ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tříkolové třístopé vozidlo pro invalidní osoby na elektrický pohon

Autor: **Bc. Ondřej Ježek**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Barták**

Akademický rok 2012 / 2013

Oficiální zadání

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: 20. 5. 2013 ……

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 jakékoli nakládání s nimi, možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Bc. Ježek	**Jméno** Ondřej
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 „Dopravní a manipulační technika“	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Barták	**Jméno** Jiří
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST – KKS	

DRUH PRÁCE	**DIPLOMOVÁ**	~~**BAKALÁŘSKÁ**~~	**Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Tříkolové třístopé vozidlo pro invalidní osoby na elektrický pohon		

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KKS		**ROK ODEVZD.**	2013

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	76		**TEXTOVÁ ČÁST**	62		**GRAFICKÁ ČÁST**	14

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Tato práce se zabývá studií elektrické tříkolky pro invalidní osoby. Je zde zvolena nová koncepce, která ve světě zatím není moc rozšířena a u osob upoutaných na mechanický vozík by mohla mít úspěch. Hlavním prvkem tříkolky je umožnění nájezdu postižené osoby i s jejím vlastním mechanickým vozíkem na tříkolku. Tato práce navazuje na semestrální projekt, kde bylo toto vozítko prvotně řešeno a je zde dotaženo do finální podoby, včetně výkresové dokumentace a návrhu hlavních dostupných komponentů.
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	Invalidní osoba, postižení, paraplegie, elektromotor, tuhost, rám, cena.

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	**Surname** Bc. Ježek	**Name** Ondřej	
FIELD OF STUDY	2301T001 " Transport Vehicles and handling machinery"		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Barták	**Name** Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	**DIPLOMA**	~~**BACHELOR**~~	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Three-wheeled for handicapped persons powered by elektricity		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	Machine Design		**SUBMITTED IN**	2013

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	76		**TEXT PART**	62		**GRAPHICAL PART**	14

BRIEF DESCRIPTION **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	This thesis deals with electric tricycles for disabled people. Selected here is a new concept that the world is not yet very widespread and people confined to mechanical wheelchair could be successful. The main feature of the approach is to allow tricycles disabilities with its own mechanical truck tricycle. This work builds on a semester project where the rover was initially solved and there is tightened in its final form, including drawings and design of major components available.
KEY WORDS	Disabled people, disability, paraplegia, power, stiffness, frame rate.

Poděkování

Chtěl bych touto cestou poděkovat panu Ing. Jiřímu Bartákovi za jeho odborné rady a vstřícné jednání při kompletaci práce. Vždy mě dokázal poradit a nasměrovat správným směrem. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Františku Sedláčkovi a Ing. Martinu Kosnarovi za cenné rady při vytváření MKP výpočtů.

Obsah

Obsah **7**

Seznam použitých zkratek a symbolů **9**

Úvod **10**

1. Tělesná postižení[1] **11**

1.1. Rozdělení postižení 11

1.2. Postižení z hlediska závislosti postižené osoby 13

1. 3 Účel zařízení z hlediska postižení 13

2. Rešerše dostupných řešení **14**

2.1. Click and go – elektrický systém pro mechanický vozík[7] 14

2.2. Elektrická invalidní tříkolka PENDEL[8] 14

2.3. Tříkolka Sunny Transporter[9] 15

2.4. Power 105 assist, přídavný pohon na mechanický vozík[10] 15

2.5. PT Plus schodolez kolový[11] 16

2.6. Pomocný pohon invalidního vozíku (ZCU – FST/KKS) [12] 16

2.7. El. zařízení k vozíku[13] 17

2.8. Konverzní kit 750W/48V přední kolo[6] 17

2.9. Skútr Breeze 4[14] 17

3. Prototypy **18**

3.1. WHILL – efektivní a rychlá přeměna vozíku na elektrické vozidlo[15] 18

3.2. SPEEDY-E přídavný modul k invalidnímu vozíku[19] 19

4. Koncepce třístopých vozidel[18] **19**

5. Specifikace požadavků **20**

5.1. Soupis konkurenčních výrobků (TS) 20

5.2. Stanovení požadavků na navrhovaný technický systém 20

5.3. Černá skříňka 21

5.4. Orgánová struktura 23

5.5. Morfologická matice 24

5.6. Hodnocení navrženého TS 25

5.7. Výběr varianty 26

6. Návrh konstrukce **27**

6.1. Základní návrh[6] 27

6. 2. Konečný návrh 29
6.3. Popis jednotlivých navrhovaných komponentů 31
6.3.1. Rám 31
6.3.2. Zadní kyvná nastavitelná vidlice 31
6.3.3. Přední výškově stavitelný krk 34
6.3.4. Nájezdová rampa 35
6.3.5. Uchycení vozíku 36
6.3.6. Uchycení baterií 37
6.3.7. Použité elektromotory[6] 38
6.3.8. Použité tlumiče 39
6. 4. Použitý materiál[20] 40
7. Výpočty 41
7.1. Kontrola závitů u nastavitelných tlumičů 41
7.1.1. Návrh závitu – označení, rozměry a další parametry 41
7. 1. 2. Stanovení třecího úhlu 41
7. 1. 3 Návrh matice 42
7. 1. 4. Kontrola závitu na otlačení: 42
7. 1. 5. Kontrola napětí dříku šroubu: 43
7. 2. Výpočet parametrů motorů na zvedání tříkolky 43
7. 3. Jízdní stabilita[18] 44
7. 3. 1. Vykývnutí na nerovnostech 44
7. 3. 2. Stabilita v zatáčce 46
7. 4. Pevnostní výpočty s využitím metody konečných prvků 49
7. 4. 1. Analýza rámu 49
7. 4. 2. Analýza nájezdové části 54
8. Technickoekonomické hodnocení 56
9. Závěr 58
Soupis použité literatury 59
Seznam obrázků 61
Seznam tabulek 62
Příloha č. 1 63
Příloha č. 2 67

Seznam použitých zkratek a symbolů

TS.....technický systém
TrfP.....transformační proces
a_c [mm].....vůle ve vrcholu závitu
m [mm].....výška matice
z.....počet činných závitů
σ [MPa].....normálové napětí
R_m[MPa].....mez pevnosti
R_p[MPa].....mez kluzu
γ[°].....úhel stoupání závitu
β [°].....úhel závitového profilu
f.....součinitel tření
φ'[°].....třecí úhel závitu
M_k[Nm].....kroutící moment
p_d[MPa].....dovolený tlak v závitech
Q [N].....zatížení tříkolky
τ [MPa].....smykové napětí
s [mm].....stoupání závitu
i.....převodový poměr
n [ot/min].....otáčky
P [w].....výkon motoru

Úvod

Společnost stárne, to je nezlomný fakt. S neustále se prodlužující délkou života ale souvisí také stále menší mobilita lidí. Lidé staří, kteří již nemohou chodit či lidé postižení, proto mají nárok na invalidní vozík. Avšak co si mnoho lidí neuvědomuje je to, že delší cesta může být pro člověka na invalidním vozíku velmi namáhavá. Přitom ale nemají všichni nárok na elektrický vozík a sami si jej nemohou dovolit. Nevýhoda elektrických vozíků je také jejich vyšší hmotnost oproti klasickým.

Navíc ne každý postižený potřebuje „odvoz“ neustále. Přeci jen pohánění kol rukama posiluje horní polovinu těla a nedochází tak k ochabnutí svalstva. Ale na delší cesty je určitá pomoc ve formě elektrického pohonu vhodná. Kompromis by tak do této situace mohl vnést elektrický doplněk ke klasickému invalidnímu vozíku.

Cílem této práce je navrhnout právě takový elektrický doplněk, který by člověku s určitým tělesným postiženým usnadnil poměrně namáhavé cestování na klasickém vozíku, ale také mu umožnil podívat se na místa, kam by se s klasickým vozíkem nepodíval. Tím je myšlen lehčí terén, jako například lesní cesty, louky, turistické trasy a tak podobně, které by bylo možné s nově navrženým výrobkem zdolat.

Součástí práce je seznámení se s již existujícími variantami různých typů elektronických doplňků, vlastní návrh vozíku ve 3D programu Siemens Unigraphics NX 8.5 spolu s pevnostní analýzou, výkresovou dokumentací, a vyhodnocením konstrukčního návrhu.

1. Tělesná postižení[1]

Obr. 1. 1. Mezinárodní symbol přístupnosti

Pojem tělesného postižení bývá obvykle redukován pouze na postižení pohybového ústrojí. Jako tělesně postižená je obecně vnímána osoba, jejíž pohybový handicap je zjevný a nedá se přehlédnout. Také zákon, který vymezuje tělesná postižení, se omezil pouze na takové definice tělesně postižených, které mají přímou souvislost s pohybovým postižením.

1.1. Rozdělení postižení

Podle doby získání postižení

- Vrozené postižení - vznikají buď během těhotenství, nebo při porodu.

- Získané postižení - může způsobit buď úraz, nebo různé choroby. Na rozdíl od vrozených vad mohou vzniknout v kterémkoli období života.

Podle stupně postižení

- Lehké – postižený je schopen samovolného pohybu

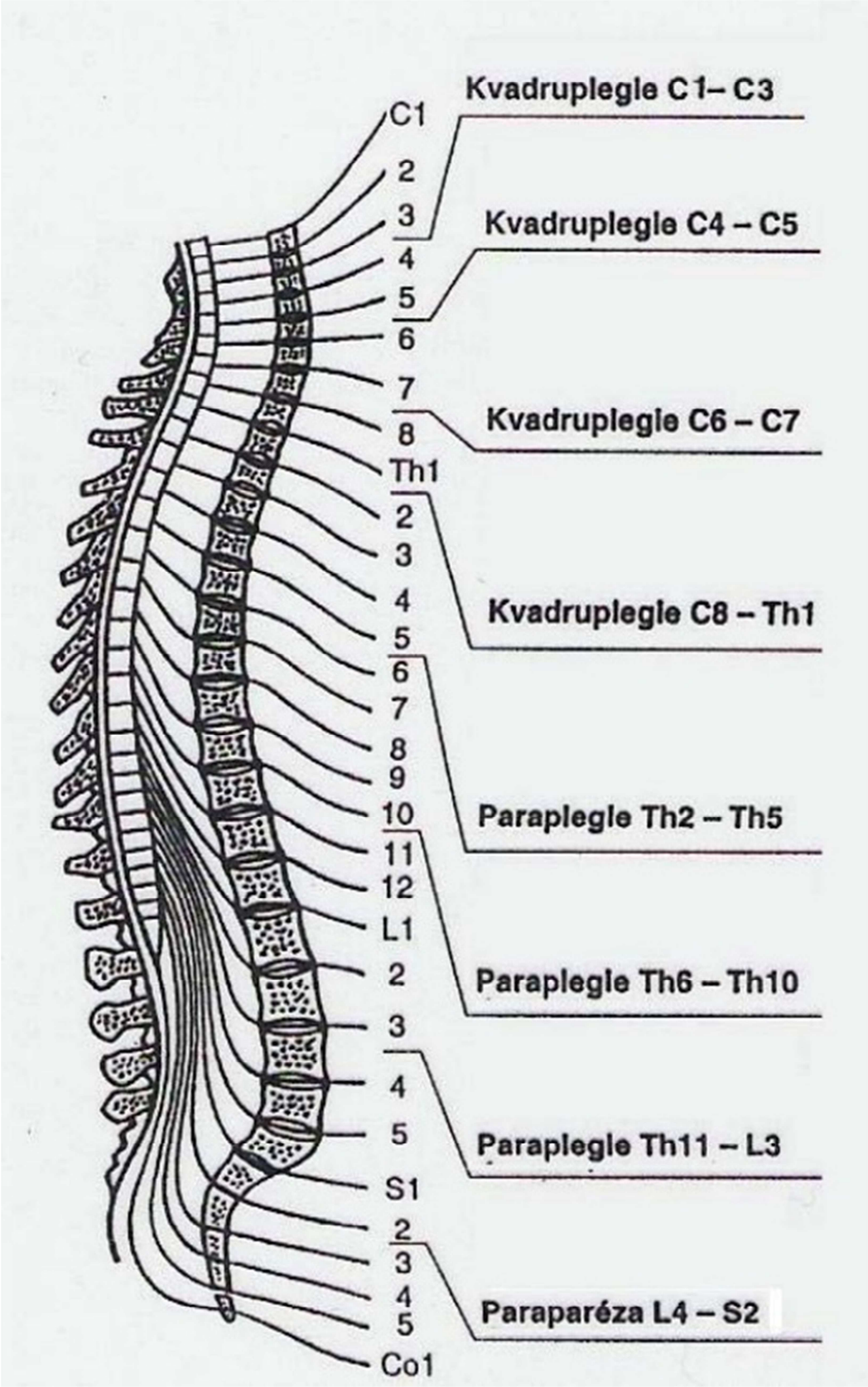
- Střední – postižený je schopen pohybu při použití ortopedických pomůcek

- Těžké – pacient není schopný samovolného pohybu

Tělesné postižení je způsobeno většinou porušením míchy a k poranění míchy dojde přibližně u 15–20 % případů při 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.

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 kvadrapostižení. Úroveň poškození je v tomto případě nad hrudním segmentem páteře Th2. Funkce horních končetin je závislá na úrovni porušeného segmentu, protože nervová pleť 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.



Obr. 1.2. Rozsah ochrnutí v závislosti na místě porušení míchy

1.2. Postižení z hlediska závislosti postižené osoby

a) Paraparéza L4 – S2

Úplná nezávislost doma i mimo dům. Vozík není nutný, chůze za pomocí 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 ovládání rukama.

c) Paraplegie Th6 – Th10

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

d) Paraplegie Th2 – Th5

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

e) Kvadruplegie C8 – Th1

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

f) Kvadruplegie C6 – C7

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

g) Kvadruplegie C4 – C5

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

h) Kvadruplegie C1 – C3

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

1. 3 Účel zařízení z hlediska postižení

Tato diplomová práce se zabývá konstrukcí zařízení pro usnadnění pohybu a přepravy tělesně postižených, proto je velmi důležité si uvědomit, pro jakou skupinu postižených bude zařízení konstruováno. Jelikož se počítá s tím, že zařízení bude určené i do lehčího terénu, je tedy nutné, aby měl tělesně postižený horní končetiny v pořádku. Zařízení (třístopé vozidlo) bude tedy určené pouze pro osoby s postižením „paraplegie“.

2. Rešerše dostupných řešení

2.1. Click and go – elektrický systém pro mechanický vozík[7]

Jedná se o jednoduchý multifunkční systém k připojení zezadu na mechanický vozík bez úpravy vozíku. Skvělý pomocník pro pomoc při tlačení vozíku či možnost samostatného pohánění, vhodný především na rovné cesty, do nákupních center a do města. Název odpovídá jednoduchému užití – připoj se a jeď – click and go.

Specifikace: Umístění k zadní části invalidního vozíku bez jeho poničení. Vozík zůstane nadále skládací.
Elektrický systém k upevnění na mechanický vozík:
1 motor o 200 wattech.
Elektrické pohánění bateriemi 2 x 20 ah/12voltů.
Možnost jízdy dopředu i dozadu.
Zabezpečení proti přetížení.
Plynulá jízda.
Dodání včetně baterií 24voltů/4ah.
Váha 18kg včetně baterií.

Obr. 2.1. Elektrický systém pro mech. vozík

2.2. Elektrická invalidní tříkolka PENDEL[8]

Jedná se o novinku v ČR. S touto tříkolkou je možné vyjet na silnice bez přesednutí z mechanického invalidního vozíku. Do vozíku lze jednoduše najet. Dojezd činí až 60km a rychlost je až 25km/hod., max. možné stoupání 20%. Provoz Pendelu je velmi jednoduchý, stačí pouhé dobití baterií z nabíječky silnými gelovými bateriemi. Vyniká snadnou obsluhou, perfektními jízdními vlastnostmi, odpruženými koly, světly a směrovkami. Možnost jednorázového příspěvku 50% na pořízení.

Obr. 2.2. Tříkolka PENDEL

Obr. 2.3. Tříkolka PENDEL- nájezd vozíku

2.3. Tříkolka Sunny Transporter[9]

Zajímavá nabídka tříkolky pro handicapované lidi na vozíku a uživatele jedoucího na kole. Téměř každý mechanický vozík může být na Sunny Transporter umístěn. Jízdní kolo lze snadno oddělit a přepravovat zvlášť. Tato „tříkolka“ je vhodná pro jízdu v přírodě.

Výbava:
Hydraulické přední brzdy.
5 rychlostních stupňů.
Omezovač úhlu natočení volantu.
Parkovací brzdový systém.
Kolo je vybaveno gelovým sedlem.
Ruční řemeslný rám je vyroben z vysoce pevné oceli.
Brzda na zadním kole.
Ráfky jsou vyrobeny z hliníku.

Obr. 2.4. Tříkolka Sunny Transporter

Technická data:
Výroba EU a certifikace CE
Přední kolo 20“x1,75“
Zadní kolo 26“x1,75“
Celková délka: 2175mm
Výška řídítek: 420mm
Celková šíře: 970mm
Maximální nosnost: 250kg

Obr. 2.5. Tříkolka Sunny Transporter

2.4. Power 105 assist, přídavný pohon na mechanický vozík[10]

Přídavný elektropohon Power 105 Assist je servoasistent, který se dodatečně montuje na mechanický vozík a výrazně zvyšuje mobilitu a nezávislost uživatele. Senzory průběžně měří lidskou sílu vynakládanou na obruče vozíku a dávají povel k jejímu servomechanickému zvýšení. Power 105 Assist pomáhá uživateli nejen při pohonu, ale i během brzdění.

- zvýšení mobility, větší nezávislost a zlepšení kvality života
- na výběr dva moduly, které násobí vynakládanou sílu 1,5krát nebo 3krát
- snadná montáž na celou řadu mechanických vozíků

Technická data:
Násobení síly: 1,5krát nerezové obruče
Násobení síly: 3krát pogumované obruče
Hmotnost: 16 kg
Dojezd: max. 15 km
Dobití baterií: 2 až 3 hodiny
Rekuperace: při jízdě z kopce

Obr. 2.6. Přídavný pohon na mechanický vozík

2.5. PT Plus schodolez kolový[11]

Schodolez PT UNI 130 je vhodný pro všechny typy mechanických invalidních vozíků a pro klasické i točité schodiště. Vozík je pevně a bezpečně zajištěn úchytem za zadní opěradlo. Manipulace je snadná a není třeba odpojovat kola vozíku. Stačí jen najet vozíkem na plošiny a úchytem zajistit zadní opěradlo.

Technická data: Rychlost pohybu: 10, 14 nebo 18 schodů za minutu
Maximální výška schodu: 23 cm
Prostor k vytočení: 110 x 90 cm
Šířka při rozložení**:** 76 cm
Celková váha: 27,6 kg
Maximální hmotnost: 130 Kg *(váha i s vozíkem)*

www.pomuckyzdravotnicke.cz

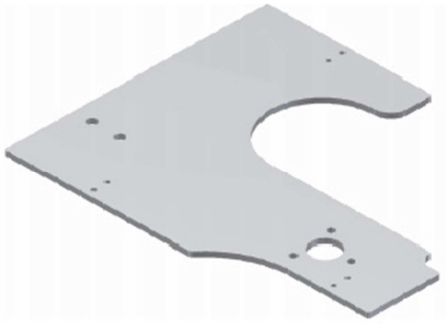
Obr. 2.7. Schodolez

Obr. 2.8. Schodolez

2.6. Pomocný pohon invalidního vozíku (ZCU – FST/KKS) [12]

Univerzální montáž na stávající platformu dostupných (prodávaných) invalidních vozíků. Tento držák slouží pro uchycení doplňkového elektrického pohonu, který je možno jednoduchým pákovým mechanismem přitlačit/oddálit k hlavnímu kolu vozíku. Důležitými prvky tohoto držáku je jednoduché konstrukční řešení připojení nebo odpojení elektrického pohonu sloužícího k pohybu invalidního vozíku.

Obr. 2.9. Pomocný pohon invalidního vozíku



Obr. 2.10. Držák pro uchycení elektrického pohonu

2.7. El. zařízení k vozíku[13]

Elektrické přídavné zařízení k mechanickému vozíku umožní doprovodné osobě velmi dobře ovládat vozík. Přídavné zařízení pohání vozík samo, pomocí rukojeti, stačí „přidat plyn“. Je možné jej přidělat na různé typy vozíků.

Obr. 2.11. El. zařízení k vozíku

2.8. Konverzní kit 750W/48V přední kolo[6]

Další možností úprav klasického mechanického vozíku na elektrický je pomocí elektrického pohonu vpleteného do kola. Zde je více variant použití, ať již do jednoho ze stávajících kol mech. vozíku, nebo do přídavného zařízení k vozíku. Motor je bezúdržbový a dost silný na to, aby překonal prakticky bez námahy osoby i větší kopce.

Obr. 2.12. Konverzní kit

2.9. Skútr Breeze 4[14]

Skútr Breeze 4 je hlavně pro lidi, kteří nehodlají v životě dělat žádné kompromisy. Řízení je opravdovou radostí díky skvělému odpružení, pohodlnému sedadlu a vysoké světlé výšce podvozku.

Breeze 4 umí zvládnout každý terén a bude záležet jen na Vás, kam se svobodně a nezávisle vydáte. Když uvážíte možnost, že na plně nabité baterie ujede až úctyhodných 48 km a uveze až 190 kg, bude vám jasné, proč je všeobecně považován za nejlepší skútr.

Obr. 2.13. Skútr BREEZE 4

3. Prototypy

3.1. WHILL – efektivní a rychlá přeměna vozíku na elektrické vozidlo[15]

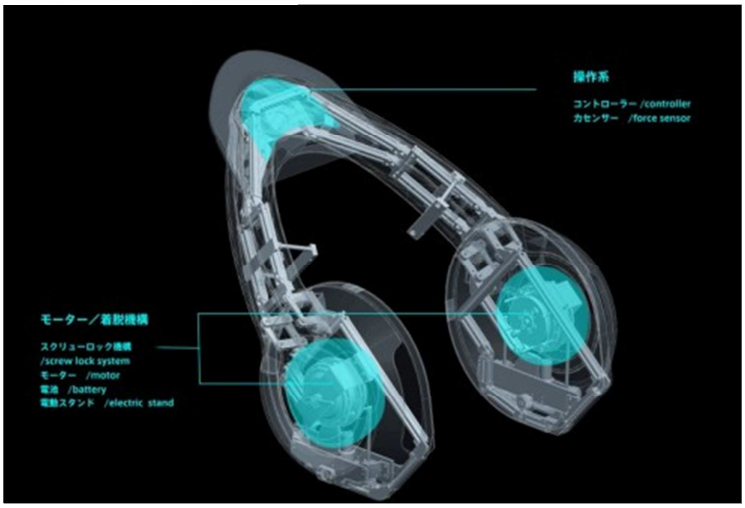
Whill je externí elektrické zařízení, které se připojuje na invalidní vozík. Klasickému vozíku je tak umožněno využívat elektrický pohon. Zařízení má oblý tvar a svým designem trochu připomíná obrovská sluchátka. Kulaté konce zařízení, ukrývající lithium-iontový akumulátor, jsou připojeny k centrálnímu ovládání, které přepažuje vozík v oblasti pasu uživatele vozíku.

Konce zařízení se z vnější strany připevní ke středu kol vozíku a díky bateriím se může dát vozík do pohybu. Ani řízení se pro uživatele nestane žádným problémem. Ovládání vozíku se zařízením totiž funguje na stejném principu jako známé vozítko Segway, kdy jednoduchým náklonem dopředu dostaneme zařízení do pohybu a to roztočí kola. Výhodou je i možnost nastavit si rychlost otáčení kol nebo sklon ovládací části zařízení. Whill je schopen po dvouhodinovém nabíjení ujet s vozíkem až 30 kilometrů a to rychlostí až 20 km/h.

Stane se z prototypu i produkt?

Zařízení je zatím ve fázi prototypu a vývojáři shánějí vozíčkáře k otestování Whillu v reálných podmínkách. Společnost navíc zatím nespecifikovala cenu, která bude v úspěchu zařízení hrát samozřejmě velkou roli. Kdo by kupoval drahou náhradu elektrického vozíku, když by mohl mít normální elektrický vozík.

Obr. 3.1. WHILL



Obr. 3.2. WHILL

3.2. SPEEDY-E přídavný modul k invalidnímu vozíku[19]

Další možností jak přeměnit klasický mechanický vozík na elektrický, je pomocí tohoto přídavného modulu. Všechny prvky jsou již v současné době standardně vyráběné a prodejné a není tedy pochyb o vyrobitelnosti celého modulu. Modul je navržen pro invalidní osoby a je další možností, jak se rychleji pohybovat bez závislosti na pomoci dalších osob.

Z technického hlediska tento modul nabízí dost silný motor pro pohyb vozíku i do kopce, silnou baterii, kterou uživatel nabije pomocí kabelu, směrová světla, přehlednější ovládací panel apod.

Obr. 3.3. SPEEDY-E připojené k vozíku

Obr. 3.4. SPEEDY-E

4. Koncepce třístopých vozidel[18]

Ačkoli svět z pochopitelných důvodů ovládla čtyřkolová vozidla, tři stopy vábily konstruktéry i veřejnost od nepaměti. Tříkolky mají o čtvrtinu méně kol a závěsů, jsou tedy lehčí a uvezou relativně více nákladu. Výhody tří kol přetrvávají dodnes, kdy jsou v některých zemích tato vozidla daňově zvýhodňována. Mezi nevýhody lze považovat obtížnou řiditelnost a stabilitu při dynamické jízdě (ať je již liché kolo vpředu, nebo vzadu) i brzditelnost.

V závislosti na jízdních podmínkách se přitom u tříkolého vozidla mění rozložení celkové hmotnosti výrazněji než u „čtyřkolky“. Nemluvě o tom, že třístopé vozidlo se obtížněji vyhýbá nástrahám rozbitých vozovek. Zvláště řešení s poháněným a řiditelným, jediným kolem vpředu nám dnes může připadat navýsost nepraktické.

Pomine-li se nesymetrické uspořádání k podélné svislé rovině (motocykl s postranním vozíkem), jsou možné dvě varianty. První možností je jedno kolo vepředu a dvě kola vzadu a druhou možností je uspořádání opačné. Pro převoz vozíčkáře je lepší první varianta, aby mohl najet i s vozíkem zezadu na tříkolku. Vozíčkář tedy bude sedět za předním kolem. Samostatné přední kolo také umožňuje jednodušší konstrukci řízení s malým počtem pohyblivých dílů, tedy méně pasivních odporů a menší ovládací sílu na volantu. Samostatné kolo zároveň umožňuje velký úhel natočení a tím zmenšení poloměru otáčení vozidla.

5. Specifikace požadavků

Specifikace požadavků je nezbytná pro návrh a konstrukci nového zařízení. Najdeme a shromáždíme tak na jednom místě vše, co je pro daný návrh důležité, jaké požadavky jsou na návrh (TS) kladeny. Vyloučí se (nebo alespoň minimalizuje) možnost, že by se v průběhu konstrukce zapomnělo na nějaký důležitý faktor, kvůli němuž by pak nebyl TS konkurence schopný, nebo třeba funkční.

5.1. Soupis konkurenčních výrobků (TS)

Pro návrh nové konstrukce, která má být konkurence schopná, je důležité srovnání s podobnými výrobky, které se již vyrábějí. Srovnání se provede pomocí stanovení požadavků na nový technický systém a ohodnocení jednotlivých konkurenčních produktů. Hodnoceny budou tři konkurenční řešení a dva nové návrhy. Výsledným produktem pak bude nejlepší varianta vyhodnocená metodou bodového srovnávání kritérií.

TS A. Elektrická invalidní tříkolka PENDEL

TS B. Skútr BREEZE 4

TS C. SPEEDY – E přídavný modul k invalidnímu vozíku

TS 1. Návrh 1 – elektrické invalidní tříkolky

TS 2. Návrh 2 – elektrické invalidní tříkolky

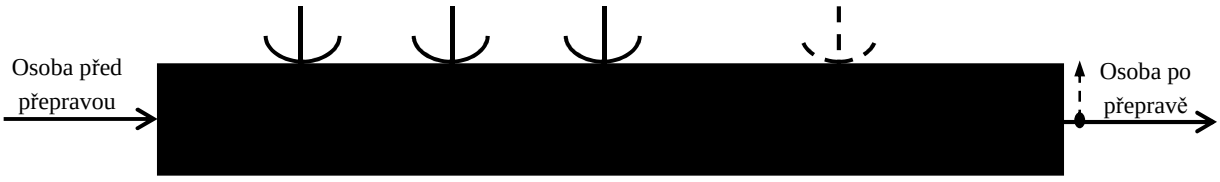
5.2. Stanovení požadavků na navrhovaný technický systém

Požadavek	**Hodnota**
Upevnění vozíku	Nutné
Najetí/sjetí s vozíkem na/z tříkolku/y	Snadné
Ovládání nájezdu	Snadné
Základní osvětlení	Nutné
Umožnit použití různých typů inv. vozíků	Nutné
Možnost přepravy tříkolky vozidlem	Doporučeno
Maximální rychlost	25 km/hod
Maximální výkon elektromotorů	1kW
Odpružení předních kol	Doporučeno
Odpružení zadního kola/kol	Doporučeno
Použité brzdy	Kotoučové, na všech kolech
Parkovací brzda	Zadní kola

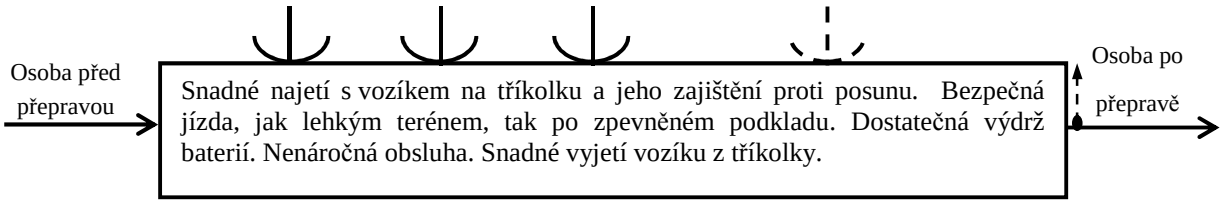
Rozvržení kol, varianty 1-2 nebo 2-1	1-2
Světlá výška tříkolky	V rozmezí 100-300 [mm]
Délka tříkolky	Doporučeno max. 1500 [mm]
Šířka tříkolky	Doporučeno max. 1000 [mm]
Počet kol	3
Hmotnost tříkolky	Maximálně 50 [kg]
Nosnost tříkolky (invalidní osoba i s vozíkem)	Minimálně 150[kg]
Dojezd	Minimálně 25 [km]
Vynaložená síla na uzavření nájezdu	Minimální
Cena	Maximálně 60 000 Kč
Použití v terénu	Důležité
Ovládání (řízení, brzdění)	Jednoduché
Stabilita v terénu	Vysoká
Stabilita na zpevněném povrchu	Vysoká
Stabilita v oblouku	Vysoká
Provozní náklady	Maximálně 1000 Kč/rok
Údržba	Snadná/levný servis
Tuhost rámu	Vysoká
Vhodnost dle stupně invalidity	Paraplegie
Vhodnost dle tělesné kondice	Lehce zvýšená

Tab. 5.1. Stanovení požadavků na technický systém

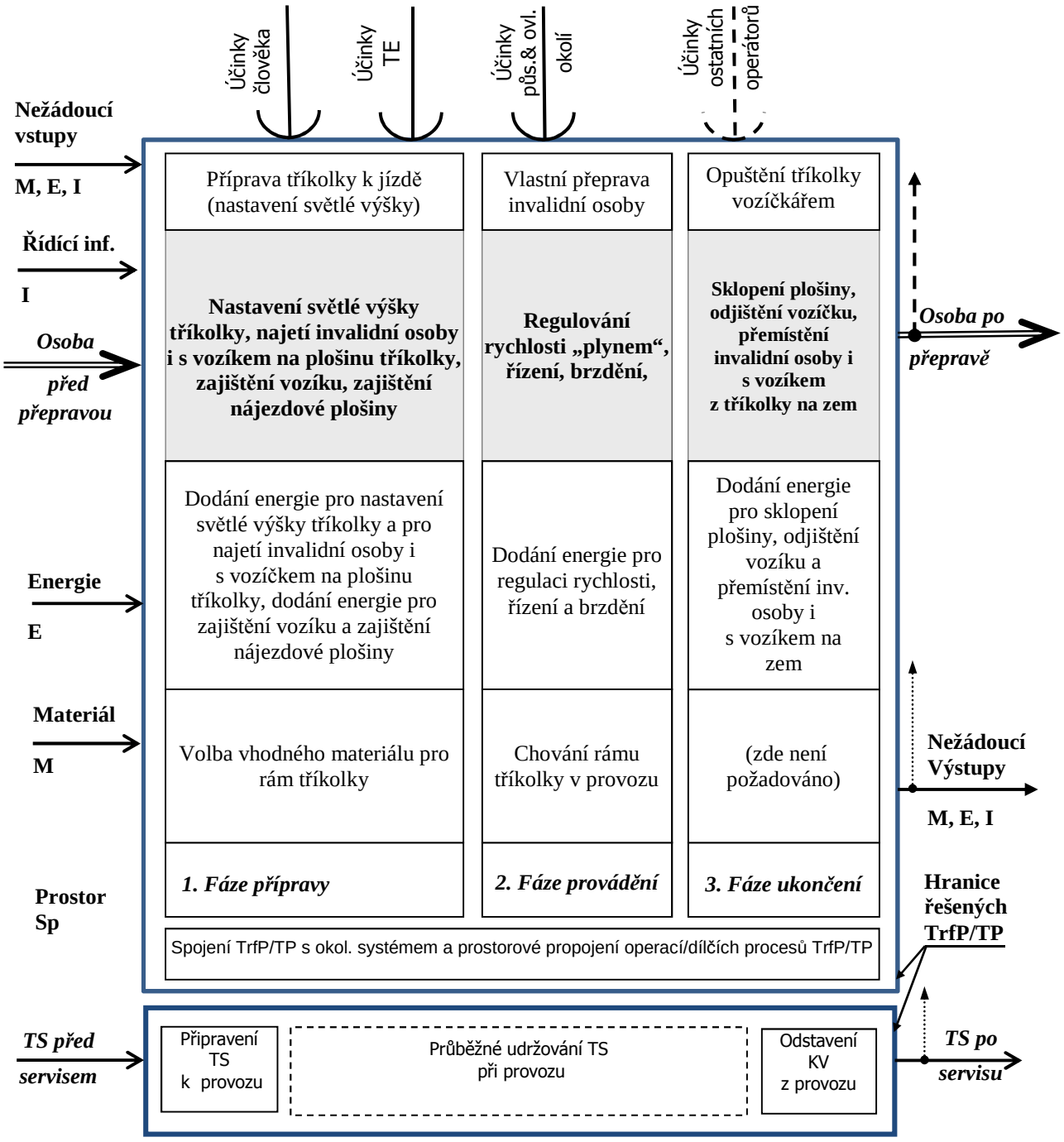
5.3. Černá skříňka



Obr. 19 Provozní transformační/technický proces (TrfP/TP) - černá skříňka



Obr. 5.1. Provozní transformační/technický proces (TrfP/TP) - návrh technologie

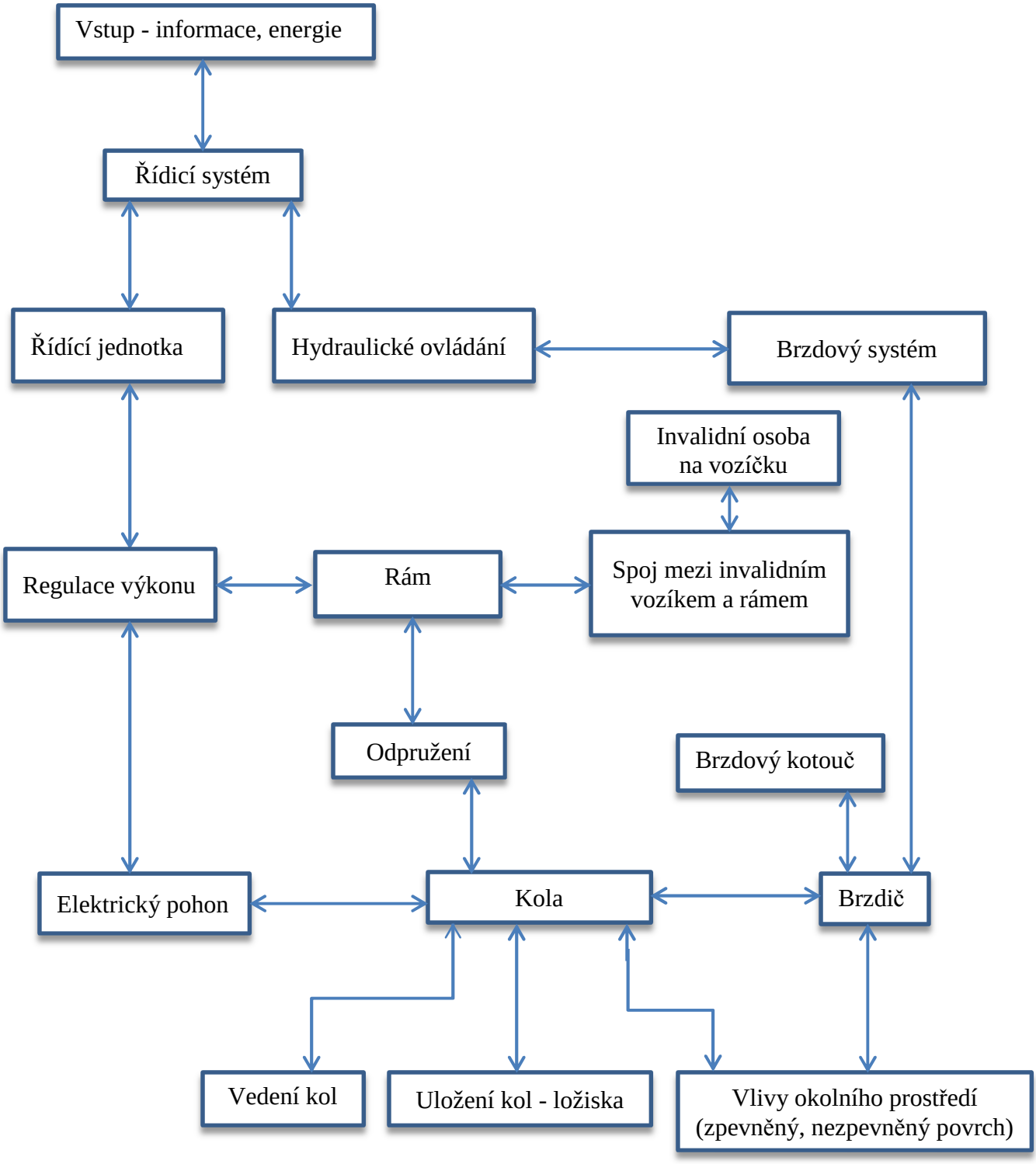


Obr. 5.2. Provozní transformační/technický proces (TrfP/TP) – úplný návrh

(ve spodní části zakreslen též servisní TrfP/TP - bez zobrazení účinků příslušných operátorů)

5.4. Orgánová struktura

Orgánová struktura technického systému vyjadřuje vazby mezi jednotlivými moduly (označovanými také jako orgány) systému, které realizují jednotlivé dílčí funkce. Udává ucelený přehled o nejdůležitějších konstrukčních prvcích, které se vyskytují na elektrické invalidní tříkolce.



Obr. 5.3. Orgánová struktura

5.5. Morfologická matice

Dílčí funkce		Funkční principy		
		1	2	3
1	Nastoupení invalidní osoby na vozítko, Umožnit	I s vozíkem	Pouze inv. osoba	Přídavné zařízení k inv. vozíku
2	Upevnění inv. vozíku, Umožnit	Ruční, zadní kola + sklopná plošina	Nemá	Zespodu inv. vozíku
3	Počet kol vozítka, Použít	1	3	4
4	Brzda přední, Umožnit	Kotoučová	Bubnová	V-brzdy
5	Brzda zadní, Umožnit	Kotoučová	Bubnová	V-brzdy
6	Odpružení kol, Umožnit	Šroubovitou pružinou	Listovou pružinou	Nemá
7	Nastavení světlé výšky, Umožnit	Stavitelné pružiny	Stavitelný rám	Nemá
8	Koncepce vozítka, Použít	Jiná	1-2	2-2
9	Použití	Zpevněný i nezpevněný povrch, lehčí a střední terén	Zpevněný i nezpevněný povrch, lehčí terén	Zpevněný povrch
10	Úložný prostor, Umístit	Vpředu i vzadu	Na bocích	Nemá
11	Ovládání nájezdové plošiny	Elektrické	Mechanické	Nemá
12	Napájení osvětlení	Z baterie	Dynamo	Nemá
13	Možnost přepravy různých inv. vozíků, Umožnit	Posuvné lišty	Ano, bez zajištění	Nemá
14	Schváleno pro provoz na pozemních komunikacích, Umožnit	Ano	Ne	-
15	Maximální dojezd, Umožnit	Do 60 km	Do 50 km	Do 40 km

TS A TS B TS C TS 1 TS 2

Tab. 5.2. Morfologická matice

5.6. Hodnocení navrženého TS

Technický systém A – elektrická invalidní tříkolka PENDEL

Jedná se o jediný schválený produkt ve své třídě prodávaný na území České Republiky, navíc s možností dotace invalidních osob, s kterým je možno vyjet na silnice bez přesednutí z invalidního vozíku. Vozítko se vyznačuje vysokým dojezdem až 60 km, rychlostí 25 km/hod, odpruženými koly, snadným najetím vozíku na plošinu a příjemným vzhledem. Tento model bohužel nevyniká v zabezpečení vozíku za jízdy, kdy je vozíčkář uchycen pouze vlastní brzdou mechanického invalidního vozíku a zavřeným zadním nájezdem. Sklápění zadní rampičky je také pouze mechanické.

Technický systém B – skútr BREEZE

Tento produkt se liší od navrhovaného hlavně tím, že invalidní osoba musí přesednout ze svého vozíku a dostat se na skútr. Vozítko má otočné ortopedické křeslo, takže je cestování pohodlné a díky vysoké světlé výšce je s ním možné zajet i do terénu, tudíž i do přírody. Všechna kola jsou odpružená, brzdný systém je dvouokruhový, dojezd až 50 km s maximální rychlostí 15 km/hod, jednoduché ovládání. Na tento vozík bohužel nejsou schváleny dotace a tak jeho cena je poněkud nepříznivá.

Technický systém C – SPEEDY – E přídavný modul k invalidnímu vozíku

U tohoto výrobku zatím není možné posuzovat jeho vlastnosti, jelikož je zatím jenom ve fázi návrhu. Invalidní mechanický vozík je zde vyzdvižen v přední části tak, že jeho malá kolečka jsou ve vzduchu a o pohon a ovládání se stará přídavný modul SPEEDY. Má jedno kolo a je vhodný pouze do města a na zpevněný povrch. Je to další alternativa pro postižené osoby, jak se lépe dopravovat, za nižší cenu než u podobných produktů.

Technický systém 1 – Návrh 1 – elektrické invalidní tříkolky

První návrh elektrické invalidní tříkolky bude mít 3 kola, v koncepční variantě 1-2. Jedno 24“ kolo vpředu, dvě 16“ kola s vpletenými elektromotory vzadu. O energii potřebnou pro elektromotory se postarají akumulátory umístěné na rámu. Ten bude trubkový, svařovaný z hliníkové slitiny. Přední vidlice odpružená, s kotoučovou hydraulickou brzdou. Zadní stavitelné tlumiče na obou kolech, tvořené šroubovou pružinou s tlumičem uvnitř pružiny, jak je to známé z motocyklů. Nastavení výšky přední části tříkolky pomocí zdvojeného krku (viz kapitola 6.3.3.), zadní nastavení výšky pomocí pohybového šroubu a elektromotorů. Zadní brzdy, taktéž kotoučové hydraulické. O pohyb nájezdové plošiny se bude starat lineární elektromotor, přičemž ovládání bude na řídítkách. Upevnění invalidního vozíku bude provedeno pomocí zajištění zadních kol. O možnost použití různých typů inv. vozíků se postarají posuvné „kolejničky“ umístěné na ploše rámu. Osvětlení tříkolky bude základní, za využití led diod s nízkou spotřebou energie.

Technický systém 2 – Návrh 1 – elektrické invalidní tříkolky

Druhá varianta bude odlehčená verze prvního návrhu. Podobně, jako je tomu např. u osobních automobilů, tak bude tato verze tříkolky v základní verzi, která také splní požadavky kladené na TS, nebude do jisté míry tolik komfortní, ale znatelně se projeví na nižší pořizovací ceně. Tato varianta si vystačí s brzdami typu V, jak vpředu, tak vzadu. Přední odpružení obstará základní vidlice, zadní pak levnější odpružení pomocí zkráceného listového pera. Tento TS nebude stavitelný a ovládání sklopné plošiny bude za pomoci pákového mechanizmu.

5.7. Výběr varianty

Základní kritéria pro výběr nejlepší varianty

Varianta	Cena	Konstrukce	Výbava	Průchodnost terénem	Možnost převozu	Stabilita	Součet bodů
TS A	4	3	4	3	1	4	67
TS B	2	5	5	4	1	3	65
TS C	4	3	2	2	5	3	63
TS 1	4	5	4	5	1	4	81
TS 2	5	4	3	4	1	3	68
Váha hodnocení	5	3	2	4	2	4	

Tab. 5.3. Základní kritéria

Nejdůležitějším parametrem zde je určitě cena. Invalidní osoby si nemohou dovolit drahý elektrický vozík a hlavně z tohoto důvodu je třeba zkusit najít i jiné, levnější řešení. U všech vybraných technických systémů je také důležitá stabilita, aby se nestalo, že by se vozítko někde převrátilo, vezmeme-li v úvahu, že se bude pohybovat v terénu. Dalším důležitým kritériem je průchodnost terénem. Jelikož je to jeden z hlavních požadavků na TS, je nutné přiřadit mu vysokou váhu.

Řešení je na trhu, ať již českém nebo světovém poměrně dost, přesto téměř všechny jsou určeny do městského prostředí, popřípadě do parků apod. To neumožňuje postiženému vypravit se na svá oblíbená místa, která mohou být v přírodě, různě v lesích, u rybníků, řek a tak podobně. Klasický tzv. traktor k invalidnímu vozíku tuto možnost také nesplňuje. Po konzultaci s vedoucím, jsem se proto rozhodl pro výběr tzv. tříkolky, která by vezla celý vozík i s postiženým a do lehčího terénu by mohla zajet díky širokým plášťům, celkově vyššímu zdvihu a také díky odpružení.

Jak je vidět v tabulce kritérií, nejvíce bodů získal TS1, tedy elektrická invalidní tříkolka ve své lepší a vybavenější verzi. Splňuje také požadavky zadání a proto je zvolena k dalšímu zpracování, které bude náplní této diplomové práce.

6. Návrh konstrukce

Základním rozhodnutím bylo zvolit variantu rozložení kol. Jelikož se na tříkolku musí najíždět s vozíkem, bude určitě jednodušší zvolit variantu 1-2. Dvě kola vzadu (obě hnaná elektromotory), jedno kolo větší vpředu. Uložení kol i jejich provedení je víceméně převzaté od klasických horských jízdních kol, z důvodu ulehčení návrhu a snadného zapracování do konstrukce tříkolky.

Dalším navrhovaným prvkem je ovládání nájezdu, ten je sklopný a po najetí na tříkolku ho pomocí pákového mechanismu za sebou postižený zavře s co nejmenším úsilím. Nájezdová část váží pouze 5kg a pomocí páky to bude snadné pro většinu postižených osob. V nabídce bude také řešení s elektrickým ovládáním zadní části pomocí lineárního elektromotoru.

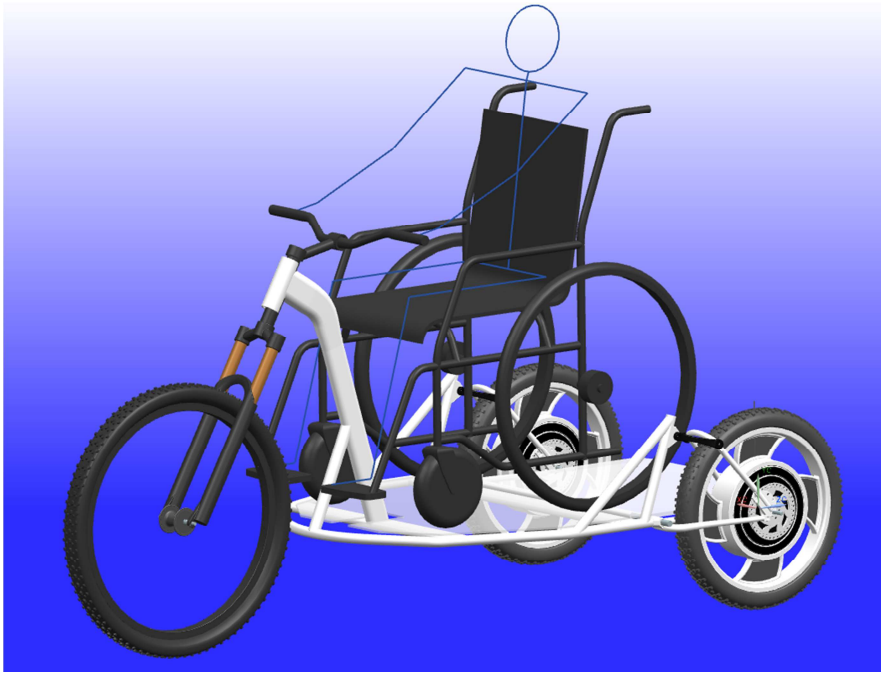
Tříkolka má stavitelnou výšku dle způsobu použití. Je možné měnit světlou výšku podvozku a to posunem předních vidlic v oblasti „krku“ a zadních vidlic posunutím tlumiče po rámu tříkolky, který je propojený se zadní kyvnou vidlicí.

Důležité také je vozíček po najetí na tříkolku nějakým způsobem upevnit, aby řidič při jízdě na tříkolce i s vozíkem nějak neskákal nebo dokonce nevypadl. Toto je vyřešeno uchycením invalidního vozíku ve dvou místech. V dolní části vozíku pomocí ližin, do kterých vozíček najede a v horní části vozíku uchycením kol k rámu. Toto upevnění bude schopen vozíčkář realizovat sám a bez větších problémů.

Dále v této kapitole budou podrobněji rozebrány základní navrhované prvky této tříkolky.

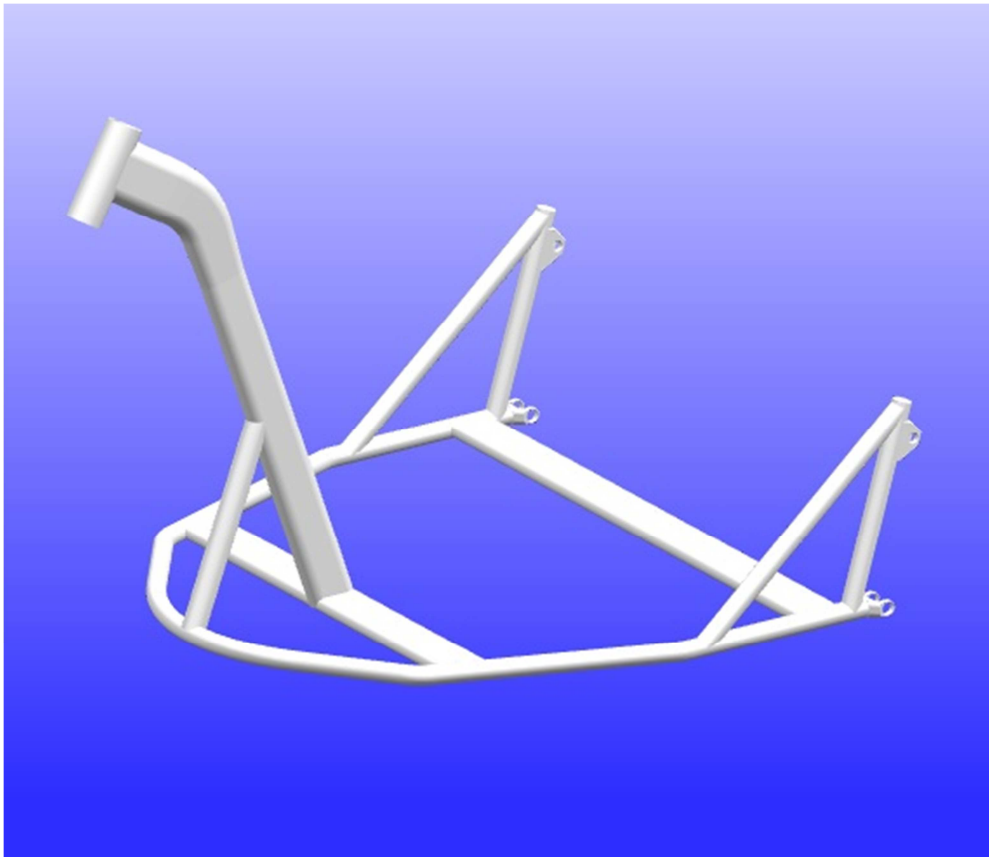
6.1. Základní návrh[6]

Základní návrh konceptu tříkolky pro invalidy byl vypracován již v předmětu SPDMT/KKS v letním semestru prvního ročníku navazujícího magisterského studia. Práce zahrnovala především rešerši stávajících produktů dostupných na trhu a dále pak základní návrh tříkolky, jak je vidět na následujících obrázcích.



Obr. 6. 1. Původní návrh

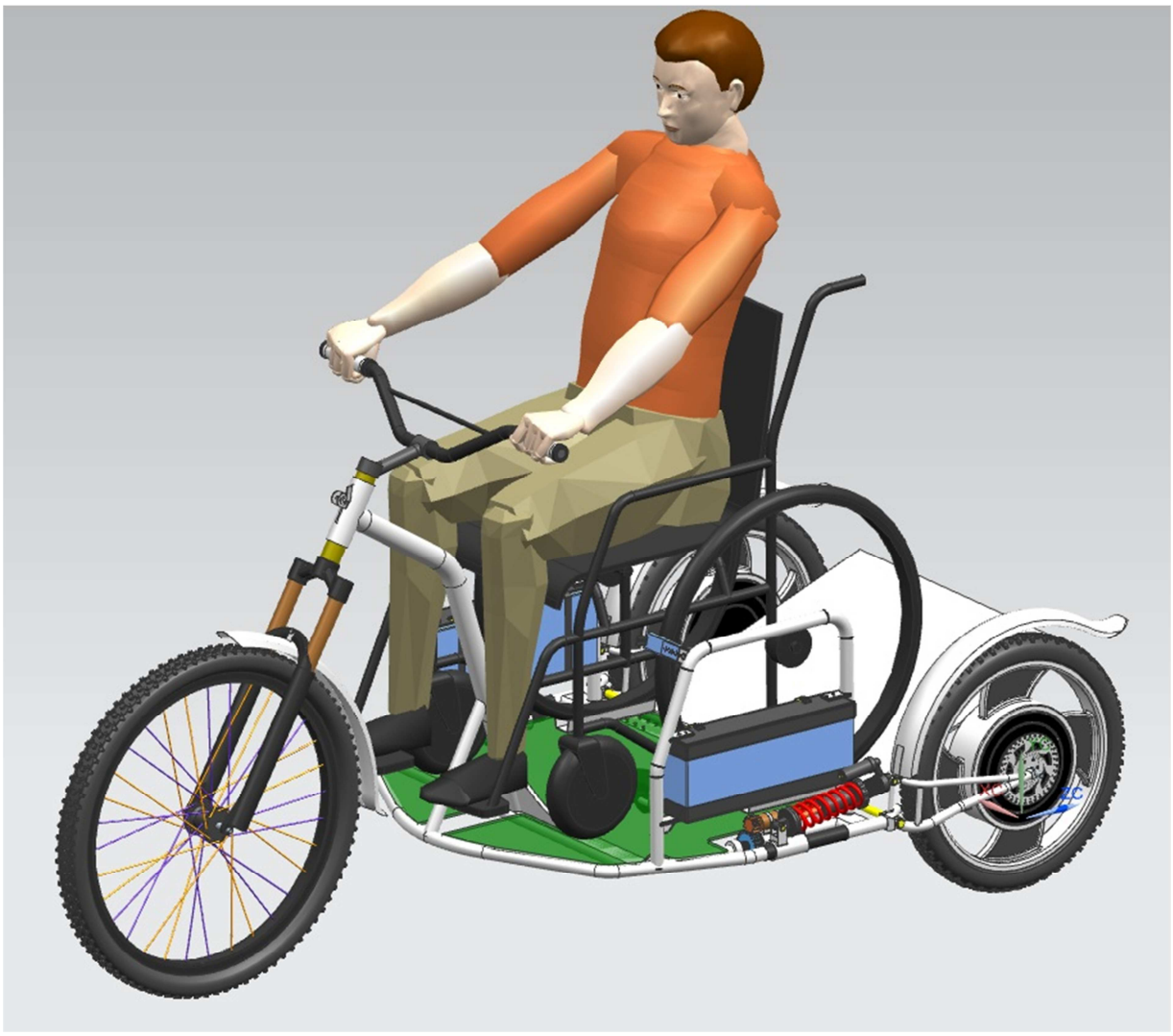
Obr. 6. 2. Původní návrh



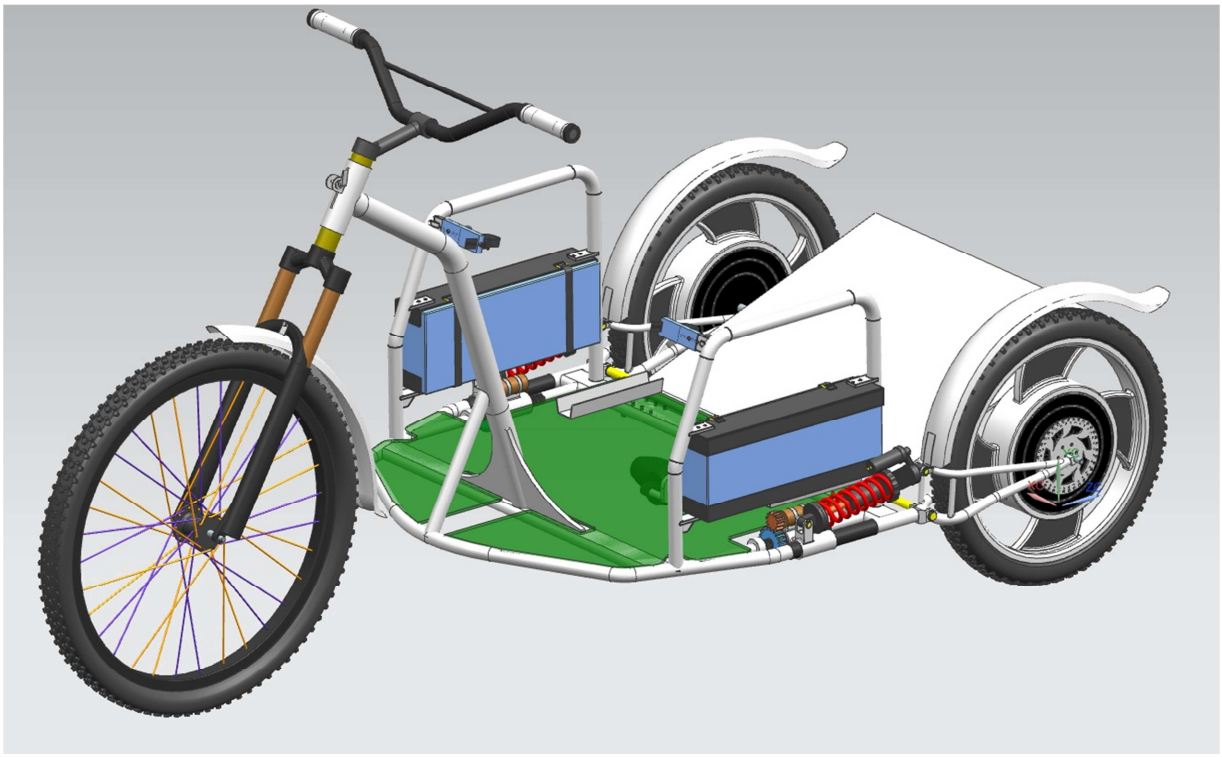
Obr. 6. 3. Původní rám

6. 2. Konečný návrh

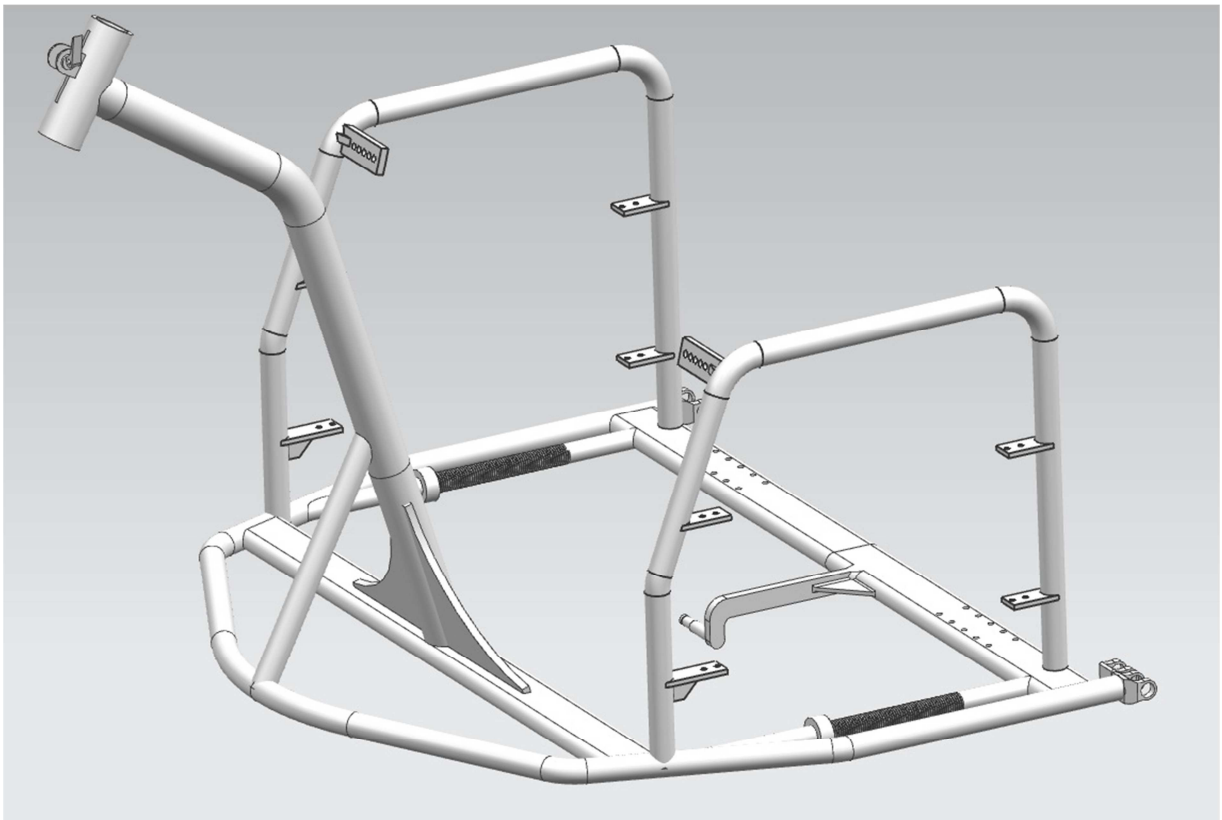
Tříkolka byla bezmála kompletně přepracovaná, ať již celý rám, který nevyhovoval pevnostním požadavkům ani požadovanému nastavení světlé výšky, tak také zadní kyvná vidlice. Byly použity jiné zadní tlumiče, dále pak bylo vyřešeno uchycení vozíku, ovládání zadní plošiny atd. Na následujících obrázcích je zobrazen konečný návrh tříkolky, jednotlivé navrhované prvky pak budou rozebrány v následující kapitole 6. 3. a jejích podbodech.



Obr. 6.4. Konečný návrh



Obr. 6.5. Konečný návrh bez inv. vozíčku

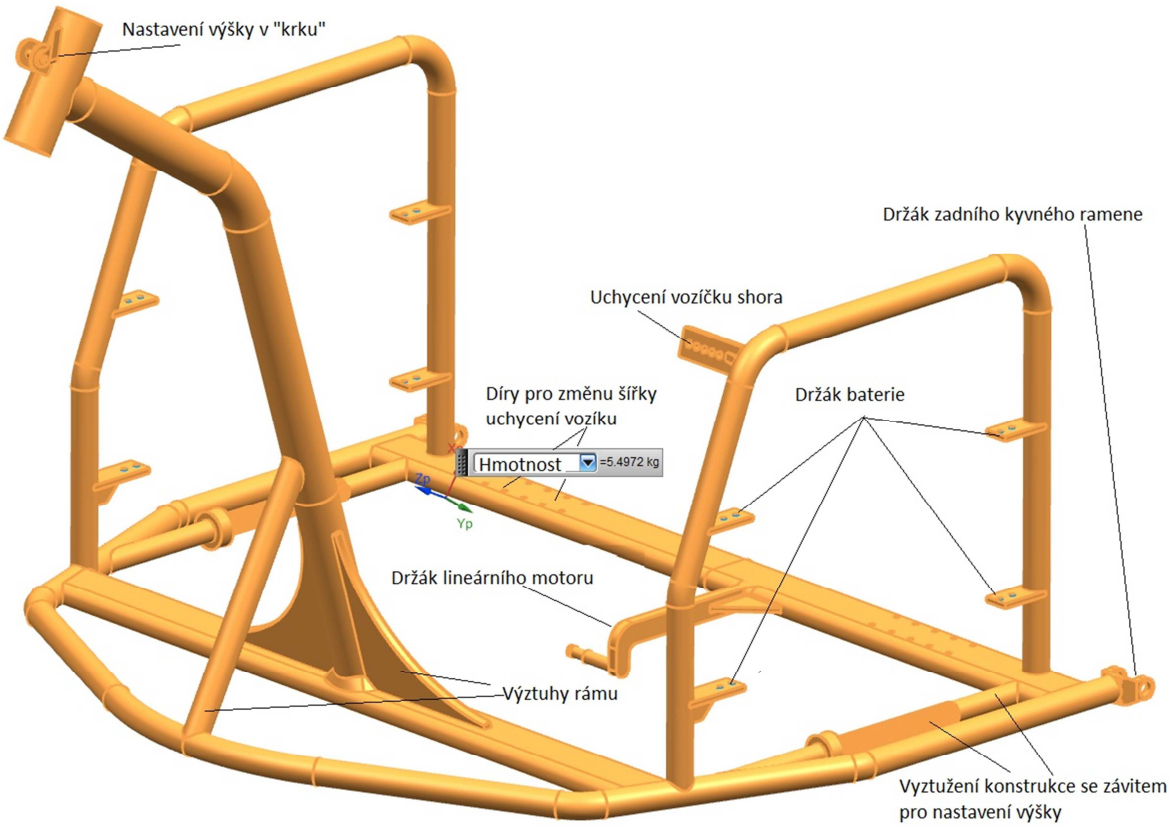


Obr. 6.6. Konečná podoba rámu

6.3. Popis jednotlivých navrhovaných komponentů

6.3.1. Rám

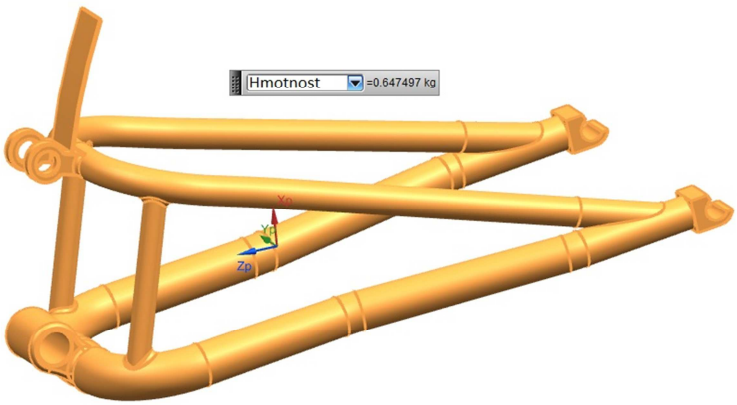
Konstrukce rámu je ze slitiny hliníku **ČSN EN AW-6082 T6,** tato slitina je podrobněji popsána v kapitole 6.4. Podařilo se navrhnout pevnostně vyhovující rám s nízkou hmotností, okolo 6kg. Hmotnost je počítána s nejvíce podobnou slitinou, a to 6061, kterou nabízí software NX 8.5, hustota se ale liší jen velmi málo. Na obrázku 6. 7. jsou vyznačeny prvky integrované na rámu, které slouží k dalšímu použití rámu.



Obr. 6. 7. Rám

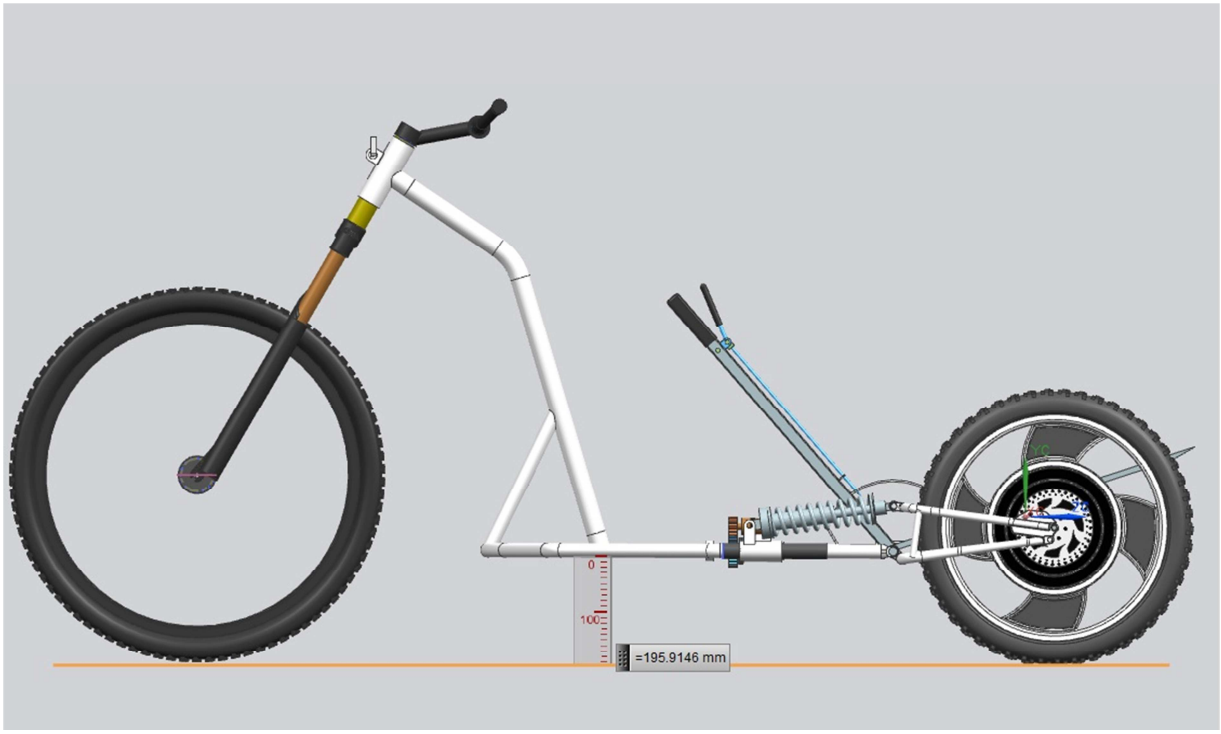
6.3.2. Zadní kyvná nastavitelná vidlice

Tato vidlice je taktéž z materiálu jako rám tříkolky **ČSN EN AW-6082 T6,** její výroba je velmi jednoduchá a nebude v malosériové výrobě potřeba složitých přípravků. Je možné jí vyrobit z klasické zadní vidlice horského kola, z kterého se odřízne úhlovou bruskou, ohne do potřebné vzdálenosti a naváří se k ní potřebné výztuže. Na obrázku 6.8. je vidlice zobrazená i s její hmotností, je vykreslena pouze orientačně, jelikož její výroba bude převážně z vidlice z horského kola, jak již bylo zmíněno.

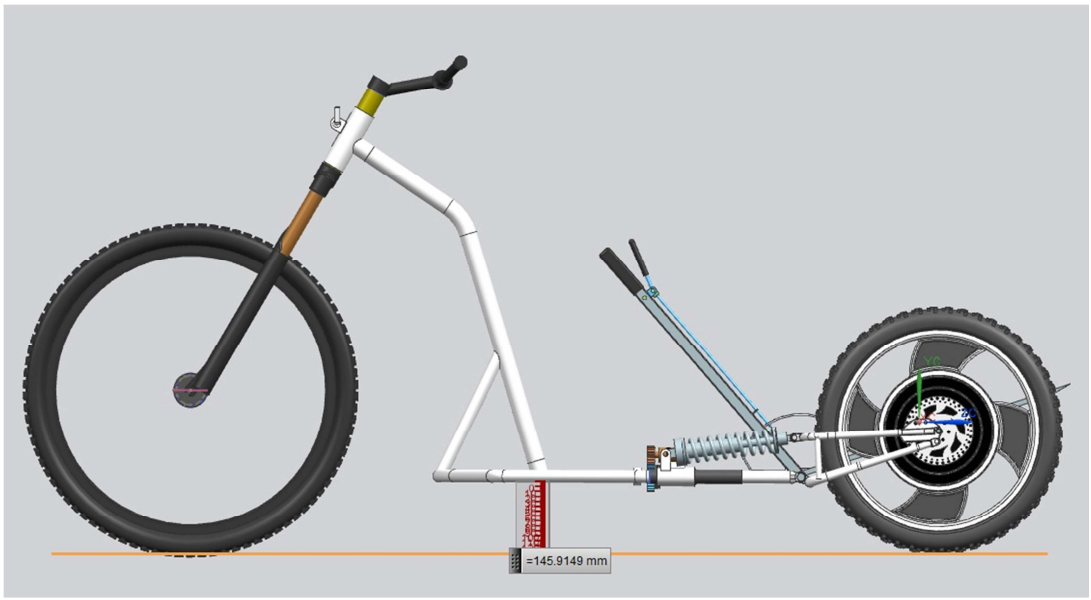


Obr. 6. 8. Zadní vidlice

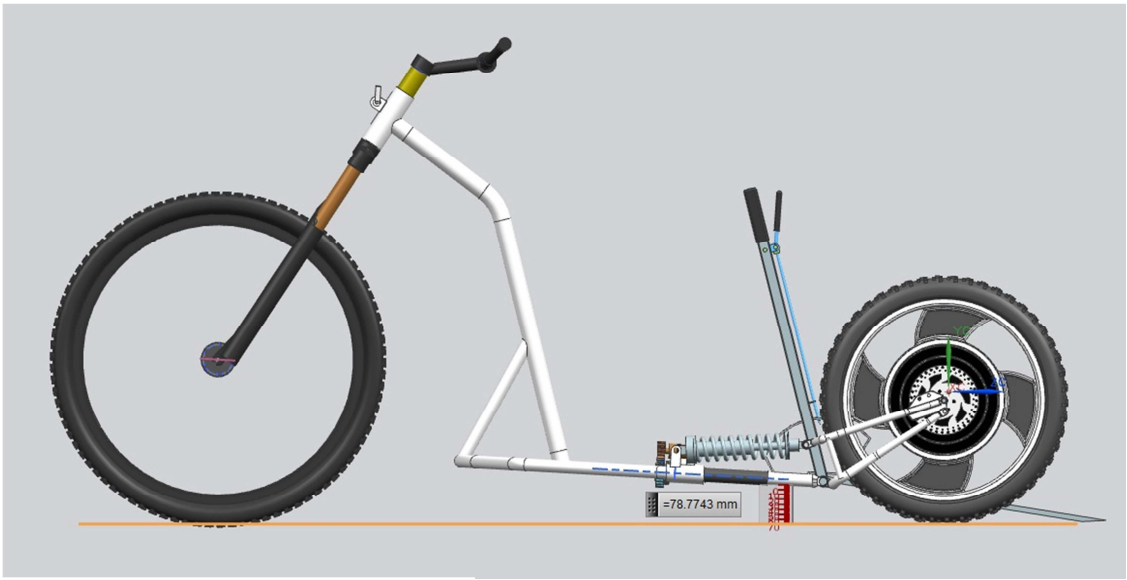
Na následujících obrázcích je znázorněna funkce změny nastavení výšky mezi podlahou tříkolky a úrovní terénu, na kterém tříkolka zrovna stojí. Pohyb zadní části obstarávají dva nízkootáčkové elektromotory s velkým točivým momentem, které se přes ozubená kola posouvají po závitu, který je na rámu tříkolky. Je tak možné měnit výšku, což je výhodné zejména při najíždění vozíčku na tříkolku a také pro jízdu v terénu. Jak je vidět na obrázcích, výšku je možné měnit v kombinaci s nastavením „krku“ od cca 200mm až po 80mm. Tato výška už nebude dělat problém invalidní osobě, aby byla schopná na tříkolku najet. Po najetí a upevnění vozíku se výška tříkolky pomocí elektromotorů srovná do základní polohy.



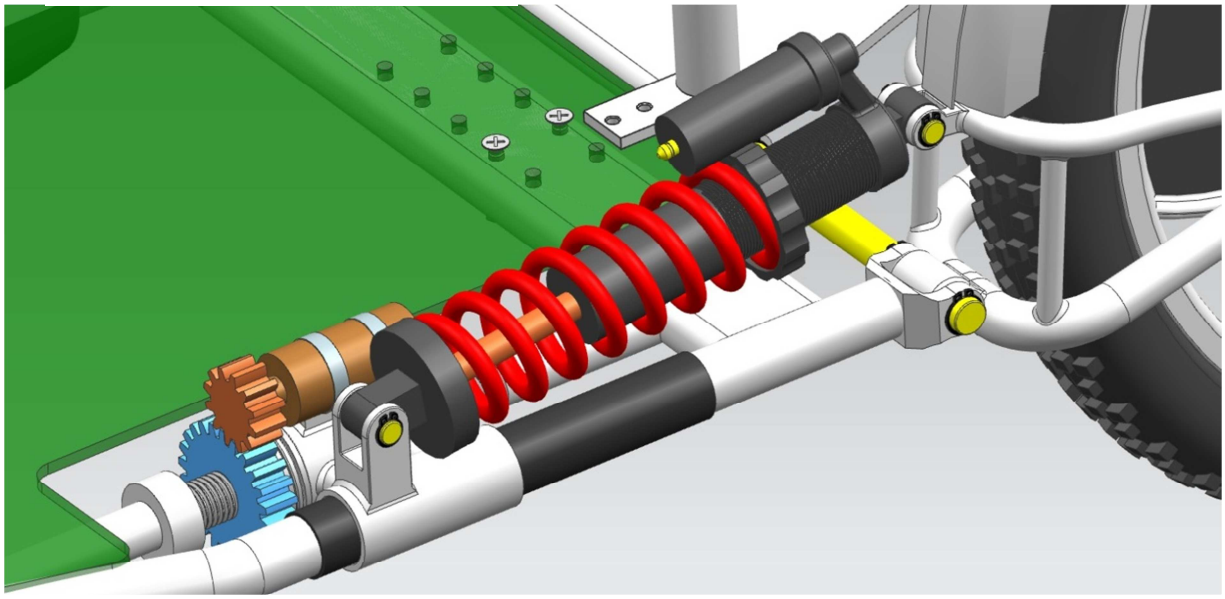
Obr. 6. 9. Nastavení výšky-nejvyšší poloha za jízdy



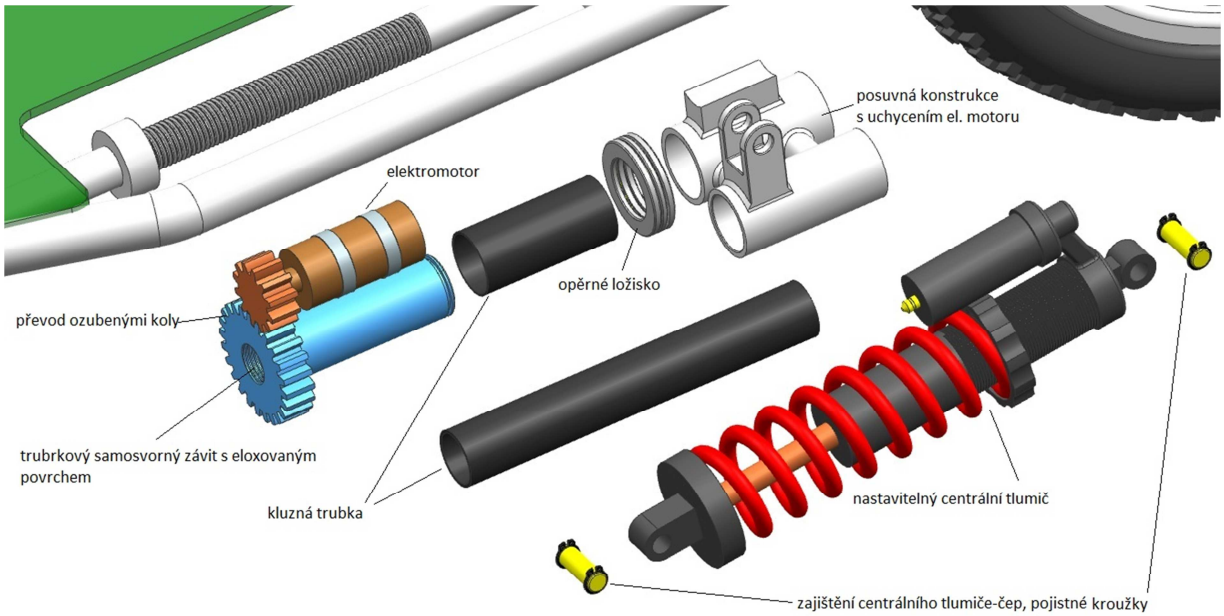
Obr. 6. 10. Nastavení výšky-nejnižší poloha za jízdy



Obr. 6. 11. Nastavení výšky-nejnižší poloha

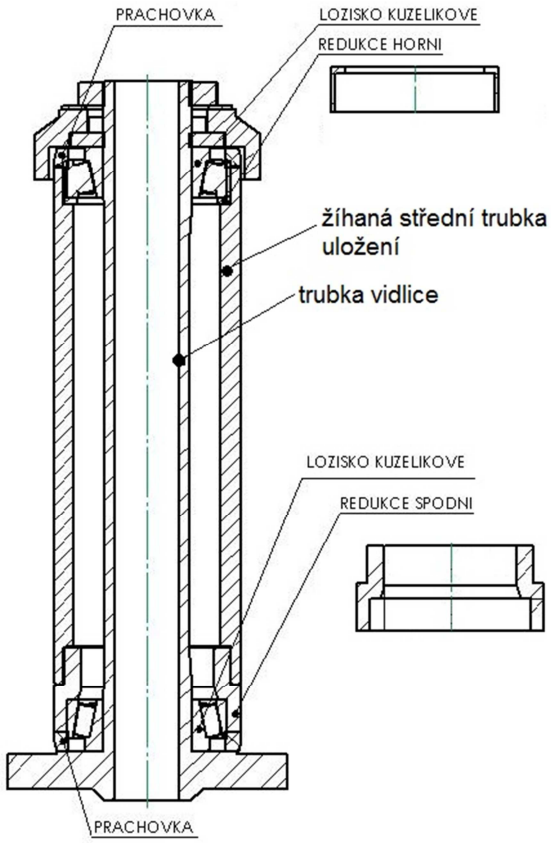


Obr. 6. 12. Nastavení výšky v sestavě



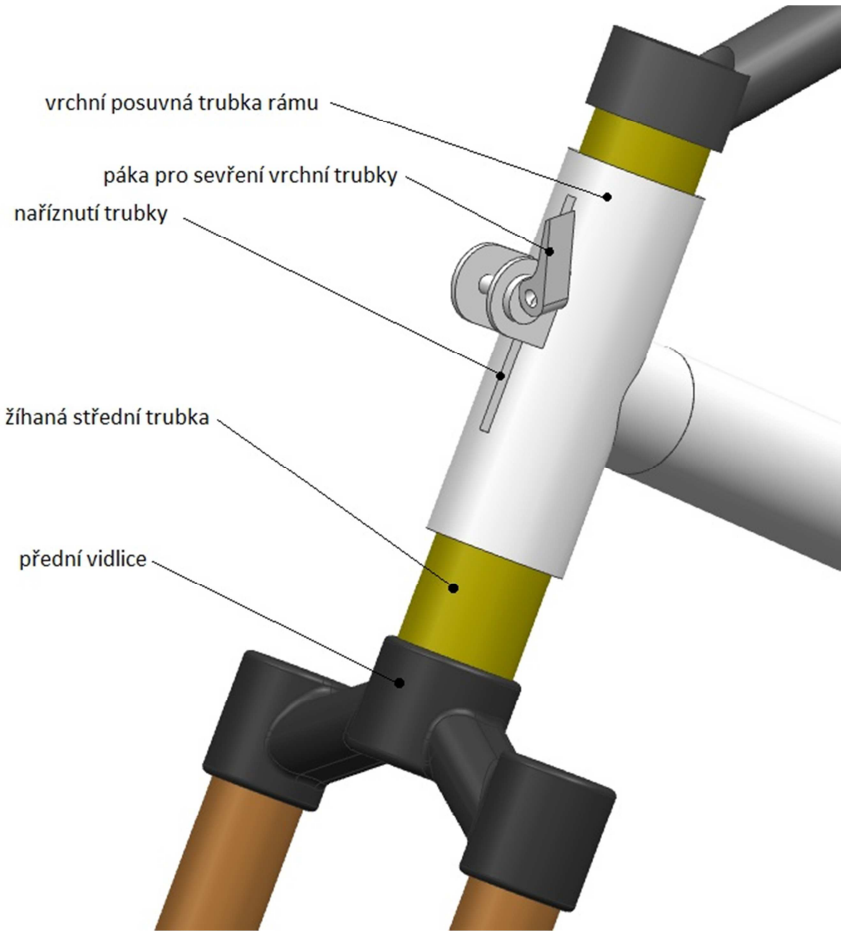
Obr. 6. 13. Použité součásti

6.3.3. Přední výškově stavitelný krk



Obr. 6. 14. Uložení přední vidlice-klasické

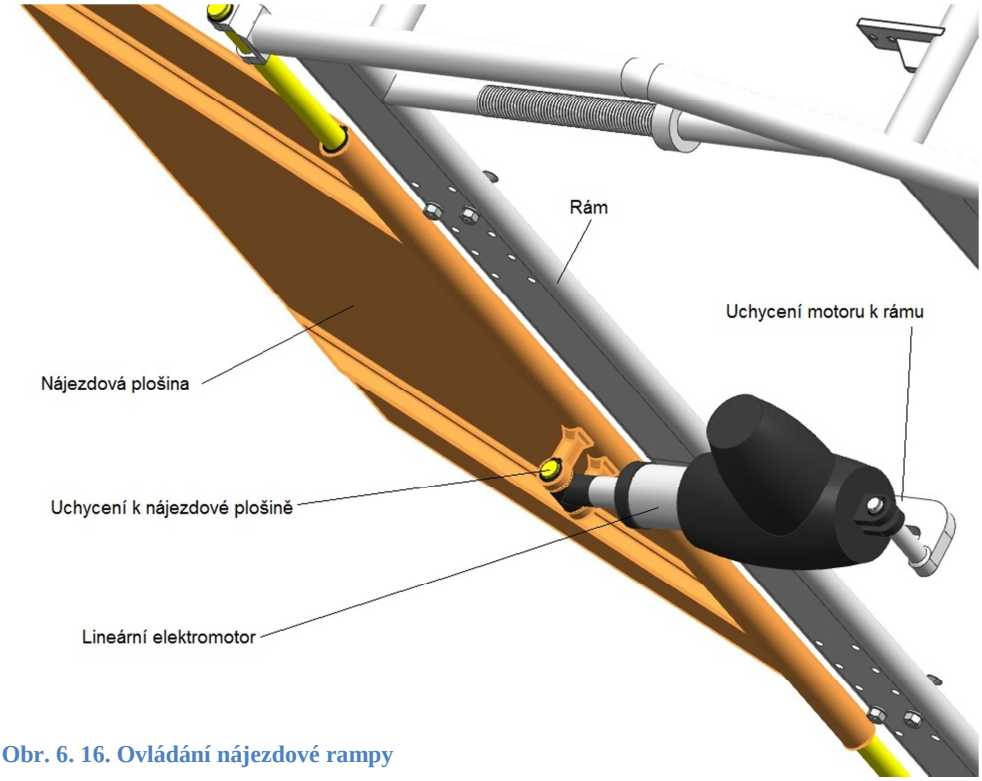
Způsob nastavení výšky v přední části tříkolky je velmi jednoduchý, levný, snadný na výrobu, přesto je účelný a má na vozítku své uplatnění. Základ vychází z klasického uložení přední vidlice v rámu obr. 6. 14., které je upraveno pro potřeby tříkolky. Oproti klasickému horskému kolu, je rámová trubka vyměněna za žárově žíhanou trubku (větší tvrdost), na kterou je teprve nasazena trubka rámu tříkolky. Tato vrchní trubka je nařízznuta ve svém středu průchozí drážkou šířky 1mm a navařené výstupky zde působí jako svěrná páka, která pomocí „rychloupínáku“ sevře vrchní trubku ke střední žíhané, tím se zajistí požadovaná poloha. Vše lze lépe pochopit na následujících dvou obrázcích.



Obr. 6. 15. Posuvné uložení předek

6.3.4. Nájezdová rampa

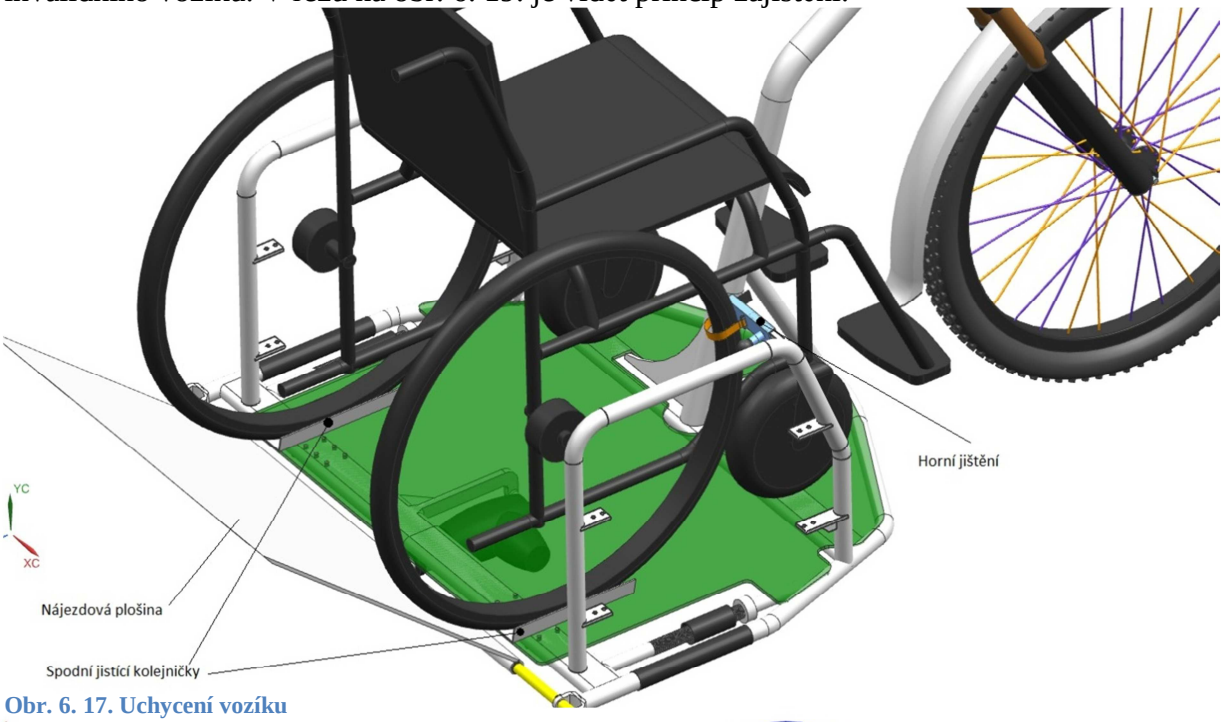
Ovládání zadní nájezdové rampy bude u vyššího modelu zajištěno pomocí lineárního elektromotoru, který je uchycen ve své zadní části k rámu (otočně) a v přední části pístu k samotné rampě. Ovládání je umístěno na řídítkách a invalidní osoba tak snadno za sebou „zavře“.



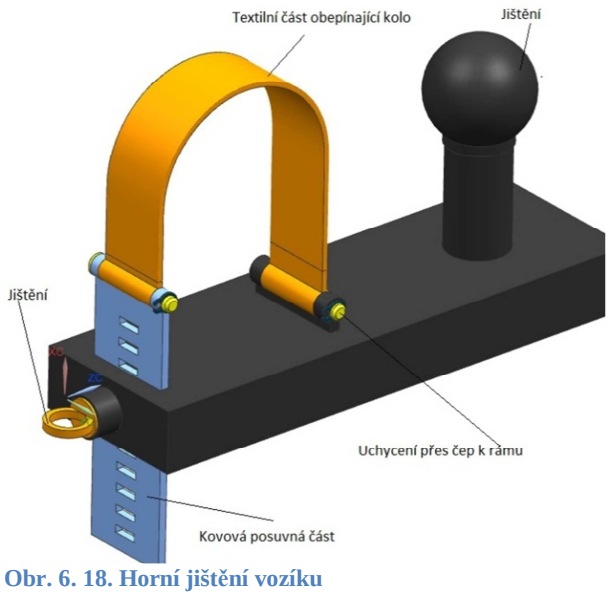
Obr. 6. 16. Ovládání nájezdové rampy

6.3.5. Uchycení vozíku

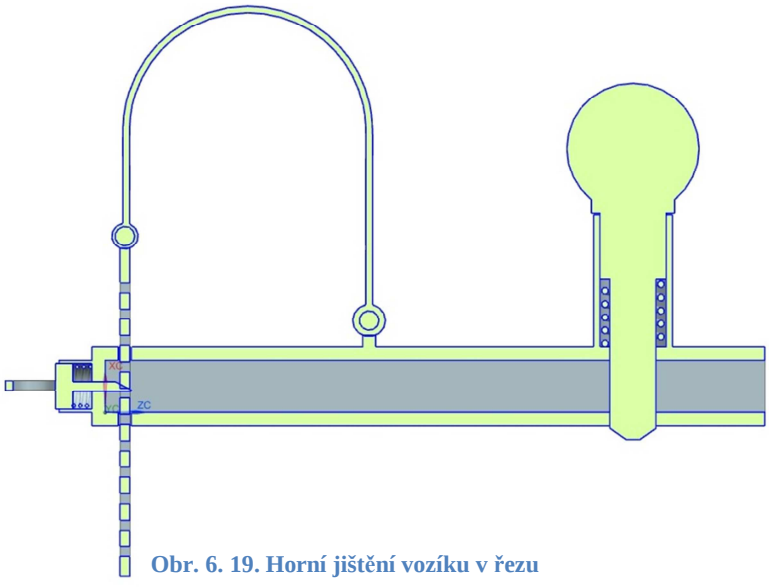
Mezi porovnávanými produkty ve specifikaci požadavků této diplomové práce je pouze jeden podobný produkt (v ČR se jich více neprodává) a to vozítko pro invalidní osoby Pendel, kde uchycení vozíku poněkud zanedbali. U tříkolky navrhované v této práci je uchycení řešeno v několika bodech a to: na podlaze tříkolky posuvnými kolejnicemi, do kterých vozíček najede a nemůže se hýbat do stran, kolejnice jsou nastavitelné do několika poloh a je tedy možné použít různé typy invalidních vozíčků. Nastavení vzdálenosti kolejnice si vozíčkář sám neprovede, je realizováno dvěma šrouby na každé kolejnici. Dalším prvkem je nájezdová plošina, kterou invalidní osoba po najetí s vozíčkem na tříkolku za sebou zavře, a tudíž se vozíček nemůže posunout směrem dozadu. Pohyb dopředu je jištěn brzdou přímo na vozíčku (brzdou je vybaven každý mechanický invalidní vozík). Třetím a posledním prvkem uchycení vozíku, je uchycení v horní části kola. Na postranní rám tříkolky (v kterém jsou uchyceny baterie) jsou navařeny pásy s výztuží a navrtány několika dírami pro možné nastavení podle šířky vozíku. Na pásy je nasunuta posuvná část, která obepíná kolo invalidního vozíku. V řezu na obr. 6. 19. je vidět princip zajištění.



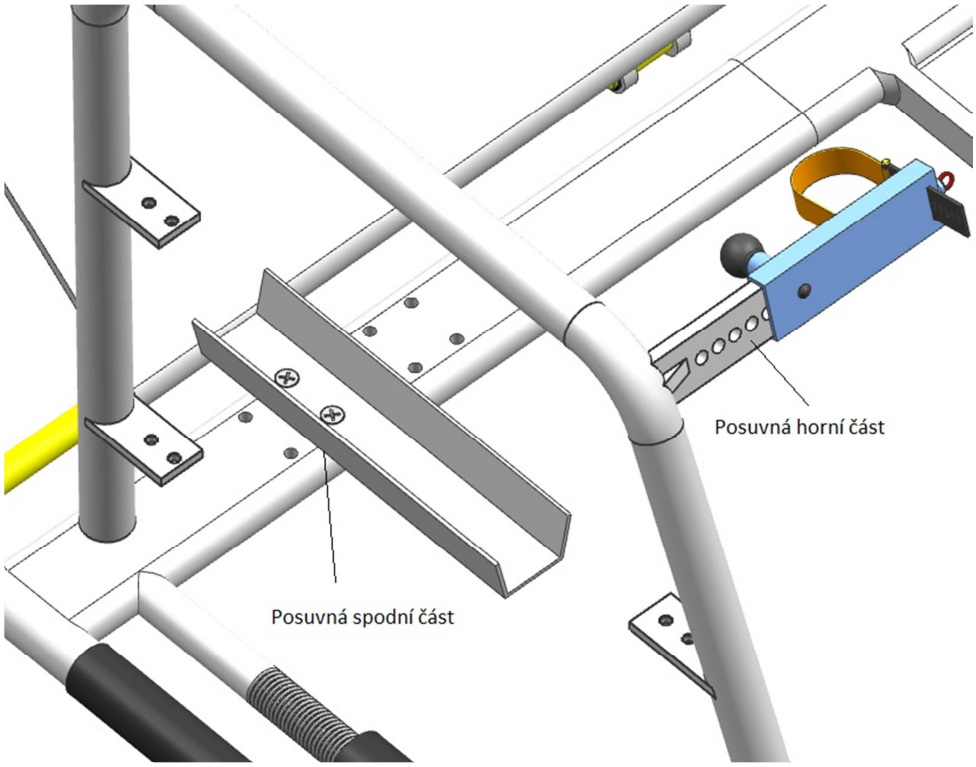
Obr. 6. 17. Uchycení vozíku



Obr. 6. 18. Horní jištění vozíku



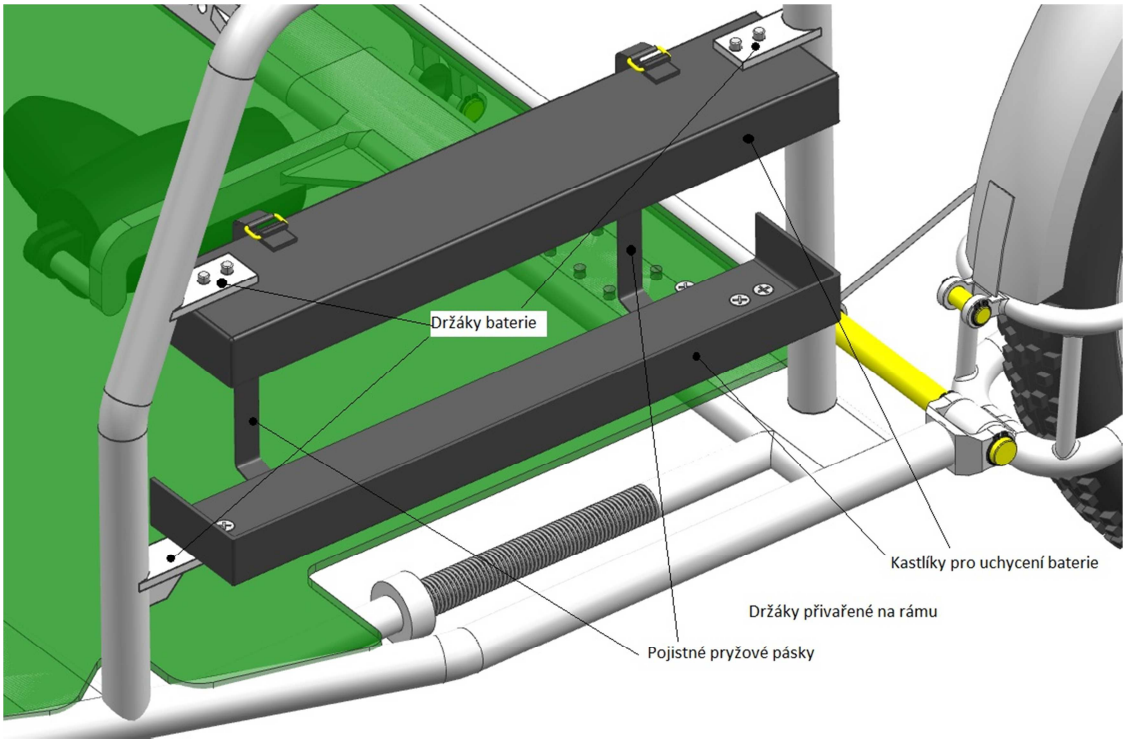
Obr. 6. 19. Horní jištění vozíku v řezu



Obr. 6. 20. Jištění vozíku-zobrazení možnosti nastavení podle typu vozíku

6.3.6. Uchycení baterií

V původním návrhu bylo počítáno s tím, že obě baterie budou umístěny lehce pod podlahou ve středu vozíku. Poté, co k rámu přibyli postranní konstrukce, potřebné k zajištění polohy vozíku, vzniklo zde nevyužité místo. Baterie tak mají nyní místo v postranní konstrukci. Na obrázku 6. 21. je vidět princip uchycení. Dva plechové kastlíky, přichycené zápustnými šrouby k navařeným držákům rámu. Baterie je pak nasunuta do těchto přihrádek a zajištěna proti posunu dvěma pryžovými pásky.



Obr. 6. 21. Uchycení baterií

6.3.7. Použité elektromotory[6]

Obr. 6. 22. Elektromotor zadního kola

Na navržené tříkolce je několik typů elektromotorů. Nejdůležitějšími jsou dva elektromotory umístěné v zadních kolech. Motor je možné pořídit s výkonem 500, nebo 750 W, s točivým momentem 18,2 Nm a napětím 36 V. Hmotnost elektromotoru je 6,4 kg, hmotnost celého kola je 7,4 kg. Elektromotor je osazen do ráfku velikosti 16“. Maximální rychlost dle výrobce 35 km/hod. Pro účely navrhované tříkolky bude ovšem rychlost elektronicky omezená dle platné české vyhlášky 341/2002 sbírky viz příloha na 25 km/hod. Koncepce tříkolky je 1-2, dvě kola vzadu. Až samotné testy ukáží, jestli bude potřeba diferenciace otáček zadních kol, potřebných při průjezdu zatáčkou. Touto záležitostí se tato diplomová práce nezabývá, řešilo by se to programováním řídící jednotky. Při plánovaném použití jedné baterie na každý elektromotor je udávaný dojezd 50-70 km s ohledem na hmotnosti jezdce a náročnosti terénu.

Obr. 6. 23. Lineární elektromotor zvedající nájezdovou plošinu

Jako pohon pro ovládání nájezdové rampy byl zvolen lineární elektromotor firmy OKIN. Výrobek s označením PICODRIVE 2 je nejslabší motor této série, přesto pro svůj účel je více než dostačující. Síla motoru je 1000 N, pracovní rychlost výsuvných pístů je 14,5 mm/sec a maximální vysunutí je 250 mm. Ovládání je umístěno na řídítkách a invalidní osoba tak může snadno ovládat nájezdovou rampu.

Jako zdroj energie jsou použity dva akumulátory, které jsou přímo vyráběny pro elektrokola. Jedná se o baterii s označením LiFePO4 o napětí 36 V a se zvýšenou kapacitou 15Ah. Výdrž baterie je minimálně 1000 nabíjecích cyklů a doba nabíjení je 7,5 hod. Akumulátor bude pohánět také lineární elektromotor plošiny a dva elektromotory sloužící pro nastavení výšky tříkolky. Ty jsou ovšem v činnosti pouze při začátku a konci cesty, tudíž spotřeba energie bude nízká.

Obr. 6. 24. Akumulátor

6.3.8. Použité tlumiče

Jako zadní tlumiče jsou zde použité tlumiče z terénních jízdních kol a to od značky FOX, model DHX 4. Vyznačují se nízkou hmotností, je zde možné nastavit tuhost pomocí změny předpětí pružiny a také objemem plynu uvnitř tlumiče.

Obr. 6. 25. Tlumič Fox DHX 4

Obr. 6. 26. Přední vidlice FOX

Pro odpružení předního kola je zvolena odpružená vidlice značky FOX model F29, se zdvihem 150 mm a také s nastavitelnou tuhostí.

6. 4. Použitý materiál[20]

Na konstrukci tříkolky byl vybrán materiál **ČSN EN AW-6082 T6**. Z této hliníkové slitiny bude vyroben rám tříkolky, nájezdová rampa a uchycení zadních tlumičů.

Písmeno A v označení materiálu určuje hliník, písmeno W určuje, že se jedná o tvářený výrobek. V čtyřmístném číselném označení udává první ze čtyř číslic skupinu slitin podle hlavních slitinových prvků. Řada 6000 obsahuje hlavní slitinové prvky AlMgSi.

Materiál **ČSN EN AW-6082 T6** pak obsahuje **– Si 0,7÷1,4%, Fe 0÷0,5%, Cu 0÷0,1%, Mn 0,4÷1%, Mg 0,7÷1,2%, Zn 0÷0,2%, Ti 0÷0,05%.**
Tato hliníková slitina se vyznačuje velmi dobrou svařitelností, obrobitelností a povrchem vhodným k eloxování. Je to konstrukční materiál pro středně namáhané konstrukce, od nichž se požaduje chemická stálost, dobrá tvárnost i odolnost proti korozi. Zpevňování je možné buď tvářením za studena, nebo tepelným zpracováním. Použití na výrobky tvarově složité, tenkostěnné, duté, v leteckém, automobilovém průmyslu, pro jemnou mechaniku atd. (rámy, skříně železničních vagónů, nádrže, potrubí, šrouby, ojnice, rotory…).

Vyznačuje se mezí pevnosti R_m=310MPa a mezí kluzu R_p=260MPa. Svařovat je možné plynem (bez i s přídavným materiálem, nebo obloukovým svařováním pouze s přídavným materiálem, vhodnost obou těchto metod je velmi dobrá).

Hliníkové závity, určené pro změnu světlé výšky tříkolky, budou obráběné na soustruhu. Poté bude vhodné tento povrch závitu eloxovat. Díky této metodě se zvýší odolnost materiálu proti povětrnostním podmínkám, mechanická otěruvzdornost a zlepší se hlavně také drsnost povrchu. Eloxování je velmi vhodné provádět právě po třískovém obrábění jako např. soustružení, protože jsou v povrchu materiálu vytvořeny mikrotrhlinky, které se namáháním (míjivé, cyklické) zvětšují a tím může dojít k porušení. Eloxováním se tyto trhlinky zmenší a tím se zvýší mechanická pevnost. Na povrchu se vytvoří vrstva oxidů, které jsou stabilní a chrání zbytek materiálu jako ochranný povlak.

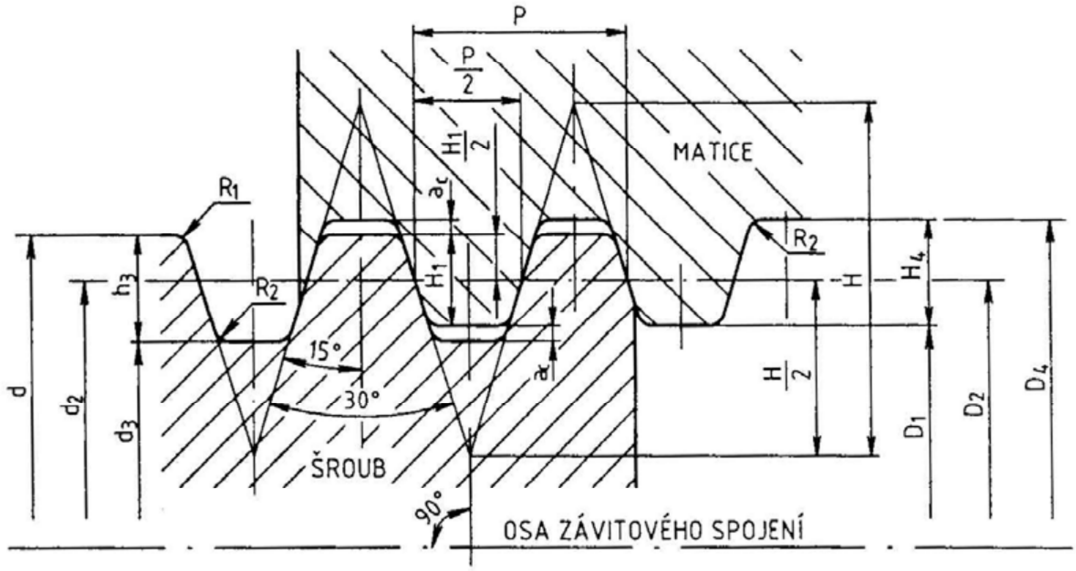
7. Výpočty

7.1. Kontrola závitů u nastavitelných tlumičů

Zvolený materiál: Hliníková slitina EN AW 6082 T6
Rm=310MPa
Rp=260MPa

7.1.1. Návrh závitu – označení, rozměry a další parametry

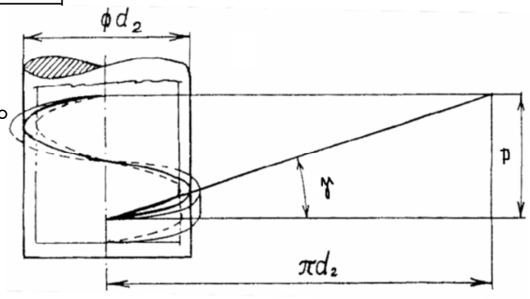
Zvolený závit TR 20x2 ČSN 01 4050



Jmenovitý průměr závitu d		p	d	D4	d2=D2	d3	D1	k
řada 1	řada 2							max
20		2	20,0	20,5	19,0	17,5	18,0	

a_c=0.25mm

Úhel stoupání závitu: $\mathrm{tg}\gamma = \frac{P}{\pi.d_2} = \frac{2}{\pi.20.5} = 0{,}031$ γ=1.778°



Úhel závitového profilu (normálový řez): β=15°

$tg\beta_n = tg\beta.\cos\gamma = tg15°.\cos 1.778° = 0.2678$ β_n=14,99°

7. 1. 2. Stanovení třecího úhlu

f volím f=0,08 $tg\varphi' = f' = \frac{f}{\cos\beta_n} = \frac{0{,}08}{\cos 14{,}99°} = 0{,}0828°$ φ‘=4,73°

7. 1. 3 Návrh matice

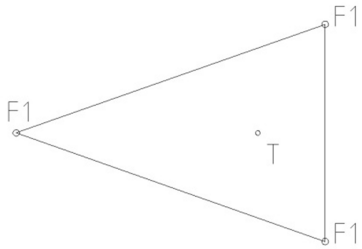
Výška matice m=100mm
Počet závitů matice $z = \frac{m}{P} = \frac{100}{2} = 50$

7. 1. 4. Kontrola závitu na otlačení:

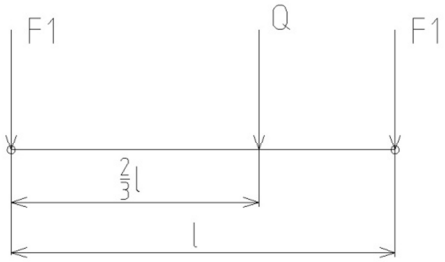
Dovolený tlak v závitech: zvolené hodnoty v závislosti na druhu materiálu a způsobu zatížení

$p_d = 3 \div 8\ MPa\ v\ pohybu$
$p_d = 25\ MPa\ v\ klidu$

Určení zatěžující síly na závit:

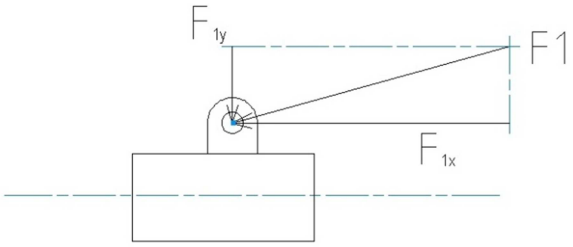


Obr. 7. 1. Půdorys tříkolky



Obr. 7. 2. Těžiště zatížení

$Q = 1500N \quad F_1 = \frac{Q}{3} = 500N$



$cos\alpha = \frac{F_x}{F}$
$F_x = cos\alpha * F = cos10° * 500 = 492N$

$F_y = zanedbatelné$

Obr. 7. 3. Rozložení síly F1

$H_1 = 0.5 * P + a_c = 0.5 * 2 + 0.25 = 1.25mm$

Tlak v závitech:
$p = \frac{F_x}{z*\pi*d_2*H_1} \leq p_D \qquad p = \frac{492}{50*\pi x0.019*0.00125} = 134kPa \quad p \leq p_D$

Bezpečnost *k*:
$k = \frac{p_d}{p} = \frac{3000}{134} = 22$

7. 1. 5. Kontrola napětí dříku šroubu:

Napětí tlak a tah

Napětí v dříku šroubu $\sigma_t = \frac{F_x}{S_3} = \frac{492}{261.6} = 1.9MPa$

Namáhání dříku na krut

Kroutící moment

$$M_k = F_x * \frac{d_2}{2} * tg * (\gamma + \varphi') = 492 * \frac{0.019}{2} * tg * (1{,}78° + 4.73°) = 0.54Nm$$

Smykové napětí v jádře šroubu $\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi * d_3^3}{16}} = \frac{16 * M_k}{\pi * d_3^3} = \frac{16 * 0.54}{\pi * 17.5} = 0.51MPa$

Výsledné redukované napětí v dříku a stanovení bezpečnosti

Redukované napětí $\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 * \tau^2} = \sqrt{1.92^2 + 4 * 0.51^2} = 2.17MPa$

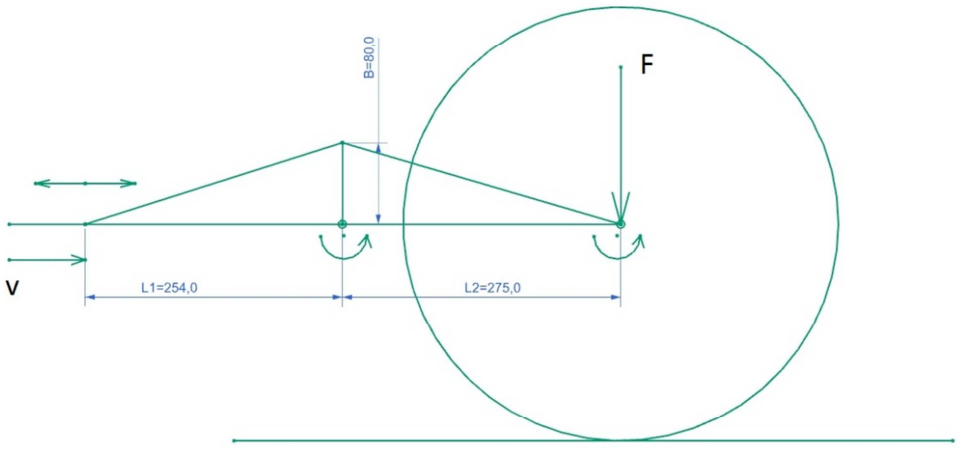
Pro toto spojení hliníkový šroub/hliníková matice voleno σ_{kt}=80MPa

$\sigma_{red} \leq \sigma_{kt}$ $k = \frac{\sigma_{kt}}{\sigma_{red}} = \frac{80}{2.14} 36.8$

7. 2. Výpočet parametrů motorů na zvedání tříkolky

Při rovnoměrném zatížení všech kol je zatěžující síla F rovna 500N. Pro volbu potřebného motoru budeme uvažovat ztížené podmínky a to ty, kdyby tříkolka stála např. v mírném kopci a zadní kola by tak byla více zatěžovaná, nebo stála šikmo. Proto je volena síla F=1000N.

Síla F působí na páce $\frac{L_2}{B} = \frac{275}{80} = 3{,}43 => F = F_1 * 3{,}43 = 1000 * 3{,}43 = 3430N$



Obr. 7.4. Náčrt mechanismu zadní části zvedání

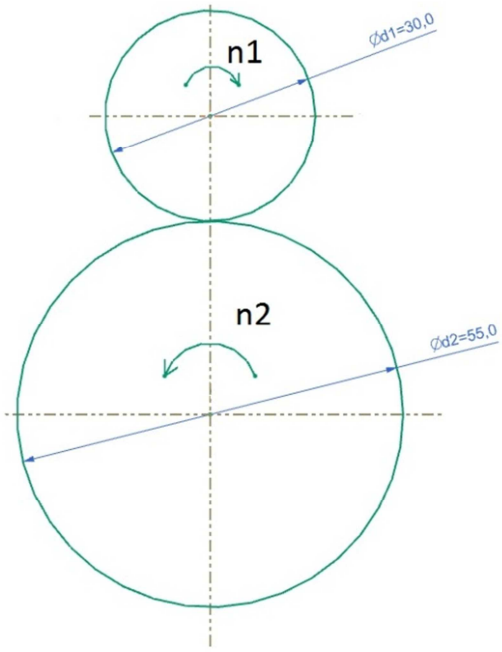
Moment na motoru

$$M_k = \frac{F * s}{2 * \pi *} = \frac{3430 * 0.002}{2 * \pi * 0.6} = 1.82Nm$$

Volba motoru

Volím motor PG420 s planetovou převodovkou
Parametry motoru: Napětí 24V
Jm. otáčky [ot/min] 31
Jm. moment [Nm] 2.5
Převodový poměr 212:1

Obr. 7.5. DC motor PG420



Obr. 7.6. Náčrt ozubených kol

Posuvová rychlost objímky s tlumičem:

$$n = \frac{v}{s} => v = n * s = 17 * 60 * 0.002 \cong 2\text{mm/s}$$

Převodový poměr

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{55}{30} = 1{,}833$$

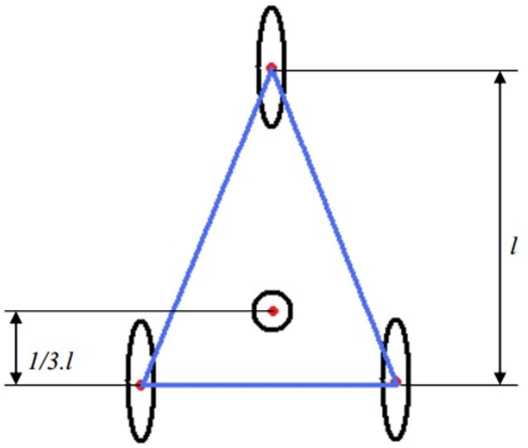
Otáčky n_2

$$i = \frac{n_1}{n_2} => n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{3.1}{1{,}833} \cong 17ot/min$$

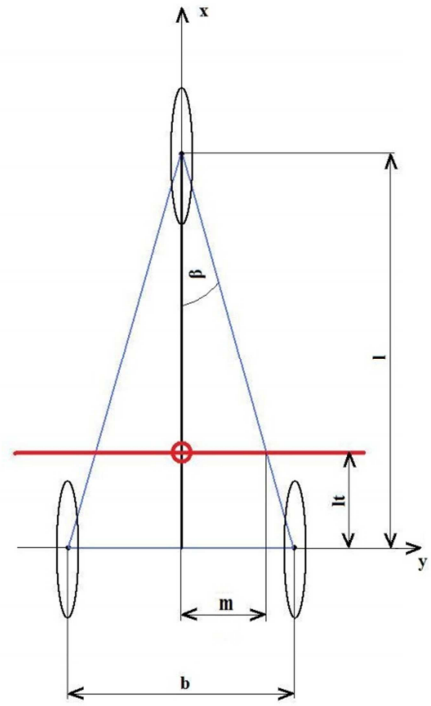
7. 3. Jízdní stabilita[18]

7. 3. 1. Vykývnutí na nerovnostech

Těžiště rovnoramenného trojúhelníku je v podélné ose v 1/3 výšky, viz obr. 7.7. Takovýmto umístěním těžiště získáme rovnoměrné zatížení na jednotlivá kola. Toto zatížení platí pouze v přímé jízdě po rovině. Při jízdě po nerovnosti již neplatí. Dá se však popsat momentovou rovnicí, kterou pro zjednodušení, uvažujme jako příklad statického náklonu.



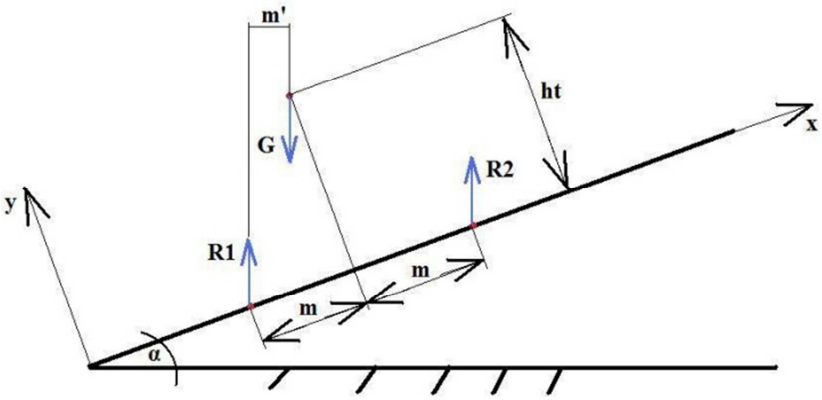
Obr. 7. 7. Těžiště tříkolky



Obr. 7. 8. Rozměry tříkolky v půdorysu

Určení velikosti ramene m pomocí podobnosti pravoúhlých trojúhelníků.

$$tg\beta = \frac{m}{l-l_t} \qquad tg\beta = \frac{\frac{b}{2}}{l} \qquad \frac{m}{l-l_t} = \frac{\frac{b}{2}}{l} \qquad m = \frac{\frac{b}{2}}{l} * (l - l_t)$$



Obr. 7. 9. Síly působící v rovině náležící těžišti

Z obrázku je vidět, že se stabilita snižuje se zmenšováním průmětné vzdálenosti ramene *m* mezi *G* a *R1* při promítnutí na vodorovnou přímku. To znamená, že ve chvíli kdy se tato průmětná vzdálenost zmenší na nulu, dojde ke ztrátě stability a převrácení. Průmět ramene m mezi *G* a *R1* vypočteme jako:

$$m' = m * cos\alpha - ht * sin\alpha$$

Limitní náklon:

$$m' = \frac{\frac{b}{2}}{l} * (l - l_t) * cos\alpha - ht * sin\alpha$$

Rozměry tříkolky:

l=1575mm, b=900mm, lt=525mm, ht=950mm

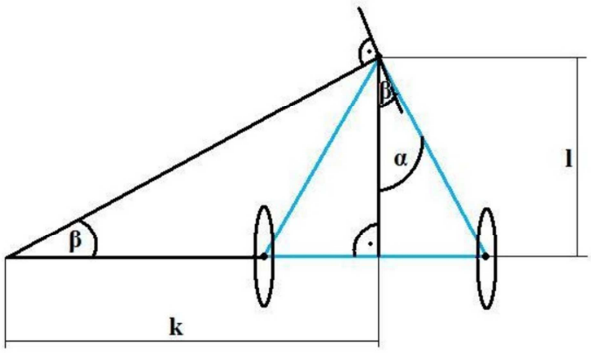
Vypočtené hodnoty pro různé úhly stoupání α:

$\alpha = 10° => m' = 263mm$
$\alpha = 15° => m' = 43mm$
$\boldsymbol{\alpha = 17° => m' = 9mm}$
$\alpha = 18° => m' = -7mm$
$\alpha = 20° => m' = -40mm$

Z výsledků je patrné, že s tříkolkou je možné jet v maximálním náklonu (jízda po vrstevnici 17°) aniž by došlo k převržení.

7. 3. 2. Stabilita v zatáčce

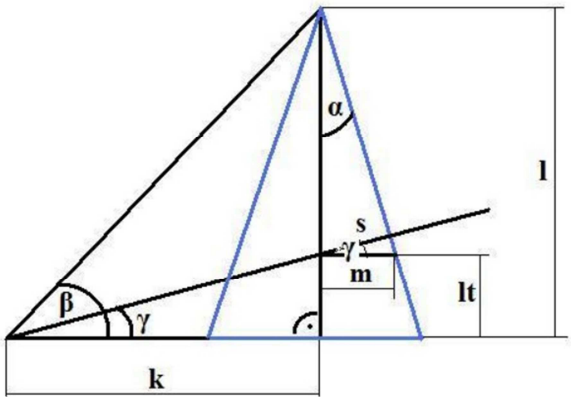
Na rozdíl od bicyklu, který dovoluje naklonění jezdce a bicyklu a tím vyrovnání odstředivé a tíhové síly v zatáčce k udržení ideálního kompromisu mezi hrozbou převrácení vlivem odstředivého zrychlení a hrozbou pádu vlivem působení gravitačního zrychlení. Pokud není tříkolka vybavena systémem zavěšení zadní nápravy dovolujícím náklon, je v zatáčce chráněna proti převrácení pouze společným působením tíhové síly jezdce, tříkolky a ramene daného úsečkou mezi těžištěm a spojnicí dotykových bodů vnějšího zadního kola s vozovkou a předního kola s vozovkou promítnutou do vodorovné roviny. Tím vzniká moment navracející těžiště do původní pozice, přičemž proti němu působí moment síly dané hmotností jezdce a normálovým zrychlením.



Obr. 7. 10. Znázornění poloměru oblouku *k*

Natočení předního kola o úhel β, tím se tříkolka otáčí v oblouku o poloměru *k*.

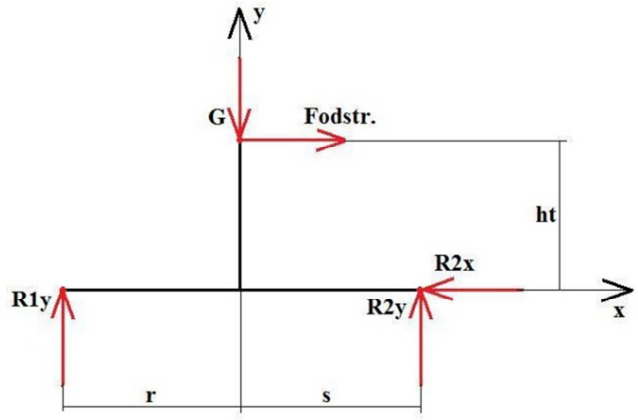
$$k = \frac{l}{tg\beta}$$



Obr. 7. 11. Trojúhelníky dané obloukem

Hledáme rameno délky *s*, což je rameno vytvářející stabilizační moment při průjezdu zatáčkou.

$$s = \frac{\frac{b}{2} * (l - l_t) * sin(90° - \alpha)}{sin * \left(180° - \left(arctg\frac{l_t * tg\beta}{l}\right) - (90° - \alpha)\right)}$$



Obr. 7. 12. Rozložení sil v průjezdu oblouku

Na obrázku 7. 12. vidíme rozložení sil při průjezdu obloukem. Je zde známá odstředivá síla, síla tíhová, tyto obě se soustřeďují v těžišti, dále pak dvě reakční síly v bodě 2 a jedna svislá reakční síla v bodě jedna. V bodě 1 uvažujeme jen svislou sílu z důvodu odlehčení vnitřního kola a z toho vyplývající nemožnost přenesení bočních sil. Jedná se pouze o výpočtové zjednodušení. Výpočet odstředivé síly:

$$\boldsymbol{F_{odstř.} = \frac{m * v^2}{k}}$$

Kde *m* je hmotnost soustředěná v těžišti v [kg], *v* je tečná rychlost těžiště v [m/s] a *k* je poloměr oblouku v [m]. Výsledkem je síla v [N]. Vyjádříme-li silové rovnováhy a momentovou podmínku, pak:

$x: F_{odstř.} - R2_x = 0$
$y: R1_y + R2_y - G = G$
$M2: R1_y * (r + s) + F_{odstř.} * ht - G * s = 0$

Podmínka týkající se převrácení je patrná z momentové podmínky. Uvažujeme, že reakce *R1y* je nulová, potom:

$$\boldsymbol{F_{odstř.} * ht = G * s}$$

Bude-li se tento vztah rovnat, bude vnitřní kolo odlehčeno, avšak nedojde k převracení ani navracení. Bude-li pravá strana větší, dojde k navrácení tříkolky zpět na tři zatížená kola. Bude-li levá strana větší, dojde k převrácení.

Zjištění mezní hodnoty rychlosti **v** a úhlu natočení $\boldsymbol{\beta}$**:**

$v = 25\ km/hod = 6.9\ m/s \quad \beta = 10°$ *ht=950mm* *G=1500N* *m=150kg* *l=1575mm*
$v = 20\ km/hod = 5.5\ m/s \quad \beta = 15°$
$v = 15\ km/hod = 4.1\ m/s \quad \beta = 20°$

$F_{odstř.} = \frac{m*v^2}{k} \quad k = \frac{l}{tg\beta}$ *k=8.93m* ($\beta = 10°$), *k=5.87m* ($\beta = 15°$), *k=5.32m* ($\beta = 20°$)

$$s = \frac{\frac{b}{2} * (l - l_t) * sin(90° - \alpha)}{sin * \left(180° - \left(arctg\frac{l_t * tg\beta}{l}\right) - (90° - \alpha)\right)}$$ *s=443Nm*($\beta = 10°$), *s=440Nm*($\beta = 15°$),
s=4439Nm($\beta = 20°$)

$$F_{odstř.} * ht = G * s$$

	LS	=	PS
$\beta = 10°$			
v=15km/hod	***267***	**=**	***443***
v=20km/hod	*482*	=	*443*
v=25km/hod	*759*	=	*443*

$$F_{odstř.} * ht = G * s$$

	LS	=	PS
$\beta = 15°$			
v=15km/hod	***407***	**=**	***440***
v=20km/hod	*733*	=	*440*
v=25km/hod	*1155*	=	*440*

$$F_{odstř.} * ht = G * s$$

	LS	=	PS
$\beta = 20°$			
v=15km/hod	*553*	=	*439*
v=20km/hod	*997*	=	*439*
v=25km/hod	*1570*	=	*439*

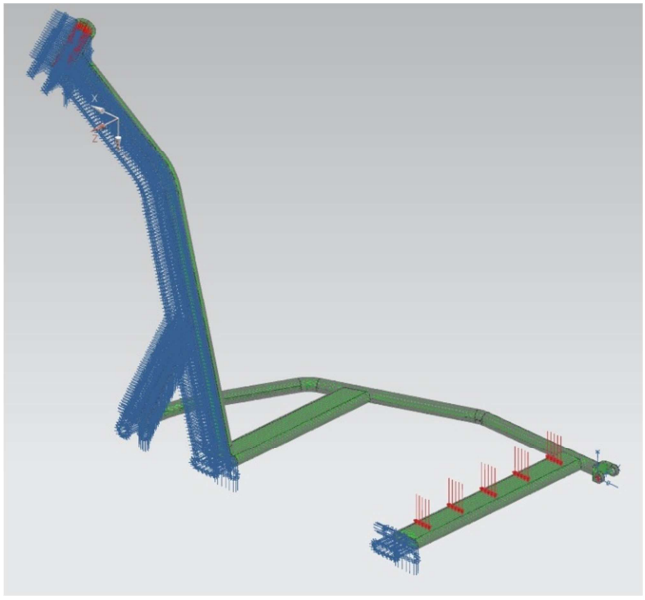
Z výsledků je patrné, které hodnoty vyhovují podmínce, kdy musí být levá strana rovnice menší než pravá, aby nedošlo k převrácení tříkolky.

Odvození vzorců pro průjezd zatáčkou a jízdu na nerovnostech jsou zde odvozeny pouze schematicky, podrobné odvození je pod bodem [18] v seznamu literatury.

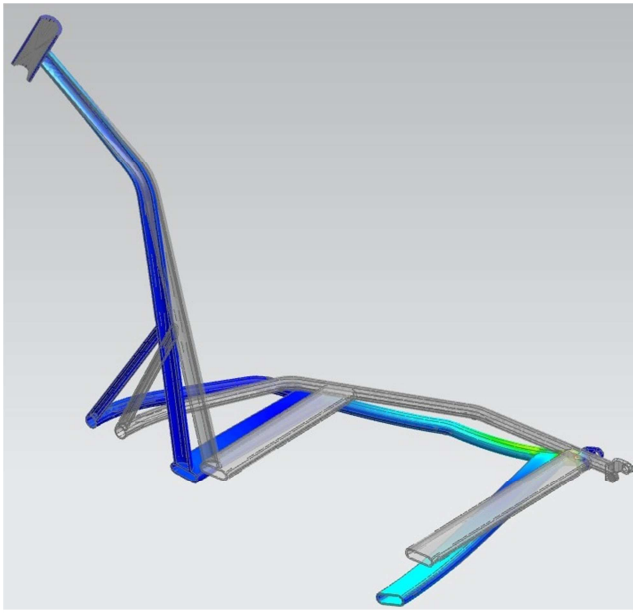
7. 4. Pevnostní výpočty s využitím metody konečných prvků

7. 4. 1. Analýza rámu

Rám této tříkolky je bezpochyby nejdůležitější částí celé sestavy. Bylo proto nutné ho podrobit analýze. Nebylo to úplně jednoduché, proto výpočet a sestavení modelu proběhlo v několika fázích. V prvním nástřelu, jak je vidět na obrázcích 7. 13. a 7. 14., bylo využito symetrické vazby, pro usnadnění a zmenšení celého výpočtu. Uchycení rámu je otočně v zadní části (v místě uchycení zadní kyvné vidlice) a přes RGB klec v krku pomocí vazby fix. Zatíženo silou F=1500N (maximální zatížení od invalidní osoby) na celou plochu.

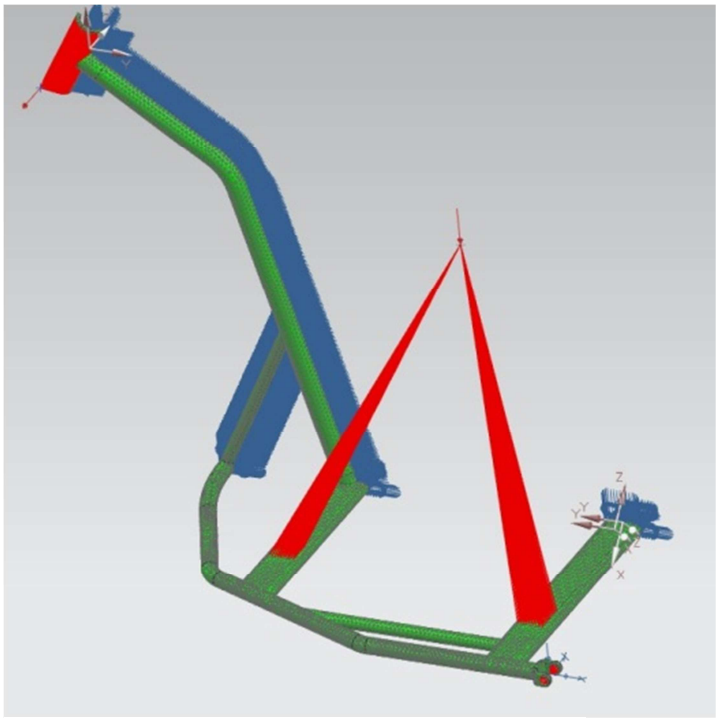


Obr. 7. 13. Rám + okrajové podmínky, první nástřel

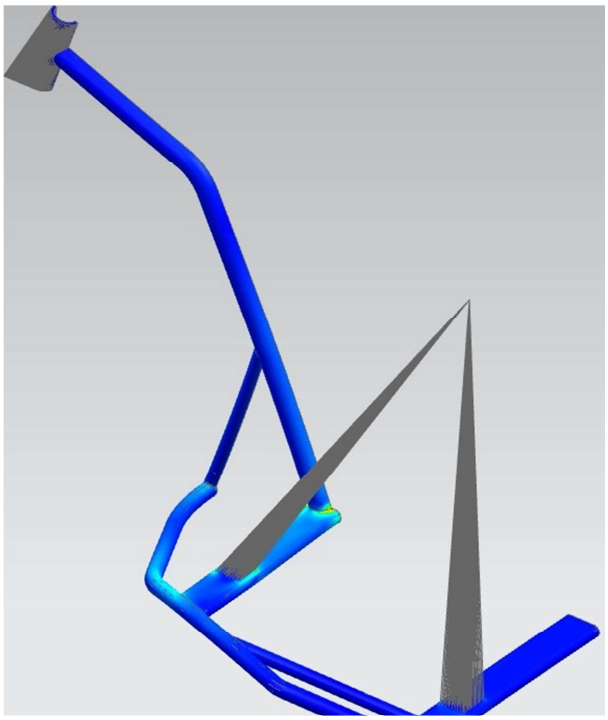


Obr. 7. 14. Rám výpočet, první nástřel

Výpočet nám ukázal, kde je nejslabší místo rámu. To se nacházelo u zadní výstužné příčky. Proto byl rám doplněn o další, tentokrát plnou hliníkovou trubku, která zde vytvořila uzel a zároveň posloužila pro posuvnou objímku nastavitelných tlumičů.

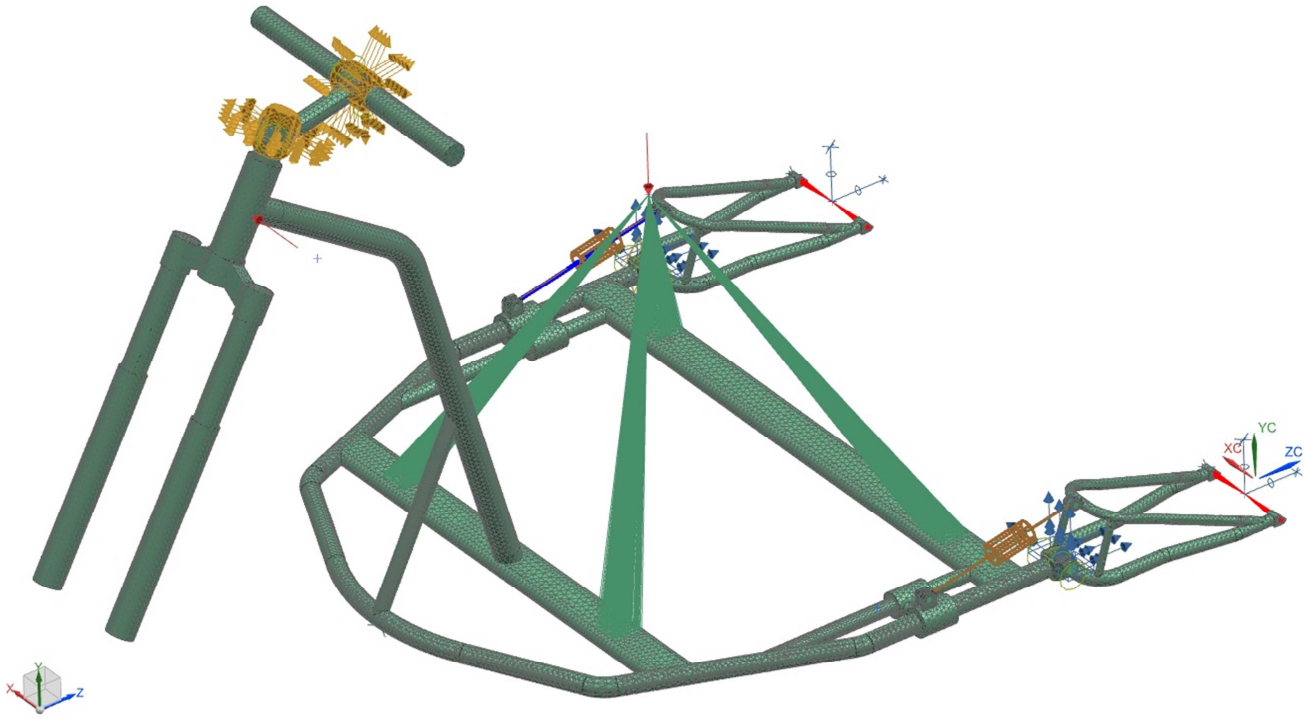


Obr. 7. 15. Rám + okrajové podmínky, druhý nástřel



Obr. 7. 16. Rám výpočet, druhý nástřel

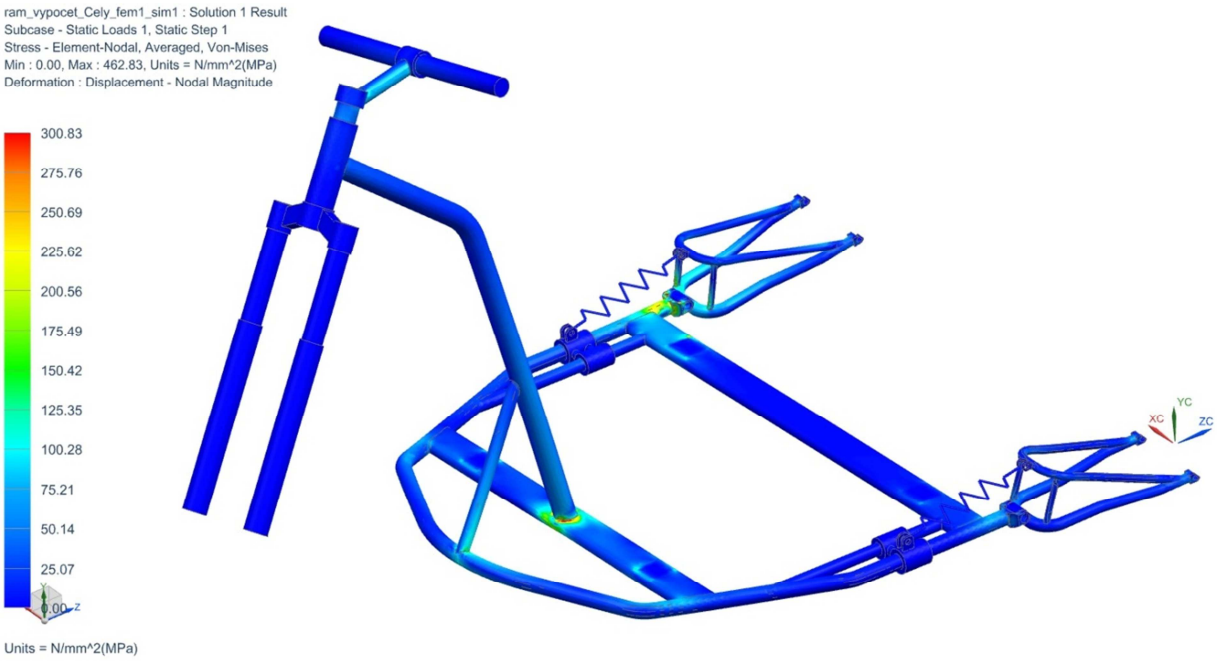
Zároveň bylo provedeno rozložení zatížení, které působí od vozíčku invalidní osoby do čtyř plošek, které se nacházejí na rámu tříkolky pod koly vozíčku. Pomocí nastřižení ploch a RGB klece bylo zatížení rozloženo právě do těchto míst. Dále pak přibyla boční síla, která působí na tříkolky při průjezdu zatáčkou. Velikost této síly je počítána v této diplomové práci v kapitole 7. 3. 2. a její největší velikosti se dosahuje při průjezdu zatáčkou při rychlosti 15 km/hod a natočením řídítek pod úhlem 15° hodnoty 440 N. Při větší rychlosti nebo větším úhlu natočení dojde k převrácení tříkolky.



Obr. 7. 17. Rám okrajové podmínky, třetí nástřel

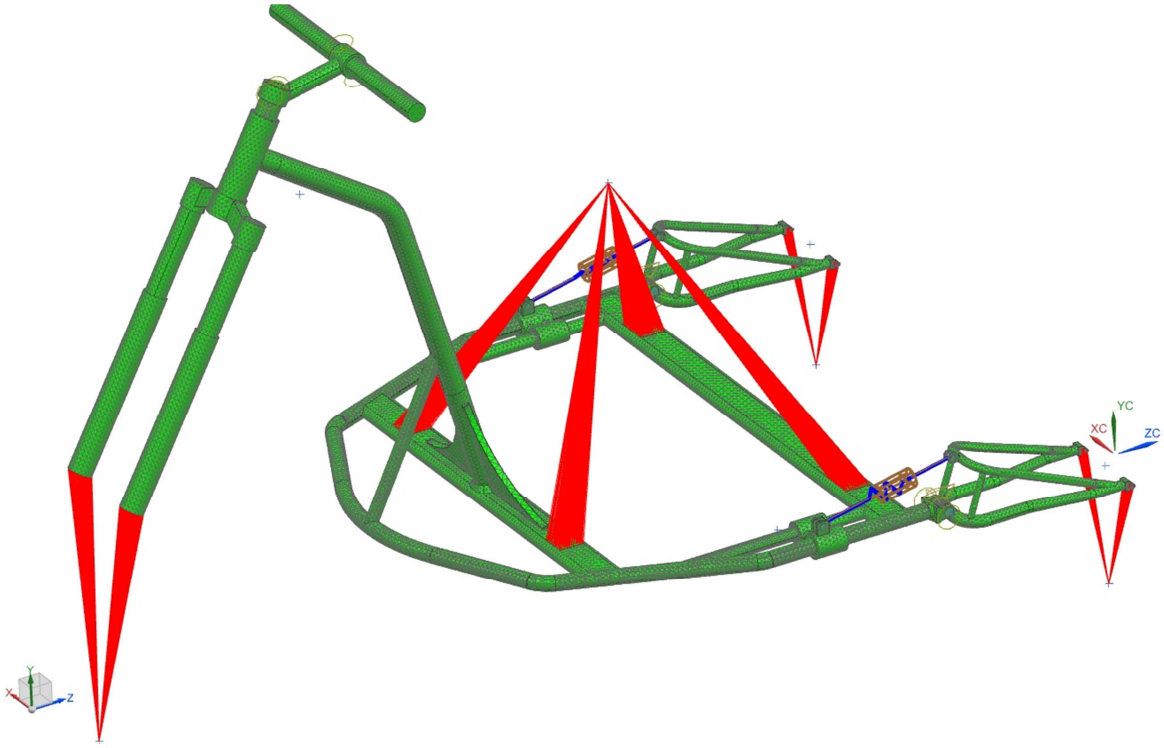
Tento výpočet ukázal slabé místo v oblasti uchycení trubky spojující krk a spodní část rámu. Pro komplexnější výpočet a reálnější přiblížení se skutečnosti, byl proveden výpočet rámu jako celé sestavy, včetně zadních kyvných vidlic, tlumičů, pružin, objímek, předních vidlic, krku a řídítek. Zatížení zůstalo stejné. Uchycení je zde provedeno přes RGB klece v zadních kyvných vidlicích, v místě osiček a vpředu, taktéž v místě osičky s pevným posuvem a s povolenými rotacemi kolem osy x.

Na obrázku 7. 18. je zobrazen průběh napětí pomocí metody Von Mises. Největší napětí je opět v místě spoje hlavní trubky se spodním rámem a v zadní části ve spojení kyvné vidlice s rámem. Zde hodnoty překračují povolené napětí, které dosahuje u tohoto materiálu hodnotu R_m=260MPa. Uchycení v místech osiček kol také není příliš vhodné a neodpovídá skutečnosti.

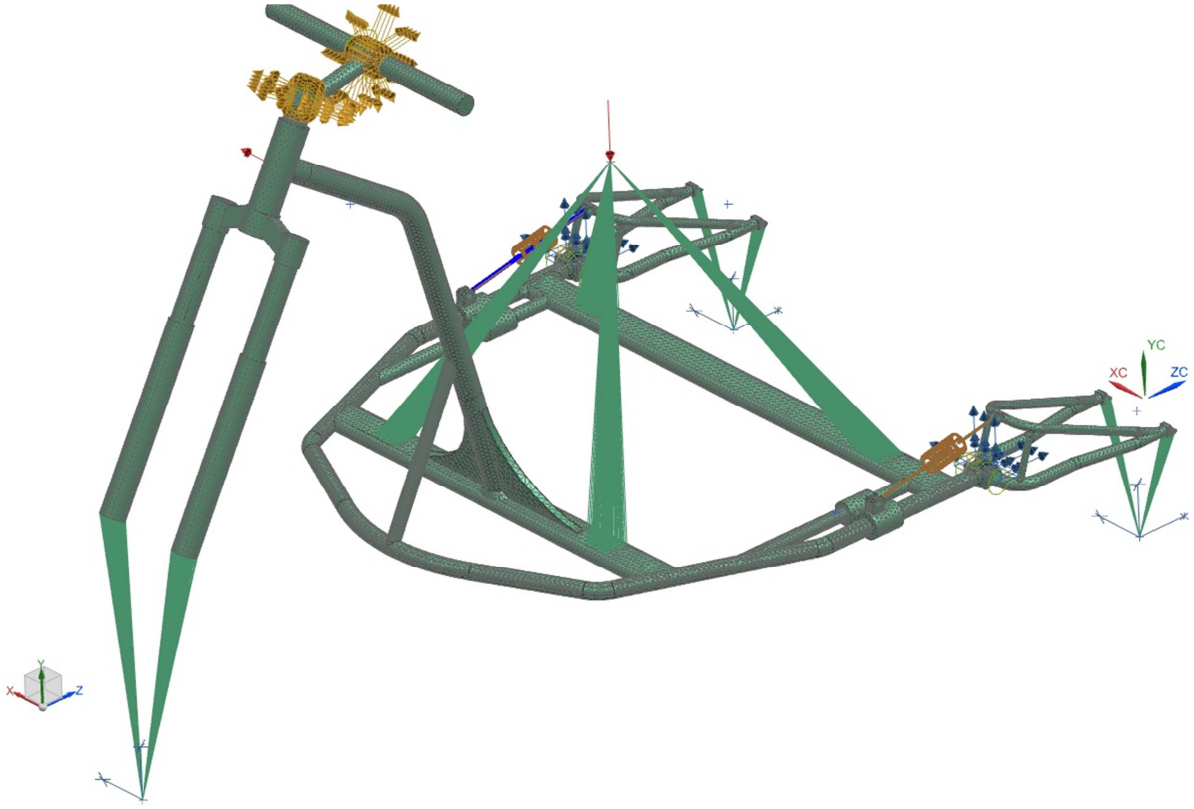


Obr. 7. 18. Rám výpočet, třetí nástřel

V konečné fázi byly upraveny okrajové podmínky tak, že místo uchycení se posunulo do místa dotyku kola se zemí a opět přes RGB klec se přesunulo k místům uchycení kol s vidlicí. Ta je u zadních kyvných vidlic uchycena pevně v posuvech a rotačně v ose x, u předního kola pak posuvně v ose x, rotačně v ose x, jinak pevně. Dále pak byl rám vyztužen v místě spojení spodní části s trubkou, která spojuje krk s rámem, s ohledem na možnost najetí vozíku do přední části tříkolky.

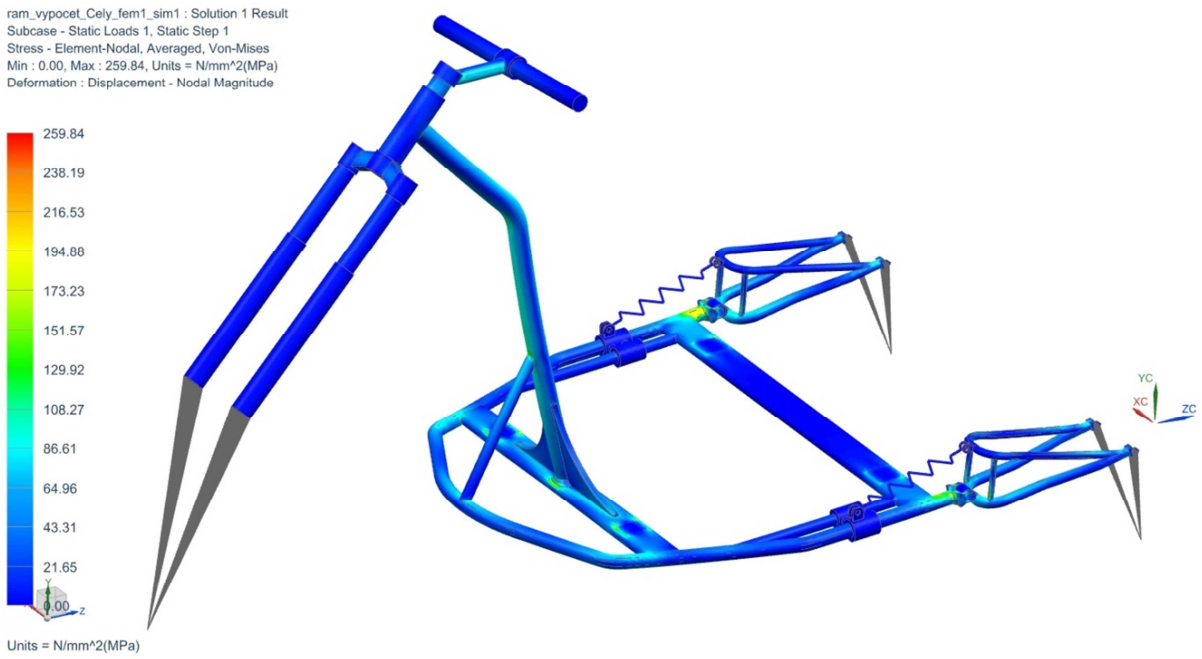


Obr. 7. 19. Rám + okrajové podmínky, konečná verze

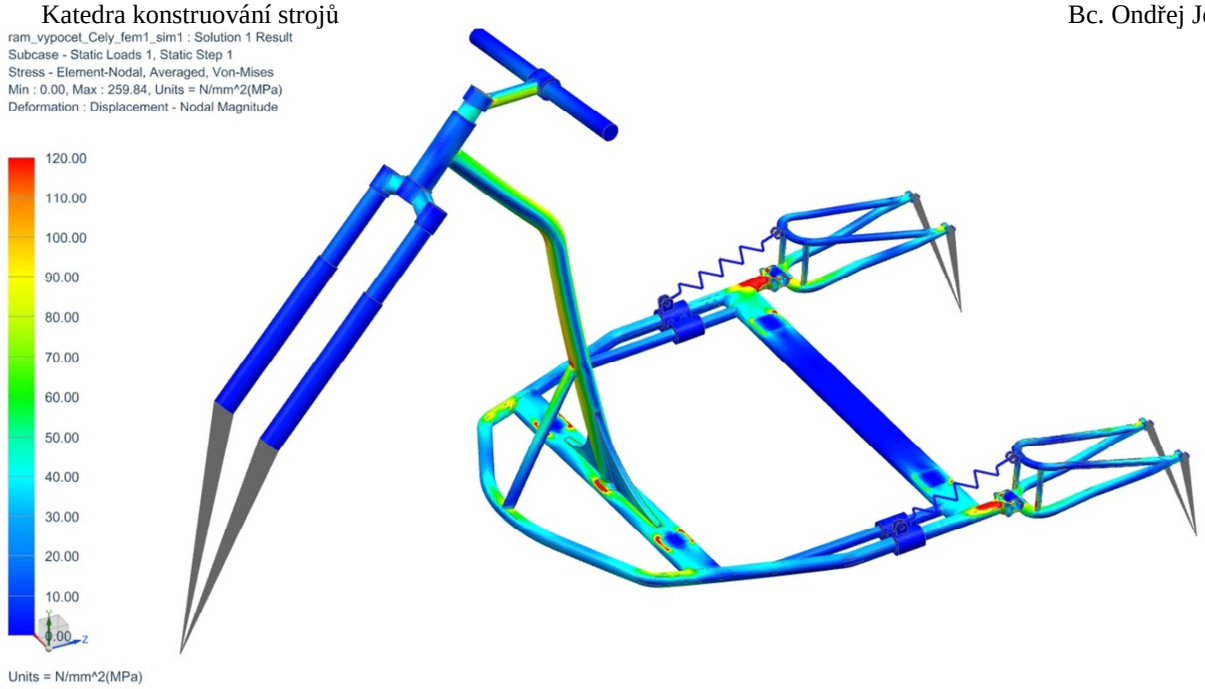


Obr. 7. 21. Rám + okrajové podmínky + zatížení

Celý model je zasíťován 3D tetrahedrovou sítí s desetiuzlovými prvky. V místech vysokého napětí je síť zahuštěna pro přesnější zobrazení výsledků. Kyvná vidlice je spojena s objímkou rámu pružinou a tlumičem, s nadefinovanými vlastnostmi, dále pak pomocí couplingu typu manual s definovanými stupni volnosti. Řídítka, krk a vidlice jsou pak spojené pomocí nástroje surface to surface gluing (pro zjednodušení výpočtu slepené).

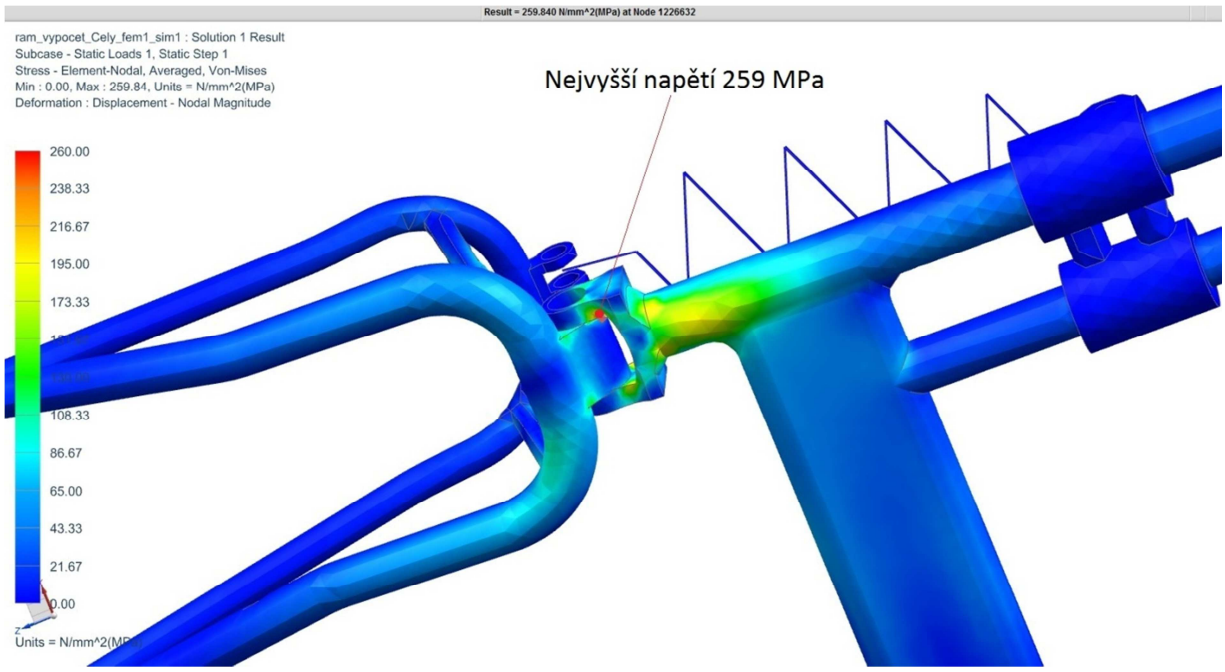


Obr. 7. 22. Rám výpočet, konečná verze



Obr. 7. 23. Rám výpočet, vyspecifikované napětí

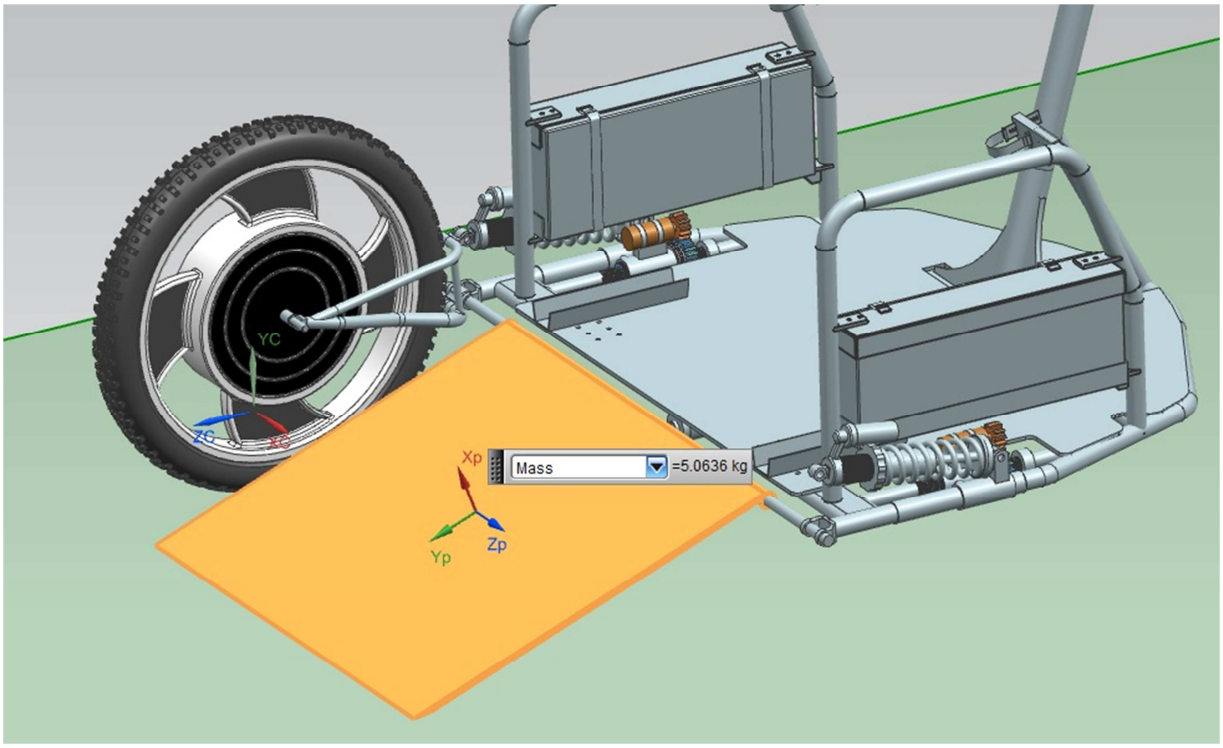
Na obrázku 7. 22. je vidět rozložení napětí ve finální verzi výpočtu. Hlavní trubka od krku byla vyztužena, napětí se tedy rozložilo a deformace už v tomto místě nehrozí. Nejvíce napětí se koncentruje tedy v zadní části u spoje kyvné vidlice s rámem. Pro lepší orientaci v obrázku 7.23. je napětí vyspecifikováno na hodnotu 120 MPa. Toto napětí je ve větší míře rozloženo v zadní části, přesto však s bezpečností k větší než 2. Největší napětí je pouze bodové, dosahuje hodnoty 260 MPa a místo jeho výskytu je zobrazeno na obrázku 7. 24.



Obr. 7. 24. Rám výpočet, konečná verze. Místo výskytu nejvyššího napětí

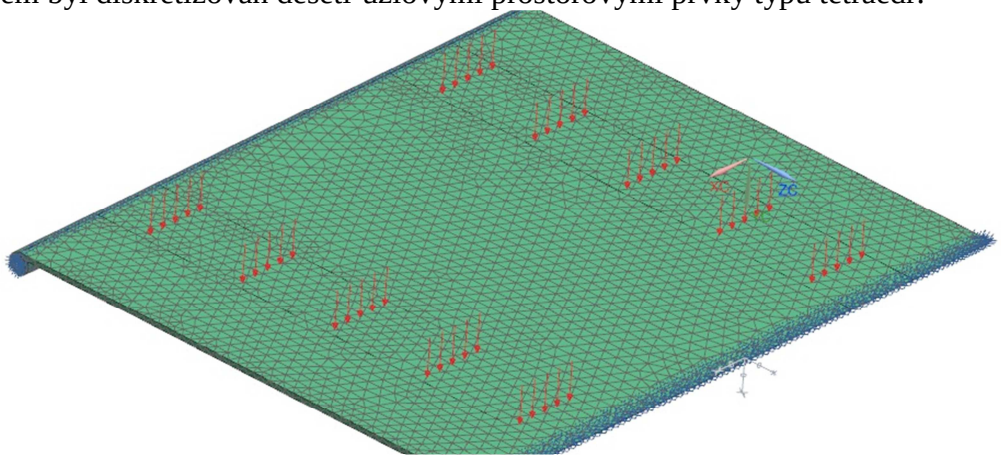
7. 4. 2. Analýza nájezdové části

U tohoto prvku tříkolky je důležité, aby vydržel najetí vozíčku s invalidní osobou o celkové max. hmotnosti 150kg a nezdeformoval se, či se neprohýbal při současném udržení jeho nízké hmotnosti. Při prvotním návrhu byl použit hliníkový plech o tloušťce 10mm. Celá nájezdová část ovšem měla hmotnost lehce přes 10kg, což je vysoká hodnota. Zvyšovalo by to celkovou hmotnost tříkolky a zároveň by bylo nutné vynaložit větší sílu při zvedání a spouštění plošiny, ať již silou vozíčkáře nebo elektrickým hydraulickým motorem. Díky simulaci a využití metody konečných prvků bylo zjištěno, že postačí hliníkový plech tloušťky 5mm. To sníží hmotnost na polovinu.

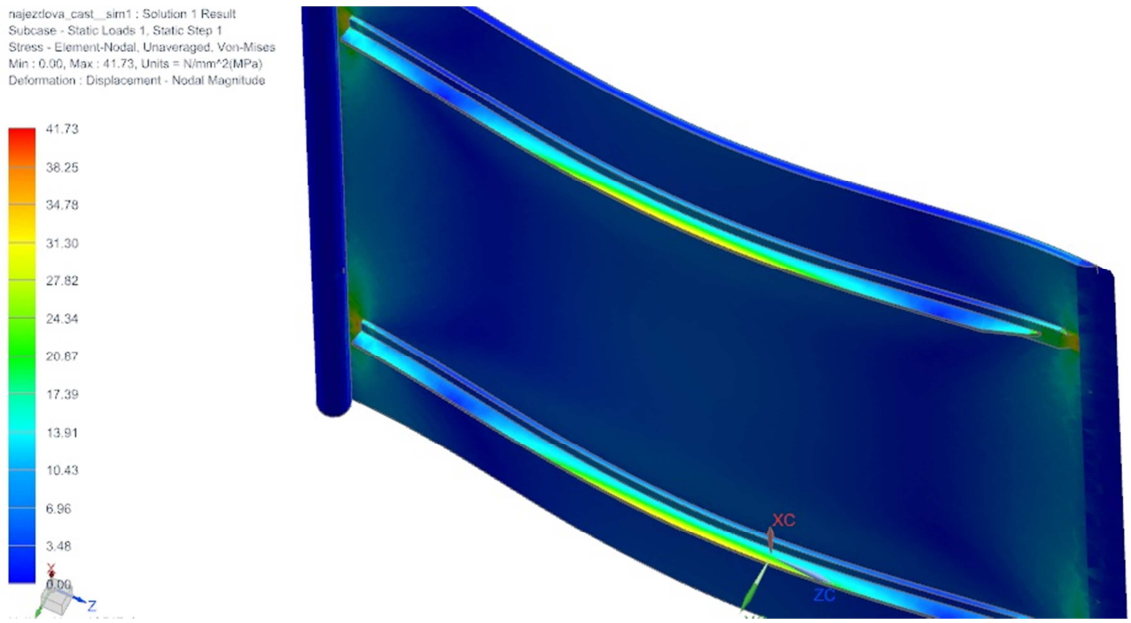


Obr. 7. 25. Nájezdová část. Ukázka jejího použití.

Nájezdová část bude zatížena pouze při najíždění a sjíždění vozíčkáře na tříkolku. Okrajové podmínky byly proto zvoleny tak, jak je vidět na obrázku 7. 26. Pevné uchycení v místě dotyku se zemí a pevné uchycení v místě styku s hřídelí. Dále je horní plocha nastřižena pro lepší simulování působení síly do dvou pruhů, kudy bude vozíčkář najíždět. Objem byl diskretizován deseti-uzlovými prostorovými prvky typu tetraedr.

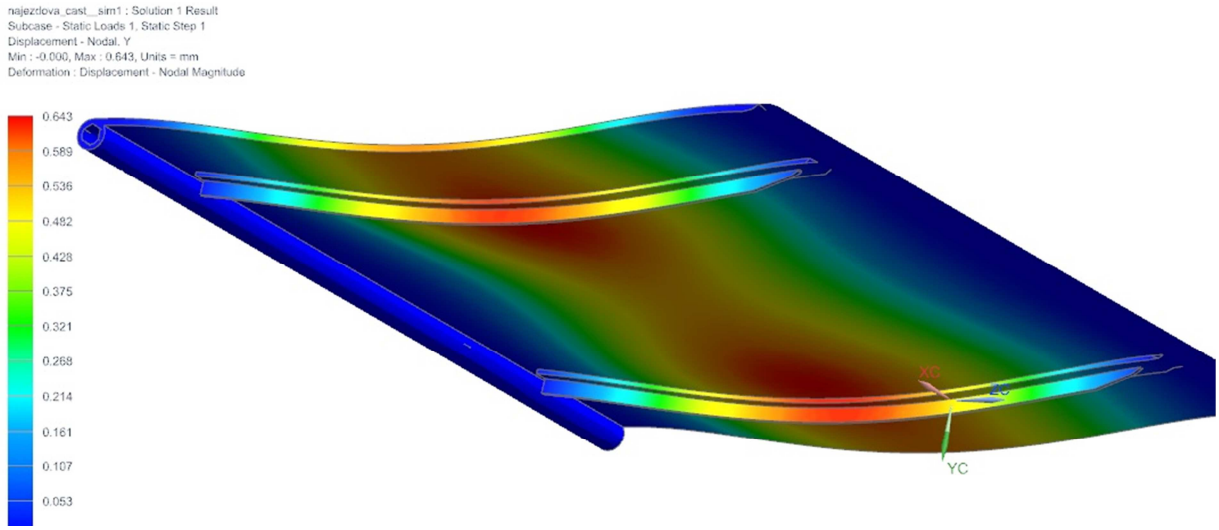


Obr. 7. 26. Zasíťovaní, uchycení, zatížení nájezdové rampy.



Obr. 7. 27. Výsledek pevnostní analýzy. Deformace.

Nájezdová rampa je vyrobena z materiálu EN AW 6082, který se vyznačuje mezí v kluzu R_p=260MPa. Maximální hodnota napětí je zde 41MPa, a to ve vyztužujících prvcích.



Obr. 7. 28. Výsledek pevnostní analýzy. Posunutí v ose y.

Maximální posunutí ve sledované ose y, které je zde nejdůležitější je 0.6mm.

Z výsledků je patrné, že nájezdová rampa vyhovuje danému zatížení a vyhovuje i při hmotnosti 5kg.

8. Technickoekonomické hodnocení

Navržené technické řešení má plnit všechny zadané požadavky za co nejnižší kupní cenu pro zákazníka. Přesnou cenu nelze v této práci stanovit, protože je závislá na mnoha dalších faktorech, které již nejsou obsahem této práce.

Celková cena se skládá z vlastních nákladů výroby, kterými jsou materiál, práce, nakupované komponenty a z přidružených nákladů, kterými je správní a odbytová režie. Výpočet je omezen pouze na výpočet vlastních nákladů výroby.

Výpočet nákladů na materiál pro jeden kus elektrické tříkolky.

Tyčový materiál				
Průměr [mm]	Tloušťka stěny [mm]	Délka [m]	Cena [Kč/m]	Cena celkem [Kč]
42	3,5	1	210	210
25	2,5	6	50	300
20	Plná	1	95	95
12	Plná	0,06	40	4
Celkem				609
Plochý materiál				
Tloušťka [mm]	Plocha [mm^2]		Cena [Kč/m^2]	Cena celkem [Kč]
8	0,03		4525	135
5	0,01		2817	28
1	0,02		215	5
Celkem				168

Tab. 8.1. Materiálové náklady

Náklady za jednotlivé komponenty

Komponent	Výrobce	Ks	Cena za kus [Kč]	Cena celkem [Kč]
Přední kolo + kotouč	Shimano	1	1000	1000
Přední brzdič	Shimano	1	585	585
Plášť-přední kolo	Maxxis	1	300	300
Přední tlumiče	Marzochi	1	3500	3500
Představec	Stratos	1	300	300
Řídítka	MTB	1	500	500
Uložení krku	Shimano	1	1000	1000
Zadní kola + elektromotory	E-pohon	2	6 590	13 180
Zadní kotouče	E-pohon	2	390	780
Zadní brzdiče	Shimano	2	585	1170
Zadní pláště	Maxxis	2	300	600
Blatník	SKS	3	150	450
Baterie	E-pohon	2	8 490	16 980
Gripy	Merida	2	220	220
Zadní tlumič	Fox	2	2 800	4 600
Motor zdvihu	GmE	2	320	640
Lin. Motor	Okin	1	1000	1000
Celkem				46 805

Tab. 8.2. Náklady použitých komponentů

Celkové náklady na elektrickou tříkolku (materiál + nakupované komponenty)

Celkem = 609 + 168 + 46 808 = 47 585 Kč

Cena materiálu je ve srovnání s cenou nakupovaných komponentů velmi zanedbatelná, proto také její výpočet není zcela přesný, jak by tomu bylo při výpočtu u sériové výroby. Ceny nakupovaných komponentů jsou také orientační, podle momentální cenové nabídky jednotlivých prodejen, většinou E-shopů. Některé položky je možné cenově redukovat výběrem levnější varianty, použitím neznačkových produktů nebo při sériové výrobě slevou za hromadný odběr přímo od dodavatele.

Tato elektrická tříkolka pro invalidní osoby je produktem spíše pro majitele penzionů, hotelů atp., kterým by měla koupě tohoto produktu zvýšit návštěvnost právě invalidních osob, které nemají možnost se nějakým způsobem pohybovat v členitějších krajinách. Z tohoto hlediska by mělo být schopné si toto zařízení na sebe během několika let vydělat.

9. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá studií elektrické tříkolky pro invalidní osoby. V první fázi bylo nutné provést rešerši dostupných řešení, které jsou již dostupné na českém nebo zahraničním trhu. Výrobků, které se podobají požadavkům zadaným v této práci, je však velmi málo. Proto bylo zvoleno specifické řešení, které bylo nutné porovnat s ostatními podobnými produkty, aby bylo navrhované řešení konkurenceschopné. Vybrány byly tři již prodávané produkty a dva nové. Ze zadaných a obodovaných kritérií vyšlo jako nejlepší řešení právě to, kterým se tato práce zabývá.

Prvním nástřelem elektrické tříkolky pro invalidní osoby se zabývala již semestrální práce v letním semestru čtvrtého ročníku s názvem „Traktor k invalidnímu vozíku“. Zde byla navržena hrubá konstrukce, která však dávala již jasný směr, kudy se bude studie ubírat. Byla zvolena koncepce rozvržení kol 1-2, s jedním kolem vpředu a dvěma poháněnými vzadu. Jelikož je nutné, aby invalidní osoba najížděla nějakým způsobem i s vozíčkem na tříkolku, byla tato možnost v podstatě jediná a nejjednodušší. Na tříkolce bylo řešeno několik důležitých věcí, z hlediska snadné obsluhy invalidní osoby. V první řadě nájezd i s vozíčkem na tříkolku, toto se povedlo vyřešit díky lineárnímu motoru, který ovládá nájezdovou plošinu a dále pak díky nastavitelné výšce rámu nad zemí. To je možné jak vpředu, tak vzadu díky mechanismu pohybový šroub/ozubená kola. Dále bylo nutné vyřešit uchycení vozíčku. To se zajistilo díky přídavnému bočnímu rámu, který zároveň posloužil jako držák baterií.

Výsledkem této studie je tedy tříkolové třístopé vozidlo na elektrický pohon s dvěma 500W motory v zadních 16“ kolech, bateriemi LiFePO4 s předpokládaným dojezdem až 50km. Na tříkolku je možné najet ze zadní části a uchytit vozík různých velikostí. Na tříkolce je možné měnit světlou výšku podvozku. Vozítko je vhodné pouze pro invalidní osoby s postižením spodní části těla tzv. paraplegiky se zdravou horní polovinou těla. Tato tříkolka díky odpružení předního i zadních kol a nastavitelné světlé výšce je vhodná zejména do lehčího i středního terénu, ale určitě najde své uplatnění i na tůry po zpevněném povrchu, což určitě zpříjemní život postiženým osobám.

Soupis použité literatury

1. KNIŽNÍ PUBLIKACE

[1] WENDSCHE, P. a kol. Poranění míchy – ucelená ošetřovatelsko-rehabilitační péče. Brno: Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotních oborů, 2009, ISBN 978-80-7013-504-4

[2] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra: Obecné strojní součásti 1, Spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie. Praha: Computer Press, 1999

[3] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra: Obecné strojní součásti 2, Převodové mechanismy. Praha: Computer Press, 2000
VÁVRA, P., LEIVEBER, J. Strojnické tabulky. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986

[4] HOSNEDL, S. Systémové navrhování technických produktů. Plzeň: ZČU: FST, 2009 Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

[20] MICHNA, Š. LUKÁČ, I. OCENÁŠEK, V. KOŘENÝ, R. SCHNEIDER, H. a kol.. Encyklopedie hliníku, Prešov: Adim, s.r.o. 2005.

2. INTERNETOVÉ ZDROJE

[5] WIKIPEDIE. Otevřená encyklopedie. http://cs.wikipedia.org/wiki/

[6] E-POHON. Výrobce elektromotorů, baterií, setů na přestavbu elektrokol. http://www.e-pohon.cz

[7] INVALIDNÍ VOZÍKY. El. Pohon mechanického vozíku. http://www.invalidni-voziky.websnadno.cz/El-POHON-MECHANICKEHO-VOZIKU.html

[8] ZDRAVOTNÍ PROSTŘEDKY. Elektrická invalidní tříkolka PENDEL. http://www.zdravotni-prostredky.cz/elektricka-invalidni-trikolka

[9] ZDRAVOTNÍ PROSTŘEDKY. Tříkolka Sunny Transporter. http://www.zdravotni-prostredky.cz/trikolky-kola-specialni

[10] MEDICCO. Přídavný pohon. http://medicco.cz/index.php?page=12&p=1&detail=42

[11] POMUCKY ZDRAVOTNICKÉ. Schodolez kolový. http://www.pomuckyzdravotnicke.cz/pt-plus-schodolez-kolovy-1017.html

[12] ZČU, FST, KKS. Dodatečně montovatelný pomocný el. Pohon pro invalidní vozíky. http://www.kks.zcu.cz/vyzkum-vyvoj-KKS/vysledky-vav/PV-003JF-21140-2011.pdf

[13] ZDRAVOTNICKÉ POTŘEBY. Přídavné zařízení k mechanickému vozíku. http://www.zdravotnicke-potreby.com/invalidni-voziky-elektricke/viamobil--elektricke-zarizeni-k-voziku-296/

[14] TGA MOBILITY. Vozítko pro invalidy. http://www.tgamobility.co.uk/product/breeze-4

[15] WHILL. Přídavný modul. http://techcrunch.com/2012/11/15/whill-techcrunch-tokyo/

3. JINÉ ZDROJE

[16] JEŽEK, Ondřej. Semestrální projekt z DMT 1: Traktor k invalidnímu vozíku. Plzeň, 20. 06. 2011. Semestrální práce. FST, ZČU. Vedoucí práce Ing. Jiří Barták.

[17] ŠVEC, Jan. Vozidlo s ekologickým pohonem. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2009. 41 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

[18] KUBIČKA, Pavel. Diplomová práce, Tříkolové třístopé vozidlo na lidský pohon, Plzeň, 2011/2012, FST, ZČ. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Barták.

[19] MATYŠČÁKOVÁ, Petra. Diplomová práce, Design přídavného modulu k invalidnímu vozíku, Brno, 2008/2009, VUT/TST. Vedoucí diplomové práce akad. soch. Miroslav Zvonek, PhD.

Seznam obrázků

Obr. 1.1. Mezinárodní symbol přístupnosti 12
Obr. 1.2. Rozsah ochrunutí v závislosti na místě porušení míchy 13
Obr. 2.1. Elektrický systém pro mech. vozík 15
Obr. 2.2. Tříkolka PENDEL 15
Obr. 2.3. Tříkolka PENDEL-nájezd vozíku 15
Obr. 2.4. Tříkolka Sunny Transporter 16
Obr. 2.5. Tříkolka Sunny Transporter 16
Obr. 2.6. Přídavný pohon na mechanický vozík 16
Obr. 2.7. Shodolez 17
Obr. 2.8. Shodolez 17
Obr. 2.9. Pomocný pohon invalidního vozíku 17
Obr. 2.10. Držák pro uchycení elektrického pohonu 17
Obr. 2.11. El. zařízení k vozíku 18
Obr. 2.12. Konverzní kit 18
Obr. 2.13. Skútr BREEZE 4 18
Obr. 3.1. WHILL 19
Obr. 3.2. WHILL 19
Obr. 3.3. SPEEDY-E připojené k vozíku 20
Obr. 3.4. SPEEDY-E 20
Obr. 5.1. Provozní transformační/technický proces – návrh technologie 22
Obr. 5.2. Provozní transformační/technický proces – úplný návrh 23
Obr. 5.3. Orgánová struktura 24
Obr. 6.1. Původní návrh 28
Obr. 6.2. Původní návrh 29
Obr. 6.3. Původní návrh 29
Obr. 6.4. Konečný návrh 30
Obr. 6.5. Konečný návrh bez inv. vozíčku 31
Obr. 6.6. Konečná podoba rámu 31
Obr. 6.7. Rám 32
Obr. 6.8. Zadní vidlice 33
Obr. 6.9. Nastavení výšky-nejvyšší poloha za jízdy 33
Obr. 6.10. Nastavení výšky-nejnižší poloha za jízdy 34
Obr. 6.11. Nastavení výšky-nejnižší poloha 34
Obr. 6.12. Nastavení výšky v sestavě 34
Obr. 6.13. Použité součásti 35
Obr. 6.14. Uložení přední vidlice-klasické 35
Obr. 6.15. Posuvné uložení předek 36
Obr. 6.16. Ovládání nájezdové rampy 36
Obr. 6.17. Uchycení vozíku 37
Obr. 6.18. Horní jištění vozíku 37
Obr. 6.19. Horní jištění vozíku v řezu 37
Obr. 6.20. Jištění vozíku-zobrazení možnosti nastavení podle typu vozíku 38
Obr. 6.21. Uchycení baterií 38
Obr. 6.22. Elektromotor zadního kola 39
Obr. 6.23. Lineární elektromotor zvedací nájezdovou plošinu 39
Obr. 6.24. Akumulátor 39
Obr. 6.25. Tlumič Fox DHX 4 40
Obr. 6.26. Přední vidlice Fox 40

Obr. 7.1 Půdorys tříkolky ... 43
Obr. 7.2. Těžiště zatížení ... 43
Obr. 7.3. Rozložení síly F1 ... 43
Obr. 7.4. Náčrt mechanismu zadní části zvedání ... 44
Obr. 7.5. DC motor PG 420 ... 45
Obr. 7.6. Náčrt ozubených kol ... 45
Obr. 7.7. Těžiště tříkolky ... 46
Obr. 7.8. Rozměry tříkolky v půdorysu ... 46
Obr. 7.9. Síly působící v rovině náležící těžišti ... 46
Obr. 7.10. Znázornění poloměru oblouku *k* ... 47
Obr. 7.11. Trojúhelníky dané obloukem ... 47
Obr. 7.12. Rozložení sil v průjezdu oblouku ... 48
Obr. 7.13. Rám+okrajové podmínky, první nástřel ... 50
Obr. 7.14. Rám výpočet, první nástřel ... 50
Obr. 7.15. Rám+okrajové podmínky, druhý nástřel ... 50
Obr. 7.16. Rám výpočet, druhý nástřel ... 50
Obr. 7.17. Rám okrajové podmínky, třetí nástřel ... 51
Obr. 7.18. Rám výpočet, třetí nástřel ... 52
Obr. 7.20. Rám +okrajové podmínky, konečná verze ... 52
Obr. 7.21. Rám+okrajové podmínky+zatížení ... 53
Obr. 7.22. Rám výpočet, konečná verze ... 53
Obr. 7.23. Rám výpočet, vyspecifikované napětí ... 54
Obr. 7.24. Rám výpočet, konečná verze. Místo výskytu nejvyššího napětí ... 54
Obr. 7.25. Nájezdová část. Ukázka jejího použití ... 55
Obr. 7.26. Zasíťování, uchycení, zatížení nájezdové rampy ... 55
Obr. 7.27. Výsledek pevnostní analýzy. Deformace ... 56
Obr. 7.28. Výsledek pevnostní analýzy. Posunutí v ose Y ... 56

Seznam tabulek

Tab. 5.1. Stanovení požadavků na technický systém ... 22
Tab. 5.2. Morfologická matice ... 25
Tab. 5.3. Základní kritéria ... 27
Tab. 8.1. Materiálové náklady ... 57
Tab. 8.2. Náklady použitých komponentů ... 58

Příloha č. 1

Vyhláška 341/2002 Sb.

341/2002 Sb.

VYHLÁŠKA
Ministerstva dopravy a spojů

ze dne 11. července 2002

o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Příloha 13

Technické požadavky na jízdní kola, potahová vozidla a ruční vozíky

1. Jízdní kola musí být vybavena

a) dvěma na sobě nezávislými účinnými brzdami s odstupňovatelným ovládáním brzdného účinku; jízdní kola pro děti předškolního věku vybavená volnoběžným nábojem s protišlapací brzdou nemusí být vybavena přední brzdou,

b) volné konce trubky řídítek musí být spolehlivě zaslepeny (zátkami, rukojeťmi apod.),

c) zakončení ovládacích páček brzd a volné konce řídítek musí mít hrany buď obaleny materiálem pohlcujícím energii, nebo (jsou-li použity tuhé materiály) musí mít hrany o poloměru zakřivení nejméně 3,2 mm; páčky měničů převodů, křídlové matice, rychloupínače nábojů kol, držáky a konce blatníků musí mít hrany buď obaleny materiálem pohlcujícím energii, nebo (jsou-li použity tuhé materiály) musí mít hrany o poloměru nejméně 3,2 mm v jedné rovině a v druhé rovině na ni kolmé nejméně 2 mm,

d) matice nábojů kol, pokud nejsou křídlové, rychloupínací nebo v kombinaci s krytkou konce náboje, musí být uzavřené,

e) zadní odrazkou červené barvy, tato odrazka může být kombinována se zadní červenou svítilnou nebo nahrazena odrazovými materiály obdobných vlastností; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm2, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 40 mm, odrazka musí být pevně umístěna v podélné střední rovině jízdního kola nebo po levé straně co nejblíže k ní ve výšce 250 - 900 mm nad rovinou vozovky; činná plocha odrazky musí být kolmá k rovině vozovky v toleranci +/- 15 st. a kolmá k podélné střední rovině jízdního kola s tolerancí +/- 5 st.; odrazové materiály nahrazující zadní odrazku mohou být umístěny i na oděvu či obuvi cyklisty,

f) přední odrazkou bílé barvy, tato odrazka může být nahrazena odrazovými materiály obdobných vlastností; odrazka musí být umístěna v podélné střední rovině nad povrchem pneumatiky předního kola u stojícího kola; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm2, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 40 mm, činná plocha odrazky musí být kolmá k rovině vozovky s tolerancí +/- 15 st. a kolmá k podélné střední rovině jízdního kola s tolerancí +/- 5 st.; odrazové materiály nahrazující odrazku mohou být umístěny i na oděvu či obuvi cyklisty,

g) odrazkami oranžové barvy (autožluť) na obou stranách šlapátek (pedálů), tyto odrazky mohou být nahrazeny světlo odrážejícími materiály umístěnými na obuvi nebo v jejich blízkosti,
h) na paprscích předního nebo zadního kola nebo obou kol nejméně jednou boční odrazkou oranžové barvy (autožluť) na každé straně kola; plocha odrazky nesmí být menší než 2000 mm2, přičemž vepsaný čtyřúhelník musí mít jednu stranu dlouhou nejméně 20 mm, tyto odrazky mohou být nahrazeny odrazovými materiály na bocích kola nebo na bocích plášťů pneumatik či na koncích blatníků nebo bočních částech oděvu cyklisty.

2. Jízdní kola pro jízdu za snížené viditelnosti musí být vybavena následujícími zařízeními pro světelnou signalizaci a osvětlení:

a) světlometem svítícím dopředu bílým světlem; světlomet musí být seřízen a upraven trvale tak, aby referenční osa světelného toku protínala rovinu vozovky ve vzdálenosti nejdále 20 m od světlometu a aby se toto seřízení nemohlo samovolně nebo neúmyslným zásahem řidiče měnit, je-li vozovka dostatečně a souvisle osvětlena, může být světlomet nahrazen svítilnou bílé barvy s přerušovaným světlem,

b) zadní svítilnou červené barvy, podmínky pro umístění této svítilny jsou shodné s podmínkami pro umístění a upevnění zadní odrazky podle odstavce 1 písm. e); zadní červená svítilna může být kombinována se zadní odrazkou červené barvy podle odstavce 1 písm. e); zadní červená svítilna může být nahrazena svítilnou s přerušovaným světlem červené barvy,

c) zdrojem elektrického proudu, jde-li o zdroj se zásobou energie, musí svou kapacitou zajistit svítivost světel podle písmen a) a b) po dobu nejméně 1,5 hodiny bez přerušení.

3. Světelná výbava jízdního kola se nepovažuje za výbavu ve smyslu ustanovení § 32 zákona č. 361/2000 Sb.

4. Je-li jízdní kolo vybaveno pomocným sedadlem pro dopravu dítěte, musí být toto sedadlo pevně připevněno a opatřeno pevnými podpěrami pro nohy dítěte. Sedadlo a podpěry musí být provedeny a umístěny tak, aby nemohlo dojít ke zranění dítěte při jízdě ani k ohrožení bezpečnosti jízdy. Je-li jízdní kolo vybaveno nosičem zavazadel, musí být tento nosič řádně a spolehlivě připevněn a nesmí ovlivňovat bezpečnost jízdy.

5. Pneumatiky a ráfky nesmí vykazovat trhliny, praskliny a jiné zjevné deformace, které by zjevně narušovaly bezpečnost jízdy.

6. Jízdní kola uváděná na trh po 1. 1. 2003 musí mít na snadno dostupném místě rámu trvanlivě vyznačeno dobře čitelné výrobní číslo nebo být vybavena zařízením jej spolehlivě nahrazujícím. Za spolehlivě výrobní číslo nahrazující zařízení se v tomto případě považuje například i elektronický nosič takové informace, který bude pevně spojen s rámem jízdního kola.

7. Jízdní kola uváděná na trh po 1. lednu 2003, pokud nejsou vybavena podle bodu 2 této přílohy, tj. pro jízdu za snížené viditelnosti, musí být opatřena jednoznačným a zřetelným upozorněním v návodu k obsluze, že tato kola nejsou za daného stavu vybavení způsobilá k provozu na pozemních komunikacích za snížené viditelnosti.

8. Jízdní kolo může být vybaveno dodatečně pomocným motorkem, jestliže

a) bude nadále zachován původní charakter jízdního kola (podle bodu 1, 2),

b) pomocný motorek bude přiměřeně plnit podmínky ustanovení § 19 zákona,

c) jeho výkon nepřesáhne 1 kW,

d) v případě použití spalovacího motoru, nebude mít takový motor objem válce (válců) většínež 50 cm3,

e) maximální konstrukční rychlost nebude vyšší než 25 km.h-1,

f) montáž pohonného systému (motor, nádrž paliva nebo akumulátor) na jízdní kolo si nevyžádá zásah na jeho nosných částech.Pokud vozidlo splňuje všechny výše uvedené požadavky, považuje se pro potřeby této vyhlášky nadále za jízdní kolo.

9. Pro účely této vyhlášky se jízdním kolem rozumí i tříkolky a vícekolky, stejně jako vícesedadlová jízdní kola (tandemy) a jim podobná vozidla poháněná lidskou silou a určená i k provozu na pozemních komunikacích, jako například koloběžky.

Vozidla takto definovaná, jejichž šířka přesahuje 1,0 m, musí být vybavena zdvojeným osvětlením podle bodu 1 písmen e) a f) a bodu 2 písmen a) a b), které musí být umístěno symetricky k podélné ose vozidla, v maximální vzdálenosti 0,2 m od podélné roviny vyznačující šířku vozidla. Konstrukční požadavky uvedené v bodech 1 až 8 se na tato vozidla použijí přiměřeně.

Šířkou pro účely tohoto bodu se rozumí vzdálenost mezi dvěma rovinami rovnoběžnými s podélnou rovinou vozidla a tečnými k vozidlu na obou stranách této roviny. Všechny části vozidla a zvláště všechny pevné části vyčnívající do stran se musí nacházet mezi těmito dvěma rovinami, s výjimkou zpětného zrcátka (zrcátek).

10. Potahová vozidla musí být vybavena
a) alespoň jednou brzdou snadno, rychle a bezpečně ovladatelnou,

b) vpředu dvěma bílými a vzadu dvěma červenými odrazkami shodnými a shodně umístěnými jako odrazky předepsané pro přívěsy,

c) za snížené viditelnosti vpředu svítilnou s bílým světlem na straně přivrácené ke středu vozovky nebo dvěma svítilnami s bílým světlem na každé straně vozidla vyznačujícími jeho největší obrysovou šířku; vzadu dvěma svítilnami s červeným světlem na každé straně vozidla vyznačujícími jeho největší obrysovou šířku.

11. Ruční vozík, jehož šířka přesahuje 0,6 m, musí být vybaven červenými odrazkami netrojúhelníkového tvaru umístěnými symetricky co nejblíže k bočním obrysům vozíku ve stejné výši nad vozovkou.

Příloha č. 2

Výkresová dokumentace

Seznam výkresové dokumentace

1. Sestava elektrické tříkolky DP-12/13-00
2. Rám DP-12/13-01
3. Zadní kyvná vidlice DP-12/13-02