

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Handbike pro tělesně postižené

Autor: **Bc. Štěpán ČERVENÝ**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří BARTÁK**

Akademický rok 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Štěpán ČERVENÝ**
Osobní číslo: **S10N0004P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Handbike pro tělesně postižené**
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 je provést návrh handbiku pro tělesně postižené na základě zjištěných požadavků. Handbike musí splňovat základní legislativu pro provoz těchto sportovních náčiní pro handicapované. Součástí práce budou i základní pevnostní a další potřebné výpočty.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše stávajícího trhu
2. Specifikace požadavků
3. Návrh konstrukce handbiku
4. Základní výkresová dokumentace
5. Vyhodnocení a závěr

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

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra.* Brno: Computer press, 1999

LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky.* Úvaly: Albra, 2005


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

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Barták**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Petr Barták**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2011**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2012**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 19. září 2011

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. Je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně technických poznatků nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, firmy SmartMotion s.r.o. a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. ČERVENÝ	Jméno Štěpán	
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Barták	Jméno Jiří	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Handbike pro tělesně postižené		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	80	TEXTOVÁ ČÁST	74	GRAFICKÁ ČÁST	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje souhrn současných konstrukčních řešení handbiků a druhů tělesného postižení. Návrh konstrukčního řešení handbiku. CAD model handbiku a jeho pevnostní analýzu</p>
<p>KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Handbike, tělesné postižení, tříkolka</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. ČERVENÝ	Name Štěpán	
FIELD OF STUDY	“Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Barták	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Handbike for disabled		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2012
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	80	TEXT PART	74	GRAPHICAL PART	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis contains a summary of the handbike designs and types of disability. Design of the handbike. CAD model of handbike and analyze the strength.
KEY WORDS	Handbike, disability, tricycle

Poděkování

Děkuji Ing. Jiřímu Bartákovi, Ing. Petru Bartákovi, Ing. Tomáši Görnerovi a Mgr. Davidovi Lukešovi za ochotu a vstřícnost při poskytování rad, informací a objektivních postřehů k danému tématu této diplomové práce.

Obsah

1. ÚVOD.....	4
2. TĚLESNÁ POSTIŽENÍ	5
3. HANDBIKE	8
3.1. KLASICKÁ KONSTRUKCE	8
3.1.1. Konstrukce.....	9
3.1.2. Příklady klasické koncepce	15
3.1.3. Shrnutí klasické konstrukce handbiku.....	17
3.2. OFF ROAD KONSTRUKCE.....	18
3.2.1. Rám.....	18
3.2.2. Zavěšení a řízení.....	19
3.2.3. Pohon.....	20
3.2.4. Brzdění	21
3.2.5. Sezení	21
3.2.6. Shrnutí terénní konstrukce handbiku.....	21
4. KONSTRUKCE	22
4.1. SPECIFIKACE POŽADAVKŮ	22
4.2. NÁVRH VARIANT	23
4.2.1. Varianta 1	24
4.2.2. Varianta 2	26
4.2.3. Varianta 3	28
4.3. HODNOCENÍ VARIANT.....	29

4.3.1.	Popis zvolené varianty	29
4.4.	URČENÍ ZÁKLADNÍCH ROZMĚRŮ	30
4.5.	NÁVRH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ	32
4.5.1.	Systém odpojení přední vidlice	32
4.5.2.	Spojení vidlice s hlavovým složením	33
4.5.3.	Uložení kol	34
4.5.4.	Uložení sedadla a opěradla	35
4.5.5.	Shrnutí	35
4.6.	KONSTRUKCE JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT	36
4.6.1.	Rám	36
4.6.2.	Rám pro připojení přední vidlice k invalidnímu vozíku	39
4.6.3.	Hlavové složení	40
4.6.4.	Přední vidlice	41
4.6.5.	Kliky	44
4.6.6.	Sedadlo a opěradlo	47
4.6.7.	Shrnutí	48
4.7.	ZOBRAZENÍ SESTAVY HANDBIKU	49
4.8.	ZOBRAZENÍ PŘIPOJENÍ PŘEDNÍ VIDLICE NA INVALIDNÍ VOZÍK	50
5.	PEVNOSTNÍ ANALÝZA KOMPONENT	51
5.1.	PEVNOSTNÍ ANALÝZA RÁMU	51
5.2.	PEVNOSTNÍ ANALÝZA PŘEDNÍ VIDLICE	55
5.3.	SHRUTÍ	58

6. ZÁVĚR.....	59
SOUPIS POŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	60
SEZNAM OBRÁZKŮ	62
PŘÍLOHA Č. 1	65
PŘÍLOHA Č. 2	68
PŘÍLOHA Č. 3	73

1. Úvod

Pro zdravého člověka je pohyb samozřejmou činností. Je ale mnoho lidí, pro které je pohyb činností mnohem složitější. Jde o lidi s tělesným postižením. Většina lidí s tímto postižením si však chce, i přes svůj handicap, užívat svobodného pohybu. Sportovat. Takový člověk však potřebuje prostředek speciálně upravený, nebo zkonstruovaný pro druh pohybu, který chce provozovat.

Cílem této diplomové práce je navrhnout konstrukční řešení kolového dopravního prostředku pro tělesně postižené, který je poháněn silou lidských paží neboli handbiku. Ke konstrukci bude využito informací získaných prostřednictvím komunikace s tělesně postiženými lidmi.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. První část práce se věnuje souhrnu informací o tělesných postiženích a současných konstrukčních řešeních výše zmíněných dopravních prostředků. Druhá část se zabývá vlastním návrhem a konstrukčním řešením stroje.

2. Tělesná postižení^{[2][6]}

Pod pojmem tělesné postižení si nejčastěji představujeme omezení pohybového aparátu. Tak je tělesné postižení vnímáno i zákonem. Na tělesné postižení je možné nahlížet buď jako na omezení pohyblivosti člověka (funkční omezení), nebo jako tělesnou deformaci.

Tato práce se zabývá konstrukcí dopravního prostředku pro tělesně postižené. Jedná se o prostředek určený k usnadnění pohybu tělesně postižených. Proto má pro tuto práci největší význam tělesné postižení ve smyslu omezení pohyblivosti člověka.

Tělesná postižení se dají rozdělit podle několika kritérií

- Podle doby získání postižení
 - o Vrozené postižení
 - o Získané postižení

Vrozené postižení je takové postižení, které člověk získá během těhotenství nebo při porodu.

Získané postižení je způsobeno následkem úrazu nebo nemoci.

Podle stupně postižení

- o Lehké – postižený je schopen samovolného pohybu
- o Střední – postižený je schopen pohybu při použití ortopedických pomůcek
- o Těžké – pacient není schopný samovolného pohybu

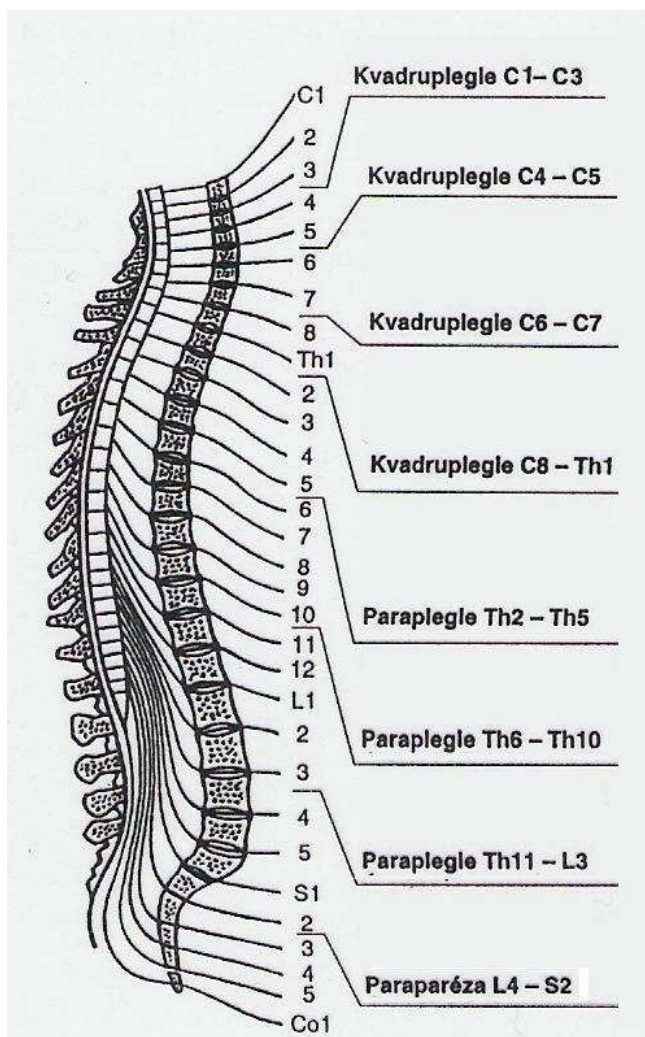
Tělesné postižení je způsobeno většinou porušením míchy a k poranění míchy dojde přibližně u 15–20% případů zranění páteře. Výraz „paraplegie“ se obecně používá k popisu porušení míchy v jakémkoli úseku. Při poranění míchy dochází k poškození motorických, senzitivních, nebo vegetativních nervových drah. Poškození motorických drah způsobuje ochrnutí, porušení senzitivních drah způsobuje ztrátu, nebo omezení kvality citu (dotek, bolest, teplota), nebo hlubokého cítění (pohyb, vibrace, vnímání polohy), porušení vegetativních drah vede k vegetativní deregulaci a poruchám funkce orgánů.

V této práci je nejdůležitějším prvkem postižení motorických drah způsobující poruchy pohybu.

Poranění může být kompletní nebo nekompletní. Potom mluvíme o plegii, nebo paréze. Kompletní poranění míchy způsobuje výpadek kompletní funkce postižených částí těla, kdežto nekompletní poranění míchy zapříčiňuje zhoršenou funkci postižených částí těla.

Jsou-li postiženy všechny končetiny a trup, mluvíme o tetrapostižení, nebo kvadra postižení. Úroveň poškození je v tomto případě nad hrudním segmentem páteře Th2. Funkce horních končetin je závislá na úrovni porušeného segmentu, protože nervová plet' vychází z krčních segmentů C4 až C8. Dojde-li k postižení nad segmentem C4, není postižený schopen spontánního dýchání. Je nutná umělá plicní ventilace.

Je-li postižen trup a dolní končetiny, mluvíme o parapostižení. Porušení páteře je pod segmentem Th4. Horní končetiny jsou v tomto případě kompletně funkční.



Zdroj: Přehled jednotlivých postižení ppt - Mgr. Baboučková, V.

Obr. 1: Rozsah ochrnutí v závislosti na místě porušení míchy

Popis postižení z hlediska závislosti postižené osoby

a) Paraparéza L4 – S2

Úplná nezávislost doma i mimo dům. Vozík není nutný chůze za pomoci berlí. Řízení automobilu možné při ovládání rukama.

b) Paraplegie Th11 – L3

Úplná nezávislost, chůze švihem a čtyřdobá chůze při použití aparátu a berlí. Vozík nutný, řízení automobilu možné při ovládní rukama.

c) Paraplegie Th6 – Th10

Úplná nezávislost, vozík nezbytný. Chůze možná s aparáty na dolní končetiny a s francouzskými holemi. Řízení automobilu možné při ovládní rukama.

d) Paraplegie Th2 – Th5

Úplná nezávislost při všech denních činnostech. Vozík nutný. Chůze za použití aparátů na dolních končetinách přísunem. Zmenšený dechový objem. Řízení automobilu možné při ovládní rukama.

e) Kvadruplegie C8 – Th1

Nesoběstačnost lehkého až středního stupně. Periferní paréza horních končetin. Brániční dýchání. Vozík nezbytný. Řízení automobilu možné při ovládní rukama a automatické spojce.

f) Kvadruplegie C6 – C7

Nesoběstačnost těžkého typu. Periferní či smíšená paréza horních končetin. Vozík nezbytný spolu s kompenzačními pomůckami na pro ruce. Řízení automobilu eventuelně možné.

g) Kvadruplegie C4 – C5

Úplná závislost na okolí. Kompletní plegie horních i dolních končetin. Brániční dýchání. Nutný elektrický vozík. Ovládní automobilu nemožné.

h) Kvadruplegie C1 – C3

Vyskytuje se ochrnutí všech končetin, bránice a ochrnutí trupového a břišního svalstva. Nutný elektrický vozík. Ovládní automobilu nemožné. Nezbytná pomoc okolí.

Shrnutí

Tělesné postižení se podle výše uvedených informací dělí na dvě nejzákladnější skupiny. Jsou jimi para a tetrapostižení. Při konstrukci pomůcek pro tělesně postižené je nutné toto rozdělení zvažovat, protože do značné míry ovlivní celou konstrukci prostředku.

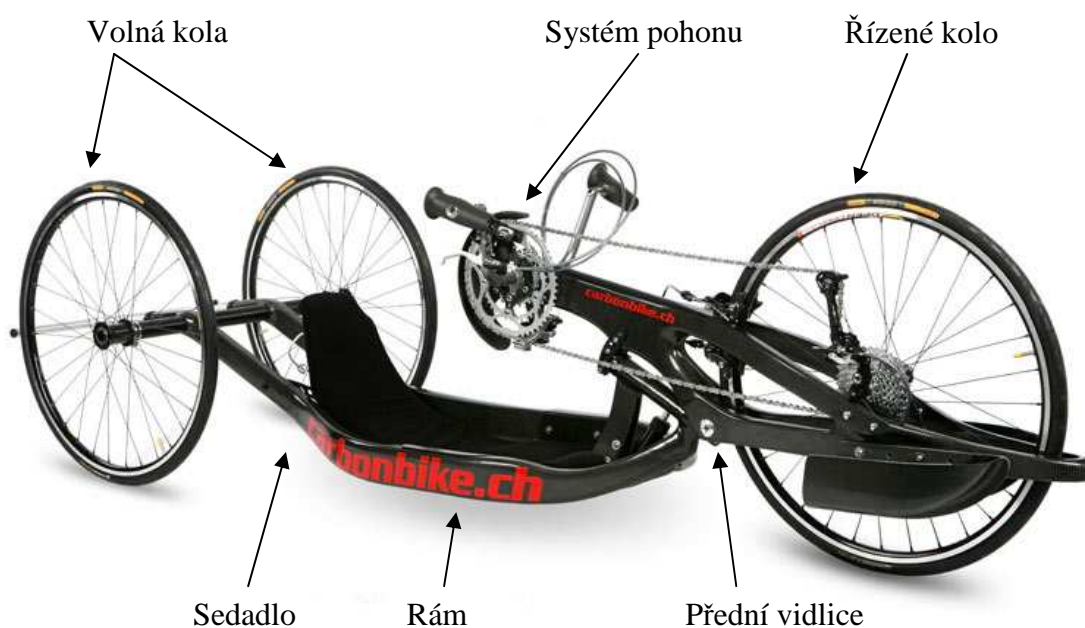
3. Handbike

Handbike je označení pro kolový dopravní prostředek se stejným systémem pohonu jako jízdní kolo, jen s tím rozdílem, že energie pro pohyb je dodávána rukama uživatele. Nejčastěji se jedná o tříkolové vozidlo.

Podle zákona je handbike chápán jako jízdní kolo a proto pro něj platí stejné podmínky pro provoz na pozemních komunikacích. Konkrétně jde o vyhlášku č.341/2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

3.1. Klasická konstrukce^{[9][11][12][14][15]}

Konstrukce handbiku je složena z několika základních částí. Těmito částmi jsou rám, systém řízení, pohonný systém, brzdový systém, kola a sedadlo. Případně může být handbike vybaven dalšími přídatnými zařízeními, která usnadňují používání handbiku, jako prostor pro nohy, nebo speciální zařízení, např. nosič zavazadel.



Obr. 2: Handbike klasické koncepce [11]

Na obr. 2 je vidět klasická koncepce Handbiku. V tomto případě se jedná o sportovní provedení. Klasická koncepce má jedno řízené, poháněné a brzděné kolo vpředu a dvě volně uložená kola vzadu. Přední kolo je uchyceno ve vidlici, která je otočně připevněna k rámu.

3.1.1. Konstrukce

V této části jsou podrobně popsány jednotlivé komponenty handbiku. Jedná se o rám, přední vidlici, pohonný a brzdový systém a kola.

3.1.1.1. Rám handbiku

Rám je základní částí handbiku. Na rámu jsou upevněna zadní kola a sedadlo. V přední části je do něj uchycena přední vidlice, která slouží k řízení handbiku.

Materiál rámu handbiku:

- Ocel
- Hliník
- Uhlíkový kompozit
- Kombinace materiálů

Jelikož je na rámu umístěna nejvyšší zátěž (uživatel) a zároveň jsou k rámu připojena zadní kola a přední vidlice, je rám nejzatíženější komponentou handbiku. Proto musí tvar a materiál rámu zaručovat takovou pevnost, by nedocházelo k jeho poškození. Důležitým hlediskem, především u sportovních handbiků, je hmotnost.

Na rám je v zadní části umístěn nárazník, který zamezuje možnosti vniknutí jiného handbiku, nebo jiného stroje, mezi zadní kola a kontaktu se zadními koly.

3.1.1.2. Přední vidlice

Přední vidlice je spolu s rámem základním stavebním prvkem handbiku. U klasické koncepce zastává přední vidlice funkci systému řízení. Její vlastnosti a uložení velkou měrou ovlivňují chování handbiku a jeho pohodlnost. Na ovládání handbiku má největší vliv uložení vidlice v hlavovém složení rámu. Přesněji jeho úhel. Na pohodlí jízdy má naopak vliv tvar a vlastnosti materiálu vidlice.



Obr. 3: Přední vidlice [11]

Úhel uložení hlavové trubky na rámu a geometrie vidlice má zásadní vliv na ovládání handbiku. Přesněji u klasické koncepce handbiku a koncepcí od ní odvozených. Pokud osa hlavového složení protíná rovinu, na které handbike stojí za předním kolem, bude řízení nestabilní a pomyslně přepadávat do zatáček. Pokud bude naopak průsečík osy hlavového složení s rovinou, na níž stojí handbike, před předním kolem bude řízení klidné a na zatáčení bude potřeba vynaložení velké síly. Nejvhodnější řešení hlavového úhlu je takové, kde osa hlavového složení protíná rovinu, na níž stojí handbike, v bodě kontaktu předního kola s touto rovinou. Při tomto úhlu hlavového složení nedochází k nestabilitě řízení a není zapotřebí zvýšená ovládací síla.



Obr. 4: Detail uložení přední vidlice v rámu [11]

Na Obr. 3 je vidět možnost nastavení přední vidlice, čímž je možné měnit výše zmíněný bod průsečíku osy hlavového složení s rovinou, na níž stojí handbike.

Tvar a materiál vidlice do značné míry ovlivňují pohodlí celého stroje. To je zapříčiněno pružností vidlice ve svislém směru. Vidlice je nosník s velmi dlouhým převislým koncem (v poměru k jeho podporám). To způsobuje pružení vidlice, které nahrazuje samostatný systém odpružení, používaný například v automobilech.

Materiál vidlice:

- Ocel
- Hliník
- Uhlíkový kompozit
- Kombinace materiálů

Na přední vidlici je, v případě klasického provedení, umístěn také kompletní pohonný a brzdový systém a v přední části jsou uchyceny držáky nohou uživatele.

3.1.1.3. Pohonný systém

Pohonný systém zajišťuje přenos síly od zdroje energie, uživatele, k poháněnému kolu. Další funkcí převodového systému je změna převodu pro co nejlepší využití síly uživatele v závislosti na podmínkách.



Obr. 5: Pohonný systém [11]

Nejčastěji se využívá běžných cyklistických komponentů. Z cyklistických komponentů se používá celý převodový systém, tj. přesmykač, přehazovačka, kazeta a řetěz. V některých případech je místo přehazovačky na poháněném kole použit vícerychlostní náboj s integrovanou planetovou převodovkou.



Obr. 6: Vícerychlostní náboj

Speciálním komponentem jsou v případě handbiku kliky. Ty nejsou klasické cyklistické konstrukce, ale jsou podle přání zákazníka upraveny pro jeho potřebu. Kliky, resp. rukojeti jsou jednou z nejdůležitějších komponent. Musí umožnit bezpečné uchopení, v závislosti na druhu postižení uživatele, umístění brzdových pák, pokud je uživatel schopen obsluhovat brzdové páky prsty rukou, a přenos síly na řetěz.



Obr. 7: Kliky [11]

Pokud uživatel nemůže obsluhovat řazení a brzdové páky prsty rukou, tak jako je tomu např. na běžném kole, je nutné tyto komponenty umístit tak, aby je mohl bezpečně ovládat jinou částí horní nebo dolní končetiny, pokud její paralýza není úplná. Na Obr. 6 je vidět umístění brzdy a řadicí páky pro přehazovačku na pravé rukojeti a brzdové páky a řadicí páky pro přesmykač mimo kliky v dosahu pravé ruky.

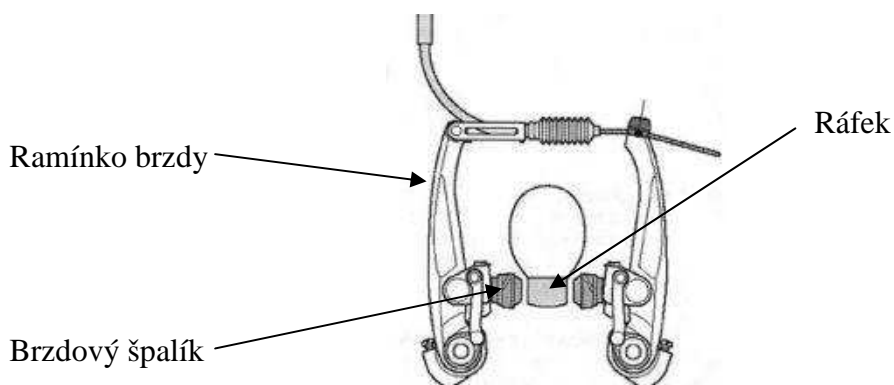
Přenos síly mezi klikami a poháněným kolem je nejčastěji zajišťován cyklistickým řetězem. Je však možné použít ozubený řemen. Tato varianta ale vyžaduje použití vícerychlostního náboje a pouze jediného převodníku na klikách. Další možností je přenos pomocí hřídele, ale toto řešení vyžaduje složitý systém ozubených kol a převodovku, nebo vícerychlostní náboj.

3.1.1.4. Brzdový systém

Brzdový systém slouží k regulaci rychlosti, případně úplnému zastavení vozidla. V některých případech může, se zvláštními úpravami, sloužit k udržení stroje v zabrzděné poloze podobně jako ruční brzda u automobilu. Stejně jako u systému pohonu se i u brzdového systému využívají nejčastěji cyklistické komponenty.

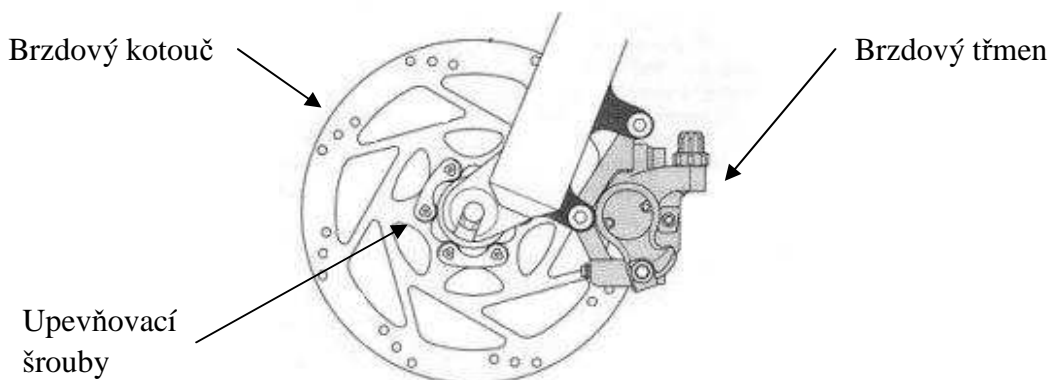
U handbiku klasické koncepce je ve většině případů brzděné pouze přední kolo. Při brzdění je přední kolo více zatěžováno a je schopné přenést větší brzdnu sílu. Proto se, ve většině případů, nepoužívá brzdění zadních kol.

Brzdy mohou být dvojího typu. Prvním typem jsou brzdy ráfkové. Jak z názvu vyplývá, jedná se o brzdy, jejichž brzdová dvojice je ráfek kola – brzdový špalík. Výhodou ráfkových brzd je větší brzdový poloměr, z něhož vyplývá možnost použití menší brzdě síly oproti kotoučové brzdě. Nevýhodou je však závislost na ráfku, který musí plnit více funkcí najednou. Konkrétně nesení pláště s duší a brzdění. Jedná se nejčastěji o silniční provedení brzdových čelistí. V některých případech se však používají i brzdy horských kol.



Obr. 8: Ráfková brzda [14]

Druhým typem brzd jsou brzdy kotoučové. Stejně jako u ráfkových brzd název popisuje jeden komponent z brzdové dvojice. Brzdovou dvojici v tomto případě tvoří brzdový kotouč a brzdové destičky. Tato technika je prvotně převzata z automobilového průmyslu a v posledních letech se v cyklistickém odvětví velice rozmáhá. Výhodou tohoto řešení je selekce komponent pouze pro jeden účel. Ráfek plní pouze funkci nesení pláště a duše, případně galusky, a kotouč plní pouze funkci brzdění.



Obr. 9: Kotoučová brzda [14]

Ovládání brzd může fungovat na principu mechanickém, nebo hydraulickém. Mechanicky jsou ovládané nejčastěji ráfkové brzdy, ale není výjimkou, aby mechanicky byly ovládané i kotoučové brzdy. Hydraulické ovládání se týká výhradně kotoučových brzd. Existují i hydraulicky ovládané ráfkové brzdy, ale ty se na handbike nepoužívají. Byly vyvinuty pro cyklotrial a používají se jen u kol určených pro tento sport.

Kotouč je přichycen přímo na náboji kola. Kotouč může být a náboj přichycen dvěma způsoby. Nejčastějším způsobem je uchycení pomocí šesti šroubů na přírubu náboje. Méně častým způsobem uchycení kotouče k náboji je systém založený na principu drážkovaného hřídele. Tento systém je používán společností Shimano pod označením Centerlock. Kotouč je v tomto případě k náboji v axiálním směru pomocí speciálního šroubu.



Obr. 10: Klasický náboj [10]



Obr. 11: Centerlock náboj [10]

3.1.1.5. Kola

Kola slouží k nesení Handbiku na vozovce. Skládají se ze tří základních komponent. Těmi jsou náboj, výplet a ráfek. Náboj slouží k uchycení kola k rámu nebo vidlici. Náboj zadních kol je klasický přední cyklistický náboj, nejčastěji bez možnosti uchycení kotouče. Náboj předního kola handbiku je naopak klasickým zadním cyklistickým nábojem. Je vybaven přírubou pro kotouč, pokud handbike využívá kotoučových brzd a ořechem, na který se umísťuje kazeta. Kazeta je sestava ozubených pastorků. Výplet je nejčastěji složen z ocelových nebo hliníkových drátů, které jsou k náboji přichyceny pomocí zahnutého konce a k ráfku jsou přichyceny pomocí niplu, což je speciální druh matice. U závodních modelů však není výjimkou použití uhlíkových loukoťových, nebo plných kol. Ty se používají z důvodu úspory hmotnosti, zvýšení tuhosti a zlepšení aerodynamických vlastností. Ráfek je nejčastěji, stejně jako většina komponent handbiku, převzat z cyklistického odvětví. Může být vyroben z hliníkové slitiny, nebo z uhlíkového kompozitu.

Na kolech jsou obuty galusky, v případě závodního provedení, nebo klasický plášť s duší, který je lépe opravitelný, ale jeho nevýhodou je vyšší hmotnost, která má vliv na akceleraci stroje.

3.1.2. Příklady klasické koncepce

3.1.2.1. Cestovní handbike

Jedná se o handbike, který se využívá pro rekreační pohyb. Jeho konstrukce odpovídá určení. Velice často má vzpřímenější posed oproti závodnímu handbiku. Může být též vybaven nosičem zavazadel apod. Materiál a řešení konstrukce je vybíráno především s ohledem na odolnost a pohodlí, méně pak na nízkou hmotnost. Proto se u těchto handbiků nejčastěji využívá jako konstrukčních materiálů oceli a hliníku.



Obr. 12: Cestovní handbike [15]

3.1.2.2. Závodní handbike

Jedná se o handbike určený výhradně k závodnímu použití. Materiál a řešení konstrukce je vybíráno především s ohledem na hmotnost, pevnost a tuhost celého stroje. Jako materiály pro závodní handbike se nejčastěji používají hliníkové slitiny nebo uhlíkový kompozit. Konstrukce je co nejvíce přizpůsobena aerodynamickému posedu. Sedadlo je umístěno co nejnižše, pro co největší možné snížení těžiště.



Obr. 13: Závodní handbike [11]

3.1.2.3. Přípojný handbike ke kolečkovému křeslu

Jedná se o konstrukci, která ve spojení s běžným kolečkovým křeslem, vytvoří handbike. Konstrukce se sestává z rámu, který se spojuje s kolečkovým křeslem, a vidlice, která odpovídá výše uvedenému popisu. Vidlice obsahuje kompletní pohonný a brzdový systém. Při použití této konstrukce je kolečkové křeslo v mírně zakloněné pozici a dotýká se země pouze zadními koly. Dvě malá přední kolečka se země nedotýkají.



Obr. 14: Přípojná konstrukce [12]

3.1.3. Shrnutí klasické konstrukce handbiku

Klasická konstrukce handbiku je tou nejběžnější konstrukcí pro tento druh prostředku. Tato konstrukce umožňuje vytvoření široké škály variant od přípojně konstrukce pro invalidní vozík po závodní speciál. Zároveň je možné běžný handbike přizpůsobit osobám s jakýmkoli postižením. Jednoduchá konstrukce zároveň zaručuje snadnou údržbu. Nevýhodou této konstrukce je však velký poloměr otáčení, což značně omezuje jejího uživatele. Další nevýhodou je velmi nízký profil handbiku s uživatelem a tedy velké riziko při pohybu v běžném provozu.

Velice důležitým faktorem je cena handbiku. Ta se odvíjí od materiálu základních dílů a také od cen komponent, kterými je handbike vybaven. Jelikož se jedná v případě většiny výrobců o kusovou výrobu, je cena značně vysoká. Cena běžných modelů handbiků začíná na hranici 200 000kč. Speciální závodní modely se mohou pohybovat i kolem 500 000kč. Cena přípojných konstrukcí k invalidnímu vozíku je u základního provedení 60 000kč.

Výrobou hadnbiků této koncepce se zabývá velké množství firem. Nejznámějšími jsou firmy Schmicking, Otto Bock. Výrobou přípojných konstrukcí k invalidnímu vozíku se zabývá firma Meyra.

3.2. Off road konstrukce^[13]

Tento druh handbiku využívá rozdílný přístup, než klasická koncepce. Jedná se o stroj s dvěma koly vpředu a jedním, poháněným, vzadu. Přední kola jsou nezávislého zavěšení a jsou řízena. Přední i zadní kola jsou brzděna. Všechna kola jsou u tohoto stroje odpružena, což zlepšuje prostupnost těžkým terénem.



Obr. 15: Off road handbike [13]

Celý stroj se skládá z několika základních částí

- Rám
- Zavěšení a řízení
- Pohon

3.2.1. Rám

Rám stroje se skládá ze dvou částí. Hlavní částí je tělo rámu, na kterém je uchyceno zavěšení předních kol, řízení, sedadlo a část převodového systému. Druhou částí je kyvná vidlice zadního odpruženého kola.



Obr. 16:Rám handbiku [13]

Tělo rámu je v přední části uzpůsobeno pro uchycení závěsů předních kol a řízení. Za zavěšením předních kol jsou umístěny kliky sloužící k pohonu. Za klikami je umístěno hrudní řízení a na konci těla rámu je sedák s opěrkami nohou.

Kyvná vidlice umožňuje uložení v těle rámu, v tomto místě také obsahuje převod, který zajišťuje stálé napnutí řetězu i při propružení vidlice. Na rameni je také uchyceno odpružení zadní části a samozřejmě zadní kolo a brzda.

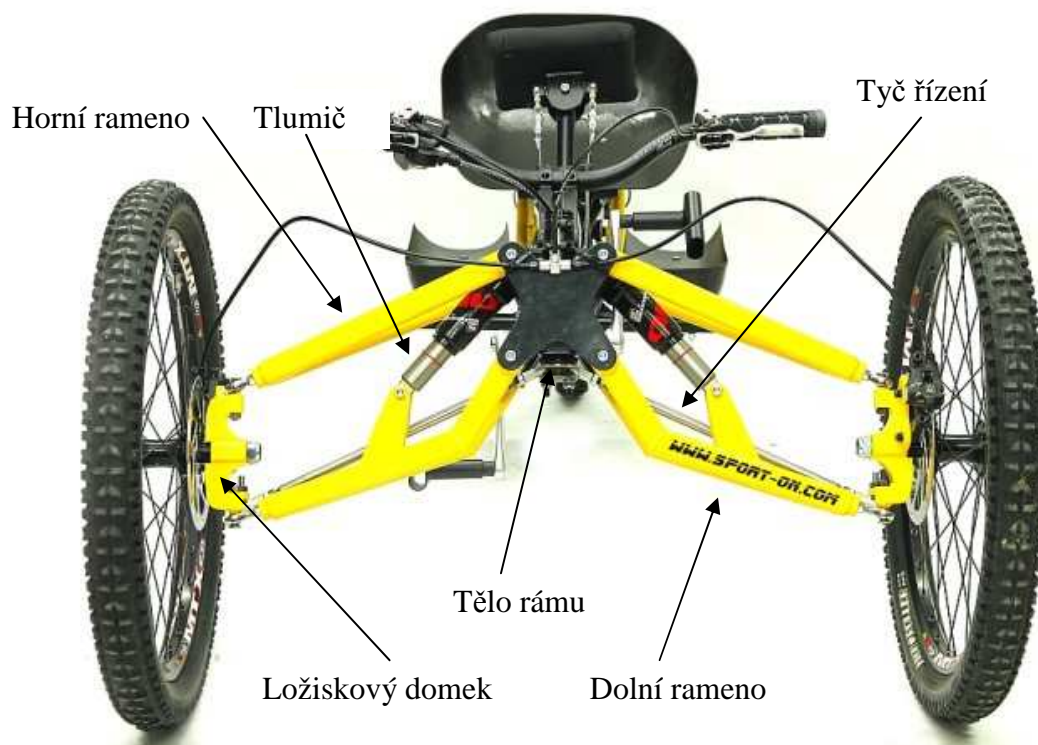
Materiál pro stavbu rámu musí splňovat náročné požadavky použití v terénu. Odolnost materiálu je zde důležitější, než nízká hmotnost.

Materiál rámu

- Ocel
- Hliník

3.2.2. Zavěšení a řízení

Zavěšení předních kol využívá automobilové koncepce lichoběžníkových ramen. Kolo je uloženo v ložiskovém domku, který je spojen se dvěma rameny odpružení. Tato ramena jsou uchycena na přední část těla rámu. Délka jednotlivých ramen ovlivňuje chování stroje při propružení a také ovládání stroje.



Obr. 17: zavěšení předního kola [13]

Handbike je řízen dvěma způsoby. Hlavní řízení je zajištěno řídítky, stejně jako na kole. Druhý systém řízení je zajištěn hrudní opěrkou umístěnou před sedadlo. Tento druhý způsob není tak přesný, jako hlavní řízení řídítky, ale umožňuje udržování směru, nebo jeho korekce ve chvíli, když jezdec pohání stroj svými rukama a nemůže jimi tudíž rukama ovládat řídítka.

Oba tyto systémy jsou propojené a vlastní kola jsou natáčena řídicími tyčemi, které jsou uchyceny k ložiskovým domkům. Řídítka jsou spojena s řídicími tyčemi přímo, zatímco hrudní řízení je s řídicími tyčemi propojeno pomocí lanek.

3.2.3. Pohon

Podobně, jako u handbiku klasické koncepce, je i u tohoto stroje použit pohon pomocí řetězu s využitím cyklistických komponent. Základem pohonu jsou kliky, které jsou uloženy v rámu mezi řídítky a hrudním řízením. Kliky jsou vybaveny pouze jedním převodníkem. Další převodník je uložen v čepu zadní kyvné vidlice. Zde je dvojice spojených převodníků proto, aby nedocházelo k uvolnění řetězu během propružení kyvné vidlice. Od čepu kyvné vidlice pokračuje druhý řetěz až k náboji zadního kola. Jelikož není v pohonném systému zařazen žádný měnič převodu, je jako zadní náboj použit vícerychlostní náboj. Ten zajišťuje dostatečný počet převodů pro využití handbiku v náročných terénních podmínkách.

3.2.4. Brzdění

Handbike je vybaven dvěma nezávislými brzdovými okruhy. Brzdění je rozděleno na přední kola a na zadní kolo. Obě přední brzdy jsou ovládány jednou brzdovou pákou. Všechny brzdy jsou u tohoto handbiku hydraulické. Je však možné použití mechanické brzdy. U tohoto typu handbiku není na předních kolech možné použití ráfkových brzd. Brzdové páky jsou umístěny pouze na řídítkách. To dovoluje použití tohoto druhu handbiku jen pro osoby s možností ovládat prvky prsty rukou.

3.2.5. Sezení

U tohoto handbiku nelze mluvit přímo o sezení. Uživatel je na handbiku v kleče a sedadlo ho spíš podpírá. Tomu odpovídá i pozice sedadla, které je skloněno vpřed.

3.2.6. Shrnutí terénní konstrukce handbiku

Toto pojetí konstrukce handbiku umožňuje tělesně postiženým navštívit i místa, na která je přístup veden velice náročným terénem. Tato konstrukce je však svou stavbou vhodná pouze pro část uživatelů s tělesným postižením. Umístění postavy v handbiku vyžaduje, aby měl uživatel silný trup. Umístění ovládacích prvků navíc vyžaduje, aby je byl uživatel schopen ovládat prsty rukou. Jde tedy o prostředek, který je určen pro paraplegiky, nebo osoby postižené parapézou.

Stejně jako u klasické konstrukce je i u tohoto druhu handbiku důležitým hlediskem pořizovací cena. Ta začíná na hranici 350 000 Kč.

Vynálezcem a jediným výrobcem této koncepce handbiku je polská firma Spot-on.

4. Konstrukce

Tato část práce se zabývá konstrukčním řešením handbiku pro potřeby tělesně postižených. Konstrukce handbiku se bude odvíjet od diskuse s hendikepovanými. Měla by díky tomu být do maximální možné míry vhodná pro tělesně postižené.

4.1. Specifikace požadavků

První věcí, která je při konstrukci nutná je specifikace požadavků. Jedná se o seznam požadavků, které klademe na předmět konstrukce. Laicky řečeno seznam toho, co chceme, aby výrobek uměl.

Specifikace požadavků:

- Umožnit pohyb v zadaném terénu
- Umožnit usazení tělesně postiženého člověka
- Umožnit pohyb a ovládání
- Umožnit uložení zavazadel

Detailnější specifikace požadavků.

Umožnit pohyb v zadaném terénu:

Základní konstrukce (rám handbiku) se odvíjí především od požadavků na prostupnost terénem. Musí také umožnit uložení ostatních komponent handbiku jako jsou ovládací prvky apod.

Umožnit usazení tělesně postiženého člověka:

Rám handbiku musí mimo jiné umožnit usazení a sezení uživatele. Ostatní části konstrukce musí také umožnit umístění ovládacích prvků tak, aby byly vhodně dostupné pro uživatele.

Umožnit pohyb a ovládání:

Celá konstrukce handbiku musí samozřejmě umožnit i jeho pohyb. Pod termínem pohyb se rozumí:

- Pohon
- Řízení
- Brzdění

Možnou variantou pohon je také přídatný elektrický pohon, který by sloužil jako pomoc uživateli, nebo jako samostatný, plnohodnotný pohon.

Umožnit uložení zavazadel:

Pokud se jedná o pohyb na dlouhé vzdálenosti, je nutné uvažovat také uložení potřebného vybavení. Prostor pro materiál se týká také případného uložení baterií pro elektrický pohon.

4.2.Návrh variant

Dalším krokem v konstrukci je vytvoření možných variant konstrukce. K vytvoření možných variant konstrukce je použita metoda morfologické matice. Jde o soupis požadavků na handbike, kde jsou jednotlivým požadavkům přiřazena možná řešení. Dále je z morfologické matice vybráno několik možných řešení. Ta jsou dále srovnána a je vybráno nejvhodnější řešení pro konstrukci, které je dále rozvinuto.

Typ handbiku		Silniční	Trekingový	Terénní	
Rám	Tvar	3 kola, 1 vpředu	3 kola, 1 vzadu	4 kola	2 kola
	Složitelnost	Skládací	Rozebiratelný	Nerozebiratelný	
	Materiál	Ocel	Hliník	Uhlíkový kompozit	Kombinace
Pohyb	Pohon	Sloučený s řízením	Oddělený od řízení		
	Elektrický pohon	Ano	Ne		
	El. Pohon - druh	Plný pohon	Pomocný pohon	Žádný pohon	
	Umístění el. Pohonu	V rámu	V kole		
	Řazení	Přehazovačka	Vícerychlostní náboj		
	Brzda	Přední kola	Všechna kola		
	Ruční brzda	Ano	Ne		
	Ovládání	Kliky	Oddělené	Řídítka + kliky	Specifické
Posed	Posed	Sezení	Klečení	Pololeh	
	Sedadlo	Skořepina	Skořepina + potah	Rám + látka	
Náklad	Uložení	Ano	Ne		

Tab. 1: Morfologická matice

Z tabulky 1 jsou zřetelné navrhované možnosti týkající se konkrétních funkcí handbiku. A to od vlastního typu handbiku až po možnost uložení nákladu.

V dalším kroku byly vytvořeny tři varianty. Každá varianta zahrnovala jiný typ handbiku. Byly tedy vytvořeny návrhy pro silniční, trekkingový a terénní handbike.

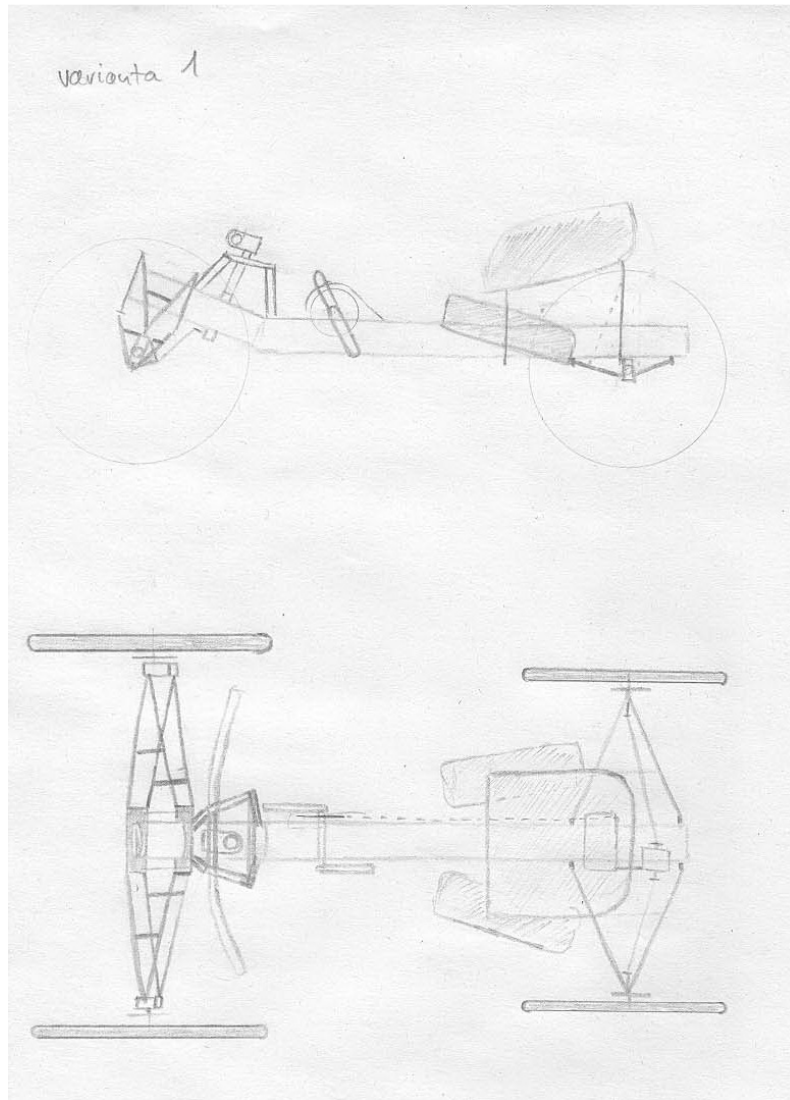
Pro každou variantu byla vytvořena skica, jak by mohl handbike vypadat. Jedná se o skici k nastínění možného tvaru a rozložení komponent na handbiku. Pro každou variantu byl také hlouběji rozpracován seznam možností k dosažení stanovených požadavků. Zhodnocení návrhů proběhlo v kolektivu týmu Active handicap.

4.2.1. Varianta 1

Jedná se o terénní provedení určené do těžkého terénu. Konstrukce hadnbiku je čtyřkolová.

Podrobný návrh varianty:

- Zavěšení
 - o Přední
 - Lichoběžníková náprava
 - o Zadní
 - Tuhá náprava
 - Kliková náprava
 - Výkyvná ramena
- Materiál
 - o Rám
 - hliník
 - o Zavěšení
 - Hliník
 - Ocel
- Rozebiratelnost
 - o Demontáž kol
 - o Rozložení rámu
- Pohon
 - o Kliky
 - Sklápěcí
 - Na rámu
- Řazení
 - o Vícerychlostní náboj
- Brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
 - o Všechna kola
 - Zapojení X, nebo TT
- Ruční brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
- Ovládání
 - o Brzdy na řídítkách
 - o Řazení
 - Na klikách
 - Na rámu
- Posed
 - o Klečení
 - o Potažená skořepina



Obr. 18: Varianta 1

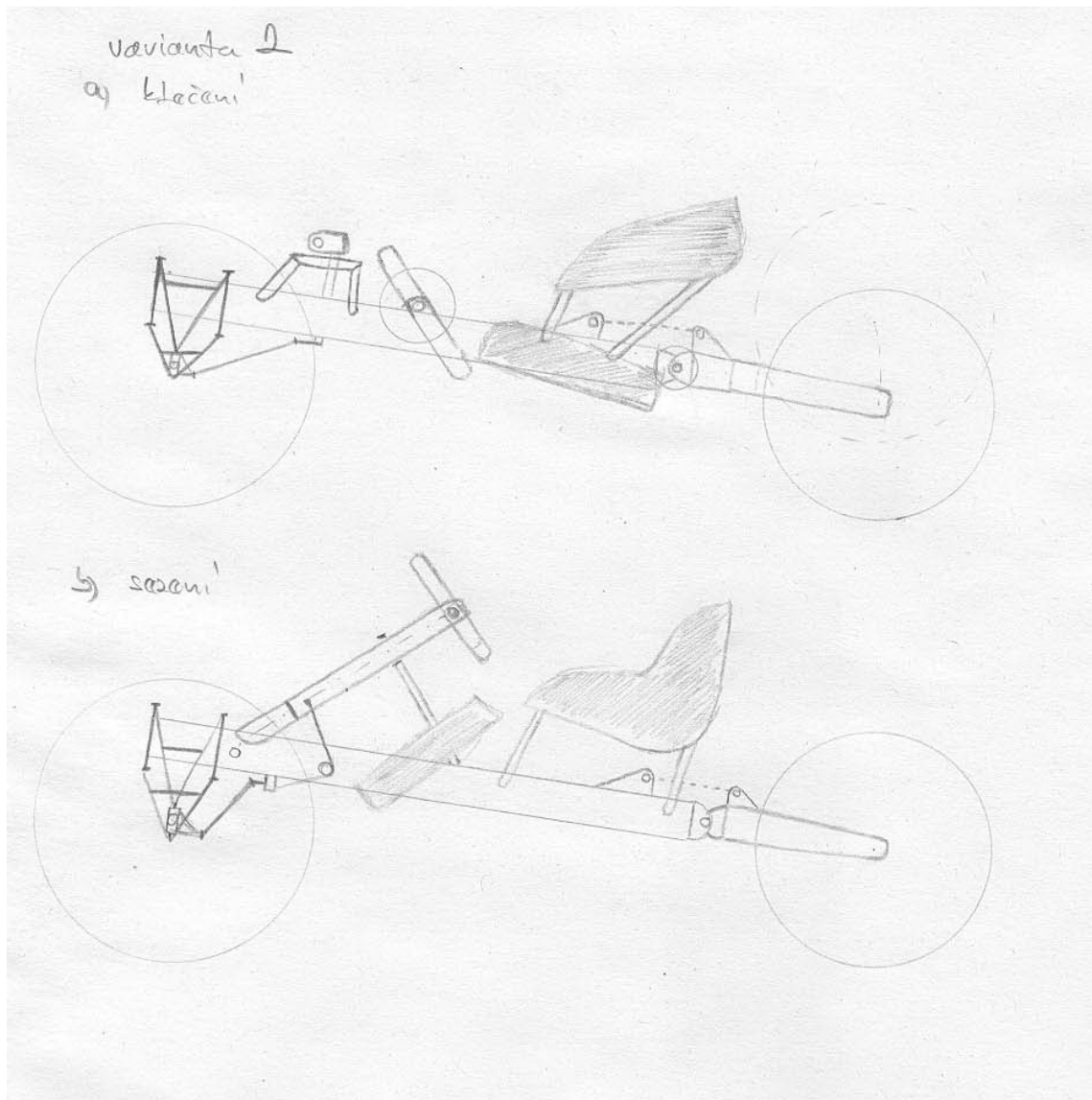
Tato varianta využívá pevného rámu se čtyřmi nezávisle zavěšenými koly. Přední kola využívají lichoběžníkového závěsu a zadní jsou uložena na výkyvných ramenech. O pohon se v tomto případě starají kliky, které jsou pevně umístěny na rámu. Přenos energie se děje prostřednictvím řetězu. Ten vede podél hlavní rámové trubky před zadní nápravu, kde je umístěn modifikovaný vícerychlostní náboj, který se stará o změnu převodů. Z této „převodovky“ je řetězem energie přenášena na diferenciál, který se stará o rozložení energie mezi zadní poháněná kola. Řízení je od pohonu odděleno a zajišťují ho říditka uložená před klikami.

4.2.2. Varianta 2

Jedná se o trekkingové provedení handbiku. Umožňuje pohyb ve středně těžkém terénu. Provedení je tříkolové se dvěma koly vpředu.

Podrobný návrh varianty:

- Zavěšení
 - o Přední
 - Lichoběžníková náprava
 - o Zadní
 - Kyvné rameno
- Materiál
 - o Rám
 - hliník
 - o Zavěšení
 - Hliník
 - Ocel
- Rozebiratelnost
 - o Demontáž kol
 - o „Zlomení“ rámu
- Pohon
 - o Kliky
 - Na rámu
- Elektrický pohon
 - o Pomocný v kole
- Řazení
 - o Přehazovačka
- Brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
- Ruční brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
- Ovládání
 - o Řazení
 - Na klikách
 - Na rámu
- Posed
 - o Klečení
 - o Sezení
 - o Potažená skořepina



Obr. 19: Varianta 2 a), b)

Varianta 2a využívá odděleného řízení od pohonu jak je patrné z obr. 17. O řízení se starají řídítka spojená přes řídící tyče se závěsy kol. Pohon je zajištěn klikami umístěnými pevně na rámu mezi sedačkou a řídítky. Složení rámu je zajištěno uvolněním tlumiče kyvného ramene a složením pod hlavní část rámu. Aby nedocházelo ke spadnutí řetězu. Je v čepu kyvného ramene umístěna dvojice řetězových kol.

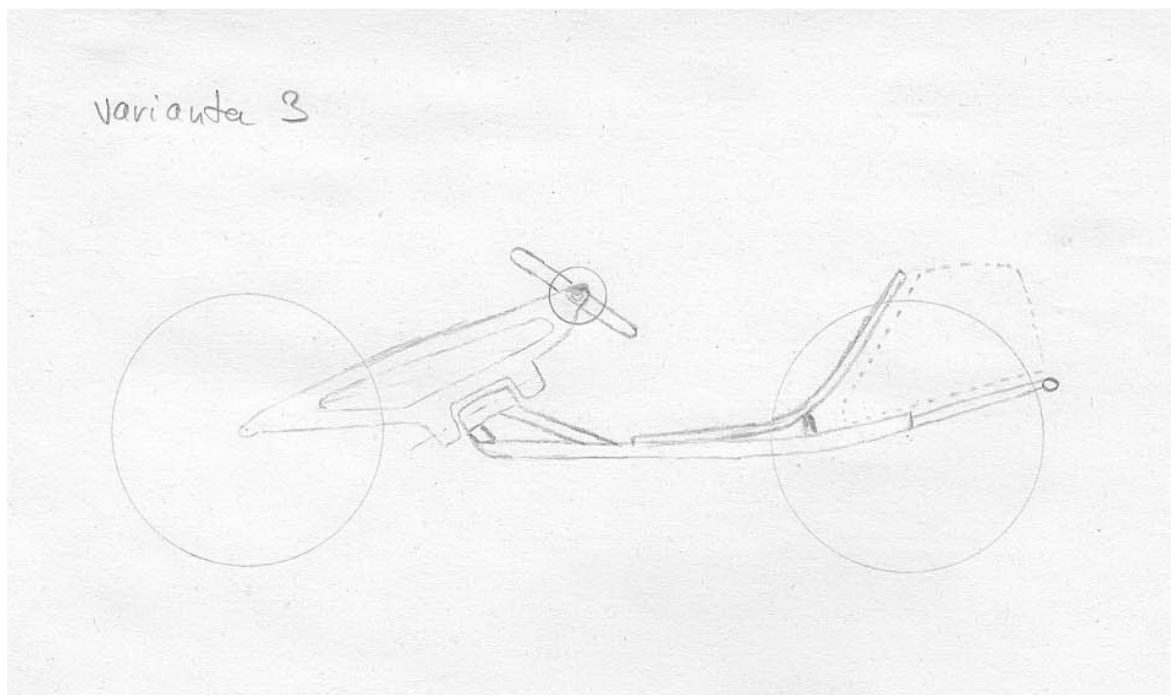
Varianta 2b využívá proti variantě 2a sloučeného řízení s pohonem. Pohon je zajištěn klikami, které jsou umístěny na konci trubky, která je otočně uložena k rámu. Pro zvýšení tuhosti slouží podpěra před klikami. Energie je z klik přenášena pomocí kardanu, vnitřkem řídící trubky, na ozubené kolo v hlavní části rámu. Dále je přenos energie zajištěn řetězovým převodem, stejně jako u varianty 2a. Řízení je zajištěno pomocí řídící trubky, která je otočně připevněna k rámu. Natáčením trubky se aktivuje řídící lankový mechanismus. Ten je spojen se členem ve tvaru T, který přenáší tah lanek na řídící tyče ovládající přední kola.

4.2.3. Varianta 3

Jedná se o silniční provedení handbiku. Umožňuje pohyb po silnici, výjimečně na nepevných cestách. Provedení je tříkolové se dvěma koly vzadu.

Podrobný návrh varianty:

- Zavěšení
 - o Klasická koncepce handbiku
- Materiál
 - o Rám
 - hliník
- Rozebiratelnost
 - o Demontáž kol
 - o „Zlomení“ rámu
- Pohon
 - o Kliky
 - Na vidlici
- Elektrický pohon
 - o Pomocný zadních kol
- Řazení
 - o Přehazovačka
 - o Vícerychlostní náboj
- Brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
- Ruční brzda
 - o Mechanická
 - o Hydraulická
- Ovládání
 - o Řazení
 - Na klikách
 - Na rámu
- Posed
 - o Sezení
 - o Rám + vypnutá látka



Obr. 20: Varianta 3

4.3. Hodnocení variant

Hodnocení variant proběhlo na schůzi týmu Active handicap při prezentaci jednotlivých projektů. Po představení a popisu jednotlivých variant proběhla diskuse. Z této diskuse vyplynul návrh na modifikaci varianty 3. Jde o kombinaci klasické koncepce handbiku a přední vidlice připojitelné ke kolečkovému křeslu. Princip spočívá ve využití přední vidlice handbiku a možnosti jejího použití ve spojení s kolečkovým křeslem. To vyžaduje možnost odpojení přední vidlice od rámu handbiku. Po schůzi bylo rozhodnuto, že konstrukce se bude dále vyvíjet cestou navrženého řešení s odpojitelnou přední vidlicí. Dále byla zvolena možnost využití elektropohonu zadních kol. Jde o pomocný pohon sloužící například ke zlepšení stoupavosti handbiku.

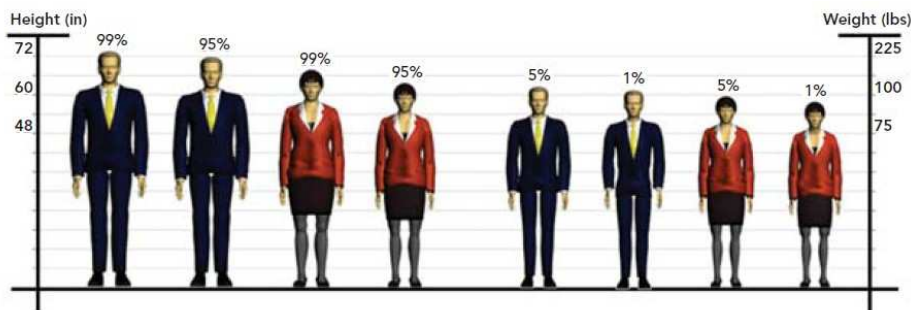
4.3.1. Popis zvolené varianty

Jedná se o handbike klasické koncepce, tedy tříkolový stroj se dvěma koly vzadu a jedním vpředu. Základní mi částmi je rám a přední vidlice. Specifikem tohoto řešení je možnost oddělení přední vidlice od rámu a její připojení k invalidnímu vozíku. Použití tohoto handbiku se předpokládá od silnice až po nezpevněné cesty. Handbike také umožňuje použití přídavného elektrického pohonu.

4.4. Určení základních rozměrů^[1]

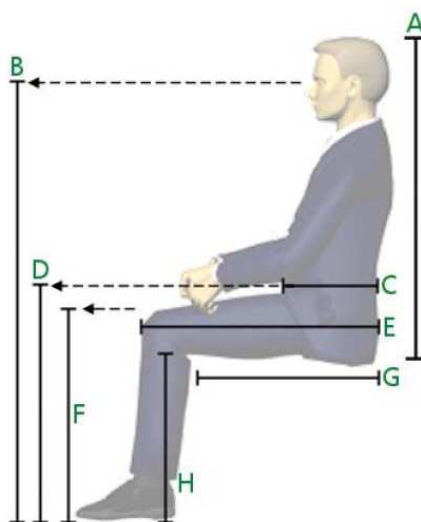
Prvním krokem pro vlastní konstrukci je určení základních rozměrů. Jde především o tělesné rozměry. Tyto rozměry jsou potřebné pro celkové rozvržení rozměrů handbiku. V prvním kroku je nutné zvolit pro koho je stroj určen. Jedná se o tzv. referenční postavu. Z jejích rozměrů jsou odvozené potřebné rozměry handbiku.

Jako referenční postava byl vybrán muž průměrné velikosti. Jedná se o tzv. procentuální velikost. Nejčastěji používané rozmezí je 5-95%, což znamená, že jde o rozmezí, pod jehož nejnižší hodnotu spadá 5% osob a pod jeho nejvyšší hodnotu spadá 95% všech osob. Toto rozmezí se nejčastěji používá pro volbu mezních rozměrů konstruovaných prvků. Pro tuto práci byl zvolen rozsah 5 – 95% muže a z tohoto rozsahu byla zvolena střední hodnota. Tyto hodnoty jsou použity jako referenční. Konstrukce handbiku však bude umožňovat nastavení podle potřeb uživatele.



Obr. 21: Procentuální velikosti mužů a žen^[1]

Pro určení rozměrů handbiku jsou nejdůležitější rozměry postavy při sezení. Jde především o hodnoty pro určení délky a šířky posedu a výšky opěradla. Konkrétní hodnoty jsou převzaty z obr. 22 a tabulek 2.



Obr. 22: Běžné rozměry těla při sezení. Hodnoty v Tab. 2^[1]

Měření [cm]		Žena 5 % - 95 %	Muž 5 % - 95 %	Průměr 5 % - 95 %
Výška zad	A	79,5 – 90	85 – 97	79,5 – 97
Výška očí v sedu	B	108 – 124	118 – 134	108 – 134
Hloubka pasu	C	18,5 – 27	20 – 29	18,5 – 29
Výška područek	D	53 – 62	58 – 68	53 – 68
Od zad ke kolenům	E	54 – 64	57 – 67	54 – 67
Výška stehen	F	50 – 59	54 – 63,5	50 – 63,5
Hloubka sedu	G	43 – 52	45 – 52,5	43 – 52,5
Výška sedu	H	38 – 50	42 – 50,5	38 – 50,5
Šířka sedu	nezobrazeno	35 – 45	35 – 44	35 – 44

Tab. 2: Hodnoty pro Obr. 20[1]

Dalšími potřebnými hodnotami jsou šířka v oblasti ramen a šířka v oblasti pánve. Tyto rozměry jsou potřebné pro určení šířky rámu (posedu) a rozchodu zadních kol. V některých případech nastavení posedu je možné, že dojde k posuvu těla (oblasti ramen) mezi zadní kola. Je tedy nutné zajistit dostatečnou vzdálenost mezi koly tak, aby nemohlo dojít ke kontaktu s kolem. Případně použít další prvky zamezující kontaktu s kolem.

Pro zjištění šíře ramen a pánve byly použity vztahy určující poměr mezi tělesnou výškou a šířkou ramen nebo pánve. Tento vztah udává procentuální poměr. Hodnoty jsou použity pouze pro rozměry mužského těla.

Šířka ramen: - úzká ramena <22%
- střední ramena 22–23%
- široká ramena >23%

Šířka pánve: - úzká pánev <16,5%
- střední pánev 16,5–17,5%
- široká pánev >17,5%

Pro výpočet byla uvažována horní mez střední šíře ramen a pánve. Při střední hodnotě mužské výšky 187cm je tedy šíře ramen 43,01cm a šíře pánve 30,85cm.

Z výše uvedených hodnot jsou dále odvozeny konečné základní rozměry komponent, které jsou v přímém kontaktu s člověkem. Těmi jsou sedlo, opěradlo, podpěrky nohou, kliky. Dále pak šířka mezi koly.

Zvolené rozměry:

- Šířka sedadla 400 mm
- Délka sedadla 450 mm (lze posouvat)
- Výška opěradla 550 mm (lze naklápět)
- Podpěrky nohou délkově nastavitelné
- Šířka klik (Q-faktor) 400 mm
- Délka klik 175 mm
- Šířka mezi koly v nejvyšším místě 500 mm

4.5. Návrh konstrukčních uzlů

V tomto případě jsou pod pojmem konstrukční uzel uvažovány ty části konstrukce, kde dochází ke spojení více jednotlivých součástí. Nejdůležitějším konstrukčním uzlem handbiku je spojení rámu a přední vidlice, respektive systém odpojení přední vidlice. Dále pak uložení všech kol a sedadla.

Návrh handbiku předpokládá primární určení pro osoby s možností ovládat brzdění a řazení prsty rukou. Tedy člověka postiženého paraplegií, nebo paraparézou. Tento předpoklad je učiněn z hlediska rozpojení handbiku na dvě části. Každá z částí tedy bude mít svůj systém brzdění. Pohon je kompletně umístěn na přední části.

4.5.1. Systém odpojení přední vidlice

Jde o mechanismus, který umožní oddělit přední vidlici od rámu handbiku a dále jí připojit ke kolečkovému křeslu, které je pak možno využívat jako handbike.

Požadavky na spoj:

- Snadná rozebíratelnost
- Dostatečná pevnost a tuhost

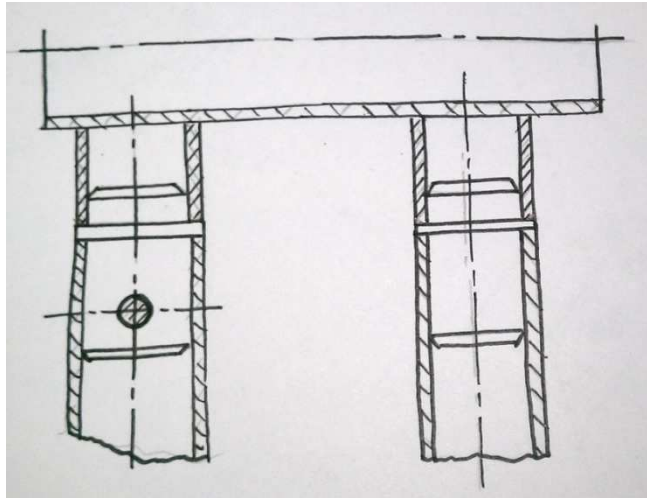
Varianty řešení:

- Vyjmutí přední vidlice z hlavového složení
- Ponechání kompletního hlavového složení na rámu handbiku
- Odejmutí kompletního hlavového složení z rámu handbiku

Hodnocení variant:

- Vyjmutí přední vidlice z hlavového složení
 - + Nižší přenášená hmotnost
 - Nutnost rozložení hlavového složení
Hlavové složení je nutno po nasazení opět seřídít
- Ponechání kompletního hlavového složení na rámu handbiku
 - + Nízká přenášená hmotnost
 - Delší rozvor
Složitější upnutí
Nutnost použití dvou hlavových složení (na handbiku a na kolečkovém křesle)
- Odejmutí kompletního hlavového složení z rámu handbiku
 - + Snadné odpojení
Pouze jedno hlavové složení
Netřeba po přepojení seřizovat hlavové složení
 - Vyšší přenášená hmotnost

Po srovnání kladů a záporů bylo zjištěno, že nejvhodnější variantou je konstrukce odpojitelného hlavového složení.

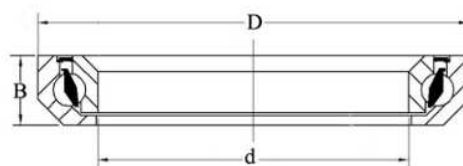


Obr. 23: Skica spoje hlavového složení s rámem handbiku

Konstrukční uzel je řešen spojením v oblasti vzpěr hlavové trubky. Vzpěry hlavové trubky jsou tvořeny dvěma protikusy. Jedním je soustružený blok zapadající do vzpěry, která je součástí rámu handbiku. Tento blok je součástí vzpěry, která je součástí hlavového složení. Díly jsou spojeny pomocí rychloupínací objímky, která zajišťuje dostatečnou sílu spojení a zároveň možnost rychlého rozpojení. Jako pojistka slouží čep, nebo závlačka, v jedné ze vzpěr hlavového složení. Konkrétně jde o přední vzpěru, kde působící síly zapříčiňují vytahování hlavového složení ze vzpěry.

4.5.2. Spojení vidlice s hlavovým složením^[16]

Pro spojení vidlice s hlavovým složením je použita stejná metoda jako u běžného jízdního kola. Jedná se o semi-integrované hlavové složení. Jde o použití dvou kuličkových ložisek s kosoúhlým stykem. Pro centrování krku vidlice vůči hlavové trubce mají ložiska na hraně vnějšího i vnitřního kroužku sražení. Ložiska jsou nasazena na krk vidlice, kde na spodním konci je umístěn kroužek zajišťující vycentrování. Na druhém konci je ložisko vycentrováno pomocí děleného kroužku. Rozdělení horního kroužku je z důvodu umožnění vycentrování. Pro nastavení předepnutí je nad horním děleným kroužkem umístěna objímka, která po dotažení zabraňuje možnému axiálnímu posuvu kroužku. V hlavové trubce jsou ložiska uložena pomocí vložek. Ty jsou, stejně jako kroužky na krku vidlice) součástí prodejního balení semi-integrovaného hlavového složení.



Obr. 24: Ložisko hlavového složení [16]

Rozměry ložiska jsou: $d = 30,5 \text{ mm}$

$D = 41,8 \text{ mm}$

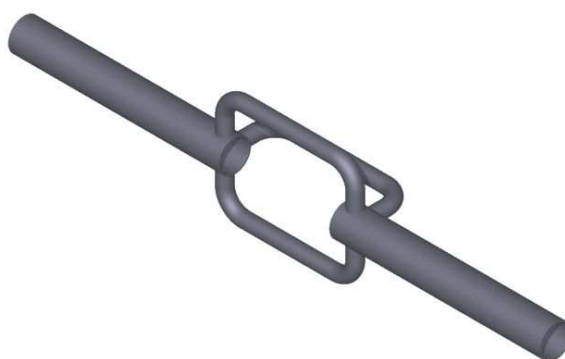
$B = 8 \text{ mm}$

Jelikož se jedná o ložisko s kosouhlým stykem, bude zachycovat axiální i radiální síly působící mezi přední vidlicí a rámem. Ložisko s kosouhlým stykem navíc zajišťuje větší tuhost uložení.

4.5.3. Uložení kol^[10]

Jelikož mají být obě zadní kola poháněna, je nutné zajistit možnost diferenciací otáček při průjezdu zatáčkou. K zajištění této funkce slouží diferenciál. Z hlediska dostupnosti byl zvolen diferenciál společnosti Samagaga z Taiwanu. Tato společnost nabízí k diferenciálům i poloosy a náboje kol. Z hlediska zajištěné kompatibility bylo rozhodnuto o jejich použití. Jelikož se jedná o jedinou nalezenou firmu, která se zabývá výrobou diferenciálů pro tříkolky poháněné lidskou nebo elektrickou silou, není možné srovnání s konkurencí. Srovnání nákladů na výrobu vlastními prostředky a nákupu komponent vychází jednoznačně ve prospěch nákupu komponent společnosti Samagaga.

Proto je nutné zajistit uložení diferenciálu a poloos do zadní nápravy. Jelikož se nepředpokládá využití handbiku v náročném terénu, je zadní náprava volena jako součást rámu handbiku. Náprava se skládá ze tří částí. Jsou jimi dvě trubky, kterými procházejí poloosy a klec diferenciálu, která slouží k ochraně diferenciálu. V každé trubce jsou umístěna dvě ložiska, na každé straně jedno, která umožňují otáčení poloos. Jedná se o ložiska s kosouhlým stykem, protože je nutné zajistit přenos axiálních sil při průjezdu zatáčkou.



Obr. 25: zadní náprava

Přední kolo je uloženo v přední vidlici. Jeho uložení musí zajistit dostatečnou tuhost řízení a možnost brzdění (použití kotoučové brzdy). Jelikož se ve skutečnosti jedná o zadní kolo běžného kola, byl pro jeho uložení zvolen nejběžnější standard zadního kola běžného jízdního kola. Tímto standardem jsou patky pro náboj šířky 135mm a osu 10mm.

V tomto standardu se vyrábějí nejen běžné náboje, ale také vícerychlostní náboje. Je tedy možné využít obě možnosti pro změnu převodu u primárního pohonu (pohon lidskou silou).

4.5.4. Uložení sedadla a opěradla

Jelikož každý uživatel požaduje různý druh posedu, např. jiné prohnutí sedáku apod., je nutné vytvořit sedadlo, které umožní toto individuální nastavení. Takového množství nastavení je možné dosáhnout pomocí jednotlivých pásků se suchým zipem, které jsou napnuté mezi dvěma nosnými prvky. V tomto případě těmito nosnými prvky mohou být podélné trubky rámu. Přes nastavovací pásy je přetažena látka, která slouží jako sedadlo. Pružnost materiálu pásků navíc zajišťuje zvýšení pohodlí při jízdě po nerovném povrchu.

Opěradlo je navrženo konstrukčně shodné se sedákem, což zajišťuje stejné možnosti přizpůsobení individuálním požadavkům jednotlivých uživatelů. Jako nosný prvek zde slouží rám z ohnuté trubky. Ten je na rám handbiku uchycen na třech místech. Dvěma čepy je spojen s rámem handbiku (možnost naklápění) a přes otočně uloženou tyč je aretován rovněž na rám handbiku (aretace ve zvolené poloze).

4.5.5. Umístění ovládacích prvků

Umístění ovládacích prvků je velice důležité s ohledem na druh tělesného postižení uživatele. V této práci se předpokládá umístění ovládacích prvků pro paraplegika, který je schopen ovládat prvky ovládat prsty rukou. Proto se předpokládá uchycení všech ovládacích prvků na rukojeti klik. Těmito ovládacími prvky jsou přední brzda a řazení. Brzdová páka zadních kol je umístěna na rámu.

Pokud by byl uživatelem kvadruplegik, nebo člověk postižený kvadruparézou, je nutné umístit ovládací prvky tak, aby je mohl ovládat lokty. To vyžaduje umístění ovládacích prvků na rám a tedy možnost jejich odpojení při odpojení vidlice. Toto odpojení by bylo vyřešeno použitím vodících kolejnic s rychlospojkou, které by byly umístěny po stranách sedadla.

4.5.6. Shrnutí

V této části byl proveden návrh konstrukčních uzlů, které slouží ke spojení jednotlivých komponent. Tato spojení jsou velice důležitá, neboť v takovýchto místech dochází nejčastěji k problémům technické povahy. Jednotlivé komponenty jsou navrženy v následující části.

4.6. Konstrukce jednotlivých komponent

V této části je popsána konstrukce jednotlivých komponent handbiku. Těmito komponentami jsou rám, přední vidlice, zadní náprava, kliky, sedadlo a opěradlo.

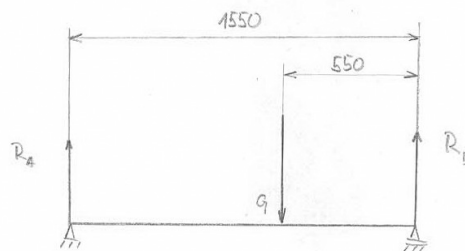
Nejprve je nutné vytvořit předběžný návrh rozměrů handbiku, které budou použity při předběžném určování působících sil. Rozměry jsou voleny s využitím zvolených základních rozměrů postavy uživatele.

Rozměry jsou: - rozvor	1550 mm
- vzdálenost předního kola od hlavového složení	500 mm
- vzdálenost středu sedadla od zadní osy	550 mm
- velikost kol	26"

Hmotnost uživatele: $m_{už}=90\text{kg}$

Výpočet rozložení sil na jednotlivá kola

Velmi důležitou hodnotou pro návrh konstrukce handbiku je rozložení zatížení na jednotlivá kola. Tato hodnota ukazuje zatížení na každé kolo.



Obr. 26: idealizace handbiku

Handbike byl pro potřeby tohoto výpočtu idealizován na nosník na dvou podporách. Výpočtem takového nosníku jsou získány hodnoty reakcí v podporách. V případě handbiku jsou podporami jednotlivá kola. Výpočtem bylo zjištěno, že síla na přední vidlici od předního kola je $R_A = 215,2\text{ N}$ a síla na zadní nápravu je $R_B = 2 \times 284,6\text{ N}$.

Z výsledků vyplývá, že hmotnost je na jednotlivá kola rozložena téměř shodně.

4.6.1. Rám

Požadavky

- Uložení přední vidlice (odnímatelné hlavové složení)
- Uchycení zadních kol
- Uložení sedadla a opěradla
- Dostatečná pevnost

Materiál^{[3][7][8]}

Jelikož se handbike nejvíce konstrukčně i zatížením podobá jízdnímu kolu, bylo pro jeho výrobu vybíráno mezi materiály, které se nejčastěji používají pro výrobu rámu jízdních kol. Do výběru materiálu pro konstrukci handbiku byly zařazeny tři materiály. Jedná se o ocel a dvě hliníkové slitiny. Konkrétně se jedná o ocel 25CrMo4 a hliníkové slitiny 6061 a 7075. Materiálové listy jsou přiloženy v přílohách.

Materiálem pro stavbu základní konstrukce handbiku byla zvolena hliníková slitina. Obecné důvody pro tuto volbu jsou nízká hmotnost (v porovnání s ocelí), dobrá zpracovatelnost (v porovnání s uhlíkovým kompozitem), dobrá svařitelnost a odolnost proti korozi. Nevýhodou tohoto materiálu je však nutnost tepelné úpravy, pokud je součástí výroby svařování.

Konkrétním materiálem byl zvolen Al6061-T6. Hlavními kritérii pro výběr tohoto materiálu byla dostupnost a cena v porovnání se slitinou 7075.

Provedení rámu

Provedením rámu se rozumí technologie výroby. Pro výrobu rámu byla zvolena trubková konstrukce. Byla volena, protože z dostupných technologií vykazuje nejnižší výrobní cenu a nejnižší hmotnost. Výroba trubkového rámu je možná dvěma technologickými postupy. Prvním je výroba hlavní části ohýbáním a následné přivaření vzpěr hlavového složení a zadní nápravy. Druhou variantou je výroba rámu svařováním z jednotlivých rovných profilů, které jsou předem nařezány na požadované rozměry. Jelikož je varianta ohýbaného rámu finančně nákladnější, byla zvolena pro návrh rámu varianta druhá, tedy svaření z jednotlivých rovných profilů.

Vzhledem k tomu, že kruhový profil trubky vykazuje ve všech směrech stejné pevnostní vlastnosti, byl zvolen tento profil. Jeho další výhodou je snadná dostupnost a velké spektrum nabízených rozměrů.

Volba průměru trubek je provedena předběžným výpočtem. Rám je idealizován na nosník na dvou podporách a zatížen hmotností uživatele. Průměr trubky je určen z výpočtu hodnoty průřezového modulu v ohybu W_o . Hodnota průřezového modulu se určí ze vztahu pro výpočet napětí

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

Kde:

σ_o Ohybové napětí [MPa]

M_o Ohybový moment [Nm]

W_o průřezový modul v ohybu [m^3]

Vyjádření vztahu pro průřezový modul v ohybu

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

Kde:

σ_D dovolené napětí v ohybu [MPa]

Pro výběr požadovaného profilu byly zvoleny 3 hodnoty vnějšího průměru (40, 45 a 50mm). Pro tyto průměry byly nalezeny nabídky dodavatelů vyráběné tloušťky stěn. Výsledná volba rozměrů profilu je založena na požadavku splnění požadované pevnosti a nejnižší hmotnosti. Zvolené rozměry profilu jsou $D = 50\text{mm}$ a $t = 1,8\text{mm}$.

Konstrukce rámu

Rám je, jak bylo uvedeno výše, složen z trubek kruhového profilu. Rám se sestává ze dvou podélníků tvořených dvěma trubkami. V přední části jsou podélníky spojeny čelem, tvořeným třemi trubkami a výztuhou. Na čele a výztuze jsou umístěny vzpěry hlavového složení. V zadní části rámu je umístěna zadní náprava, která je k rámu přichycena pomocí čtyř držáků.



Obr. 27: rám handbiku

Rám je dále vybaven úchyty pro opěradlo. Držák vzpěry opěradla je umístěn na horní trubce klece diferenciálu.

K rámu bude dále přichycen motor přídatného pohonu a jeho přidružené součásti. Tím vznikne další vzpěra mezi podélníky a dojde tak ke zvýšení boční tuhosti rámu.

Zatížení rámu

Pro výpočet zatížení jsou zahrnuty síly, které působí při statické pozici handbiku. Nejde tedy o síly vyvolané např. průjezdem zatáčkou apod.

Rám handbiku je ve statické pozici zatěžován třemi skupinami sil. Jde o síly, které působí ve spoji s hlavovým složením, síly způsobené uživatelem a síly od zadních kol. Pro zjištění okrajových podmínek zatížení je rám idealizován na nosník na dvou podporách (přední a zadní kola) a zatížen silou způsobenou hmotností uživatele. Jelikož je předpokládaná hmotnost rámu handbiku vůči hmotnosti uživateli malá, je pro tuto idealizaci zanedbána.

4.6.2. Rám pro připojení přední vidlice k invalidnímu vozíku

Jedná se o konstrukci, která umožní připojení přední vidlice s hlavovým složením k invalidnímu vozíku.

Požadavky

- Univerzální možnost připojení ke konstrukci invalidního vozíku
- Snadná odpojitelnost přední vidlice

Materiál

Materiál pro tento pomocný rám je volen shodný s materiálem rámu.

Konstrukce

Jedná se o trubkový rám, který je vybaven připojovacím rozhraním, stejným jako rám handbiku. To umožňuje připojení hlavového složení stejně jako rám handbiku. Druhou částí tohoto rámu je připojení k invalidnímu vozíku. Jelikož je konstrukce invalidních vozíků rozdílná, je nutné vytvořit univerzální možnost připojení. Každý invalidní vozík je vybaven podpěrami nohou, které se nacházejí v přední části vozíku. Z tohoto důvodu bylo zvoleno připojení k těmto nosníkům. Vzdálenost těchto nosníků na vozíku však není vždy stejná a proto je nutné vytvořit možnost posunu spojovacích prvků.

Konstrukce je tvořena hlavní částí, která sestává ze svislého nosníku, na který je v přední části přichycen držák hlavového složení. Svislý nosník je zapuštěn pod sedadlo invalidního vozíku tak, aby nedocházelo ke kontaktu s nohama uživatele. V dolní části svislého nosníku jsou umístěny 4 trubky. V těchto trubkách jsou posuvně uloženy příčné nosníky, které slouží ke spojení s podélníky invalidního vozíku. Příčné nosníky jsou v hlavní části uchyceny pomocí svěrného spoje, který zajišťují rychloupínací spojky.

Pomocný rám je stejně jako rám handbiku vyroben svařováním jednotlivých profilů.



Obr. 28: Rám pro připevnění vidlice k invalidnímu vozíku

4.6.3. Hlavové složení

Požadavky

- Otočné uložení přední vidlice
- Rychlé odpojení od hlavního rámu
- Dostatečná tuhost

Materiál

Materiál pro konstrukci hlavového složení byl zvolen shodný materiál jako pro konstrukci hlavního rámu. Tento materiál zajišťuje dobrý poměr pevnosti a tuhosti.

Konstrukce hlavového složení

Hlavové složení je tvořeno hlavní trubkou, ve které jsou umístěna ložiska umožňující otáčení přední vidlice, a dvěma trubkami, které hlavní trubku spojují se vzpěrami hlavového složení na rámu handbiku. V těchto trubkách jsou uloženy čepy, které umožňují spojení se vzpěrami hlavového složení. Ve spodním čepu je vytvořena díra sloužící pro pojistný čep. Stejně jako na rámu jsou jednotlivé díly hlavového složení svařeny.



Obr. 29: Hlavové složení

Zatížení hlavového složení

Hlavové složení je umístěno v silovém toku mezi přední vidlicí a rámem. Síly působící od vidlice zatěžují hlavovou trubku přes uložení ložisek. Čepy jsou uloženy ve vzpěrách hlavového složení na hlavním rámu pomocí svěrného spojení a pojištěny bezpečnostním čepem.

4.6.4. Přední vidlice

Požadavky

- Uchycení předního kola
- Možnost nastavení úhlu hlavového složení
- Uložení pohonu (kliky, převody,...)
- Možnost odklopení pohonu (snazší nastupování)
- Uchycení opěrek nohou

Materiál

Stejně jako u ostatních základních částí handbiku je zvolena hliníková slitina Al 6061-T6

Konstrukce přední vidlice

Vidlice je tvořena ze dvou částí. První částí je vlastní uložení předního kola a spoj s hlavovým složením. Druhá část je nosič klik, který je otočně spojen s vidlicí tak, aby bylo umožněno jeho odklopení pro usnadnění nastupování a vystupování uživatele.



Obr. 30: Přední vidlice s nosičem klik

Jelikož je požadavek na možnost nastavení úhlu hlavového složení, je nutné zajistit možnost natočení přední vidlice vůči hlavovému složení. K tomu slouží krk vidlice, který je otočně připevněn na svém spodním konci ke konstrukci přední vidlice. Na horním konci krku vidlice je umístěna objímka, která zajišťuje dvě funkce. První funkcí je nastavení předpětí ložisek hlavového složení. Druhou funkcí je uchycení ramínek nastavení hlavového složení.



Obr. 31: Nastavení úhlu hlavového složení

Přední část vidlice je tvořena dvěma páry vzpěr, které jsou spojeny patkami a na druhém konci jsou přivařeny k nosné tyči přední vidlice. Patky slouží k uložení předního kola, uchycení brzdového třmenu a přehazovačky. Pro uchycení předního kola v patkách je použit klasický rozměr zadního náboje kola, tedy šířka 135 mm a průměr osy 10 mm. Pro

uchycení brzdového třmene je na levé patce použit IS standard. Jedná se o dva otvory rovnoběžné s osou kola. Pravá patka je vybavena klasickým úchytem přehazovačky se závitem M10x1.



Obr. 32: Patky přední vidlice

Nosič klik je součástí přední vidlice a je s ní otočně spojen na horním konci nosné tyče vidlice. Je složen ze středového pouzdra pro uložení osy klik a dvou trubek čtvercového průřezu.



Obr. 33: Nosič klik

Jednotlivé díly vidlice i nosiče klik jsou stejně jako ostatní části handbiku vyrobeny svařováním. Pouze v místech, kde je nutné zajistit možnost otáčení, je použito spojení pomocí čepů nebo šroubů.

Opěrky nohou

Jelikož uživatel kvůli svému postižení není schopen pohybovat s nohama, je nutné, aby se vytvořil prvek, který zabrání kontaktu nohy s podkladem, po kterém se handbike pohybuje, nebo s vlastním předním kolem handbiku. K tomuto účelu slouží opěrky nohou.

Jedná se o komponentu složenou z trubky ve tvaru U a textilního pásku sloužícího k podepření nohy.



Obr. 34: Opěrky nohou

Opěrky jsou aretovány na vidlici pomocí čepu. To umožňuje nastavení jejich vzdálenosti od sedadla individuálně podle přání uživatele.

Zatížení přední vidlice

Vidlice je zatěžována silami od předního kola, což jsou síly způsobené hmotností jezdce a silami od brzdění. Síly od pohonu jsou v poměru k ostatním silám zanedbatelné, a proto nejsou uvažovány. Další zatížení působí v hlavovém složení. Jedná se o reakce od sil zatěžujících hlavovou trubku.

4.6.5. Kliky

Požadavky

- Nízká hmotnost
- Dostatečná tuhost
- Připojení převodníků
- Možnost připojení různých držáků

Materiál

Jelikož jsou kliky zatíženy pouze silou paží uživatele, byl jako materiál pro výrobu klik zvolen hliník. Jedná se o stejný materiál jako u ostatních částí handbiku. Ten umožňuje dosažení nízké hmotnosti při zachování dostatečné tuhosti.

Konstrukce klik

Koncepce klik pro handbike je totožná s klikami jízdního kola. Zásadní rozdíl je ve tvarování a v rukojetích, které jsou ekvivalentem pedálů jízdního kola. Tvar klik je do značné míry ovlivněn fyzickými možnostmi uživatele. Proto se kliky vyrábějí zakázkově v délkách ramen 150 – 200 mm a v šířkách 150 – 500 mm. V tomto případě jsou kliky konstruovány v šířce 400 mm a délce ramene 175 mm.

Vlastní klika se skládá ze tří dílů spojených svařováním. Jde o náboj kliky, rameno a vložku držáku. Obě kliky jsou konstrukčně shodné. Jediný rozdíl je v použitém závitě pro připevnění rukojetí. Závitě jsou voleny tak, aby při otáčení rukojetí nedocházelo k povolování. Na ose jsou kliky připevněny pomocí svěrného spoje. Pravá klika je navíc vybavena držákem unášeče převodníků.



Obr. 35: Pravá klika

Osa klik je hladká trubka, která je na obou koncích vybavena závitě, které umožňují stažení kliky v axiálním směru. V následující tabulce jsou zobrazeny statické koeficienty tření mezi různými dvojicemi materiálů

Kombinace materiálů	Statický součinitel tření	
	Namazaný spoj	Mazaný spoj
Ocel – ocel	0,74	-
Ocel – hliníková slitina	0,61	-
Hliníková slitina – hliníková slitina	1,05 – 1,35	0,3

Tab. 3: Statické součinitele tření pro materiálové dvojice [5]

Maximální síla, kterou třecí spoj umožňuje přenést je ovlivněna rozměry spoje a statickým součinitelem tření mezi kontaktními plochami. Při zachování shodných rozměrů tedy rozhoduje součinitel tření. Z výše uvedené tabulky vyplývá, že nejvhodnější

kombinace materiálů je hliníková slitina – hliníková slitina. Proto byla zvolena tato kombinace pro konstrukci klik a osy.

Další součástí kliky jako celku je unášec převodníků. Jde o součást, která je nasazena na osu u pravé kliky. K pravé klice je přišroubována jedním šroubem, který zajišťuje její polohu a přenos sil mezi klikou a převodníkem. Unášec umožňuje uchycení tří převodníků, stejně jako kliky jízdního kola. Je zde využito standardní 104 mm rozteče pro dva větší převodníky a 64 mm pro malý převodník.



Obr. 36: Unášec převodníků

Celek klik je do rámu uložen ve středové trubce. Do té jsou vsunuta dvě ložiska, mezi nimiž je rozpěrná trubka. Ložisky prochází osa klik.

Jelikož je v pohonu zařazeno množství komponent z běžného jízdního kola, je nutné vytvořit podmínky pro jejich funkčnost. Ta je zajištěna pomocí správné řetězové linky. Jde o vzdálenost mezi podélnou osou stroje a střední vzdáleností převodníků a kazety. Řetězové linky se dělí podle určení jízdního kola pro horská kola a silniční kola. Jelikož handbike není určen pro použití v těžkém terénu, je možné využít komponenty silničního kola. Tomu také odpovídají řetězové linky silničního kola. Pro silniční kola jsou určeny dvě řetězové linky. Konkrétně o hodnotách 43,5 mm a 45 mm. Pro konstrukci klik byla vybrána řetězová linka 45 mm.



Obr. 37: Sestava klik, unášec a osy

4.6.6. Sedadlo a opěradlo

Požadavky

- Možnost nastavení délky posedu
- Možnost nastavení sklonu opěradla
- Možnost nastavení tvaru sedáku a opěradla
- Pohodlný posed

Materiál

Pro výrobu rámu sedadla a opěradla jsou použity ocelové trubky. Tento materiál byl zvolen s ohledem na možnost použití profilu menších rozměrů při stejných pevnostních vlastnostech jako hliníkový profil větších rozměrů. Váhový rozdíl proti hliníku v tomto případě není tak velký jako u ostatních konstrukcí handbiku.

Konstrukce sedadla a opěradla

Opěradlo je tvořeno z jedné trubky, která je ohnutá do požadovaného tvaru. Jde o tvar širokého U, který je po celé délce konstantní šířky. K rámu handbiku je opěradlo připevněno dvěma šrouby v dolní části rámu opěradla. Výplň opěradla je tvořena pásky, které slouží k individuálnímu nastavení opěradla. Tyto pásky umožňují např. silnější oporu zad v požadovaných oblastech. Pásky jsou tvořeny textilním pásem vybaveným suchým zipem. Není tedy zapotřebí žádné nářadí a nastavení lze provést kdekoliv. Přes pásky je dále převlečen potah z pružné látky. Ten zajišťuje přirozenější opěrnou plochu. Na obr. 38 je vidět rám opěradla vybavený nastavitelnými pásky. Není zde vidět potah, který zakrývá celou konstrukci.



Obr. 38: Opěradlo

Sedadlo je tvořeno stejně jako opěradlo. Jako nosná konstrukce zde však slouží přímo rám handbiku. Tím je dosaženo ušetření materiálu a tedy i hmotnosti. Možnost nastavení délky posedu je zajištěna větší délkou sedadla, nad kterým je umístěno opěradlo. Posunem opěradla se tak odkrývá další část sedadla.



Obr. 39: Sedadlo handbiku

Zatížení

Sedadlo a opěradlo jsou zatíženy vlastní vahou uživatele. Pouze u opěradla dochází ke zvýšení zatížení při šlapání. Předpokládané zatížení u sedadla není rovnoměrně rozloženo po cel ploše sedáku, ale přibližně po jeho 2/3. Zatížení opěradla je, při správném nastavení úhlu opěradla a délce posedu, předpokládáno jako rovnoměrně rozložené po celé délce opěradla.

4.6.7. Shrnutí

V této části byly navrženy jednotlivé komponenty, které jsou spolu spojeny v konstrukčních uzlech, které byly navrženy v předchozí části. Navrženy byly jen ty komponenty, u kterých se předpokládá výroba. Ostatní komponenty handbiku je finančně výhodnější nakupovat.

4.7. Zobrazení sestavy handbiku

Na následujících obrázcích je zobrazena sestava handbiku. Jsou zde zobrazeny pouze navrhované komponenty.



Obr. 40: Model handbiku



Obr. 41: Model handbiku



Obr. 42: Model handbiku – profil

4.8. Zobrazení připojení přední vidlice na invalidní vozík

Na následujících obrázcích je zobrazena přední vidlice s připojeným pomocným rámem pro připevnění vidlice k invalidnímu vozíku. Přední vidlice není vybavena opěrkami nohou, protože uživatel má nohy na stupačkách invalidního vozíku.



Obr. 43: Přední vidlice s připojeným pomocným rámem



Obr. 44: Přední vidlice s připojeným pomocným rámem - profil

5. Pevnostní analýza komponent

Pevnostní kontrola slouží ke zjištění zatížení jednotlivých dílů handbiku. Je nutná pro zajištění bezpečnosti při provozování stroje. Pevnostní analýza také umožňuje upravit konstrukci tak, aby došlo k co nejlepšímu využití materiálu.

Pevnostní analýza je provedena pomocí metody konečných prvků programem NX, který využívá řešiče NASTRAN. Princip metody konečných prvků (MKP) spočívá v diskretizaci modelu (spojitého kontinua) na konečný počet elementů. Zjišťované parametry jsou určovány v uzlových bodech jednotlivých elementů.

Při pevnostní analýze jednotlivých součástí bylo použito několik zjednodušujících úprav. Jde především zjednodušení modelu na jednu součást a využití symetrie modelu.

5.1. Pevnostní analýza rámu

Analýza rámu probíhá v jednom zátěžném stavu. Tímto stavem je situace, kdy je k rámu připojena přední vidlice. Jde o běžný stav provozu handbiku.

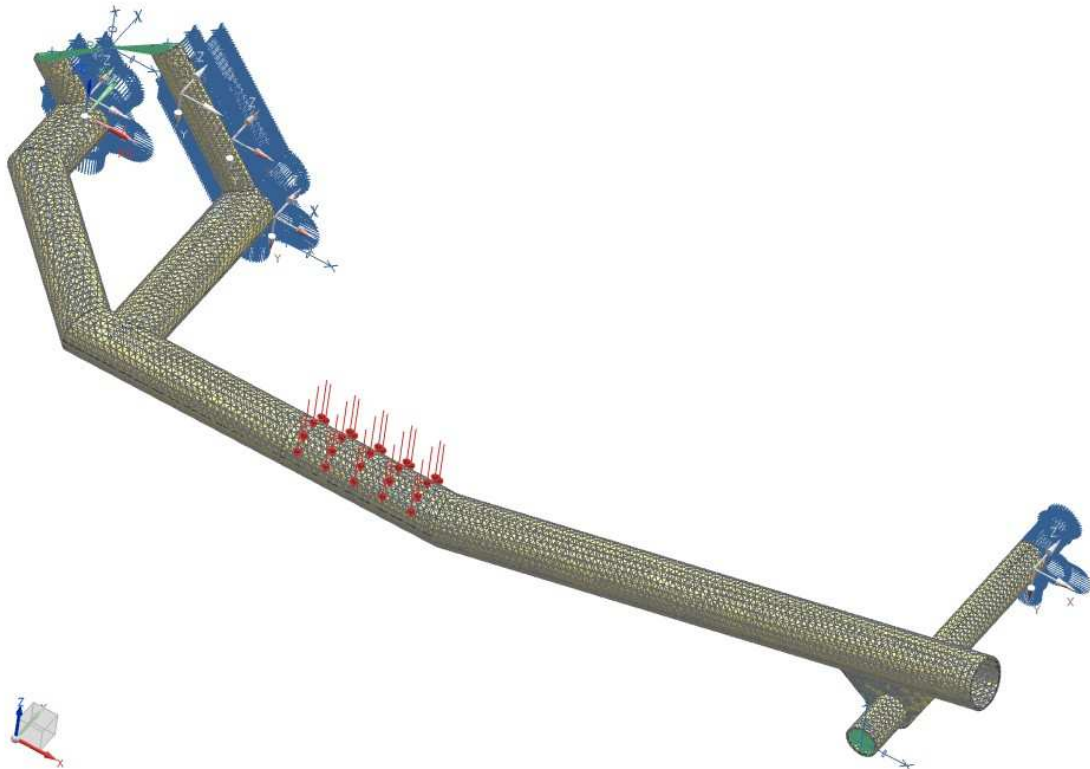
Okrajové podmínky

Okrajové podmínky jsou souborem podmínek působících na konstrukci z jeho okolí. Jde o podmínky zatížení (síla), uchycení a symetrie. Okrajové podmínky jsou voleny tak, aby co nejvěrněji simulovaly skutečné zatížení handbiku.

Pro simulaci jsou voleny dvě podmínky uchycení a jedna podmínka zatížení. Rám je uchycen v místě spoje s hlavovou trubkou pomocí růžice dokonale tuhých elementů. Jelikož je rám s hlavovou trubkou spojen ve dvou místech. Je růžice dokonale tuhých elementů umístěna do obou těchto míst a následně jsou obě tyto růžice spojeny do jediného bodu. V tomto bodě je okrajovou podmínkou zamezen pohyb ve všech osách. Je však umožněna jeho rotace ve všech osách. Druhá podmínka uchycení je zavedena v místě zadní nápravy. Zde je umožněn pohyb ve vodorovné rovině, ve svislém směru je však zakázán. Rotace v tomto uchycení je umožněna pouze ve směru osy zadní nápravy.

Zatížení rámu handbiku je simulováno silou, která je způsobena hmotností jezdce. Tato síla je rovnoměrně rozložena v oblasti sedadla. Hmotnost jezdce je snížena na 90%, jelikož část jezdce hmotnosti nesou podpěry nohou na přední vidlici.

Jelikož se jedná o osově souměrnou součást se symetrickým zatížením. Je využita možnost zjednodušení modelu na jeho jednu polovinu pomocí okrajové podmínky symetrie.



Obr. 45: Zobrazení okrajových podmínek rámu

Určení mezních stavů

Pro vyhodnocení výsledků pevnostní analýze je nejprve nutné určení mezních stavů, kterých je možno dosáhnout. Jedná se o podmínky pevnostní (velikost napětí) a podmínky deformační (velikost deformace). Oba druhy podmínek jsou však závislé na vlastnostech materiálu. Pro tento výpočet je volena podmínka pevnostní, tedy maximální dovolené napětí.

Základní vlastnosti materiálu AL 6061 – T6

- Pevnost v tahu $R_m = 262 \text{ MPa}$
- Mez kluzu $R_{p 0,2} = 241 \text{ MPa}$
- Youngův modul $E = 70 \text{ GPa}$

Pro volbu konkrétních hodnot mezních napětí je nutné určit koeficient bezpečnosti k . Jelikož je výpočet prováděn pro statické zatížení, je nutné v koeficientu bezpečnosti zohlednit možné dynamické vlivy. Proto je koeficient bezpečnosti proti mezi kluzu volen $k=2,4$.

Maximální dovolené napětí se vypočítá:

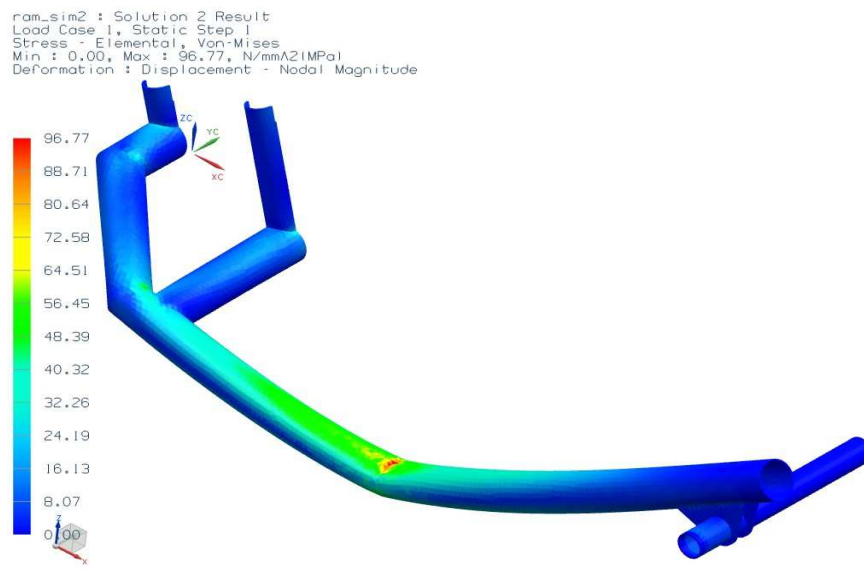
$$\sigma_{Dov} = \frac{R_e}{k} = \frac{241}{2,4} = 100 \text{ MPa}$$

Kde:

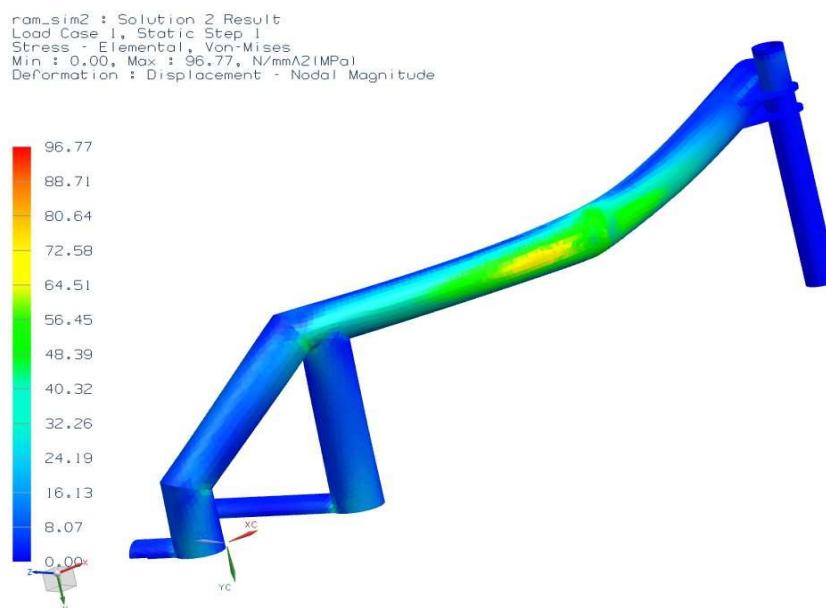
- σ_{Dov} Dovolené napětí [MPa]
- R_e Napětí na mezi kluzu [MPa]
- k koeficient bezpečnosti

Výsledek analýzy

Na Obr. 46 a 47 je vidět průběh napětí v konstrukci rámu s připojenou přední vidlicí. Je zde vidět, kde dochází ke koncentraci nejvyššího napětí. Největší napětí vznikají podle předpokladu v místě největšího ohybového momentu. To je umocněno zalomením podélníku, které vytváří vrub.



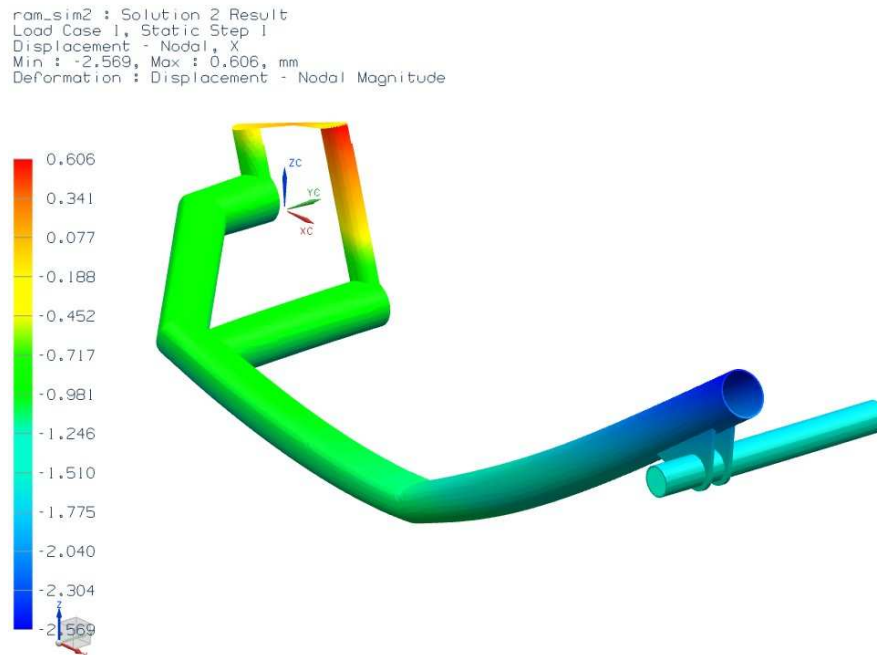
Obr. 46: Zobrazení napětí rámu pod zatížením (hodnoty napětí v MPa)



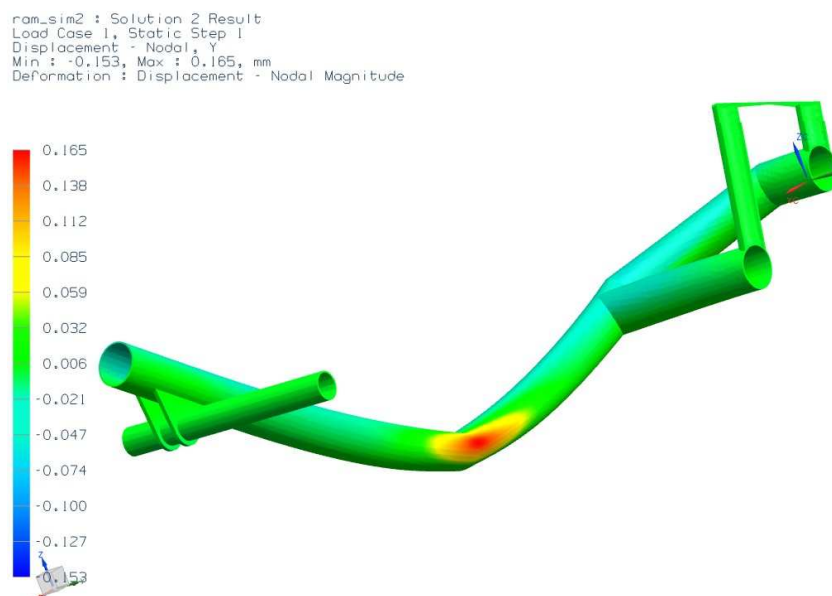
Obr. 47: Zobrazení napětí v rámu pod zatížením (hodnoty napětí MPa)

Největší napětí je v místě spoje trubek podélníku. Hodnota tohoto napětí je 96,7MPa. Je tedy splněna podmínka největšího dovoleného napětí $\sigma_{Dov}=100\text{MPa}$. Na obrázcích je též vidět rozložení napětí po celé délce podélníku.

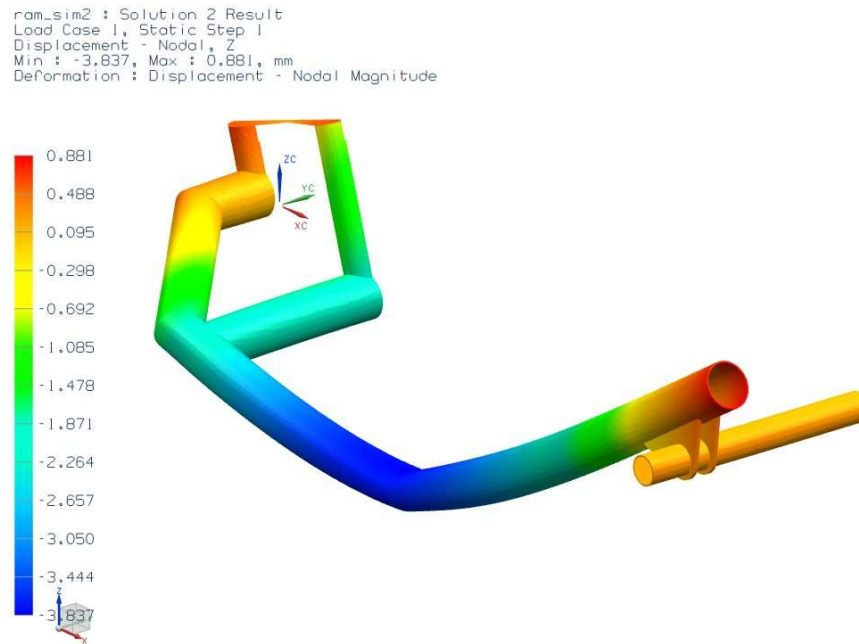
Na Obr. 48 až 50 Jsou zobrazena deformace konstrukce ve směrech jednotlivých os souřadného systému. Jedná se o zátěžný stav s připojenou přední vidlicí.



Obr. 48: Zobrazení deformace rámu ve směru podélné osy rámu (hodnoty deformací v mm)



Obr. 49: Zobrazení deformace rámu ve směru příčné osy rámu (hodnoty deformací v mm)



Obr. 50: Zobrazení deformace rámu ve směru svislé osy (hodnoty deformací v mm)

Z analýzy vyplývá, že největší deformace je ve směru svislé osy. Rám je tedy tuhý v příčném a podélném směru, ale do určité míry poddajný ve svislém směru, což zajišťuje zvýšení pohodlí při jízdě.

5.2. Pevnostní analýza přední vidlice

Analýza přední vidlice je provedena v jednom zátěžném stavu. V tomto stavu je připojena k rámu handbiku.

Okrajové podmínky

Jelikož se jedná, stejně jako u rámu, o osově symetrickou součást, je provedeno zjednodušení na jednu polovinu pomocí podmínky symetrie.

Okrajové podmínky uchycení jsou u této komponenty dvě. Obě podmínky simulují uchycení vidlice ke krku hlavového složení. Předpokládá se dokonalá tuhost krku hlavového složení, a proto je v obou těchto místech zamezen pohyb ve všech směrech a umožněna rotace kolem všech os.

Zatížení je v tomto případě v místě uchycení předního náboje a je odvozeno z rozložení sil na jednotlivá kola.

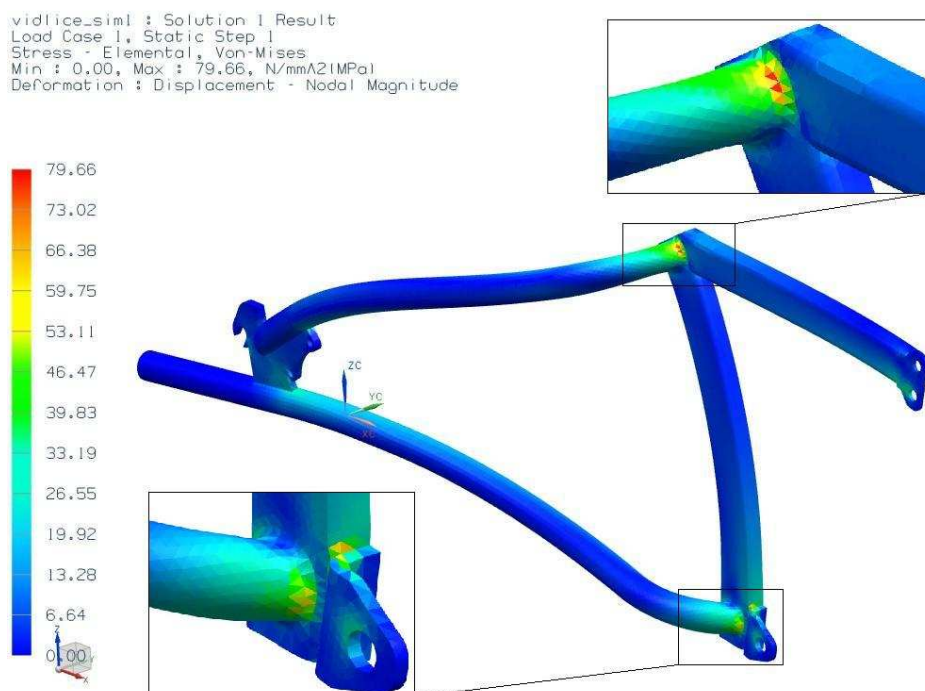


Obr. 51: Zobrazení okrajových podmínek přední vidlice

Určení mezních stavů

Stejně jako v případě rámu, je i vidlice vyrobena z materiálu AL 6061 – T6. Proto i mezní podmínky pevnosti jsou totožné.

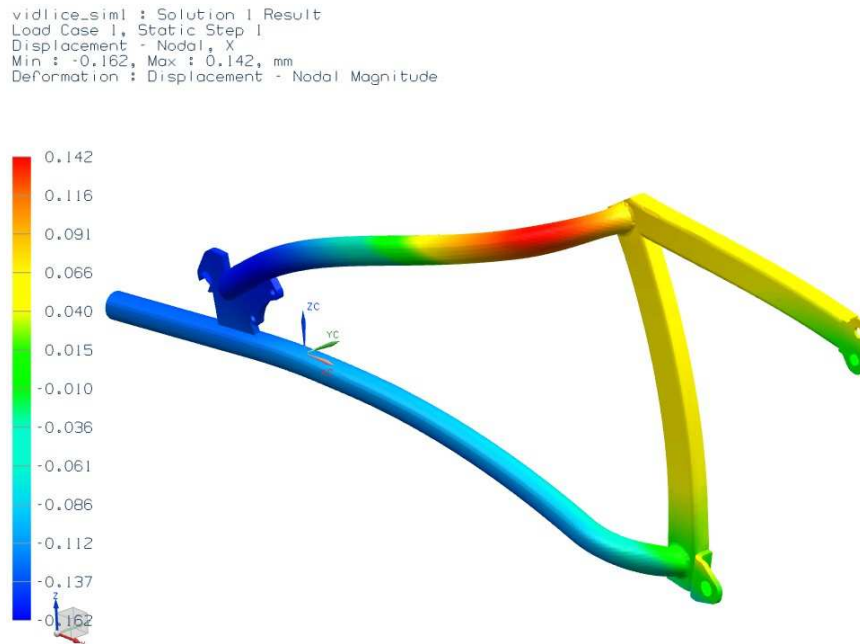
Výsledek analýzy



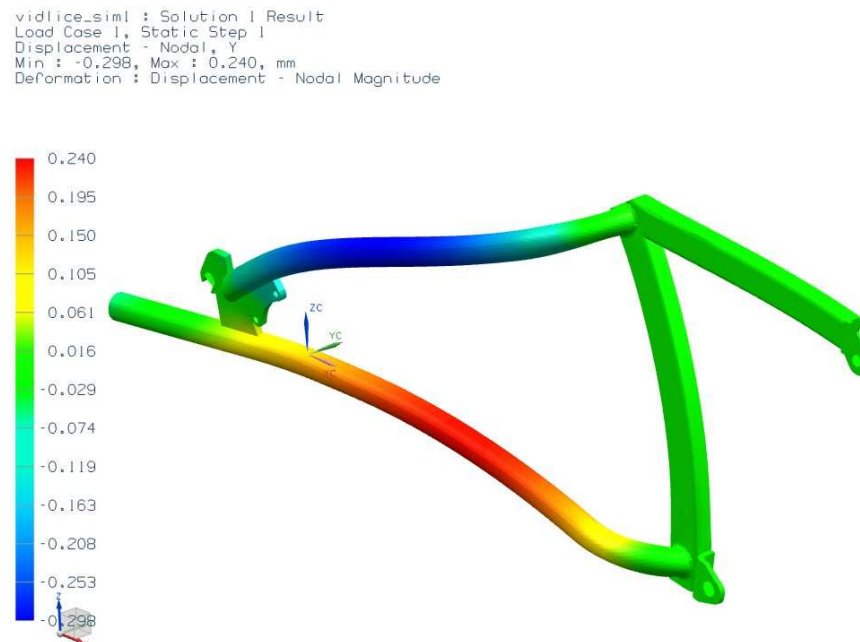
Obr. 52: Zobrazení napětí v přední vidlici (hodnoty napětí v MPa)

Na Obr. 52 je zobrazen průběh napětí v přední vidlici handbiku. Nejvyšší napětí je v místě spoje vzpěry vidlice a hlavní trubky vidlice. Jeho hodnota je 79,66MPa. Je tedy splněna podmínka maximálního dovoleného napětí $\sigma_{Dov}=100\text{MPa}$.

Na Obr. 53 až 55 je zobrazena deformace přední vidlice při působícím zatížení.

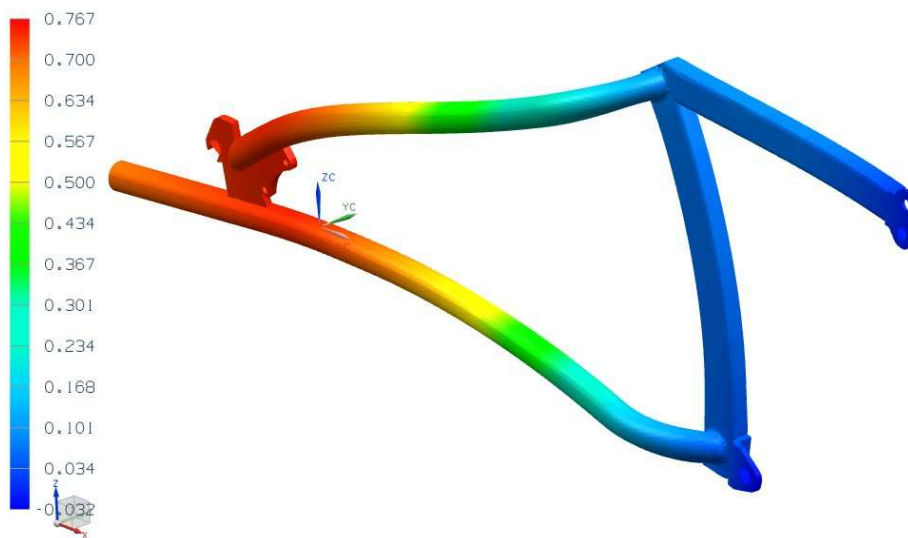


Obr. 53: Zobrazení deformace vidlice ve směru podélné osy (hodnoty deformací v mm)



Obr. 54: Zobrazení deformace vidlice ve směru příčné osy (hodnoty deformací v mm)

vidlice_sim1 : Solution 1 Result
Load Case 1, Static Step 1
Displacement - Nodal, Z
Min : -0.032, Max : 0.767, mm
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Obr. 55: Zobrazení deformace vidlice ve směru svislé osy (hodnoty deformací v mm)

Z analýzy vyplývá, že největší deformace je ve svislém směru. Deformace v tomto směru zajišťuje pohodlí uživatele při pohybu. V tomto případě se však jedná o velmi malou deformaci. Její hodnota je 0,77mm. Deformace ve zbylých směrech zajišťují tuhost řízení.

5.3. Shrnutí

Účelem této části konstrukce je ověření návrhu jednotlivých komponent. Ověřuje se, zda navržené komponenty vyhovují pevnostně zadaným podmínkám a zatížení. Výsledek ukázal, že rám i vidlice pevnostně vyhovují zadaným podmínkám. V obou případech je maximální napětí těsně pod hranicí maximálního dovoleného napětí. Případnému porušení komponent při přetížení je zabráněno zvolením součinitele bezpečnosti.

6. Závěr

Cílem této práce bylo vytvoření návrhu konstrukce handbiku. Jde o dopravní prostředky pro tělesně postižené, které jsou poháněny silou paží. Nejprve však bylo nutné seznámit se s jednotlivými druhy tělesného postižení. Informace o tělesném postižení se ukázaly jako velice důležitý prvek pro vlastní konstrukci stroje. Dalším krokem bylo získání informací o současných řešeních handbiků. Z těchto informací plyne, že v současné době se na trhu objevují dva základní druhy handbiků. Prvním druhem je klasický handbike, který je svou konstrukcí vhodný pro použití převážně na zpevněných povrchích. Jde však o konstrukci, která umožňuje přizpůsobení ovládání člověku s jakýmkoli tělesným postižením. V tom tkví největší výhoda této koncepce. Druhým druhem handbiku je terénní handbike. Byl vyvinut v Polsku a společnost, která ho vyvinula, je zatím jediným jeho prodejcem. Konstrukce umožňuje uživateli přístup velice náročným terénem. Je však vhodná pouze pro člověka, který je postižen jen do určité míry. Konkrétně člověka, který je postižen pouze ve spodní polovině těla, takzvaného paraplegika.

Druhá část práce se zabývá vlastní konstrukcí handbiku. Nejprve byly navrženy 3 varianty řešení handbiku. Každá varianta byla určena pro rozdílný druh provozu. Vznikla varianta pro použití v náročném terénu, trekkingová varianta a varianta silniční. Při zhodnocení variant v týmu Active handicap byla navržena nová varianta, která upravuje klasický handbike pro možnost odejmutí přední vidlice a její připevnění na invalidní vozík. Tato navržená varianta byla zvolena jako nejvhodnější z pohledu potřeb tělesně postižených. Dále tedy byla rozpracována tato varianta. Základním parametrem pro konstrukci handbiku jsou antropometrické rozměry člověka. Jde o rozměry různých částí lidského těla. Tyto rozměry slouží k umožnění usazení uživatele v handbiku a nelze je upravovat pro potřeby konstrukce. Po určení základních rozměrů byly navrženy konstrukční uzly celého handbiku. Jde o místa, kde jsou spojeny jednotlivé komponenty. Po navržení konstrukčních uzlů byly navrženy jednotlivé komponenty handbiku. Po návrhu byla provedena pevnostní analýza dvou nejzákladnějších komponent, tedy rámu a přední vidlice. Výsledkem bylo potvrzení návrhu komponent z hlediska pevnosti.

Výsledkem práce je návrh konstrukce handbiku, který umožní tělesně postižením pohyb po silnici, nebo lehkém terénu, a zároveň možnost připojení přední vidlice k invalidnímu vozíku tak, aby jej mohli využít jako handbike. Pro uživatele je tato vlastnost velkou výhodou, neboť umožňuje použití buď celého handbiku, nebo pouze přední vidlice. Pro uživatele tedy není nutné, pro každou aplikaci kupovat speciální stroj. Zároveň handbike umožňuje umístění elektromotoru jako pomocného pohonu.

Soupis použitých informačních zdrojů

1. Knižní publikace

- [1] OPENSHAW, S., TAYLOR, E. - *Ergonomics and design a reference guide*. Muscatine: Allsteel Inc., 2006.
- [6] WENDSCHE, P. a kol. *Poranění míchy – ucelená ošetrovatelsko-rehabilitační péče*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2009, ISBN 978-80-7013-504-4
- [17] LEINVEBER, J. – VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra-pedagogické nakladatelství, 2006, ISBN 80–7183-164–6

2. Publikace na internetu

- [2] RIEGROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, M. - *Aplikace fyzické antropologie a tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého, 1993, 1998.

3. Internetové zdroje

- [3] Alcoa, výroba hliníkových profilů,
www.Alcoa.com
- [4] Wikipedia, informace o tělesném postižení
www.wikipedia.com
- [5] Roymech, Součinitele tření,
www.roymech.co.uk
- [7] Alupa, výroba hliníkových profilů,
www.alupa.cz
- [8] Alunet, ceník hliníkových profilů
www.alunet.cz

- [9] Spoke, *prodej cyklistických komponent*,
www.spoke.cz
- [10] Samagaga, *výroba diferenciálů pro třístopá vozidla*,
www.samagaga.com
- [11] MTBS, *zpravodajský server z oblasti horských kol*,
www.mtbs.cz
- [12] Meyra, *výroba přípojných zařízení k invalidním vozíkům*,
www.meyra.cz
- [13] Spot-On, *výroba terénních handbiků*,
www.offroadhandcycle.com
- [14] Cyklo Kučera, *Informace o cyklistických komponentech*,
www.cyklo-kucera.cz
- [15] Hase, *výroba handbiků*,
www.hasebikes.com
- [16] Isutami, *výroba speciálních ložisek*,
www.isutami.com

Soupis použitého software

Autodesk Inventor professional 2011

Siemens NX 7.5

Seznam obrázků

Obr. 1: Rozsah ochrnutí v závislosti na místě porušení míchy.....	6
Obr. 2: Handbike klasické koncepce [11].....	8
Obr. 3: Přední vidlice [11]	9
Obr. 4: Detail uložení přední vidlice v rámu [11].....	10
Obr. 5: Pohonný systém [11]	11
Obr. 6: Vícerychlostní náboj.....	11
Obr. 7: Kliky [11]	12
Obr. 8: Ráfková brzda [14].....	13
Obr. 9: Kotoučová brzda [14].....	13
Obr. 10: Klasický náboj [10]	14
Obr. 11: Centerlock náboj [10].....	14
Obr. 12: Cestovní handbike [15]	15
Obr. 13: Závodní handbike [11]	16
Obr. 14: Přípojná konstrukce [12]	16
Obr. 15: Off road handbike [13].....	18
Obr. 16:Rám handbiku [13].....	19
Obr. 17: zavěšení předního kola [13]	20
Obr. 18: Varianta 1	25
Obr. 19: Varianta 2 a), b).....	27
Obr. 20: Varianta 3	29
Obr. 21: Procentuální velikosti mužů a žen[1]	30
Obr. 22: Běžné rozměry těla při sezení. Hodnoty v Tab. 2[1].....	30
Obr. 23: Skica spoje hlavového složení s rámem handbiku	33

Obr. 24: Ložisko hlavového složení [16]	33
Obr. 25: zadní náprava.....	34
Obr. 26: idealizace handbiku	36
Obr. 27: rám handbiku	38
Obr. 28: Rám pro připevnění vidlice k invalidnímu vozíku.....	40
Obr. 29: Hlavové složení	41
Obr. 30: Přední vidlice s nosičem klik.....	42
Obr. 31: Nastavení úhlu hlavového složení.....	42
Obr. 32: Patky přední vidlice	43
Obr. 33: Nosič klik	43
Obr. 34: Opěrky nohou	44
Obr. 35: Pravá klika	45
Obr. 36: Unašeč převodníků	46
Obr. 37: Sestava klik, unašeče a osy.....	46
Obr. 38: Opěradlo	47
Obr. 39: Sedadlo handbiku	48
Obr. 40: Model handbiku.....	49
Obr. 41: Model handbiku.....	49
Obr. 42: Model handbiku – profil.....	49
Obr. 43: Přední vidlice s připojeným pomocným rámem.....	50
Obr. 44: Přední vidlice s připojeným pomocným rámem - profil	50
Obr. 45: Zobrazení okrajových podmínek rámu.....	52
Obr. 46: Zobrazení napětí rámu pod zatížením (hodnoty napětí v MPa)	53
Obr. 47: Zobrazení napětí v rámu pod zatížením (hodnoty napětí MPa)	53

Obr. 48: Zobrazení deformace rámu ve směru podélné osy rámu (hodnoty deformací v mm).....	54
Obr. 49: Zobrazení deformace rámu ve směru příčné osy rámu (hodnoty deformací v mm).....	54
Obr. 50: Zobrazení deformace rámu ve směru svislé osy (hodnoty deformací v mm).....	55
Obr. 51: Zobrazení okrajových podmínek přední vidlice.....	56
Obr. 52: Zobrazení napětí v přední vidlici (hodnoty napětí v MPa)	56
Obr. 53: Zobrazení deformace vidlice ve směru podélné osy (hodnoty deformací v mm).....	57
Obr. 54: Zobrazení deformace vidlice ve směru příčné osy (hodnoty deformací v mm).....	57
Obr. 55: Zobrazení deformace vidlice ve směru svislé osy (hodnoty deformací v mm).....	58
Obr. 56: Náčrt pro výpočet stability	69

Seznam tabulek

Tab. 1: Morfologická matice	23
Tab. 2: Hodnoty pro Obr. 20[1].....	31
Tab. 3: Statické součinitele tření pro materiálové dvojice [5].....	45
Tab. 4: kalkulace materiálových nákladů na 1 handbike [8].....	66
Tab. 5: kalkulace nakupovaného materiálu [9][10].....	67
Tab. 6: Maximální rychlost, při níž dojde ke klopení.....	71
Tab. 7: Maximální rychlost, při níž dojde ke smyku.....	72

PŘÍLOHA č. 1

Výpočet ceny handbiku

Výpočet ceny handbiku

Důležitým kritériem hodnocení výroby je technicko-ekonomické hodnocení. Jedná se o výpočet vlastní ceny vyráběného produktu. Celková cena se skládá z vlastních nákladů výroby, kterými jsou materiál, práce, nakupované komponenty, a přidružených nákladů, kterými je správní a odbytová režie. Jelikož správní a odbytová režie nejsou známé parametry, je výpočet omezen pouze na výpočet vlastních nákladů výroby. V této kalkulaci není zahrnuta cena elektrického motoru a jeho příslušenství.

V tomto případě se jedná o předběžný výpočet nákladů na materiál pro jeden kus handbiku.

Výpočet nákladů na materiál

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

Kde:

- N_m materiálové náklady [kč]
- l délka profilu [m]
- c cena na 1m profilu [kč/m]
- k koeficient zohledňující odpadový materiál (10%)

Profil		Délka [m]	Cena	
Průměr [mm]	Tloušťka stěny [mm]		[kč/m]	[kč]
50	1,8	2,74	96	289,3
50	4	0,21	204	47,1
50	-	0,3	691	228
45	-	0,1	600	66
40	1,5	0,07	70	5,4
40	2	0,19	84,5	17,6
38	2	0,43	80	37,8
35	3,6	0,53	85	49,6
35	2,5	0,4	90	39,6
32	1,7	0,42	55	25,4
30	2	0,36	62,4	24,7
24	2	1,175	50	64,6
20	1,5	4,02	31,2	138
20	2	0,706	40,3	31,3
15	2,5	0,1	30	3,3
14	1	0,69	26	19,7
12	-	0,06	40,3	2,7
10	-	0,05	27,3	1,5
AxB				
35x25	2	0,52	90	51,5
25x25	2	0,78	67,5	57,9
Plech				
Tloušťka [mm]		Plocha [m²]	[kč/m²]	
4		0,002631	1126	3,25
5		0,010505	2817	32,6
Suma				1237

Tab. 4: kalkulace materiálových nákladů na 1 handbike [8]

Další skupinou nákladů jsou náklady na nakupovaný materiál. Pro tento případ byly vybrány komponenty nižší střední třídy z nabídek výrobců.

Komponenta	Výrobce	ks	Cena/kus [kč/ks]	Cena[kč]
Diferenciál	Samagaga	1	1200	1200
Osa	Samagaga	2	300	600
Přehazovačka	Shimano	1	500	500
Kazeta	Shimano	1	500	500
Řetěz	Shimano	1	230	230
Převodníky	Shimano	3	500	1500
Přesmykač	Shimano	1	330	330
Řazení	Shimano	2	660	1320
Ráfky	Remerx	3	500	1500
Zadní náboj	Shimano	1	560	560
Náboje	Samagaga	2	250	500
Obutí	Maxxis	3	380	1140
Brzda	Avid	3	800	2400
Brzdová páka	Avid	2	330	660
Výplet		96	11,5	1104
Lanka + bovdeny			500	500
Duše + pásky		3	300	900
Upínáky		7	200	1400
Sedadlo + opěradlo			1500	1500
Spojovací materiál			500	500
Ložiska		8	300	2400
Součet				21244

Tab. 5: kalkulace nakupovaného materiálu [9][10]

Celkové náklady na materiál jsou součtem nákladů materiálových a nákladů nakupovaného materiálu.

$$CNM = NM + NK$$

Kde:

- CNM celkové náklady na materiál [kč]
- NM materiálové náklady [kč]
- NK náklady na nakupované komponenty

Celkové náklady na materiál kalkulované na 1 ks handbiku jsou 22418 Kč.

PŘÍLOHA č. 2

Výpočet stability handbiku

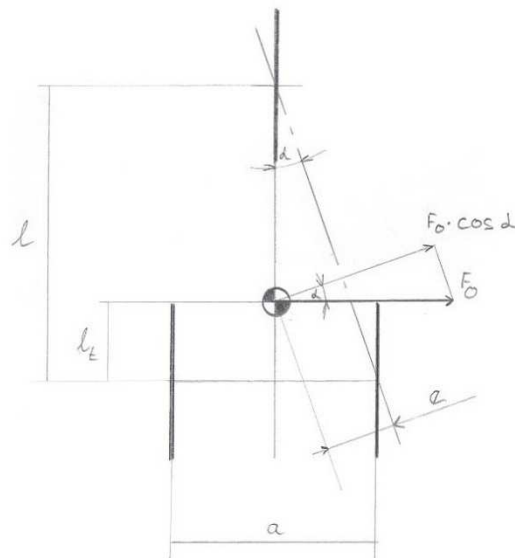
Výpočet stability stroje při průjezdu zatáčkou

Stabilita je vlastnost, která určuje maximální rychlost průjezdu zatáčkou. Jde o poměr momentů vyvolaných odstředivou silou a tíhovou silou. Odstředivá síla vyvolává klopný moment kolem osy, která je spojnicí doteku předního a vnějšího zadního kola s vozovkou. Tíhová síla vyvolává moment působící proti klopení.

Výsledkem tohoto výpočtu je určení maximální rychlosti průjezdu zatáček různých poloměrů

Základní parametry výpočtu

- | | |
|---------------------------------------|---|
| - Rozvor handbiku | $l = 1550 \text{ mm}$ |
| - Rozchod handbiku | $a = 600 \text{ mm}$ |
| - Výška těžiště handbiku s uživatelem | $h = 400 \text{ mm}$ |
| - Vzdálenost těžiště od zadní osy | $l_t = 555 \text{ mm}$ |
| - Hmotnost handbiku a uživatele | $m = 110 \text{ kg}$ |
| - Poloměry zatáček | $R = 20 \text{ až } 50 \text{ m (krok } 5 \text{ m)}$ |



Obr. 56: Náčrt pro výpočet stability

Výpočet

Určení maximální rychlosti je odvozeno z rovnosti momentů odstředivé a tíhové síly:

$$M_k = M_g$$

Jednotlivé momenty lze rozepsat:

$$M_k = F_o \cdot \cos\alpha \cdot h$$

$$M_k = m \cdot R \cdot \omega^2 \cdot \cos\alpha \cdot h$$

$$M_k = m \cdot R \cdot \left(\frac{v}{R}\right)^2 \cdot \cos\alpha \cdot h$$

Kde:

M_k	klopný moment [Nm]
F_o	odstředivá síla [N]
α	úhel svírající osa klopení s podélnou rovinou handbiku [°]
h	výška těžiště [m]
m	hmotnost handbiku a uživatele [kg]
R	poloměr zatačky [m]
ω	úhlová rychlost [rad/s]
v	rychlost pohybu handbiku [m/s]

$$M_g = m \cdot g \cdot e$$

$$M_g = m \cdot g \cdot \left(\left(\frac{a}{2} - l_t \cdot \sin\alpha \right) \cdot \cos\alpha \right)$$

Kde:

M_g	moment tíhové síly [Nm]
m	hmotnost handbiku a uživatele [kg]
g	gravitační zrychlení [m/s ²]
e	kolmá vzdálenost těžiště od osy klopení [m]

Rovnost momentů:

$$m \cdot R \cdot \left(\frac{v}{R}\right)^2 \cdot \cos\alpha \cdot h = m \cdot g \cdot \left(\left(\frac{a}{2} - l_t \cdot \sin\alpha \right) \cdot \cos\alpha \right)$$

Vyjádření rychlosti:

$$v = \sqrt{\frac{R}{h} \cdot g \cdot \left(\frac{a}{2} - l_t \cdot \sin\alpha \right)}$$

Z výsledného vztahu vyplývá, že hmotnost handbiku a uživatele nemá na stabilitu vliv. Vliv na stabilitu mají pouze geometrické rozměry handbiku a výška těžiště.

V následující tabulce je zobrazena maximální rychlost průjezdu zatáčkou o různých poloměrech.

R [m]	v [m/s]	v[km/h]
20	9,74	35,05
25	10,89	39,19
30	11,92	42,93
35	12,88	46,37
40	13,77	49,57
45	14,60	52,57
50	15,39	55,42

Tab. 6: Maximální rychlost, při níž dojde ke klopení

Vypočtené hodnoty ukazují rychlost průjezdu zatáčkou, při které dojde k úplnému odlehčení zadního vnitřního kola. Do maximální rychlosti průjezdu je však třeba zohlednit adhezní podmínky.

V následujícím výpočtu je určena rychlost, při níž dojde ke smyku handbiku. Pro výpočet je uvažován pohyb po suchém asfaltovém povrchu. Součinitel klidového tření mezi suchým asfaltem a pryží $f = 0,55$.

Ke smyku dojde v momentě, kdy odstředivá síla působící na handbike nabude větší hodnoty, než je maximální síla, kterou je možno přenést v místě kontaktu pneumatiky s vozovkou.

Tedy:

$$F_t = F_o$$

Kde:

- F_t maximální síla, kterou lze přenést [N]
- F_o odstředivá síla [N]

Rozepsání vztahů:

$$F_t = m \cdot g \cdot f$$

$$F_o = m \cdot R \cdot \omega^2$$

Kde:

- m hmotnost handbiku a uživatele [kg]
- g gravitační zrychlení [m/s^2]
- f statický součinitel tření
- R poloměr zatáčky [m]

- ω úhlová rychlost [rad/s]

Pro rovnost sil tedy platí:

$$m \cdot g \cdot f = m \cdot R \cdot \omega^2$$

$$g \cdot f = R \cdot \left(\frac{v}{R}\right)^2$$

$$v = \sqrt{g \cdot f \cdot R}$$

Z výsledného vztahu vyplývá, že hmotnost nemá vliv na maximální rychlost průjezdu zatáčkou.

V následující tabulce je uvedena rychlost, při níž dojde ke smyku na suchém asfaltu v závislosti na poloměru zatáčky.

R [m]	V [m/s]	V [km/h]
20	10,39	37,4
25	11,61	41,8
30	12,72	45,8
35	13,74	49,5
40	14,69	52,9
45	15,58	56,1
50	16,42	59,1

Tab. 7: Maximální rychlost, při níž dojde ke smyku

Závěr

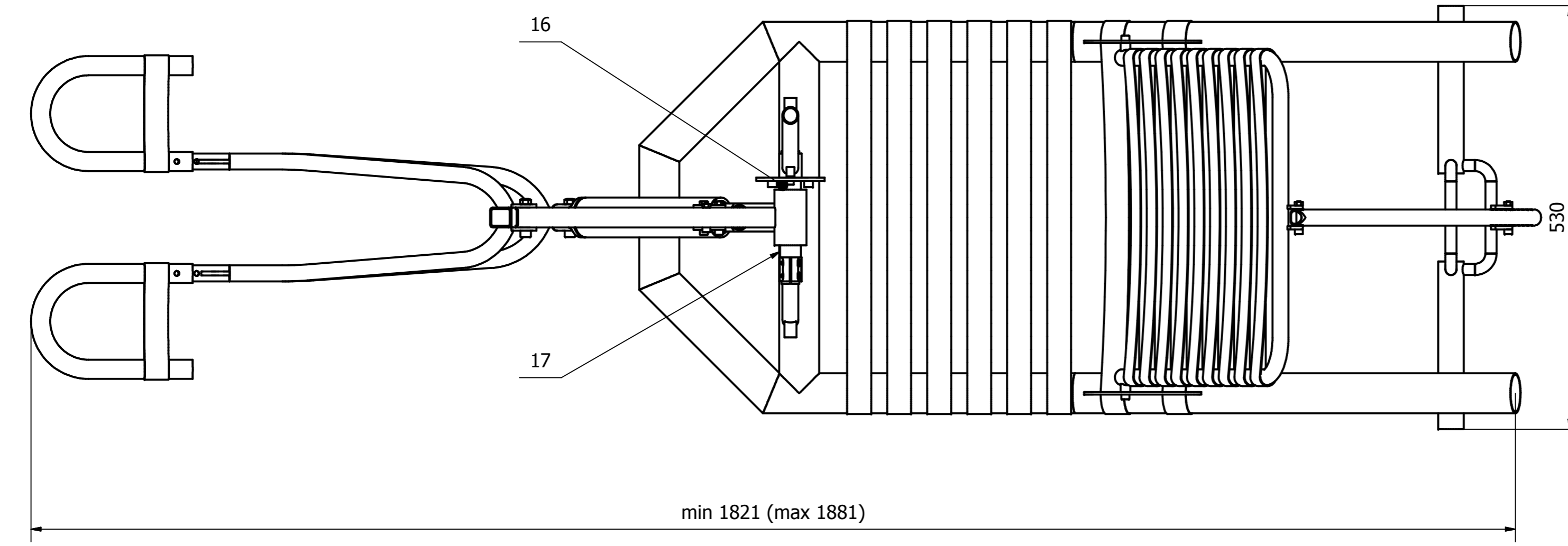
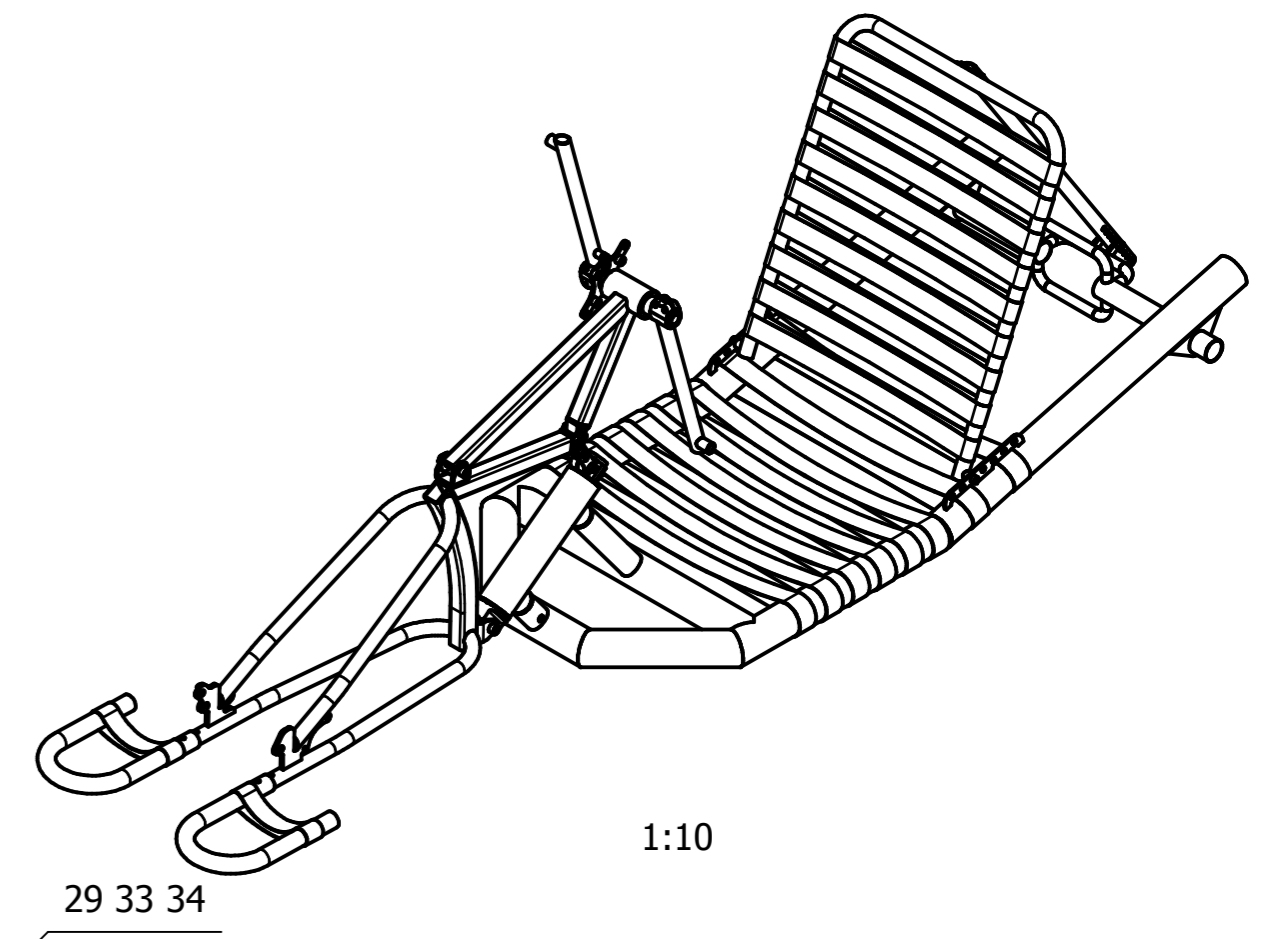
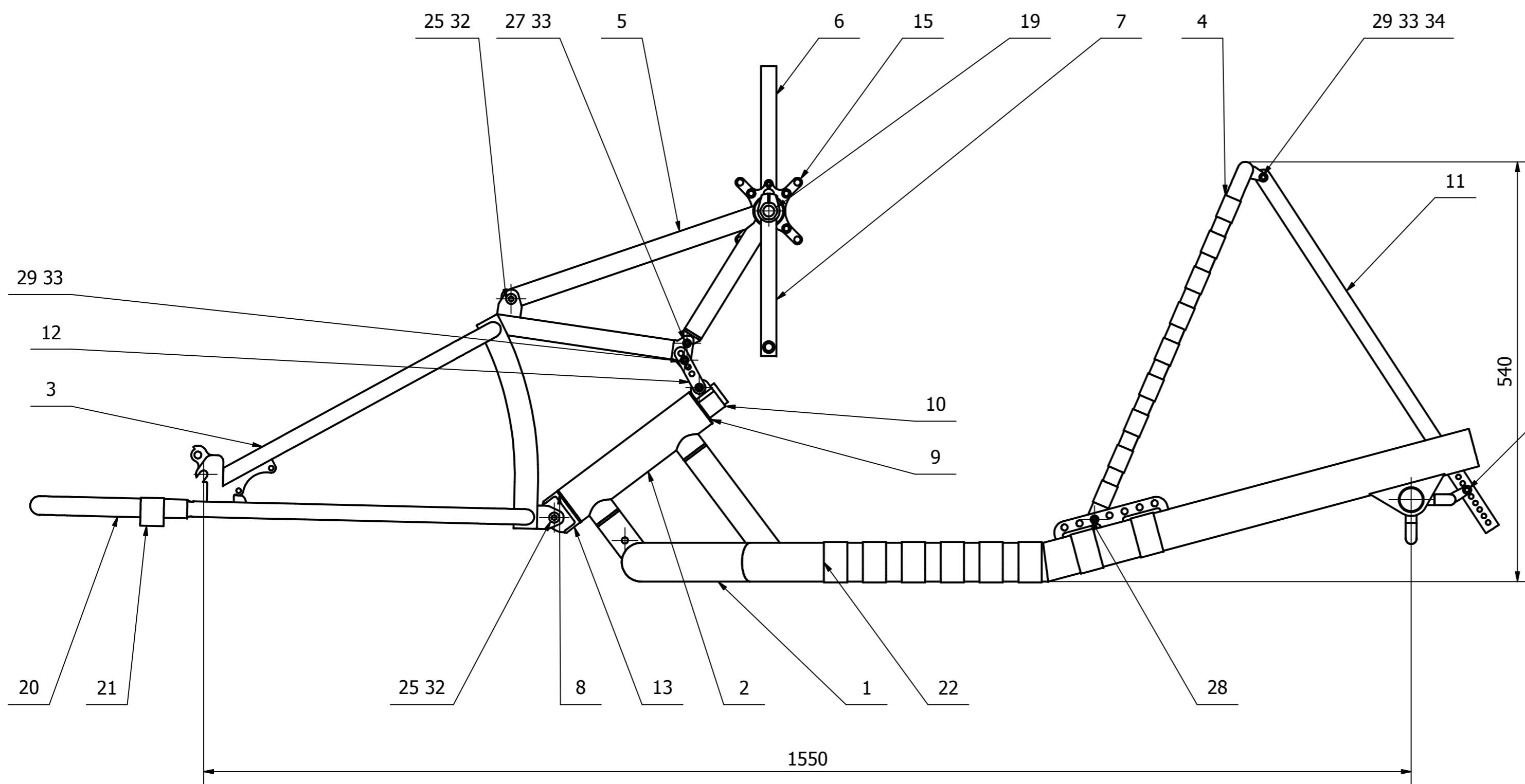
Z porovnání tabulek 4 a 5 vyplývá, že při průjezdu zatáčkou dojde dřív k překlápění handbiku než smyku. Při porovnání z hlediska bezpečnosti je výhodnější stav, kdy nejdříve dojde ke smyku. Pokud by bylo potřeba docílit tohoto bezpečnějšího stavu, je nutné provést konstrukční opatření. Těmito opatřeními je zvětšení rozchodu, nebo snížení těžiště. Případně jejich kombinace.

PŘÍLOHA č. 3

Seznam výkresové dokumentace

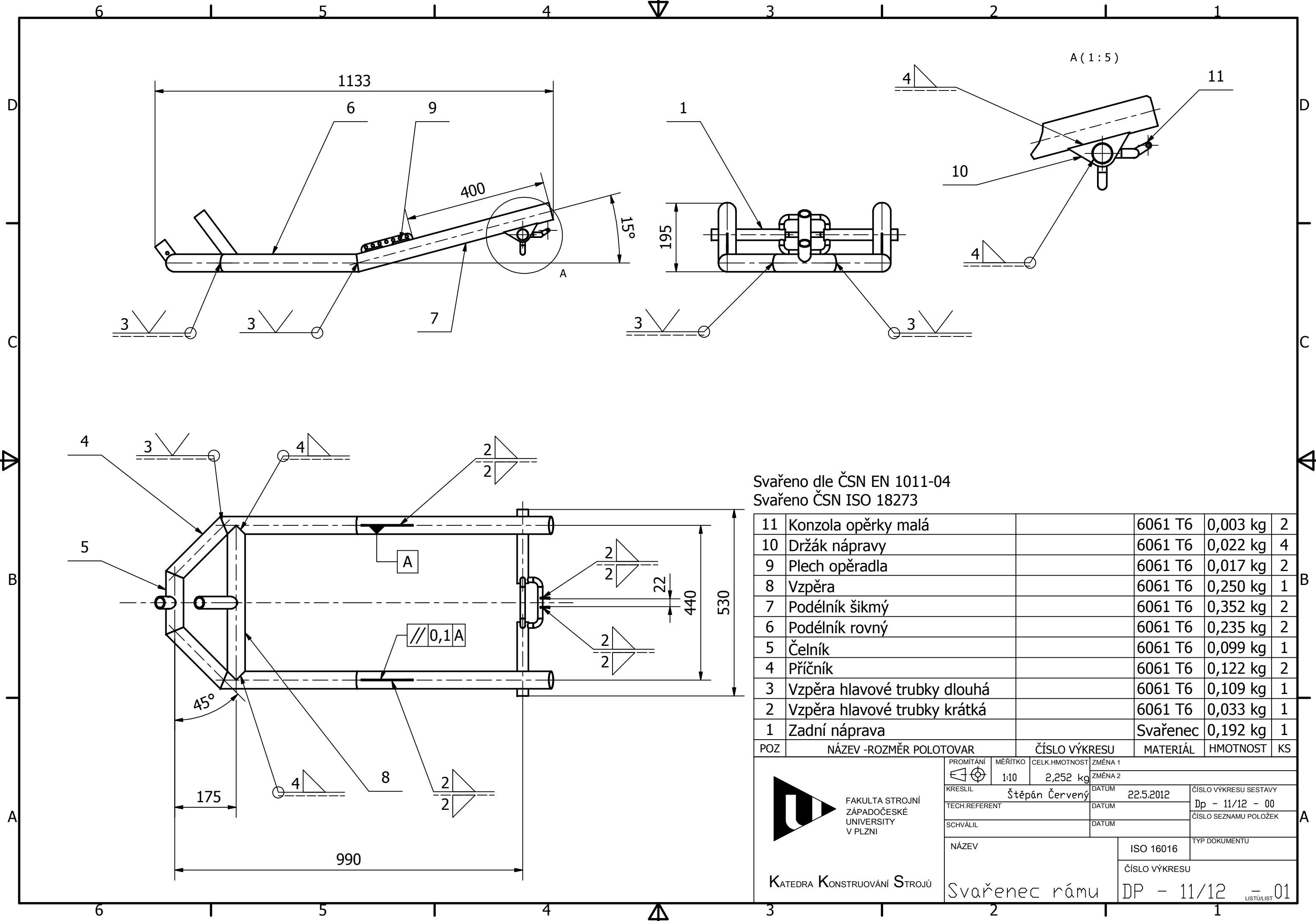
Seznam výkresové dokumentace

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Sestava handbiku | DP – 11/12 - 00 |
| 2. Svařenec rámu handbiku | DP – 11/12 - 01 |
| 3. Svařenec přední vidlice handbiku | DP – 11/12 - 02 |



34	podložka CSN 02 1703 - 6,4			0.001 kg	4
33	Matice CSN 02 1492 - M6			0.002 kg	5
32	Matice CSN 02 1492 - M8			0.004 kg	2
31	Šroub CSN 02 1143 - M5 x 12			0.004 kg	1
30	Šroub CSN 02 1143 - M5 x 16			0.004 kg	4
29	Šroub CSN 02 1143 - M6 x 35			0.011 kg	4
28	Šroub CSN 02 1143 - M6 x 10			0.005 kg	2
27	Šroub CSN 02 1143 - M6 x 30			0.010 kg	1
25	Šroub CSN 02 1143 - M8 x 40			0.023 kg	2
24	Ložisko S845 8B			0.010 kg	2
23	Ložisko 61904 2RS			0.038 kg	2
22	Pásek sedadla		Nylon	0.030 kg	8
21	Pásek podpěry		Nylon	0.008 kg	2
20	Podpěra nohy		6061T6	0.035 kg	2
19	Šroub kliky		6061T6	0.006 kg	2
18	Rozpěrná trubka		6061T6	0.008 kg	1
17	Podložka 15mm		6061T6	0.004 kg	1
16	Podložka 11mm		6061T6	0.005 kg	1
15	Unašec		6061T6	0.038 kg	1
14	Osa		6061T6	0.050 kg	1
13	Krk		6061T6	0.221 kg	1
12	Vzpěra nastavení		6061T6	0.008 kg	2
11	Vzpěra opěradla		6061T6	0.164 kg	1
10	Představec		6061T6	0.030 kg	1
9	Kroužek dělený		11300	0.002 kg	1
8	Kroužek		11300	0.002 kg	1
7	Klika levá		Svařenec	0.080 kg	1
6	Klika pravá		Svařenec	0.083 kg	1
5	Nosič klik		Svařenec	0.295 kg	1
4	Opěradlo			0,952 kg	1
3	Svařenec vidlice	DP - 11/12 - 02	Svařenec	0,852 kg	1
2	Hlavová trubka		Svařenec	0.174 kg	1
1	Svařenec rámu	DP - 11/12 - 01	Svařenec	2,252 kg	1
POZ	ČÍSLO SOUČÁSTI	ČÍSLO VÝKRESU	MATERIÁL	HMOTNOST	KS

<p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI</p>	PROMITÁNÍ	MÉRITKO	CELK.HMOTNOST	ZMĚNA 1
	KRESLIL	1:5	5,857kg	ZMĚNA 2
	TECH.REFERENT	Štěpán Červný	DATUM	23.5.2012
	SCHVÁLIL		DATUM	
NÁZEV		ISO 16016	TYP DOKUMENTU	
KABAK OSROAÍSTOJ		ČÍSLO VÝKRESU		
Sestava handbiků		DP - 11/12 - 00		



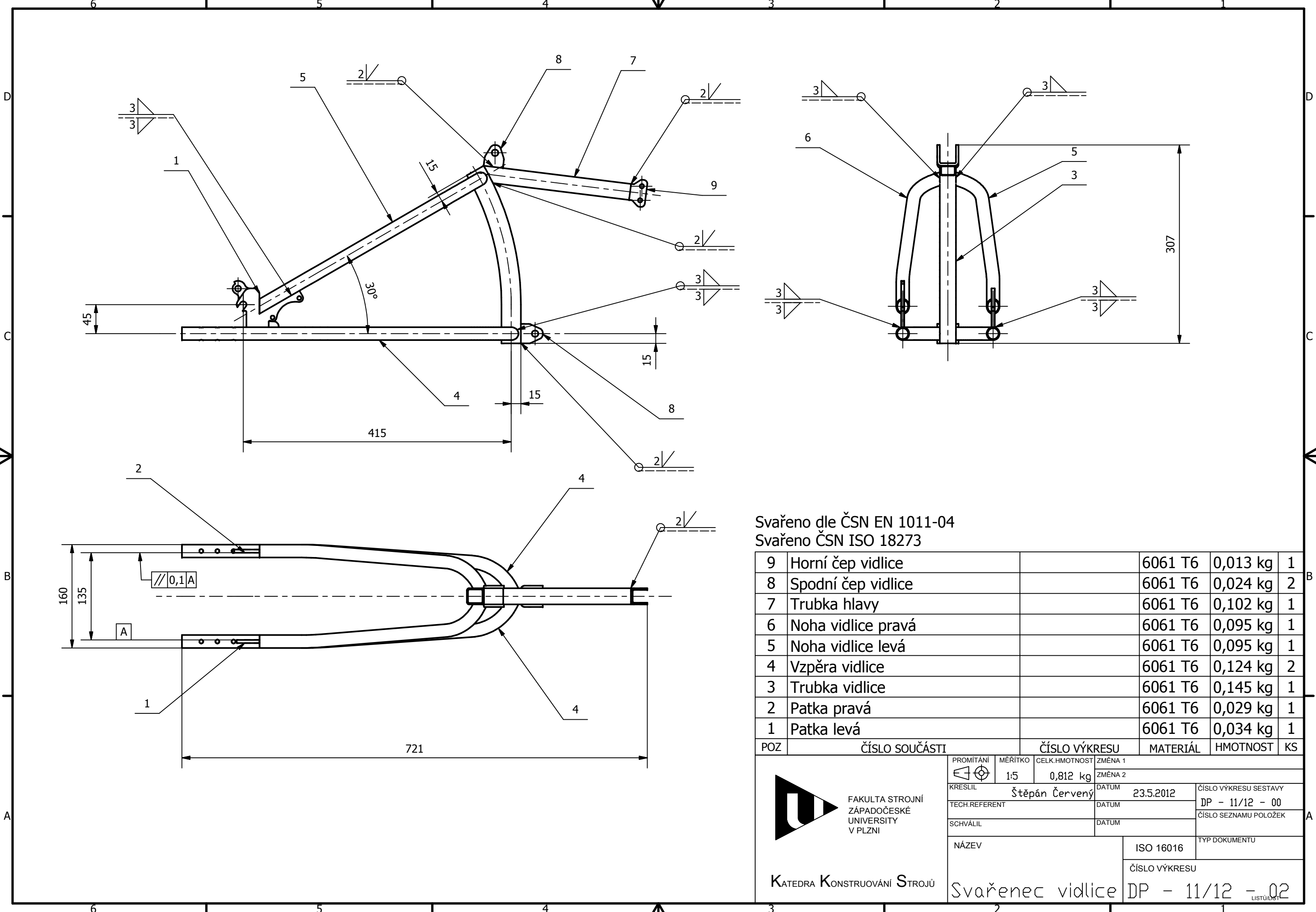
Svařeno dle ČSN EN 1011-04
Svařeno ČSN ISO 18273

POZ	NÁZEV - ROZMĚR POLOTOVAR	ČÍSLO VÝKRESU	MATERIÁL	HMOTNOST	KS
11	Konzola opěrky malá		6061 T6	0,003 kg	2
10	Držák nápravy		6061 T6	0,022 kg	4
9	Plech opěradla		6061 T6	0,017 kg	2
8	Vzpěra		6061 T6	0,250 kg	1
7	Podélník šikmý		6061 T6	0,352 kg	2
6	Podélník rovný		6061 T6	0,235 kg	2
5	Čelník		6061 T6	0,099 kg	1
4	Příčník		6061 T6	0,122 kg	2
3	Vzpěra hlavové trubky dlouhá		6061 T6	0,109 kg	1
2	Vzpěra hlavové trubky krátká		6061 T6	0,033 kg	1
1	Zadní náprava		Svařenec	0,192 kg	1



KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ

PROMÍTÁNÍ	MĚŘÍTKO	CELK. HMOTNOST	ZMĚNA 1
KRESLIL	1:10	2,252 kg	ZMĚNA 2
TECH. REFERENT	Štěpán Červený		DATUM 22.5.2012
SCHVÁLIL			DATUM
NÁZEV	ISO 16016		TYP DOKUMENTU
Svařenec rámu		ČÍSLO VÝKRESU	DP - 11/12 - 01
		LISTŮ/LIST	



Svařeno dle ČSN EN 1011-04
Svařeno ČSN ISO 18273

9	Horní čep vidlice		6061 T6	0,013 kg	1
8	Spodní čep vidlice		6061 T6	0,024 kg	2
7	Trubka hlavy		6061 T6	0,102 kg	1
6	Noha vidlice pravá		6061 T6	0,095 kg	1
5	Noha vidlice levá		6061 T6	0,095 kg	1
4	Vzpěra vidlice		6061 T6	0,124 kg	2
3	Trubka vidlice		6061 T6	0,145 kg	1
2	Patka pravá		6061 T6	0,029 kg	1
1	Patka levá		6061 T6	0,034 kg	1
POZ	ČÍSLO SOUČÁSTI	ČÍSLO VÝKRESU	MATERIÁL	HMOTNOST	KS

 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	PROMÍTÁNÍ 	MÉRITKO 1:5	CELK. HMOTNOST 0,812 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2
	KRESLIL Štěpán Červený	DATUM 23.5.2012	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY DP - 11/12 - 00	
	TECH. REFERENT	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	
	SCHVÁLIL	DATUM	TYP DOKUMENTU ISO 16016	
NÁZEV Svařenec vidlice			ČÍSLO VÝKRESU DP - 11/12 - 02	LISTUJÍCÍ