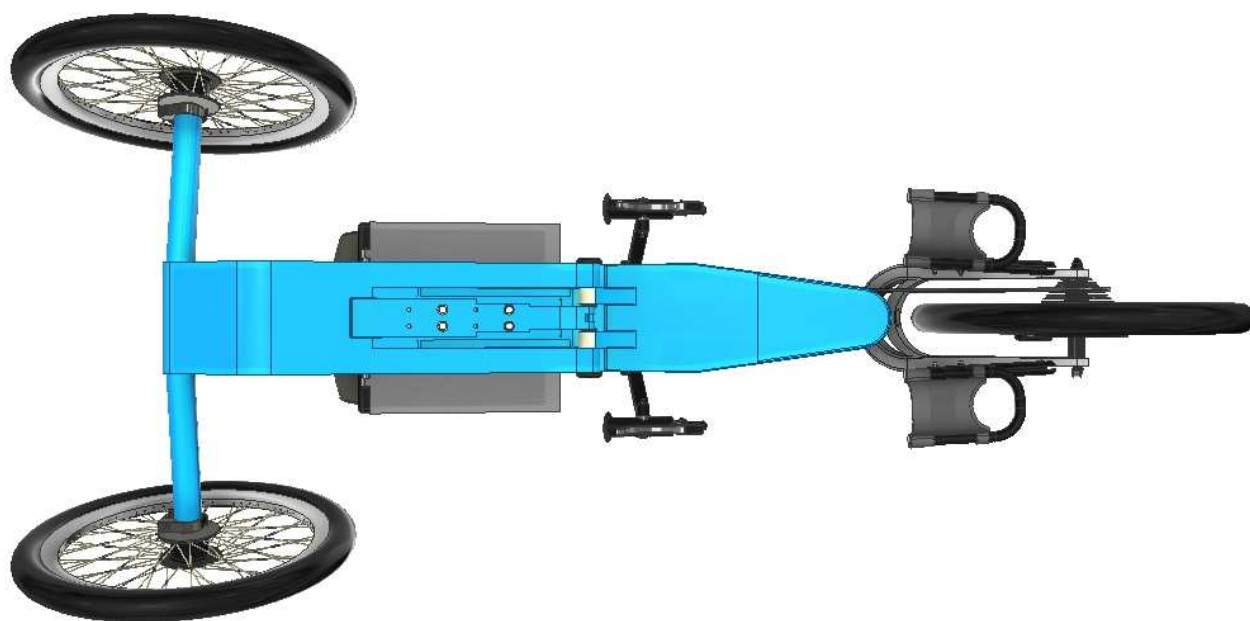
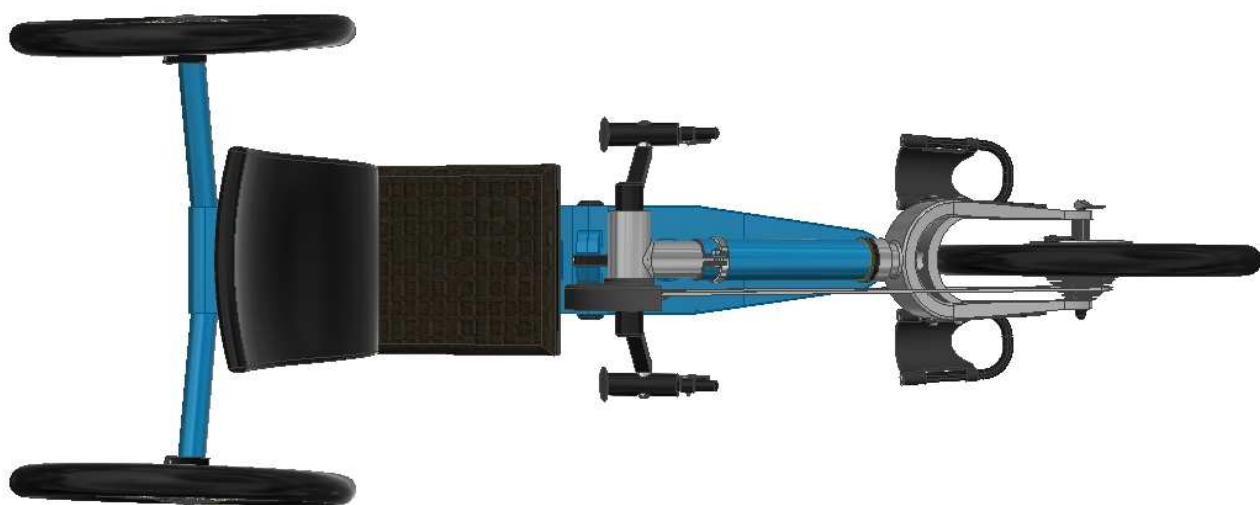
Příloha č. 1

Obrazová dokumentace









Příloha č. 2

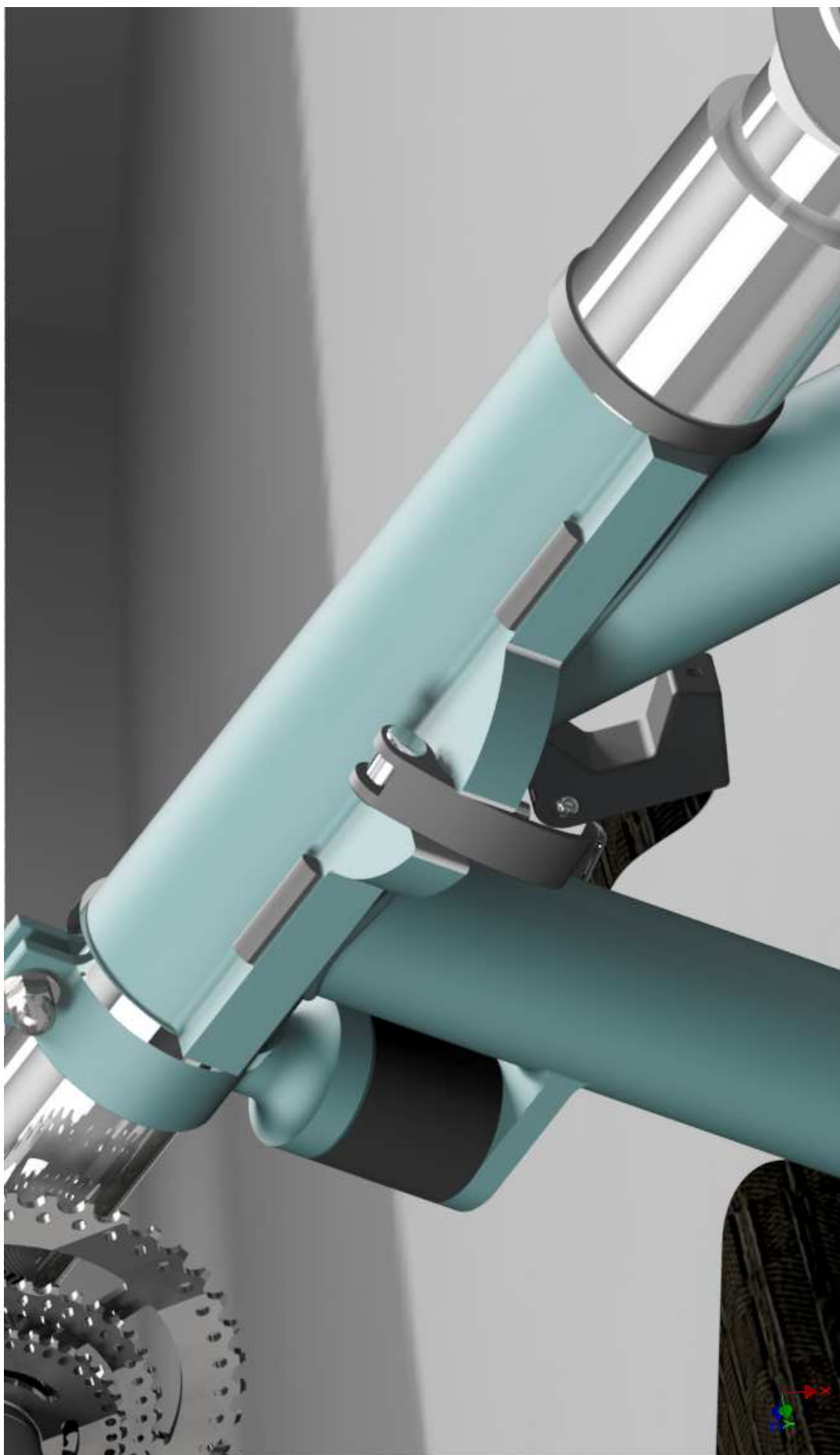
Rendr sestavy













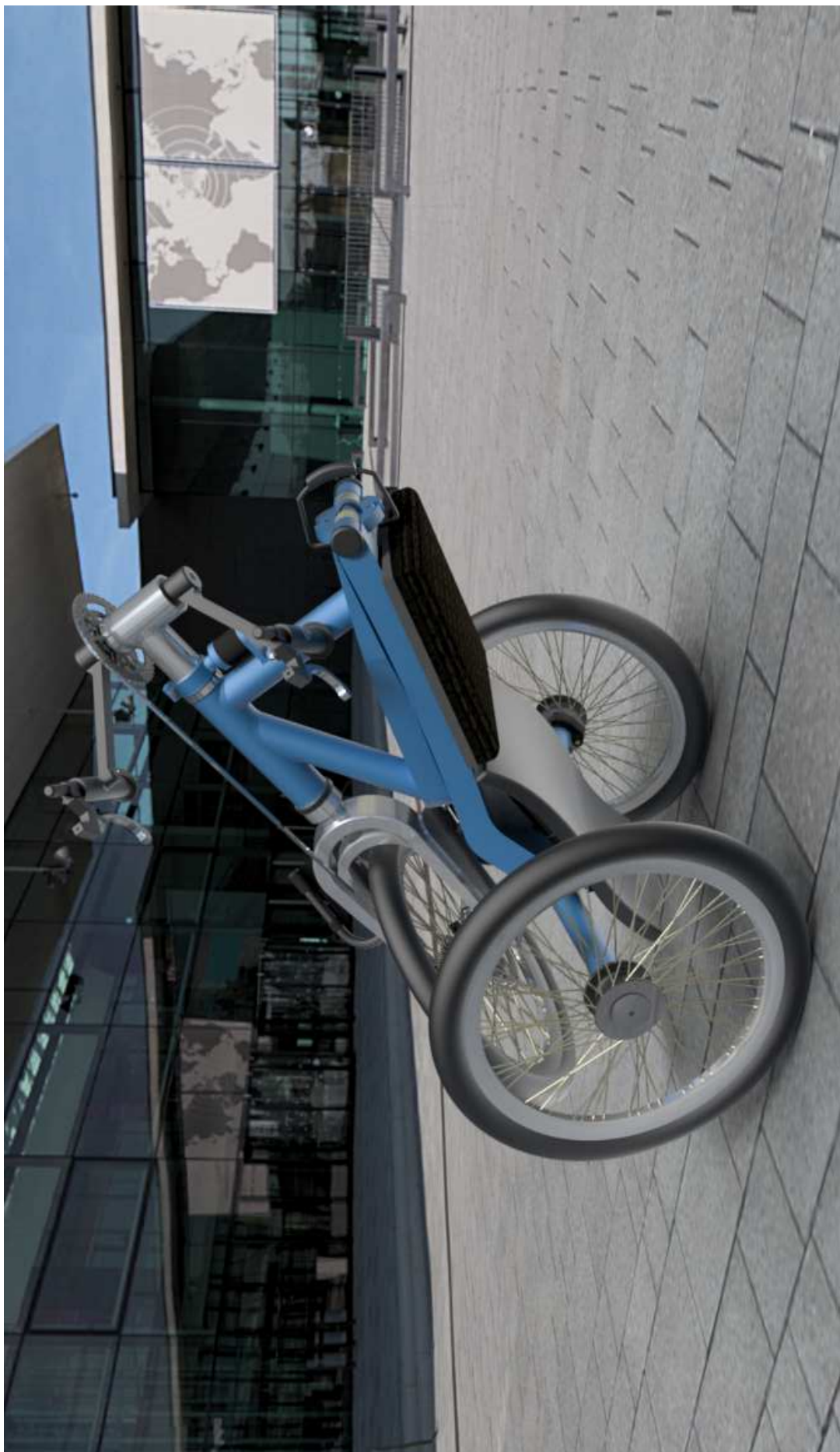












Příloha č. 3

Podíl hmotnosti segmentů těla na jeho celkové hmotnosti

Pro účely této diplomové práce je možné lidské tělo rozdělit na dvě části, tedy na horní a dolní polovinu. Horní polovina bude zahrnovat tyto segmenty: hlavu, trup, nadloktí, předloktí a ruce. Do dolní poloviny pak budou patřit celé dolní končetiny. K výpočtu poslouží následující tabulka. Hodnoty je nutné považovat pouze za orientační, jelikož u ochrnutých osob se může hmotnostní poměr, vzhledem ke svalové atrofii dolních končetin, lišit.

Segment	Hmotnostní podíl
Hlava	0,074
Trup	0,448
Stehno	0,124
Bérec	0,046
Noha	0,016
Nadloktí	0,029
Předloktí	0,017
Ruka	0,007

Hmotnostní podíly jednotlivých segmentů lidského těla [27]

Bude-li tedy uvažována hmotnost osoby 120 kg, její části těla budou mít hmotnost:

Hlava:	$120 \cdot 0,074 = 8,88 \text{ kg}$
Trup:	$120 \cdot 0,448 = 53,76 \text{ kg}$
Nadloktí:	$120 \cdot 0,029 \cdot 2 = 3,48 \text{ kg}$
Předloktí:	$120 \cdot 0,017 \cdot 2 = 2,04 \text{ kg}$
Ruka:	$120 \cdot 0,007 \cdot 2 = 0,84 \text{ kg}$

Z těchto údajů vyplývá, že celá horní polovina těla bude vážit 75,36 kg. Dolní končetiny pak budou vážit:

$$120 - 75,36 = 44,64 \text{ kg}$$

V případě průměrné hmotnosti 90 kg budou hodnoty následující:

Hlava:	$90 \cdot 0,074 = 6,66 \text{ kg}$
Trup:	$90 \cdot 0,448 = 40,32 \text{ kg}$
Nadloktí:	$90 \cdot 0,029 \cdot 2 = 5,22 \text{ kg}$
Předloktí:	$90 \cdot 0,017 \cdot 2 = 3,06 \text{ kg}$
Ruka:	$90 \cdot 0,007 \cdot 2 = 1,26 \text{ kg}$

Pro dolní končetiny:

$$90 - 56,52 = 33,48 \text{ kg}$$

Příloha č. 4

Souhrn výsledků MKP analýzy

Data vyexportovaná ke grafu 1 (napětí – Rám: řešení 1, bez žeber)

	Délka [mm]	Průměrné [MPa]	Ohybové [MPa]	Průměrné + ohybové [MPa]	Špička [MPa]	Celkové [MPa]
1	0	7,3203	20,48	27,182	1,2457	26,573
2	0,1093	7,3203	19,627	26,336	1,1217	25,811
3	0,2186	7,3203	18,774	25,49	0,9989	25,05
4	0,3279	7,3203	17,92	24,644	0,87789	24,29
5	0,4372	7,3203	17,067	23,799	0,75948	23,531
6	0,5465	7,3203	16,214	22,955	0,64509	22,774
7	0,6558	7,3203	15,36	22,111	0,5373	22,018
8	0,7651	7,3203	14,507	21,268	0,44098	21,263
9	0,8744	7,3203	13,654	20,426	0,3653	20,511
10	0,9837	7,3203	12,8	19,585	0,32504	19,76
11	1,093	7,3203	11,947	18,745	0,33327	19,011
12	1,2023	7,3203	11,094	17,907	0,38691	18,265
13	1,3116	7,3203	10,24	17,069	0,47069	17,521
14	1,4209	7,3203	9,3869	16,234	0,5715	16,781
15	1,5302	7,3203	8,5335	15,4	0,52659	15,88
16	1,6395	7,3203	7,6802	14,569	0,51092	14,987
17	1,7488	7,3203	6,8268	13,741	0,52476	14,098
18	1,8581	7,3203	5,9735	12,915	0,56593	13,216
19	1,9674	7,3203	5,1201	12,094	0,6291	12,342
20	2,0767	7,3203	4,2668	11,277	0,70841	11,477
21	2,186	7,3203	3,4134	10,466	0,79906	10,625
22	2,2953	7,3203	2,5601	9,6628	0,89763	9,7871
23	2,4046	7,3203	1,7067	8,8686	1,0018	8,969
24	2,5139	7,3203	0,85335	8,0865	1,0223	8,1932
25	2,6232	7,3203	9,81E-15	7,3203	0,95384	7,4561
26	2,7325	7,3203	0,85335	6,5756	0,86706	6,7298
27	2,8418	7,3203	1,7067	5,8606	0,7829	6,0314
28	2,9511	7,3203	2,5601	5,1876	0,70121	5,3713
29	3,0604	7,3203	3,4134	4,5752	0,62298	4,7655
30	3,1697	7,3203	4,2668	4,0509	0,54967	4,2372
31	3,279	7,3203	5,1201	3,653	0,48354	3,8187
32	3,3883	7,3203	5,9735	3,4256	0,42792	3,5492
33	3,4976	7,3203	6,8268	3,4031	0,38775	3,4634
34	3,6069	7,3203	7,6802	3,5895	0,31337	3,6125
35	3,7162	7,3203	8,5335	3,9553	0,24297	3,9517
36	3,8255	7,3203	9,3869	4,4565	0,18127	4,4375
37	3,9348	7,3203	10,24	5,053	0,14023	5,0277
38	4,0441	7,3203	11,094	5,715	0,13948	5,6899
39	4,1534	7,3203	11,947	6,4224	0,17952	6,4017
40	4,2627	7,3203	12,8	7,1616	0,24079	7,1484
41	4,372	7,3203	13,654	7,9238	0,30906	7,9238
42	4,4813	7,3203	14,507	8,703	0,39761	8,6876

43	4,5906	7,3203	15,36	9,4949	0,48957	9,4652
44	4,6999	7,3203	16,214	10,297	0,58332	10,254
45	4,8092	7,3203	17,067	11,106	0,67813	11,051
46	4,9185	7,3203	17,92	11,922	0,7736	11,854
47	5,0278	7,3203	18,774	12,742	0,86951	12,663
48	5,1371	7,3203	19,627	13,567	0,96574	13,477
49	5,2464	7,3203	20,48	14,395	1,0622	14,294

Data vyexportovaná ke grafu 2 (napětí – Rám: řešení 1, bez žeber)

	Délka [mm]	Průměrné [MPa]	Ohybové [MPa]	Průměrné + ohybové [MPa]	Špička [MPa]	Celkové [MPa]
1	0	22,466	1,2495	23,107	0,26529	22,917
2	8,04E-02	22,466	1,1974	23,08	0,2359	22,911
3	0,16086	22,466	1,1454	23,052	0,20663	22,904
4	0,24128	22,466	1,0933	23,025	0,17747	22,898
5	0,32171	22,466	1,0413	22,997	0,14842	22,891
6	0,40214	22,466	0,9892	22,97	0,11948	22,884
7	0,48257	22,466	0,93713	22,942	9,06E-02	22,877
8	0,56299	22,466	0,88507	22,915	6,19E-02	22,87
9	0,64342	22,466	0,83301	22,888	3,33E-02	22,863
10	0,72385	22,466	0,78094	22,861	5,55E-03	22,856
11	0,80428	22,466	0,72888	22,834	2,40E-02	22,849
12	0,88471	22,466	0,67682	22,807	5,22E-02	22,841
13	0,96513	22,466	0,62476	22,78	8,04E-02	22,834
14	1,0456	22,466	0,57269	22,754	0,1086	22,826
15	1,126	22,466	0,52063	22,727	0,13668	22,818
16	1,2064	22,466	0,46857	22,701	0,15042	22,802
17	1,2868	22,466	0,4165	22,674	0,14415	22,773
18	1,3673	22,466	0,36444	22,648	0,1378	22,744
19	1,4477	22,466	0,31238	22,622	0,13135	22,715
20	1,5281	22,466	0,26031	22,595	0,12479	22,686
21	1,6086	22,466	0,20825	22,569	0,11812	22,656
22	1,689	22,466	0,15619	22,543	0,11133	22,626
23	1,7694	22,466	0,10413	22,517	0,10442	22,596
24	1,8498	22,466	5,21E-02	22,492	9,74E-02	22,566
25	1,9303	22,466	7,02E-16	22,466	9,02E-02	22,536
26	2,0107	22,466	5,21E-02	22,44	8,29E-02	22,506
27	2,0911	22,466	0,10413	22,415	7,54E-02	22,475
28	2,1715	22,466	0,15619	22,389	6,78E-02	22,444
29	2,252	22,466	0,20825	22,364	6,00E-02	22,413
30	2,3324	22,466	0,26031	22,339	5,21E-02	22,382
31	2,4128	22,466	0,31238	22,314	4,41E-02	22,351
32	2,4933	22,466	0,36444	22,289	3,60E-02	22,32
33	2,5737	22,466	0,4165	22,264	2,78E-02	22,288
34	2,6541	22,466	0,46857	22,239	1,98E-02	22,256

35	2,7345	22,466	0,52063	22,214	1,28E-02	22,225
36	2,815	22,466	0,57269	22,189	9,63E-03	22,192
37	2,8954	22,466	0,62476	22,165	1,39E-02	22,16
38	2,9758	22,466	0,67682	22,14	2,18E-02	22,128
39	3,0563	22,466	0,72888	22,116	3,09E-02	22,095
40	3,1367	22,466	0,78094	22,091	4,05E-02	22,063
41	3,2171	22,466	0,83301	22,067	5,04E-02	22,03
42	3,2975	22,466	0,88507	22,043	6,06E-02	21,997
43	3,378	22,466	0,93713	22,019	7,11E-02	21,964
44	3,4584	22,466	0,9892	21,995	8,18E-02	21,931
45	3,5388	22,466	1,0413	21,971	9,28E-02	21,897
46	3,6192	22,466	1,0933	21,948	0,10403	21,864
47	3,6997	22,466	1,1454	21,924	0,11547	21,83
48	3,7801	22,466	1,1974	21,9	0,10858	21,813
49	3,8605	22,466	1,2495	21,877	0,13906	21,763

Data vyexportovaná ke grafu 3 (napětí – Vidlice: řešení 1)

	Délka [mm]	Průměrné [MPa]	Ohybové [MPa]	Průměrné + ohybové [MPa]	Špička [MPa]	Celkové [MPa]
1	0	17,837	8,4184	26,246	0,21354	26,363
2	0,26717	17,837	8,0676	25,895	0,19856	26,006
3	0,53435	17,837	7,7169	25,545	0,18305	25,648
4	0,80152	17,837	7,3661	25,194	0,16699	25,289
5	1,0687	17,837	7,0153	24,844	0,15041	24,929
6	1,3359	17,837	6,6646	24,493	0,13332	24,567
7	1,603	17,837	6,3138	24,143	0,11583	24,205
8	1,8702	17,837	5,963	23,792	9,81E-02	23,842
9	2,1374	17,837	5,6123	23,442	8,04E-02	23,478
10	2,4046	17,837	5,2615	23,092	6,38E-02	23,112
11	2,6717	17,837	4,9107	22,741	4,75E-02	22,744
12	2,9389	17,837	4,56	22,391	4,04E-02	22,375
13	3,2061	17,837	4,2092	22,04	4,91E-02	22,006
14	3,4733	17,837	3,8584	21,69	6,77E-02	21,636
15	3,7404	17,837	3,5077	21,34	8,74E-02	21,269
16	4,0076	17,837	3,1569	20,989	8,82E-02	20,919
17	4,2748	17,837	2,8061	20,639	9,14E-02	20,569
18	4,542	17,837	2,4554	20,289	9,68E-02	20,219
19	4,8091	17,837	2,1046	19,939	0,10193	19,868
20	5,0763	17,837	1,7538	19,588	0,10632	19,518
21	5,3435	17,837	1,4031	19,238	0,11161	19,168
22	5,6107	17,837	1,0523	18,888	0,11768	18,818
23	5,8778	17,837	0,70153	18,538	0,1244	18,468
24	6,145	17,837	0,35077	18,187	0,13258	18,115
25	6,4122	17,837	1,75E-15	17,837	0,13464	17,777
26	6,6794	17,837	0,35077	17,487	0,14178	17,44

27	6,9465	17,837	0,70153	17,137	0,15375	17,101
28	7,2137	17,837	1,0523	16,787	0,17023	16,759
29	7,4809	17,837	1,4031	16,437	0,18864	16,417
30	7,7481	17,837	1,7538	16,087	0,20849	16,019
31	8,0152	17,837	2,1046	15,737	0,19465	15,696
32	8,2824	17,837	2,4554	15,387	0,18431	15,374
33	8,5496	17,837	2,8061	15,037	0,16461	15,027
34	8,8168	17,837	3,1569	14,687	0,14659	14,682
35	9,0839	17,837	3,5077	14,337	0,12887	14,338
36	9,3511	17,837	3,8584	13,987	0,11116	13,993
37	9,6183	17,837	4,2092	13,638	9,50E-02	13,649
38	9,8855	17,837	4,56	13,288	7,94E-02	13,304
39	10,153	17,837	4,9107	12,938	6,55E-02	12,959
40	10,42	17,837	5,2615	12,589	4,20E-02	12,614
41	10,687	17,837	5,6123	12,239	3,77E-02	12,269
42	10,954	17,837	5,963	11,89	7,12E-02	11,923
43	11,221	17,837	6,3138	11,541	0,11267	11,578
44	11,489	17,837	6,6646	11,191	0,15594	11,233
45	11,756	17,837	7,0153	10,842	0,19983	10,889
46	12,023	17,837	7,3661	10,493	0,24401	10,544
47	12,29	17,837	7,7169	10,144	0,28835	10,2
48	12,557	17,837	8,0676	9,7956	0,33279	9,8554
49	12,824	17,837	8,4184	9,4469	0,3773	9,5115

Data vyexportovaná ke grafu 4 (napětí – Vidlice: řešení 1)

	Délka [mm]	Průměrné [MPa]	Ohybové [MPa]	Průměrné + ohybové [MPa]	Špička [MPa]	Celkové [MPa]
1	0	8,3298	11,723	15,614	5,09E-03	15,618
2	0,10468	8,3298	11,234	15,2	4,88E-03	15,204
3	0,20935	8,3298	10,746	14,79	4,67E-03	14,794
4	0,31403	8,3298	10,257	14,386	4,45E-03	14,39
5	0,4187	8,3298	9,7688	13,987	4,24E-03	13,99
6	0,52338	8,3298	9,2804	13,594	4,03E-03	13,597
7	0,62805	8,3298	8,792	13,207	3,82E-03	13,21
8	0,73273	8,3298	8,3035	12,827	3,61E-03	12,83
9	0,8374	8,3298	7,8151	12,455	3,39E-03	12,457
10	0,94208	8,3298	7,3266	12,09	3,18E-03	12,093
11	1,0468	8,3298	6,8382	11,735	2,97E-03	11,738
12	1,1514	8,3298	6,3497	11,39	2,76E-03	11,392
13	1,2561	8,3298	5,8613	11,056	2,55E-03	11,058
14	1,3608	8,3298	5,3729	10,733	2,33E-03	10,735
15	1,4655	8,3298	4,8844	10,424	2,12E-03	10,425
16	1,5701	8,3298	4,396	10,128	1,91E-03	10,129
17	1,6748	8,3298	3,9075	9,848	1,70E-03	9,8489
18	1,7795	8,3298	3,4191	9,5845	1,48E-03	9,5853

19	1,8842	8,3298	2,9307	9,3392	1,27E-03	9,3398
20	1,9888	8,3298	2,4422	9,1134	1,06E-03	9,1139
21	2,0935	8,3298	1,9538	8,9088	8,48E-04	8,9091
22	2,1982	8,3298	1,4653	8,7267	6,36E-04	8,7269
23	2,3029	8,3298	0,97688	8,5686	4,24E-04	8,5688
24	2,4075	8,3298	0,48844	8,4359	2,12E-04	8,436
25	2,5122	8,3298	4,84E-15	8,3298	1,11E-14	8,3298
26	2,6169	8,3298	0,48844	8,2512	2,12E-04	8,2512
27	2,7216	8,3298	0,97688	8,2011	4,24E-04	8,201
28	2,8262	8,3298	1,4653	8,1798	6,36E-04	8,1798
29	2,9309	8,3298	1,9538	8,1877	8,48E-04	8,1877
30	3,0356	8,3298	2,4422	8,2246	1,06E-03	8,2247
31	3,1403	8,3298	2,9307	8,2902	1,27E-03	8,2904
32	3,2449	8,3298	3,4191	8,3838	1,48E-03	8,3841
33	3,3496	8,3298	3,9075	8,5045	1,70E-03	8,5049
34	3,4543	8,3298	4,396	8,6511	1,91E-03	8,6517
35	3,559	8,3298	4,8844	8,8223	2,12E-03	8,8231
36	3,6636	8,3298	5,3729	9,0168	2,33E-03	9,0177
37	3,7683	8,3298	5,8613	9,233	2,55E-03	9,2342
38	3,873	8,3298	6,3497	9,4695	2,76E-03	9,4709
39	3,9777	8,3298	6,8382	9,7248	2,97E-03	9,7264
40	4,0823	8,3298	7,3266	9,9975	3,18E-03	9,9993
41	4,187	8,3298	7,8151	10,286	3,39E-03	10,288
42	4,2917	8,3298	8,3035	10,589	3,61E-03	10,592
43	4,3964	8,3298	8,792	10,906	3,82E-03	10,909
44	4,501	8,3298	9,2804	11,235	4,03E-03	11,238
45	4,6057	8,3298	9,7688	11,576	4,24E-03	11,579
46	4,7104	8,3298	10,257	11,926	4,45E-03	11,93
47	4,8151	8,3298	10,746	12,286	4,67E-03	12,29
48	4,9197	8,3298	11,234	12,655	4,88E-03	12,659
49	5,0244	8,3298	11,723	13,032	5,09E-03	13,035

Data vyexportovaná ke grafu 6 (napětí – Vidlice: řešení 2)

	Délka [mm]	Průměrné [MPa]	Ohybové [MPa]	Průměrné + ohybové [MPa]	Špička [MPa]	Celkové [MPa]
1	0	16,813	6,1113	22,9	1,3691	22,007
2	0,16535	16,813	5,8567	22,646	1,22	21,869
3	0,3307	16,813	5,602	22,393	1,0744	21,719
4	0,49605	16,813	5,3474	22,139	0,92788	21,575
5	0,6614	16,813	5,0927	21,885	0,78238	21,433
6	0,82675	16,813	4,8381	21,631	0,63862	21,291
7	0,9921	16,813	4,5835	21,377	0,49817	21,149
8	1,1574	16,813	4,3288	21,123	0,36495	21,009
9	1,3228	16,813	4,0742	20,87	0,25088	20,869
10	1,4881	16,813	3,8196	20,616	0,19359	20,73
11	1,6535	16,813	3,5649	20,362	0,23845	20,592
12	1,8188	16,813	3,3103	20,108	0,34805	20,454
13	1,9842	16,813	3,0556	19,855	0,3531	20,198
14	2,1495	16,813	2,801	19,601	0,35428	19,932
15	2,3149	16,813	2,5464	19,347	0,36089	19,666
16	2,4802	16,813	2,2917	19,094	0,37284	19,398
17	2,6456	16,813	2,0371	18,84	0,3898	19,13
18	2,8109	16,813	1,7825	18,587	0,41133	18,861
19	2,9763	16,813	1,5278	18,333	0,4383	18,591
20	3,1416	16,813	1,2732	18,08	0,45814	18,323
21	3,307	16,813	1,0185	17,826	0,48029	18,054
22	3,4723	16,813	0,76391	17,573	0,50446	17,786
23	3,6377	16,813	0,50927	17,319	0,53037	17,518
24	3,803	16,813	0,25464	17,066	0,55777	17,25
25	3,9684	16,813	5,61E-15	16,813	0,58646	16,983
26	4,1337	16,813	0,25464	16,559	0,61625	16,716
27	4,2991	16,813	0,50927	16,306	0,647	16,449
28	4,4644	16,813	0,76391	16,053	0,67857	16,182
29	4,6298	16,813	1,0185	15,8	0,71085	15,915
30	4,7951	16,813	1,2732	15,547	0,74376	15,649
31	4,9605	16,813	1,5278	15,294	0,75101	15,429
32	5,1258	16,813	1,7825	15,041	0,73026	15,279
33	5,2912	16,813	2,0371	14,788	0,72832	15,13
34	5,4565	16,813	2,2917	14,535	0,75414	14,989
35	5,6219	16,813	2,5464	14,282	0,75163	14,806
36	5,7872	16,813	2,801	14,029	0,7377	14,6
37	5,9526	16,813	3,0556	13,777	0,54823	14,216
38	6,1179	16,813	3,3103	13,524	0,36468	13,836
39	6,2833	16,813	3,5649	13,272	0,19771	13,458
40	6,4486	16,813	3,8196	13,019	0,12852	13,085
41	6,614	16,813	4,0742	12,767	0,25104	12,714
42	6,7793	16,813	4,3288	12,515	0,42	12,347

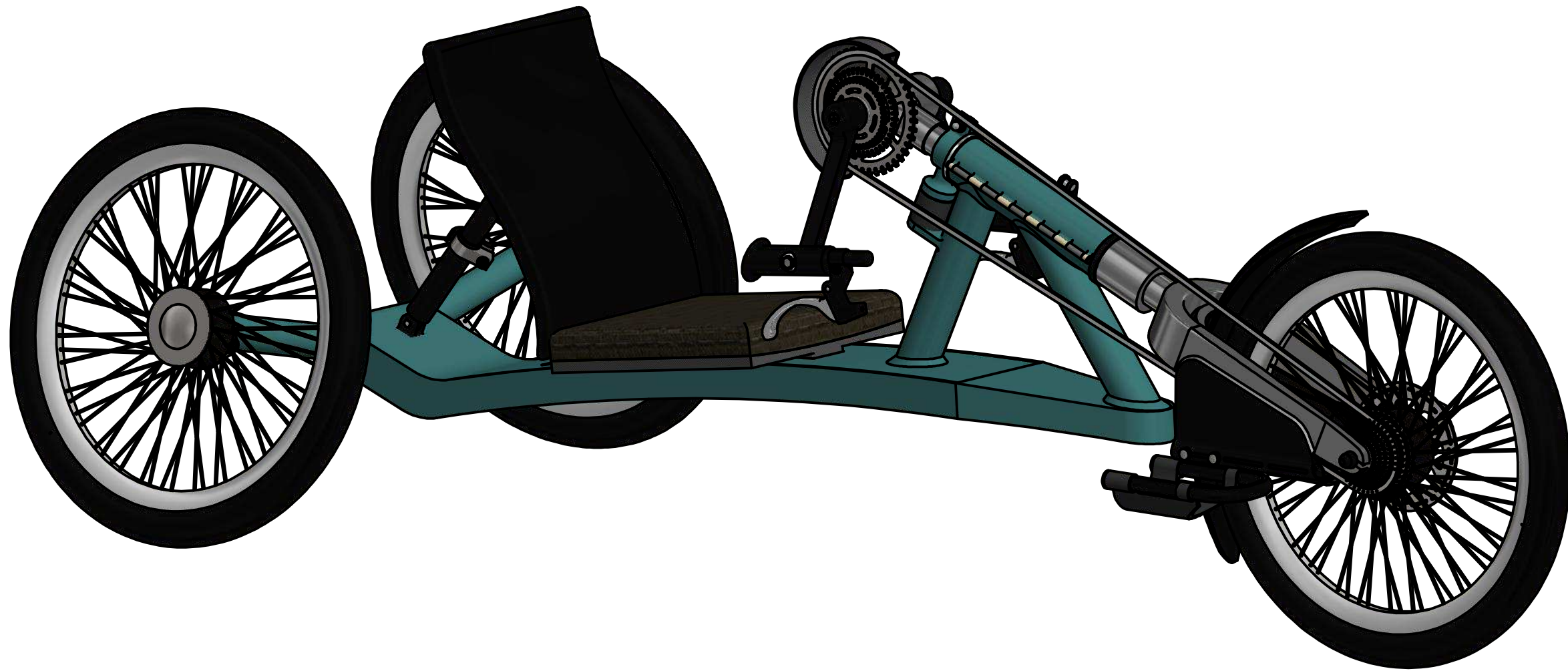
43	6,9447	16,813	4,5835	12,262	0,59543	11,983
44	7,11	16,813	4,8381	12,01	0,7716	11,623
45	7,2754	16,813	5,0927	11,758	0,94704	11,266
46	7,4407	16,813	5,3474	11,507	1,1212	10,914
47	7,6061	16,813	5,602	11,255	1,2939	10,564
48	7,7714	16,813	5,8567	11,003	1,4651	10,219
49	7,9368	16,813	6,1113	10,752	1,6346	9,8784

Příloha č. 5

Výkresová dokumentace

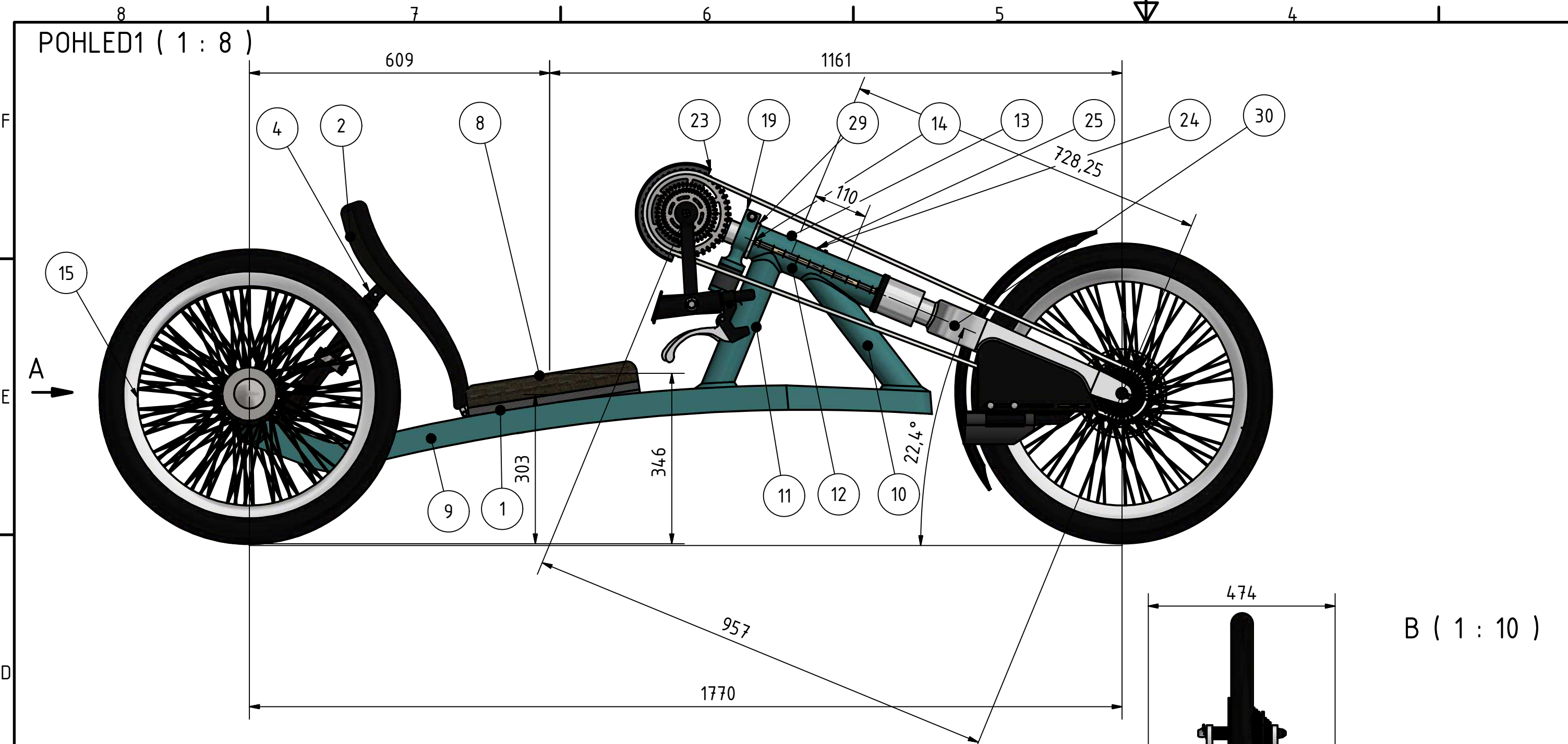
NÁVRH REKREAČNÍHO VOZÍKU HANDBIKE PRO TĚLESNĚ POSTIŽENÉ

KONSTRUKČNĚ IDEOVÝ POHLED

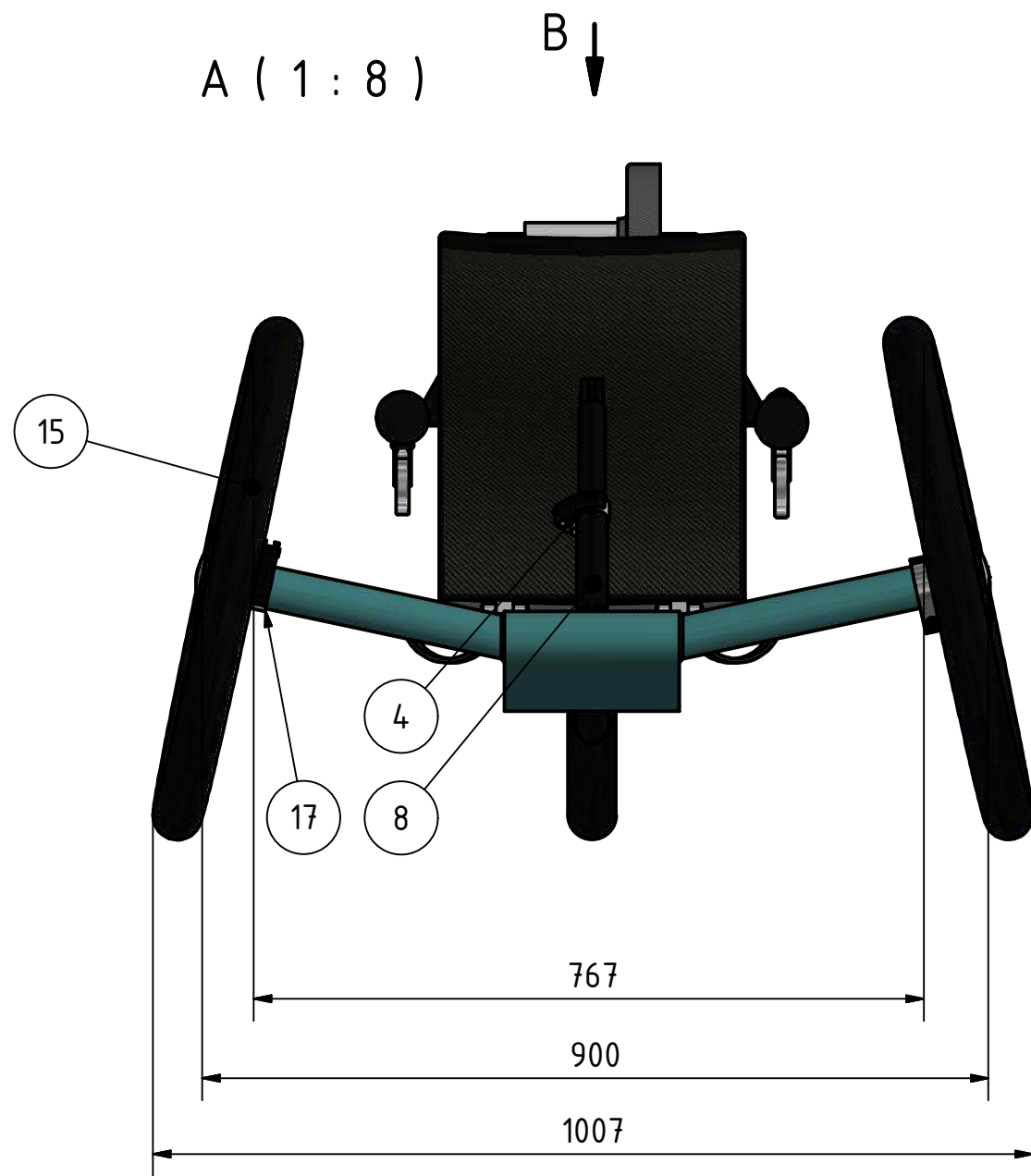


KKS/KZT				PETRA MATVIJOVÁ	
		Datum	Jméno	ŘEŠENÍ 1 KONSTRUKČNĚ IDEOVÝ POHLED	
		Nakreslen	Petra		
		Zkontrolován			
		Norma			
				DP-17/1-1	KIP - SESTAVA 1
Stav	Změny	Datum	Jméno		2 A3

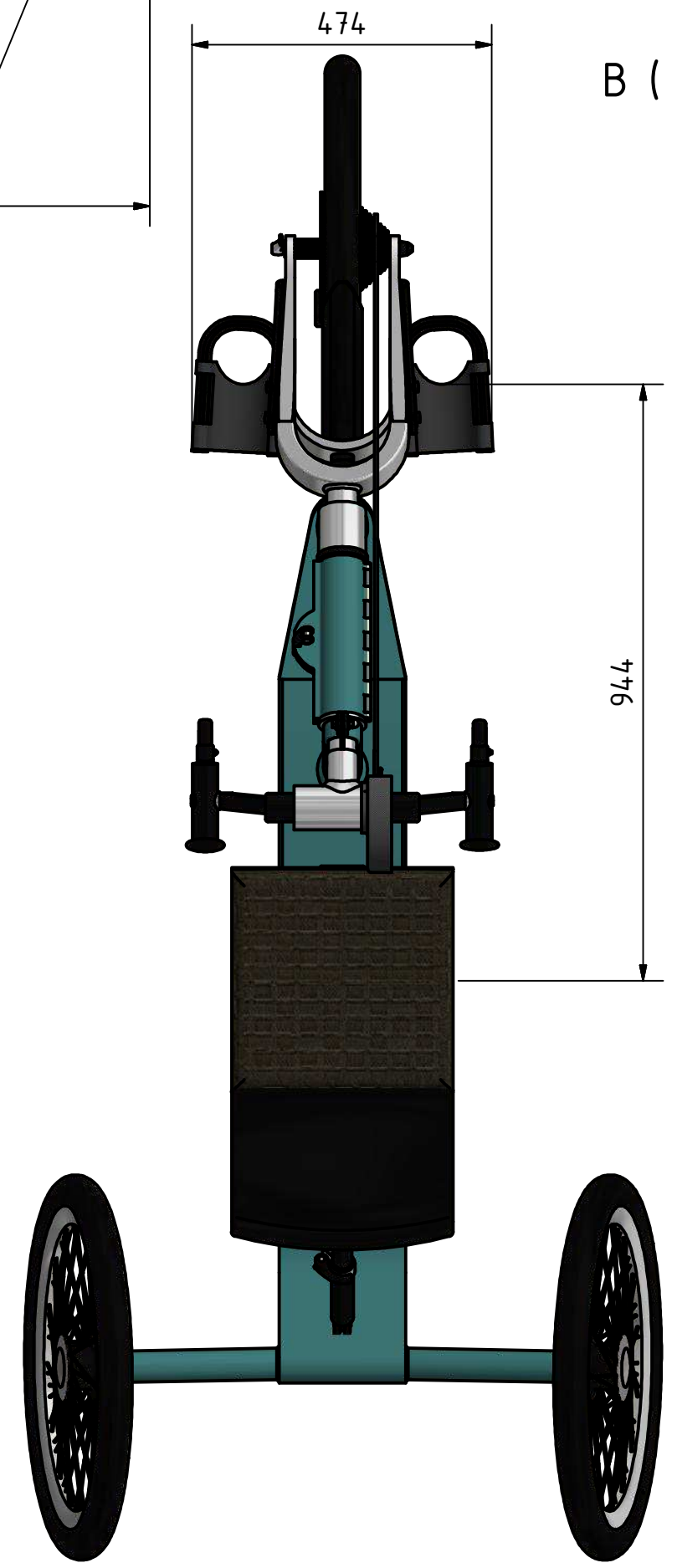
POHLED1 (1 : 8)



A (1 : 8)



B (1 : 10)



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Sedací základ	
2	1	Anatomická opěrka	
3	1	Polohovací trubka vnější	
4	1	Polohovací trubka vnitřní	
5	1	Rychloupínací systém - průměr 35	
6	4	AS 1420 - 1973 - M8 x 30	Šrouby ISO metrické s hlavou s vnitřním šestihranem
7	4	AS 1971 - 8	Sady šroubů a podložek (metrický systém)
8	1	Podsedák	
9	1	Rám - hlavní část	
10	1	Vzpěrná trubka A	
11	1	Vzpěrná trubka B	
12	1	Část vidlice pevná	
13	1	Část vidlice posuvná	
14	1	Spojovací hřídel	
15	2	Kolo zadní 24 palců	
16	6	Rolling bearing B7000AC B7001 AC GB/T 292	Rolling bearings - Angular contact ball bearings - Boundary dimensions
17	2	Rychloupínací systém	
18	1	Zadní náprava	
19	1	Silentblok	
20	2	ANSI B18.22M - 8 N	Ploché podložky metrické
21	1	ANSI B 18.6.7 M / IFI 513 - M8 x 1,25 x 30	Strojní šroub s plně zataženou šestihrannou hlavou
22	1	KS B 1026 Type 1 - M8	Šestihranná matice uzavřená
23	1	Krytí předního tácu	
24	1	Čep	
25	1	Páčka	
26	1	Podložka	
27	2	Podložka 2	
28	1	AS 1112 - M8 Typ 5	Šestihranné matice ISO metrické, včetně nízkých, s drážkou a korunových
29	1	Kroužek mezi vidlicí a silentbloomem	
30	1	Vidlice - použitá sestava	

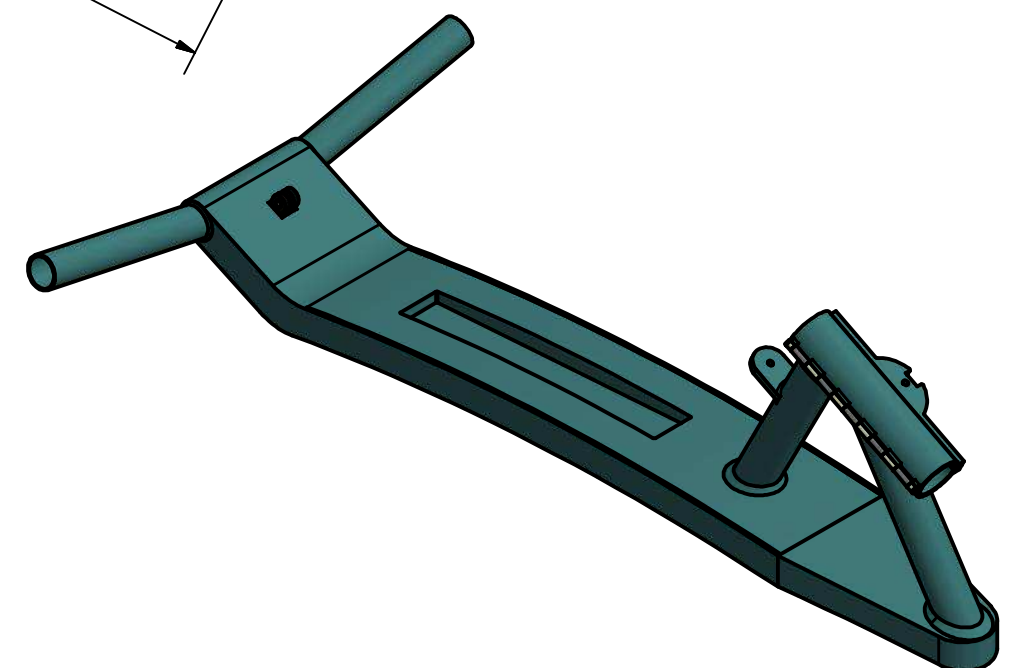
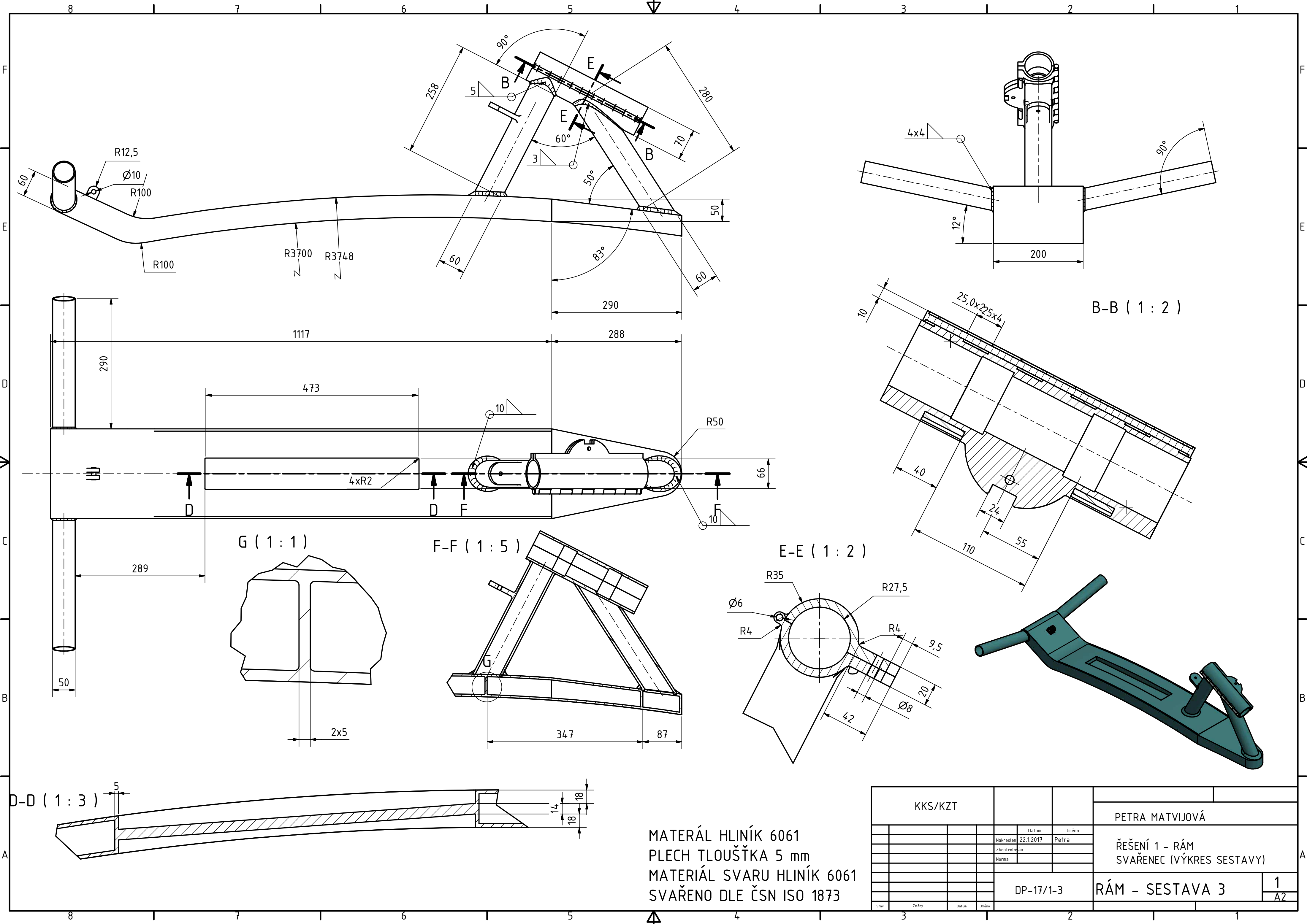
KKS/KZT		Datum		Jméno	
		21.1.2017		Petra	
		Nakreslen			
		Zkontrolován			
		Norma			
DP-17/1-2				ŘEŠENÍ 1 - SESTAVA 2	
				1 / A2	

PETRA MATVIJOVÁ

HANDBIKE ŘEŠENÍ 1
VÝKRES SESTAVY

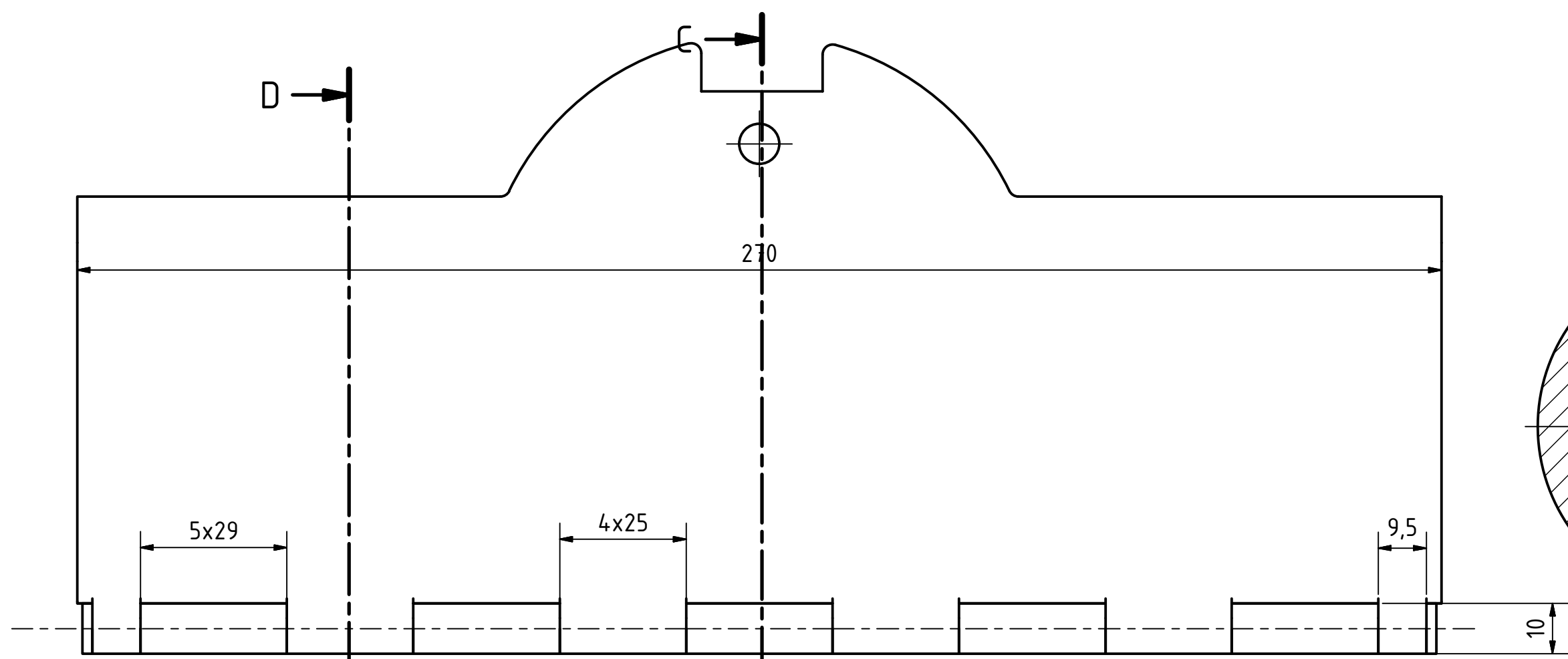
ŘEŠENÍ 1 - SESTAVA 2

1 / A2

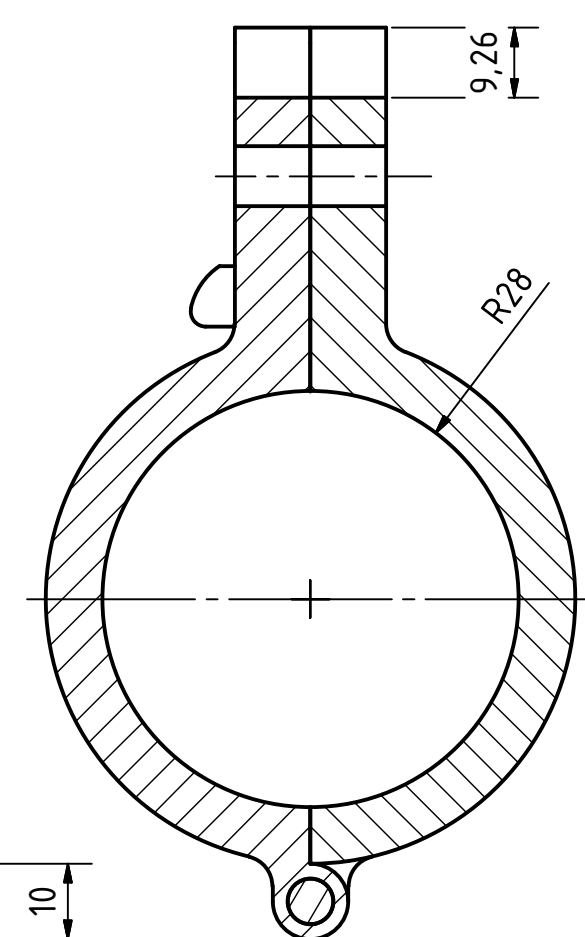


MATERÁL HLINÍK 6061
 PLECH TLOUŠŤKA 5 mm
 MATERIÁL SVARU HLINÍK 6061
 SVAŘENO DLE ČSN ISO 1873

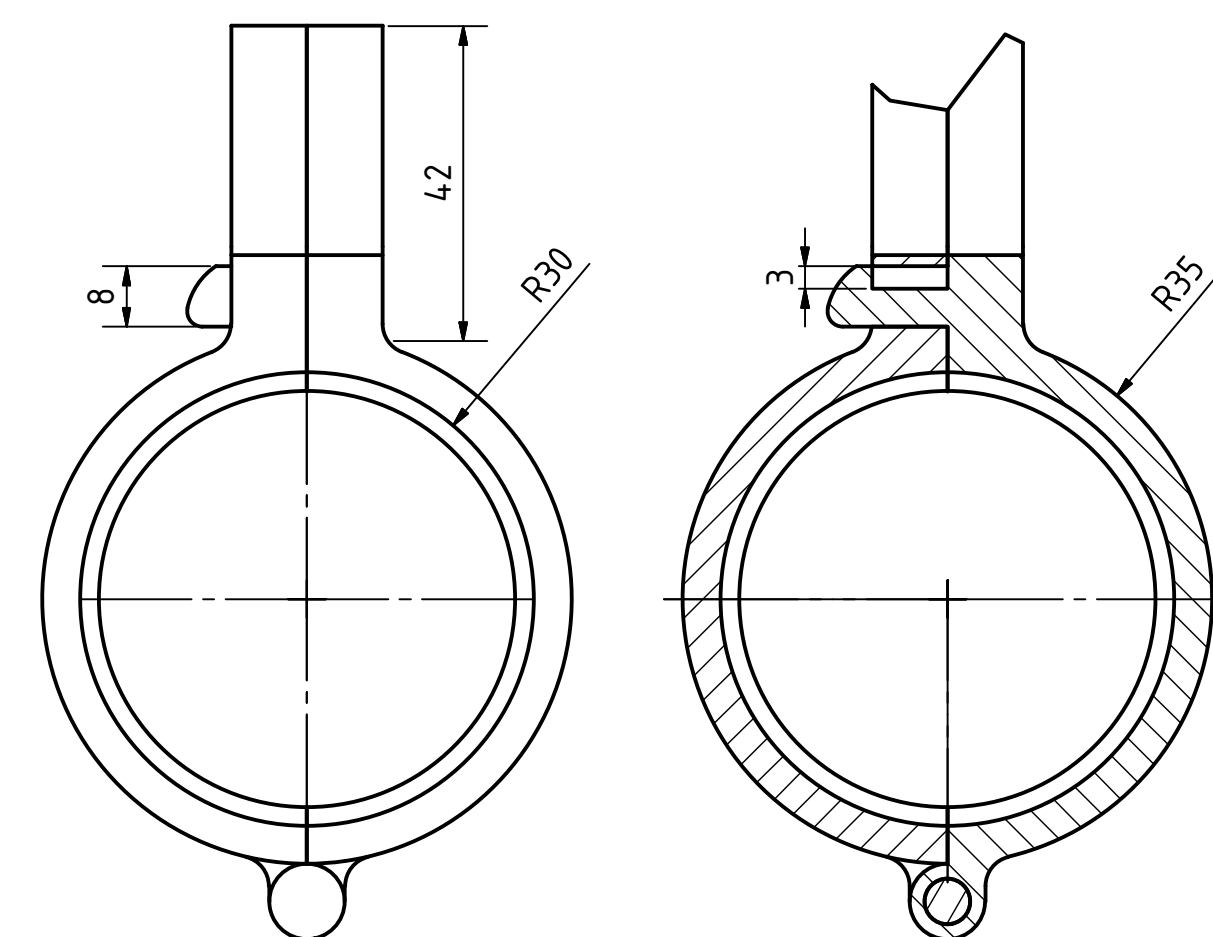
KKS/KZT		Datum		Jméno		PETRA MATVIJOVÁ	
		Nakreslen	22.1.2017	Provedl	Petra	ŘEŠENÍ 1 - RÁM SVAŘENEC (VÝKRES SESTAVY)	
		Zkontrolovan				RÁM - SESTAVA 3	
		Norma				DP-17/1-3	1 A2
Stav	Změny	Datum	Jméno				



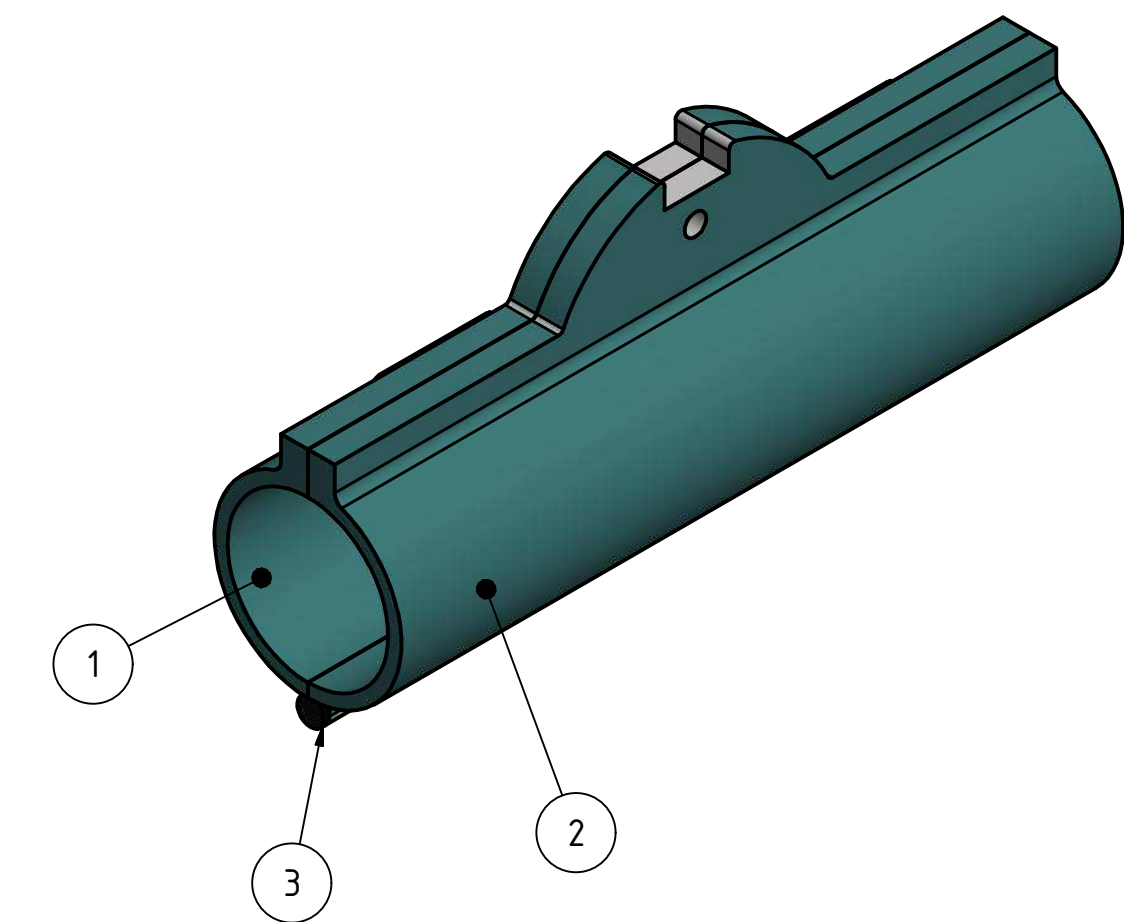
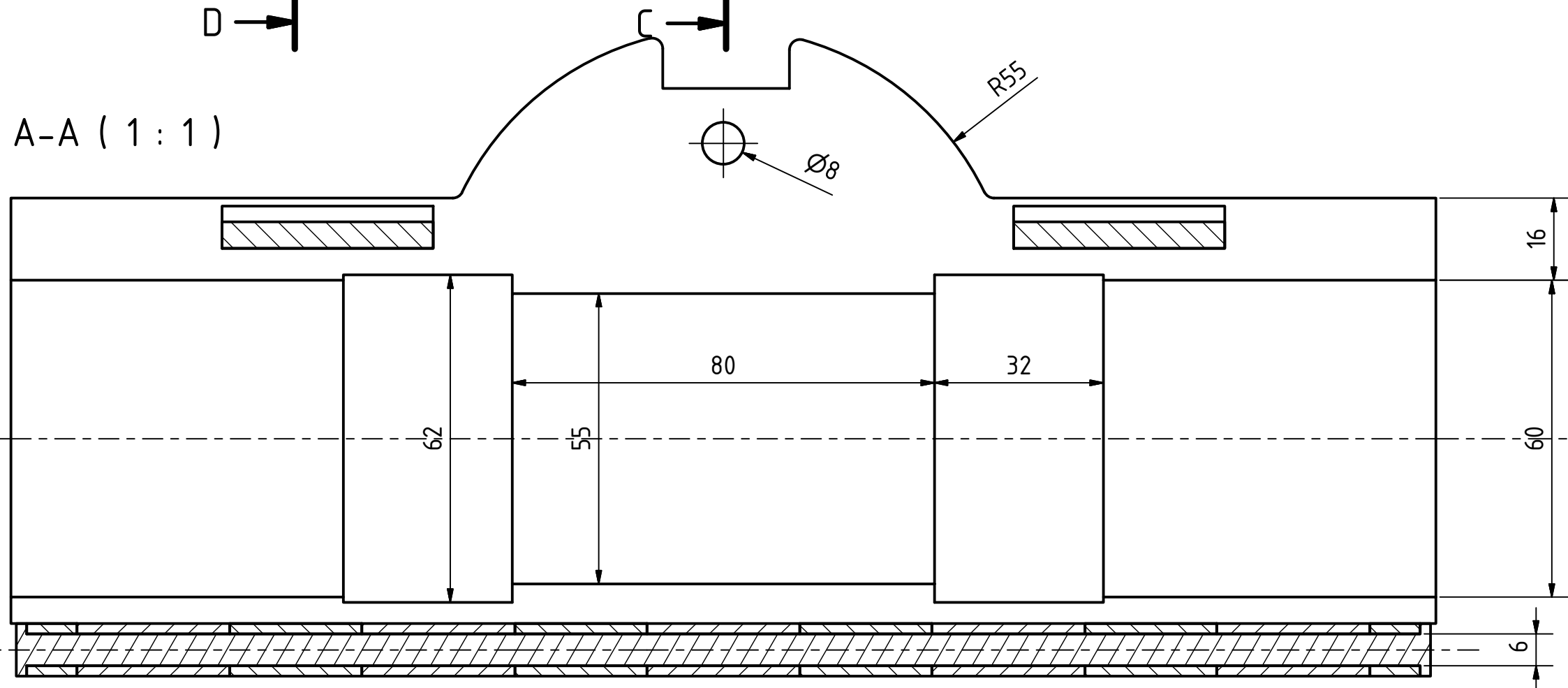
C-C (1:1)



D-D (1:1)

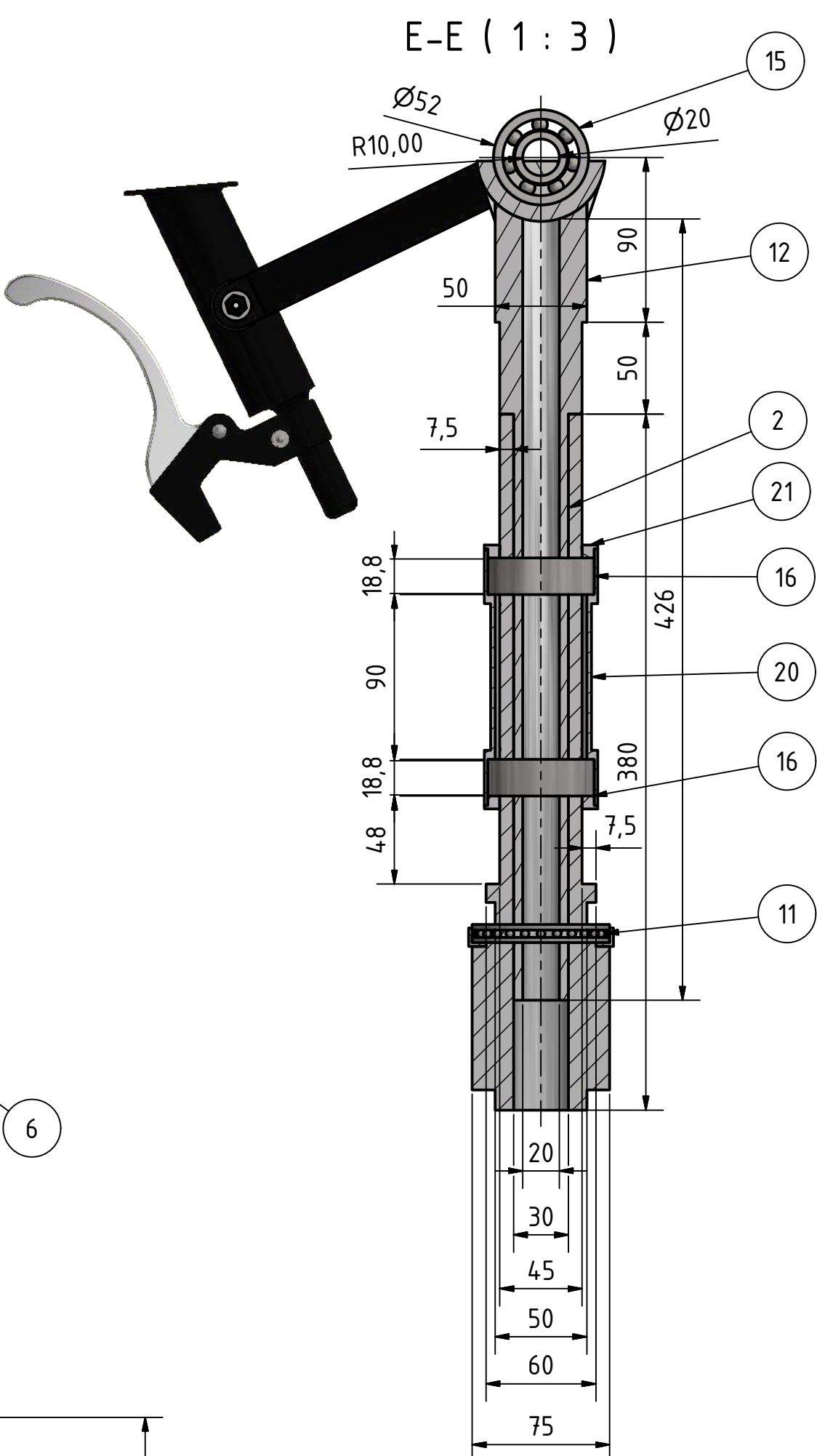
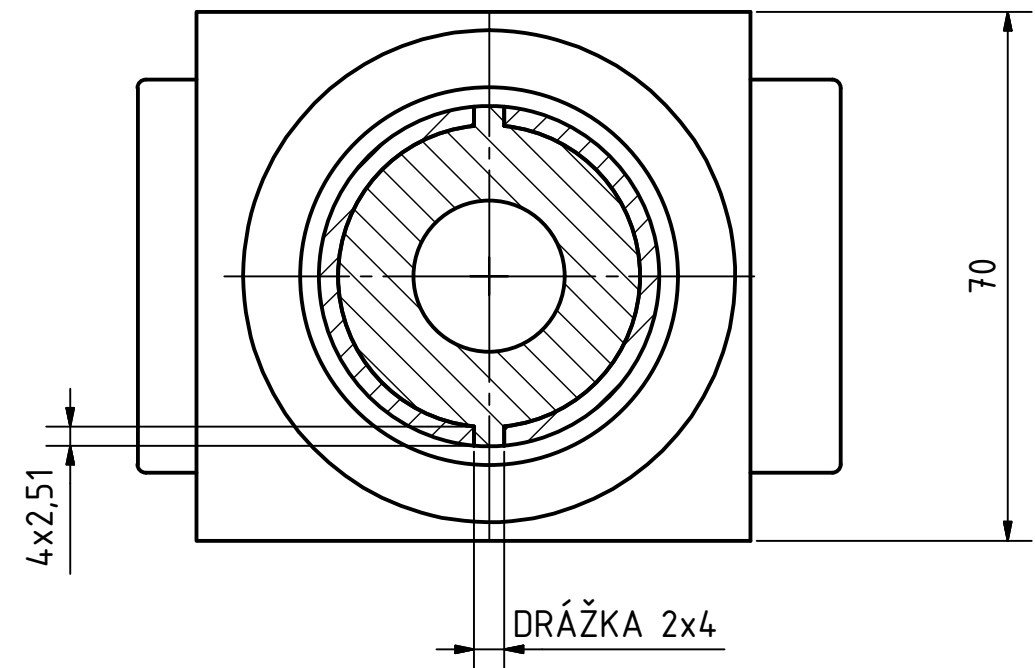
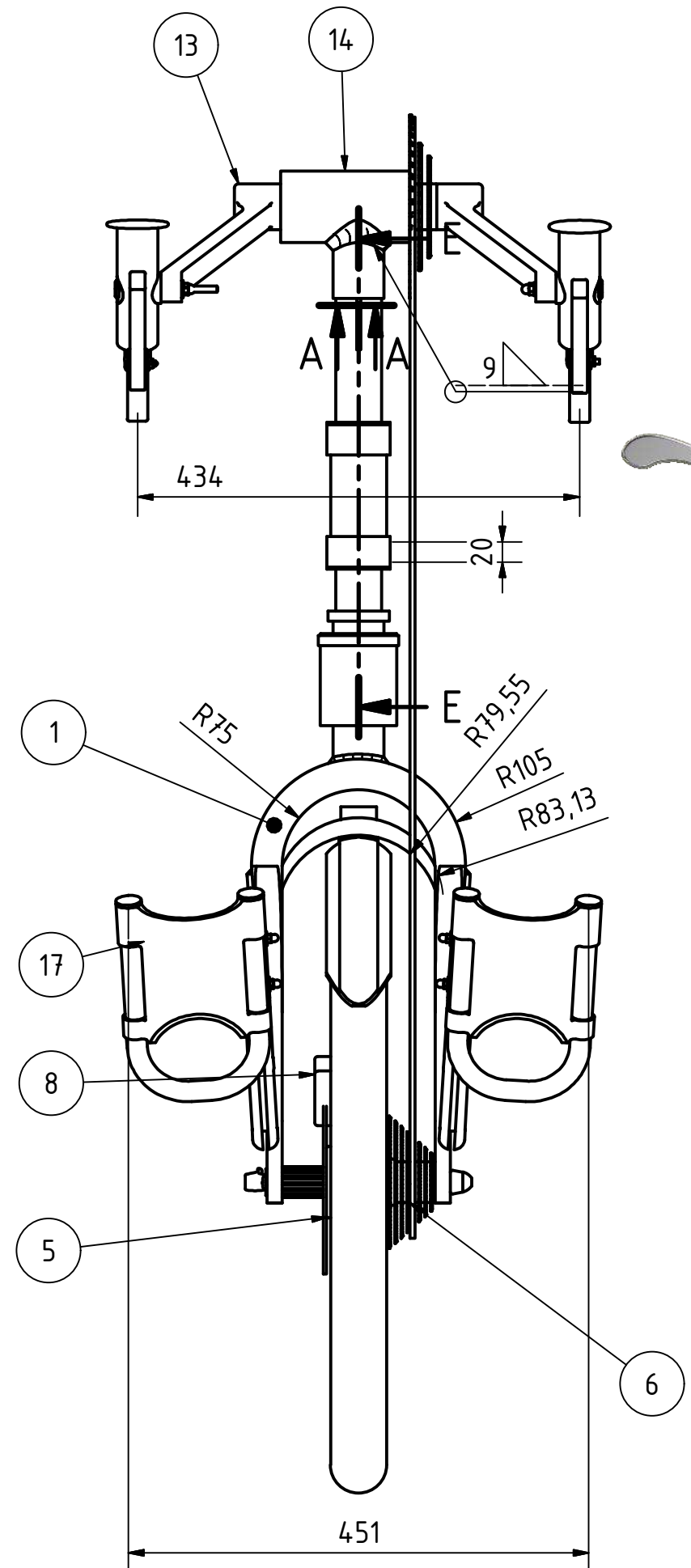
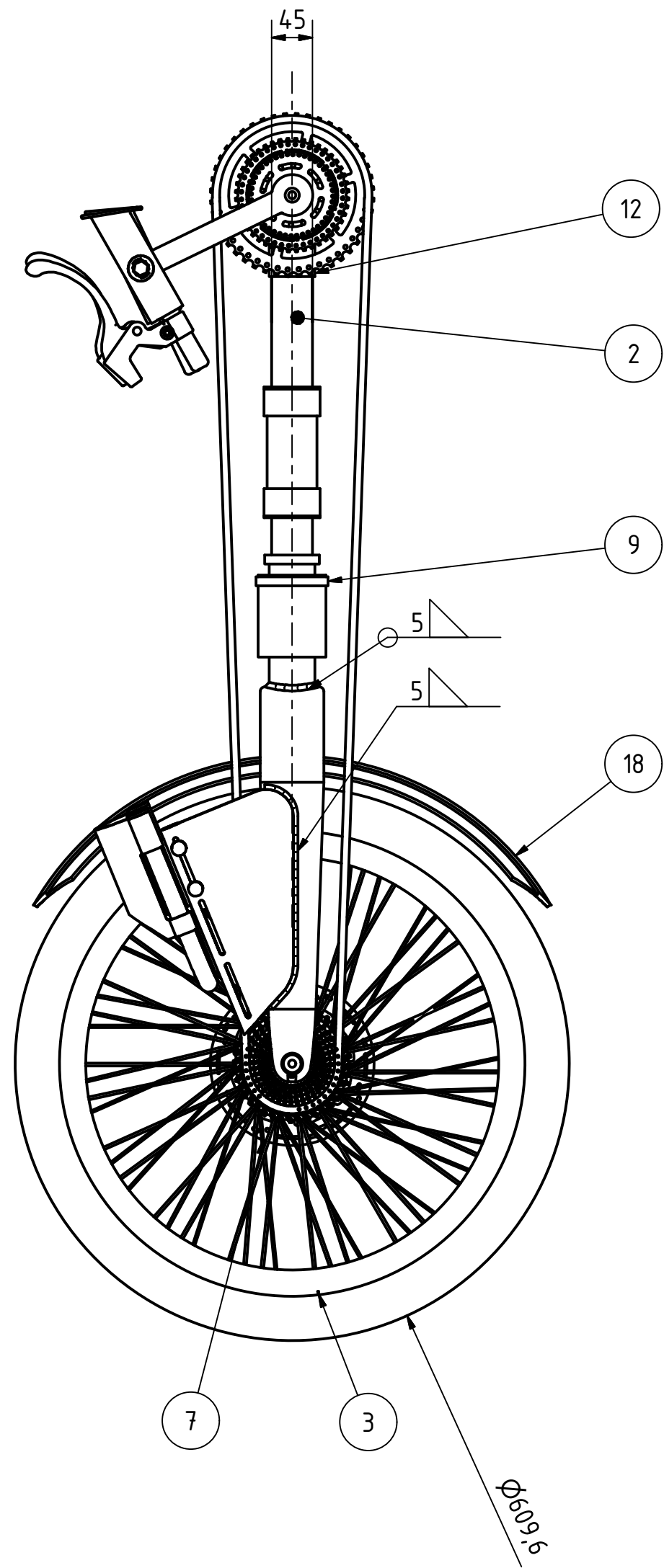


A-A (1:1)



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Část vidlice pevná	
2	1	Část vidlice posuvná	
3	1	Spojovací hřídel	

KKS/KZT		Datum		Jméno		PETRA MATVIJOVÁ	
		Nakreslen	22.1.2017	Proj. Ing.	Petra	ŘEŠENÍ 1	
		Zkontrolován				VÝKRES SESTAVY 4	
		Norma				DRŽENÍ VIDLICE	
						DP-17/1-4	1
							A2



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Vidlice ke kolu	
2	1	Hlavní trubka vidlice - vnější	
3	1	Kolo přední	
5	1	Krytka ložiska předního kola	
6	1	Osmikolečko sestava	
7	1	Brzdový kotouč	
8	1	Brzdový třmen	
9	1	Krytka na ložisko vidlice	
10	1	Řetěz - varianta A	
11	1	BS 5989: Část 1 - 0 10 - 60x75x10	Axiální Valivá ložiska: metrická axiální ložiska - specifikace rozměrů axiálních ložisek
12	1	Vidlice - hlavní trubka - vnitřní	
13	1	Hnací část	
14	1	Středová hřídel vidlice	
15	2	Rolling bearing B70000C 136304 GB/T 292-94	Rolling bearings - Angular contact ball bearings - Boundary dimensions
16	2	ISO 1206 - MS - 45 x 58 x 20	Jehlové ložisko bez vnitřního kroužku
17	1	Fixace nohou	
18	1	Blatník	
20	1	Náboj pro obě jehlová ložiska	
21	2	Krytí jehlových ložisek v náboji	

MATERIÁL Hliník 7020
SVAŘENO DLE ČSN ISO 18273

KKS/KZT		Datum		Jméno	
		23.1.2017		Petra	
		Nakreslen			
		Zkontrolován			
		Norma			
		DP-17/1-5		VIDLICE - SESTAVA 5	
				1 / A2	

PETRA MATVIJOVÁ

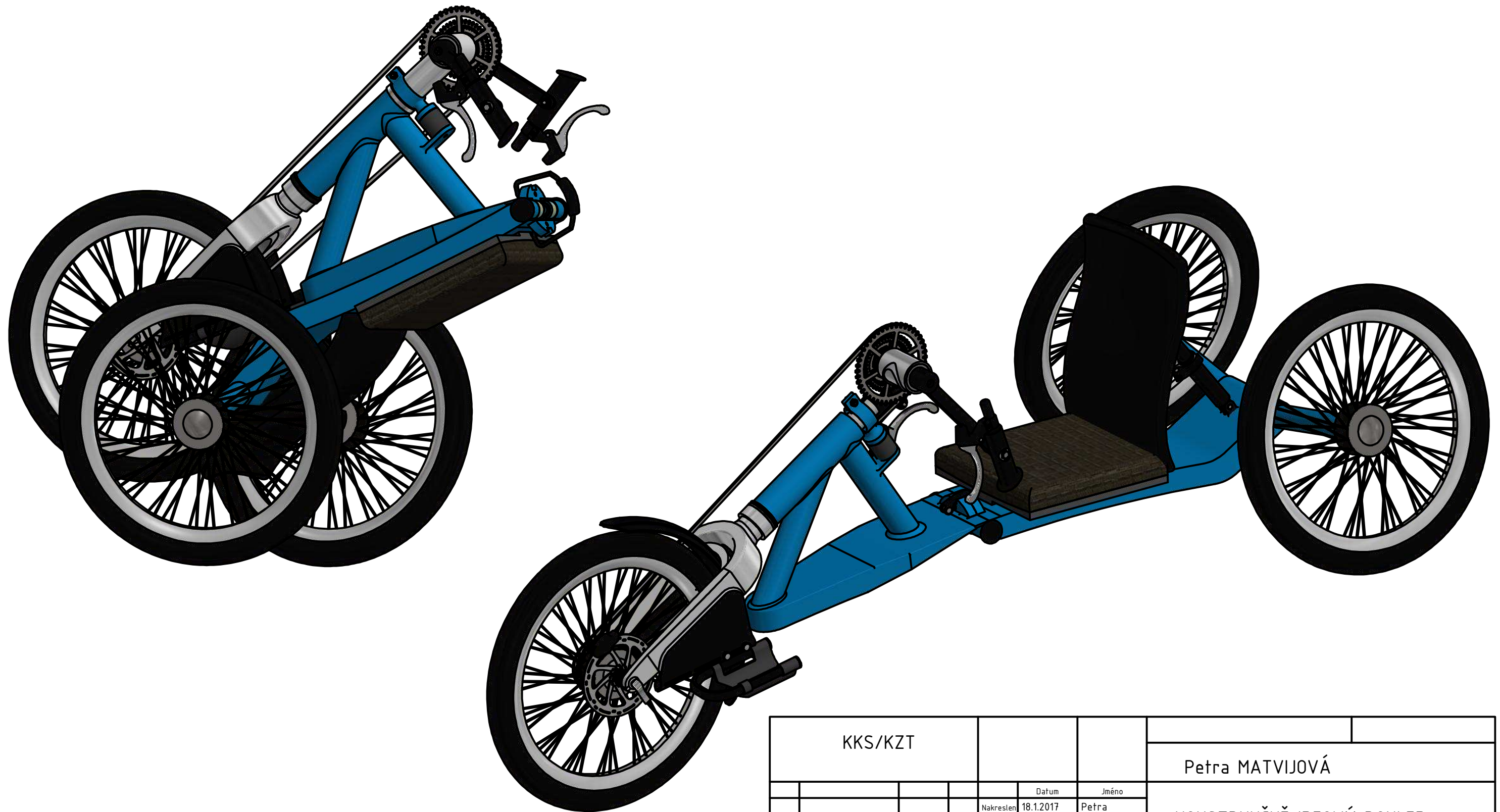
ŘEŠENÍ 1
VÝKRES SESTAVY 4

VIDLICE - SESTAVA 5

1 / A2

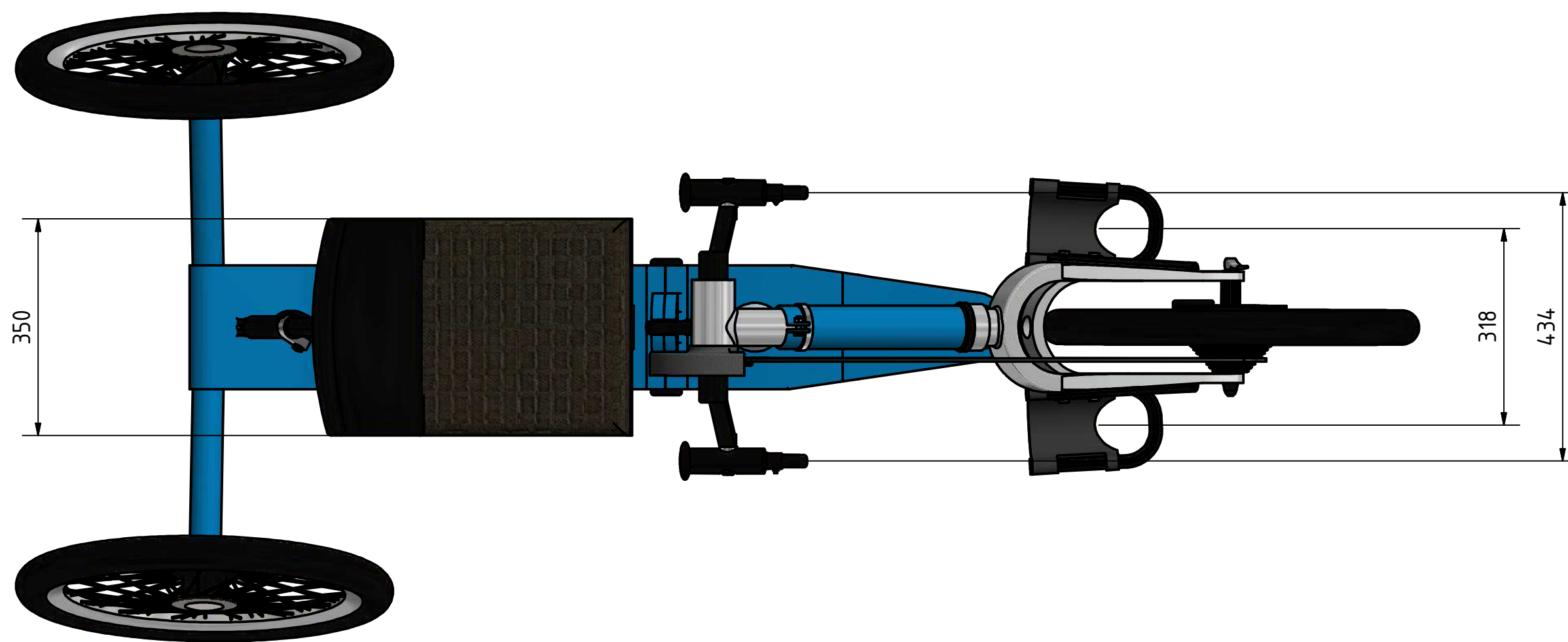
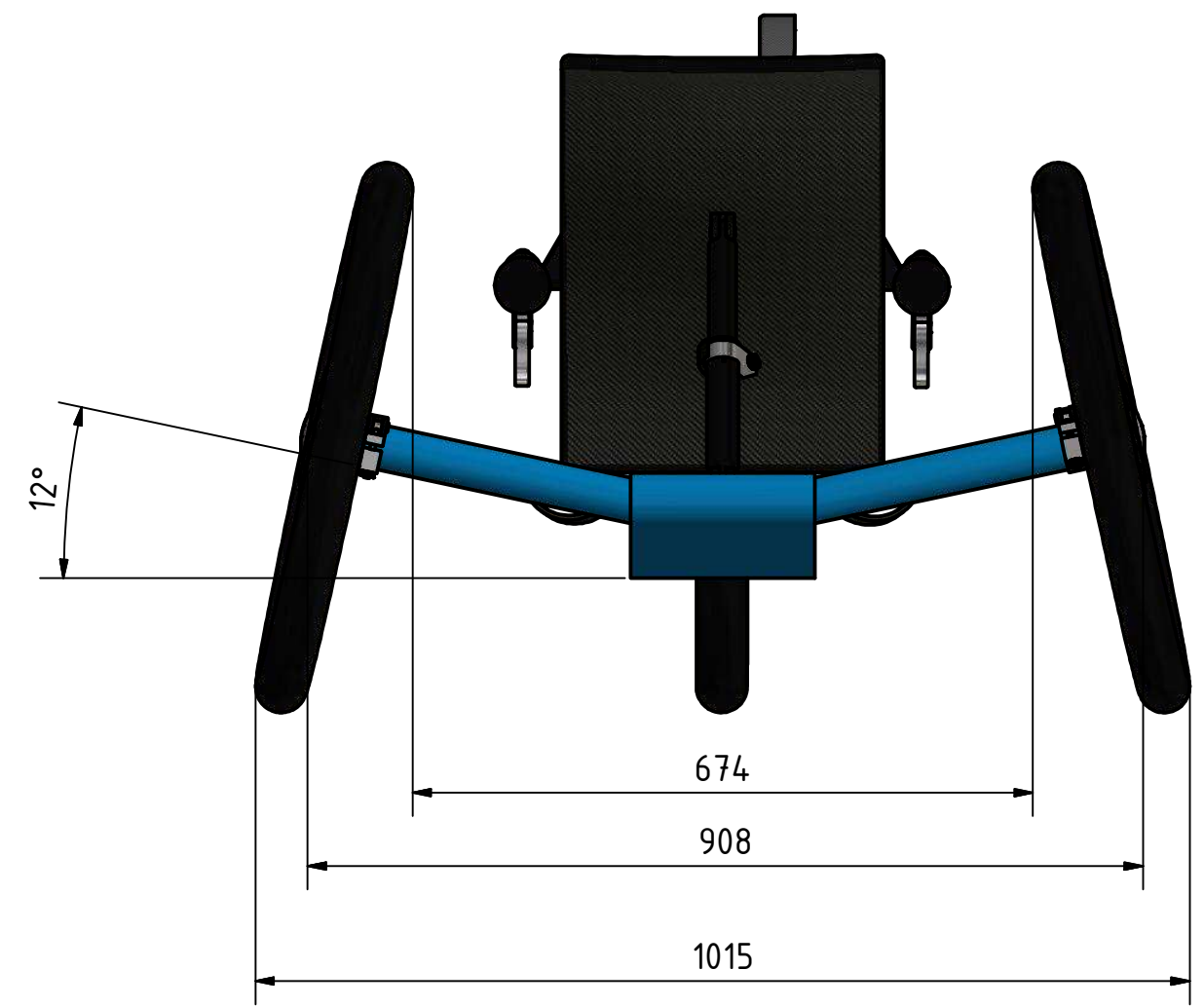
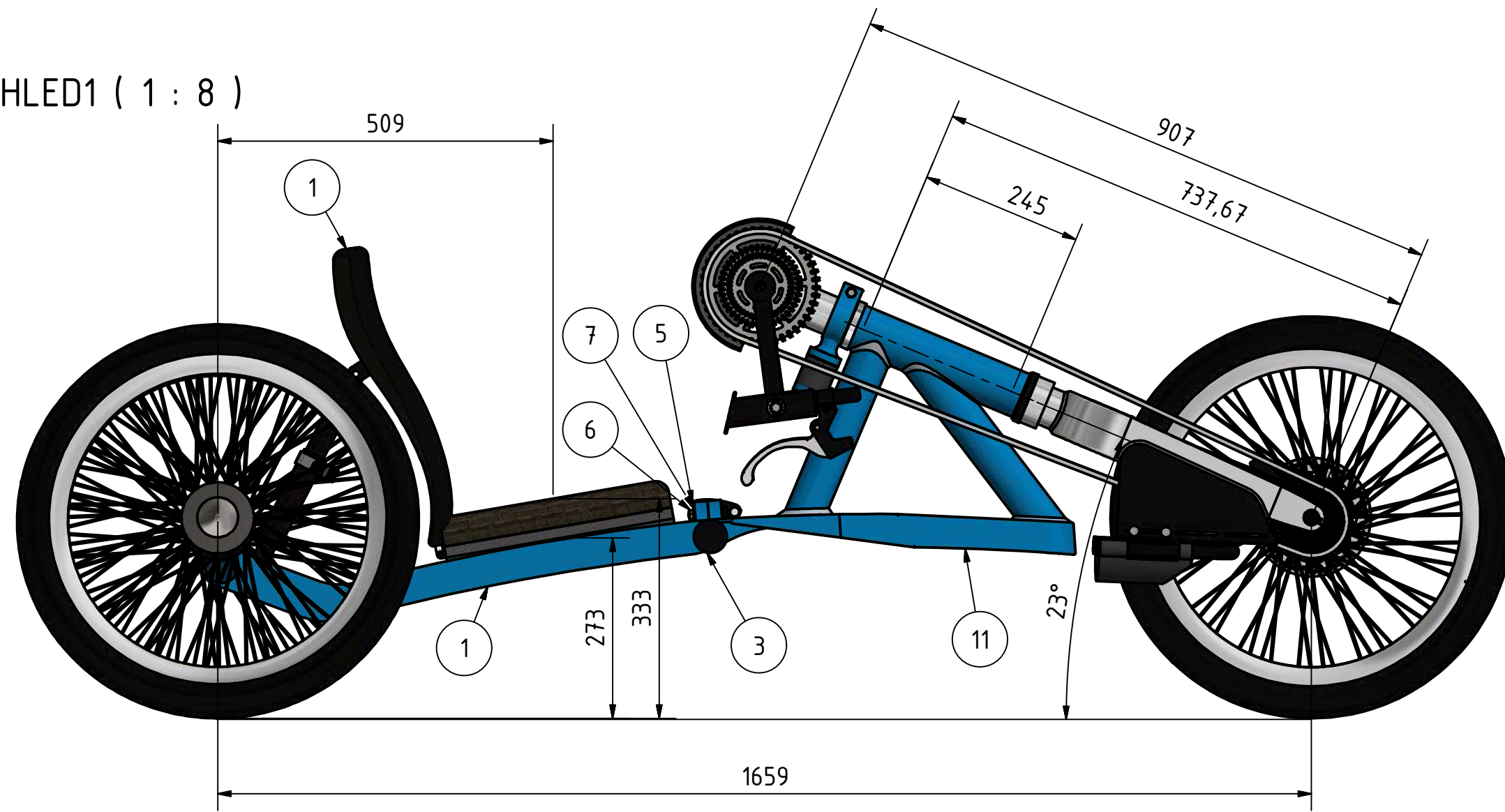
NÁVRH REKREAČNÍHO VOZÍKU HANDBIKE PRO TĚLESNĚ POSTIŽENÉ

KONSTRUKČNĚ IDEOVÝ POHLED



KKS/KZT							
						Petra MATVIJOVÁ	
				Datum	Jméno	KONSTRUKČNĚ IDEOVÝ POHLED ŘEŠENÍ 2	
				Nakreslen	Petra		
				Zkontrolován			
				Norma			
						DP-17/1-6	KIP - SESTAVA 6
							1 A3
Stav	Změny	Datum	Jméno				

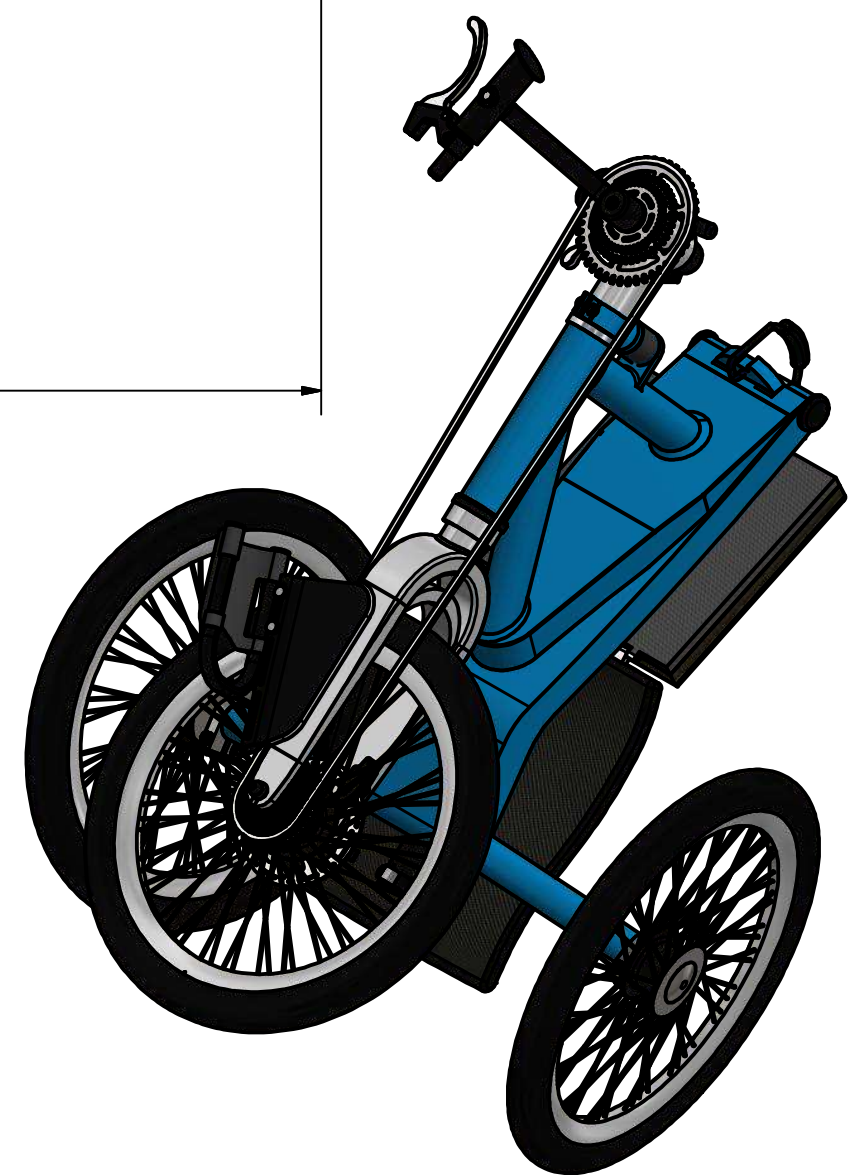
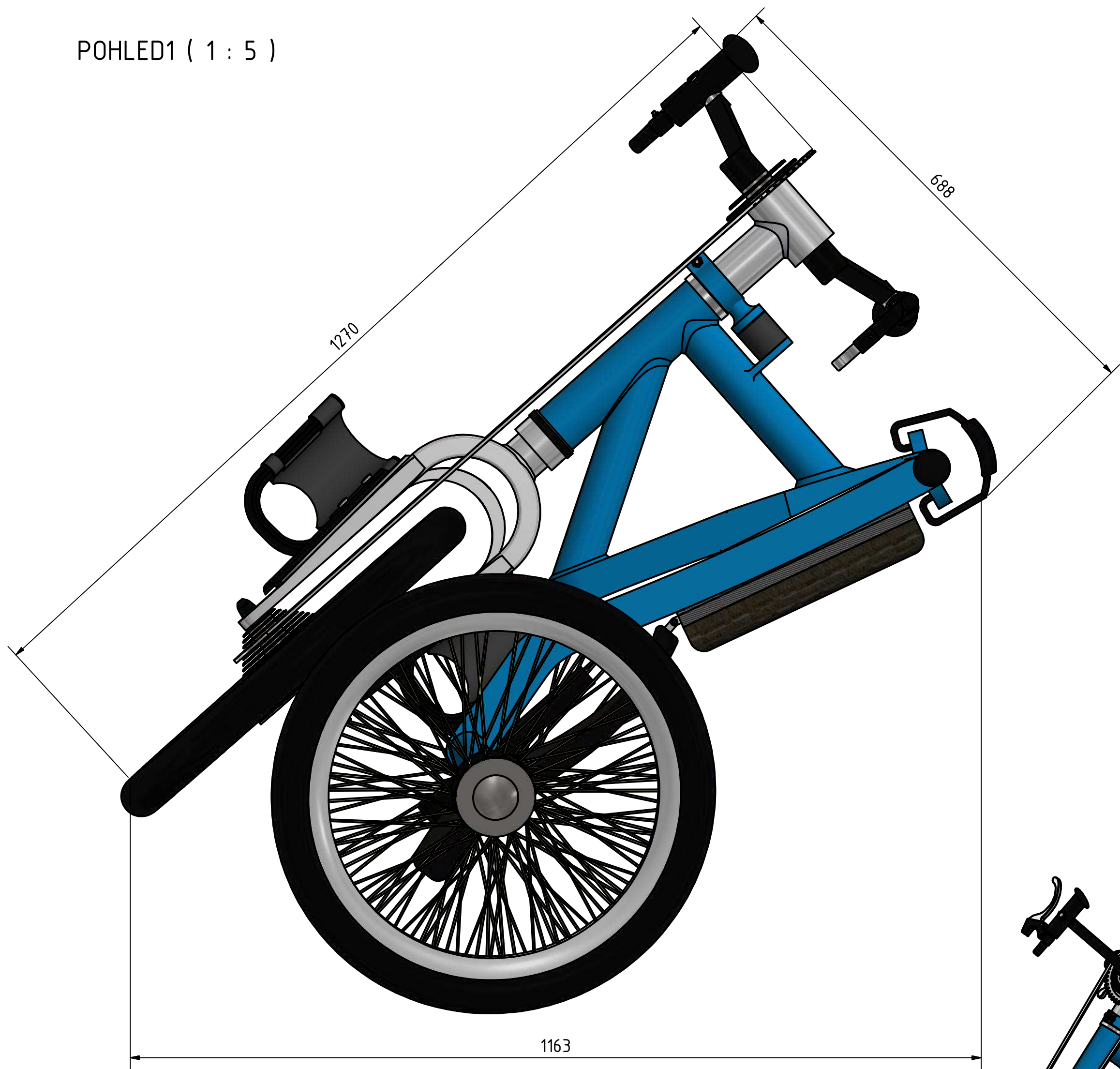
POHLED1 (1 : 8)



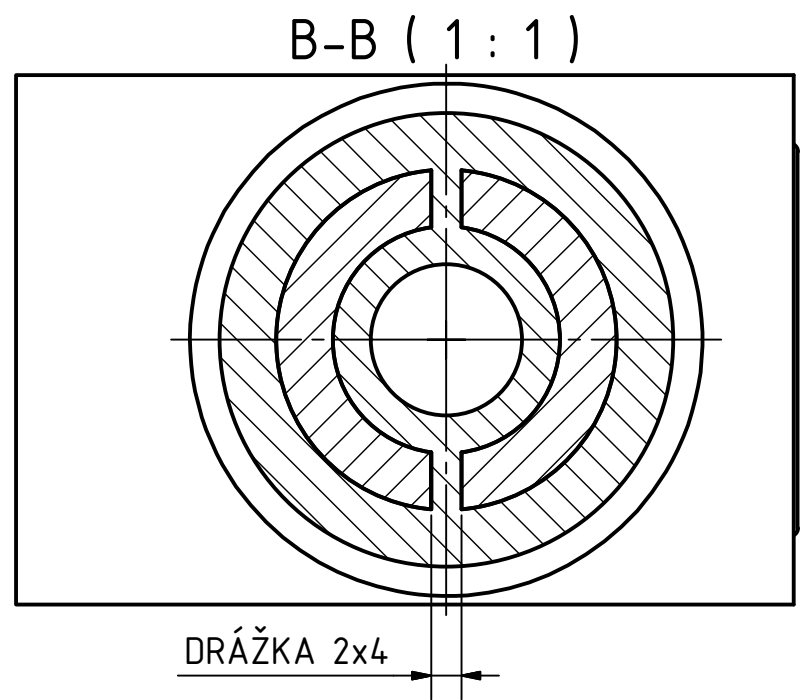
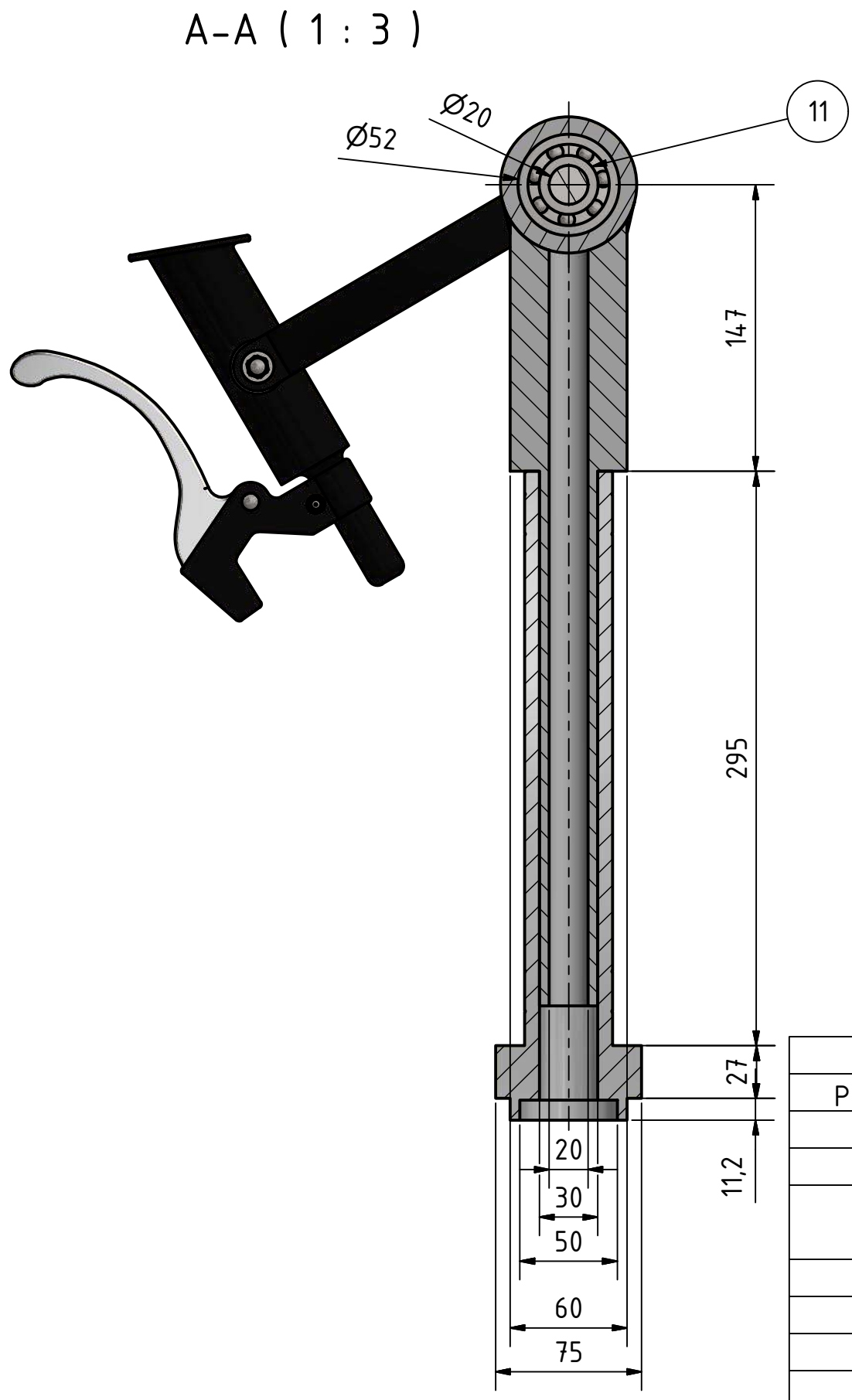
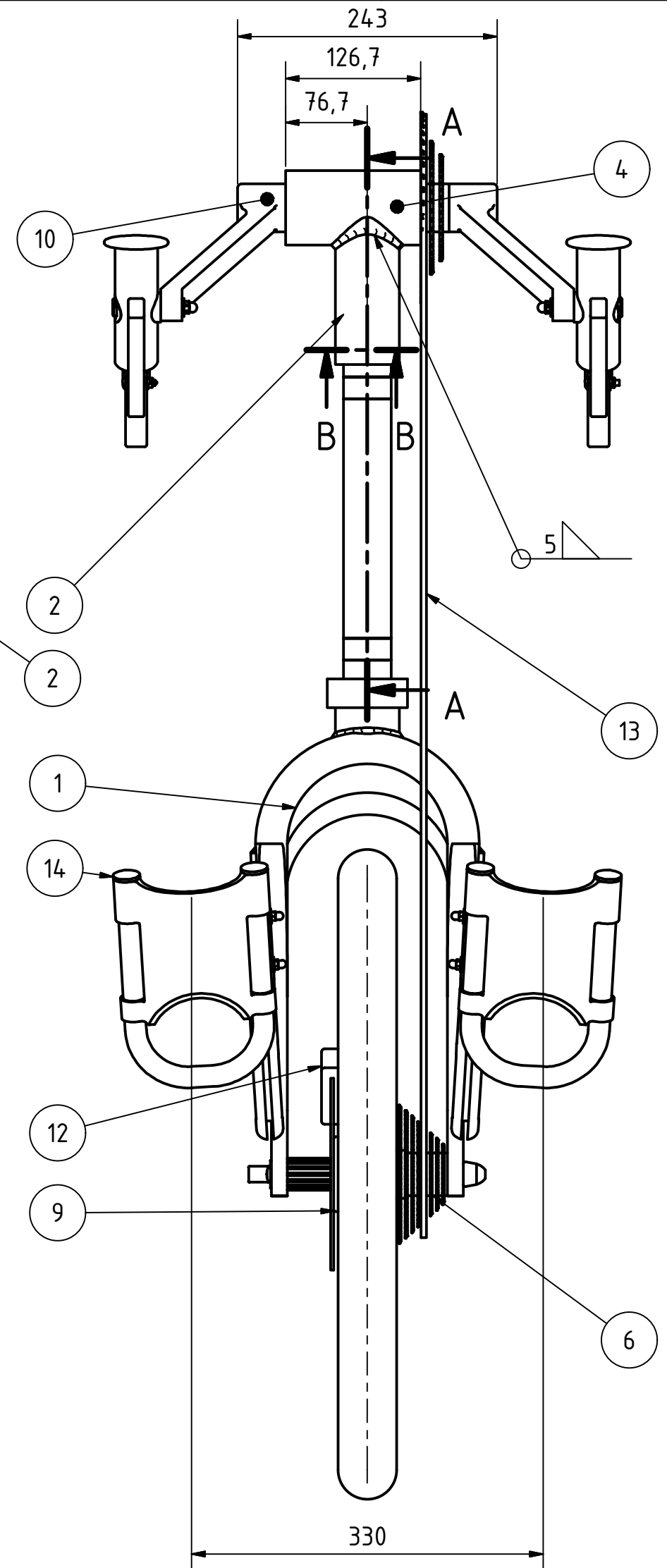
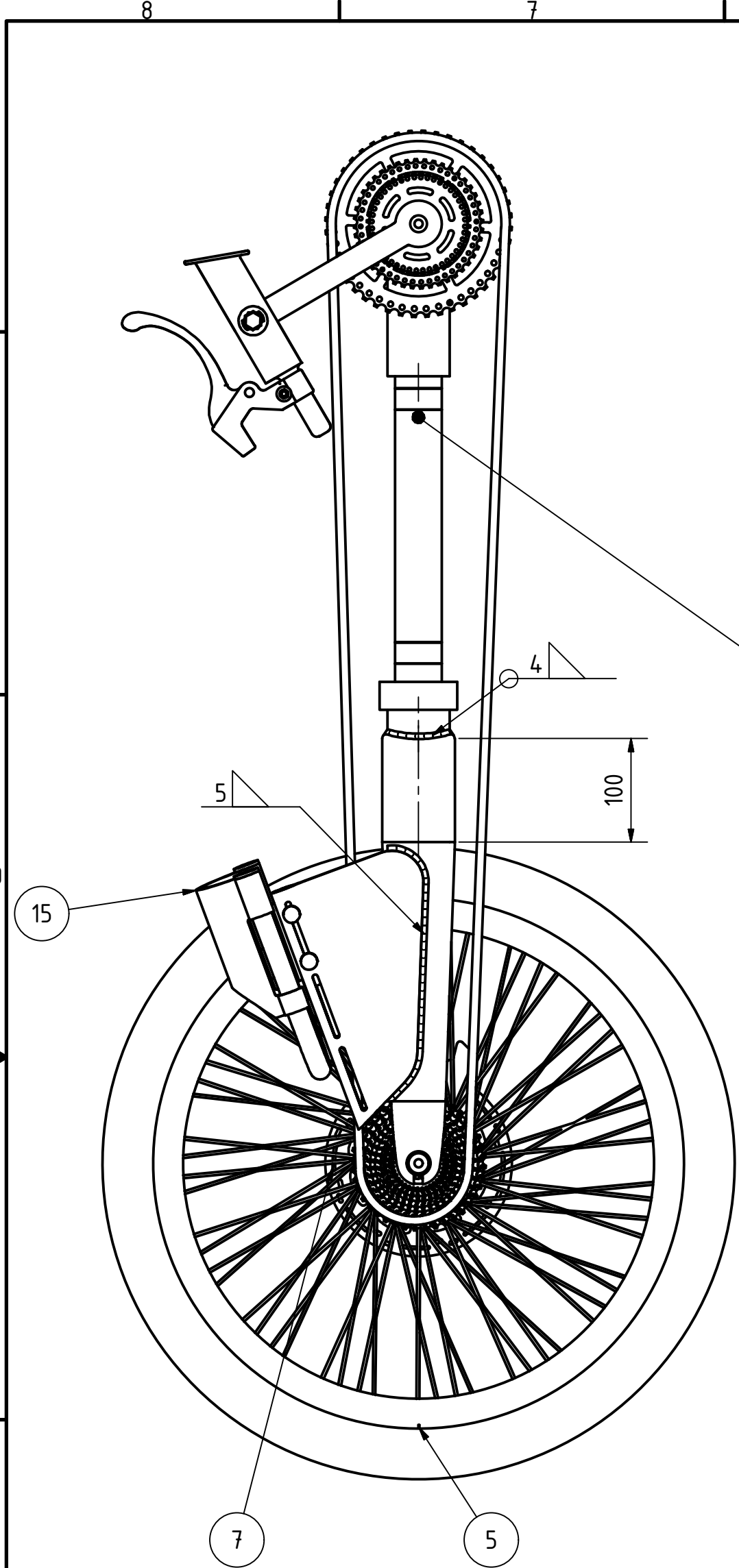
KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Handbike varianta1-pevná část	
3	2	Spojovací hřídel rámu	
4	2	ANSI B27.8M - 3DM1-3DM1-25	Všeobecné metrické kuželové pojistné kroužky se zmenšeným průřezem -Type 3DM1
5	1	Spojovací čep	
6	1	AS 1112 - M8 Typ 5	Šestihranné matice ISO metrické, včetně nízkých, s drážkou a korunových
7	1	ANSI B18.22M - 8 N	Ploché podložky metrické
11	1	Handbike varianta1 - pohyblivá část	
12	1	kryt na přední táč	

KKS/KZT		Petra MATVIJOVÁ	
	Datum	Jméno	
	Nakreslen 17.1.2017	Petra	
	Zkontrolován		
	Norma		
DP-17/1-7		PROVOZNÍ 7	1
Stav	Změny	Datum	Jméno
			A2

POHLED1 (1 : 5)



KKS/KZT				PETRA MATVIJOVÁ		
		Datum	Jméno	HANDBIKE SLOŽENÝ - ŘEŠENÍ 2 VÝKRES SESTAVY		
		Nakreslen	17.1.2017			Petra
		Zkontrolován				
		Norma				
				DP-17/1-8	SLOŽENÁ - SESTAVA 8	
Stav	Změny	Datum	Jméno		1 A2	

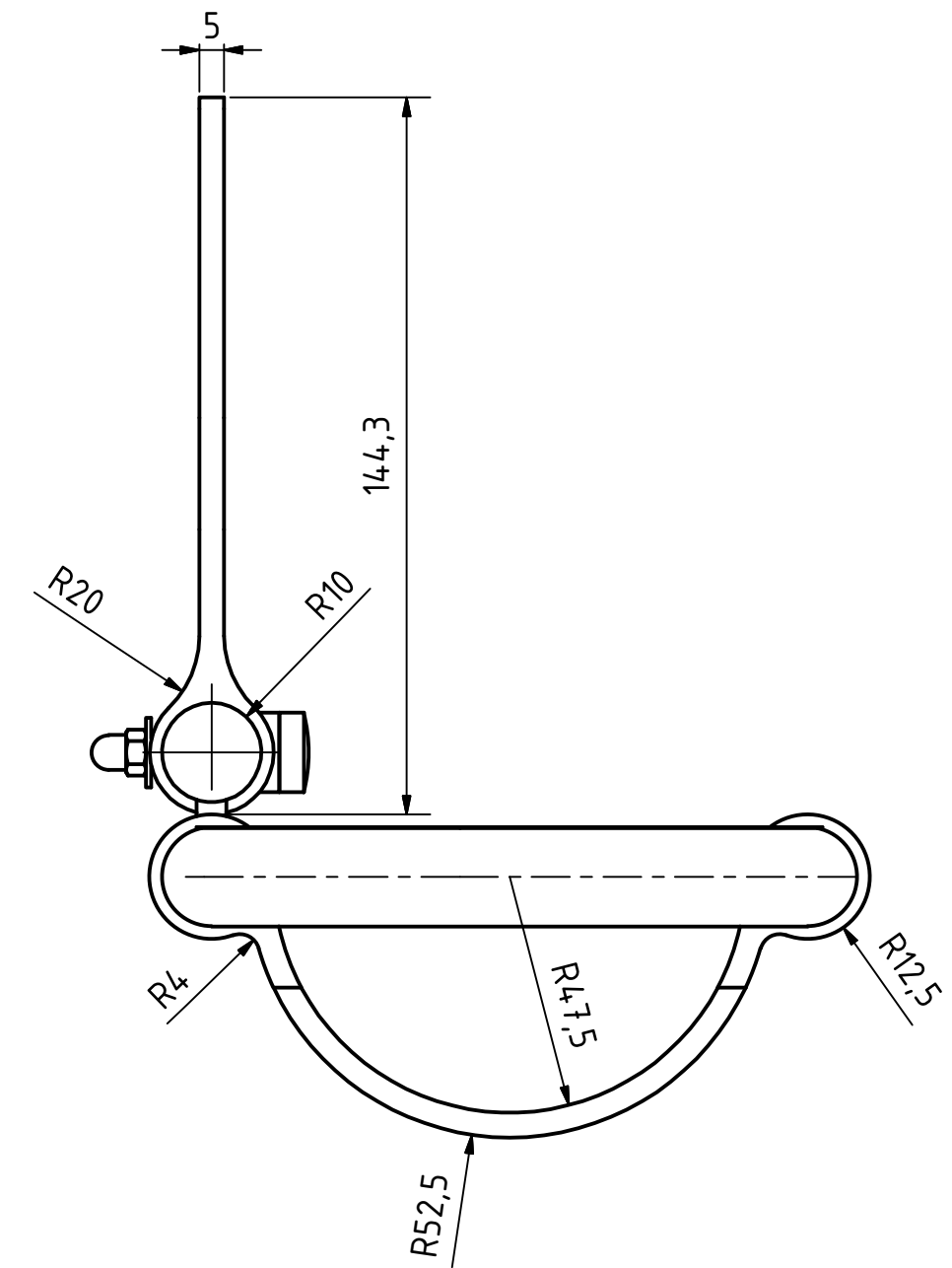
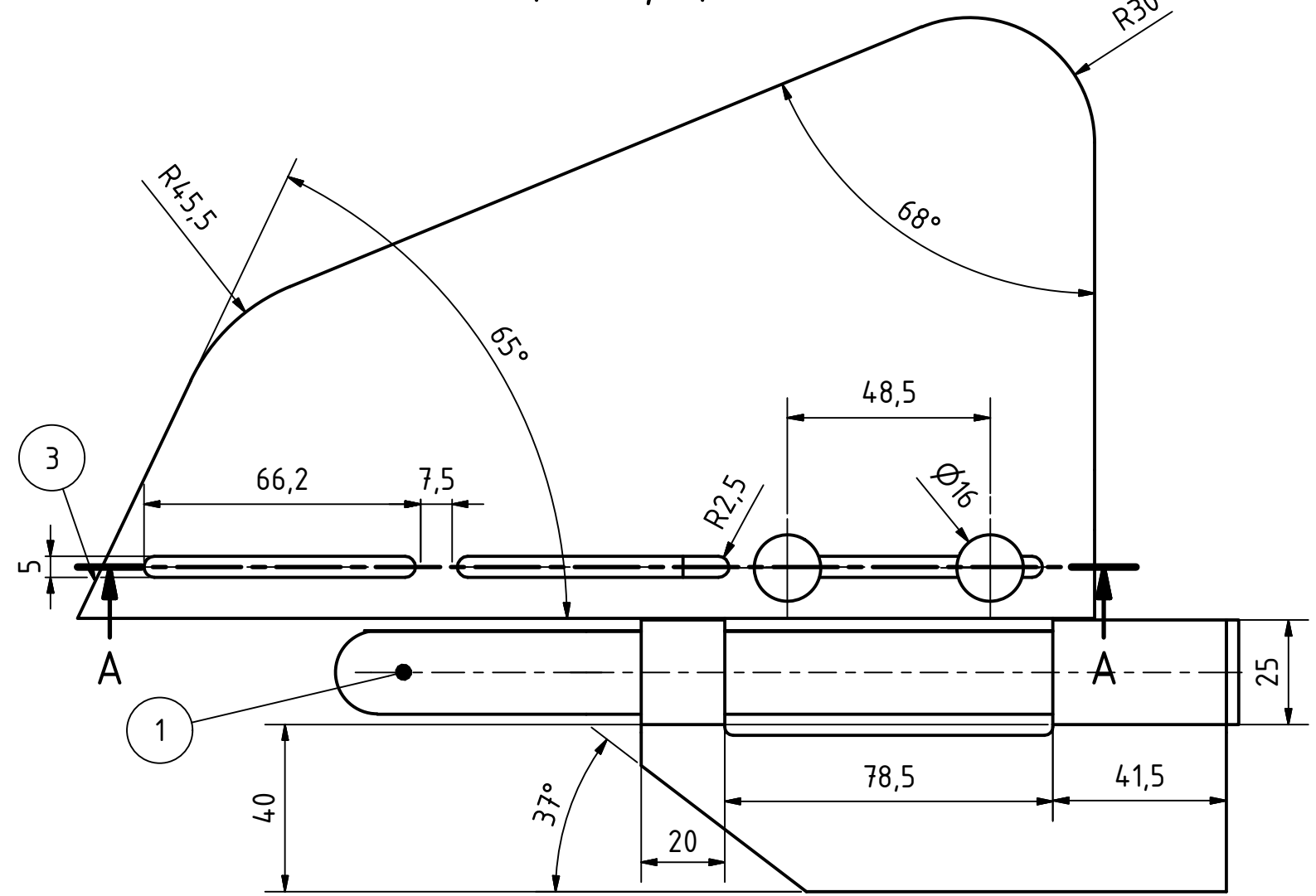


KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Vidlice ke kolu	
2	1	vidlice hlavní trubka	
3	1	Vidlice hlavní trubka vnitřní	
4	1	Vidlice hřídel pro střed	
5	1	Kolo zadní	
6	1	Osmikolečko sestava	
7	1	brzdový kotouč	
9	1	Krytka ložiska předního kola	
10	1	Hnací část	
11	2	Rolling bearing B7000C 136304 GB/T 292-94	Rolling bearings - Angular contact ball bearings - Boundary dimensions
12	1	třmen	
13	1	Řetěz - varianta2	
14	1	fixace nohou	

MATERIÁL HLINÍK 7020

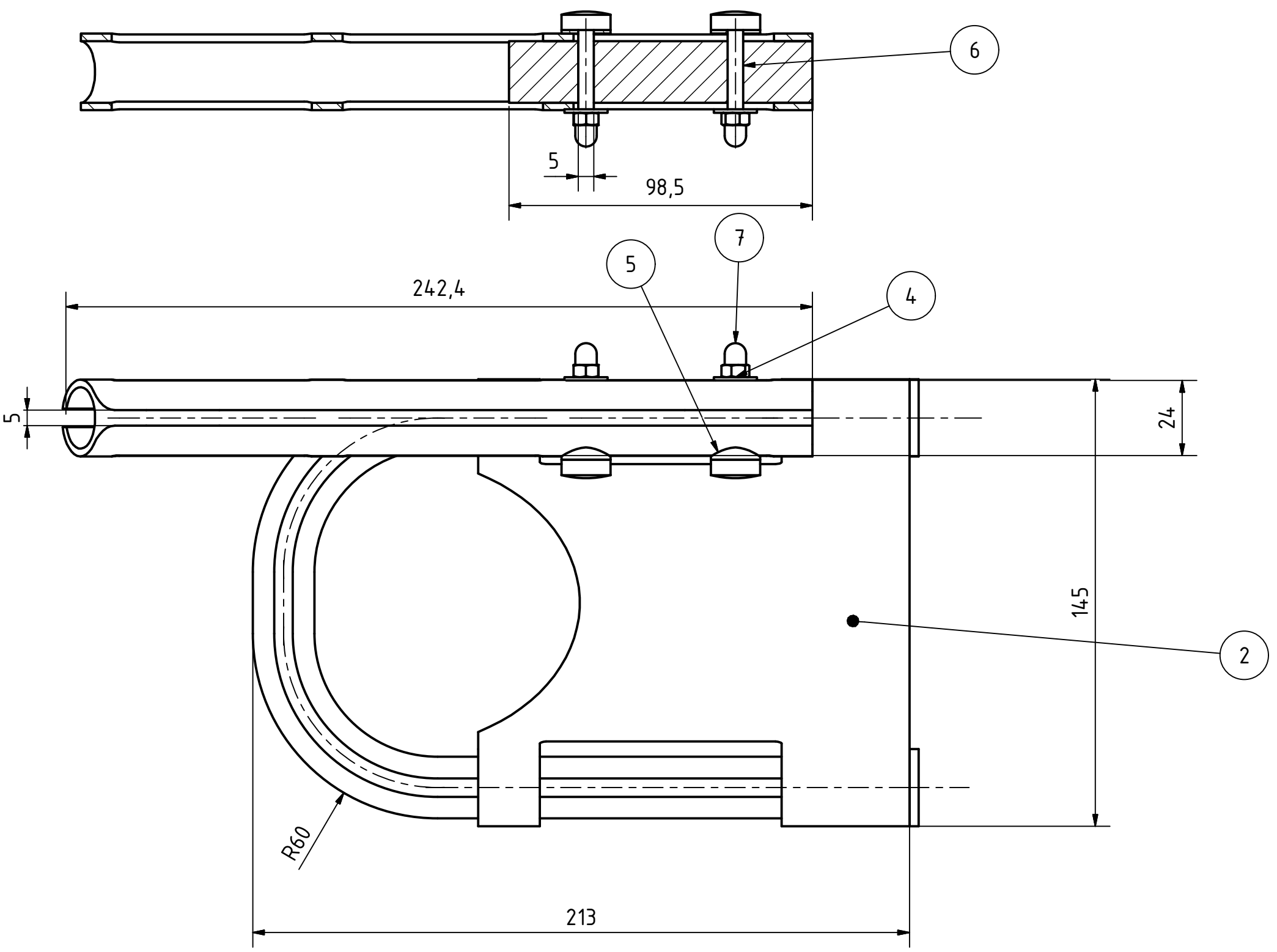
KKS/KZT		Datum		Jméno		PETRA MATVIJOVÁ	
		Nakreslen	23.1.2017	Provedl	Petra	ŘEŠENÍ 2	
		Zkontrolován				VÝKRES SESTAVY	
		Norma				DP-17/1-10	
						VIDLICE SESTAVA 10	
						1	
						A2	

POHLED1 (1 : 1,5)



KUSOVNÍK			
POLOŽKA	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	fixace nohou - držící tyč	
2	1	fixace nohou - podložení	
3	1	fixace nohou1	
4	2	AS 1971 - 5	Sady šroubů a podložek (metrický systém)
5	2	podložka k fixaci nohou	
6	2	Screw GB 840 A M5 x 35	Plastic diamond knurled thumb screws Type A
7	2	JIS B 1183 Type 1 - M5	Šestihranná matice uzavřená

A-A (1 : 1,5)



KKS/KZT		Datum		Jméno		PETRA MATVIJOVÁ	
		Nakreslen	17.1.2017	Proj. Ing.	Petra	FIXACE NOHOU - VÝKRES SESTAVY	
		Zkontrolován				FIXACE NOHOU SEST.12	
		Norma				1	A2
DP-17/1-12							
Stav	Změny	Datum	Jméno				