

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N0715A270017 – Konstruování strojů a
technických zařízení
Studijní specializace: Konstruování zdravotnické a kooperativní
techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Pomocný pohon pro invalidní vozík

Autor: Bc. Jana NEDVĚDOVÁ
Vedoucí práce: Ing. Roman ČERMÁK, Ph.D.

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jana NEDVĚDOVÁ**
Osobní číslo: **S19N0158P**
Studijní program: **N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení**
Studijní obor: **Konstruování zdravotnické a kooperativní techniky**
Téma práce: **Pomocný pohon pro invalidní vozík**
Zadávající katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Proveďte rešerši pomocných pohonů k invalidním vozíkům. Navrhněte vlastní řešení elektrického pohonu k invalidnímu vozíku s ohledem na jednoduchou obsluhu, systém připojení k vozíku a ovladatelnost v lehčím terénu. Při řešení se zaměřte na rozdílné potřeby kvadruplegiků a paraplegiků.

Základní technické údaje:

Technické údaje jsou přiloženy v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Rešerše stavu techniky a trhu pomocných pohonů k invalidním vozíkům
2. Vlastní řešení pohonu k vozíku
3. Zhodnocení

Rozsah diplomové práce: **40 – 60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojního inženýra*. Brno: Computer Press, 1999.
[2] LEINVEBER, J., VÁVRA, J. *Strojnické tabulky: Pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003.
[3] COOPER, R., OHNABE, H., HOBSON, D. *An Introduction to Rehabilitation Engineering*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2007.
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Roman Čermák, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Konzultant diplomové práce: **Ing. Jiří Barták**
SmartMotion, s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

V Plzni dne 16. října 2020

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

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Romanovi Čermákovi, Ph.D. a konzultantovi Ing. Jiřímu Bartákovi za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytovali během zpracování práce.

Dále bych chtěla poděkovat ergoterapeutce Bc. Barboře Rusínové za pomoc při zprostředkování průzkumu v Centru Paraple, o.p.s. a za veškeré cenné rady a postřehy. Stejně tak děkuji i ergoterapeutce Mgr. Šárce Pomyjové z FN Motol za předání užitečných rad a zkušeností.

V neposlední řadě děkuji také mojí rodině za podporu během celého studia a za velmi přínosné rady a postřehy při konstruování.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Nedvědová	Jméno Jana	
STUDIJNÍ PROGRAM	N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Čermák, Ph.D.	Jméno Roman	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Pomocný pohon pro invalidní vozík		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	142	TEXTOVÁ ČÁST	112	GRAFICKÁ ČÁST	30
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce obsahuje konstrukční návrh pomocného elektropohonu k invalidnímu vozíku. Návrh vychází z požadavků specifikovaných na základě průzkumu, kterého se účastnili paraplegici, kvadruplegici a ergoterapeuti. V rámci konstrukčního návrhu byl elektropohon rozdělen do několika konstrukčních celků, které byly postupně řešeny a vybrané celky byly ověřeny výpočtem.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	elektropohon, pomocný pohon, elektromobilita, invalidní vozík, kvadruplegie, paraplegie, konstrukční návrh

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Nedvěďová	Name Jana	
STUDY PROGRAMME	N0715A270017 Design engineering of machines and technical devices		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Čermák, Ph.D.	Name Roman	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Auxiliary wheelchair drive unit		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	142	TEXT PART	112	GRAPHICAL PART	30
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis contains a design of an auxiliary wheelchair drive unit. The design is based on the requirements specified on the basis of a survey involving paraplegics, quadriplegics and occupational therapists. As part of the design, the wheelchair drive unit was divided into several smaller units, which were subsequently designed. Selected units were verified by calculations or FEA analysis.
KEY WORDS	electric drive, auxiliary drive, electromobility, wheelchair, quadruplegia, paraplegia, design

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	13
Seznam obrázků	14
Seznam tabulek	18
Úvod	20
1 Elektropohony na trhu.....	21
1.1 E-pilot.....	21
1.2 BATEC MINI a SCRAMBLER.....	22
1.3 HURT-e	22
1.4 Klaxon Klick.....	23
1.5 Swiss-Trac	23
1.6 Firefly	24
1.7 E-Drive	24
1.8 Triride – Special Light Model	25
1.9 NINO ONE.....	25
1.10 UNAwheel Mini.....	26
1.11 Shrnutí konkurenčních elektropohonů.....	27
2 Konstrukční celky elektropohonu	28
3 Patentová rešerše	29
3.1 Závislé a nezávislé patentové nároky	29
3.2 Rozsah ochrany patentu.....	29
3.3 Patent EP3501469B1: Stojan.....	29
3.4 Patent EP3501468A1: Samonosný monokokový rám.....	30
3.5 Patent EP3020385A1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku.....	31
3.6 Patent EP3439604B1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku.....	32
3.7 Patent EP2810633B1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku.....	33
3.8 Patent KR101598484B1: Konkrétní konstrukční řešení elektropohonu	34
4 Uživatelé pomocných elektropohonů.....	35
4.1 Klasifikace tělesného postižení	35
4.1.1 Nízká paraplegie – stupeň 6	36
4.1.2 Vysoká paraplegie – stupeň 5.....	36
4.1.3 Nízká tetraplegie	36
4.1.4 Vysoká tetraplegie.....	37
4.2 Průzkum požadavků na elektropohon.....	38

4.2.1	Shrnutí průzkumu dle tří skupin respondentů	38
4.3	Rozdílné požadavky na konstrukci elektropohonu u tetraplegiků a paraplegiků	40
4.3.1	Funkční ruka tetraplegika	41
4.3.2	Příklady usnadnění ovládání elektropohonu u tetraplegiků	42
5	Specifikace požadavků pro vlastní konstrukční návrh	43
5.1.1	Jednoduchý systém připojení elektropohonu k vozíku	43
5.1.2	Univerzálnost	43
5.1.3	Snadná ovladatelnost	43
5.1.4	Skladnost	43
5.1.5	Hmotnost	44
5.1.6	Bezpečnost a spolehlivost	44
5.1.7	Nekonfliktnost s patenty	44
5.1.8	Design	44
5.1.9	Cena	44
6	Kolo s integrovaným elektromotorem	46
6.1	Elektromotor	46
6.1.1	Stejnoseměrné elektromotory (DC)	46
6.1.2	Střídavé elektromotory (AC)	46
6.1.3	Elektronicky komutovaný motor (BLDC)	47
6.2	Velikost kola	48
6.2.1	Vlastnosti závislé na velikosti kola	48
6.3	Variety kol s integrovaným elektromotorem	49
6.3.1	Varianta 1	49
6.3.2	Varianta 2	50
6.3.3	Varianta 3	50
6.3.4	Varianta 4	51
6.4	Výběr kola s integrovaným elektromotorem	52
7	Akumulátor	54
7.1.1	Varianta 1	55
7.1.2	Varianta 2	55
7.2	Výběr akumulátoru	55
8	Rám	57
8.1	Typ rámu	57
8.1.1	Zhodnocení	57

8.2	Hlavní rozměry rámu	58
8.2.1	Hlavový úhel	58
8.2.2	Předsazení – offset	58
8.2.3	Stopa	59
8.3	Materiál rámu	60
8.3.1	Porovnání hliníku a karbonu	60
8.3.2	Charakteristika uhlíkového kompozitu	61
8.3.3	Orientace uhlíkových vláken.....	62
8.4	Možnost složení rámu.....	63
8.4.1	Varianta 1: Sklopení přípojného rámu	63
8.4.2	Varianta 2: Sklopení řídítek – vítězná varianta	64
8.5	Kontrola patentů	64
8.6	Kapota.....	65
8.7	Vlastní konstrukční návrh rámu s kapotou	65
8.7.1	Rozpad rámu s kapotou	65
8.7.2	Detail zámku kapoty.....	66
8.7.3	Detail zakomponování světla lepením	66
8.7.4	Detail zasunutí kapoty do drážky na rámu	66
9	Vidlice	67
9.1	Rozměry vidlice.....	67
9.2	Materiál vidlice.....	67
9.3	Řídící hřídel	67
9.3.1	Hlavové složení	67
9.3.2	Rozměry řídicí hřídele.....	69
9.3.3	Materiál řídicí hřídele.....	69
9.4	Blatník	69
9.4.1	Rozměry blatníku	69
9.4.2	Materiál blatníku	69
9.5	Vlastní konstrukční návrh vidlice.....	69
9.6	MKP vidlice.....	70
9.6.1	Nasíťování a definování laminátu	70
9.6.2	Případ 1: Statické zatížení	72
9.6.3	Případ 2: Náraz do obrubníku	73
9.6.4	Případ 3: Náklon.....	75

10	Řídítka	76
10.1	Rozměry řídítek	76
10.2	Materiál řídítek.....	76
10.3	Způsob aretace kola pomocí řídítek.....	76
10.3.1	Varianta 1 – řídítka opřená o rám.....	76
10.3.2	Varianta 1 – řídítka opřená o držák displeje.....	76
10.4	Vlastní návrh řídítek	77
10.4.1	Součásti sklápěcího mechanismu	78
10.4.2	Součásti představce.....	78
10.4.3	Součásti řídítka	79
10.5	Vlastní návrh mechanismu sklápění řídítek.....	79
10.5.1	Poloha řídítek 1	80
10.5.2	Poloha řídítek 2.....	82
10.5.3	Poloha řídítek 3.....	83
10.6	Finální podoba řídítek	84
11	Stojan.....	85
11.1	Rozměry stojanu	85
11.2	Materiál stojanu	85
11.3	Kontrola patentů.....	85
11.4	Varianty stojanu	85
11.4.1	Stojan s lineárním pohonem	85
11.4.2	Stojan ke každému kolečku procházející vybráním v rámu.....	85
11.4.3	Zhodnocení	86
11.5	Kolečka	86
11.6	Vlastní návrh stojanu	87
12	Systém připojení elektropohonu k vozíku.....	88
12.1	Typy provedení systému připojení.....	88
12.1.1	Čistě mechanické spojení	88
12.1.2	Spojení pomocí elektromagnetu	88
12.1.3	Mechanické spojení s elektromechanickým odepínáním.....	88
12.1.4	Zhodnocení	89
12.2	Rozměry systému připojení	89
12.3	Materiál systému připojení	89
12.4	Kontrola patentů.....	90

12.5	Adaptér k vozíku.....	90
12.6	Adaptér k elektropohonu.....	91
12.6.1	Pružina	92
12.6.2	Elektromechanický prvek – aktuátor	92
12.6.3	Síla aktuátoru F_a potřebná k přetlačení pružiny.....	93
12.6.4	Výpočet zdvihu aktuátoru.....	97
12.6.5	Výběr aktuátoru	97
12.6.6	Nouzové mechanické odjištění	100
12.6.7	Zajištění polohy lineárního aktuátoru.....	100
12.6.8	Vlastní návrh adaptéru k elektropohonu.....	102
13	Sestavení všech konstrukčních celků	103
14	Závěr.....	106
15	Seznam použitých zdrojů	107
PŘÍLOHA č. 1.....		i
PŘÍLOHA č. 2.....		iii
PŘÍLOHA č. 3.....		v
PŘÍLOHA č. 4.....		viii

Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
g	gram
kg	kilogram
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
km	kilometr
W	watt
V	volt
A	ampér
Ah	ampérhodina
Wh	watthodina
a	gravitační zrychlení
F	síla
N	Newton
Nm	Newton metr
rpm	otáčky za minutu
Pa	Pascal
MPa	Megapascal
GPa	Gigapascal
Φ	úhel natočení
OD	vnější průměr
ID	vnitřní průměr
r	poloměr
d	průměr
D_1	vnější průměr pružiny
L_0	délka pružiny ve volném stavu
z	celkový počet závitů
n	počet činných závitů
L_8	délka pružiny ve stlačeném stavu
F_8	síla pružiny ve stlačeném stavu
i	poměr vinutí (D_1/d)
c	tuhost pružiny
k	koeficient bezpečnosti

Seznam obrázků

Obrázek 1 - SmartDrive MX2+, Attitude Hybrid, WheelDrive (3) (4) (5) (6) (7) (8).....	21
Obrázek 2 - e-pilot od firmy Alber (9) (10)	22
Obrázek 3 - BATEC MINI (nalevo) a BATEC SCRAMBLER (napravo) od firmy Batec Mobility (11) (12) (13).....	22
Obrázek 4 - HURT-e (14) (15).....	23
Obrázek 5 - Klick Electric Standard (nalevo), Klick Carbon Standard (uprostřed), Klick Monster Standard (16) (17).....	23
Obrázek 6 - Swiss-Trac (18) (19).....	24
Obrázek 7 – Firefly (20) (21)	24
Obrázek 8 - E-Drive (22)	25
Obrázek 9 - Triride Special Light Model (23) (24).....	25
Obrázek 10 - NINO ONE (25) (26)	26
Obrázek 11 - UNAwheel Mini Basic a Active (27) (28) (29).....	26
Obrázek 12 – Konstrukční celky elektropohonu – E-pilod od Alber (30).....	28
Obrázek 13 - Předmět patentu EP3501469B1 (35).....	30
Obrázek 14 - Tlumení stojanu Batec Scrambler (12).....	30
Obrázek 15 – Předmět patentu EP3501468A1 (36).....	31
Obrázek 16 - Předmět patentu EP3020385A1 (European Patent Office, 2020) (38)	32
Obrázek 17 - Spojovací systém elektropohonu k vozíku firmy Alber GmbH. (39)	32
Obrázek 18 - Předmět patentu EP3439604B1 (41) (16)	33
Obrázek 19 - Předmět patentu EP2810633B1 (42) (23)	34
Obrázek 20 - Předmět patentu KR101598484B1 (44).....	34
Obrázek 21 - Páteř a mícha (47).....	35
Obrázek 22 - Rozsah tělesného postižení nízké tetraplegie (46)	36
Obrázek 23 - Rozsah tělesného postižení vysoké tetraplegie (46).....	37
Obrázek 24 - Tenodéze (vlevo), Aktivní funkční ruka (vpravo) - úchop válcový (A), meziprstní (B), klíčový (C) a dlaňový (D) (46)	41
Obrázek 25 – Schéma stejnosměrného elektromotoru (stator tvořen permanentními magnety po obvodu, oranžový komutátor napojen na rotor) (52)	46
Obrázek 26 - Schéma BLDC motoru s Hallovými sondami (55)	47
Obrázek 27 - Ukázka statoru BLDR motoru, jehož rotor tvoří obruč kola s výpletem (56)....	47
Obrázek 28 - Varianta 1: BLDC motor 750-1000W, přední kolo 20" (58)	49
Obrázek 29 - Řídící jednotka Magic – 50A (59).....	50
Obrázek 30 - BLDC motor 750-1000W, přední kolo 16" (60)	50

Obrázek 31 - Varianta 3 (61).....	50
Obrázek 32 - Řídící jednotka pro variantu 3 (62)	51
Obrázek 33 - Varianta 4 (63).....	51
Obrázek 34 - Řídící jednotka k variantě 4 (64).....	52
Obrázek 35 - Varianta 1 (65).....	55
Obrázek 36 - Varianta 2 (65).....	55
Obrázek 37: Varianty umístění systému připojení k invalidnímu vozíku vyznačené červeným křížkem (pohled shora).....	57
Obrázek 38 - Model sestavy invalidního vozíku (66)	58
Obrázek 39 - Geometrie cyklistického kola (67)	59
Obrázek 40 - Návrh hlavních rozměrů rámu elektropohonu.....	59
Obrázek 41 - Polární diagram závislosti pevnosti v tahu a směru zatěžování vláken (72).....	62
Obrázek 42 - Příklad pokládání vrstev uhlíkové tkaniny pro spodní rámovou trubku rámu firmou Specialized (71).....	63
Obrázek 43 - 2 varianty zlepšení skladnosti elektropohonu	64
Obrázek 44 - Rozpad rámu s kapotou	65
Obrázek 45 - Detail zámku kapoty.....	66
Obrázek 46 - Detail držáku světla kapoty	66
Obrázek 47 - Detail zasunutí kapoty do drážky na rámu	66
Obrázek 48 - Standard vs tapered hlavové složení (74).....	67
Obrázek 49 - Hlavové složení FIRST RK1 (76)	68
Obrázek 50 - Ježek hlavového složení (77)	68
Obrázek 51 - Vlastní konstrukční návrh vidlice.....	69
Obrázek 52 - Nasítování vidlice	70
Obrázek 53 - Mechanické vlastnosti uhlíkového kompozitu	71
Obrázek 54 - Pevnostní charakteristiky uhlíkového kompozitu	71
Obrázek 55 - Definování vrstev laminátu	72
Obrázek 56 - Příklad 1: aplikace síly, posunutí v y-ose.....	73
Obrázek 57 - Příklad 1: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy.....	73
Obrázek 58 - Příklad 2: aplikace síly, posunutí v z-ose	74
Obrázek 59 - Příklad 2: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy.....	74
Obrázek 60 - Příklad 3: aplikace síly, posunutí v x-ose.....	75
Obrázek 61 - Příklad 3: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy.....	75
Obrázek 62 - Nastavitelný pant (79)	77
Obrázek 63 - Nástavec a držák displeje	77

Obrázek 64 - Rozpad řídítek	78
Obrázek 65 - Představec.....	78
Obrázek 66 - Objímka tubusu řídítek (svorka) (80).....	79
Obrázek 67 - Gripy na řídítko (81).....	79
Obrázek 68 - Brzdová páčka na řídítko (82)	79
Obrázek 69 - Řídítko v poloze 1.....	80
Obrázek 70 - Řídítko v poloze 1 - detail	80
Obrázek 71 - Parametry pružiny dle normy ČSN 026020 (83).....	81
Obrázek 72 – Řídítko v poloze 1 - svislé pružiny	81
Obrázek 73 – Řídítko v poloze 1 - vodorovná pružina (pohled zespoda)	82
Obrázek 74 - Řídítko v poloze 2.....	82
Obrázek 75 - Řídítko v poloze 2 - vodorovná pružina s tlačítkem (pohled zespoda)	83
Obrázek 76 - Řídítko v poloze 3.....	83
Obrázek 77 - Nesklopená řídítko.....	84
Obrázek 78 - Sklopená řídítko.....	84
Obrázek 79 - Nesklopená řídítko.....	84
Obrázek 80 - Sklopená řídítko.....	84
Obrázek 81 – Kolečko stojanu (84).....	86
Obrázek 82 - Kolečko stojanu – vlastní návrh uchycení.....	86
Obrázek 83 - Stojan.....	87
Obrázek 84 - Stojan - šířka 320 mm	87
Obrázek 85 - Stojan - způsob uchycení k rámu	87
Obrázek 86 – Příklad elektromagnetu MAGNALOCK M32M (85).....	88
Obrázek 87 - Systém připojení - adaptér k vozíku.....	91
Obrázek 88 - Systém připojení - profil přípojovací části adaptéru vozíku	91
Obrázek 89 - Adaptér k elektropohonu	92
Obrázek 90 - Adaptér k elektropohonu - schéma.....	92
Obrázek 91 – Schéma aktuátoru (87).....	93
Obrázek 92 - Schéma systému připojení (pozice 1 = plná čára, Pozice 2 = přerušovaná čára).....	94
Obrázek 93 - Lineární mikroaktuátor L12 včetně grafu závislosti rychlosti zdvihu [mm/s] na zatížení [N] (88)	97
Obrázek 94 - Lineární solenoid série F1040 firmy Transmotec včetně grafu závislosti síly (gf) na zdvihu (mm) (89).....	98
Obrázek 95 – Lineární mikroaktuátor P16 firmy Actuonix včetně grafu závislosti rychlosti zdvihu [mm/s] na zatížení [N] (91)	99

Obrázek 96 - Kulová násada se závitem na nouzovou páku (92)	100
Obrázek 97 - Nouzové mechanické odjištění systému spojení obou adaptérů	100
Obrázek 98 - Zajištění polohy lineárního aktuátoru.....	101
Obrázek 99 - Odvalování válečků při výsuvu aktuátoru.....	101
Obrázek 100 - Rozpad částí adaptéru k elektropohonu.....	102
Obrázek 101 - Adaptér elektropohonu - způsob připojení k rámu.....	102
Obrázek 102 - Kompletní sestava elektropohonu	103
Obrázek 103 - Model standardizované sedící osoby (93)	103
Obrázek 104 - Model sestavy v nezapojeném stavu	104
Obrázek 105 - Model sestavy v zapojeném stavu	104
Obrázek 106 - Sestava elektropohonu.....	105
Obrázek 107 - Žádost o vyjádření etické komise Centra Paraple	ii
Obrázek 108 – Dotazník.....	iv

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Průzkum trhu - shrnutí	27
Tabulka 2 - Specifikace elektromotoru - varianta 1	49
Tabulka 3 - Specifikace elektromotoru - varianta 2	50
Tabulka 4 - Specifikace elektromotoru - varianta 3	51
Tabulka 5 - Specifikace elektromotoru – varianta 4	51
Tabulka 6 Zhodnocení variant.....	53
Tabulka 7 – Dojezdové vzdálenosti vybraného elektromotoru v závislosti na akumulátoru... 54	
Tabulka 8 – Specifikace akumulátoru – varianta 1	55
Tabulka 9 - Specifikace akumulátoru - varianta 2	55
Tabulka 10 - Zhodnocení variant	56
Tabulka 11 - Zhodnocení typu rámu	57
Tabulka 12 – Vyhodnocení volby materiálu rámu.....	61
Tabulka 13 - Charakteristiky vysokopevnostního a vysokomodulového uhlíkového vlákna (71)	61
Tabulka 14 - Specifikace hlavového složení FIRST RK1 (76).....	68
Tabulka 15 - Parametry nastavitelného pantu (79)	77
Tabulka 16 - Parametry svislých pružin řídítek (83).....	81
Tabulka 17 - Parametry vodorovné pružiny (83)	81
Tabulka 18 - Parametry koleček ke stojanu (84).....	86
Tabulka 19 - Zhodnocení variant typu rámu elektropohonu.....	89
Tabulka 20 - Parametry pružiny adaptéru k rámu elektropohonu (83)	92
Tabulka 21 – Parametry adaptéru rámu v systému připojení – Poloha 1 a 2.....	94
Tabulka 22 - Parametry lineárního mikroaktuátoru L12 (88)	98
Tabulka 23 - Parametry lineárního solenoidu F1564S (90)	98
Tabulka 24 - Parametry lineárního mikroaktuátoru P16	99
Tabulka 25 - Zhodnocení výběru lineárního aktuátoru	99

Seznam grafů

Graf 1 - Hlavní požadavky na elektropohon dle kvadruplegiků a paraplegiků	40
Graf 2 - Nutnost asistence paraplegikům vs. kvadruplegikům při připojování elektropohonu k vozíku a při nakládání elektropohonu do auta	41
Graf 3 - Specifikace požadavků na základě průzkumu	43
Graf 4 - Převoz elektropohonu v autě	44
Graf 5 - Způsob uhrazení ceny elektropohonu	45
Graf 6 - Účely využití elektropohonu	48
Graf 7 – Zájem o funkci couvání	52
Graf 8 - Požadavky na dojezd elektropohonu	54
Graf 9 - Požadavky na možnost vyjmout baterii z rámu	54
Graf 10 - Pevný vs. skládací rám invalidního vozíku	90

Úvod

Elektromobilita je v posledních letech velice rychle rozvíjející se koncept. Jedná se o „komplexní řešení pohybu vozidel pomocí elektřiny, respektive provoz dopravních prostředků s elektrickým pohonem.“ (1) Jedním z hlavních důvodů vývoje elektropohonů je vytvoření alternativního typu pohonu, který by nahradil ostatní typy spalovacích motorů produkující škodlivé emise CO₂. Ty mají za následek znečišťování životního prostředí, které je v dnešní době stále více eskalujícím problémem. V automobilovém průmyslu je proto elektromobilita velkým tématem, na jehož vývoj směřují společnosti stále více svých prostředků. „V roce 2018 celkový počet elektromobilů přesáhl pomyslnou hranici 5 milionů. Oproti roku 2017 se jedná o 63% nárůst.“ (2)

Koncept elektromobility se ale také rozvíjí v dalších odvětvích, a to zejména v cyklistice. V takovém případě se jedná o přídavný pohon, jehož cílem je ušetření energie cyklisty tak, aby mohl dosáhnout větší vzdálenosti či rychlosti. Stejně tak využívají přídavné elektropohony lidé s tělesným postižením, kteří jsou uživateli mechanických invalidních vozíků. Zapojením elektropohonu mohou šetřit energii a dosáhnout větších vzdáleností. Stejně tak jim mohou napomoci při integraci do kolektivu a účastnit se například cyklistických výletů či při cestách do přírody. Obecně se s využíváním elektropohonu stávají soběstačnějšími.

Cílem této práce je nalézt a vytvořit nové konstrukční řešení, které bude dostatečně výkonné, bezpečné a s uspokojivým designem. Přídavný elektropohon by měl být jednoduchý na obsluhu a manipulaci při samotném řízení, při nakládání a vykládání z auta nebo při připojování k invalidnímu vozíku. Dále by elektropohon měl být navržen tak, aby jej mohlo využívat co nejvíce skupin lidí s různým rozsahem tělesného postižení. Mimo jiné je nutné prozkoumat, jaké podobné produkty jsou již na trhu, a provést patentovou rešerši tak, aby při vlastním konstrukčním návrhu nedošlo ke konfliktu s patentovými nároky konkurenčních produktů.

V procesu vyvážení konstrukčního návrhu je také nutné získat postřehy a požadavky na konstrukci přímo od cílové skupiny, pro kterou je elektropohon navrhován, a tou jsou uživatelé invalidních vozíků. Dále je nutné vést rozhovor také s ergoterapeuty, kteří s takto tělesně postiženými lidmi denně pracují. Toto bude dosaženo vytvořením online průzkumu v Centru Paraple, o.p.s.

1 Elektropohony na trhu

Před vlastním konstrukčním návrhem je nejdříve nutné nastudovat stav současné techniky v oblasti elektropohonů pro invalidní vozíky. Obecně se dají elektropohony rozdělit dle polohy připojení k invalidnímu vozíku na zadní a přední přídavné elektropohony. Přední elektropohony jsou navíc vybaveny říditky pro manipulaci a ovládání a jsou předmětem této diplomové práce.

Příkladem zadního elektropohonu je elektropohon *SmartDrive MX2+*, který se zapíná a vypíná klepnutím na hodinky *PushTracker* a ovládá se velice intuitivně. Pomocí sensorů pohybu v chytrých hodinkách stačí dvakrát poklepat na bok invalidního vozíku a *SmartDrive* se uvede do provozu. Stejně tak se *SmartDrive* vypíná.

Dále existují hybridní formy elektropohonů, kdy se v podstatě jedná o handbike doplněný o elektropohon. Příkladem je handbike *Attitude Hybrid*, který má v sobě zakomponovaný násobič síly, což je vhodné pro kvadruplegiky, kteří nemohou horní končetiny plně zatěžovat.

Úplně odlišným konceptem elektromobility jsou kola *QUICKIE WheelDrive*, která v sobě mají integrovaný elektromotor a nahrazují zadní kola invalidního vozíku. Vozíčkář má možnost vybrat si částečnou nebo úplnou asistenci při pohánění vozíku díky duální poháněcí obruči.



Obrázek 1 - SmartDrive MX2+, Attitude Hybrid, WheelDrive (3) (4) (5) (6) (7) (8)

1.1 E-pilot

Elektropohon E-pilot od německé firmy Alber je velice inovativním a elegantním řešením s dutým hliníkovým rámem vyrobeném pomocí hydroformingu, ve kterém je integrovaná vyjímatelná lithiová baterie. Tato podoba rámu je firmou patentována. Dalším významným prvkem je relativně velké 16“ kolo s pohonem, které umožňuje snadné překonávání překážek jako jsou například obrubníky nebo nerovné povrchy. Dalším charakteristickým prvkem tohoto výrobku je stojan s kolečky, která jsou upevněná pomocí pružného elementu – silentbloku, umožňující ohyb koleček ve směru jízdy, což je klíčové při nárazu do překážky nebo při upínání pohonu k invalidnímu vozíku. Toto řešení je firmou Alber GmbH patentované. Systém upínání elektropohonu k vozíku je vyřešen mechanickým způsobem tak, že se připíná k prvku umístěnému pod sedadlem vozíku. Tento prvek je nastavitelný na různé velikosti invalidních vozíků a jeho střední část je vyjímatelná tak, aby bylo možné rám vozíku složit. Montáž elektropohonu je velmi snadná a vyžaduje pouze navedení čepu do drážky prvku pod sedadlem a opření se do řídítek pro fixaci. Demontáž se provádí zvednutím páčky na spojovacím rámu.



Obrázek 2 - e-pilot od firmy Alber (9) (10)

1.2 BATEC MINI a SCRAMBLER

Elektropohony BATEC MINI a BATEC SCRAMBLER se řadí mezi výrobky španělské firmy Batec Mobility, která nabízí několik produktů ve třech řadách – electric, hybrid a quad. Řada hybrid umožňuje mimo elektrický pohon i manuální pohon a řada quad je určena pro kvadruplegiky s porušenou hybností a citlivostí horních končetin, přičemž pro ně je ovládání přizpůsobeno tak, aby bylo poměrně citlivější na jemné pohyby v zápěstí. BATEC MINI je designován tak, aby byl malých rozměrů, ale aby obstál v těžkém terénu a dosahoval relativně vysoké rychlosti až 20 km/hod. Velikost poháněného kola je 16“ a nominální výkon motoru je 350W. Oproti tomu varianta BATEC SCRAMBLER je určena pro náročnější uživatele. Tento elektropohon má větší kolo o průměru 19“ s výkonem 1200W a s výkonnější baterií má o zhruba 10 km delší dojezd a je o 2 kg těžší. Všechny produkty mají robustní kolo pro snadné překonání překážek, nastavitelný sklon řídicích páček, hliníkový rám a upínání k vozíku je velmi snadné a je prováděné pouze mechanicky podobně jako u elektropohonu E-pilot. Demontáž je zde provedena pomocí lanka a páčky vyvedené k řídicím páčkám.



Obrázek 3 - BATEC MINI (nalevo) a BATEC SCRAMBLER (napravo) od firmy Batec Mobility (11) (12) (13)

1.3 HURT-e

Elektropohon HURT-e od firmy HURT s.r.o. je velmi oblíbeným produktem na trhu a jedná se o nejčastěji využívanou variantu respondentů dotazníku prováděného v rámci této diplomové práce. Hlavní charakteristikou jsou malé rozměry, nízká hmotnost a malý průměr pohonného kola 10“. Tento typ elektropohonu nedisponuje typickým stojanem se dvěma kolečky, ale malým bočním opěrným stojánkem. Vzhledem k tomu, že tento typ pohonu je vybaven kolem s malým průměrem, je jeho využití určené spíše pro rovné povrchy a neporadil by si tak snadno s překážkami jako jsou obrubníky apod. Způsob upínání je založen na

podobném principu jako u předchozích pohonů. S tímto elektropohonem je možné otočit se snadno na místě a disponuje třemi nastavitelnými rychlostmi.



Obrázek 4 - HURT-e (14) (15)

1.4 Klaxon Klick

Série produktů Klaxon Klick byla vyvinuta rakouskou firmou KLAXON MOBILITY GmbH. Systém připojení *Klick Linking System Klaxon* k invalidnímu vozíku funguje mechanicky a je patentován. Montáž elektropohonu je založena na stejném principu jako ostatní produkty, místo připojení se ale nachází na svislém rámu s řídky. Tento způsob připojení obnáší jeden krok navíc, ve kterém musí uživatel invalidního vozíku připojit nejdříve spojovací rám k vozíku a následně jej připojit k elektropohonu. Na rozdíl od ostatních značek není stojan pohonu vybaven dvěma kolečky. Firma nabízí několik variant elektropohonu, které se liší zejména ve velikosti hnacího kola. Standardní variantou je produkt Klick Electric Standard s velikostí kola 14“, další zajímavou odlehčenou variantou je produkt Klick Carbon Standard s karbonovým krytem, která není vhodná do složitějších terénů a hnací kolo je velké 8“. Naopak elektropohon Klick Monster Standard je do těžkého terénu zcela přizpůsobený, protože je výkonnější a disponuje hnacím kolem s průměrem 20“, za to je ale těžší.



Obrázek 5 - Klick Electric Standard (nalevo), Klick Carbon Standard (uprostřed), Klick Monster Standard (16) (17)

1.5 Swiss-Trac

Elektropohon Swiss-Trac švýcarské firmy ATEC Ingenieurbüro AG se poměrně výrazně liší svou konstrukcí od ostatních produktů. Tento výrobek si vysloužil přezdívku „traktor“ díky jeho robustnější koncepci a schopností překonat nejnáročnější terény. Na rozdíl od ostatních produktů je tento elektropohon vybaven madly pro ovládání a olověným akumulátorem, kvůli kterému dosahuje celková hmotnost elektropohonu 65 kg. Vysoká hmotnost však napomáhá větší adhezi při překonávání strmých svahů či při jízdě ve sněhu nebo při projezdu kamenitým potokem. Kromě toho je elektropohon svými rozměry vhodný pro přepravu nákladu do 40 kg, což umožňuje maminkám přepravu dítěte v dětské sedačce. Nakládání elektropohonu do

automobilu probíhá pouze s využitím nájezdných plošin vzhledem k velké hmotnosti elektropohonu. Připojení elektropohonu k vozíku funguje mechanicky vsunutím spojovací části rámu do konzoly upevněné k vozíku. Zajištění je mechanické stejně tak i odjištění, které se provede prostřednictvím páčky.



Obrázek 6 - Swiss-Trac (18) (19)

1.6 Firefly

Přídavný elektropohon Firefly americké firmy Rio Mobility se od ostatních liší zejména způsobem připojení k invalidnímu vozíku. Spojovací rám je tvaru U a upínání k vozíku je tak prováděno ve dvou bodech. Na rámu vozíku v oblasti kolen jsou upevněny dvě svorky s čepy, za které se zavěsí spojovací U rám elektropohonu a nutné je ještě manuální zajištění na obou stranách, což je oproti ostatním produktům krok navíc. Firefly patří se svou velikostí průměru kola spíše k menším elektropohonům pro lehčí terény.



Obrázek 7 – Firefly (20) (21)

1.7 E-Drive

E-drive je přídavný elektropohon české firmy Víc Než Kolo a svým řešením se podobá cyklistickému kolu, protože má velké hnací kolo o průměru 20“ a jednoduchá široká řídítka. Spojovací rám je podobně jako u elektropohonu *Firefly* vidlicový a upíná se ve dvou bodech k invalidnímu vozíku. Pod sedadlo vozíku se nasazuje výztuha, která má k sobě připevněnou tyč sloužící jako pojistný spojovací prvek při montáži elektropohonu k vozíku. Po demontáži elektropohonu a výztuhy zůstávají na vozíku přimontované pouze dva adaptéry.



Obrázek 8 - E-Drive (22)

1.8 Triride – Special Light Model

Produkt Triride italské společnosti TRIRIDE vyniká svou nízkou hmotností a zároveň je velice skladný, což je například vhodné při převážení automobilem. Stejně jako produkty *Firefly* a *E-Drive* má i Triride vidlicový spojovací rám, který se upíná ve dvou bodech na invalidním vozíku. Kromě toho jsou svorky, pomocí kterých se upíná elektropohon k vozíku, patentované a elektropohon je kompatibilní s většinou modelů invalidních vozíků. I přesto je montáž elektropohonu prováděna v několika krocích, což není časově nejefektivnější v porovnání s ostatními elektropohony. Díky poměrně velkému průměru kola je tento výrobek vhodný i pro nerovný terén. Do velmi obtížného terénu by byly však vhodné jiné varianty elektropohonů, které firma nabízí a které například disponují kolem s průměrem 20“.



Obrázek 9 - Triride Special Light Model (23) (24)

1.9 NINO ONE

NINO ONE je elektropohon francouzské firmy Nino Robotics, který je malých rozměrů a nízké hmotnosti a disponuje malým osmipalcovým kolem. Od ostatních produktů se liší designem, zejména díky barevnému plastovému stojanu bez koleček. Řídítka jsou skládací a aby byla možná montáž elektropohonu k invalidnímu vozíku, musí být na vozíku připevněný rám okolo nohou postiženého, ke kterému se jednoduše mechanicky připevňuje elektropohon, který se navíc musí zajistit manuálně dvěma čepy.



Obrázek 10 - NINO ONE (25) (26)

1.10 UNAwheel Mini














Elektropohon UNAwheel Mini od singapurské firmy UNAcare vyniká svým minimalistickým designem a malými rozměry. Jedná se pravděpodobně o nejmenší a nejlehčí elektropohon na trhu a vozíčkář jej může zvednout pouze jednou rukou. Elektropohon váží pouhých 5,3 kg a pro lepší skladnost jsou navíc řídítka odnímatelná. Průměr kola je 6“ a způsob připojení k vozíku je velice jednoduchý. Podobně jako u ostatních elektropohonů montáž probíhá tak, že vozíčkář navede čep pohonu do drážky na invalidním vozíku a pohybem elektropohonu od těla se spojení zajistí. Pro demontáž se spojení odjistí páčkou. Podmínkou je mít přidělaný adaptér UNAwheel k invalidnímu vozíku, který by měl mít odklopnou a odnímatelnou podnožku. V případě varianty Active se adaptér nachází před nohama vozíčkáře a v případě varianty Basic se adaptér i s elektropohonem nacházejí mezi nohama vozíčkáře za podnožkou.



Obrázek 11 - UNAwheel Mini Basic a Active (27) (28) (29)

1.11 Shrnutí konkurenčních elektropohonů

Tabulka 1 - Průzkum trhu - shrnutí

Technická data	E-pilot	BATEC MINI	BATEC SCRAMBLER	HURT-e	Klick Electric Standard	Klick Carbon Standard	Klick Monster Standard	Swiss-Trac	Firefly	E-Drive	Triride Special Light	NINO ONE	UNAwheel Mini
													
Firma	Alber GmbH.	Batec Mobility S.L.	Batec Mobility S.L.	HURT s.r.o.	KLAXON MOBILITY GmbH	KLAXON MOBILITY GmbH	KLAXON MOBILITY GmbH	ATEC Ingenieurbüro AG	Rio Mobility	Vic Než Kolo	TRIRIDE srl	Nino Robotics	UNAcare, Pte. Ltd.
Cena	150 000 CZK	150 000 CZK	195 000 CZK	65 000 CZK	103 000 CZK	106 000 CZK	130 000 CZK	175 000 CZK	58 000 CZK	85 000 CZK	137 000 CZK	67 000 CZK	40 000 CZK
Základní data													
Rozměry (ŠxVxH) [cm]	56x95x90	58x99,5x97,5	58x102x107	50x90x30	50x95x40	45x90x25	50x90x50	51x7x75				45x76x56	V85
Celková hmotnost	18,4 kg	18,7 kg	22,2 kg	12 kg	9,9 kg	9,2 kg	18 kg	65 kg	15,9 kg	16 kg	9 kg	9,8 kg	5,3 kg
Hnací kolo													
Průměr	16" x 3.00"	16" x 2.40"	19" x 2.75"	10"	14"	8"	20"	260x85 mm	12.5" x 3.00"	20"	14"	8"	6"
Výkon motoru	250 W (max. 650 W)	900 W (max.1050 W)	1200 W (max.1300 W)	500 W	370 W	370 W	1000 W	400 W	350 W	500 W	1000 W	250 W	250 W
Rychlost	0,5-20 km/hod	20 km/hod	30 km/hod	40 km/hod	15 km/hod	15 km/hod	15 km/hod	6 km/hod	19 km/hod		25 km/hod	10 km/hod	16 km/hod
Couvání	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano
Baterie													
Dojezd	50 km	40 km	50 km	30 km	25 km	25 km	40 km	30 km	24 km	60 km	50 km	20 km	15 km
Napětí [V] / kapacita [Ah]	36 V / 13,8 Ah	36 V / 14,5 Ah	48 V / 14,1 Ah	48 V / 8,8 Ah	36 V / 5,8 Ah	36 V / 5,8 Ah	48 V / 11 Ah	2 x 12 V / 40 Ah	36 V / 7 Ah	36 V / 17 Ah	48V / 10Ah	24 V / 7,4 Ah	24 V / 6,4 Ah
Kapacita [Wh]	496 Wh	522 Wh	678 Wh	422 Wh	209 Wh	209 Wh	528 Wh	960 Wh	252 Wh	612 Wh	480 Wh	178 Wh	153,6 Wh
Typ	lithium-iontová				lithium-iontová	lithium-iontová	lithium-iontová	olověná	lithium-iontová		lithium-iontová	lithium-iontová	lithium-iontová
Konstrukce													
Rám	hliníkový (hydroforming)	7005 T6 hliník	7005 T6 hliník	hliníkový	hliníkový	hliníkový + karbonový kryt	hliníkový	ocelový + hliníkové opláštění	hliníkový 6061-T6	ocelový	nerezová ocel	hliníkový + ABS-PC shell	hliníkový
Nastavitelná velikost/sklon rámu	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
Nastavitelná velikost/sklon řídlítek	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
Sklápění řídlítk	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano
Tlumení stojanu	Ano	Ne	Ano	Stojánek	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	N/A	Ne	Ne	N/A
Brzdy	kotoučová brzda 203 mm hydraulická (dual)	kotoučová brzda Avid BB5, Avid G2 180 mm + parkovací	kotoučová brzda Avid BB7, Avid Centerline 200 mm + parkovací	kotoučová brzda, dva nezávislé brzdíče	kotoučová brzda 160 mm (double)	kotoučová brzda 140 mm (single)	dvojitý systém - kotoučová brzda 160 mm s elektronickou	dynamická brzda motoru + mechanická parkovací	kotoučová brzda 160 mm (dual)	kotoučová brzda Shimano SLX hydraulická	kotoučová elektronická brzda	kotoučová brzda 140 mm hydraulická Shimano	elektronická
Ostatní													
Display	2,4" TFT display	LCD displej	LCD displej	Ano	LCD displej	LCD displej	LCD displej	Ne	TFT display	Ne	LCD displej	Ne	LCD displej

2 Konstrukční celky elektropohonu

Na základě prozkoumání trhu je možné lépe definovat konstrukční skupiny, ze kterých se elektropohon skládá a které se budou později navrhovat. Při konstrukčním návrhu se řeší každá ze skupin včetně způsobu jejich propojení. Hlavní konstrukční celky jsou popsány na Obrázek 12 a jsou následující:

1. **Kolo s elektromotorem** – Kromě kola s integrovaným elektromotorem bude nutné řešit i ostatní příslušenství elektro výbavy, do které se řadí akumulátor, řídicí jednotka a displej.
2. **Vidlice** – Vidlice se napojuje na kolo s elektromotorem a dále do ní spadá řešení blatníku, který se na vidlici přímo přiděluje. Kromě toho je zásadní navrhnout krk vidlice, což je řídicí hřídel procházející rámem, kde se musí řešit i uložení krku vidlice do rámu.
3. **Rám** – Rám má nosnou funkci a propojuje všechny konstrukční skupiny dohromady.
4. **Řídítka** – Řídítka slouží k ovládání elektropohonu a upevňují se přímo na krk vidlice.
5. **Stojan** – Stojan slouží jako podpora pro volně stojící elektropohon. Většinou se skládá ze dvou koleček tak, aby byl nezapojený elektropohon zároveň pojízdný.
6. **Systém připojení** – Systém připojení se skládá ze dvou hlavních částí. Jednou z nich je adaptér, který je permanentně připnutý k vozíku a druhá část je adaptér, který je permanentně připnutý k rámu elektropohonu.



Obrázek 12 – Konstrukční celky elektropohonu – E-pilod od Alber (30)

3 Patentová rešerše

Kromě průzkumu konkurenčních produktů na trhu je také nutné provést patentovou rešerši a tím zjistit, zda některý z jejich prvků není chráněný patentem a pokud ano, tak do jaké míry. Každý z patentů musí být detailně uvážěn v rámci návrhu konstrukčního řešení daného prvku. Vytvoření patentu je způsob ochrany nových vynálezů, které jsou „výsledkem vynálezecké činnosti a jsou průmyslově využitelné.“ (31) Patent obsahuje popis vynálezu včetně patentových nároků, které přesně vymezují rozsah ochrany vynálezu. Pro lepší interpretaci patentových nároků jsou patenty doplněny o obrázky. Patentový nárok je většinou shrnut v jedné větě a skládá se z úvodní a význakové části. Úvodní část obsahuje název a znaky vynálezu, „které jsou nutné pro určení předmětu vynálezu, a které ve vzájemné kombinaci vycházejí z jednoho řešení, které je součástí dosavadního stavu techniky.“ Význaková část patentového nároku je uvedena slovy „...vyznačující se tím, že...“ a obsahuje „určující znaky, pro které se ve spojení se znaky, které jsou uvedeny v úvodní části, požaduje ochrana.“ (32)

3.1 Závislé a nezávislé patentové nároky

Existují dva druhy patentových nároků – závislé a nezávislé. Nezávislé patentové nároky uvádějí podstatné prvky vynálezu a ke každému z nich může být uvedeno jeden a více závislých patentových nároků. Závislé patentové nároky přebírají všechny prvky nezávislého patentu a rozšiřují ho o různá zvláštní výhodná provedení. V úvodu závislého patentového nároku musí být vždy uvedeno, na kterém patentovém nároku je závislý.

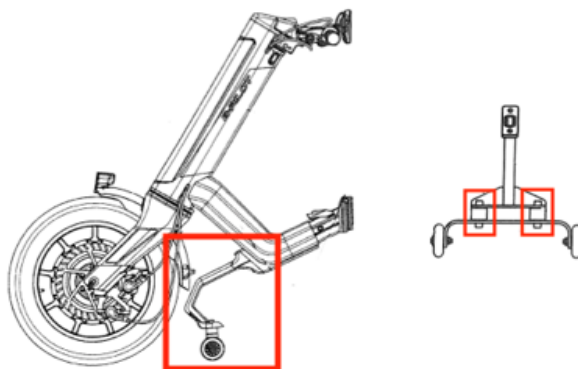
3.2 Rozsah ochrany patentu

Patentové nároky vymezují rozsah ochrany vynálezu. Právní systém ochrany patentů se liší v každé zemi, ale většinou je to tak, že předmět, který je v konfliktu s patentovaným vynálezem, spadá do rozsahu ochrany patentu v momentě, kdy se shoduje s prvky vynálezu uvedenými alespoň v jednom z patentových nároků. (33)

Dle rozhodnutí českého Nejvyššího správního soudu je to tak, že „předmět spadá do rozsahu ochrany určitého patentu na vynález pouze tehdy, jestliže předmět určení vykazuje, a to alespoň ve formě ekvivalentů, všechny podstatné znaky definované alespoň v jednom z nezávislých patentových nároků. Jestliže předmět nespadá do rozsahu nezávislého patentového nároku, nemůže spadat ani do příslušných závislých patentových nároků, které vzhledem ke své závislosti platí pouze ve spojitosti s nezávislým patentovým nárokem.“ (34)

3.3 Patent EP3501469B1: Stojan

Patent EP3501469B1 s názvem *Stand, leader guidance device with stand and wheelchair train with a leader guidance device* se týká elektropohonu E-pilot of firmy Alber GmbH. Předmětem patentové ochrany je stojan s kolečky elektropohonu E-pilot, u kterého se v rámci jediného nezávislého patentového nároku patentuje pružný prvek stojanu, jehož tuhost ve směru jízdy je menší než tuhost v alespoň jednom z dalších dvou směrů s ohledem na kartézský souřadnicový systém. Patent dále obsahuje 8 dalších závislých patentových nároků, ve kterých dále například zní, že pružný prvek je alespoň jeden a pokud dva, jsou rozmístěny kolmo na směr jízdy a paralelně k podlaze. Pružný element se může nacházet kdekoliv od podlahy do místa kontaktu stojanu se zbytkem elektropohonu. Pružným prvkem je silentblok. (35)



Obrázek 13 - Předmět patentu EP3501469B1 (35)

Toto tlumení rámu je důležité zejména při překonávání nečekaně vysokých překážek, které by do stojanu mohly tvrdě narazit. Prostřednictvím pružného prvku dojde k částečnému tlumení nárazu a stojan se mírně ohne ve směru jízdy. Dále je ohyb stojanu příhodný při montáži elektropohonu k invalidnímu vozíku, kdy se zvětší rozsah toho, kam až můžeme elektropohon zatlačit při navádění čepu do drážky.

Firma Batec Mobility tlumení stojanu vyřešila jinak, viz Obrázek 14. V tomto případě se pružný element neohýbá ve směru jízdy, tj. tuhost v tomto směru není menší než v alespoň jednom z ostatních dvou směrů. K ohybu dochází převážně ve svislém směru okolo čepu, který je orientovaný kolmo ke směru jízdy.



Obrázek 14 - Tlumení stojanu Batec Scrambler (12)

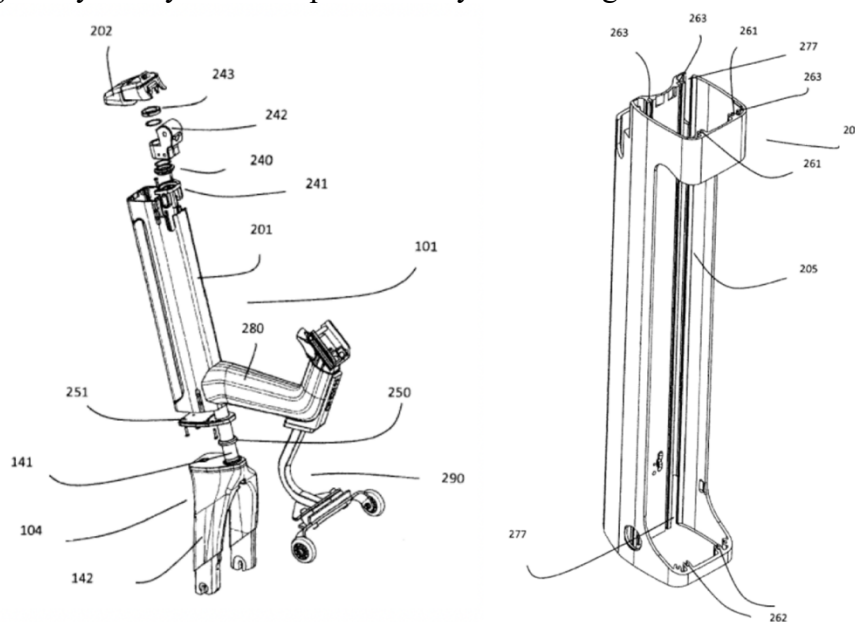
3.4 Patent EP3501468A1: Samonosný monokokový rám

Patent EP3501468A1 s názvem *Leader guidance device for a wheelchair and wheelchair train with a leader guidance device* se týká elektropohonu E-pilot of firmy Alber GmbH.

Patent má jediný nezávislý patentový nárok popisující zařízení, které má minimálně jedno kolo ovládané skrze hlavní řídicí hřídel (141). Tato hřídel je zakomponována v dutém samonosném rámu (201), ke kterému je připevněn spojovací rám (280) sloužící ke spojení s vozíkem. Na obě strany dutého rámu se usazuje horní a dolní ložisko (240, 250) pro řídicí hřídel. Dále má dutý rám minimálně dva otvory pro vstup a výstup (277) ovládacích elementů jako je například hydraulické, pneumatické a elektrické vedení nebo elementy pro mechanický přenos sil.

V dalších 9 závislých patentových nárocích je popsáno hlavové složení, které se skládá z nosné desky (241), na které sedí ložisko (240), dále nastavitelný element (242), do kterého se upínají říditka, a matka (243). Na spodní straně nosného rámu je pod ložiskem umístěná také nosná deska (251). Co se týče baterie, je uložena do vybrání na nosném rámu. Dutá část nosného

rámu vznikla procesem vytlačování jako jeden kus. Spojovací rám je k dutému nosnému rámu přivařen a oba jsou vyrobeny z hliníku procesem hydroformingu.



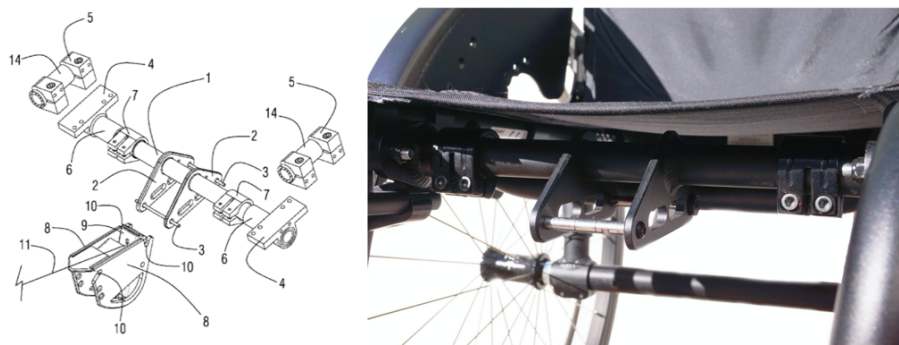
Obrázek 15 – Předmět patentu EP3501468A1 (36)

3.5 Patent EP3020385A1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku

Patent EP3020385A1 s názvem *System for coupling an auxiliary element to a wheelchair* se týká elektropohonů firmy Batec Mobility. Předmětem patentu je připojovací systém elektropohonu k vozíku, který zahrnuje spojovací tyč, která se upevňuje pod sedadlem vozíku, a spojovací adaptér elektropohonu, kterým se elektropohon připojuje k tyči. (37)

Rozsah patentu je popsán třemi nezávislými patentovými nároky. První nezávislý patentový nárok popisuje spojovací tyč (1), která je vybavena spojovacími prostředky kompatibilními se spojovacími prostředky adaptéru elektropohonu. Dále tyč musí být vybavena spojovacími prvky pro připojení k vozíku. V dalších sedmi závislých patentových nárocích jsou popsány poměrně detailně části spojovací tyče, které jsou zobrazeny na Obrázek 16. Hlavním prvkem spojovací tyče jsou dvě paralelní plochy (2) spojené dvěma čepy (3) uprostřed a svorky (5, 14), trubkové držáky (4) a utahovací kroužky (7) pro spojení s vozíkem.

Druhý nezávislý patentový nárok popisuje spojovací adaptér elektropohonu, který se skládá z několika ploch, mezi kterými se nachází člen (9), který se částečně otáčí v momentě montáže spojovacího adaptéru ke spojovací tyči. Kromě toho je spojovací adaptér vybaven mechanickou pojistkou, která zabrání rozepnutí tohoto spojení. V dalších třech závislých patentových nárocích je adaptér popsán poněkud detailněji, například že mechanická pojistka je ovládaná na elektropohonu prostřednictvím lanka (11), svorky a pružiny. Dalším důležitým prvkem na adaptéru elektropohonu jsou vybrání na ploškách (10), do kterých by dle třetího nezávislého patentového nároku měly zapadat čepy spojovací tyče.



Obrázek 16 - Předmět patentu EP3020385A1 (European Patent Office, 2020) (38)

Existuje konkurenční řešení firmy Alber GmbH., ve kterém se naopak čepy nenacházejí na spojovací tyči, ale jsou součástí spojovacího adaptéru elektropohonu. Na spojovací tyči jsou pouze vybrání, viz Obrázek 17. Černé části jsou přidělané permanentně k vozíku a zbytek je možné odejmout vysunutím postranních čepů tak, by bylo možné rám vozíku složit.

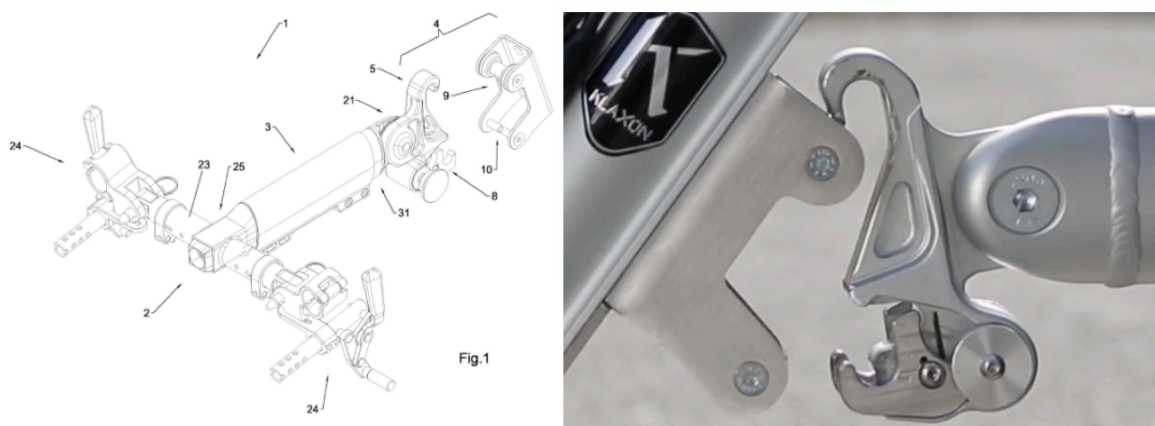


Obrázek 17 - Spojovací systém elektropohonu k vozíku firmy Alber GmbH. (39)

3.6 Patent EP3439604B1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku

Patent EP3439604B1 s názvem *Connection assembly for coupling an auxiliary drive system to a wheelchair for disabled people* se týká elektropohonů firmy Klaxon Mobility GmbH. Předmětem patentu je přípojný systém elektropohonu k vozíku. (40)

V prvním nezávislém patentovém nároku je popsáno, že první spojovací člen (5) je prostřednictvím podélného členu (3, 31) připevněn k vozíku a jeho hlavními částmi jsou dvě vybrání neboli drážky (6,7), z čehož jedna zahrnuje zajišťovací mechanismus (8). Druhý spojovací člen má dva čepy (9, 10), které mají dle patentového nároku zapadat do zmíněných drážek prvního spojovacího členu. Uspořádání spojovacího systému může vypadat tak, že první člen připojený k vozíku má čepy místo drážek a druhý spojovací člen má naopak drážky místo čepů. V dalších osmi závislých patentových nárocích jsou velmi detailně popsány části konkrétního zajišťovacího mechanismu, který je přehledně zachycen na obrázcích, které jsou obsahem patentu. Druhý nezávislý patentový nárok popisuje podobu pomocného pohonu pro vozíky, který má mít tubulární sloupek, do kterého je vsunuta řídicí sestava, která má na jednom konci kolo s pohonem a na druhém prostředky k řízení. Součástí pomocného pohonu by měl být samozřejmě přípojný systém, který je hlavním předmětem patentu.



Obrázek 18 - Předmět patentu EP3439604B1 (41) (16)

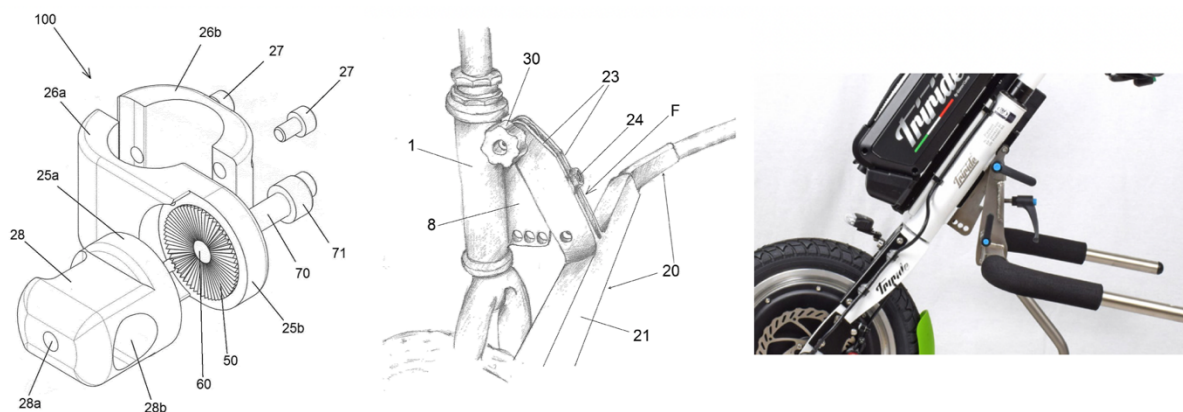
Způsob připojení elektropohonu k invalidního vozíku je ve většině případů založen na podobném principu, kdy se jedná o zaklesnutí čepů do drážek se zajištěním. Například elektropohony *HURT-e*, *Nino One* nebo *UNAwheel Mini* mají velmi podobné připojení, konkrétně *Nino One* a *UNAwheel Mini* se liší v tom, že jim chybí podélný člen (3, 31), který by byl paralelní s osou ve směru jízdy. *HURT-e* podélný člen má, ale liší se v konkrétním zajišťovacím mechanismu.

3.7 Patent EP2810633B1: Přípojný systém elektropohonu k vozíku

Patent EP2810633B1 s názvem *Removable motor power device for wheelchairs of disabled users* se týká elektropohonů firmy Triride. Předmětem patentu je přípojný systém elektropohonu k vozíku. (42)

Předmětem patentu v rámci jediného nezávislého patentového nároku je střední spojovací rám do tvaru U a způsoby jeho uchycení k elektropohonu a zejména k vozíku. U-rám má příčnou část (21) a dvě postranní. Uprostřed příčné části se nachází prostředky pro nastavitelné spojení rámu k elektropohonu a na koncích postranních částí rámu se nachází prostředky pro nastavitelné spojení rámu k vozíku. Kloubové spojení U-rámu k vozíku je docíleno prostředky, které sestávají z válcové objímky (26a, 26b) připevněné k rámu vozíku a z trubkového prvku s válcovým otvorem (28, 28b), do kterého se zasouvá U-rám. Válcová objímka a trubkový prvek s otvorem jsou připevněny ke dvěma diskům (25a, 25b), které jsou k sobě otáčivě namontované tak, aby bylo možné nastavovat sklon rámu vůči vozíku.

V dalších deseti závislých patentových nárocích je detailně popsáno zmíněné spojení U-rámu k vozíku, ale také spojení U-rámu k elektropohonu, které funguje tak, že se do příruby (8) na elektropohonu zasune vidlice rámu (23) a spojí se čepem (30) pro zavěšení součástí k sobě a druhým čepem se zajišťuje sklon vidlice (rámu) vůči elektropohonu, jak je naznačeno na Obrázek 19 - Předmět patentu EP2810633B1 .



Obrázek 19 - Předmět patentu EP2810633B1 (42) (23)

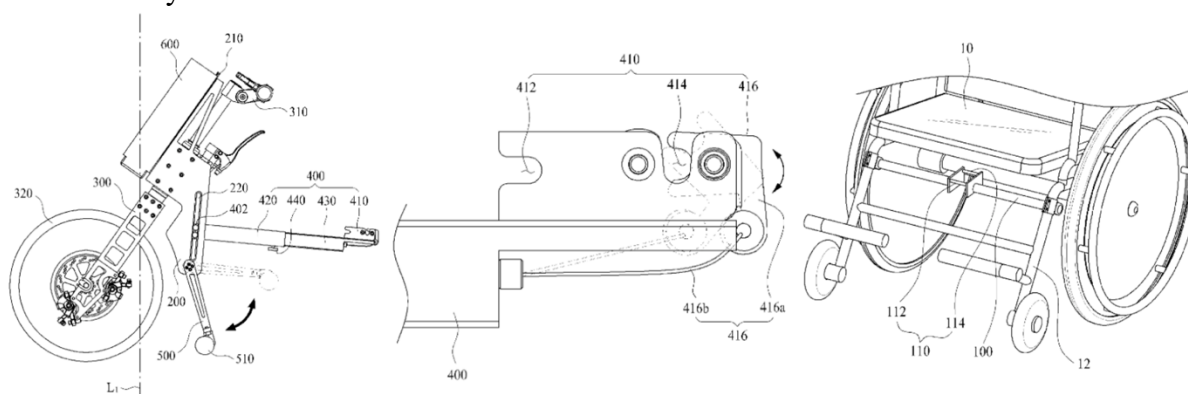
3.8 Patent KR101598484B1: Konkrétní konstrukční řešení elektropohonu

Předmětem korejského patentu KR101598484B1 s názvem *Removable wheelchair drive auxiliary devices* je konkrétní řešení elektropohonu, včetně způsobu zapojení elektropohonu k vozíku. (43)

V nezávislém patentovém nároku stojí, že elektropohon má hlavní rám (200), do kterého je otočně vložen řídicí rám (300), ke kterému je připevněno hnací kolo (320) a říditka (310) na druhé straně. V hlavním rámu je vytvořena vertikální drážka (220), do které pasuje prvek (402) spojovacího rámu (400). Na konci spojovacího rámu se nachází spojovací adaptér (410) zajišťující spojení s vozíkem. Baterie (600) elektropohonu je dle patentového nároku umístěna na nakloněné části hlavního rámu (210).

V dalších 11 závislých patentových nárocích je popsáno, že je pohon integrován do předního kola a že baterie je vyjímatelná a upevňuje se vsunutím do vodící drážky. Dále má elektropohon stojan (500) s kolečky (510), který je přidělaný k hlavnímu rámu. Mimo to je stanoveno, že spojovací adaptér se upevňuje ke dvěma čepům (112, 114) montážnímu rámu (100), který je upevněn k rámu vozíku.

V další části patentu je detailně popsán způsob připojení spojovacího adaptéru k montážnímu rámu, není tak však učiněno v rámci patentových nároků. Vše je doplněno detailními obrázky.

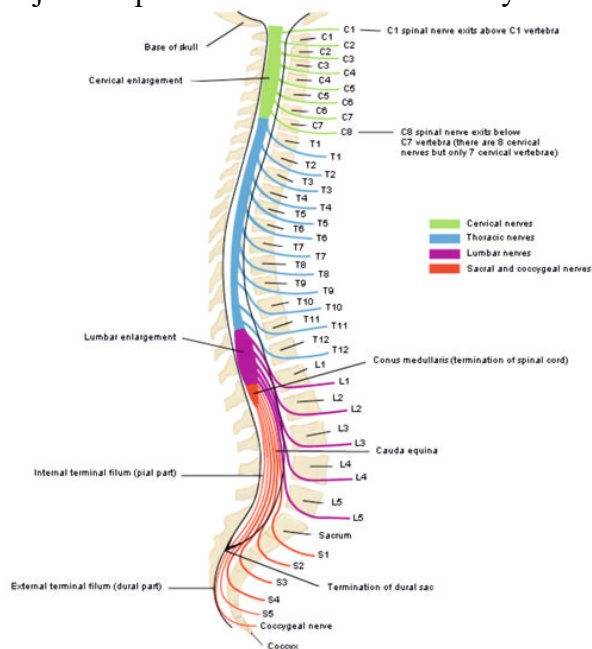


Obrázek 20 - Předmět patentu KR101598484B1 (44)

4 Uživatelé pomocných elektropohonů

Jedním z nejzávažnějších tělesných postižení je poranění míchy, které vzniká v důsledku dopravních nehod, úrazů, násilí, ale také v důsledku patologických procesů jako jsou například tumory, infekce a krvácení. Dle České asociace paraplegiků se počet lidí v ČR s ochrnutím v důsledku míšního léze odhaduje až na 10 tisíc s tím, že ročně těchto lidí přibude až o 300 nových případů, z čehož zhruba polovina je trvale odkázána na invalidní vozík. (45) Tělesné postižení je velký zásah do života a cílem rehabilitací je těmto lidem navrátit soběstačnost v nejvyšším možném stupni. Toto je docíleno mimo jiné i využitím kompenzačních pomůcek, mezi které můžeme zařadit přípojný elektropohon k mechanickému vozíku, jelikož kompenzuje rychlost pohybu či pohyb po nerovném terénu s využitím minimálního úsilí vozíčkáře. Lidé jsou na invalidní vozík trvale odkázáni v důsledku ztráty citlivosti a ochrnutí svalů po poškození míchy, ale důvodem mohou být také jiná vrozená či degenerativní onemocnění jako například roztroušená skleróza nebo svalová dystrofie.

Mícha je součástí centrálního nervového systému procházející páteřním kanálem ohraničeným tělem a obloukem obratlů. Páteř se skládá ze 7 krčních obratlů (C), 12 hrudních (Th), 5 bederních (L), z 5 srostlých křížových obratlů (S) a ze 4 až 5 obratlů kostrčních (Co). Mícha vede páteřním kanálem od prvního krčního obratle C1 až po druhý bederní obratel L2. Rozsah tělesného postižení závisí na výšce poškození míchy – míšního léze – a ta je označována dle míšních segmentů. Míšní segment je oblast míchy, ze které mezi obratli vystupují párově kořeny míšních nervů a těchto segmentů je celkem 31. Míšní nervy vedou do nervové periferie těla a jsou spojeny s motorickými vlákny, které ovládají činnost svalů, a se senzitivními vlákny, které přenášejí informaci o vjemech prostřednictvím nervového systému zpět do mozku. (46)



Obrázek 21 - Páteř a mícha (47)

4.1 Klasifikace tělesného postižení

K poškození či ztrátě hybnosti a citlivosti svalů různých částí těla dochází všude pod úrovní poškozeného míšního segmentu. Dle výšky míšního poškození tak rozdělujeme nízkou paraplegii, vysokou paraplegii, nízkou tetraplegii, vysokou tetraplegii a pentaplegii. Dle Zdeňky Faltýnkové se míšní porušení dělí na 6 stupňů, z čehož první čtyři stupně spadají do tetraplegie a dva do paraplegie: (48) (49)

4.1.1 Nízká paraplegie – stupeň 6

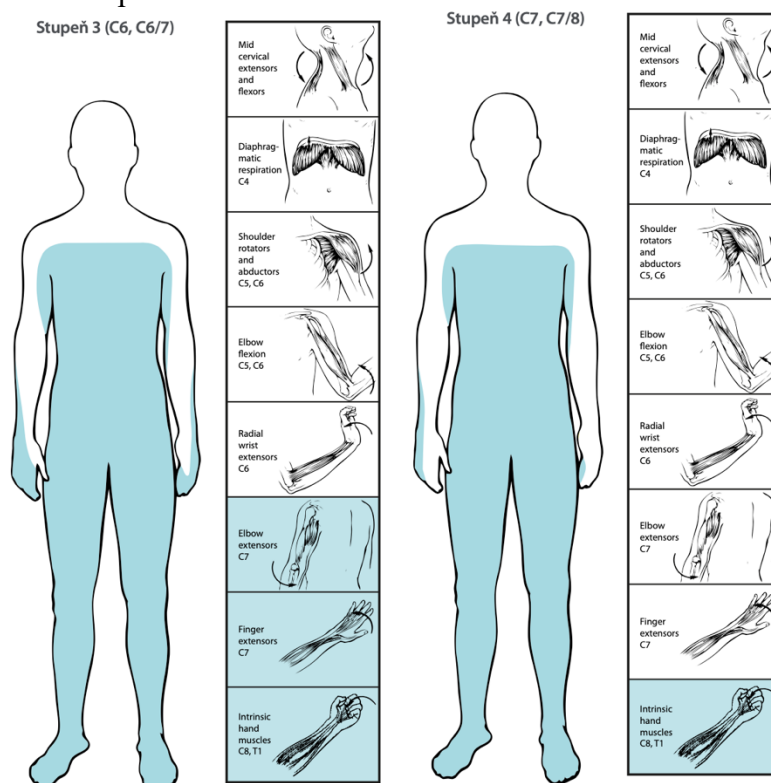
Výška míšňí léze je v oblasti míšňího segmentu Th10 a níže. Úplně či částečně dochází k ochrnutí dolních končetin. Citlivost je zachovaná od břicha nahoru a dochází k poruše vyprazdňování a k poruše funkce močového měchýře. Vozíčkář s nízkou paraplegií je schopen sám sedět bez opory a asistence a zároveň je schopen bez problémů ovládat říditka.

4.1.2 Vysoká paraplegie – stupeň 5

Výška míšňí léze je v oblasti mezi míšňími segmenty Th1 a Th6. Jelikož se jedná o hrudní míšňí segmenty v horní polovině zad, je ztráta hybnosti dolních končetin vždy úplná a citlivost je zachována od hrudi výš. Vozíčkář je „schopen sedět bez opory, může najednou současně zvednout obě horní končetiny a pohybovat jimi všemi směry. Při počátečních pokusech o různé aktivity v této pozici potřebuje dohled asistenta.“ (49) Lidé s tímto rozsahem tělesného postižení jsou také schopni ovládat říditka elektropohonu.

4.1.3 Nízká tetraplegie

Výška míšňí léze je v oblasti mezi míšňími segmenty C6 a C8. Lidé s nízkou tetraplegií jsou schopni zvednout ruce do výše ramen a dělí se do dalších dvou stupňů podle toho, jaké klíčové svaly jsou ještě schopni ovládat.



Obrázek 22 - Rozsah tělesného postižení nízké tetraplegie (46)

4.1.3.1 Stupeň 4

Výška míšňí léze je v oblasti míšňího segmentu C7. Klíčovým svalem je sval triceps brachii (natahovač lokte) a pokud je jeho funkce oslabena, označuje se výška poškozeného míšňího segmentu C7/8. Zachovaná je funkce svalů ramenního pletence, dále je plně zachována hybnost v loketním kloubu a v zápěstí, a narušená je většinou jen jemná motorika prstů. Člověk s tímto rozsahem postižení je schopen „zvednout jednu horní končetinu nad hlavu, může se

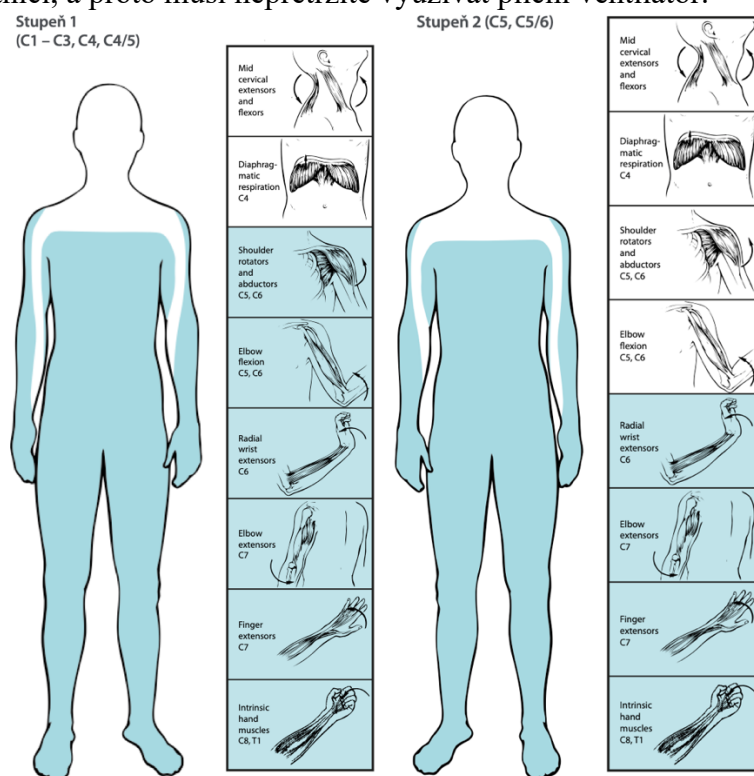
v této pozici předklonit a narovnat. Oporu má o druhou horní končetinu bez potřeby loketního zámku a je schopen sedět bez podepření o horní končetiny. Při počátečních pokusech o různé aktivity v pozici bez opory je potřeba dohled asistenta.“ (49)

4.1.3.2 Stupeň 3

Výška míšňí léze je v oblasti míšňího segmentu C6. Klíčovým svaem je sval extenzor carpi radialis (zvedač zápěstí) a pokud je jeho funkce oslabena, označuje se toto míšňí poškození C6/7. Funkce svalů ramenního pletence a ohýbačů lokte je nepoškozená. Člověk s nízkou tetraplegií třetího stupně „je schopen zvednout jednu horní končetinu do úrovně ramen, druhou horní končetinou se podepírá s uzamčeným loketním kloubem a celou dobu potřebuje dohled asistenta.“ (49) Navíc se může naučit ovládat tzv. **aktivní funkční úchop**, který je popsán v kapitole 4.3.1.1.

4.1.4 Vysoká tetraplegie

V případě vysoké tetraplegie je výška míšňí léze v oblasti mezi míšňími segmenty C4 a C5. Mícha je poškozena v krční oblasti a je tak výrazně narušena citlivost horních končetin. Vysoká tetraplegie je rozdělena do dvou stupňů. K vysoké tetraplegii se řadí i lidé s pentaplegií – konkrétně stupeň 1 – kteří mají výšku míšňí léze nad míšňím segmentem C4. Tito lidé nejsou schopní ovládat bránici, a proto musí nepřetržitě využívat plicní ventilátor.



Obrázek 23 - Rozsah tělesného postižení vysoké tetraplegie (46)

4.1.4.1 Stupeň 2

Výška míšňí léze je v oblasti míšňího segmentu C5. Klíčovým svaem je sval biceps brachii (ohýbač lokte) a pokud je jeho funkce oslabena, značí se výška míšňí léze jako C5/6. Člověk s vysokou tetraplegií stupně 2 je „schopný sedět s oporou o vlastní ruce s loketním zámkem. Není schopen zvednout ruce a udržet rovnováhu, celou dobu potřebuje dohled asistenta.“ (49) Takovýto člověk je schopný naučit se ovládat tzv. **pasivní funkční úchop** (viz kapitola 4.3.1.2)

a může mít malou sílu při zvedání zápestí. V tomto stupni kvadruplegie se často využívá úchop oběma rukama.

4.1.4.2 Stupeň 1

Výška míšňí léze je v oblasti míšňího segmentu C4 a výše. Při poškození C4 a C4/5 je stále funkční brániční dýchání, ale takto tělesně postižený člověk „nemůže sedět bez opory a asistent mu musí během určitých úkonů poskytovat zevní oporu.“ (49) Může mít ale zachovaný pohyb ramen, který ale není dostatečně funkčně využitelný. Při vyšším poranění krční páteře se jedná o pentaplegii, při které je nutné využívání plicního ventilátoru.

4.2 Průzkum požadavků na elektropohon

Aby bylo možné lépe stanovit specifikace požadavků na konstrukční návrh, byl vytvořen dotazník určený uživatelům mechanických invalidních vozíků a ergoterapeutům, kteří s hendikepovanými lidmi pracují. Respondenti byli osloveni na facebookových stránkách Centra Paraple o.p.s. a v newsletteru Centra Paraple o.p.s. Žádost o vyjádření Etické komise Centra Paraple o.p.s. k souhlasu o oslovení klientů Centra Paraple je k nalezení v příloze 1. Dotazník byl vypracován prostřednictvím Google Forms a jeho podoba je zobrazena v příloze 2. Dotazník má celkem tři různé verze. První verze je určená pro ergoterapeuty a pro ostatní zdravotníky, kteří s tělesně postiženými lidmi pracují. Druhá verze je určená pro uživatele mechanických vozíků, kteří elektropohon již vlastní, a třetí verze je určená pro uživatele mechanických vozíků, kteří elektropohon nevlastní. Seznam všech otázek, které byly součástí dotazníku je uveden v příloze 3.

Celkem dotazník vyplnilo 32 respondentů, z toho 23 uživatelů invalidního vozíku, 6 ergoterapeutů a 3 další zdravotníci. Celkem 14 uživatelů invalidního vozíku elektropohon vlastní a 9 uživatelů elektropohon nevlastní, ale všichni uvažují o tom, že si jej pořídí. To poukazuje na to, že elektropohony jsou skutečně velice žádaným produktem na trhu. Celkový počet respondentů se může zdát nedostačující, ale uváží-li se fakt, že lidí s poraněním páteře je v ČR zhruba 10.000, odpovídá to počtu 30.000 respondentů, kdyby byl testovací vzorek celá ČR, tj. zhruba 10 milionů lidí. (45)

4.2.1 Shrnutí průzkumu dle tří skupin respondentů

Vyhodnocení dotazníku je obsahem přílohy 4. Odpovědi respondentů budou vždy uvažovány při návrhu jednotlivých konstrukčních prvků. Avšak shrnutí odpovědí pro jednotlivé skupiny je následující:

4.2.1.1 Lidé, kteří elektropohon vlastní

Paraplegici nebo lidé bez poškození míchy, kterých bylo mezi respondenty celkem 10, vlastní nejčastěji elektropohon Hurt-e (3 respondenti) a Smart Drive (3 respondenti) nebo také Triride a Wheeldrive. Polovina z nich používá výtah, proto je nutné klást důraz na rozměry elektropohonu, aby se s ním do výtahu pohodlně vešli. Jeden z paraplegiků není spokojen s pohonem Hurt-e a jeden se zadním pohonem Smart Drive, protože nejsou použitelné v terénu za deště či na sněhu. Problémem u Hurt-e je malé kolo, které nemá dostatečnou adhezi a u kterého je vysoká pravděpodobnost, že nepřekoná obrubník vyšší než 4 cm. Další nevýhodou je, že se k vozíku musí namontovat speciální díl, který slouží k upevnění pohonu. Pohon Smart Drive má ke všemu vysokou poruchovost a další nevýhodou je, že nepomáhá brzdít z kopce. Polovina respondentů má funkci couvání, protože je výhodná pro lepší manévrovatelnost a je možné se snadněji otočit na malé ploše. Někteří respondenti zmínili, že je funkce důležitá pro vycouvání z výtahu. Uživatelé využívající zadní elektropohon Smart Drive funkci couvání

nemají a couvají vlastní silou, protože nemusí ovládat říditka. Hlavní faktory při rozhodování koupi elektropohonu je možnost složení do auta a rozměry elektropohonu, dále také způsob připojení elektropohonu k vozíku. Nepříliš zásadní byla cena a hmotnost elektropohonu. Nejčastějším účelem využívání elektropohonu jsou cesty do přírody, dále potom na nákup a do práce a využívají jej párkrát v týdnu či sezónně. Téměř všichni převážejí elektropohon v autě a menší polovina z nich si není schopná naložit elektropohon do auta bez pomoci. Většina elektropohonů má dojezd do 30 km, který je pro ně dostačující. Většina respondentů se shodla, že je lepší připojit nabíjecí kabel než baterii vyjmout. Jedna respondentka však uvedla, že musí baterii vyjmout pokaždé, protože není z prostorových důvodů možné, aby s elektropohonem zajela k zásuvce, a navíc elektropohon skladuje ve velmi chladné garáži. Všichni paraplegici nepotřebují asistenci při montáži a demontáži pomocného pohonu k vozíku.

Mezi respondenty jsou i lidé s vysokou tetraplegií (celkem 4 respondenti), kteří ovládají elektropohon pomocí řídiček, ale potřebují úpravu pro kvadruplegii. Elektropohony, které vlastní jsou Hurt-e a Attitude Hybrid. Jejich klíčové faktory při rozhodování při koupi elektropohonu byl způsob připojení elektropohonu k vozíku a způsob ovládání (říditka). Tito respondenti elektropohon využívají párkrát v týdnu/měsíci či sezónně zejména na cesty do přírody. Ani jeden z tetraplegiků není schopen si naložit elektropohon sám do auta a vyžadují tak asistenci. Kromě toho tři ze čtyř tetraplegiků potřebují asistenci při montáži a demontáži elektropohonu k vozíku. Co se týče nabíjení, ani jeden nemusí baterii před nabíjením vyjmout a upřednostňují připojení nabíjecího kabelu přímo k baterii umístěné na elektropohonu nebo k tomu vyžadují asistenci.

Co se týče vybavení, nejčastěji jsou využívána přední světla, blatníky, obaly na elektropohon a výstražné zvonky a nejčastěji uživatelům elektropohonů chybí zadní světlo s možností upevnění na zádovou opěrku, košík na nákup či držák na lahev.

Polovina respondentů si elektropohon hradila sama, zbytek měl buď celou částku či část ceny hrazenou z příspěvků neziskových organizací nebo nadací.

4.2.1.2 Lidé, kteří elektropohon nevlastní, ale uvažují o jeho pořízení

Celkem 9 respondentů uvažuje o koupi elektropohonu, z toho 4 respondenti se řadí do skupiny s vysokou tetraplegií. Všech 9 respondentů by mělo zájem o přední pohon s říditky s tím, že by někteří kvadruplegici vyžadovali například madla a obecně úpravu řídiček či ovládání pohonu na straně silnější ruky. 80% respondentů uvažuje o tom, že bude elektropohon převážet v autě a nejčastěji by jim vyhovoval dojezd do 30km. Větší polovina respondentů nepovažuje funkci couvání jako důležitou. Opět nejčastějším využitím elektropohonu by byly cesty do přírody a na nákup. Oproti lidem, kteří již pohon vlastní by tato skupina využívala elektropohon převážně denně. Co se týče baterie, pouze 30% respondentů by chtěli baterii před nabíjením vyjímat a polovina respondentů by využila baterii navíc. V případě respondentů, kteří už pohon vlastní, byli pouze dva, kteří měli náhradní baterii. Co se týče vybavení nejžádanější je přední světlo, blatník, výstražný zvonek a obal na elektropohon pro uskladnění. Dále potom také košík na nákup, zpětné zrcátko a zadní světlo upevněné na zadní opěrku. Adekvátní cena za elektropohon je podle těchto respondentů nejčastěji okolo 20 tisíc korun. U této skupiny se cena zdá být zcela zásadní a rozhodujícím faktorem pro koupi elektropohonu. Dva respondenti porovnávají elektropohon s elektrokoloběžkou, kterou je možné koupit za 10-20 tisíc korun, proto považují 60.000,- za cenově nejdostupnější Hurt-e na českém trhu za příliš vysokou částku.

4.2.1.3 Ergoterapeuti a jiní zdravotníci

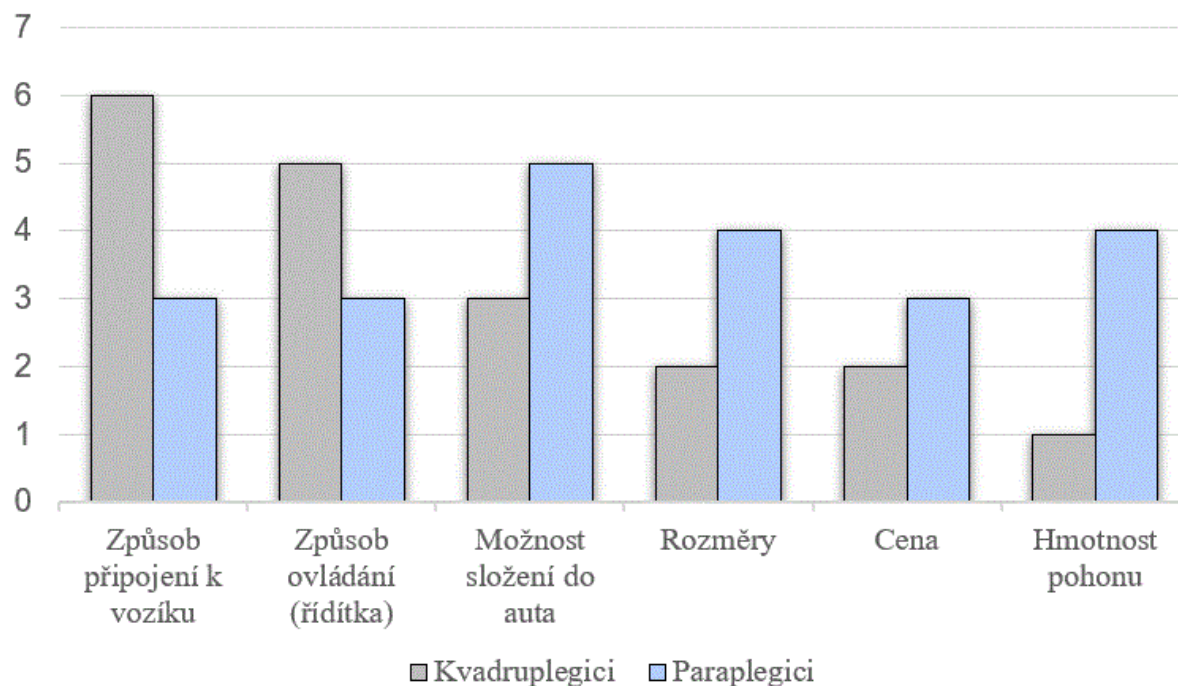
Všichni ergoterapeuti se shodují, že jsou elektropohony pro uživatele mechanických vozíků přínosné, protože umožňují pohyb v exteriéru, který by za standardních podmínek nezvládli a zároveň uleví horním končetinám. Nutné je řešit problematiku připojení elektropohonu k invalidnímu vozíku: „Já osobně bych v naší organizaci uvítala pohon univerzální, který by se dal připnout na jakýkoli mechanický vozík.“ Ze zajímavých elektropohonů na trhu byl zmíněný pohon Hurt-e díky jeho skladnosti, lehké konstrukci a snadnému ovládání.

Dle ergoterapeutů by měl být dojezd alespoň do 50 km (45% respondentů) nebo do 30 km (33% respondentů). 80% dotazovaných ergoterapeutů si myslí, že funkce couvání je pro elektropohon důležitá pro lepší manévrovatelnost při překonávání překážek nebo při otáčení v malých prostorech. Větší polovina dotazovaných ergoterapeutů uvedla, že by baterie měla být vyjímatelná.

4.3 Rozdílné požadavky na konstrukci elektropohonu u tetraplegiků a paraplegiků

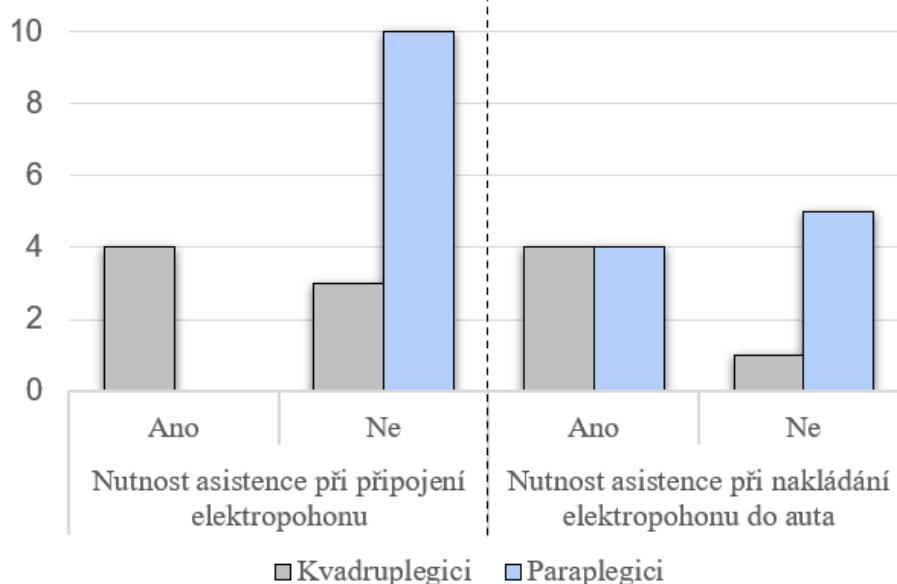
Primárně bude elektropohon navrhován pro paraplegiky. Každé tělesné postižení může mít svoje jedinečné specifikace, které nespádají do žádné definované skupiny. Je pravděpodobné, že pro každého uživatele pomocného elektropohonu bude nutné zakomponování individuálních úprav, zejména pro tetraplegiky. Problémem u kvadruplegiků je neúplná funkce rukou, kdy je ochrnuté svalstvo ovládající například úchop, který je zcela klíčový.

Nejvyšší prioritou pro kvadruplegiky je mít vhodně navržený systém připojení elektropohonu k vozíku a systém řídicí pro ovládání, jak naznačují výsledky průzkumu, viz Graf 1. Naopak pro paraplegiky tato kritéria nejsou tak důležitá, což je pochopitelné, protože hybnost jejich rukou a úchopu je zcela funkční. Paraplegici kladou důraz na možnost složení elektropohonu do auta tak, aby byl co nejkompaktnější, s čímž souvisí i hmotnost pohonu a cena.



Graf 1 - Hlavní požadavky na elektropohon dle kvadruplegiků a paraplegiků

Z průzkumu je dále zřejmé (viz Graf 2), že větší polovina kvadruplegiků vyžaduje asistenci při upínání elektropohonů k vozíku a drtivá většina není schopná naložit si elektropohon do auta bez asistence. Naopak všichni paraplegici nemají problém s připojováním elektropohonu k vozíku a větší polovina z nich nevyžaduje asistenci při nakládání elektropohonu do auta. Tyto výsledky průzkumu nasvědčují tomu, že u většiny kvadruplegiků bude asistence nutná vždy vzhledem k rozsahu jejich postižení.

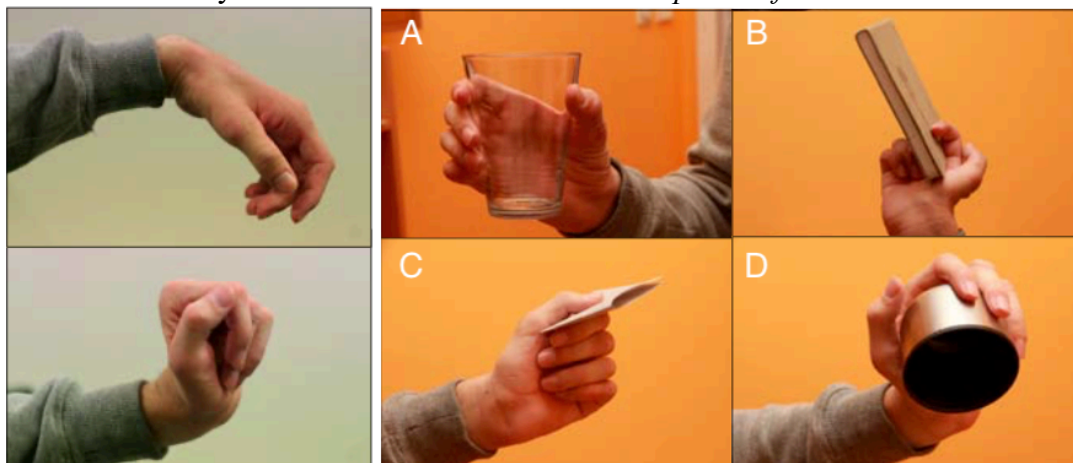


Graf 2 - Nutnost asistence paraplegikům vs. kvadruplegikům při připojování elektropohonu k vozíku a při nakládání elektropohonu do auta

Primárně proto bude elektropohon navrhován pro paraplegiky s tím, že se v této práci pouze definují případné možnosti, jak kvadruplegikům ovládnutí řídicích prvků usnadnit. K tomu je nejdříve zapotřebí pochopit, jak funguje náhradní úchop kvadruplegiků.

4.3.1 Funkční ruka tetraplegika

Funkční ruky neboli náhradního úchopu lze u tetraplegiků dosáhnout prostřednictvím tzv. tenodézy, při které dochází k mírnému sevření prstů do dlaně v momentě, kdy se ruka v zápěstí aktivně zvedne. Naopak při uvolnění zápěstí směrem dolů se prsty natáhnou vlivem svalového napětí natahovačů prstů. Tenodéza je podmíněná správným sedem ve vozíku a dostatečnou hybností horní končetiny. Funkční ruka se dělí na *aktivní a pasivní funkční ruku*.



Obrázek 24 - Tenodéza (vlevo), Aktivní funkční ruka (vpravo) - úchop válcový (A), meziprstní (B), klíčový (C) a dlaňový (D) (46)

4.3.1.1 Aktivní funkční ruka

V případě 3. stupně tetraplegie je běžné používat *aktivní funkční ruku*, protože tito kvadruplegici mají silné zvedače zápěstí. Kromě tenodézního ohýbání prstů využívají přitahovač palce a dokážou si tak vycvičit *válcový, klíčový, meziprstní a dlaňový úchop*. Prostřednictvím dlaňového úchopu by tak byl možný úchop řídítek elektropohonu. (46)

4.3.1.2 Pasivní funkční ruka

Pro 2. stupeň tetraplegie je typické využívání pasivní funkční ruky, protože tito kvadruplegici nemají zachovanou hybnost ruky v zápěstí. Aby se dosáhlo tenodézního ohybu prstů, ruka tetraplegika se zafixuje v mírně zvednuté poloze, ve které dojde k mírnému stažení prstů do dlaně. Toto zpevnění se dosáhne s využitím ortéz či dlaňové pásky.

4.3.2 Příklady usnadnění ovládání elektropohonu u tetraplegiků

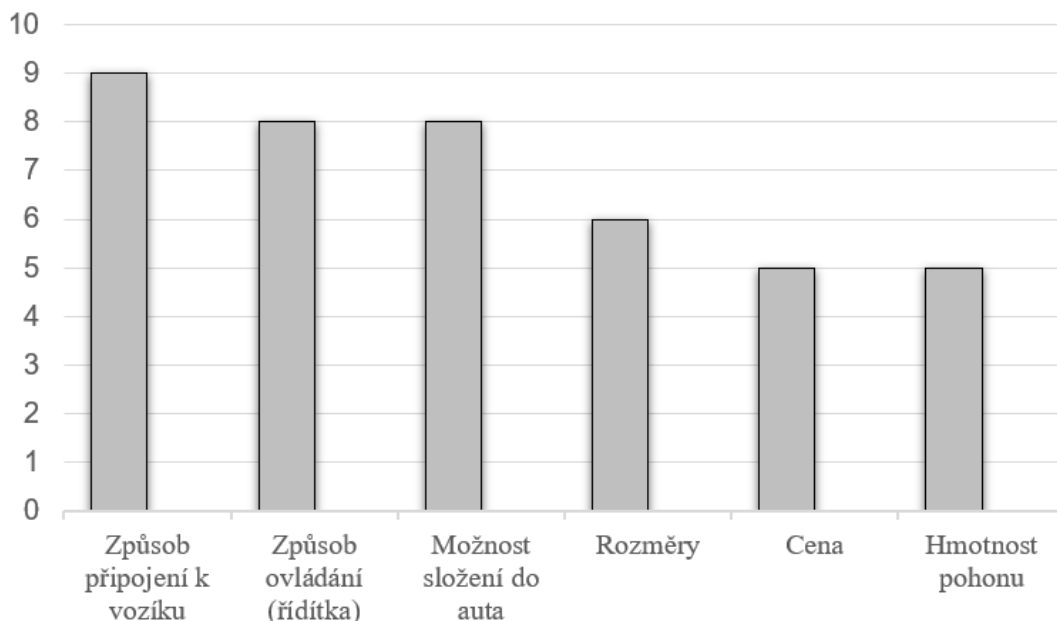
Cílem vlastního konstrukčního návrhu bude navrhnout systém připojení elektropohonu k invalidnímu vozíku takový, aby byl co nejjednodušší a vyžadoval co nejmenší počet nutných kroků.

Co se týče úchopu řídítek, obecně by bylo možné usnadnit úchop následujícími způsoby, které byly navrženy ergoterapeuty prostřednictvím dotazníku:

1. Širší úchop řídítek
2. Pevné poutko na řídítkách pro vsunutí ruky skrz
3. Modelování reliéfu řídítek pro úchop
4. Návleky na ruce se suchými zipy pro připevnění k řídítkům
5. Podložky pro předloktí

5 Specifikace požadavků pro vlastní konstrukční návrh

Specifikaci požadavků je možné částečně určit z průzkumu, ve kterém bylo zjištěno, jaké faktory byly klíčové při koupi elektropohonu pro obě skupiny – tetraplegiky a paraplegiky, viz Graf 3.



Graf 3 - Specifikace požadavků na základě průzkumu

5.1.1 Jednoduchý systém připojení elektropohonu k vozíku

Systém připojení elektropohonu k vozíku či jeho odpojení musí být navržen tak, aby byl co nejjednodušší a vyžadoval co nejmenší snahu uživatele invalidního vozíku.

5.1.2 Univerzálnost

Univerzálnost je v tomto případě naprosto klíčová. Jedná se totiž o návrh produktu, který bude muset být kompatibilní s řadou různých invalidních vozíků. Rámcově však mají stejné hlavní rozměry, které se odvíjí od velikosti postavy. Elektropohon by měl být však nastavitelný na různé velikosti. O tom svědčí odpověď ergoterapeutky v rámci průzkumu: „Velkou otázkou je vždy připojení pohonu k vozíku. Já osobně bych v naší organizaci uvítala pohon univerzální, který by se dal připnout na jakýkoli mechanický vozík.“

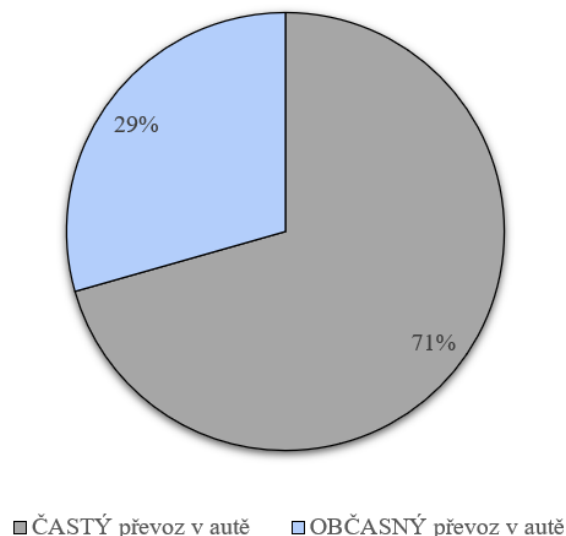
5.1.3 Snadná ovladatelnost

Se snadnou ovladatelností souvisí provedení řídítek a celková geometrie, která zaručí, v jakém rádiu bude možné se s elektropohonem otočit apod. Provedení řídítek se bude lišit pro kvadruplegiky a pro paraplegiky. Jak bylo popsáno v kapitole 4.3.2, návrh konstrukčního řešení je primárně určen pro paraplegiky a pokud uživatelem bude kvadruplegik, budou se muset udělat jisté úpravy vždy podle individuálního případu.

5.1.4 Skladnost

Skladnost souvisí s tím, jaké rozměry bude elektropohon mít v nezapojeném stavu. To je klíčové pro situace, kdy se elektropohon bude muset naložit například do kufru automobilu a malé rozměry zajistí, aby toto nakládání bylo co nejpohodlnější. Jak průzkum nasvědčuje (viz

Graf 4), elektropohon v automobilu často převáží zhruba $\frac{3}{4}$ respondentů a zajištění jisté kompaktnosti je proto důležité.



Graf 4 - Převoz elektropohonu v autě

5.1.5 Hmotnost

Hmotnost je dál zcela zásadní při manipulaci s elektropohonem, opět například při nakládání elektropohonu do auta či z auta. Nejedná se jen o hmotnost samotného elektropohonu, ale zvyšujeme hmotnost samotného invalidního vozíku tím, že na něj upínáme permanentně adaptér systému připojení. Ten by proto měl mít také co nejnižší hmotnost.

5.1.6 Bezpečnost a spolehlivost

Bezpečnost a spolehlivost je samozřejmým požadavkem na konstrukci elektropohonu, což je umocněno tím, že cílovou skupinou uživatelů jsou lidé s tělesným postižením. Zvláštní zřetel by měl být kladený na systém připojení, který se za jízdy nemůže v žádném případě rozpojit.

5.1.7 Nekonfliktnost s patenty

Dalším požadavkem je u každého návrhu konstrukčního celku dbát na to, aby vlastní návrh nekolidoval s rozsahem ochrany patentu konkurenčního produktu. Seznam patentů je uveden v rámci patentové rešerše.

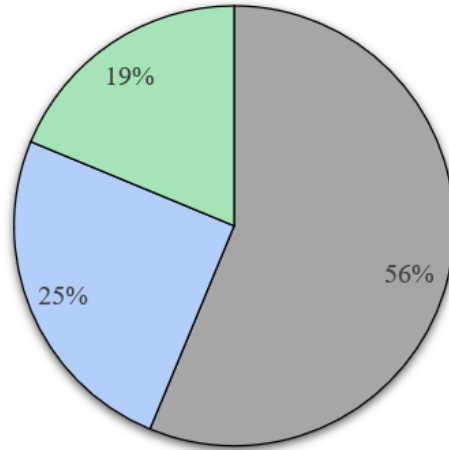
5.1.8 Design

Design je neméně důležitý požadavek na konstrukční návrh, protože vytváří první dojem a napomáhá vytvářet pocit důstojnosti tělesně postiženého člověka. Design je navíc, stejně jako cena, významným faktorem pro prodej elektropohonů. Design je tak jedním z předpokladů pro dobrý odbyt výrobku.

5.1.9 Cena

Cena je pro mnohé limitujícím faktorem při výběru jakéhokoliv produktu. Snahou vlastního konstrukčního řešení samozřejmě je nalézt co nejlevnější řešení, do čehož vstupuje například výběr materiálu nebo způsob výroby. Avšak jelikož se jedná o cílovou skupinu tělesně postižených, existují mnohé nadace či neziskové organizace, které hradí částečnou nebo plnou cenu pomocných pohonů. Z průzkumu vyšlo najevo (viz Graf 5), že necelá polovina

respondentů, kteří elektropohon již vlastní, si elektropohon nemuseli hradit z vlastních prostředků vůbec nebo jen částečně. Větší polovina z nich si elektropohon uhradili z vlastních prostředků a je otázkou, zda o nějaké finanční příspěvky vůbec usilovali. Výsledkem tohoto zjištění je, že není nutné snažit se dostat na nejnižší celkovou cenu, protože uživatelé elektropohonů mají možnost získat finanční pomoc, a hlavně by to bylo na úkor kvality.



- Uhrazení plné ceny
- Uhrazení části ceny, zbytek příspěvky
- Bez finanční účasti, celá částka uhrazena z příspěvků

Graf 5 - Způsob uhrazení ceny elektropohonu

6 Kolo s integrovaným elektromotorem

Hlavními prvky elektrické výbavy je elektropohon kola, který je umístěn ve středovém náboji kola, dále akumulátor pro napájení elektropohonu a řídicí jednotka. Elektromotor stejně jako ostatní elektrická výbava bude budou předměty nákupu.

6.1 Elektromotor

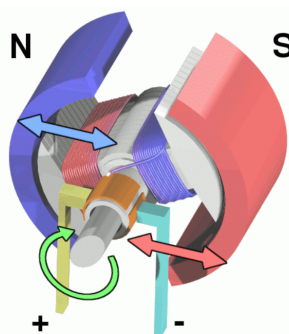
Obecně jsou elektromotory „stroje, které přeměňují elektrickou energii na energii mechanickou.“ (50) Hlavními částmi elektromotoru jsou vinutí statoru a vinutí rotoru. Pokud jimi prochází elektrický proud, dojde ke tvorbě magnetických polí a vzájemným působením přitažlivých a odpuzivých sil těchto polí se rotor elektromotoru roztáčí.

Dle typu využívaného napájení se elektromotory dělí na:

- stejnosměrné elektromotory (DC),
- střídavé elektromotory (AC) – ty se dále dělí na synchronní a asynchronní.

6.1.1 Stejnosměrné elektromotory (DC)

V případě stejnosměrného elektromotoru je vinutí rotoru obklopeno elektromagnety statoru a na rotor je napojen komutátor s kartáči, který mění směr procházejícího proudu v rotoru tak, aby se měnila orientace magnetického pole v cívkách rotoru. Toto přepínání polarit zajišťuje, že se magnety rotoru a statoru navzájem neustále odpuzují nebo přitahují, čímž je udržován rotor v pohybu. (51) Toto je řešení s **permanentsními magnety**. Stejnosměrné elektromotory se dále dělí na **sériové**, jejichž významnou vlastností je, „že mění své otáčky podle zatížení, přičemž čím menší má motor otáčky, tím větší má výkon. Proto se tyto motory používají tam, kde je potřeba velké tažné síly při rozběhu.“ (50) Naopak elektromotory stejnosměrné **derivační** se používají tam, kde je potřeba udržovat stálou rychlost otáčení při různých změnách zatížení.



Obrázek 25 – Schéma stejnosměrného elektromotoru (stator tvořen permanentními magnety po obvodu, oranžový komutátor napojen na rotor) (52)

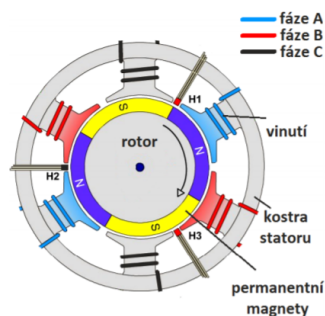
6.1.2 Střídavé elektromotory (AC)

Princip fungování střídavých elektropohonů je takový, že stator je tvořen ze tří elektromagnetů, které jsou od sebe posunuty o úhel 120°. „Každým vinutím elektromagnetu protéká proud vždy jen jedné fáze třífázového proudu. Jestliže do prostoru mezi elektromagnety vložíme magnetku, magnetka se bude otáčet.“ (50) Střídavé elektromotory se dělí na synchronní a asynchronní. V případě **synchronních** střídavých elektromotorů je frekvence otáčení shodná s frekvencí střídavého proudu ve vinutí statoru, což zaručuje přesnost otáček. V případě **asynchronních** elektromotorů, které jsou nejpoužívanějšími typy elektromotorů, není do rotoru přiváděn žádný proud. Střídavý proud prochází pouze vinutím statoru, ve kterém

se indukují točivé magnetické pole, jehož magnetické síly roztočí rotor ve směru otáčení magnetického pole. Rotor se roztočí se zpožděním vůči frekvenci otáčení magnetického pole. Tento rozdíl mezi otáčkami rotoru a točivého magnetického pole se nazývá skluz a zmenšuje se se vzrůstající rychlostí otáčení. (50)

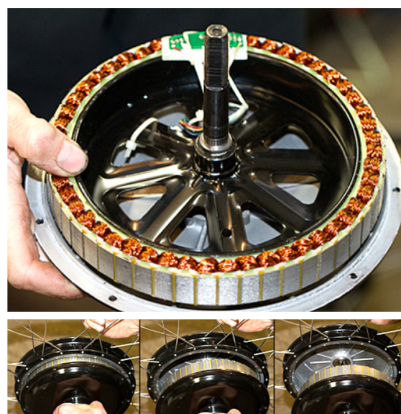
6.1.3 Elektronicky komutovaný motor (BLDC)

Relativně novým typem jsou **elektronicky komutované motory**, které se označují BLDC (Brushless Direct Current) či ECM (Electronically Commutated Motor). Dle Ing. Hlinovského, Csc. patří BLDC motory mezi synchronní motory. „Konstrukční uspořádání EC motoru odpovídá uspořádání synchronního motoru s trojfázovým vinutím na statoru a permanentními magnety na rotoru. Chování je však obdobné jako u motoru stejnosměrného.“ (53) Komutace, tedy proces změny směru proudu v komutující cívice, je u běžných stejnosměrných elektromotorů založena na kluzném kontaktu mezi komutátorem a kartáčem. U BLDC motorů není nutná přítomnost kartáčů, protože komutace je řízena elektronicky. Tímto lze dosáhnout větší životnosti a rychlostí otáčení. Aby mohla elektronická komutace fungovat, musí být snímána poloha rotoru pomocí Hallových sond. „Nedílnou součástí BLDC motoru je elektronická jednotka, nejlépe integrovaná do konstrukce motoru, která řídí napájení jednotlivých vinutí statoru.“ (54) „Pro dosažení velkých momentů se používají čelní převodovky (do 12Nm) nebo planetové převodovky (až do 50Nm).“ (53) Existuje několik konstrukčních řešení s vnitřním rotorem či vnějším.



Obrázek 26 - Schéma BLDC motoru s Hallovými sondami (55)

V případě kola s integrovaným elektromotorem je osa motoru statoru, která je uchycena do vidlice kola. Příslušné elektronické vybavení motoru je umístěno uvnitř této statorové části. Naopak obruč kola včetně výpletu kola je rotorem elektromotoru. Naprogramovaná řídicí jednotka snímá pomocí Hallových sond polohu rotoru a dle toho mění polaritu magnetů statoru, čímž se rotor – obruč kola s výpletem – roztočí. (56)



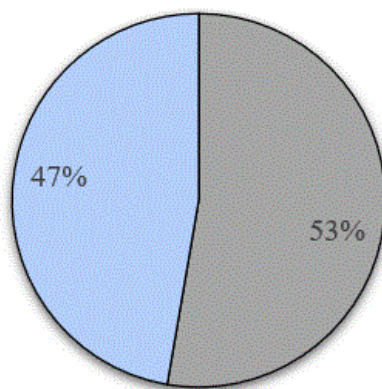
Obrázek 27 - Ukázka statoru BLDR motoru, jehož rotor tvoří obruč kola s výpletem (56)

Výhody BLDC jsou následující: (56)

- Bezúdržbový – vše je bezkontaktní, čímž nedochází k opotřebením a motor se nezahřívá
- Vysoká životnost
- Vysoká účinnost – BLDC motory jsou dvakrát účinnější než kartáčové motory
- Vysoký výkon a kroutící moment

6.2 Velikost kola

Na trhu jsou elektropohony, jejichž průměry kol se pohybují v rozmezí od 6" do 20". Nejběžnější variantou pro městské využití, které žádá skladné řešení, jsou kola s průměrem 8" a naopak pro terénní účely, které vyžaduje snadné a bezpečné překonávání překážek, se využívají kola s 20". Dle průzkumu (viz Graf 6 - Účely využití elektropohonu) je ale zřejmé, že uživatelé invalidních vozíků již využívají či chtějí využívat elektropohony jak do města s lehkým terénem, tak do přírody s náročným terénem. Cesty do města zahrnují běžné každodenní cesty na nákup, do práce, k lékaři apod. Stejně tak důležitá je i možnost využití elektropohonu k cestám do přírody tak, aby uživatelé invalidních vozíků mohli být plně integrováni do činností jako jsou např. na procházku s dětmi, výlety do přírody atd. Aby se vyhovělo oběma účelům využití, je dále uvažována varianta 16".



■ Cesty ve městě (lehký terén) ■ Cesty do přírody (těžký terén)

Graf 6 - Účely využití elektropohonu

6.2.1 Vlastnosti závisící na velikosti kola

Výběr velikosti průměru kola se posuzuje na základě následujících parametrů:

- **Hmotnost** – Hmotnost kola výrazně přispívá k celkové hmotnosti elektropohonu, která by měla být co nejmenší, aby bylo možné s elektropohonem snadno manipulovat při nakládání a vykládání elektropohonu z/do auta. Hmotnost může dále souviset s akcelerací, protože z 2. Newtonova zákona víme, že akcelerace je nepřímo úměrná hmotnosti zrychleného tělesa:

$$m * \vec{a} = \vec{F}$$

To znamená, že se zvyšující se hmotností má kolo horší akceleraci a bude zapotřebí větší síly jej roztočit.

- **Hybnost** – Naopak vyšší hmotnost přispívá k vyšší hybnosti kola, kterou lze vyjádřit jako součin rychlosti a hmotnosti. K rozpořbování těžšího, tedy většího, kola bude sice

zapotřebí většího impulzu síly, ale kolo setrvá déle v pohybu. Větší průměr kola zajišťuje lepší hybnost.

- **Překonávání překážek** – Schopnost snadno překonávat překážky je zcela zásadní pro bezpečné využívání elektropohonu. Významnou roli zde hraje náběhový úhel. „Obecně platí, že čím větší je průměr kola, tím menší je náběhový úhel a tím lépe a bezpečněji dané kolo překážku překoná.“ (57) Kromě toho je u menších průměrů kol pravděpodobnější, že zapadnou do děr.
- **Trakce** – Trakce kola závisí na velikosti styčné plochy a také na hmotnosti. Čím větší kolo je, tím větší má styčnou plochu a zároveň hmotnost. Oba tyto parametry zvětšují trakci, která vede ke snadnějšímu brždění a většímu záběru.
- **Ovladatelnost** – Podobně jako u trakce souvisí ovladatelnost s hmotností a velikostí plochy. Na rozdíl od trakce je ovladatelnost snadnější s menším průměrem kola.

6.3 Varianty kol s integrovaným elektromotorem

6.3.1 Varianta 1

První variantou je BLDC motor firmy E-pohon o celkovém průměru kola 20“. Možné jsou dvě varianty v závislosti na typu akumulátoru – výkon 750W při 36V nebo výkon 1000W při 48V. Rychlost při 52,5V je 425rpm.

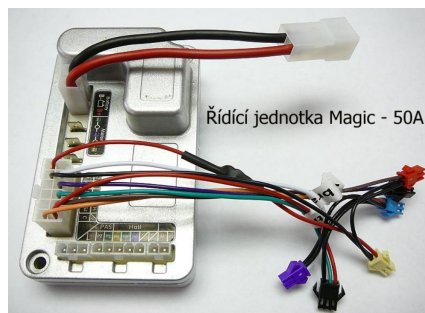


Obrázek 28 - Varianta 1: BLDC motor 750-1000W, přední kolo 20" (58)

Tabulka 2 - Specifikace elektromotoru - varianta 1

Typ motoru	Průměr kola	Výkon	Točivý moment	Hmotnost	Brzdy	Cena
BLDC	20"	750W/36V, 1000W/48V	18,2 Nm/36V, 27,3Nm/48V	7,1 kg + hmotnost pneumatiky	Možnost montáže kotoučové	4409,- Kč + cena pneumatiky

Tato varianta je kompatibilní s řídicí jednotkou Magic – 50A, která „obsahuje zvukovou signalizaci a dokáže automaticky eliminovat chyby připojených senzorů.“ (59) Rozměry této jednotky jsou 117x72,5x42,5mm. Řídicí jednotka je programovatelná pro nastavení individuálních parametrů a umožňuje couvání. Dále umožňuje brždění motorem. Cena řídicí jednotky je 1590,- Kč.



Obrázek 29 - Řídící jednotka Magic – 50A (59)

6.3.2 Varianta 2

Další variantou je BLDC motor firmy E-pohon o celkovém průměru kola 16“. Možné jsou dvě varianty v závislosti na typu akumulátoru – výkon 750W při 36V nebo výkon 1000W při 48V. Podobně jako varianta 1 je i tento elektromotor kompatibilní s řídicí jednotkou Magic – 50A.



Obrázek 30 - BLDC motor 750-1000W, přední kolo 16" (60)

Tabulka 3 - Specifikace elektromotoru - varianta 2

Typ motoru	Průměr kola	Výkon	Točivý moment	Hmotnost	Brzdy	Cena
BLDC	16"	750W/36V, 1000W/48V	18,2 Nm/36V, 27,3Nm/48V	6,8 kg + hmotnost pneumatiky	Možnost montáže kotoučové	4409,- Kč + cena pneumatiky

6.3.3 Varianta 3

Další možností je varianta BLDC motoru firmy Pei Scooter o průměru kola 16“, které je možné dodat i s pneumatikou. Výkon i proud jsou nastavitelnými parametry.



Obrázek 31 - Varianta 3 (61)

Tabulka 4 - Specifikace elektromotoru - varianta 3

Typ motoru	Průměr kola	Výkon	Rychlost	Hmotnost	Brzdy	Cena
BLDC	16“	Nastavitelný, 250-1000W	350-800 rpm	9 kg vč. hmotnosti pneumatiky	Možnost montáže kotoučové	2650,- Kč + cena pneumatiky

Tento elektromotor je kompatibilní s řídicí jednotkou PPS-02, která je programovatelná uživatelem a umožňuje funkci couvání. Rozměry řídicí jednotky jsou 160x110x30mm. Cena řídicí jednotky je 2000,- Kč.



Obrázek 32 - Řídicí jednotka pro variantu 3 (62)

6.3.4 Varianta 4

Posledním variantou výběru elektromotoru je BLDC motor firmy UU Motor s průměrem kola 10“.



Obrázek 33 - Varianta 4 (63)

Tabulka 5 - Specifikace elektromotoru – varianta 4

Typ motoru	Průměr kola	Výkon	Rychlost max.	Brzdy	Cena
BLDC	10“	350W/36V	35 km/hod	Možnost montáže kotoučové brzdy	1500,- Kč

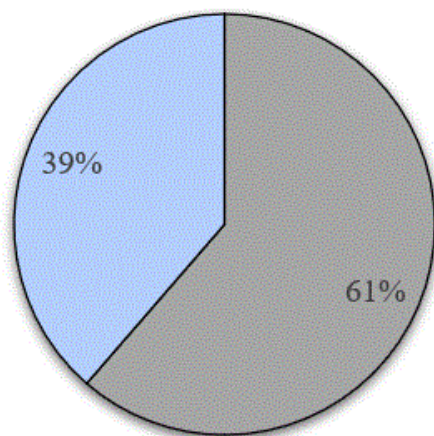
Tento elektromotor je kompatibilní s řídicí jednotkou firmy UU Motor, který nepodporuje funkci couvání. Rozměry řídicí jednotky jsou 118x73mm. Cena řídicí jednotky je 1800,- Kč.



Obrázek 34 - Řídící jednotka k variantě 4 (64)

6.4 Výběr kola s integrovaným elektromotorem

Následující rozhodovací tabulka bodově hodnotí jednotlivé varianty na základě parametrů jednotlivých elektromotorů a toto bodové ohodnocení je dále vynásobené vahou jednotlivých kritérií. Mezi rozhodující kritéria patří vlastnosti závisující na velikosti kola, které byly popsány v kapitole 6.2.1. Mezi ně patří hmotnost, hybnost, schopnost překonávat překážky, trakce a ovladatelnost. Dalšími kritérii je možnost couvání, která závisí na řídicí jednotce a které nebyla přiřazena velká váha, jelikož dle průzkumu je tato funkce vyžadována jen z 61%, viz graf níže. Dalším kritériem je cena, která je pro potenciální zájemce o elektropohon zcela zásadní.



■ Ano - funkce couvání vyžadována ■ Ne - funkce couvání není nutná

Graf 7 – Zájem o funkci couvání

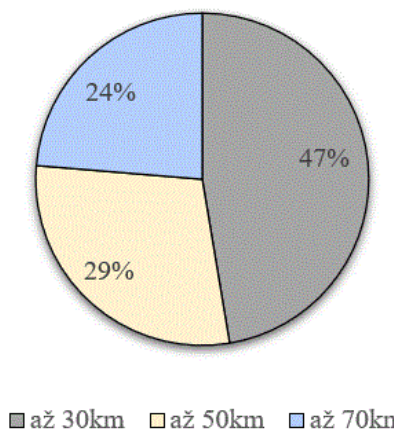
Vítěznou variantou je varianta 2, tedy elektromotor české firmy E-pohon s 16“ kolem.

Tabulka 6 Zhodnocení variant

Parametry			Varianta 1: 18"	Varianta 2: 16"	Varianta 3: 16"	Varianta 4: 10"
Hmotnost			7,1kg	6,8kg	ca. 8kg	ca. 6kg
Cena			6000,- Kč	6000,- Kč	ca. 5000,- Kč	ca. 4000,- Kč
Couvání			ano	ano	ano	ne
						
		Váha				
Hmotnost	0.2		24	27	19	30
Velikost kola	Hybnost	0.05	30	27	27	16
	Překonávání překážek	0.3	30	27	27	16
	Trakce	0.05	30	27	27	16
	Ovladatelnost	0.1	16	27	27	30
Řídicí jednotka	Možnost couvání	0.1	33.3	33.3	33.3	0
Cena		0.2	28	28	21	23
Celkové zhodnocení			27.33	27.83	24.83	20

7 Akumulátor

Jediným možným umístěním akumulátoru je zepředu na hlavním rámu. Rozměry akumulátoru jsou důležité, protože stanovují rozměry rámu, ke kterému je akumulátor přidělán a snahou je získat rozměry co nejmenší. Parametry baterie je elektrický náboj v [Ah] a napětí v [V]. Napájení baterie ovlivňuje dojezd elektropohonu. V průzkumu bylo zjištěno, jaké požadavky na dojezd v km mají uživatelé invalidních vozíků, viz graf níže. Nutno dodat, že dojezd závisí na hmotnosti uživatele mechanického vozíku a na jízdních podmínkách.



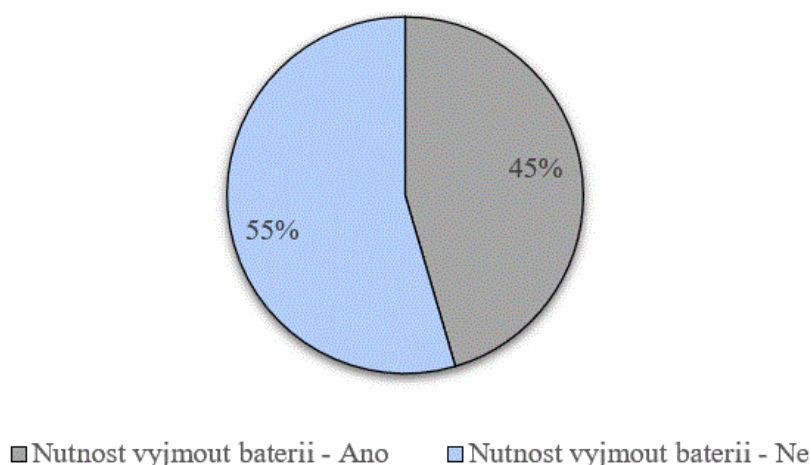
Graf 8 - Požadavky na dojezd elektropohonu

Dle dostupných informací o zvoleném elektromotoru firmy E-pohon (varianta 2) jsou předpokládané dojezdové vzdálenosti dosaženy následujícími akumulátory: (60)

Tabulka 7 – Dojezdové vzdálenosti vybraného elektromotoru v závislosti na akumulátoru

Dojezdová vzdálenost	40 km	50 km	60 km
Akumulátor	10Ah/36V	12Ah/36V	16Ah/36V

Z konstrukčního hlediska je nutné určit, zda by měla být baterie z rámu snadno vyjímatelná. Pokud ne, baterie může být v rámu integrovaná a nabíjení by probíhalo pomocí napájecího kabelu přímo na rámu. Z průzkumu víme, že z 55 procent respondenti nepotřebují, aby baterie byla vyjímatelná, viz graf níže.



Graf 9 - Požadavky na možnost vyjmout baterii z rámu

Aby se vyhovělo oběma skupinám respondentů, akumulátor bude primárně připevněn k hlavnímu rámu pod kapotáží a v případě potřeby bude možné kapotáž otevřít a akumulátor

vyjmout. Jelikož bude akumulátor uložen pod kapotáží, která ho ochrání před vniknutím vody a vlhkostí, není nutné dbát na design krytu baterie. Naopak se primárně volí akumulátor bez obalu, ať je akumulátor co nejméně prostorově náročný. Na trhu jsou dodávány akumulátory v PVC balení.

Nejlepší výběr akumulátorů bez obalu nabízí česká firma E-pohon. Co se týče dojezdu, k uspokojení 3/4 respondentů bude zapotřebí minimální dojezd 50km. Dle specifikací elektromotoru je možné takového dojezdu dosáhnout s baterií s minimálním nábojem 12Ah a napětím 36V.

7.1.1 Varianta 1

První variantou je akumulátor Li-ion s kapacitou 14,5Ah a napětím 36V.



Obrázek 35 - Varianta 1 (65)

Tabulka 8 – Specifikace akumulátoru – varianta 1

Napětí	Nominální kapacita	Využitelná kapacita	Rozměry	Hmotnost	Cena
36V	14,5Ah	14Ah	230x95x67mm	2,45kg	7990,- Kč

7.1.2 Varianta 2

Druhou přijatelnou variantou je akumulátor Li-ion s kapacitou 15Ah a napětím 36V.



Obrázek 36 - Varianta 2 (65)


Tabulka 9 - Specifikace akumulátoru - varianta 2

Napětí	Nominální kapacita	Využitelná kapacita	Rozměry	Hmotnost	Cena
36V	15Ah	12,5Ah	290x140x65mm	3,8kg	3900,- Kč

7.2 Výběr akumulátoru

Při hodnocení variant nebyly uvažovány kapacity a napětí jako kritéria, protože u obou variant jsou tyto hodnoty splňující požadavky na dojezd v km. Rozhodujícími kritérii jsou pouze rozměry, hmotnost a cena akumulátorů.

Tabulka 10 - Zhodnocení variant

Parametry		Varianta 1: 36V/14,5Ah	Varianta 2: 36V/15Ah
Hmotnost		2,45kg	3,8kg
Cena		7990,- Kč	3900,- Kč
Rozměry		230x95x67mm	290x140x65mm
Kritéria			
	Váha kritéria		
Hmotnost	0.4	60	40
Rozměry	0.3	33	67
Cena	0.3	56	44
		50.7	49.3

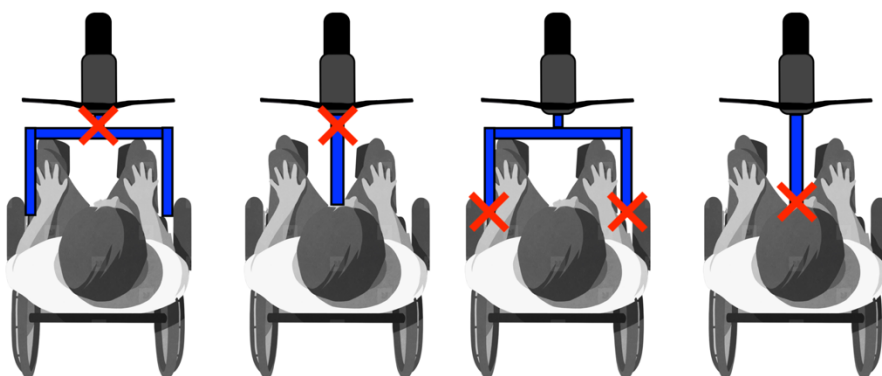
Vítěznou variantou je varianta 1, tedy nákladnější akumulátor, který však disponuje menšími rozměry a hmotností. Rozměry jsou klíčové pro konstrukci rámu a hmotnost je zásadní při manipulaci s elektropohonem, například při nakládání a vykládání z auta.

8 Rám

Při návrhu rámu elektropohonu muselo být rozhodnuto, jaký typ rámu bude nejvhodnější – zda U-rám či I-rám středový. Dalším krokem bylo definovat hlavní rozměry rámu, materiál, vyřešit, jak se rám svými rozměry vejde do kufru automobilu, nebo zda není v konfliktu s některými patenty.

8.1 Typ rámu

Konstrukce elektropohonu nabízí primárně dvě koncepce rámu, s čímž souvisí i způsob připojení elektropohonu k invalidnímu vozíku. První variantou je přípojný rám vedený středovou osou vozíku tak, že prochází mezi nohama uživatele invalidního vozíku. Druhou variantou je rám ve tvaru U, který je vedený vně nohou uživatele invalidního vozíku. Obě varianty jsou schematicky znázorněny na Obrázek 37. Každá z těchto variant může mít přípojný systém umístěný buď u hlavního rámu nebo bezprostředně na invalidním vozíku.



Obrázek 37: Varianty umístění systému připojení k invalidnímu vozíku vyznačené červeným křížkem (pohled shora)

8.1.1 Zhodnocení

Tabulka 11 - Zhodnocení typu rámu

	Hmotnost	Skladnost do auta	Jednoduchost připojení	Permanentně připojený rám k vozíku	Celk.
Váha	0,1	0,2	0,35	0,35	
<i>U-rám Připojení na hl. rámu</i>	vyšší	větší rozměry, horší skladnost	snadné, viditelně na hl. rámu	ano	20,25
Hodnocení	15	15	30	15	
<i>U-rám Připojení na vozíku</i>	vyšší	větší rozměry, horší skladnost	složitější – dva body připojení	ne	22
Hodnocení	15	15	15	35	
<i>Středový I-rám Připojení na hl. rámu</i>	nižší	lepší skladnost	snadné, viditelně na hl. rámu	ano	26,25
Hodnocení	35	35	30	15	

<i>Středový I-rám Připojení na vozíku</i>	nižší	lepší skladnost	snadné, pod vozíkem – 1 bod připojení	ne	31,5
Hodnocení	35	35	25	35	

Nejlépe hodnocenou variantou je středový rám, který se připojuje na vozíku.

8.2 Hlavní rozměry rámu

Při návrhu hlavních rozměrů rámu se vychází z rozměrů invalidního vozíku, ke kterému se elektropohon bude upínat. Pro tyto účely byl stažen model sestavy invalidního vozíku z portálu Grabcad.com, který má rozměry reálného invalidního vozíku.



Obrázek 38 - Model sestavy invalidního vozíku (66)

Další inspirací při volbě rozměrů rámu je geometrie rámu cyklistického kola, protože geometrie elektropohonu a cyklistického kola se v oblasti předního kola velmi podobá. Pojmy ke geometrii kola jsou vyznačeny na Obrázek 39 - Geometrie cyklistického kola

8.2.1 Hlavový úhel

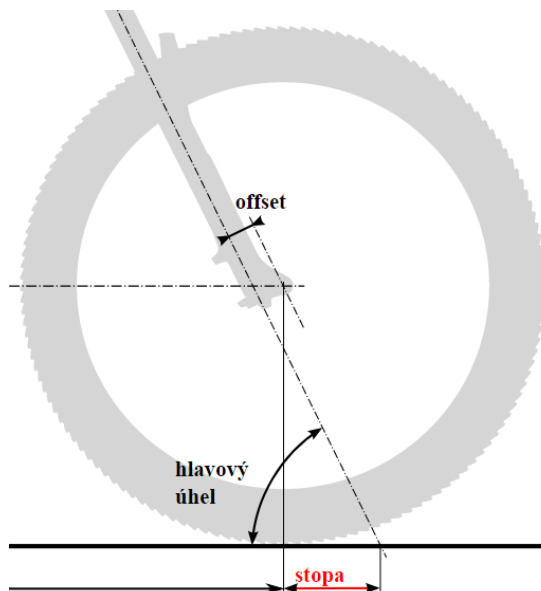
Prvním pojmem je hlavový úhel a označuje úhel, který svírá vidlice s podložkou. Čím je hlavový úhel menší, tím lépe drží vodorovný směr a hůře se s ním zatáčí. Čím větší je hlavový úhel, tím je vidlice vzpřímenější a kolo snadněji zatáčí. Dle portálu Dolekop „menší hlavový úhel 69,5 stupně zajistí, že kolo je stabilní v rychlosti, a přitom velmi dobře zatáčí i v pomalé rychlosti.“ (67)

8.2.2 Předsazení – offset

Offset je „kolmá vzdálenost osy středu předního kola a od osy sloupku vidlice.“ (67)
S touto hodnotou se zpravidla moc nehýbe, ovlivňuje zejména velikost stopy.

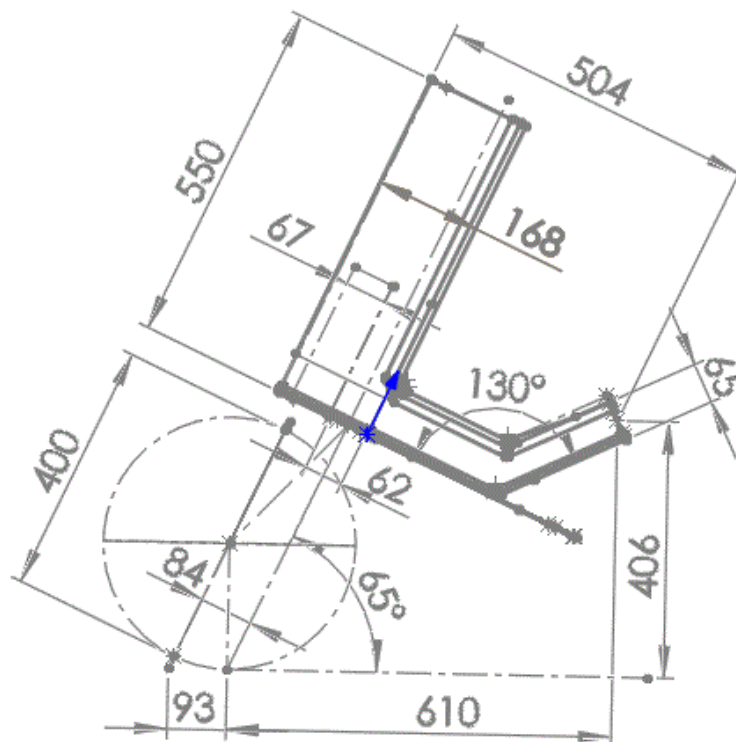
8.2.3 Stopa

Stopa je „velikost, kterou na podkladové podlaze vytíná hlavový úhel a svislá osa procházející středem náboje.“ (67) Pokud je rozměr stopy větší, tím větší má kolo stabilitu, ale hůře se s ním zatáčí a naopak.



Obrázek 39 - Geometrie cyklistického kola (67)

Další inspirací při návrhu hlavních rozměrů rámu bylo řešení rámu konkurenčních produktů. Výsledný návrh rozměrů je zobrazen na Obrázek 40. Při návrhu rozměrů musely být uváženy rozměry kola s elektromotorem, jehož průměr činí 400 mm a dále rozměry akumulátoru, které byly zvoleny v předchozích kapitolách. Šířka svislého rámu je 110 mm a šířka vodorovného rámu je 60 mm.



Obrázek 40 - Návrh hlavních rozměrů rámu elektropohonu

8.3 Materiál rámu

Protože naším cílem je vytvořit konstrukci co nejlehčí s dobrou pevností a uspokojivým designem, příhodnou variantou materiálu je uhlíkový kompozit – karbon, stejně jako se volí u většiny cyklistických kol. Druhou vhodnou variantou materiálu je slitina hliníku kvůli jeho nízké hmotnosti. Slitina hliníku je ideální s manganem, který v takových slitinách zaručuje pevnost.

8.3.1 Porovnání hliníku a karbonu

8.3.1.1 Pevnost a hmotnost

V testovací laboratoři Santa Cruz Bikes byla pod vedením Ing. Joe Graney provedena zátěžová zkouška karbonového a hliníkového rámu cyklistického kola. Nejdříve byly rámy namáhány na tlak. Hliníkový rám prasknul při zátěži odpovídající 664,5 kg a karbonový rám prasknul při zátěži odpovídající 930 kg. Další zkouška byla provedena tak, že na rámy spadlo závaží z různých výšek. Hliníkový rám prasknul, když na něj dopadlo 40 kg závaží z výšky 450 mm a karbonový rám prasknul, když na něj dopadlo závaží o hmotnosti 50 kg z výšky 900 mm. Takové výsledky značí významně vyšší pevnost karbonového rámu s tím, že má navíc nižší hmotnost. (68) Zajímavostí je, že hliník praská a karbon se láme. Pokud praskne hliníkový rám, nelze jej opravit. Pokud se utvoří prasklina na karbonu, s největší pravděpodobností budou rám držet ostatní vrstvy a rám je opravitelný. Dojde k vybroušení a nanesení nových vrstev karbonu.

8.3.1.2 Výroba

Co se týče výroby, slitiny hliníku jsou obecně snadno opracovatelnější či svařitelné. Vždy ale záleží na konkrétní slitině. Trubky hliníku se mohou snadněji profilovat nebo existují i další možnosti výroby rámu jako například hydroforming, kdy se hliníkový polotovár vytvaruje podle formy vlivem tlaku kapaliny. Naopak karbonové rámy se vyrábí kladením vrstev karbonových tkanin na sebe, které se potírají epoxidovou pryskyřicí, tzv. pojivem, a tvrdidlem. Vrstvy tkanin se kladou do speciálně vytvořené formy a po aplikaci všech vrstev se spékají za určitého tlaku, a navíc vysátím vzduchu v případě dutých rámu. Výhodou je, že se v nejnamáhavějších částech konstrukce může přidat více vrstev tkanin, a tak zvýšit pevnost pouze lokálně. Důležité je, pod jakými úhly se vrstvy karbonových tkanin pokládají, což má vliv na pevnostní vlastnosti a pro určení úhlů vrstev je zapotřebí jistá zkušenost. Nejdražší na tomto procesu je výroba formy. Vyplatí se proto pro sériovější výrobu.

8.3.1.3 Design

Jak již bylo zmíněno, design je také důležitým parametrem při návrhu. V tomto směru jasně vede karbon, jehož tkaniny působí trendy dojmem. Zároveň se karbonový rám může jakkoliv tvarovat vzhledem k tomu, že se tvoří kladením vrstev do formy. Design by měl zahrnovat několik hran, které tuhost rámu zvýší.

8.3.1.4 Cena

Zásadní nevýhodou karbonu je jeho cena. V tomto kritériu je jasně lepší volba hliníkové slitiny.

8.3.1.5 Zhodnocení

Tabulka 12 – Vyhodnocení volby materiálu rámu

Parametry	Karbon	Hliník
Hmotnost	+	-
Pevnost	+	-
Výroba	-	+
Design	+	-
Cena	-	+
	3	2

Lepším materiálem pro výrobu rámu je karbon. Zásadní nevýhodou je jeho cena, která byla prokonzultována se zadavatelem diplomové práce. Jelikož v zadavatelské společnosti mají na výrobu karbonových rámu dostupné stroje a zařízení, použití karbonu bylo odsouhlaseno. Postup výroby, který zahrnuje určení směrů kladení vrstev tkanin apod., nelze teoreticky přesně nasimulovat v dostupných SW a proto bude pevnostní výpočet pouze orientační.

8.3.2 Charakteristika uhlíkového kompozitu

Kompozitní materiály jsou „složené materiály, skládající se ze dvou či více složek, z nichž každá plní jinou specifickou funkci a má jiné materiálové vlastnosti, většinou značně odlišné.“ (69) V tomto případě se jedná o laminát, což je vícevrstvý kompozit, jehož vrstvy jsou ze stejného materiálu, jen směr vláken je odlišný. Výztužným prvkem laminátu je právě uhlíkové vlákno. „Uhlíkové vlákno je název pro dlouhý, tenký pramen materiálu o průměru 5–8 μm složeného převážně z atomů uhlíku. Asi 90% uhlíkových vláken je vyrobeno z polyakrylonitrilových vláken (PAN).“ (70)

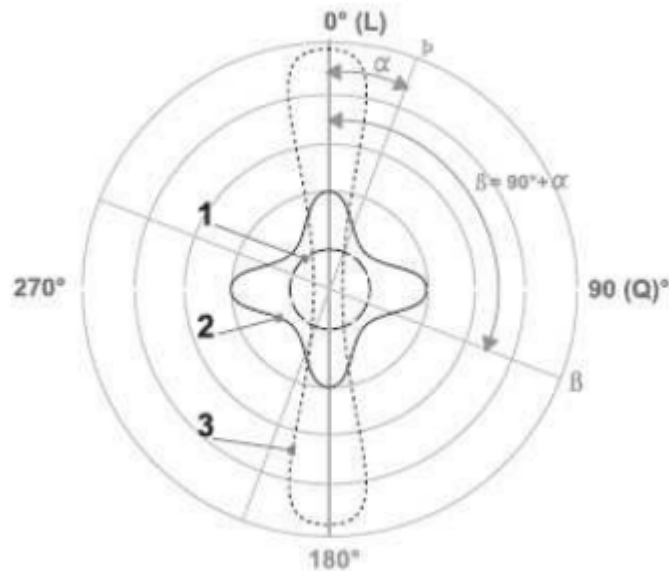
Uhlíková vlákna se dělí na vysokopevnostní, která jsou levnější než vlákna vysokomodulová. Jejich vlastnosti jsou zhruba následující:

Tabulka 13 - Charakteristiky vysokopevnostního a vysokomodulového uhlíkového vlákna (71)

	Vysokopevnostní vlákna	Vysokomodulová vlákna
Hustota [g/cm^3]	1,7	1,9
Pevnost v tahu [MPa]	3000-6000	3000-4500
E modul [GPa]	250-300	400-700
Protažení [%]	1	0,5

8.3.3 Orientace uhlíkových vláken

Karbonový laminát je ortotropním materiálem, jehož vlastnosti mechanické či teplotní se liší ve všech třech vzájemně kolmých směrech. Při výrobě rámu je třeba dbát na orientaci vyztužných uhlíkových vláken, protože ovlivňuje mechanické vlastnosti. Polární diagram na obrázku Obrázek 41 ukazuje, jak se mění pevnost v tahu v závislosti na různých směrech zatěžování vyztužujících vláken. (1) je pro rohožový materiál, (2) je pro tkaninový materiál a (3) je pro jednosměrný vyztužený. L je hlavní osa a Q vedlejší.



Obrázek 41 - Polární diagram závislosti pevnosti v tahu a směru zatěžování vláken (72)

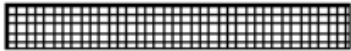


















To, v jakém pořadí a v jakých směrech se bude uhlíková tkanina na sebe skládat, je know-how každé firmy a k docílení optimálních mechanických vlastností rámu je zapotřebí jistá zkušenost. Příkladem pokládání vrstev kompozitu firmy Specialized z roku 2004 je zachyceno na Obrázek 42.

Opodstatnění jednotlivých orientací je následující: (71)

Nulová vlákna – vlákna v pořadí 3., 4. a 7., které směřují od předu dozadu po celé délce trubky. Dodávají rámu podélnou pevnost v ohybu a tlaku

Ostatní vlákna – Tyto vlákna směřují pod úhly 45,3 nebo 22,5 (případně jejich záporné hodnoty) a dodávají rámu torzní tuhost

Menší kusy tkanin – Pomáhají spojům lépe snášet zatížení při menší změně hmotnosti

Schéma	Pořadí	Rozměr textilie	Druh textilie	Pozice švů
	1		Jádro	
	2	15x66	Jednosměrná	
	3	15x66	Jednosměrná	
	4	8x66	Jednosměrná	
	5	15x66	Jednosměrná	
	6	15x66	Jednosměrná	
	7	3x60	Jednosměrná	
	8	3x15	Jednosměrná	
	9	15x48	Plátňová	
	10	120x125x0,08	Nylonová hadice	

Obrázek 42 - Příklad pokládání vrstev uhlíkové tkaniny pro spodní rámovou trubku rámu firmou Specialized (71)

Pro vlastní konstrukci rámu je navržena tloušťka karbonové stěny na 3 mm, která byla konzultována a odsouhlasena se zadavatelem této práce.

8.4 Možnost složení rámu

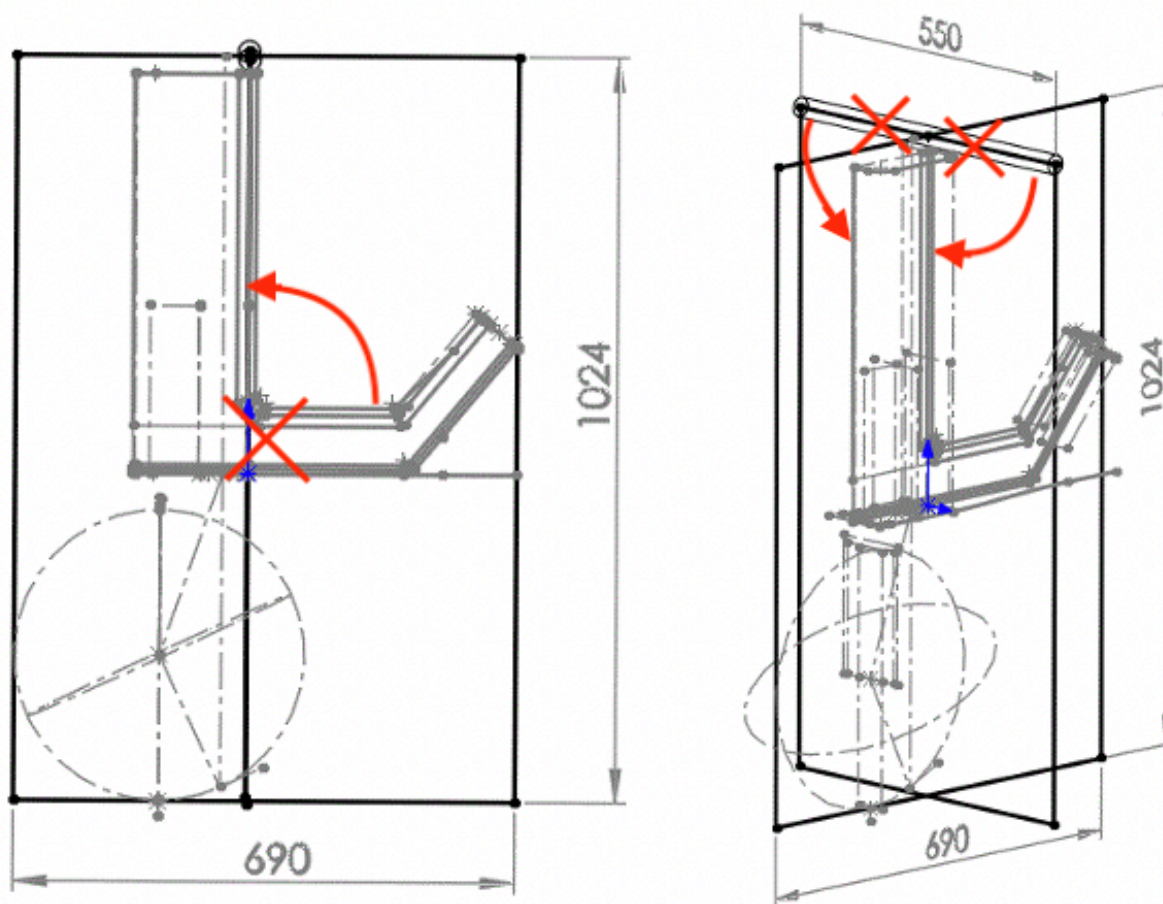
Skladnost je jedním z hlavních požadavků na konstrukci. Aby bylo takového požadavku docíleno, je uvažována varianta složení rámu a druhou variantou je složení řídítek. Obrázek 43 zachycuje obě varianty. Největším rozměrem je výška elektropohonu, která nabývá hodnoty okolo 1 m. Složení rámu v tomto směru není možné, protože jím prochází řídicí hřídel. Zbylé dva rozměry už je možné zmenšit.

8.4.1 Varianta 1: Sklopení přípojného rámu

První hlavní rozměr, který je možné zmenšovat za účelem skladnosti, je šířka elektropohonu (690 mm). V tomto případě by se sklápěl vodorovný přípojný rám. Výhodou je, že se jedná o druhý největší rozměr rámu, který by bylo možné redukovat. Nevýhodou je, že by se umístěním kloubu narušila celistvost rámu z hlediska designového, ale také pevnostního a to zejména když se bude jednat o karbonový rám.

8.4.2 Varianta 2: Sklopení řídicího – vítězná varianta

Další rozměr, který je možné zmenšovat v případě potřeby, je hloubka elektropohonu (550 mm), kdy by bylo nutné sklápět řídicí. Ačkoliv se jedná o redukci nejmenšího rozměru, je tato varianta vítězná, protože ji lze zkombinovat s aretací kola. V případech, kdy je elektropohon v nezapojeném stavu pouze opřený o stojan, kolo s elektromotorem by pravděpodobně nebylo stabilní. Toto vyřeší sklopení řídicí, které se opřou o rám a dojde tak k aretaci kola.



Obrázek 43 - 2 varianty zlepšení skladnosti elektropohonu

8.5 Kontrola patentů

Jediný patent, který se týká konstrukce rámu, je patent EP3501468A1 s názvem *Leader guidance device for a wheelchair and wheelchair train with a leader guidance device* od firmy Alber GmbH. Obsah tohoto patentu je detailněji popsán v kapitole Rešerše patentů, ale hlavním předmětem patentu je samonosný monokokový rám, kterým vede řídicí hřídel a do rámu jsou přímo vsazena ložiska. Rám má vybrání, do kterých se vsadí akumulátor.

Ve vlastním konstrukčním návrhu se vyhneme nárokům patentu konkurenčního elektropohonu tak, že nosnou částí nebude karbonový rám samotný, ale hliníkové hranoly s vyfrézovanými drážkami pro hlavové složení, které se ke karbonovému rámu připevní lepením. Na spodní a horní desku se dále přišroubuje deska dělicí. Akumulátor navíc nebude integrovaný do rámu, ale bude ukrytý pod kapotáží.

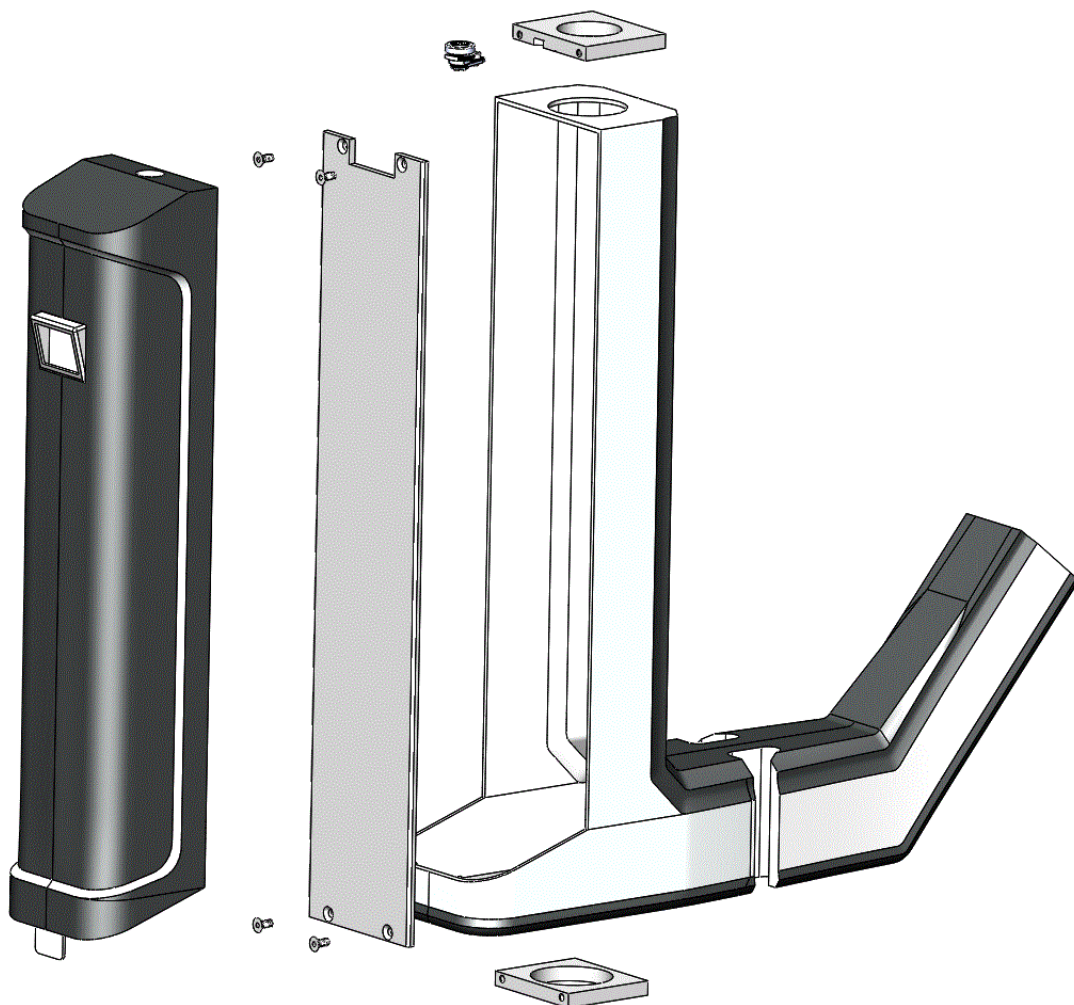
8.6 Kapota

Kapotáž je součástí konstrukčního celku Rám a slouží jako kryt pro akumulátor, řídicí jednotku a světlo, jehož držák bude k rámu připevněn lepením. Jak bylo zmíněno v kapitole Akumulátor, primárně se akumulátor nebude vyjímat a bude ukrytý pod kapotáží. V kapotáži bude pouze otvor pro připojení akumulátoru k nabíječce. V případě kapoty je třeba vyřešit, jak se bude připevňovat k rámu elektropohonu.

Upevnění kapotáže k rámu pomocí pantů bylo vyloučeno. Umístění pantů, které by mělo smysl by muselo být ve spodní poloze kapotáže a při jejím otevření by hrozilo, že se z pantů vylomí. Aby k tomuto nedocházelo, kapota se ve spodní části zasune do vybrání v rámu a přilehne v horní části k rámu, kde se zajistí cylindrickým zámkem, jehož model byl poskytnut od zadavatele této práce. Aby došlo k úplnému zajištění, k zámku se přišroubuje šroub M4, jehož hlava bude zajíždět a kopírovat drážku vytvořenou v horní hliníkové desce rámu.

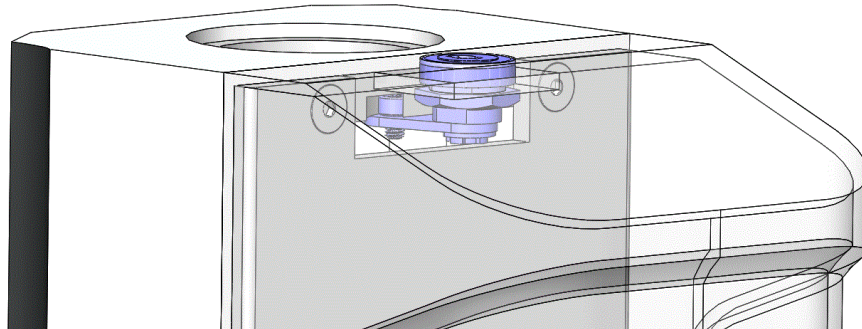
8.7 Vlastní konstrukční návrh rámu s kapotou

8.7.1 Rozpad rámu s kapotou



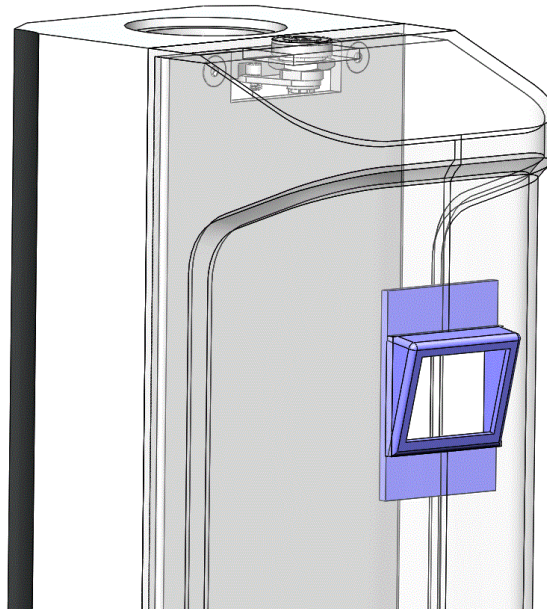
Obrázek 44 - Rozpad rámu s kapotou

8.7.2 Detail zámku kapoty



Obrázek 45 - Detail zámku kapoty

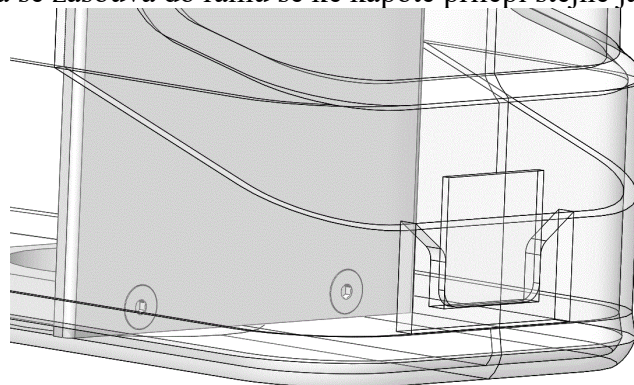
8.7.3 Detail zakomponování světla lepením



Obrázek 46 - Detail držáku světla kapoty

8.7.4 Detail zasunutí kapoty do drážky na rámu

Část kapoty, která se zasouvá do rámu se ke kapotě přilepí stejně jako protikus na rámu.



Obrázek 47 - Detail zasunutí kapoty do drážky na rámu

9 Vidlice

Dalším konstrukčním celkem je vidlice, která spolu s řídicí hřídelí propojuje rám s kolem a řídítkami. V tomto kroku je nutné navrhnout vidlici samotnou, krk vidlice neboli řídicí hřídel, uložení řídicí hřídele do rámu a blatník.

9.1 Rozměry vidlice

Hlavní rozměry vidlice vychází z rozměrů kola s elektromotorem, kde je zásadní průměr samotného kola a montážní šířka, kterou výrobce udává jako 100 mm. Tento rozměr je limitující pro vnitřní rozměr vidlice. Dále hlavní rozměry vidlice vychází z rozměrů rámu, ke kterému vidlice přiléhá. Šířka vidlice by měla být stejná jako šířka rámu.

9.2 Materiál vidlice

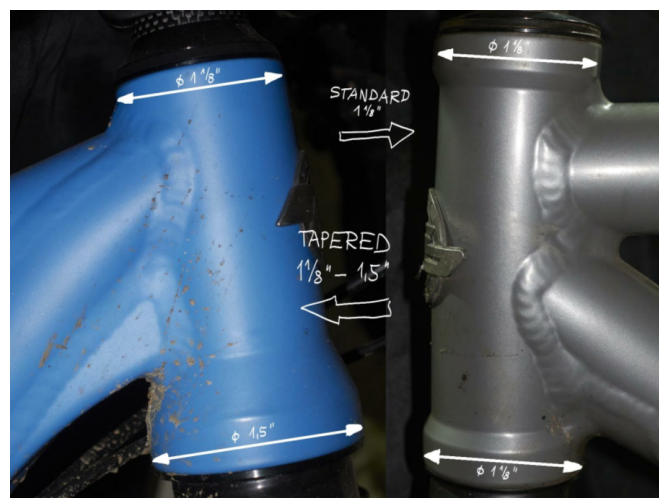
Materiál vidlice je uhlíkový kompozit stejně jako v případě rámu, a to ze stejných důvodů uvedených v kapitole Materiál rámu. V případě vidlice je nutné dát si pozor na kroutící moment v místě napojení vidlice s kolem. Tato oblast by měla být vyztužena a nemělo by se jednat o dutý materiál. Proto se může karbon vyztužit tzv. 3D pěnou, anebo se může do vidlice vlepít hliníková destička, do které se vyfrézuje otvor na průchod osy kola.

9.3 Řídicí hřídel

Řídicí hřídel je pevně spojena s vidlicí a řídítky. Zároveň prochází rámem, do kterého musí být otočně uložena. Inspirací uložení hřídele do rámu jsou hlavová složení u cyklistických kol. Po konzultaci se zadavatelem bude hlavové složení kupovanou položkou, což bude výhodné z hlediska finančního.

9.3.1 Hlavové složení

Existují dva typy hlavových složení – standard a tapered (kónický). Standard hlavová složení mají rozměry spodní a horní misky ložisek totožné a jedná se většinou o rozměr 1 1/8“, který je nejrozšířenější. Dalším typem je tapered hlavové složení, které má spodní miskou ložisek větší než tu horní. Tento model se stává standardním a je vhodnější pro extrémní zátěž, kdy hrozí zlomení krku. (73)



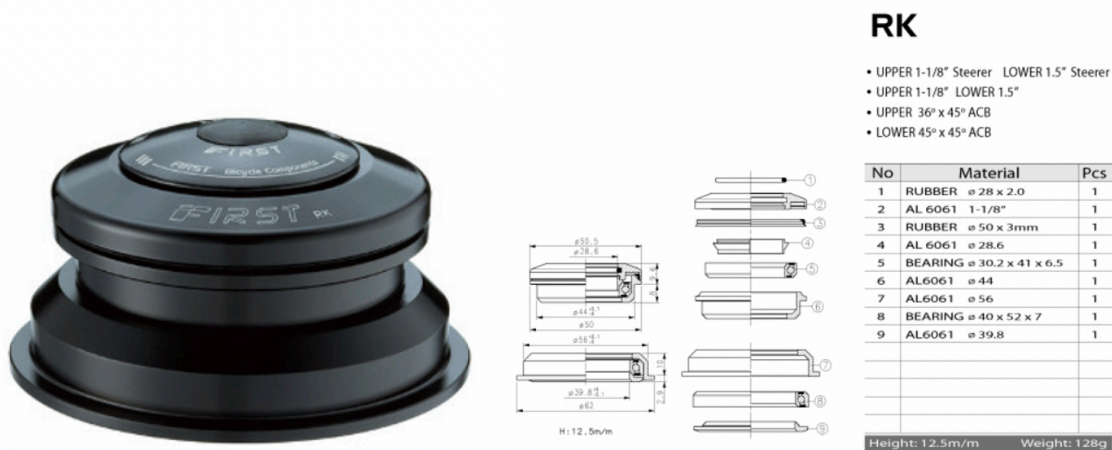
Obrázek 48 - Standard vs tapered hlavové složení (74)

Dále se hlavová složení dělí na integrovaná a semi-integrovaná. „U integrovaného hlavového složení se do rámu vkládají pouze ložiska, u semi-integrovaného se do rámu lisují misky hlavového složení, na které následně ložiska dosedají.“ (75)

9.3.1.1 Volba hlavového složení

Zvoleným typem hlavového složení je hlavové složení kónické (tapered), protože v takovém případě je krk vidlice ve spodní části širší a proto odolnější. Dále je zvoleno hlavové složení semi-integrované, protože bude jednodušší vyrobit otvor na vlisování misek pro ložiska, než-li díru s osazením na přesné usazení ložisek.

Na trhu je několik produktů hlavových složení, jejichž ceny jsou podobné. Zvoleno bylo hlavové složení FIRST RK1, jehož specifikace jsou popsány v Tabulka 14. Hmotnost hlavového složení je 128g. Cena tohoto hlavového složení je 579,- Kč bez DPH. (76)



Obrázek 49 - Hlavové složení FIRST RK1 (76)

Tabulka 14 - Specifikace hlavového složení FIRST RK1 (76)

RK1	S.H.I.S.	krytka 1-1/8" výška Ø	horní miska (OD/ID)	spodní miska (OD/ID)	horní ložisko	spodní ložisko	korunka
1-1/8" 1-1/2"	ZS44/28.6 ZS55/30	Al - 12.5 mm, Ø 50 mm	hliníková Ø 50/44 mm	hliníková Ø 61/55 mm	ACB 45° x 45°	ACB 36° x 45°	hliníková, Ø 30 mm

Součástí balení je i část zvaná ježek, který se lisuje do vnitřního průměru řídicí hřídele. Tento rozměr ježka určuje vnitřní průměr řídicí hřídele, který je 26 mm. Ježek má vnitřní závit M8 a do něj se šroubem zajistí poloha hlavového složení.



Obrázek 50 - Ježek hlavového složení (77)

9.3.2 Rozměry řídicí hřídele

Rozměry řídicí hřídele jsou určeny rozměry hlavového složení. Řídicí hřídel bude kónická. Spodní vnější průměr je 39.8 mm a horní vnější průměr je 28.6 mm. Horní vnitřní průměr je dán rozměrem ježka hlavového složení, jehož vnější průměr je 26 mm, což bude odpovídat hornímu vnitřnímu průměru hřídele. Spodní vnitřní průměr je volen 36 mm.

9.3.3 Materiál řídicí hřídele

Inspirací je opět materiál, který se používá pro výrobu krků vidlic u cyklistických kol. Materiálem krku vidlice bude slitina hliníku zaručující nízkou hmotnost a relativně vysokou pevnost. „Hliníkový krk je vyroben z tvrdší a křehčí slitiny.“ (78)

9.4 Blatník

Blatník je nepochybně důležitou součástí elektropohonu, zejména z uživatelského hlediska. Avšak některé nečistoty po průjezdu např. kaluží by byly zachyceny pravděpodobně samotným středovým rámem. Cílem je však udržet i rám v čistotě, což bude uživatelsky příjemné například při nakládání elektropohonu do auta.

9.4.1 Rozměry blatníku

Rozměry blatníku jsou dány rozměry vidlice. Blatník se zasune do drážky vytvořené v profilu vidlice a ze spodní strany se čtyřmi šrouby M8 připevní k vidlici.

9.4.2 Materiál blatníku

Stejně jako rám a vidlice bude i blatník karbonový, aby se zachovala celistvost designu. Alternativou by byl plastový blatník vytisknutý na 3D tiskárně, což by byla varianta podstatně levnější, ale ne tak estetická.

9.5 Vlastní konstrukční návrh vidlice



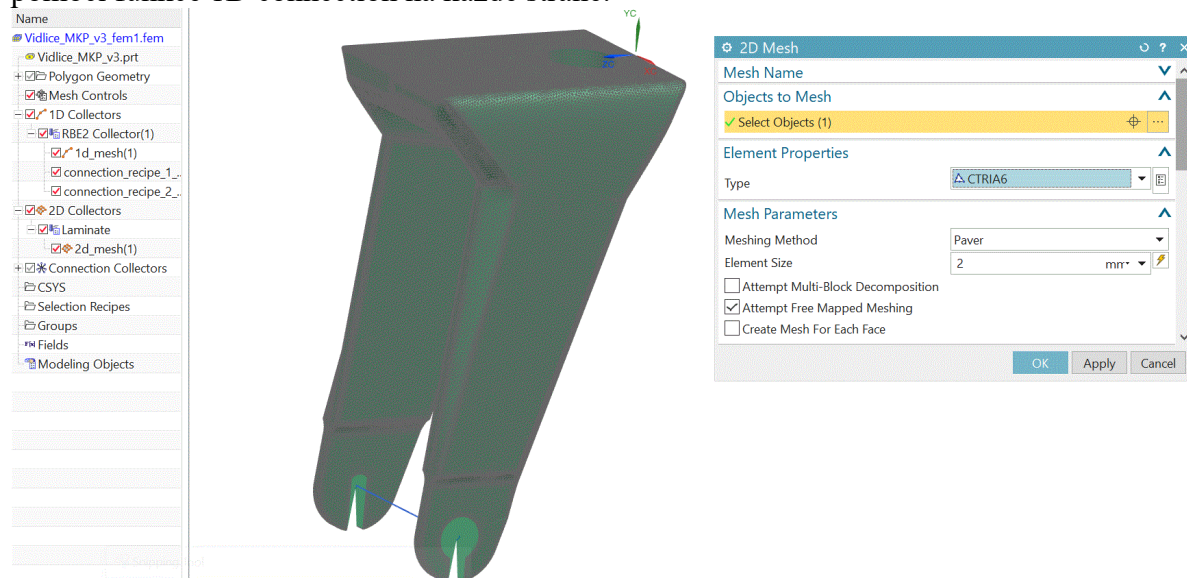
Obrázek 51 - Vlastní konstrukční návrh vidlice

9.6 MKP vidlice

Na závěr byla provedena analýza vidlice metodou konečných prvků prostřednictvím softwaru Unigraphics NX, konkrétně pomocí řešiče Nastran. Všechny typy úloh se řešily jako statické lineární. Výpočty byly provedeny pro tři situace. V první situaci se jedná o statické zatížení od hmotnosti sedícího člověka, kdy síla působí ve svislém směru kolmo k zemi. V druhé situaci je vidlice zatížena stejně staticky ve vertikálním směru kolmo k podlaze s tím, že je přidáno zatížení v horizontálním směru, které by odpovídalo situacím jako např. náraz do obrubníku a zatížení je dvojnásobné než je síla od hmotnosti člověka ve svislém směru. Ve třetí situaci je vidlice zatížena šikmo ke svislé rovině procházející středem vidlice a toto zhruba odpovídá případům jako například jízda jedním kolem na obrubníku o výšce 20cm.

9.6.1 Nasít'ování a definování laminátu

V úvodu před samotnými výpočty se provedlo zasít'ování vidlice. K tomu byly zvoleny triangulární prvky s meziuzly o velikosti 2 mm. Dále se vytvořila 1D síť na přímce, která představuje osu, na které je upevněné kolo s elektropohonem. Tato 1D síť je upevněna k vidlici pomocí funkce 1D connection na každé straně.



Obrázek 52 - Nasít'ování vidlice

Dále bylo nutné definovat materiál, kterým je laminát z uhlíkového kompozitu. V případě laminátů je nutné tuto definici provést pro každou vrstvu uhlíkové tkaniny zvlášť, kde se určuje mimo jiné i tloušťka každé vrstvy a orientace kladení vrstvy tkaniny. Najít optimální způsob kladení vrstev uhlíkové tkaniny je komplexní problematika, která by mohla být předmětem další práce. V této diplomové práci bude uveden jen hrubý návrh toho, jak by vrstvy laminátu mohly být poskládané na sebe a kolik takových vrstev bude zapotřebí. Předtím bylo nutné si určit nultý stupeň kladení vrstev, který je v tomto případě ve směru z souřadnicového systému vidlice.

Dále došlo k definování vlastností a pevnostních charakteristik uhlíkového kompozitu. Hodnoty jednotlivých charakteristik jsou zobrazeny na následujících obrázcích. Jedná se o ortotropní materiál, tzn. že vlastnosti jsou odlišné ve třech navzájem kolmých směrech. Hodnoty pevnostních charakteristik jsou průměrnými hodnotami pro uhlíkové kompozity.

The screenshot shows the 'Orthotropic Material' dialog box with the 'Mechanical' tab selected. The 'Properties' section is expanded to show the following values:

- Mass Density (RHO): 1650 kg/m³
- Young's Modulus (Ei):
 - Young's Modulus (E1): 55000 MPa
 - Young's Modulus (E2): 55000 MPa
 - Young's Modulus (E3): 17000 MPa
- Compression Young's Modulus (YCi): Major Poisson's Ratio (empty)
- Poisson's Ratio (NUij):
 - Poisson's Ratio (NU12): 0.41
 - Poisson's Ratio (NU13): 0.28
 - Poisson's Ratio (NU23): 0.41
- Shear Modulus (Gij):
 - Shear Modulus (G12): 5200 MPa
 - Shear Modulus (G13): 3000 MPa
 - Shear Modulus (G23): 5200 MPa

Card Name: MAT3/MAT8/MAT11

Obrázek 53 - Mechanické vlastnosti uhlíkového kompozitu

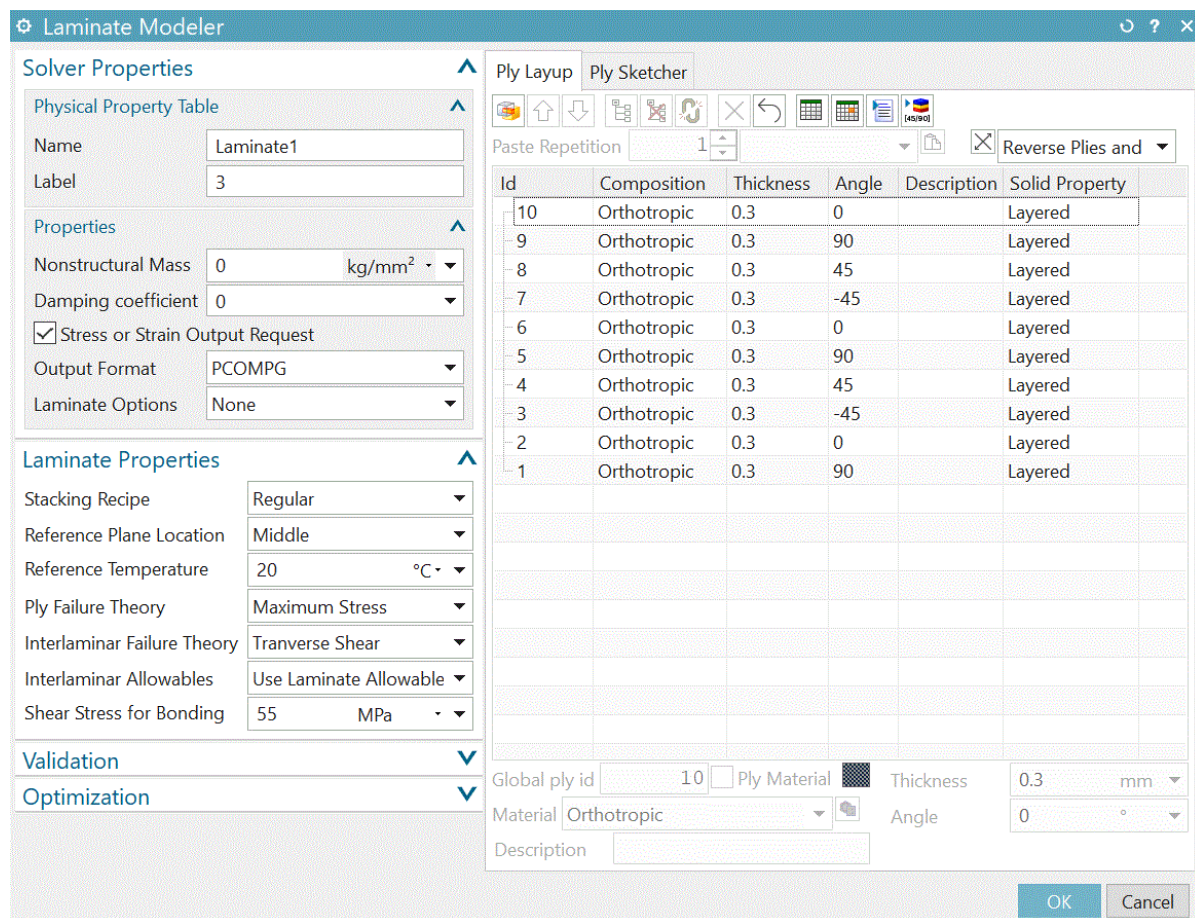
The screenshot shows the 'Orthotropic Material' dialog box with the 'Strength' sub-tab selected under the 'Mechanical' tab. The 'Stress Limits' section is expanded to show the following values:

- Tension (ST1): 750 MPa
- Tension (ST2): 720 MPa
- Tension (ST3): 200 MPa
- Compression (SC1): 500 MPa
- Compression (SC2): 490 MPa
- Compression (SC3): 170 MPa
- Shear (SS12): 110 MPa
- Shear (SS13): 90 MPa
- Shear (SS23): 110 MPa

Card Name: MAT3/MAT8/MAT11

Obrázek 54 - Pevnostní charakteristiky uhlíkového kompozitu

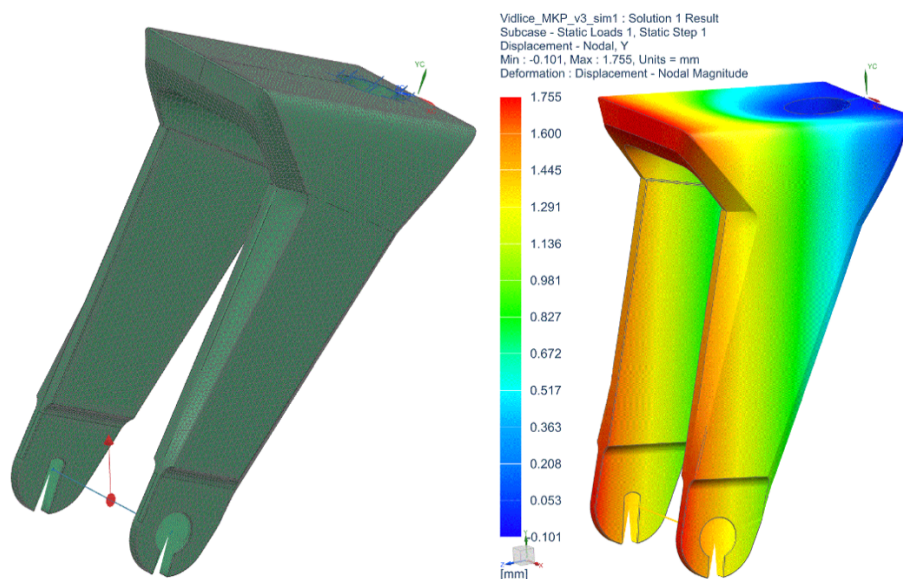
Bylo zvoleno celkem 10 vrstev uhlíkové tkaniny, přičemž tloušťka každé z nich je 0,3 mm. Orientace pokládání vrstev tkaniny byla pod úhly 0°, 90°, 45° a -45°.



Obrázek 55 - Definování vrstev laminátu

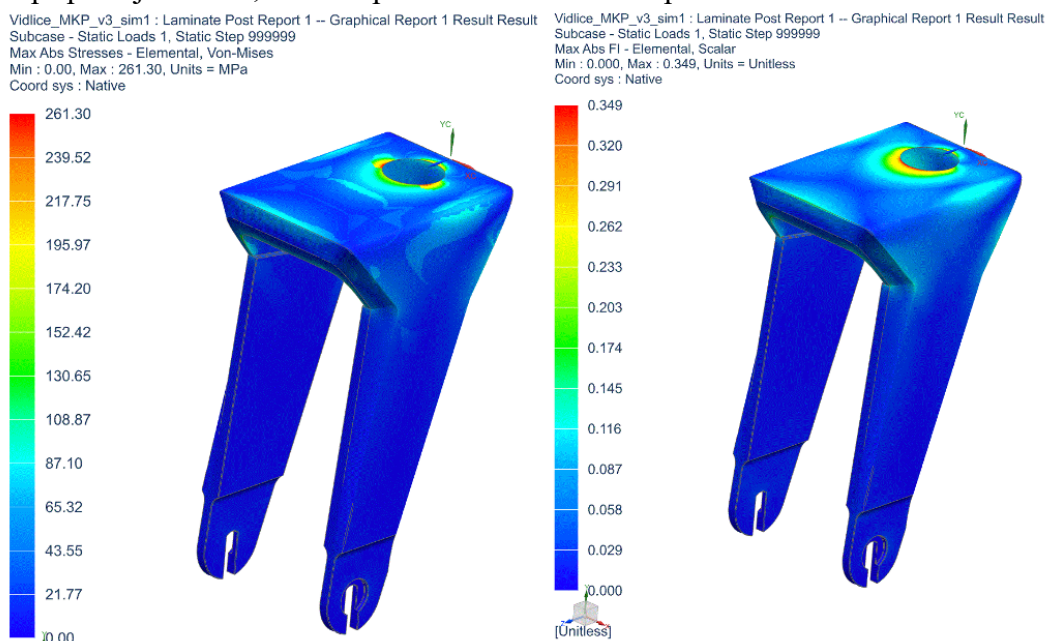
9.6.2 Příklad 1: Statické zatížení

V prvním případě se jedná pouze o statické zatížení vidlice, které vychází z hmotnosti člověka sedícího na vozíku. Předpokladem je, že hmotnost člověka je 120 kg a jedná se tak o velmi konzervativní předpoklad. Tíhová síla od hmotnosti člověka se vypočítá pronásobením jeho hmotnosti a gravitačním zrychlením a výsledkem tak bude tíhová síla o hodnotě 1200N. Vzhledem k poloze těžiště člověka by se tato tíhová síla rozložila a na vidlici by působila síla razantně menší než celková síla. Pro potřeby výpočtu však budeme uvažovat, že vidlice je zatížena celkovou hodnotou tíhové síly a bude umístěna doprostřed na osu ve směru svislém, kolmém k podlaze. Síla bude působit směrem nahoru, protože je zafixovaná díra na krk vidlice a reakce vidlice na tíhovou sílu vidlici stlačuje. Na obrázku níže jsou zobrazeny posuvy vidlice ve svislém směru, tedy ve směru y . Maximální posuv je ve předu vidlice o necelé 2 mm.



Obrázek 56 - Příklad 1: aplikace síly, posunutí v y-ose

V dalším kroku bylo vyhodnoceno maximální absolutní napětí pro celou vidlici. V každém elementu je uvažováno nejkritičtější napětí ze všech deseti vrstev laminátu, která jsou spojena v jeden obrázek. Největší napětí je v místě díry pro krk vidlice, tedy 261 MPa. Abychom věděli, zda tyto hodnoty napětí naruší zadaný laminát s definovanými pevnostními charakteristikami, vyhodnotíme maximální absolutní index poruchy, tzv. failure index. Pokud je hodnota indexu poruchy 1, dojde k porušení materiálu. Nejvyšší hodnoty indexu poruchy v tomto případě jsou 0.35, která odpovídá koeficientu bezpečnosti $k \approx 3$.



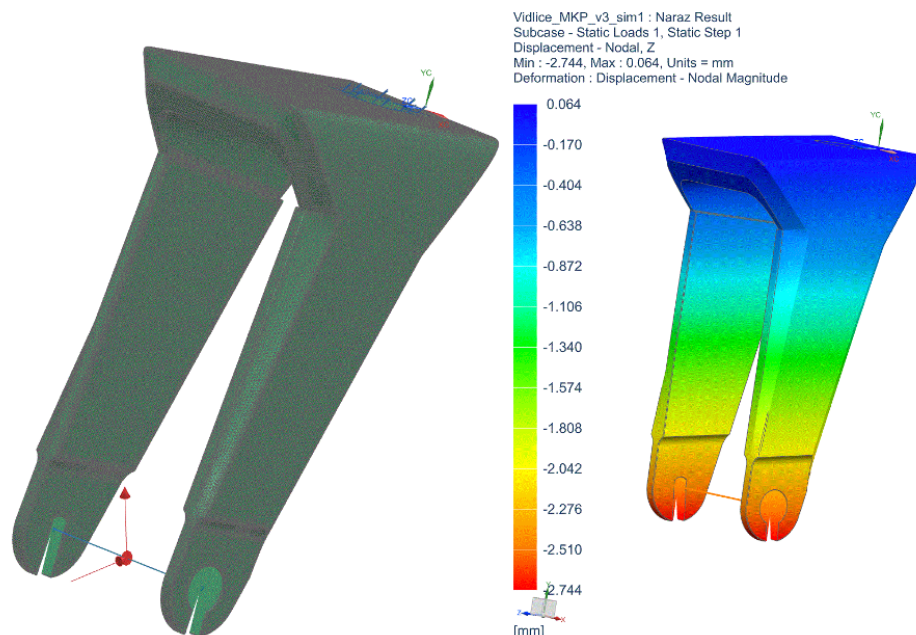
Obrázek 57 - Příklad 1: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy

9.6.3 Příklad 2: Náraz do obručníku

V dalším případě se podobně jako u předchozí úlohy aplikuje zatížení od hmotnosti člověka ve svislém směru, ale také zatížení v horizontálním směru, které má velice zjednodušeně simulovat situaci, kdy elektropohon narazí například do obručníku. Tato úloha bude vypočítána jako lineárně statická, nikoli jako nelineární, jak by tomu bylo v případě nárazů.

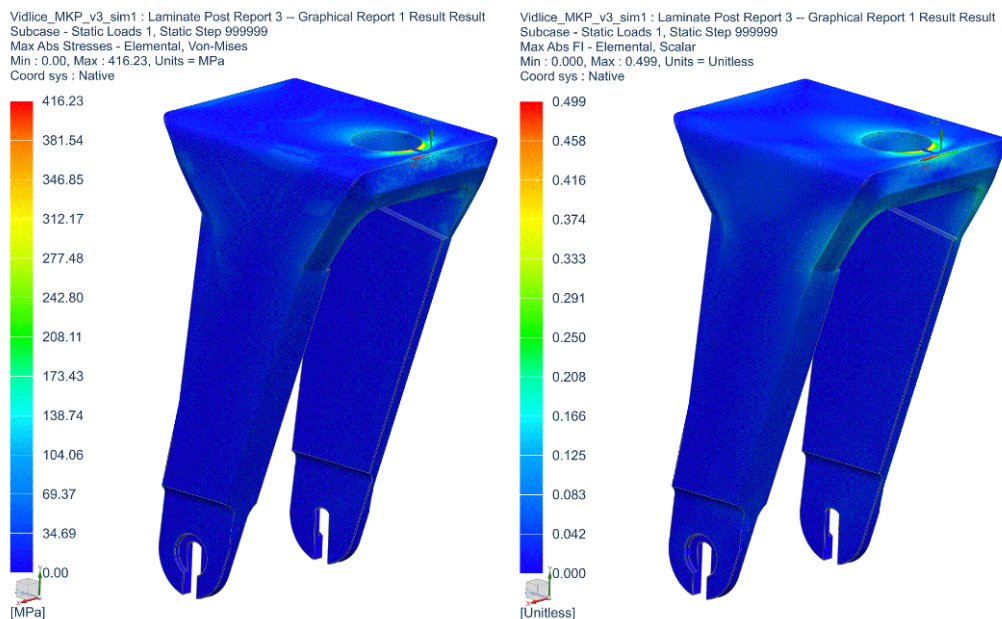
V horizontálním směru aplikujeme sílu, která je dvojnásobkem síly tíhové od hmotnosti člověka, tedy 2400N. Tato síla je velice konzervativním předpokladem, ke kterému by nemělo v reálném případě dojít, protože taková síla by pravděpodobně vyhodila uživatele vozíku ze sedadla. Síla se podobně jako v předchozím případě aplikuje do středu osy pro kolo s elektropohonem.

Po aplikaci obou sil na vidlici, která je opět zařazovaná v prostoru v místech díry na krk vidlice, dojde k posuvům v horizontálním směru (v ose z) o necelé 3 mm v místech osy kola. Dojde ke stlačení vidlice.



Obrázek 58 - Příklad 2: aplikace síly, posunutí v z-ose

Podobně jako v prvním případě byla dále vyhodnocena maximální absolutní napětí a indexy poruchy. Největší napětí bylo opět v místě díry pro krk vidlice a dosahuje tam 416 MPa. Největší index poruchy dosahuje hodnoty 0.5, což odpovídá hodnotě koeficientu bezpečnosti $k \approx 2$.

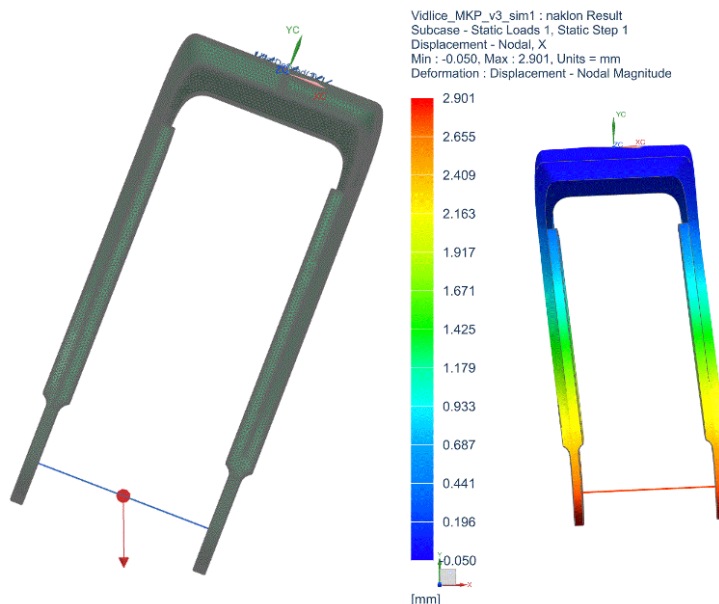


Obrázek 59 - Příklad 2: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy

9.6.4 Příklad 3: Náklon

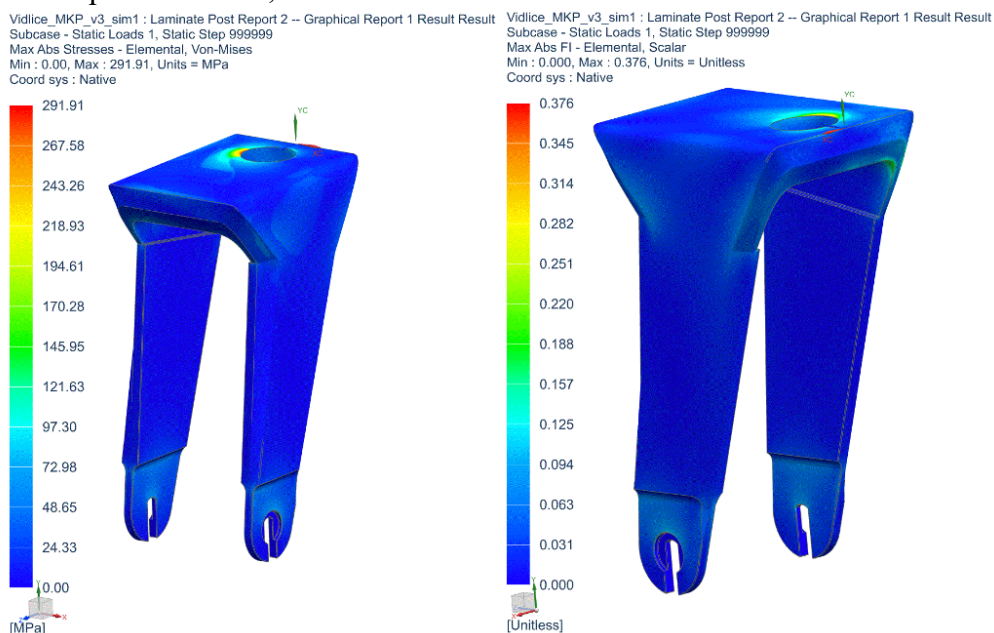
V posledním případě analýzy vidlice metodou konečných prvků bylo záměrem simulovat situaci, kdy jedno kolo vozíku jede po obrubníku 20 cm vysokém. Podobně jako v prvním a druhém případě se do středu osy kola s elektropohonem aplikuje tíhová síla od hmotnosti člověka, což je velice konzervativní předpoklad a jedná se o tíhovou sílu hodnoty 1200N. Tato síla však působí pod úhlem necelých 70° tak, aby byla stále ve svislé orientaci kolmo k zemi.

Po aplikaci síly je posuv v x-směru, tzv. směrem do boku vidlice, necelé 3 mm.



Obrázek 60 - Příklad 3: aplikace síly, posunutí v x-ose

Podobně jako v prvním a druhém případě byla dále vyhodnocena maximální absolutní napětí a indexy poruchy. Největší napětí bylo opět v místě díry pro krk vidlice a dosahuje tam hodnoty 292 MPa. Největší index poruchy dosahuje hodnoty 0.38, což odpovídá hodnotě koeficientu bezpečnosti $k \approx 2,5$.



Obrázek 61 - Příklad 3: Maximální absolutní napětí, maximální absolutní index poruchy

10 Řídítka

Řídítka slouží k ovládání elektropohonu a jak již bylo rozhodnuto v kapitole Rám, jejich složením bude zároveň docílena aretace kola ve stavu, kdy elektropohon k vozíku není zapojený. Mechanismus sklápěcích řídítek je navržen tak, že se ve složeném stavu opřou o nástavec displeje, který je k rámu upevněn pomocí šroubů. Na tomto nástavci je další držák displeje, který je k němu připevněn pomocí nastavitelného pantu, aby bylo jeho polohu možné nastavovat.

10.1 Rozměry řídítek

U rozměrů řídítek je zcela zásadní šířka řídítek. Navrhnutá šířka je 590 mm. Pro návrh zbylých rozměrů byly inspirací rozměry řídítek pro cyklistická kola. Vnitřní průměr řídítek v místě úchopu je 18,2 mm a vnější průměr je 22,2 mm. Naopak vnitřní průměr v místě mechanismu sklápění je 27,8 mm a vnější průměr je 31,8 mm. Tyto rozměry je dobré dodržovat i z finančního hlediska, protože různá cyklistická příslušenství jako například páčky, svorky apod. jsou vyráběná na tyto rozměry. Dalším limitním rozměrem je průměr díry představec, který se nasazuje na řídicí hřídel, jejíž vnější průměr je 28,6 mm.

10.2 Materiál řídítek

Materiálem pro řídítka je zvolena slitina hliníku pro její nízkou hmotnost a relativně velké pevnostní vlastnosti.

10.3 Způsob aretace kola pomocí řídítek

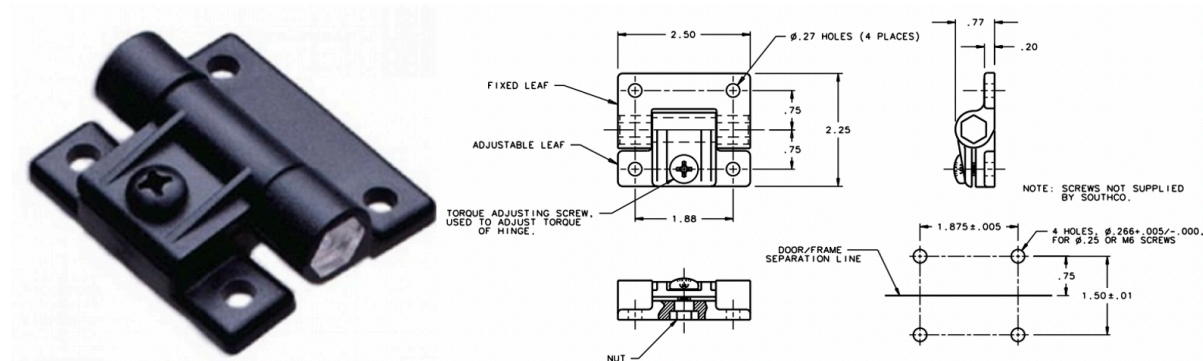
Jak již bylo zmíněno v kapitole Rám, řídítka budou sklápěná pro ušetření místa a zároveň se tak bude moci aretovat poloha kola s pohonem ve stavu, kdy bude elektropohon stát na stojanu bez zapojeného invalidního vozíku.

10.3.1 Varianta 1 – řídítka opřená o rám

První variantou je, že se řídítka sklopí pod úhlem do směrem ke svislému rámu, kde budou vybrání po stranách vybrání, do kterých řídítka zapadnou. Řídítka v této variantě tak budou kopírovat rám, o který se opřou. Nevýhodou je, že se naruší celistvost rámu a jeho designu a znamenalo by to, že by řídítka nemohla být nastavitelná, ale musela by být rovná, aby se stále vešla do jedné velikosti vybrání v rámu.

10.3.2 Varianta 1 – řídítka opřená o držák displeje

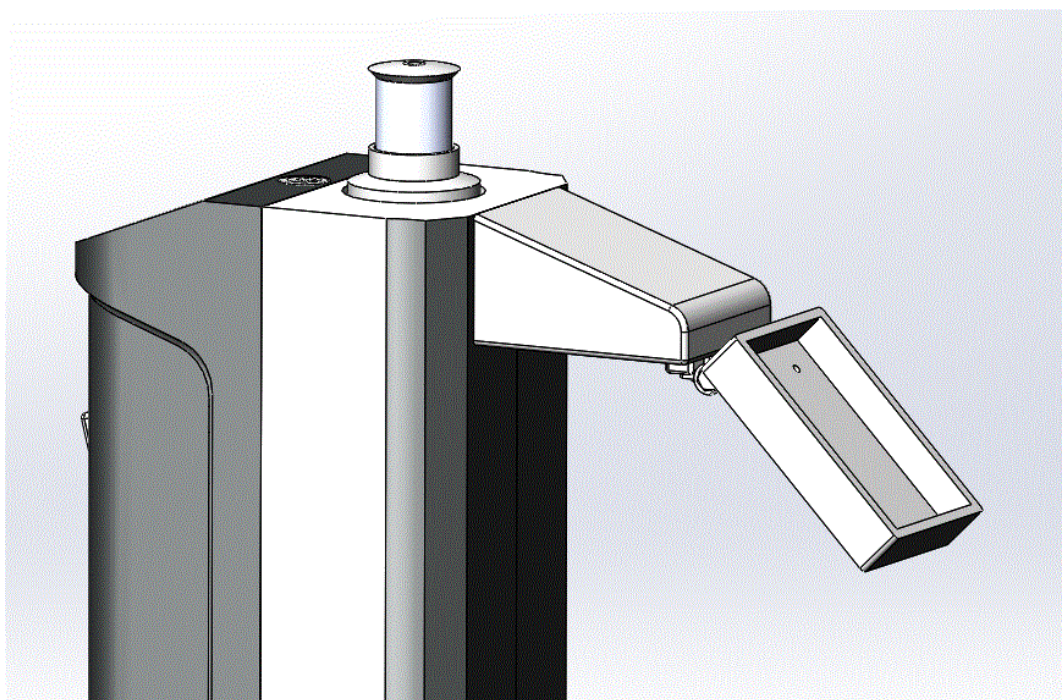
Druhou a vítěznou variantou je, že se na svislý rám přišroubuje nástavec displeje, o který se řídítka opřou a na něj je dále přišroubovaný držák na displej prostřednictvím pantu s nastavitelným třením. Tímto způsobem budou moci být řídítka nastavitelná, nebude se narušovat celistvý design rámu a navíc tak bude vyřešená pozice displeje. Nastavitelný poziční pant bude součástí kupovaná od firmy Marek Industrial a.s.



Obrázek 62 - Nastavitelný pant (79)

Tabulka 15 - Parametry nastavitelného pantu (79)

Číslo položky	Materiál	Dopředný moment	Zpětný moment	Typ momentu	Cena
E6-10-301-20	Acetal Copolymer	0,79 Nm	0,79 Nm	nastavitelný	178,- Kč



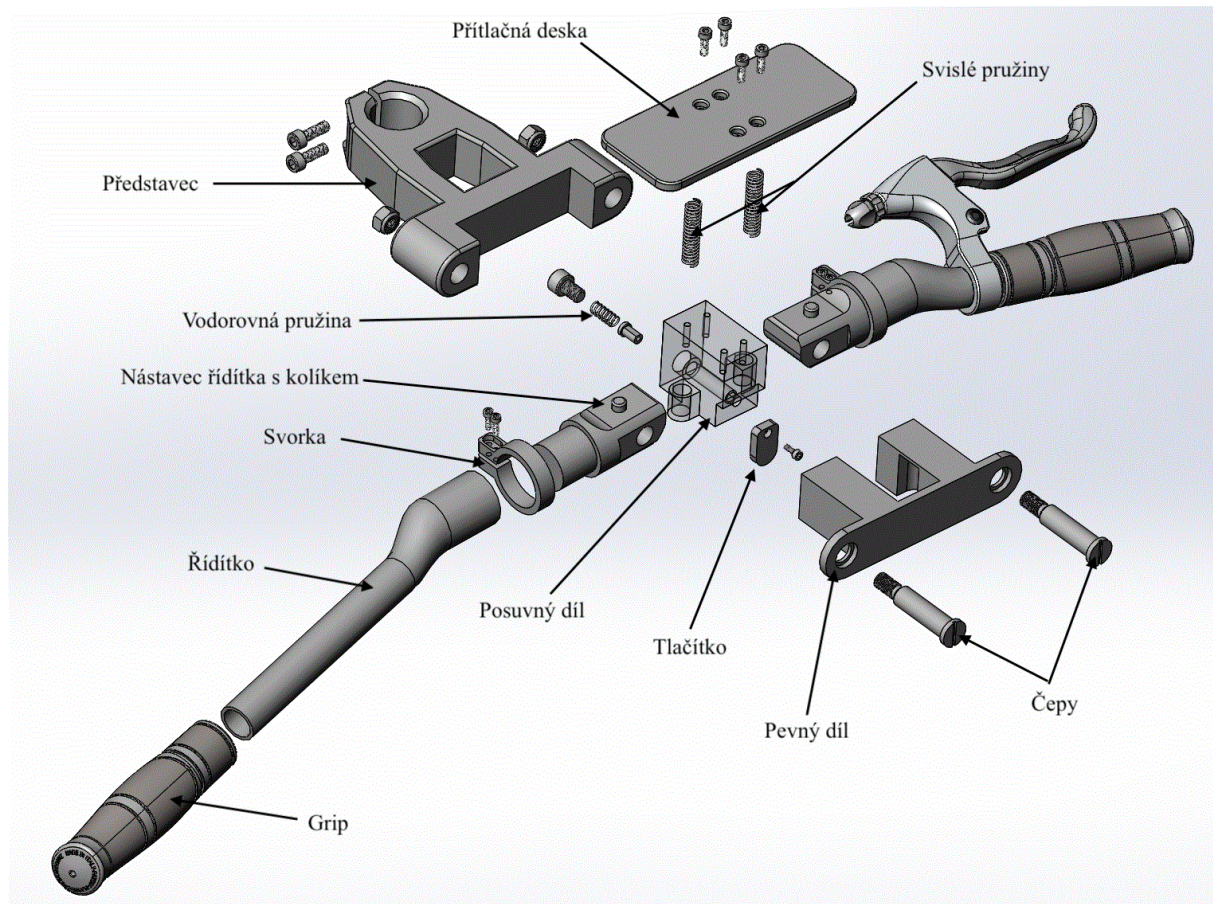
Obrázek 63 - Nástavec a držák displeje

10.4 Vlastní návrh řídítek

Ještě před tím, než bude popsán mechanismus sklápění řídítek, musí být pojmenovány klíčové součásti řídítek, které jsou zobrazeny na obrázku Obrázek 64.

Jednotlivé díly lze rozdělit do 3 skupin, které jsou popsány v následujících podkapitolách:

1. Sklápěcí mechanismu – přitlačná deska, posuvný díl, tlačítko, svislé pružiny, vodorovná pružina
2. Řídítko – nástavec řídítko s kolíky, svorka, řídítko, grip
3. Představec – představec, pevný díl, čepy



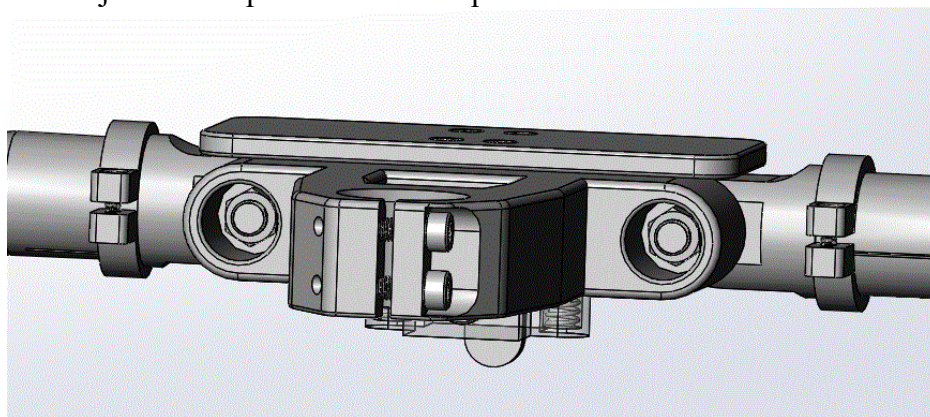
Obrázek 64 - Rozpad říditek

10.4.1 Součásti sklápěcího mechanismu

Sklápěcí mechanismus je dále popsán v kapitole Vlastní návrh mechanismu sklápění říditek.

10.4.2 Součásti představce

U představce je zásadní zvolit průměr díry odpovídající vnějšímu průměru řídicí hřídele, která jí prochází. Vnější průměr hřídele je 28,6 mm. Představec je na hřídeli nasazen s vůlí, tak aby bylo možné jej otáčet a nastavovat tak pozici říditek. Pozice představce na hřídeli se zajistí svorkově pomocí dvou šroubů. Dále na představec dosedá pevný díl říditek a prochází jimi čepy, na kterém se otáčí nástavec říditek. Čepy jsou do pevného dílu zalisované nebo přivařené na svém konci mají závit. Po prostrčení do děr představce se utáhnou maticí.



Obrázek 65 - Představec

10.4.3 Součásti říditka

Sestava dílu říditka se skládá z nástavce říditka, jímž prochází čep, kolem kterého se říditko otáčí. Na nástavec je nasunuto říditko a upevněno svorkou neboli objímkou tubusu říditek. Příkladem takové svorky může být svorka od firmy Scootshop.cz, která říditka zaaretuje. Její vnitřní průměr je 33 mm a stojí 179,- Kč. (80)



Obrázek 66 - Objímka tubusu říditek (svorka) (80)

Díky tomuto provedení je možné říditka natáčet a požadovanou polohu říditek zaaretovat pomocí svorky. Říditka jsou proto navržena ohnutá, aby mohlo být docíleno více nastavitelných poloh.

Další součástí jsou gripy, které byly staženy z portálu GrabCad, protože se bude jednat o kupovaný díl.



Obrázek 67 - Gripy na říditka (81)

Podobně jako gripy, tak i brzdové páčky budou kupovaným dílem a do sestavy elektropohonu byl tento díl stažen z Grabcad.com.



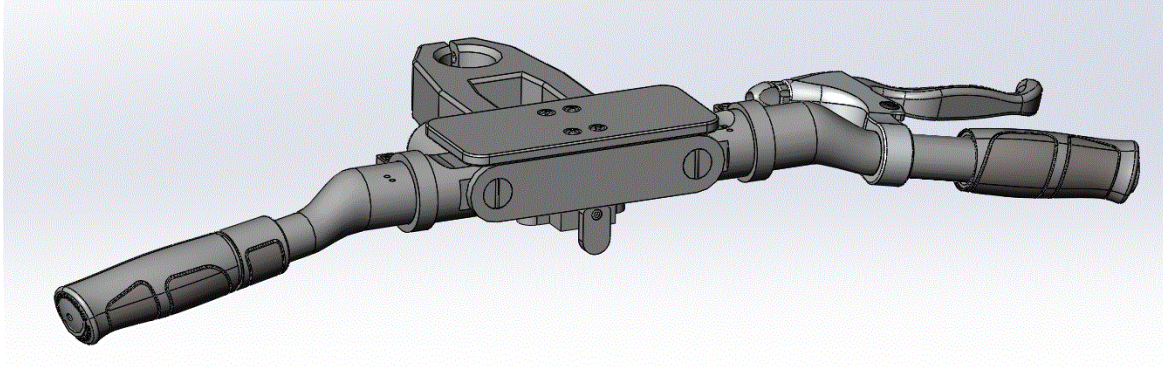
Obrázek 68 - Brzdová páčka na říditka (82)

10.5 Vlastní návrh mechanismu sklápění říditek

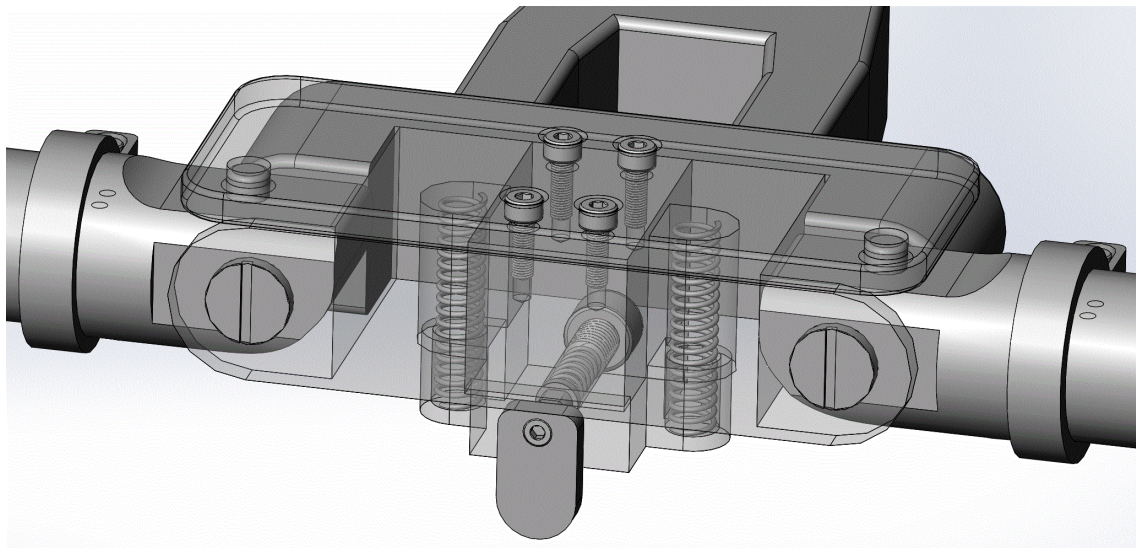
U navržených říditek je možné definovat tři polohy.

10.5.1 Poloha řídicíků 1

V první poloze jsou řídicíky nesklopená a přítlačná destička je v uzavřeném stavu. Polohu řídicíků zajišťují kolíky, které doléhají do děr přítlačné desky. Poloha přítlačné desky je zajištěna dvěma svislými pružinami, které celou výsuvnou část tlačí směrem dolů. Další pojistkou, že přítlačná deska skutečně zůstane v uzavřené poloze, je tlačítko, které je horizontální pružinou tlačeno směrem k uživateli invalidního vozíku. Když je přítlačná deska v uzavřené poloze, tlačítko je pružinou vytačeno ven a opřeno o stěnu pevného dílu řídicíků.



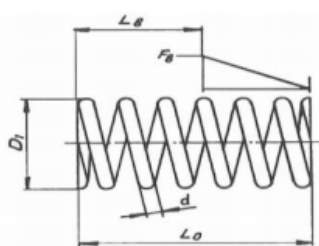
Obrázek 69 - Řídicíky v poloze 1



Obrázek 70 - Řídicíky v poloze 1 - detail

10.5.1.1 Výběr svislých pružin:

Pružiny jsou od firmy FEVOS vyráběné dle normy ČSN 026020. Průměr díry v pevném dílu řídicíků je 1cm. Při zvednutí přítlačné desky bude mít pružina délku $L_{2s} = 35$ mm a síla pružiny je F_{2s} . Když bude přítlačná deska v uzavřené poloze, bude mít pružina délku $L_{1s} = 40$ mm a bude působit silou F_{1s} .



- d = průměr drátu
- D₁ = vnější průměr pružiny
- L₀ = délka pružiny ve volném stavu
- z = celkový počet závitů
- n = počet činných závitů
- L₈ = délka pružiny ve stlačeném stavu
- F₈ = síla pružiny ve stlačeném stavu
- i = poměr vinutí (D₁/d)
- c = tuhost pružiny (přírůstek síly při stlačení pružiny o 1 mm)

Obrázek 71 - Parametry pružiny dle normy ČSN 026020 (83)

Zvolena byla pružina s následujícími parametry:

Tabulka 16 - Parametry svislých pružin řídicích (83)

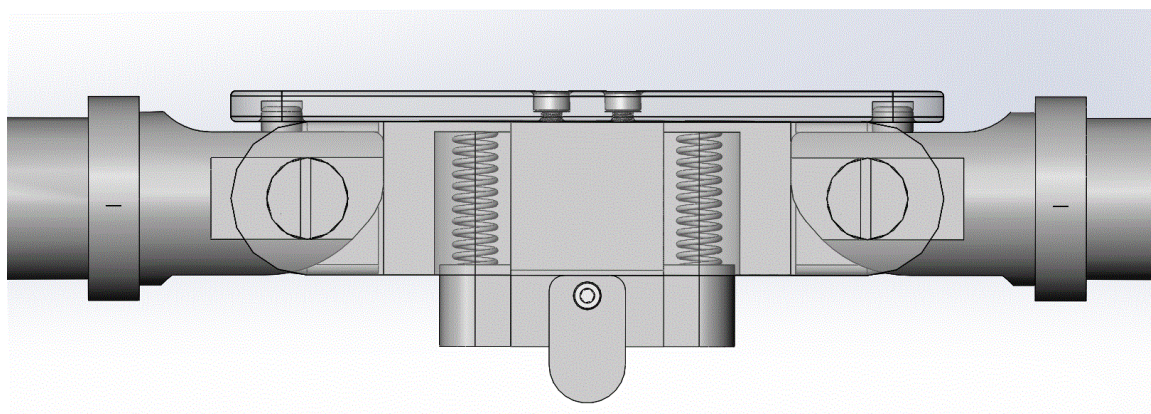
d	D ₁	L ₀	z	n	L ₈	F ₈	c	i
1 mm	9 mm	53 mm	17,5	15,5	25,5 mm	34,8 N	1,27 N/mm	8

Síla pružiny, když je poloha řídicích zajištěna, tzn. přítlačná deska je v uzavřeném stavu:

$$F_{1s} = c * (L_0 - L_{1s}) = 1,27 * (53 - 40) = 16,5N$$

Síla pružiny, když je poloha řídicích zajištěna, tzn. přítlačná deska je v uzavřeném stavu:

$$F_{2s} = c * (L_0 - L_{2s}) = 1,27 * (53 - 35) = 22,9N$$



Obrázek 72 – Řídítka v poloze 1 - svislé pružiny

10.5.1.2 Výběr vodorovné pružiny:

Dále je zapotřebí zvolit tlačnou pružinu, která vytlačuje tlačítko tak, aby se opřelo o pevný díl řídicích. Tím se zajistí poloha přítlačné desky v uzavřené poloze. Průměr díry, ve které bude pružina, je 8 mm. Tato díra je zároveň závitová, aby bylo možné šroubem zajistit pružinu uvnitř díry.

Pro zvednutí přítlačné desky bude muset být tlačítko zatlačeno dovnitř a pružina tak bude mít délku L_{2v} = 13 mm a síla pružiny bude F_{2v}. Když bude přítlačná deska v uzavřené poloze, tlačítko se vysune ven a pružina bude mít délku L_{1v} = 18 mm a bude působit silou F_{1v}.

Zvolena byla pružina s následujícími parametry:

Tabulka 17 - Parametry vodorovné pružiny (83)

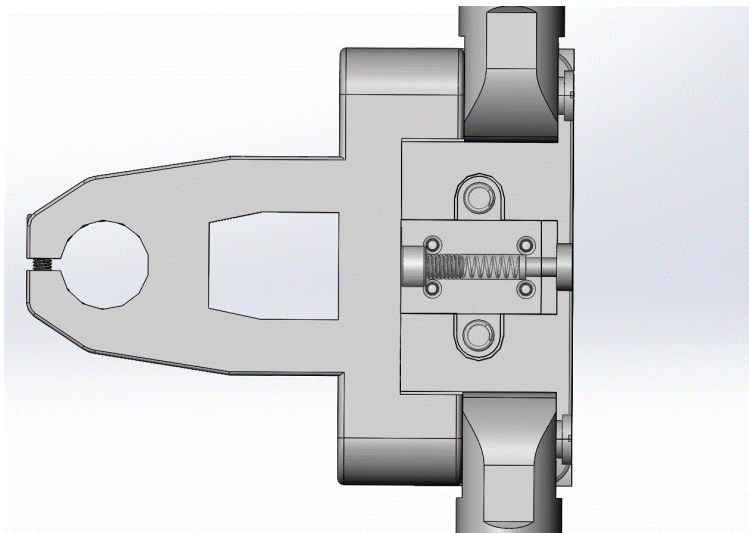
d	D ₁	L ₀	z	n	L ₈	F ₈	c	i
0,8 mm	7,1 mm	24 mm	10,5	8,5	12,1 mm	23,1 N	1,94 N/mm	8

Síla pružiny, když je poloha řídítek zajištěna, tzn. přítlačná deska je v uzavřeném stavu:

$$F_{1v} = c * (L_0 - L_{1v}) = 1,94 * (24 - 18) = 11,6N$$

Síla pružiny, když je poloha řídítek zajištěna, tzn. přítlačná deska je v uzavřeném stavu:

$$F_{2v} = c * (L_0 - L_{2v}) = 1,94 * (24 - 13) = 21,3N$$

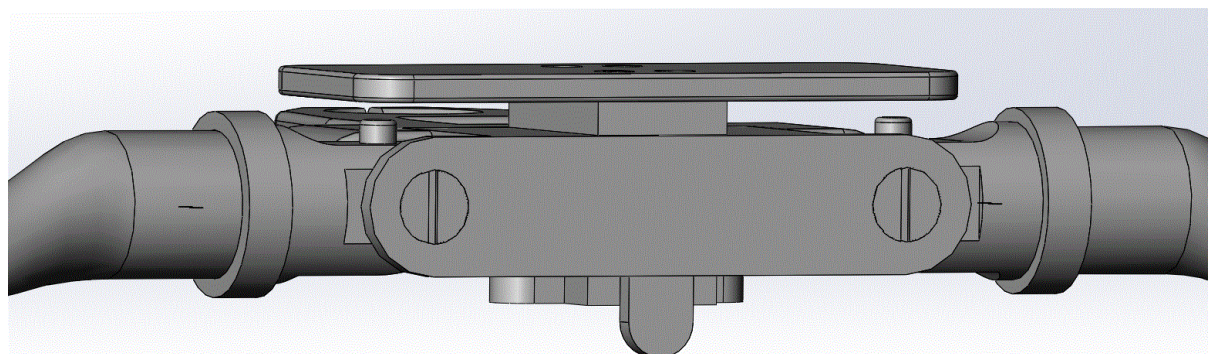


Obrázek 73 – Řídítka v poloze 1 - vodorovná pružina (pohled zespoda)

10.5.2 Poloha řídítek 2

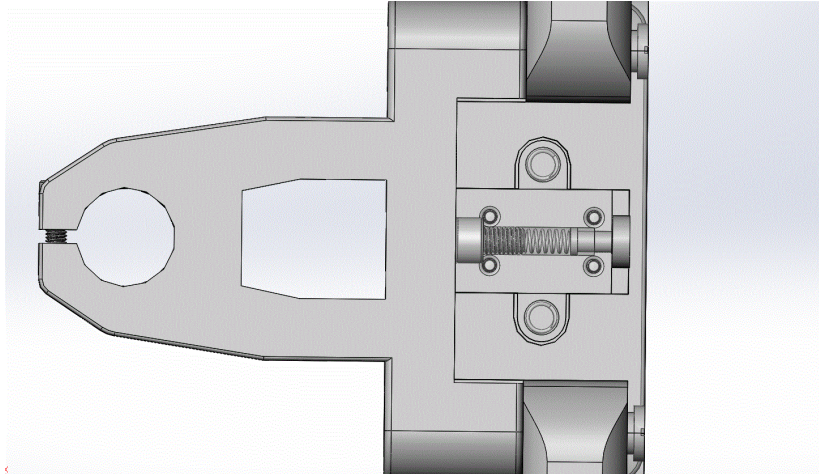
Druhá poloha řídítek vzniká při stisknutí tlačítka s tím, že je cílem řídítko buď složit nebo znovu rozložit. Stisknutím tlačítka se stlačí vodorovná pružina a mírným pohybem vzhůru se stlačí pružiny svislé a zároveň se začne zvedat přítlačná deska. Tím se uvolní kolíky řídítek a řídítko se tak mohou volně pohybovat. Volnému pohybu by se dalo zabránit zkrutnými pružinami, které by řídítko tlačily stále směrem vzhůru do otevřené polohy. Po přizvednutí přítlačné desky je možné uvést řídítko do požadované polohy.

V této poloze, která je vyznačena na Obrázek 74, je kvůli pružinám nutné buď držet tlačítko nebo držet řídítko pod mírným úhlem, aby nedošlo k zapadnutí kolíků řídítek do děr v přítlačné desce.



Obrázek 74 - Řídítka v poloze 2

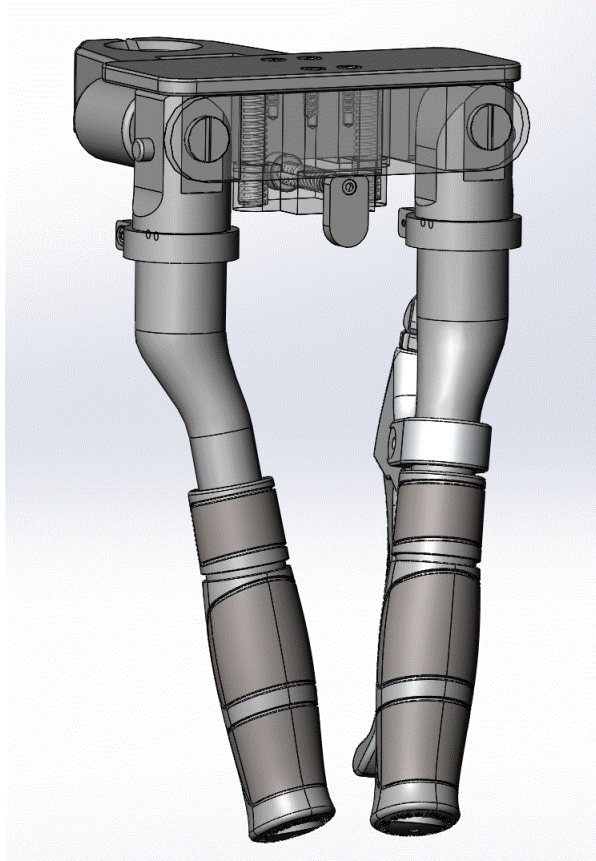
Na dalším Obrázek 75 je znázorněna poloha 2, kdy je tlačítkem stlačena vodorovná pružina tak, že tlačítku nebrání stěna pevného dílu řídítek při pohybu vzhůru, kdy se zvedá přítlačná deska.



Obrázek 75 - Řídítka v poloze 2 - vodorovná pružina s tlačítkem (pohled zespoda)

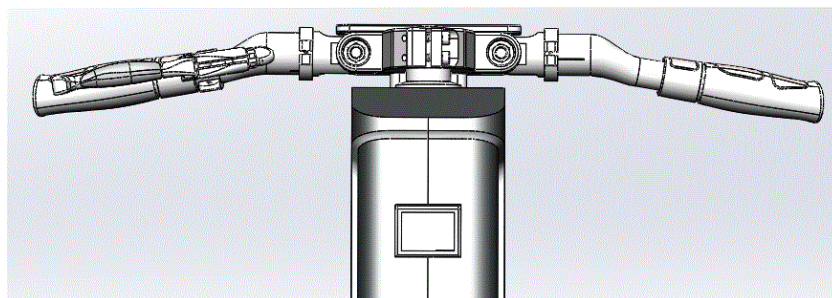
10.5.3 Poloha řídicíků 3

Třetí poloha řídicíků je totožná s první jen s tím rozdílem, že řídicíky jsou orientovány ve sklopeném stavu. Zajištění polohy je stejné jako v poloze první. Aby došlo k aretaci kola s pohonem, řídicíky se v této poloze v horní části opřou o držák displeje.

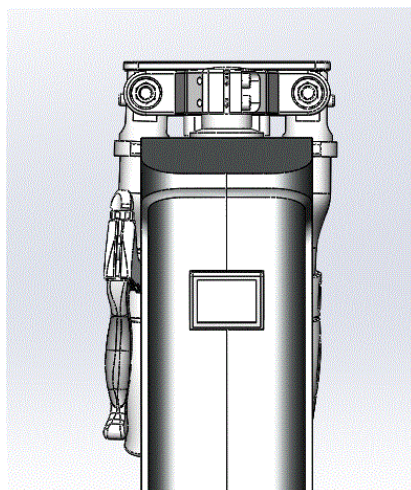


Obrázek 76 - Řídítka v poloze 3

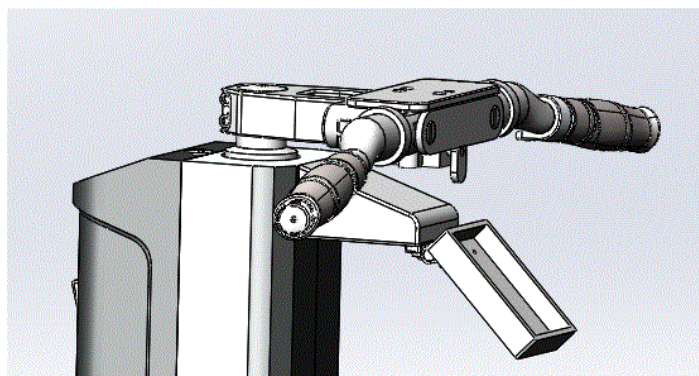
10.6 Finální podoba řídítek



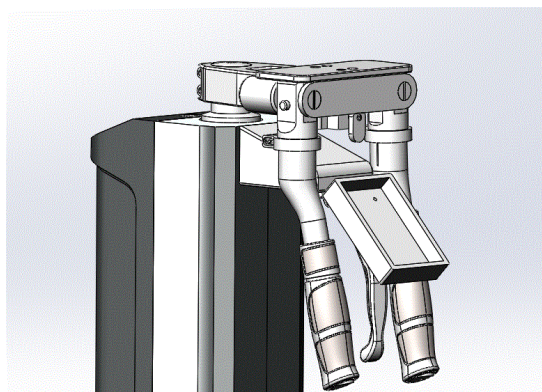
Obrázek 77 - Nesklopená řídítka



Obrázek 78 - Sklopená řídítka



Obrázek 79 - Nesklopená řídítka



Obrázek 80 - Sklopená řídítka

11 Stojan

Funkce stojanu je udržet elektropohon ve stabilní poloze, aby k elektropohonu mohla pohodlně přijet osoba na invalidním vozíku a provést montáž elektropohonu k invalidnímu vozíku. Stojan je ve většině případů vybaven kolečky pro lepší manipulaci.

11.1 Rozměry stojanu

Rozměry stojanu se podřizují velikosti rámu, ke kterému bude stojan připevněn. Geometrie koleček musí být vyřešena tak, aby se po připojení elektropohonu zdvihly natolik, aby v jízdě nepřekážely a nevystavovaly uživatele vozíku nebezpečí. Kolečka budou od sebe vzdálena 320 mm, aby byla zajištěna dostatečná stabilita.

11.2 Materiál stojanu

Po konzultaci se zadavatelem práce bylo rozhodnuto, že stejně jako rám bude i stojan vyroben z karbonu.

11.3 Kontrola patentů

Jediný patent, který návrh stojanu nějakým způsobem omezuje, je patent EP3501469B1 s názvem *Stand, leader guidance device with stand and wheelchair train with a leader guidance device*. Obsah tohoto patentu je pružný prvek integrovaný ve stojanu, který je zčásti bezpečnostním prvkem např. při nárazu do obrubníku apod. Dále v případě elektropohonu e-pilod od firmy Alber stojan propruží při zatlačení rámu dolů tak, aby bylo možné dostat čep do vybrání na adaptéru vozíku.

Při návrhu stojanu je nutné vyhnout se použití pružného prvku na stojanu, přičemž pružný prvek se má nacházet kdekoli mezi podlahou a vodorovným přípojným rámem elektropohonu. Vlastní návrh stojanu bude vypadat tak, že nebude mít žádný integrovaný pružný prvek, ale např. při nárazu propruží celý stojan, proto tomu musí být přizpůsoben tvarově.

11.4 Varianty stojanu

Uvažováno bylo několik variant, z nichž dvě byly vyhodnoceny jako nejzajímavější:

11.4.1 Stojan s lineárním pohonem

Verze takového stojanu by měla uvnitř stojanu integrovaný lineární aktuátor, který by zasouval a vysouval kolečka ve svislém směru. Tak by bylo možné snadno upravovat celkovou geometrii rámu se stojanem tak, aby byla kolečka vyzdvižnutá do dostatečné bezpečné výšky. Zvýšila by se tak univerzálnost elektropohonu. Nevýhodou je, že by se do celého systému vložil elektronický prvek navíc, který snižuje celkovou spolehlivost elektropohonu. Obecně platí, že čím více komponentů zařízení má, tím méně spolehlivé je, protože se jednotlivé spolehlivosti komponentů násobí.

11.4.2 Stojan ke každému kolečku procházející vybráním v rámu

Každé kolo bude na vlastním stojanu, které bude přišroubované k hlavnímu svislému rámu elektropohonu. Na stojanu bude několik děr, aby bylo možné výšku stojanů nastavit dle potřeb konkrétního uživatele tak, aby celková geometrie vyhovovala a byla bezpečná. Stojany budou procházet vybráním ve vodorovném hlavním rámu elektropohonu, které umožní stojanům ve vybrání pružit, pokud by došlo k nárazu. Vybrání stojanu bude opatřeno silikonem, aby nedošlo k opotřebení stojanů. Vybrání musí být tvarově řešeno tak, aby při nárazu stojan nevyskočil do

strany, ale opřel se do části rámu, která by měla být vyztužená. Tvarově by měly stojany vypadat jako pružina, aby při případném nárazu pružily směrem k invalidnímu vozíku.

Stojan je k hlavnímu svislému rámu přišroubován. Do čel stojanu jsou vlepené závitové díry. Šroub se prostrčí dírou v hlavním rámu a přišroubuje do závitové díry ve stojanu.

11.4.3 Zhodnocení

Po konzultaci se zadavatelem práce byla druhá varianta oddělených stojanů procházejících vybráními v rámu vyhodnocena jako vítězná.

11.5 Kolečka

Kolečka byla vybrána od firmy Dům koleček a ke stojanu budou připevněna tak, že se jimi provlékne osa, která se zašroubuje do čela stojanu, které bude je z karbonu. Do čela karbonu se proto vlepe závit.

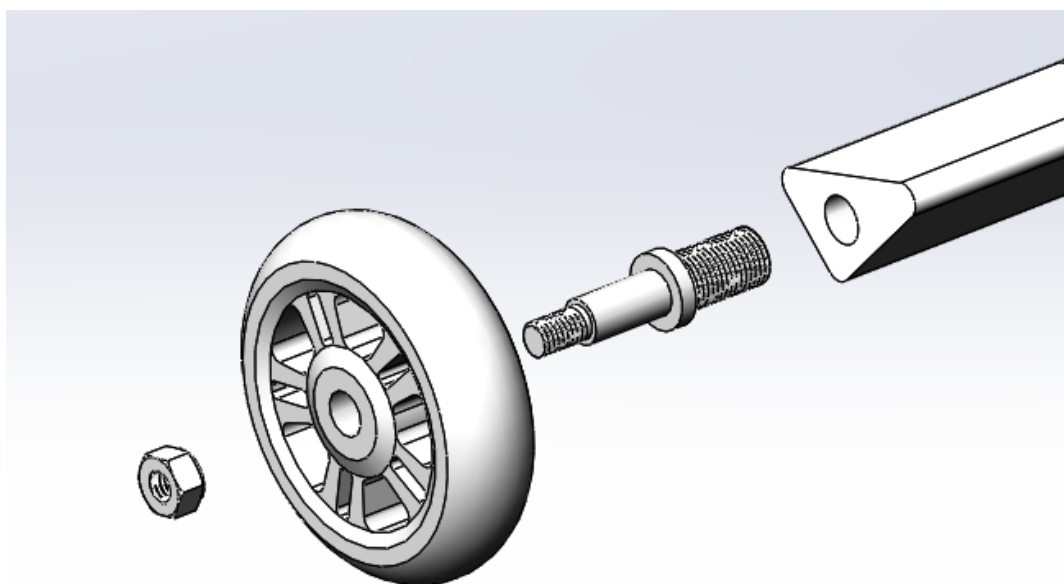


Obrázek 81 – Kolečko stojanu (84)

Parametry koleček jsou uvedeny v následující tabulce.

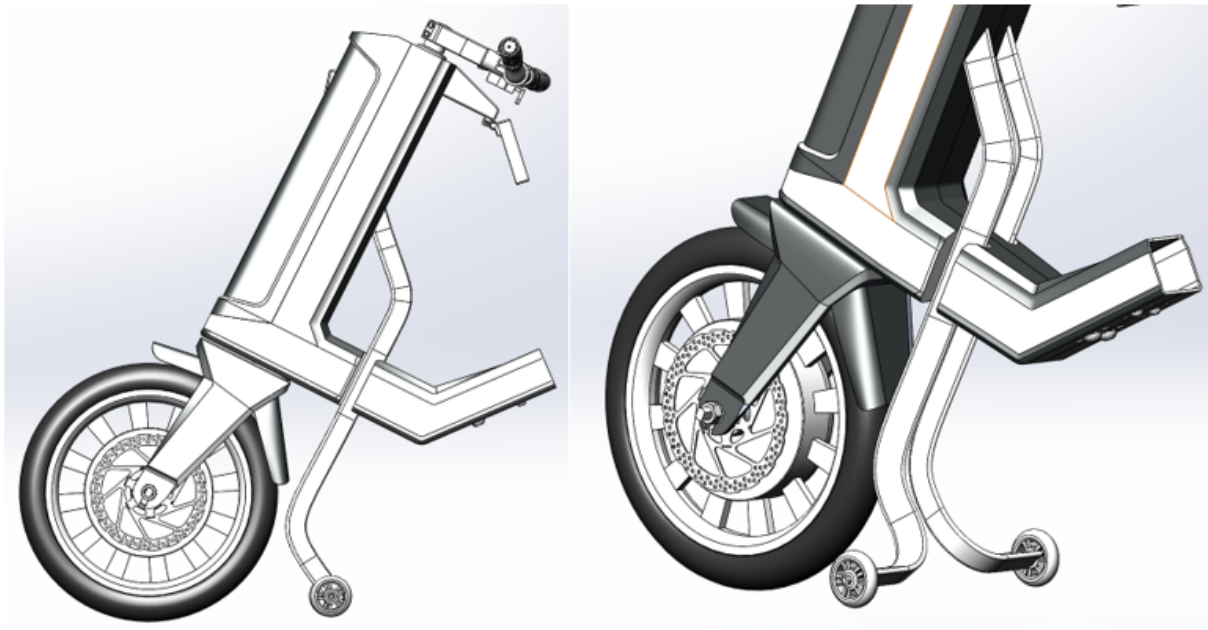
Tabulka 18 - Parametry koleček ke stojanu (84)

Typ ložiska	Průměr kola	Šířka běhounu	Zatížení	Průměr otvoru hřídele	Délka náboje	Cena
kuličkové	63 mm	18 mm	35 kg	8 mm	18 mm	111,- Kč

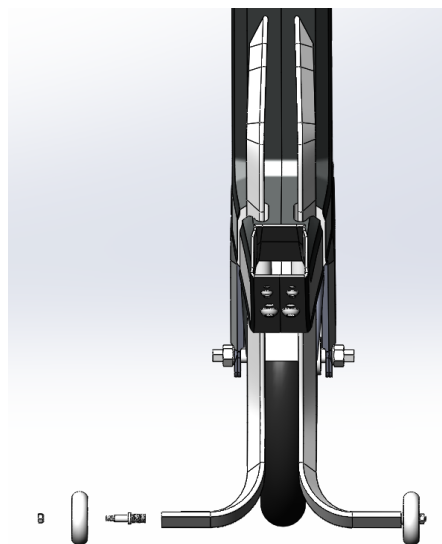


Obrázek 82 - Kolečko stojanu – vlastní návrh uchycení

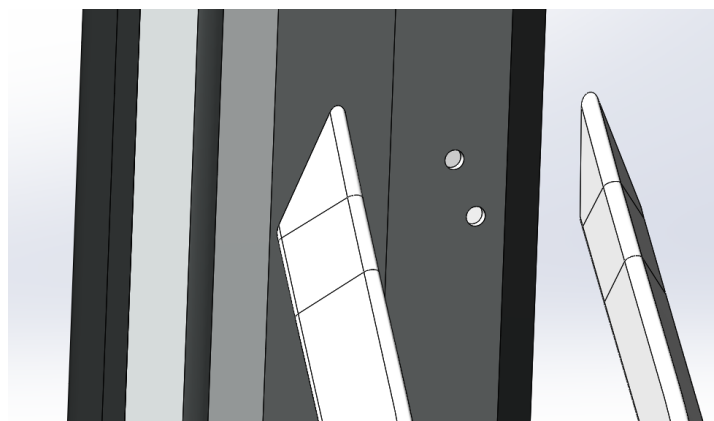
11.6 Vlastní návrh stojanu



Obrázek 83 - Stojan



Obrázek 84 - Stojan - šířka 320 mm



Obrázek 85 - Stojan - způsob uchycení k rámu

12 Systém připojení elektropohonu k vozíku

Jak z Graf 3 vyplývá, systém připojení elektropohonu k vozíku je nejzásadnějším prvkem na celé konstrukci elektropohonu a mělo by jít o bezpečný a uživatelsky jednoduchý systém. Systém připojení elektropohonu se skládá ze dvou částí – adaptér k vozíku a adaptér k rámu elektropohonu. Velká část adaptéru k vozíku, který bude permanentně připevněn k vozíku, byl již navržen zadavatelem této práce.

12.1 Typy provedení systému připojení

Princip systému připojení byl zvažován ve třech provedeních:

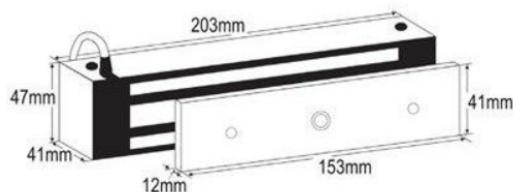
12.1.1 Čistě mechanické spojení

Tento typ připojení elektropohonu k vozíku je nejrozšířenější a vyskytuje se téměř u všech konkurenčních produktů, protože se jedná o nejjednodušší a neúčinnější způsob. Konstrukční řešení sestává z čepů na jednom adaptéru a z drážek na protikusovém adaptéru, které do sebe zapadají a po mírném zapojení uživatele invalidního vozíku prostřednictvím manipulace s řídítky – nejčastěji se jedná o zatlačení řídítek vpřed – se čepy v drážkách zajistí mechanickým zámek, který může zahrnovat systém pružin. Pro odjištění zámku se použije páčka, která odjistí polohu zámku a spojení se uvolní. Některá taková řešení jsou předmětem patentu jako například systém *Click Klaxon* od firmy Klaxon Mobility GmbH.

12.1.2 Spojení pomocí elektromagnetu

Dalším možným způsobem připojení je elektromagnet, který by byl součástí přípojného adaptéru rámu a pro svůj elektromagnetický účinek by čerpal napětí z akumulátoru umístěného na rámu. Veškeré kabely propojující elektromagnet s akumulátorem a řídicí jednotkou by byly vedeny dutým rámem. Elektromagnet by k sobě přitahoval adaptér vozíku.

Nevýhodou tohoto typu připojení je vysoká hmotnost elektromagnetu, která by mohla způsobit převrácení konstrukce elektropohonu v klidovém stavu před zapojením, kdy je elektropohon podepřený stojanem. Další nevýhodou vysoké hmotnosti je obtížná manipulace elektropohonu při přenosu či nakládání a vykládání do automobilu. Další zásadnější nevýhodou využití elektromagnetu je bezpečnost při jízdě, kdy elektromagnet musí být neustále připojen ke zdroji energie, aby nedošlo k odpojení vozíku ve vysoké rychlosti. K odpojení elektromagnetu od zdroje energie by mohlo dojít v důsledku zkratu některého z kontaktů či v důsledku mechanickému poškození kontaktů například při otřesech, anebo v důsledku vybití akumulátoru. Pro takové případy by měl být systém vybaven i mechanickým způsobem zajištění.



Obrázek 86 – Příklad elektromagnetu MAGNALOCK M32M (85)

12.1.3 Mechanické spojení s elektromechanickým odepínáním

Další zvažovanou variantou je spojení mechanické doplněné o elektromechanický prvek sloužící pouze k odpojení elektropohonu od vozíku. K odpojení vozíku by se nemusela

využívat páčka, ale stačilo by stisknutí tlačítka na řídicích, které by bylo propojené s elektromechanickým aktuátorem umístěným v adaptéru připojení. Elektromechanický prvek by sloužil k odjištění spojení, což by bylo dosaženo buď lineárním či rotačním pohybem dle způsobu konstrukčního provedení spojovacího systému. Nevýhodou tohoto spojení by mohla být závislost napojení systému připojení ke zdroji energie. Z toho plynou stejná rizika jako v případě spojení systému pomocí elektromagnetu. Z toho důvodu bude nutné zakomponovat i mechanický způsob odjištění.

12.1.4 Zhodnocení

Tabulka 19 - Zhodnocení variant typu rámu elektropohonu

	Hmotnost	Patentová shoda	Bezpečnost a spolehlivost	Cena	Celk
Váha	0,2	0,25	0,4	0,15	
<i>Mechanické spojení</i>	přijatelná	existují patentovaná řešení	Vysoká	Bez nákupu doplňujících prvků	35,8
Hodnocení	40	20	40	45	
<i>Spojení elektromagnetem</i>	vysoká hmotnost elektromagnetu	Ne	Nízká	Cena elektromagnetu $\approx 10.000,-$ Kč	25
Hodnocení	20	40	20	20	
<i>Mechanické s elektromechanickým odpojením</i>	přijatelná	Ne	Vysoká	Cena servomotoru či lin. aktuátoru $\approx 2.000,-$ Kč	39,3
Hodnocení	40	40	40	35	

Vítěznou variantou systému připojení je mechanický způsob doplněný o elektromechanické odepínání a nouzové mechanické odepínání.

12.2 Rozměry systému připojení

Důležité rozměry pro návrh systému připojení jsou rozměry rámu vozíku, které určují hlavní rozměry adaptéru k vozíku. Šířka rámu vozíku se pohybuje okolo 400 mm, která je vesměs standardizovanou šířkou sedadla. Dalšími limitujícími rozměry jsou rozměry středového rámu elektropohonu, do kterého se bude upevňovat adaptér elektropohonu. Rozměry přípojného středového rámu však nesmí být příliš velké tak, aby bylo možné rám i s adaptérem bezpečně zasunout mezi nohy uživatele vozíku. Dále je limitujícím rozměrem pro adaptér k elektropohonu velikost elektromechanického prvku.

12.3 Materiál systému připojení

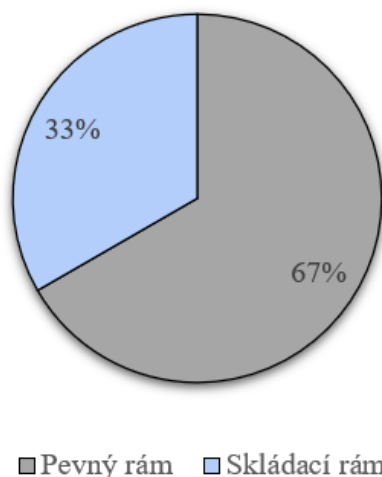
Jako nejpříznivější materiál pro oba adaptéry byl zvolen hliník díky jeho dobrému poměru pevnosti a hmotnosti. Na rozdíl od kompozitu je navíc snadno technologicky opracovatelný do požadované podoby, což například zahrnuje obrobitelnost a svařitelnost.

12.4 Kontrola patentů

Systém mechanického spojení je tvořen ze sestavy čepů adaptéru, které budou zajištěny v drážkách protikusového adaptéru na vozíku. Aby systém mechanického spojení nespadal do rozsahu ochrany patentu *EP3020385A1*, je volena varianta taková, že se čepy nachází na adaptéru připojeném k rámu elektropohonu a drážky jsou připojeny na adaptéru připojeném k invalidnímu vozíku. Každopádně výrobek nemůže být v rozporu s žádným patentem, protože navrhované řešení obsahuje integrovaný elektromechanický prvek, který není obsahem žádného patentu.

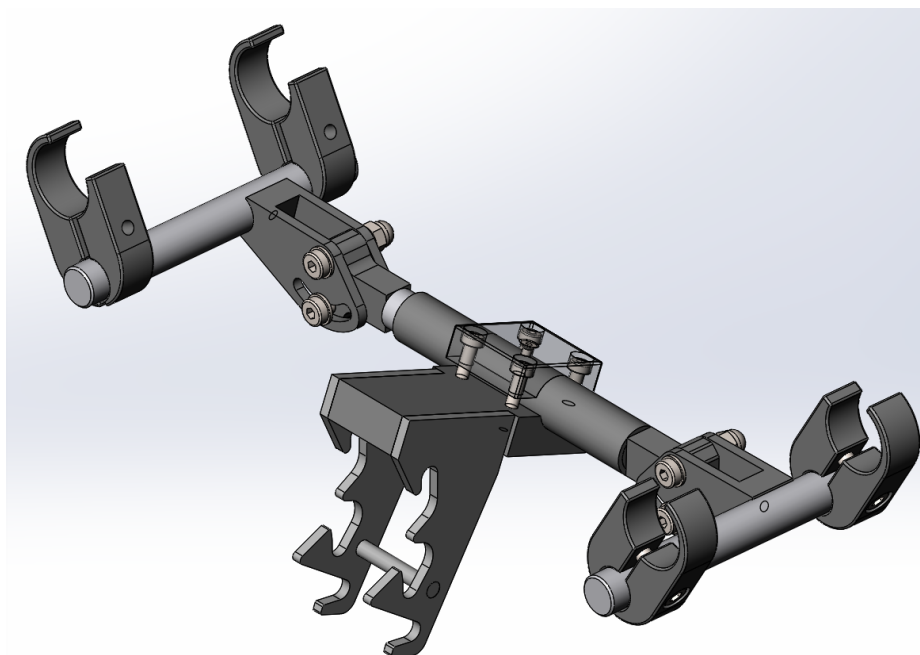
12.5 Adaptér k vozíku

Adaptér k vozíku bude permanentně připevněn na rámu invalidního vozíku, aby montáž elektropohonu byla co nejjednodušší a nejpohodlnější. Problémem je, že existují dva typy invalidních vozíků - se skládacím rámem a s pevným rámem. Primárně bude navrhován adaptér pro invalidní vozíky, které mají pevný rám, jelikož většina respondentů z průzkumu takový vozík vlastní (viz Graf 10) a návrh adaptéru bude o to jednodušší. Toto bylo rozhodnuto po konzultaci se zadavatelem práce. Navrhnout adaptér, který by byl vhodný pro obě varianty rámu vozíků by mohlo být předmětem další práce.



Graf 10 - Pevný vs. skládací rám invalidního vozíku

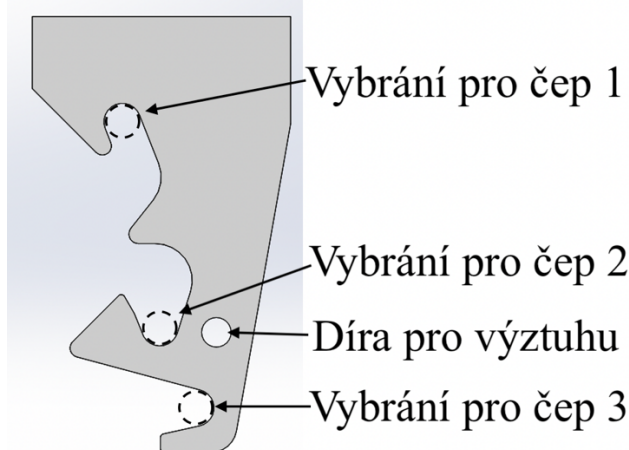
Adaptér k vozíku systému připojení byl již z velké části navržen zadavatelem práce a vyniká univerzálností vůči různým velikostem rámu vozíků. Nastavitelná je šířka adaptéru tak, aby bylo možné upnout 4 objímky k rámu vozíku. Dále je možné nastavit výšku a sklon připojovací části adaptéru.



Obrázek 87 - Systém připojení - adaptér k vozíku

Připojovací část je svařenec, jehož boky tvoří dva tvarové profily. Tyto profily zajišťují mechanické spojení elektropohonu s vozíkem, protože je tvořen drážkami, do kterých budou dosedat čepy adaptéru elektropohonu. Zhruba takový tvar profilu byl navržen zadavatelem a ozkoušen na vyrobeném prototypu. Do první drážky se zasune čep 1 a dále se zatlačením řídicích kupředu zajistí ve zbylých drážkách čepy 2 a 3. Dále je do profilu vyvrtaný otvor pro navaření výztuhy.

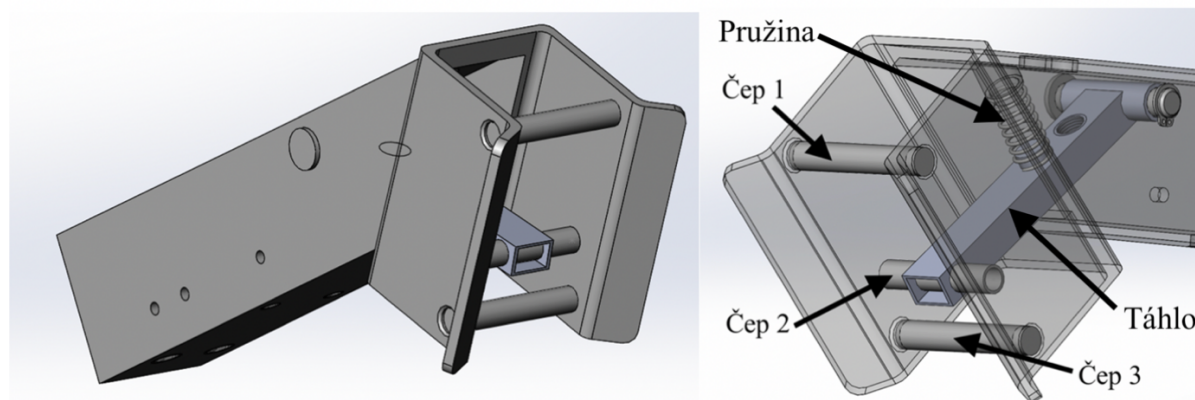
Další alternativou je nevyrábět připojovací část jako svařenec, ale součást obrábět, jelikož by tato varianta byla přesnější na výrobu.



Obrázek 88 - Systém připojení - profil připojovací části adaptéru vozíku

12.6 Adaptér k elektropohonu

Adaptér k elektropohonu má tři čepy, které zapadají do drážek připojovací části adaptéru vozíku. Čep 2 je přivařený k táhlu, které je otočně uloženo na dalším čepu zajištěném do adaptéru pomocí pojistného kroužku. Toto táhlo je neustále tlačeno směrem dolů pomocí tlačné pružiny.



Obrázek 89 - Adaptér k elektropohonu

12.6.1 Pružina

Zvolena byla tlačná pružina, která je kupovaná od firmy Fevos a je vyráběná dle normy ČSN 026020, jejíž parametry jsou vyznačeny na Obrázek 71.

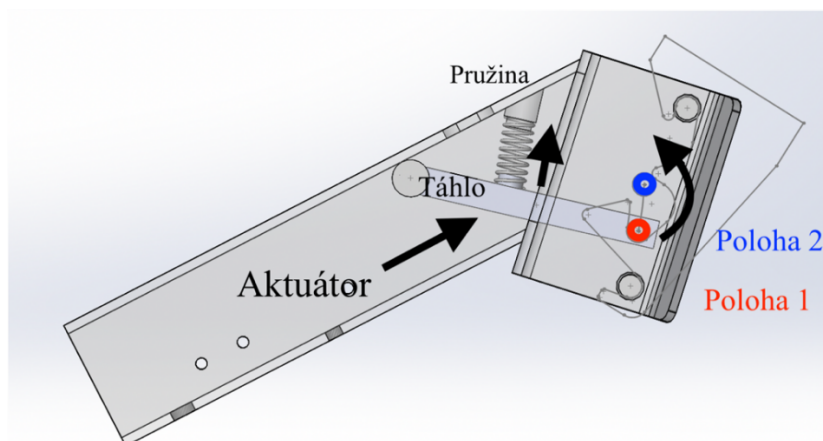
Tabulka 20 - Parametry pružiny adaptéru k rámu elektropohonu (83)

d	D ₁	L ₀	z	n	L ₈	F ₈	c	i
1,25 mm	13,8 mm	50 mm	10,5	8,5	18,5 mm	46,6 N	1,48 N/mm	10

Tato pružina tlačí táhlo adaptéru směrem dolů tak, aby byl čep táhla zajištěn v drážce adaptéru vozíku.

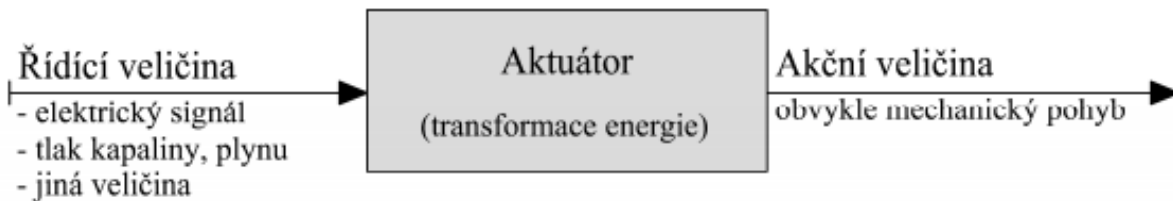
12.6.2 Elektromechanický prvek – aktuátor

Elektromechanický prvek v systému spojení konstrukce elektropohonu a invalidního vozíku má za úkol přetlačit tlačnou pružinu, která zajišťuje polohu čepu v drážce. Tím se vazba systému připojení uvolní a elektropohon se může od vozíku demontovat. Přetlačení pružiny se v navrhovaném řešení dosáhne lineárním aktuátorem. Podmínkou pro odjištění vazby mezi adaptéry elektropohonu a vozíku je předpoklad, že před a při odjištění uživatel invalidního vozíku rukama zatlačí do řídítek a odlehčí tak zatížení ve vazbě tak, aby mohl elektromechanický prvek správně zafungovat.



Obrázek 90 - Adaptér k elektropohonu - schéma

Aktuátor je dle odborné literatury „funkční prvek, který spojuje informační proces s technickým procesem,“ a to tak, že se v rámci akčního členu aktuátoru transformuje vstupní řídicí veličina na výstupní akční veličinu, kterou je většinou mechanický pohyb. (86) (87)



Obrázek 91 – Schéma aktuátoru (87)

Typ aktuátoru závisí na řídicí veličině, která je například elektrická, mechanická, elektromagnetická apod. V tomto případě se bude jednat o elektromechanický aktuátor, jehož řídicí veličina bude elektrický signál. Elektrický signál, ať už je to napětí či proud, je transformován na mechanický pohyb, který může představovat

- posuvný lineární pohyb či
- rotační pohyb.

„Elektromechanické aktuátory pracují buď na

- principu silového působení elektrického pole na elektricky nabitý vodič, popř. na dielektrikum, nebo na
- principu silového působení magnetického pole na feromagnetický materiál, nebo na proudovodiče (resp. cívku).“ (87)

Obecně platí pravidlo, že aktuátory pracující na principu silového působení elektrického pole jsou vhodné pro přenos menších výkonů, protože hustota energie elektrického pole je nízká. Vzhledem k dosahování nízkých sil je tento princip aktuátorů vhodný pro mikroaktuátory. Naopak aktuátory pracující na principu silového působení magnetického pole dosahují velkého silového působení vzhledem k vysoké hustotě magnetického pole. Takové aktuátory se nazývají elektromagnetické a jsou nejčastěji využívány. (86)

Dále se elektromagnetické aktuátory dělí na:

- stejnosměrné, kdy se elektrický proud na vstupu v závislosti na čase nemění, a na
- střídavé, u kterých se na vstupu elektrický proud periodicky mění. (87)

12.6.3 Síla aktuátoru F_a potřebná k přetlačení pružiny

Před výběrem konkrétního lineárního aktuátoru je nutné určit alespoň přibližně sílu aktuátoru F_a , která bude potřebná k přetlačení pružiny. Tím bude určena minimální síla, kterou bude muset lineární aktuátor vyvinout. Působící síly jsou vyznačeny v následujícím schématu (viz Obrázek 92). Výpočet síly bude prováděn pro 2 polohy.

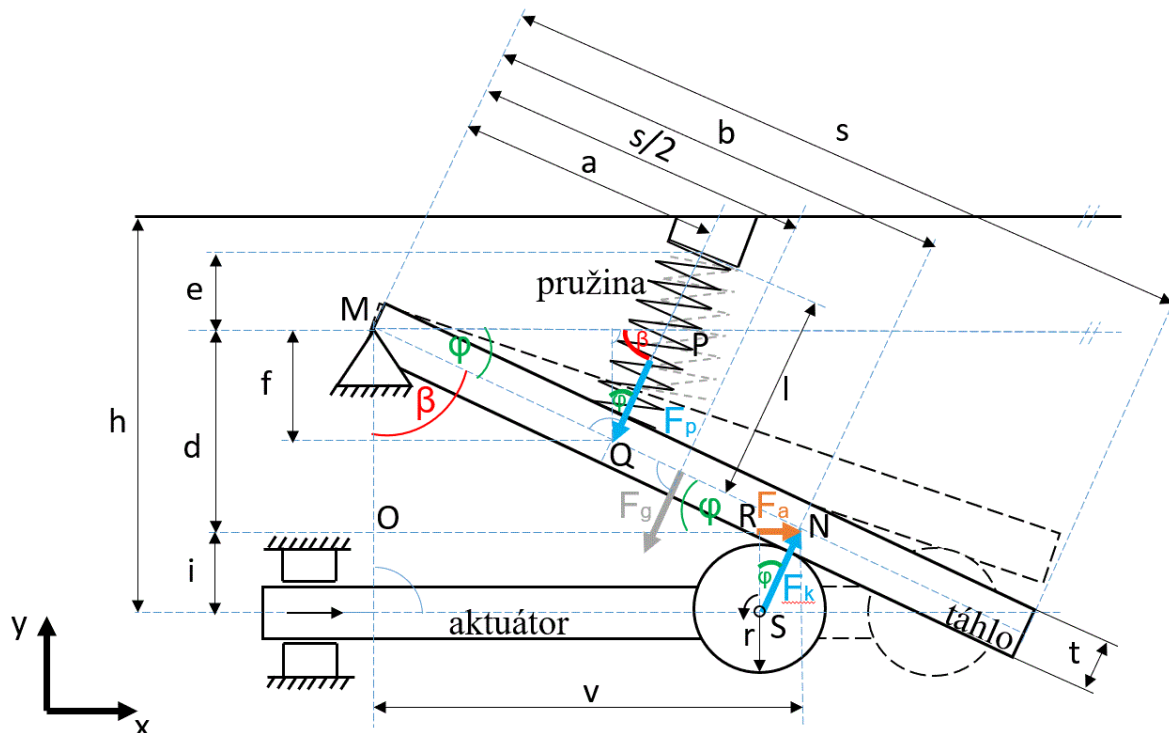
12.6.3.1 Poloha 1

V poloze 1 je čep táhla zajištěný v drážce adaptéru vozíku a na Obrázek 92 je tato pozice vyznačena plnou čarou. Váleček lineárního aktuátoru se dotýká stěny táhla. V konkrétním případě vlastního návrhu je v této poloze hodnota úhlu $\varphi = 40,3^\circ$.

12.6.3.2 Poloha 2

V poloze 2 je čep táhla přetlačen vzhůru z polohy 1. Na Obrázek 92 je tato poloha vyznačena přerušovanou čarou. Této poloze je dosaženo tak, že se lineární aktuátor vysune

v horizontálním směru vůči stěně rámu. Rozdíl této horizontální vzdálenosti je zdvih. V konkrétním případě vlastního návrhu je v této poloze hodnota úhlu $\varphi = 28,8^\circ$.



Obrázek 92 - Schéma systému připojení (poloha 1 = plná čára, Pozice 2 = přerušovaná čára)

Následující hodnoty jsou dané z geometrie adaptéru nebo jsou dané výrobcem pružiny.

Tabulka 21 – Parametry adaptéru rámu v systému připojení – Poloha 1 a 2

	Poloha 1	Poloha 2
c [N/mm] - pružina	1.48	1.48
L0 [mm] - pružina	50.00	50.00
e [mm]	0.98	0.98
r [mm]	8.00	8.00
t/2 [mm]	6.00	6.00
h [mm]	31.65	31.65
d [mm]	20.98	19.39
a [mm]	46.00	46.00
s [mm]	100.00	100.00
φ [°]	40.33	28.84

Síla aktuátoru F_a je horizontální složkou síly F_k ve směru x. Síla aktuátoru F_k působí kolmo na stěnu táhla. F_p je síla pružiny, která působí také kolmo na stěnu táhla. Síla F_g je tíhová síla táhla, u které bylo určeno, že působí vždy kolmo k táhlu. Poloha rámu a tím i táhla se totiž s nastavením sklonu a vzdáleností systému připojení může měnit. Tíhová síla táhla bude vždy působit směrem dolů, ale bude se měnit úhel orientace tíhové síly táhla vůči samotnému táhlu. Předpoklad, že tíhová síla působí kolmo na stěnu táhla je nejkonzervativnější poloha, kdy se tíhová síla nebude rozkládat na složky a její hodnota bude nejvyšší. Pro výpočet síly aktuátoru se vychází z mechanické rovnováhy:

$$M_1 = M_2$$

$$F_p \times a + F_g \times \left(\frac{S}{2}\right) = F_k \times b$$

Předpokladem této mechanické rovnováhy je, že je táhlo v rovnováze a že pružina bude vždy působit kolmo k táhlu na rameni a , stejně jako tíhová síla táhla na rameni $s/2$.

Z trojúhelníku MPQ jsou zřejmé následující vztahy:

$$180^\circ = \varphi + \beta + 90^\circ$$

Po zkrácení dojde k následujícímu odvození:

$$90^\circ = \varphi + \beta$$

Vyjádření úhlu φ :

$$\varphi = 90^\circ - \beta$$

Z trojúhelníku NSR je možné vyjádřit sílu aktuátoru F_k :

$$F_a = F_k * \sin \varphi$$
$$F_k = \frac{F_a}{\sin \varphi}$$

Dále je možné z mechanické rovnice vyjádřit vzdálenost b dosazením za sílu F_k :

$$b = \frac{F_p \times a + F_g \times \left(\frac{S}{2}\right)}{F_k} = \frac{F_p \times a + F_g \times \left(\frac{S}{2}\right)}{\frac{F_a}{\sin \varphi}}$$

Z trojúhelníku MNO se vyjádří vzdálenost v , která je zároveň hodnotou zdvihu aktuátoru:

$$v = \frac{d}{\tan \varphi}$$

Z trojúhelníku MNO se dále vyjádří vzdálenost b , do které se dosadí vyjádřená hodnota v :

$$b = v * \cos \varphi$$
$$b = \frac{d}{\tan \varphi} * \cos \varphi$$

V dalším kroku se dají do rovnosti vyjádřené hodnoty pro vzdálenost b :

$$\frac{d}{\tan \varphi} * \cos \varphi = \frac{F_p \times a + F_g \times \left(\frac{S}{2}\right)}{\frac{F_a}{\sin \varphi}}$$

Nyní je možné vyjádřit sílu aktuátoru F_a :

$$F_a = f(\varphi) = \frac{\left(F_p \times a + F_g \times \left(\frac{S}{2}\right)\right) * \tan^2 \varphi}{d}$$

Pro dopočítání síly aktuátoru F_a stále chybí vyjádření síly F_p :

$$F_p = k * \Delta l$$

Změna délky pružiny se vyjádří následovně:

$$\Delta l = L_0 - l$$

Délku pružiny l je možné vyjádřit z geometrie adaptéru rámu:

$$l = \frac{f + e}{\cos \varphi}$$

Vzdálenost f se vyjádří následovně:

$$f = a * \sin \varphi$$

Vyjádřená vzdálenost f se dosadí do vzorečku pro délku pružiny l :

$$l = \frac{(a * \sin \varphi) + e}{\cos \varphi}$$

Změna délky pružiny je následující:

$$\Delta l = L_0 - \frac{(a * \sin \varphi) + e}{\cos \varphi}$$

Síla pružiny F_p se vypočítá po dosazení změny délky pružiny delta l a tuhosti pružiny k :

$$F_p = f(\varphi) = k * \left(L_0 - \frac{(a * \sin \varphi) + e}{\cos \varphi} \right)$$

Další neznámou hodnotou je vzdálenost d :

$$d = h - i$$

Z trojúhelníku NSR je možné vyjádřit vzdálenost i :

$$i = \cos \varphi * \left(r + \frac{t}{2} \right)$$

Vyjádřená vzdálenost i se dosadí do vzorečku pro vzdálenost d :

$$d = h - \cos \varphi * \left(r + \frac{t}{2} \right)$$

Tíhová síla F_g se vypočítá dle vzorečku, ve kterém je g hodnota tíhového zrychlení $g=9,81\text{m/s}^2$ a m je hmotnost táhla, která se dle používaného softwaru odhaduje na $m_{\text{táhlo}}=0,05\text{kg}$:

$$F_g = m_{\text{táhlo}} * g$$

Vzoreček pro dopočítání síly aktuátoru F_a :

$$F_a = f(\varphi) = \frac{\left(\left(k * \left(L_0 - \frac{(a * \sin \varphi) + e}{\cos \varphi} \right) \right) * a + (m_{\text{táhlo}} * g) * \left(\frac{S}{2} \right) \right) * \tan^2 \varphi}{h - \cos \varphi * \left(r + \frac{t}{2} \right)}$$

12.6.3.3 Výpočty pro polohu 1

$$F_{p1} = f(\varphi) = 1,48 * \left(50 - \frac{(46 * \sin 40,33) + 0,98}{\cos 40,33} \right) = 14,3\text{N}$$

$$F_{a1} = f(\varphi) = \frac{\left(14,3 * 46 + (0,05 * 9,81) * \left(\frac{100}{2} \right) \right) * \tan^2 40,33}{31,65 - \cos 40,33 * \left(8 + \frac{12}{2} \right)} = 23,5\text{N}$$

12.6.3.4 Výpočty pro polohu 2

$$F_{p2} = f(\varphi) = 1,48 * \left(50 - \frac{(46 * \sin 28,84) + 0,98}{\cos 28,84} \right) = 34,9N$$

$$F_{a2} = f(\varphi) = \frac{\left(34,9 * 46 + (0,05 * 9,81) * \left(\frac{100}{2} \right) \right) * \tan^2 28,84}{31,65 - \cos 28,84 * \left(8 + \frac{12}{2} \right)} = 25,5N$$

12.6.4 Výpočet zdvihu aktuátoru

Zdvih aktuátoru je rozdílem vzdáleností v pro polohu 1 a polohu 2.

$$zdvih = v_2 - v_1 = \frac{d}{\tan \varphi_2} - \frac{d}{\tan \varphi_1} = \frac{h - \cos \varphi_2 * \left(r + \frac{t}{2} \right)}{\tan \varphi_2} - \frac{h - \cos \varphi_1 * \left(r + \frac{t}{2} \right)}{\tan \varphi_1}$$

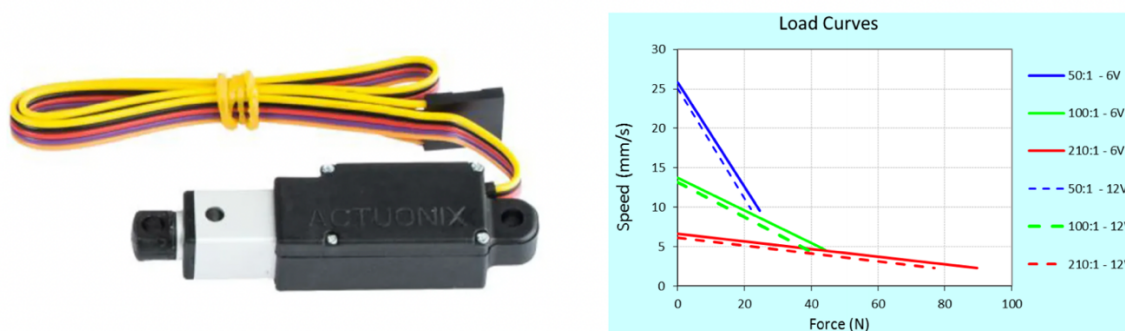
$$zdvih = \frac{31,65 - \cos 28,84 * \left(8 + \frac{12}{2} \right)}{\tan 28,84} - \frac{31,65 - \cos 40,33 * \left(8 + \frac{12}{2} \right)}{\tan 40,33} = 10,5mm$$

12.6.5 Výběr aktuátoru

Při výběru vhodného aktuátoru je nutné dbát na sílu aktuátoru a zdvih aktuátoru. Dle výpočtů je zapotřebí minimální síly 25,5 N a zdvih 10,5 mm. Dále je důležité dbát na rozměry aktuátoru tak, aby se vešel do rámu elektropohonu.

12.6.5.1 Lineární mikroaktuátor L12 firmy Actuonix

Vzhledem k omezenému prostoru v přípojném rámu a adaptéru je jednou z možností lineární mikroaktuátor řady L12, který je malých rozměrů, jednoduše ovladatelný a dvojitý – tažný i tlačný. Je dodáván v několika variantách podle délky zdvihu (10mm, 30mm, 50mm a 100mm) a je ve třech převodových provedeních (50:1, 100:1 a 210:1). Dodává se s koncovými spínači. Jedná se o S verzi, ve které jsou dodávány koncové spínače, „které vypnou napájení motoru, jakmile zařízení dosáhne 0,5 mm konce zdvihu.“ (88) Jedná se o aktuátor, který funguje na principu silového působení elektrického pole.



Obrázek 93 - Lineární mikroaktuátor L12 včetně grafu závislosti rychlosti zdvihu [mm/s] na zatížení [N] (88)

Pro tento konkrétní případ je uvažován lineární mikroaktuátor L12 s následujícími specifikacemi:

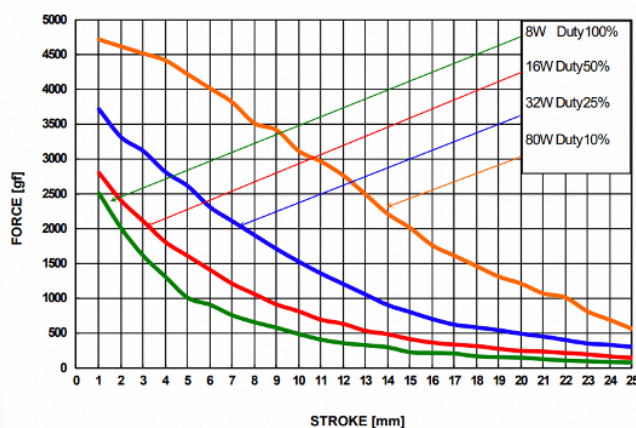
Tabulka 22 - Parametry lineárního mikroaktuátoru L12 (88)

Název	Převod	Rychlost	Síla	Zdvih	Cena	Rozměr	Hmotnost
Lineární mikroaktuátor L12	100:1	13 mm/s	42 N	10 mm	3339,- Kč	62 mm	50 g

Další variantou by mohl být mikroaktuátor s převodem 210:1, jehož síla dosahuje 80N, rychlost zdvihu je 6,5 mm/s a délka zvihu je 10 mm.

12.6.5.2 Lineární solenoid Série F1040 firmy Transmotec

Lineární solenoid je typ lineárního aktuátoru, který pracuje na stejném principu jako aktuátor s feromagnetickým jádrem. Jedná se o elektromagnet, který generuje magnetické pole při průchodu elektrického proudu. Silové účinky tohoto magnetického pole vyvolávají tlačné či tažné účinky na tyčku solenoidu. Lineární solenoidy jsou vhodné pro krátký ale rychlý lineární pohyb. Standardně je součástí solenoidu pružina, která vrací tyč do původní pozice po vypnutí průchodu proudu.



Obrázek 94 - Lineární solenoid série F1040 firmy Transmotec včetně grafu závislosti síly (gf) na zdvihu (mm) (89)

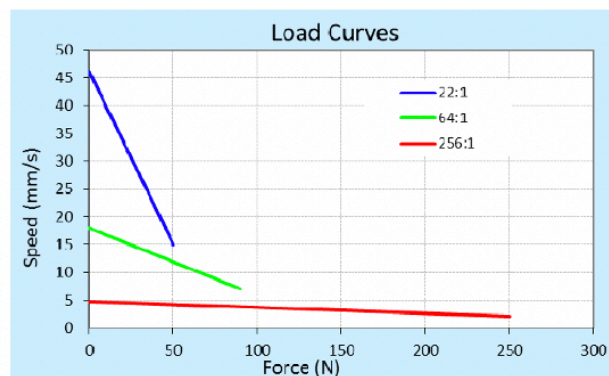
Pro tento konkrétní případ je uvažován lineární solenoid F1564S s následujícími specifikacemi:

Tabulka 23 - Parametry lineárního solenoidu F1564S (90)

Název	Typ	Napětí	Síla	Zdvih	Cena	Délka	Hmotnost	Výkon
Lineární solenoid F1564S	push	24VDC	24,52 N	25 mm	2570,- Kč	64 mm	499 g	8W

12.6.5.3 Lineární mikroaktuátor P16 firmy Actuonix

Další variantou lineárního pohonu je opět miniaturní lineární aktuátor firmy Actuonix P16 nové generace. Svými rozměry se vejde do adaptéru rámu elektropohonu. Je dodáván v několika variantách podle délky zdvihu (10mm, 30mm, 50mm a 100mm) a je ve třech převodových provedeních (22:1, 64:1 a 256:1). Jedná se o aktuátor, který funguje na principu silového působení elektrického pole. Jedná se o typ P s potenciometrem, což je zařízení pro měření polohy zdvihu aktuátoru, čímž je možné sofistikovaně řídit zdvih. To je nutné vzhledem k tomu, že bude zapotřebí pouze 10,5 mm zdvihu.



Obrázek 95 – Lineární mikroaktuátor P16 firmy Actuonix včetně grafu závislosti rychlosti zdvihu [mm/s] na zatížení [N] (91)




Pro tento konkrétní případ je uvažován lineární mikroaktuátor P16 s následujícími specifikacemi:

Tabulka 24 - Parametry lineárního mikroaktuátoru P16

Název	Převod	Rychlost	Síla	Zdvih	Cena	Délka	Hmotnost
Lineární mikroaktuátor P16	64:1	18 mm/s	90 N	50 mm	3920,- Kč	105 mm	95 g

12.6.5.4 Zhodnocení

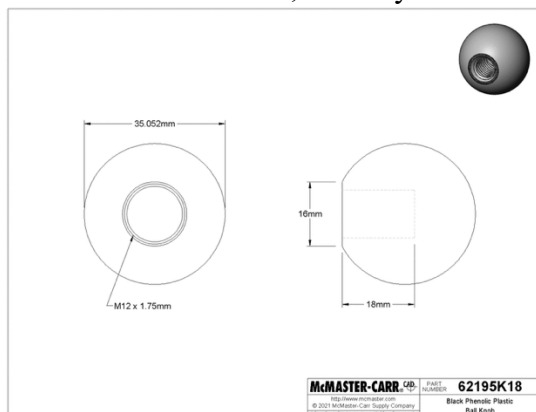
Tabulka 25 - Zhodnocení výběru lineárního aktuátoru

Parametry		Actuonix L12	Transmotec solenoid	Actuonix P16
Hmotnost		50g	499g	95g
Rychlost max.		13mm/s	okamžitý výsuv	18mm/s
Síla max.		42N	24,5N	90N
Nastavitelnost zdvihu		ne	ne	ano
Síla na max. zdvihu (10,5mm)		>42N	50N	>90N
Hlavní rozměr		62mm	64mm	105mm
Cena		3339,- Kč	2570,- Kč	3920,- Kč
				
	Váha			
Hmotnost	0.1	46	11.5	42.5
Rychlost max.	0.1	25.4	39.2	35.4
Síla max.	0.2	26	16	58
Nastavitelnost zdvihu	0.1	0	0	100
Síla na max. zdvihu (10,5mm)	0.25	23	27.5	49.5
Hlavní rozměr	0.2	37	36	27
Cena	0.05	33	37	30
Celkové zhodnocení		27.14	24.195	48.665

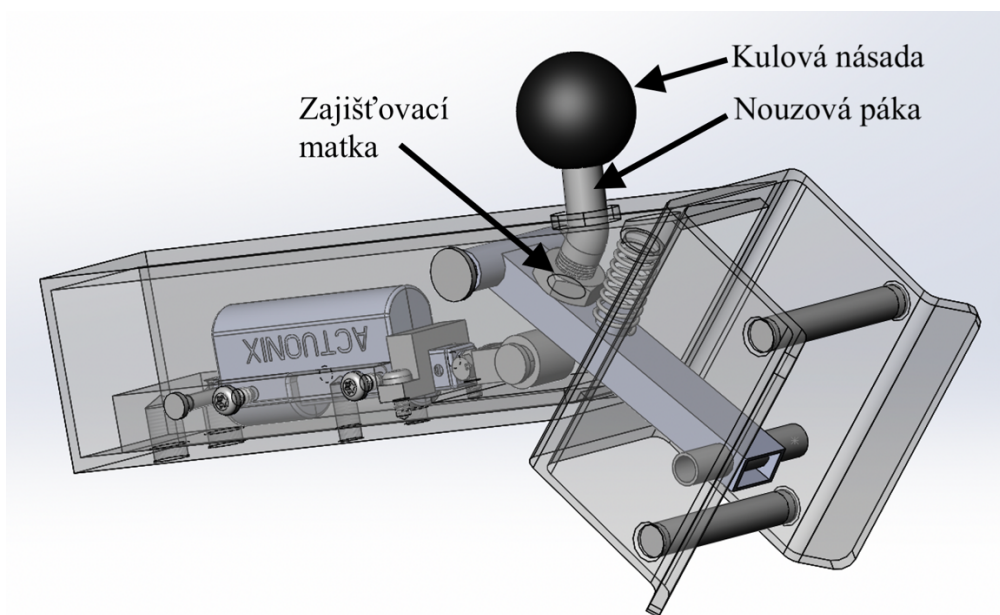
Vítěznou variantou aktuátoru je lineární mikroaktuátor P16 firmy Actuonix, který dokáže působit proti pružině největší silou, a to silou zhruba 90N. Tato síla je téměř čtyřikrát větší než síla potřebná a odpovídá jí koeficient bezpečnosti 3,6. Tento koeficient zahrnuje i schopnost aktuátoru překonat všechny třecí síly, které by se případně ve spojení objevily a které je potřeba, společně s přetlačení pružiny, překonat.

12.6.6 Nouzové mechanické odjištění

Z důvodu popsaných výše (vybití baterie, poškození kontaktů,...) je do systému připojení elektropohonu a invalidního vozíku zaintegrovaný mechanický způsob odjištění. K mechanickému způsobu odjištění slouží páka, na které je z obou stran závit. Páka je přišroubována k táhlu, ve kterém je závitová díra, a páka se zajistí matkou. Na druhém konci páky je přišroubovaná kulová násada se závitem, která byla stažena z portálu McMaster-Carr.



Obrázek 96 - Kulová násada se závitem na nouzovou páku (92)

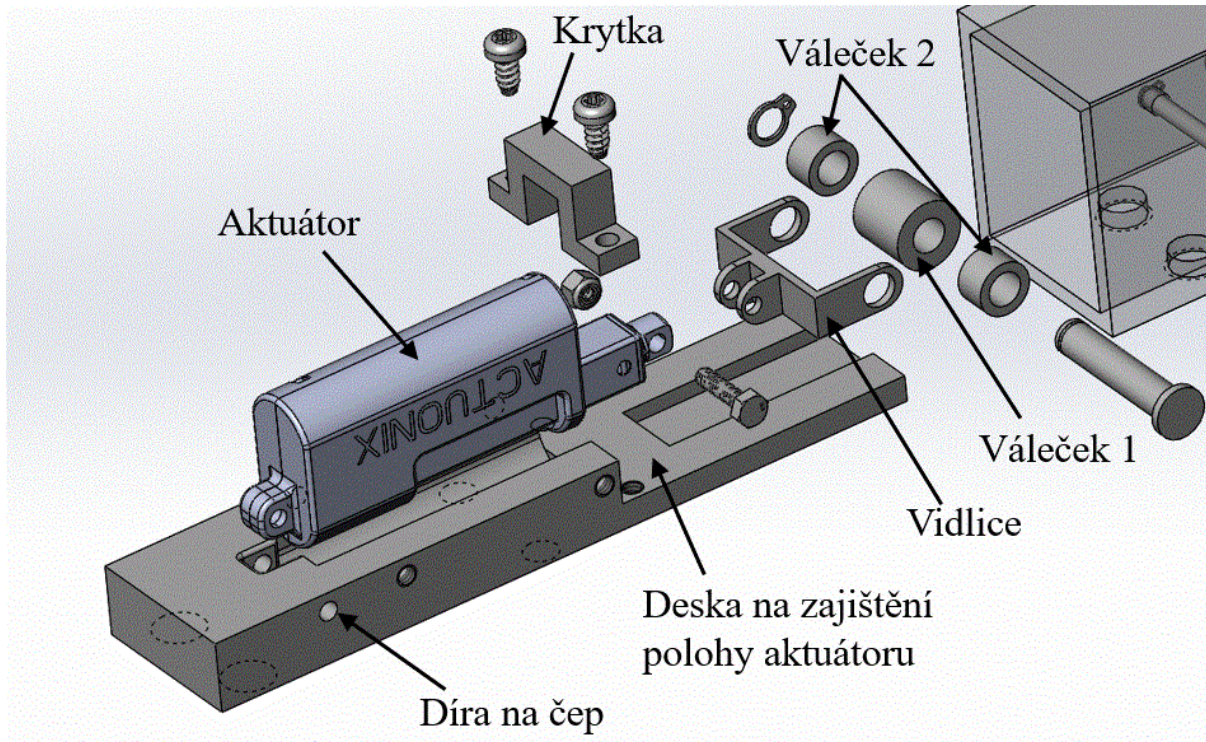


Obrázek 97 - Nouzové mechanické odjištění systému spojení obou adaptérů

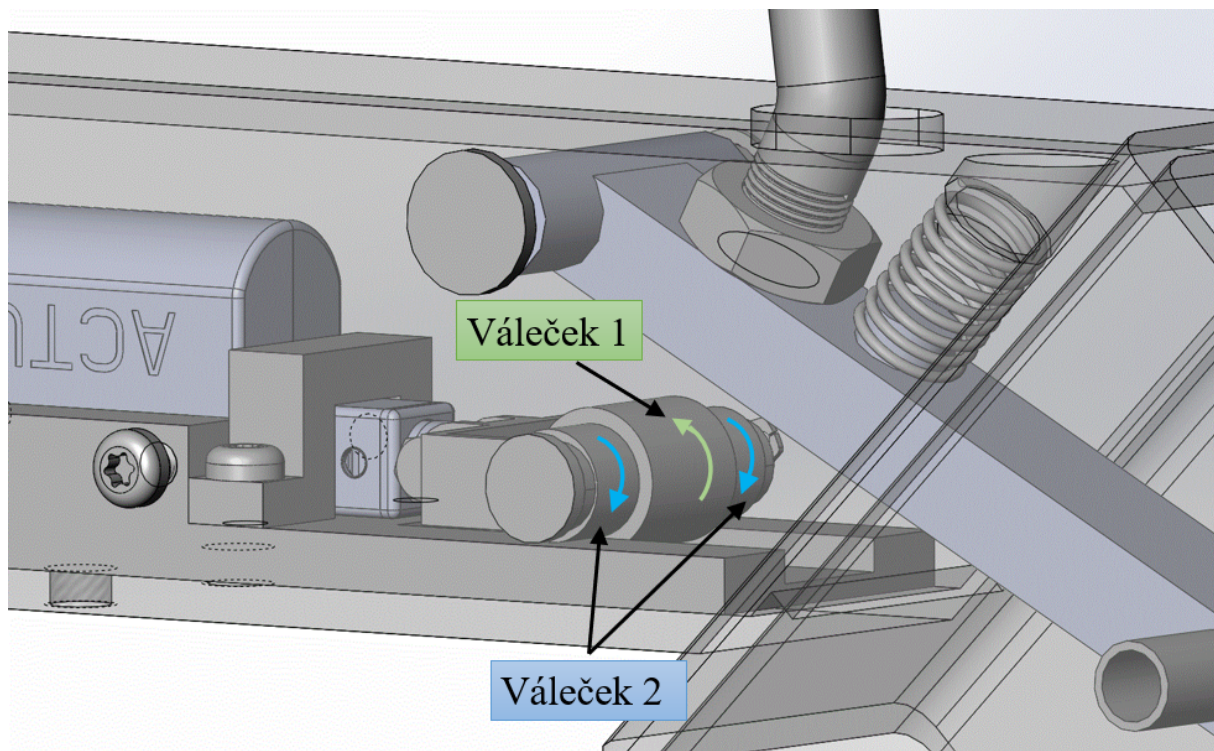
12.6.7 Zajištění polohy lineárního aktuátoru

Pro zajištění polohy aktuátoru je vyrobena deska, do které přesně dosedá aktuátor. Jeho poloha bude zajištěna čepem, který prochází deskou a samotným aktuátorem. Dalším zajišťovacím prvkem je krytka, která se z horní strany přišroubuje k desce a zajistí tak polohu aktuátoru na desce. K výsuvné části aktuátoru se přišroubuje vidlice, do které se na čepu zajistí

tři válečky. Váleček 1 se odvaluje po stěně táhla a byl zvolen proto, aby byla snížena hodnota tření, oproti použití klínu. Na desce je vytvořeno vybrání, aby se neodvaloval zároveň i na stěně desky. Váleček 1 by po desce rotoval jedním směrem a při kontaktu se stěnou táhla by rotoval směrem druhým, přičemž by došlo k zaseknutí. Proto bylo na desce vyfrézováno vybrání. Po stranách jsou dva menší válečky 2, které se naopak odvalují po stěně desky, ale ne po stěně táhla.

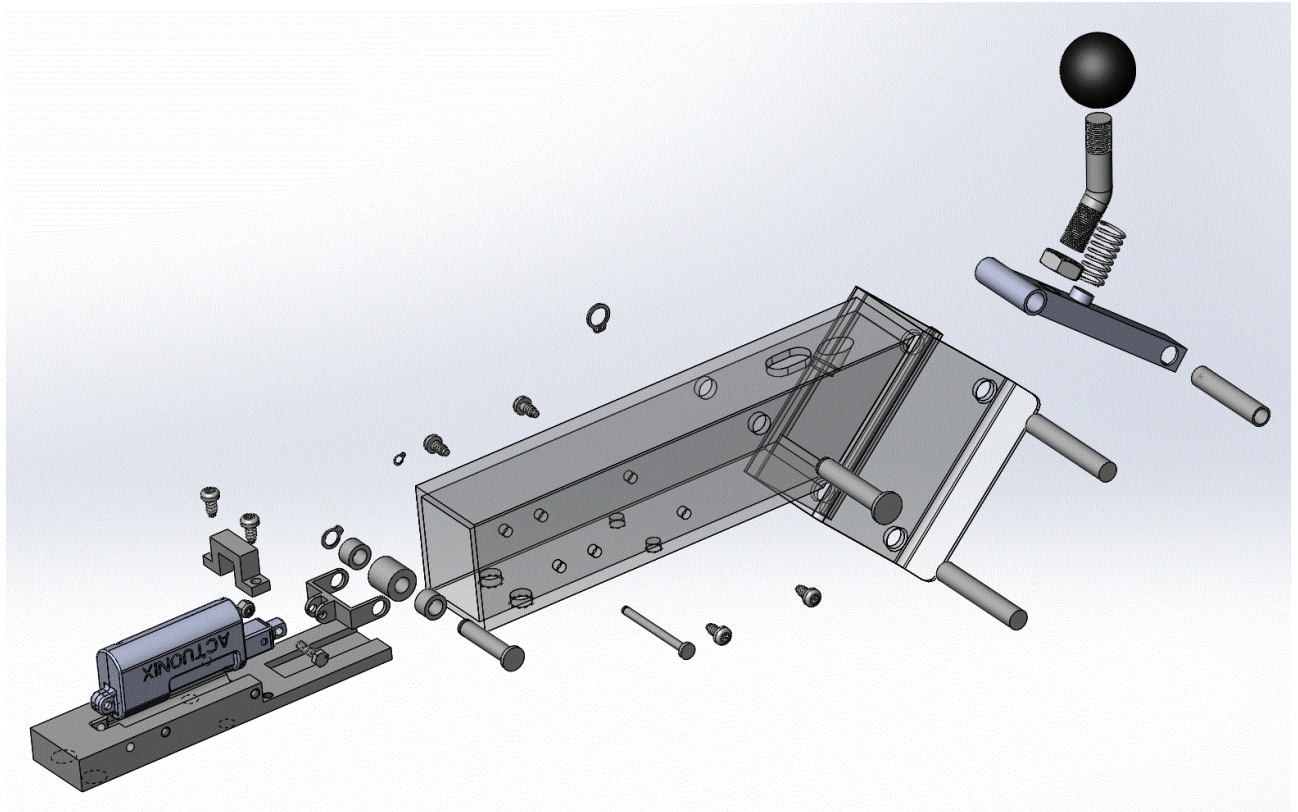


Obrázek 98 - Zajištění polohy lineárního aktuátoru



Obrázek 99 - Odvalování válečků při výsuvu aktuátoru

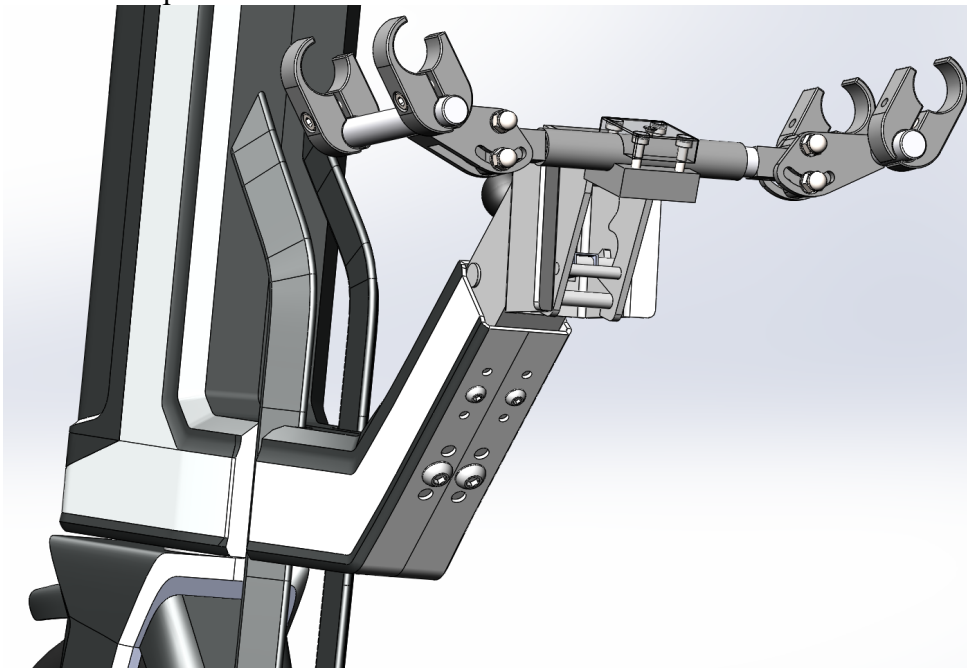
12.6.8 Vlastní návrh adaptéru k elektropohonu



Obrázek 100 - Rozpad částí adaptéru k elektropohonu

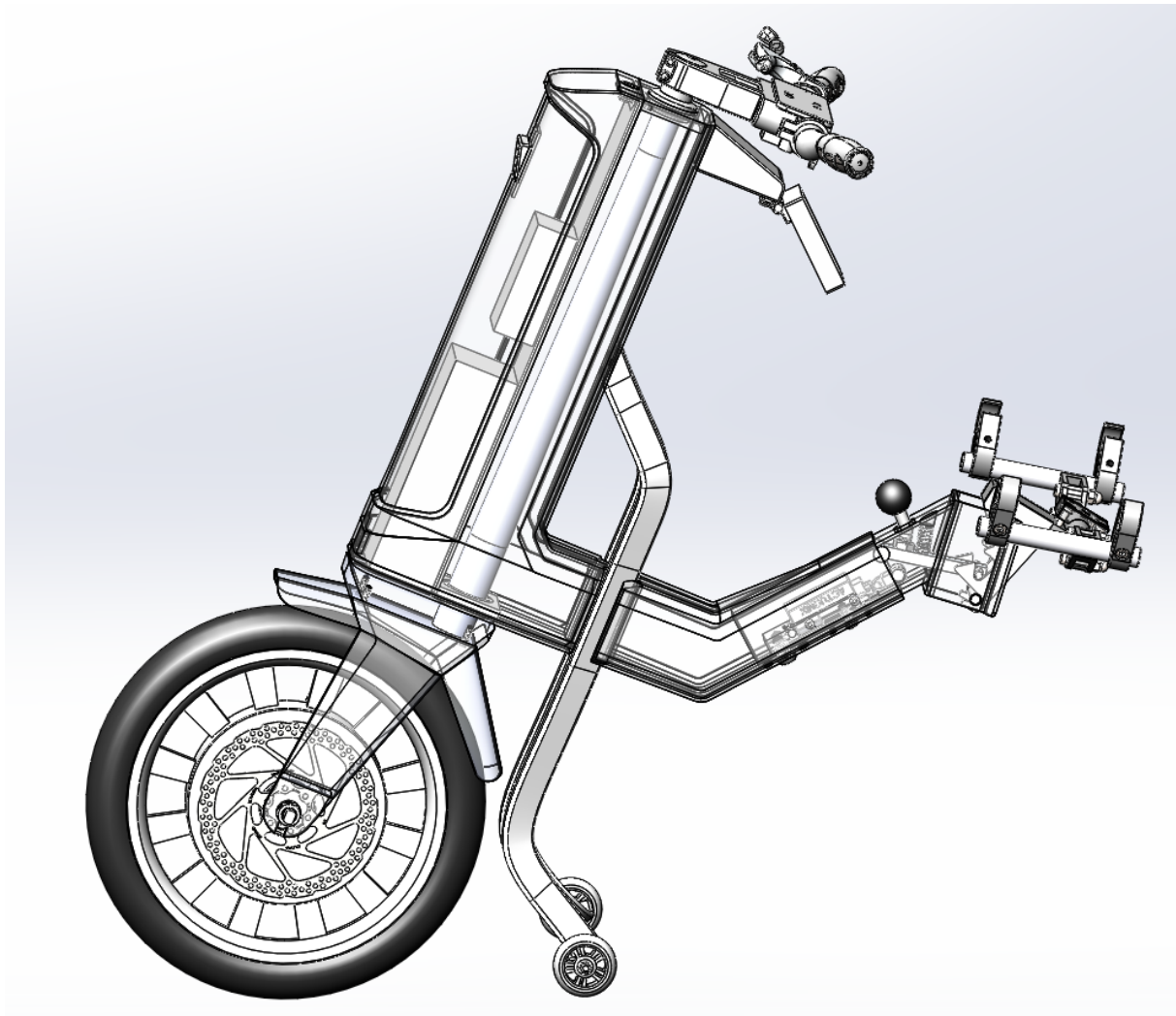
12.6.8.1 Připojení adaptéru k rámu elektropohonu

Adaptér se zasune do rámu elektropohonu a upevní se čtyřmi šrouby. Na rámu je celkem 12 děr, to znamená že jsou k dispozici tři možné polohy adaptéru. To přispívá k větší univerzálnosti elektropohonu.



Obrázek 101 - Adaptér elektropohonu - způsob připojení k rámu

13 Sestavení všech konstrukčních celků

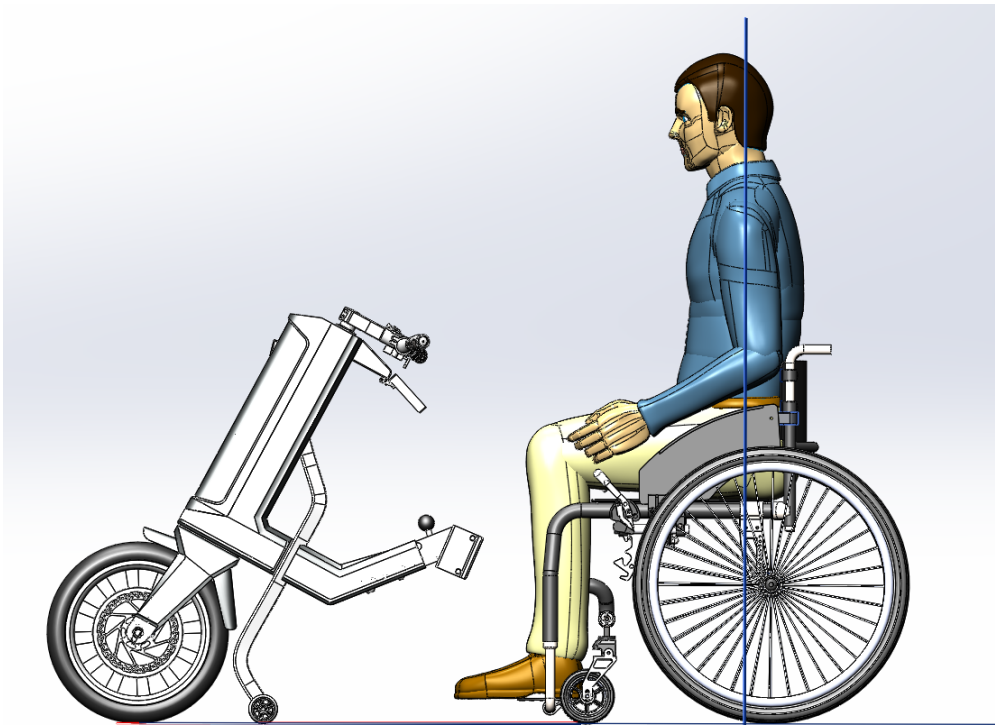


Obrázek 102 - Kompletní sestava elektropohonu

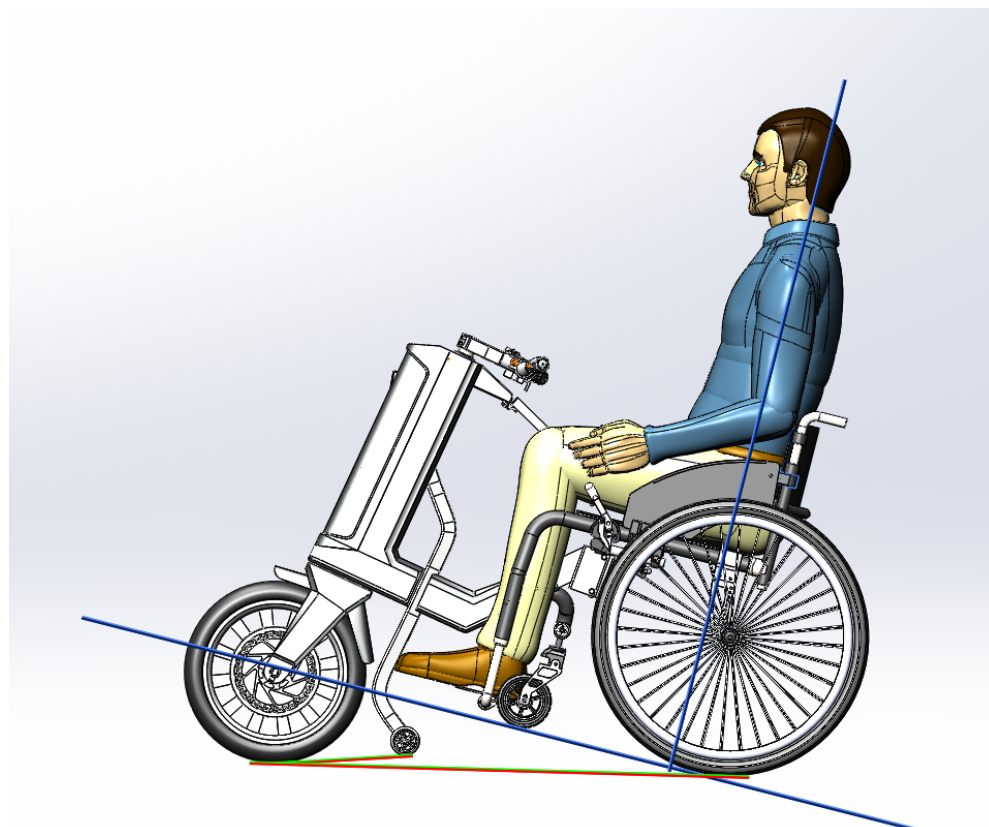
Z portálu Grabcad.com byla stažena postava sedícího muže standardních rozměrů, aby se ověřily celkové rozměry konstrukce, zda vyhovují. Pokud by ve vozíku byla osoba nestandardních rozměrů, sestava je proto velice univerzální a rozměry lze upravit individuálně.



Obrázek 103 - Model standardizované sedící osoby (93)

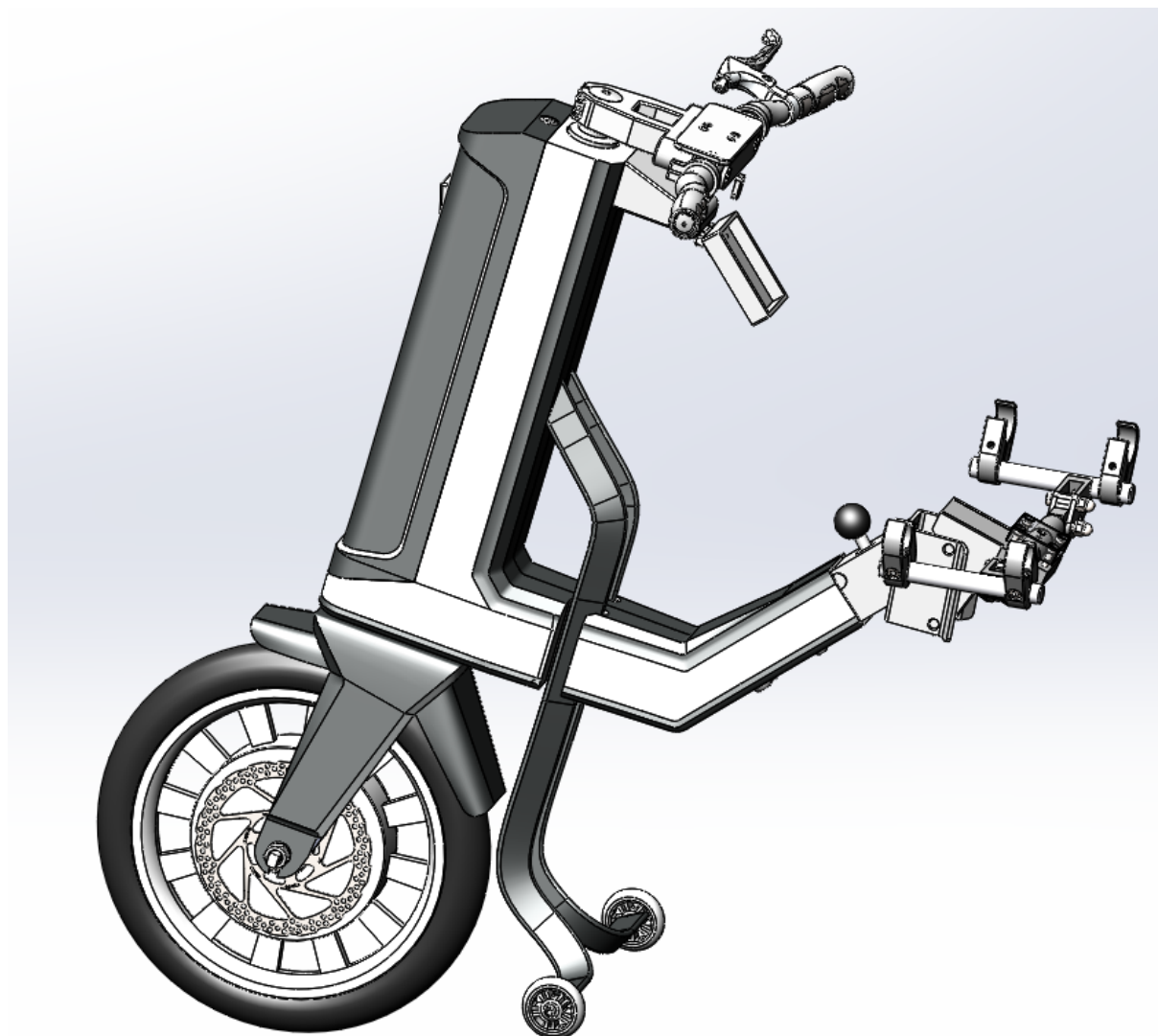


Obrázek 104 - Model sestavy v nezapojeném stavu



Obrázek 105 - Model sestavy v zapojeném stavu

Po zapojení jsou kolečka od podlahy vzdálená zhruba 40 mm. Tuto hodnotu lze zvýšit, protože je možné celý stojan posunout a přišroubovat výše. Kolečka invalidního vozíku jsou ve výšce zhruba 90 mm.



Obrázek 106 - Sestava elektropohonu

14 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout pomocný elektropohon pro invalidní vozík s ohledem na jednoduchou obsluhu, snadné připojení k invalidnímu vozíku a ovladatelnost v lehčím terénu. Při návrhu bylo cílem zaměřit se na různé potřeby kvadruplegiků a paraplegiků.

Před samotným návrhem byla provedena rešerše trhu a vytvořena byla souhrnná tabulka zaznamenávající dostupné pomocné elektropohony k invalidním vozíkům. Tento průzkum byl odrazovým můstkem vlastního návrhu, na základě kterého bylo možné zorientovat se v problematice a udělat si představu o tom, z jakých konstrukčních celků se takové elektropohony skládají. Takový přehled na internetu nebyl dostupný a mohl by sloužit jako podklad k dalším pracím zabývajícím se návrhem elektropohonů pro hendikepované lidi.

Kromě průzkumu trhu byla provedena rešerše patentů, pod jejichž ochranu spadají elektropohony dostupné na trhu. Tento přehled opět může posloužit jako podklad pro jiné podobné práce. Kromě prostudování jednotlivých patentů bylo také nutné nastudovat, jak se posuzuje, co do ochrany patentů spadá a do jaké míry.

Dalším krokem před zahájením návrhu byla specifikace požadavků, která vycházela z provedeného průzkumu. Tento průzkum byl proveden formou elektronického dotazníku a převážná část respondentů byli klienti Centra Paraple o.p.s. Mezi respondenty byli jak paraplegici, tak i kvadruplegici, ale také ergoterapeuti. Odpovědi tohoto průzkumu by rovněž mohly být podkladem pro navazující práci obdobného tématu. Kromě specifikací požadavků bylo na základě dotazníku dále rozhodnuto, že konstrukce elektropohonu bude navržena primárně pro potřeby paraplegiků s tím, že bude dále možné doplnit pouze úpravy pro kvadruplegiky. Například modulární typ konstrukce, který by byl snadno upravitelný pro různé rozsahy postižení by mohl být námětem další práce.

Konstrukční návrh byl proveden pro všechny předem definované konstrukční celky – rám, kolo s elektromotorem, říditka, vidlice, stojan a systém připojení. K 3D modelování byl využit software Solidworks. K analýze metodou konečných prvků MKP byl využitý řešič Nastran v rámci softwaru Unigraphics NX. Řešení konstrukčních celků by se dalo dále optimalizovat, zejména potom způsob kladení uhlíkových vrstev laminátů, které by samo o sobě mohlo být samostatným předmětem jiné práce. Analýzy metodou MKP byly proto pouze orientační, protože předmětem analýzy byla vidlice vyrobená z uhlíkového kompozitu, u které by se měl laminát dále optimalizovat na základě rozsáhlejší rešerše.

15 Seznam použitých zdrojů

1. **Skupina ČEZ.** Elektromobilita. *Co to vůbec elektromobilita je?* . [Online] 2021. <https://www.cez.cz/cs/sluzby-pro-zakazniky/elektromobilita/faq/elektromobilita>.
2. **Červinková, Jana.** IEA: Počet elektromobilů na světě v roce 2018 přesáhl 5 milionů. *OENERGETICE.cz*. [Online] 4. červen 2019. <https://oenergetice.cz/elektromobilita/iea-pocet-elektromobilu-svete-roce-2018-presahl-5-milionu>.
3. **Lifestyle & Mobility.** Permobil SmartDrive MX2+ With Pushtracker. [Online] 2020. <https://www.lifestyleandmobility.co.uk/product/permobil-smartdrive-mx2/>.
4. **MAX Mobility.** MAX Mobility - SmartDrive MX2+ Basic Operation. *YouTube*. [Online] 14. March 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=USHJ3B5eVxQ&t=4s>.
5. **Sunrise Medical.** Attitude Hybrid. *Medicco*. [Online] 2020. <https://www.medicco.cz/voziky/quickie/pridavne-pohony/attitude-hybrid-pridavny-pohon#>.
6. **Sunrise Medical Europe.** Quickie Attitude - Wheelchair Handbikes. *YouTube*. [Online] 4. Únor 2016. https://www.youtube.com/watch?v=jQfIUY_FUsc.
7. **Sunrise Medical.** WheelDrive. *Wheelchair Power Assist*. [Online] 2020. <https://www.sunrisemedical.eu/e-mobility/quickie/power-assist-wheelchairs/wheeldrive>.
8. **Sunrise Medical Europe.** WheelDrive power assist for wheelchairs. Go further! *YouTube*. [Online] 8. Listopad 2016. <https://www.youtube.com/watch?v=7U-GSM9sZNo>.
9. **Alber GmbH.** Add-on scooter for manual wheelchairs. *Alber e-pilot*. [Online] 2019. <https://www.alber.de/en/products/add-on-scooter/e-pilot/>.
10. —. Alber GmbH. *YouTube*. [Online] 26. Listopad 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=FDnP9hpBYEQ>.
11. **Batec Mobility.** BATEC MINI, the little big Batec. [Online] 2020. <https://batecmobility.com/en/products/handbikes/batec-mini-en>.
12. —. BATEC SCRAMBLER | Batec Mobility. *YouTube*. [Online] 26. Květen 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=WGkmuwRjgOU>.
13. —. BATEC MINI | Batec Mobility. *YouTube*. [Online] 9. Duben 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=X-r-xA5OmII>.
14. **HURT s.r.o.** Elektrický pohon invalidního vozíku. *HURT-e*. [Online] 2020. <https://www.hurt-e.cz>.
15. —. HURT-e - Wheelchair Power Attachment. *YouTube*. [Online] 23. August 2018. <https://www.youtube.com/watch?v=cLsAH-mBknQ&t=7s>.
16. **KLAXON.** KLAXON KLICK – Discover the perfect model for you. [Online] 2020. <https://en.klaxon-klick.com/products/>.
17. **LETMO SK, s.r.o.** KLAXON Klick Electric Power - René. *YouTube*. [Online] 14. April 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=krLmRZs3-IQ&t=14s>.
18. **A TEC Ingenieurbüro AG.** Swiss-Trac. [Online] 2020. <https://www.swisstrac.ch/en/product/swiss-trac/>.
19. **Horsbøl, Niels.** WAYUP.dk Swiss-Trac Kørestolstraktor Presentation. *YouTube*. [Online] 1. Únor 2015. https://www.youtube.com/watch?v=VN63aEU_vgQ.

20. **Rio Mobility.** Firefly 2.5 Electric Scooter Attachment (New for 2020). *Rio Mobility*. [Online] 2020. <https://riomobility.com/products/firefly-2-5-electric-attachment?variant=31707253243973>.
21. —. The NEW FIREFLY 2.5 !!!!! *YouTube*. [Online] 20. Červenec 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=A7y3nYiU9t8>.
22. **Víc Než Kolo.** eDrive. *VNK*. [Online] 2020. <http://www.vicnezkolo.cz/edrive/>.
23. **Technology and Life.** Přední Pohon Triride Special Light. *Technology and Life*. [Online] 2020. <https://vozikyprozivot.cz/produkt/predni-pohon-triride-special-light/>.
24. **Ibaya, Ruel.** Triride special light foldable wheelchair power attachment. *YouTube*. [Online] 18. Červenec 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=0ClpbdE3a3Y>.
25. **Gyronova.** NINO ONE (Motorized wheel). [Online] 2019. <http://www.gyronova.ca/nino-one-motorized-wheel>.
26. **1YTBranding.** CORPORATE - One by Nino Robotics UK. *YouTube*. [Online] 7. Červen 2017. https://www.youtube.com/watch?v=Md8rc_8GFOc&feature=emb_title.
27. **Sivak.** Přídavný pohon Unawheel. *Sivak*. [Online] 2020. <https://www.sivak.cz/produkt/pridavny-pohon-unawheel/>.
28. **UNAwheel Europe.** UNAwheel Mini Basic. *YouTube*. [Online] 27. Květen 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=dHuQ8-KxYiA>.
29. —. UNAwheel Mini Active. *YouTube*. [Online] 27. Květen 2019. <https://www.youtube.com/watch?v=BDen4DHOQMc>.
30. **DNR.** Disability Needs + Rehab Specialist. *Alber e-pilot P15*. [Online] 2021. <https://www.dnrwheels.com/products/alber-e-pilot-p15>.
31. **Úřad průmyslového vlastnictví.** Vynálezy/patenty. [Online] 2008. <https://www.upv.cz/cs/prumyslova-prava/vynalezy-patenty.html>.
32. —. Instrukce předsedy úřadu průmyslového vlastnictví. Čj.: 2020/D20085979/10/ÚPV. [Online] 8. září 2020. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj4z6aJhPPtAhUK-aQKHXDDD6MQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fupv.cz%2Fdms%2Fpdf_dokumenty%2Fvynalezy%2Finstrukce_predsedy_upv_prihlaska-vynalezu_2020.pdf&usq=AOvVaw0iADO969BcbCWdNpQ0rOZ.
33. **Thomson Reuters.** Patent litigation in Germany: overview. *Thomson Reuters Practival Law*. [Online] 2020. [https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-622-3450?__lrTS=20200430133137998&transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true](https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/5-622-3450?__lrTS=20200430133137998&transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true).
34. **Nejvyšší správní soud.** 3694/2018 - Právo průmyslového vlastnictví: Rozsah ochrany patentu; soudní přezkum. *Sbírka rozhodnutí Nejvyššího správního soudu - Vydání 3/2018*. [Online] 2018. <https://sbirka.nssoud.cz/cz/pravo-prumysloveho-vlastnictvi-rozsah-ochrany-patentu-soudni-prezkum.p3688.html>.
35. **European Patent Office.** EP3501469B1 - Stand, leader guidance device with stand and wheelchair train with a leader guidance device. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/063998543/publication/EP3501469B1?q=EP3501469B1>.

36. —. EP3501468A1 - Leader guidance device for a wheelchair and wheelchair train with a leader guidance device. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/063998541/publication/EP3501468A1?q=EP3501468A1>.
37. —. EP3020385A1 - System for coupling an auxiliary element to a wheelchair. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/050072764/publication/EP3020385A1?q=EP3020385A1>.
38. **Batec Mobility**. Batec add-on handbikes: compatible with 95% of wheelchairs on the market. *Batec Mobility*. [Online] 2020. <https://batec-mobility.com/en/blog/handbikes/393-batec-add-on-handbikes-compatible-with-99-of-wheelchairs-on-the-market>.
39. **Alber GmbH**. E-pilot - Electric hand bike for manual wheelchairs. [Online] 2020. <https://www.recare.co.uk/ClientArea/files/Alber/E-Pilot/EPILOT%20Brochure%20WEB.pdf>.
40. **European Patent Office**. EP3439604B1 - Connection assembly for coupling an auxiliary drive system to a wheelchair for disabled people. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/056297023/publication/EP3439604B1?q=EP3439604B1>.
41. —. EP3439604B1 - Connection assembly for coupling an auxiliary drive system to a wheelchair for disabled people. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/056297023/publication/EP3439604B1?q=EP3439604B1>.
42. —. EP2810633B1 - Removable motor power device for wheelchairs of disabled users. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/048917586/publication/EP2810633B1?q=EP2810633B1>.
43. —. KR101598484B1 - Removable wheelchair drive auxiliary devices. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/055164049/publication/KR101598484B1?q=KR101598484B1>.
44. —. KR101598484B1 - Removable wheelchair drive auxiliary devices. *Espacenet*. [Online] 2020. <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/055164049/publication/KR101598484B1?q=KR101598484B1>.
45. **Česká asociace paraplegiků - CZEPA**. *Průvodce správného výběru vozíku*. Praha : Ministerstvo zdravotnictví České republiky, 2013.
46. —. *Vše okolo tetraplegie*. Praha : CZEPA, 2012.
47. **Česká asociace paraplegiků - CZEPA, Z.S.** Hájíme práva a zájmy vozíčkářů po poranění míchy. *Páteř a mícha*. [Online] 2020. <https://czepa.cz/pater-a-micha/>.
48. **Česká asociace paraplegiků - CZEPA**. Hájíme práva a zájmy vozíčkářů po poranění míchy. *Poškození míchy*. [Online] 2020. <https://czepa.cz/poskozeni-michy/>.
49. **Rusínová, Barbora**. *Význam správného výběru a nastavení vozíku a jeho komponent u kvadruplegiků*. Plzeň : Fakulta zdravotnických studií ZČU, 2016.
50. **Techmania Science Center**. Elektromotory. *Eduportál*. [Online] 2021. <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticka-indukce/elektromotory>.

51. **věda, Otevřená.** *NEZkreslená věda III: Jak funguje elektromotor.* Akademie Věd České republiky, 2017.
52. **Wikimedia Foundation.** Stejnoseměrný motor. *Wikipedia.* [Online] 2021. https://cs.wikipedia.org/wiki/Stejnosem%C4%9Brn%C3%BD_motor.
53. **Ing. Hlinovský Vít, CSc.** Elektronicky komutovaný motor. *Elektrické pohony pro automatizaci a robotiku.* [Online] 2015. <https://docplayer.cz/9356336-Elektro-motor-asynchronni-synchronni-ostatni-dc-motory-vinuty-rotor-pm-rotor-synchron-c.html>.
54. **Josef, Ing. Šimon.** BLDC aneb DC motor s nulovými náklady na údržbu. *Elektro - časopis pro elektrotechniku.* [Online] 2011. <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/casopis/tema/bldc-aneb-dc-motor-s-nulovymi-naklady-na-udrzbu--10016>.
55. **Andrej, Suslov.** Řízení soustavy bezkartáčových motorů. [Online] 2014. https://wiki.control.fel.cvut.cz/mediawiki/images/2/25/Bp_2015_suslov_andrej.pdf.
56. **EVBIKE.** Konstrukce BLDC (BrushLess Direct Current / Bezkartáčový stejnosměrný). *Jak funguje přímý pohon EVBIKE?* [Online] 2018. <https://www.evbike.cz/a/jak-funguje-primy-pohon-evbike>.
57. **Ecyklistika.cz.** Jak vybrat správný rám a kola elektrokola. *Vše o elektrokolech na jednom místě.* [Online] 2019. <https://www.ecyklistika.cz/vse-o-elektrokolech/jak-vybrat-spravnou-velikost-elektrokola/#velikost-kol>.
58. **E-pohon.** E-pohon. *BLDC motor 750-1000W, přední kolo 20'.* [Online] <https://www.e-pohon.cz/BLDC-motor-750-1000W-predni-kolo-20-d1295.htm>.
59. —. E-pohon. *Řídící jednotka 50A Magic.* [Online] <https://www.e-pohon.cz/Ridici-jednotka-50A-Magic-d28.htm#detail-anchor-description>.
60. —. E-pohon. *BLDC motor 750-1000W, přední kolo 16".* [Online] <https://www.e-pohon.cz/BLDC-motor-750-1000W-predni-kolo-16-d1294.htm>.
61. **Pei Scooter, Inc.** Pei Scooter. *16 inch brushless gearless dc wheel hub motor with disc and tyre scooter hub motor phub-126.* [Online] <https://www.peipeiscooter.com/16inch-brushless-gearless-dc-wheel-hub-motor-with-disc-and-tyre-500w-scooter-hub-motor-phub-126.html>.
62. —. Pei Scooter. *50A intelligent brushless dc motor controller which can be programmed by our software pps-02.* [Online] <https://www.peipeiscooter.com/brushless-scooter-bicycle-dc-motor-controller.html>.
63. **UU Motor.** UU Motor, online store. *36v 350w air tire 10 inch electric scooter motor.* [Online]
64. —. UU Motor - Online Store. *24-48V emb wheelchair single drive wheelchair motor controller.* [Online] <https://www.uumotor.com/ws/p/24-48v-emb-wheelchair-single-drive-wheelchair-motor-controller/>.
65. **E-pohon.** Akumulátory pro elektrokola / Akumulátory bez boxu a ostatní. *E-pohon.* [Online] https://www.e-pohon.cz/Akumulatory-bez-boxu-a-ostatni-c16_34_2.htm.
66. **Raiths, Lucas.** Grabcad.com. *Cadeira de Rodas - Wheelchair.* [Online] 15. Červenec 2018. <https://grabcad.com/library/cadeira-de-rodas-wheelchair-2>.
67. **Keli.** Dalekop.com. *Geometrie rámu kola - Co, jak a proč - základní pojmy.* [Online] 8. Leden 2021. <https://dolekop.com/clanek/6716-geometrie-co-jak-proc-zakladni-pojmy>.
68. **Graney, Joe.** Carbon vs Aluminum Frames - Which is Stronger? *YouTube.* [Online] Pinbike, 15. Březen 2017. <https://www.youtube.com/watch?v=w5eMMf11uhM&t=68s>.

69. **Prof. RNDr. Ing. Jan Vrbka, DrSc.** Mechanika kompozitů. *Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky*. [Online] Fakulta strojního inženýrství VUT v Brně, 2008. file:///C:/Users/janan/Downloads/FSI-UMT-ucebni%20text-Mechanika%20kompozit%C5%AF-121217.pdf.
70. **Ing. Milan Vnouček, Ph.D.** Kompozitní materiály. *Západočeská Univerzita v Plzni*. [Online] https://www.opi.zcu.cz/download/kompozity09_10.pdf.
71. **Tůma, Jiří.** Postup lepení kompozitního rámu horského kola. *Vysoké učení technické v Brně*. [Online] 2008. https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5551.
72. **Tipek, Bc. Jakub.** Identifikace viskoelastických vlastností vláknových kompozitů s polymerní maticí. *Technická univerzita v Liberci*. [Online] 2015. <https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/17466/Jakub%2BTipek%2B-%2BDiplomov%25C3%25A1%2Bpr%25C3%25A1ce.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
73. **Dookie.** Bike and Snow Shop. *Hlavové složení*. [Online] 2021. <https://www.dookie.cz/hlavove-slozeni/>.
74. **Protocycles.** Jak správně vybrat hlavové složení. *Protocycles*. [Online] <https://www.protocycles.cz/blog/ahoj-vsichni/>.
75. **iVELO.** Hlavové složení - systémy. *Vše, co potřebujete vědět o cyklistice*. [Online] 26. Březen 2011. <https://www.ivelo.cz/poradna/3734-hlavove-slozeni-systemy/>.
76. **Biketone.** Semi-integrované hlavové složení FIRST RK1, 1-1/8" - 1-1/2" ZS44/28.6 | ZS55/30 Taper, černá, bílé logo. [Online] 2021. https://www.biketone.cz/semi-integrované-hlavove-slozeni-first-rk1-1-1-8-1-1-2-zs44-28-6-zs55-30-taper-cerna-bile-logo_d763.html.
77. **Bike Style.** BP ježek do hlavového složení 1", černý. *Bike Style*. [Online] 2021. <https://www.bikestyle.cz/bp-jezek-do-hlavoveho-slozeni-1-cerny/>.
78. **iVELO.** Kónický krk vidlice vs. rovná hlavová trubka. *iVELO*. [Online] 2021. <https://www.ivelo.cz/domaci-servis-kol/konicky-krk-vidlice-vs-rovna-hlavova-trubka/>.
79. **Marek Industrial a.s.** Nastavitelné poziční panty. *Marek Industrial a.s.* [Online] 2021. <https://www.marek.eu/southco-uzaviraci-a-spojovaci-technika/panty-zavesy/positioning-hinges/e6-adjustable-torque-position-control-hinges/9074/e6-10-nastavitelne-pozicni-panty.html>.
80. **Scootshop.cz.** Objímka tubusu řídítek. *Scootshop.cz*. [Online] https://www.scootshop.cz/objimka-tubusu-riditek-bsp/?vmst_id=668-17125-1616411803685-65335589-p7y00lxzys9fygb9jhh4-WI5RFLJIFJSQNDDF67K9-124&vmtrack_id=cz-K67AI4HW6K.
81. **Elmendorp, Rik.** Bicycle handlebar grips. *Grabcad.com*. [Online] 12. Listopad 2012. <https://grabcad.com/library/bicycle-handlebar-grips>.
82. —. Bicycle brake lever sport. *Grabcad.com*. [Online] 6. Prosinec 2012. <https://grabcad.com/library/bicycle-brake-lever-sport>.
83. **FEVOS s.r.o.** Tlačné pružiny. *FEVOS s.r.o.* [Online] <https://www.fevos.cz/Tlacnepruz.pdf>.
84. **Dům koleček.** Kolo A76.063. *Dům koleček*. [Online] https://www.dum-kolecek.cz/kolo-a76-063_i3035.
85. **MC Systems & Services.** MAGNALOCK M32M. *MC Systems and Services*. [Online] <https://eshop.mcsystems.cz/dverni-elektromagnety/magnalock-m32m/>.

86. **H., Janocha.** *Actuators: Basics and Applications.* Germany : SPRINGER, 2004. ISBN 3-540-61564-4.
87. **Ivan, Nový.** *Návrh a experimentální ověření elektromagnetického aktuátoru.* místo neznámé : Západočeská univerzita v Plzni, 2014.
88. **RS Components Sp. z.o.o.** Lineární mikroaktuátor, řada: L12, řízení: S – Koncový spínač, rychlost: 13mm/s, síla: 42N, délka zdvihu: 10mm. *RS Components.* [Online] RS, 2021. <https://cz.rs-online.com/web/p/miniaturni-elektricke-aktuatory-tahla/1865324>.
89. **Transmotec.** *Otevřený solenoid Série F1040.* [Online] Transmotec, 2021. <http://www.transmotec.cz/otevrene-solenoidy/serie-f1040.html>.
90. —. Solenoid open frame 24VDC 24.52N 25mm 8W. *Transmotec.* [Online] <https://www.transmotec.com/product/F1564S-24V/>.
91. **Actuonix.** Miniature Linear Motion Series P16. *RS Components.* [Online] <https://docs.rs-online.com/1cf0/0900766b81682dc9.pdf>.
92. **McMaster-Carr.** Black Phenolic Plastic Ball Knob. *McMaster-Carr.* [Online] <https://www.mcmaster.com/62195K18/>.
93. **Denizci, Hayati.** Adam-Oturan _ sitting man. *GrabCad.* [Online] https://grabcad.com/library/adam-oturan_-_sitting-man-1.
94. **Česká asociace paraplegiků - CZEPA.** Hájíme práva a zájmy vozíčkářů po poranění míchy. *Poškození míchy.* [Online] 2020. <https://czepa.cz/poskozeni-michy/>.
95. **Transmotec.** Solenoid open frame 24VDC 24.52N 25mm 8W. [Online] 2021. <https://www.transmotec.com/product/F1564S-24V/>.
96. **Sport-Racing-Bike.** Jak vybrat velikost rámu? *Sport-Racing-Bike.* [Online] <http://www.sport-racing-bike.cz/poradna/jakou-velikost-ramu/>.
97. **Vybermiauto.cz.** Vyber mi auto. *Škoda Citigo - rozměry.* [Online] 2021. https://vybermiauto.cz/katalog/skoda/635_citigo/technicka-data.

PŘÍLOHA č. 1

Žádost o vyjádření Etické komise Centra Paraple, o.p.s.

Žádost o vyjádření Etické komise Centra Paraple, o.p.s.
k realizaci studentské práce zahrnující výzkum s lidskými účastníky

Název práce:	Pomocný pohon pro mechanický invalidní vozík
Typ práce:	Diplomová
Období realizace:	listopad 2020 - květen 2021
Předkladatel práce:	Bc. Jana Nedvěďová, FST ZČU v Plzni
Vedoucí práce:	Ing. Roman Čermák, Ph.D., FST ZČU v Plzni
Odpovědný pracovník:	Bc. Barbora Rusínová, Centrum Paraple, úsek ergoterapie

Popis práce: Cílem diplomové práce je navrhnout vlastní konstrukční řešení přídavného elektropohonu k mechanickému invalidnímu vozíku. Tato diplomová práce bude vypracována ve spolupráci s firmou SmartMotion s.r.o. Součástí diplomové práce bude řešerše stávajících pomocných pohonů a zaměření se na rozdílné potřeby kvadruplegiků a paraplegiků při používání přídavných elektropohonů. Pro lepší výchozí specifikaci parametrů pomocného pohonu bude vytvořen anonymní dotazník nejen pro klienty Centra Paraple. Respondenti budou dotazováni na jejich zkušenosti s elektropohony nebo na parametry, podle kterých pomocné pohony vybírají apod. Další sekce dotazníku bude určena pro ergoterapeuty, případně i pro další zdravotníky, kteří pracují s uživateli mechanických vozíků.


Charakteristika účastníků výzkumu: Všichni účastníci průzkumu budou seznámeni se zaměřením studentské práce a s jejich zapojením, které bude zcela dobrovolné a anonymní. Čím větší počet respondentů bude, tím hodnotnější budou výsledky dotazníku pro vypracování diplomové práce. Jediné kritérium pro výběr účastníků průzkumu je užívání mechanického vozíku.

Etické aspekty výzkumu a bezpečnost: S výzkumem v rámci studentské práce nejsou spojena žádná rizika. Všechny intervence spojené s účastníky výzkumu budou předem konzultovány s odpovědným pracovníkem Centra Paraple. Výzkum bude probíhat pouze ve spolupráci se zletilými jedinci nepatřícími do skupin zranitelných jedinců, zejména dětí, těhotných a kojících žen, duševně nemocných a jedinců z málo rozvinutých komunit. Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována ve studentské práci. Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy.

Text informovaného souhlasu: Nepřiložen, protože se jedná o anonymní dotazník.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi Centra Paraple, o.p.s. revidovanou žádost.

V Praze dne: 10.11.2020

Podpis předkladatele: 

Obrázek 107 - Žádost o vyjádření etické komise Centra Paraple

PŘÍLOHA č. 2

Titulní strana elektronického dotazníku



Pomocný elektropohon pro mechanický invalidní vozík

Ráda bych Vás chtěla požádat o vyplnění tohoto anonymního dotazníku, jehož odpovědi budou sloužit jako podklad k vypracování mé diplomové práce. V rámci diplomové práce navrhuji pomocný elektropohon ovládaný pomocí řídicích páček pro mechanický invalidní vozík ve spolupráci s firmou SmartMotion s.r.o.

Tento dotazník je primárně určen pro uživatele mechanických invalidních vozíků a pro ergoterapeuty.

Moc si vážím Vašeho času stráveného vyplňováním tohoto dotazníku a předem moc děkuji za Vaše odpovědi.

V případě jakýchkoliv dotazů či připomínek ohledně tohoto průzkumu mě neváhejte kontaktovat na e-mailové adrese nebo mobilním čísle: jananedvedova4@gmail.com, 773010656.

* Required

Jste uživatel invalidního vozíku nebo ergoterapeut? *

- Uživatel mechanického vozíku
- Ergoterapeut
- Nejsem ergoterapeut, ale s uživateli invalidních vozíků pracuji

Next

Never submit passwords through Google Forms.

Obrázek 108 – Dotazník

PŘÍLOHA č. 3

Seznam otázek dotazníku

Seznam otázek dotazníku pro uživatele invalidního vozíku, kteří elektropohon již vlastní:

1. Jaké je Vaše pohlaví?
2. Do jaké věkové kategorie patříte?
3. Jakou máte výšku míšní léze?
4. Jakou značku/typ vozíku vlastníte?
5. Jakou hmotnost má Váš vozík?
6. Jaký rám má Váš vozík?
7. Jaké překážky překonáváte na cestě do Vašeho místa bydliště?
8. Jakou značku/typ pomocného pohonu vlastníte?
9. Zhruba jakou hmotnost má Váš pomocný pohon?
10. Ovládáte Váš pohon pomocí řídicích páček?
11. V případě, že jste kvadruplegik, co by Vám usnadnilo ovládnutí elektropohonu?
12. Jste s Vaším pomocným pohonem spokojeni?
13. Prosím zdůvodněte, proč jste/nejste spokojeni se svým pomocným elektropohonem.
Máte k Vašemu elektropohonu nějaké výhrady?
14. Má Váš elektropohon funkci couvání?
15. Prosím zdůvodněte, proč je/není pro Vás funkce couvání důležitá.
16. Které faktory byly rozhodující při koupi Vašeho pomocného elektropohonu?
17. Pro jaké účely pomocný pohon využíváte?
18. Jak často pomocný pohon využíváte?
19. Převládá často Váš pomocný elektropohon v autě?
20. Jste schopni si sami naložit elektropohon do Vašeho automobilu?
21. Jaký dojezd má Váš pomocný pohon?
22. Je tento dojezd dostatečný pro Vaše běžné využívání?
23. Musíte baterii před nabíjením vyjmout?
24. Pořídili jste si baterii navíc?
25. Je pro Vás jednodušší baterii před nabíjením vyjmout anebo připojit nabíjecí kabel přímo k baterii upevněné na elektropohonu? Svou odpověď, prosím, zdůvodněte.
26. Potřebujete asistenci při montáži a demontáži pomocného pohonu k Vašemu vozíku?
27. Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které na Vašem elektropohonu VYUŽÍVÁTE.
28. Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které Vašemu elektropohonu JEŠTĚ CHYBÍ.
29. Museli jste uhradit plnou cenu pomocného pohonu?
30. Sem můžete dopsat jakékoliv připomínky a doplňující informace.

Seznam otázek dotazníku pro uživatele invalidního vozíku, kteří elektropohon nevládnou:

1. Jaké je Vaše pohlaví?
2. Do jaké věkové kategorie patříte?
3. Jakou máte výšku míšní léze?
4. Jakou značku/typ vozíku vlastníte?
5. Jakou hmotnost má Váš vozík?
6. Jaký rám má Váš vozík?
7. Jaké překážky překonáváte na cestě do Vašeho místa bydliště?
8. Uvažujete o pořízení pomocného elektropohonu k Vašemu vozíku? Pokud ne, zdůvodněte prosím proč.
9. Pořídili byste si pomocný pohon ovládaný pomocí řídicích páček?
10. V případě, že jste kvadruplegik, co by Vám usnadnilo ovládnutí elektropohonu?

11. Uvažujete o tom, že Váš pomocný pohon k vozíku budete často převážet ve Vašem automobilu?
12. Jaký dojezd by Vám vyhovoval?
13. Je pro Vás důležité, aby měl pomocný pohon i funkci couvání?
14. Zdůvodněte, prosím, proč je/není pro Vás funkce couvání důležitá.
15. Pro jaké účely byste pomocný pohon k vozíku využívali?
16. Jak často byste pomocný pohon k vozíku využívali?
17. Bylo by podle Vás pohodlnější před nabíjením baterii vyjmout?
18. Využili byste baterii navíc?
19. Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které by podle Vás nemělo na elektropohonu chybět.
20. Jaká cena pomocného pohonu k vozíku je pro Vás adekvátní?
21. Sem můžete dopsat jakékoliv připomínky a doplňující informace.

Seznam otázek dotazníku pro ergoterapeuty a jiné odborníky:

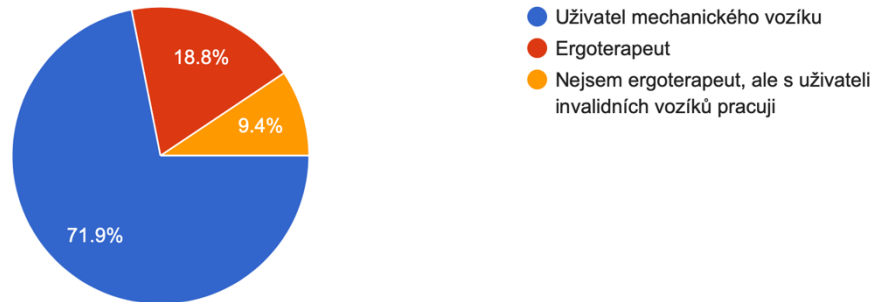
1. Myslíte si, že užívání pomocných pohonů je pro uživatele mechanických vozíků prospěšné? Svou odpověď zdůvodněte.
2. Jaké prvky Vás na elektropohonech zaujaly a proč? Uveďte značku elektropohonu.
3. Uveďte náměty, které by usnadnily ovládání řídicíků.
4. Jaký dojezd by měl podle vás pomocný elektropohon mít?
5. Pro jaké aktivity se podle Vás pomocné pohony k vozíku nejčastěji využívají?
6. Myslíte si, že je nutné, aby měl pomocný elektropohon funkci couvání?
7. Zdůvodněte, prosím, proč je/není funkce couvání důležitá.
8. Je podle vás snadnější pro uživatele elektropohonu baterii vyjmout a přemístit k nabíječce nebo napájecí kabel napojit přímo k elektropohonu?
9. Uveďte, prosím, Vaše postřehy z praxe, na co si dát pozor při návrhu pomocného pohonu k mechanickým invalidním vozíkům. Např. uveďte prvky a funkce pohonu, kterým se vyvarovat nebo které by naopak neměly chybět.

PŘÍLOHA č. 4

Vyhodnocení dotazníku prostřednictvím Google Forms

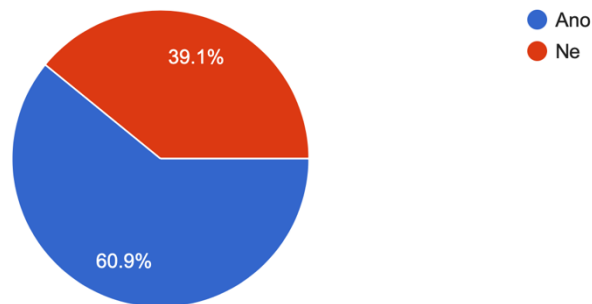
Jste uživatel invalidního vozíku nebo ergoterapeut?

32 responses



Vlastníte pomocný elektropohon k Vašemu vozíku?

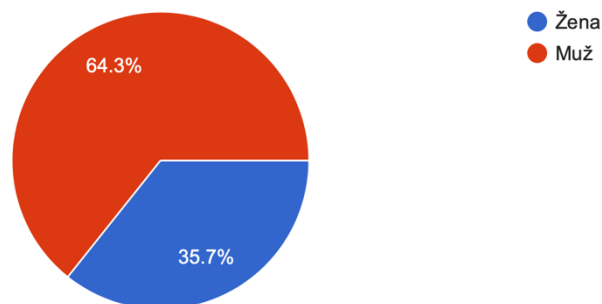
23 responses



Vyhodnocení otázek dotazníku určené pro uživatele invalidního vozíku, kteří elektropohon již vlastní:

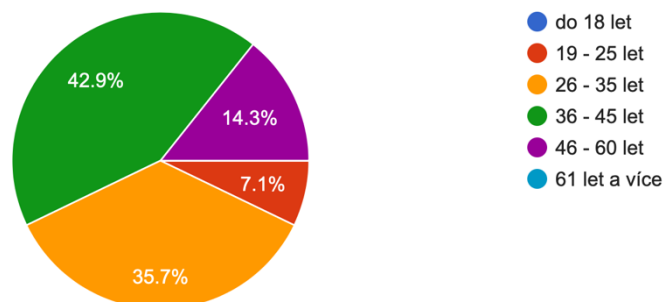
Jaké je Vaše pohlaví?

14 responses



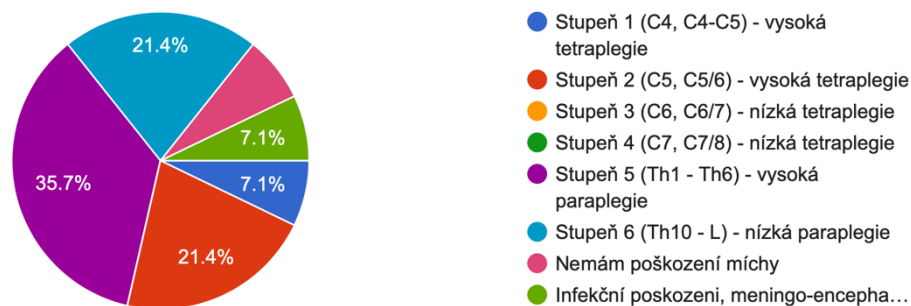
Do jaké věkové kategorie patříte?

14 responses



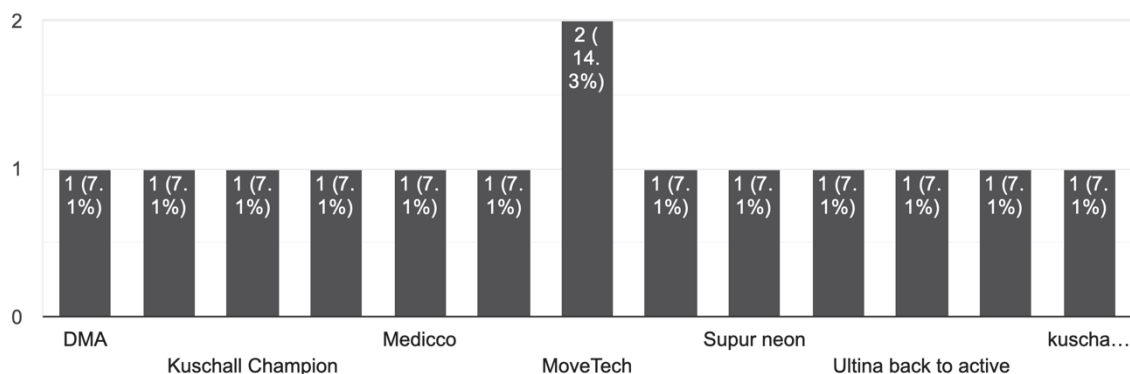
Jakou máte výšku míšňí léze?

14 responses



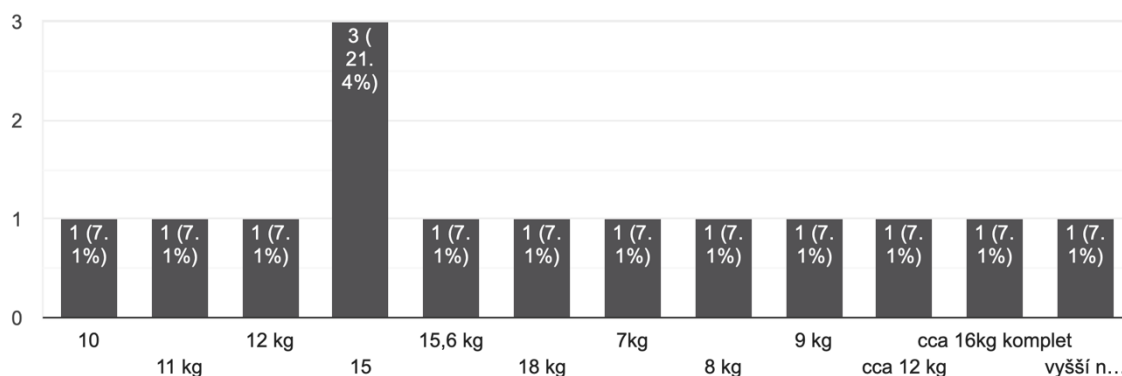
Jakou značku/typ vozíku vlastníte?

14 responses



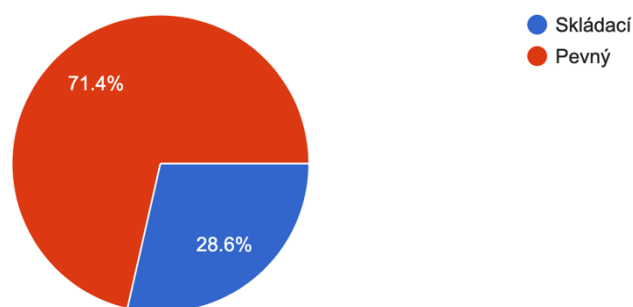
Jakou hmotnost má Váš vozík?

14 responses



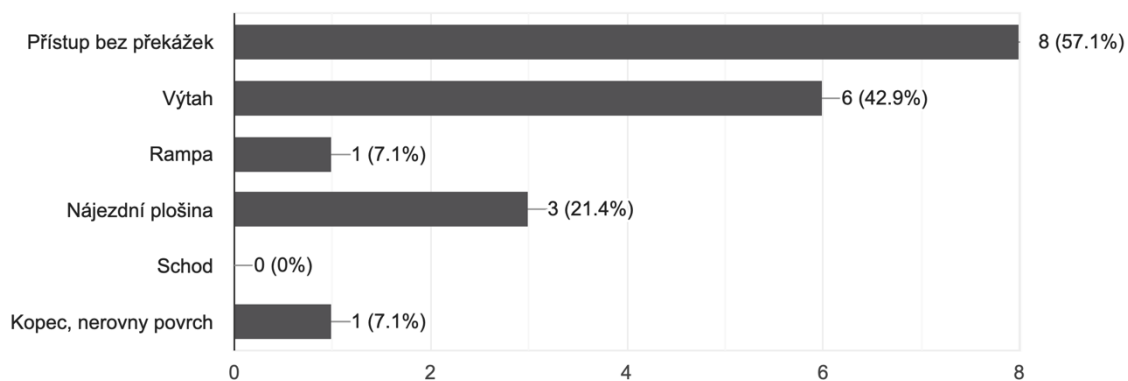
Jaký rám má Váš vozík?

14 responses



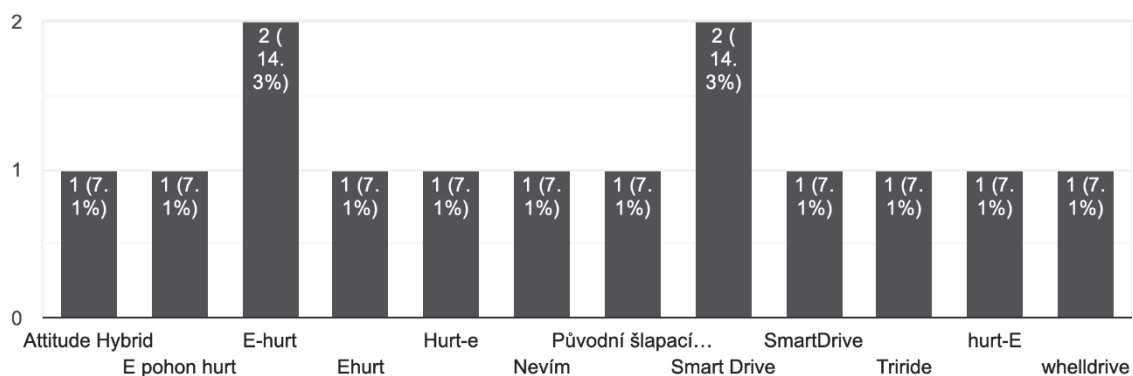
Jaké překážky překonáváte na cestě do Vašeho místa bydliště?

14 responses



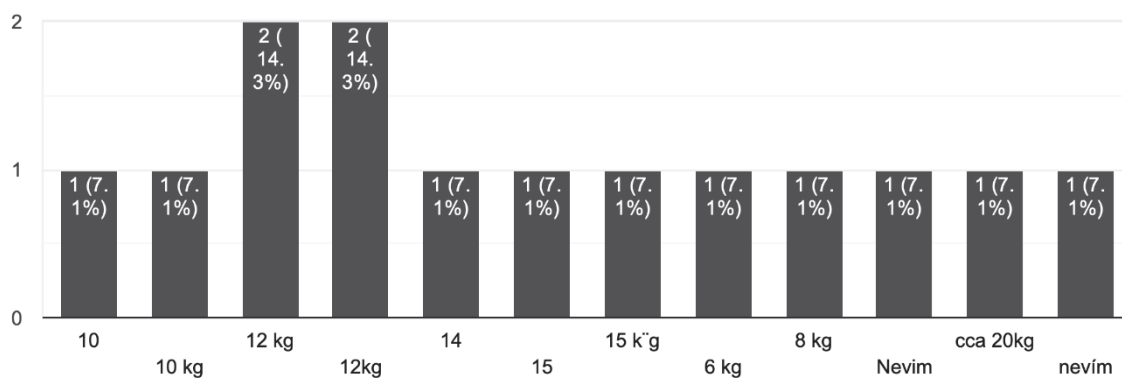
Jakou značku/typ pomocného pohonu vlastníte?

14 responses



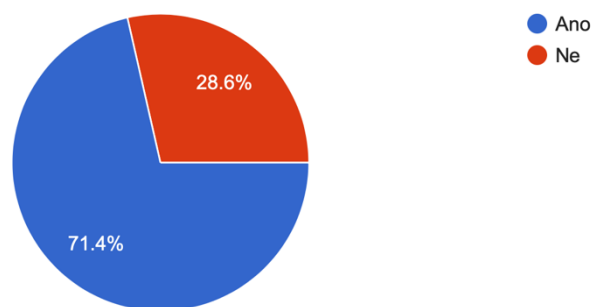
Zhruba jakou hmotnost má Váš pomocný pohon?

14 responses



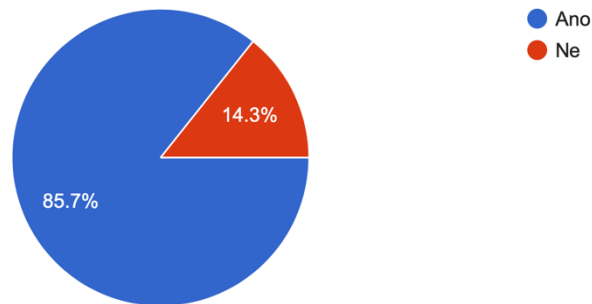
Ovládáte Váš pohon pomocí řídítek?

14 responses



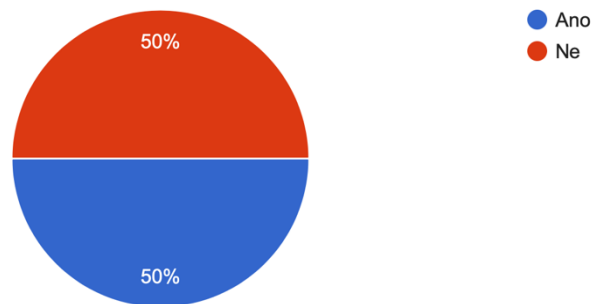
Jste s Vaším pomocným pohonem spokojeni?

14 responses



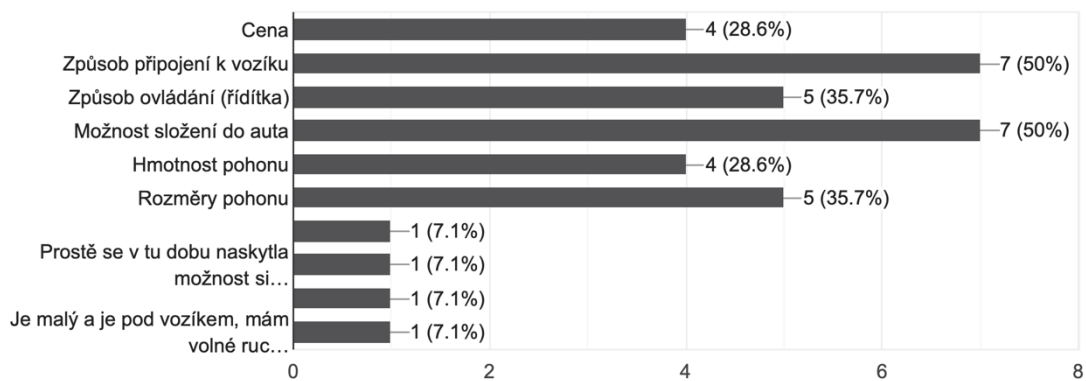
Má Váš elektropohon funkci couvání?

14 responses



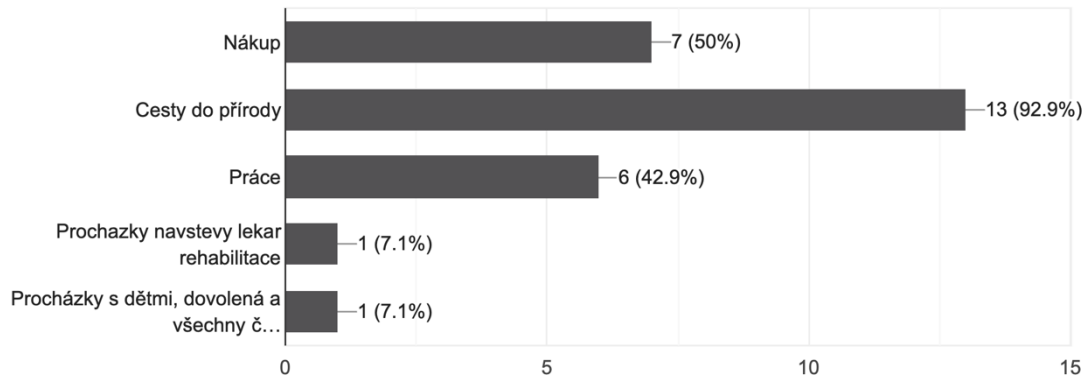
Které faktory byly rozhodující při koupi Vašeho pomocného elektropohonu?

14 responses



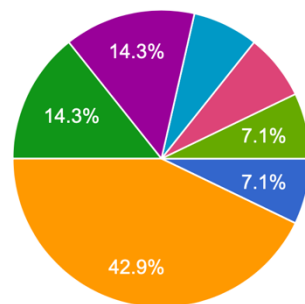
Pro jaké účely pomocný pohon využíváte?

14 responses



Jak často pomocný pohon využíváte?

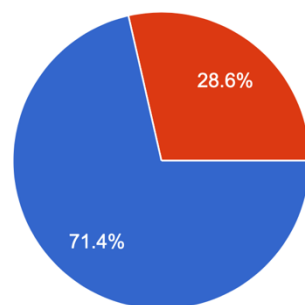
14 responses



- Denně
- Jen o víkendech
- Párkrát v týdnu
- Párkrát v měsíci
- Zcela nahodile
- S kamarádama když jeden na kolo.
- Pouze na jaře a v létě - pak cca jednou týdně
- Jaro, léto několikrát týdně, podzim méně často (podle počasí), v zimě skoro vůbec

Převážíte často Váš pomocný elektropohon v autě?

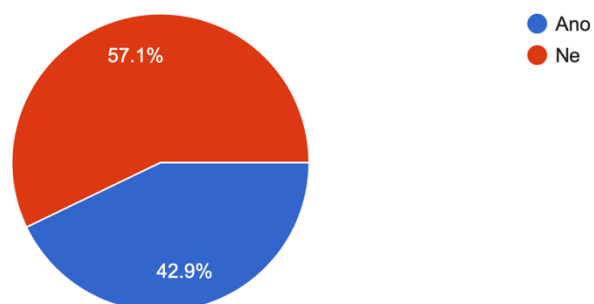
14 responses



- Ano
- Ne

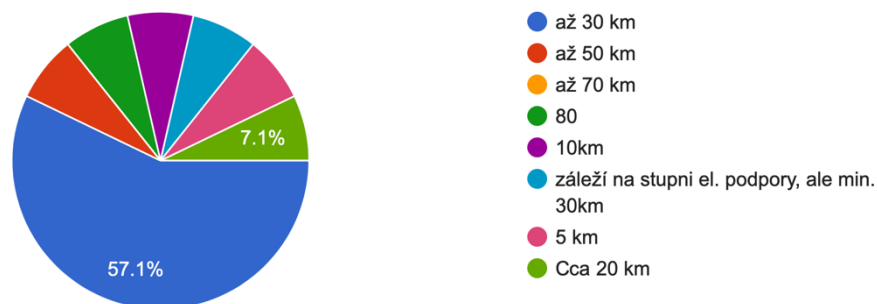
Jste schopni si sami naložit elektropohon do Vašeho automobilu?

14 responses



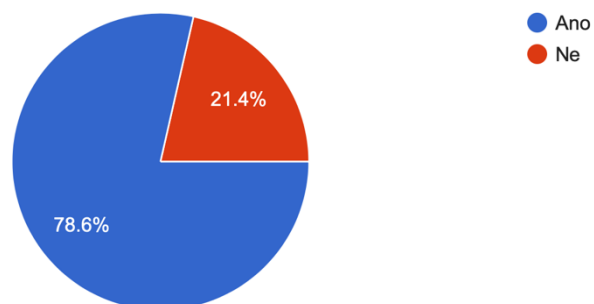
Jaký dojezd má Váš pomocný pohon?

14 responses



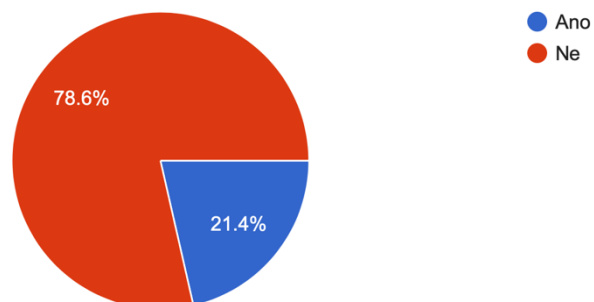
Je tento dojezd dostatečný pro Vaše běžné využívání?

14 responses



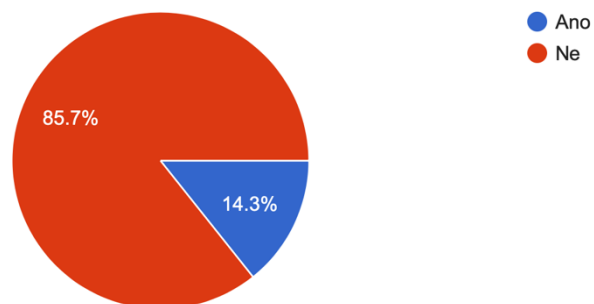
Musíte baterii před nabíjením vyjmout?

14 responses



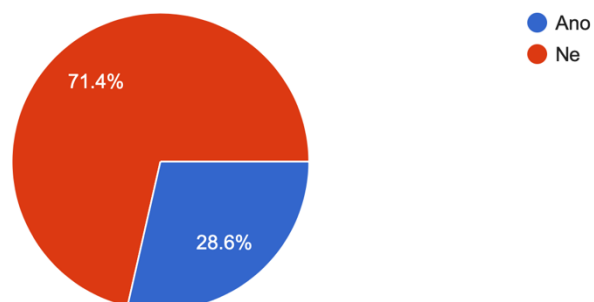
Pořídili jste si baterii navíc?

14 responses



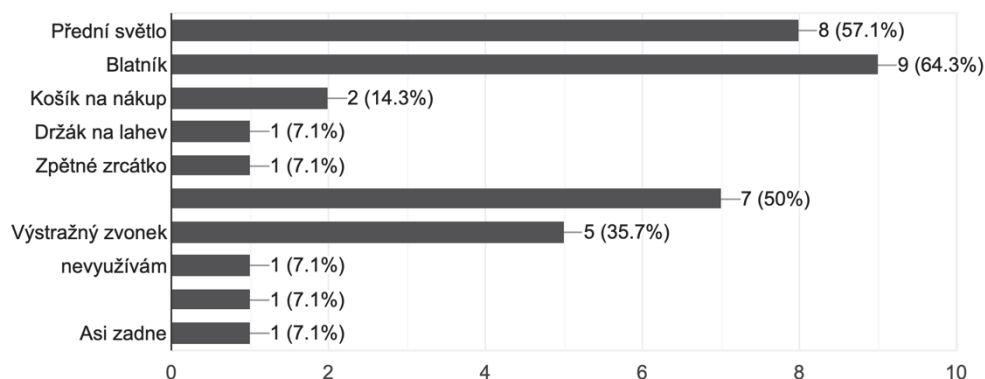
Potřebujete asistenci při montáži a demontáži pomocného pohonu k Vašemu vozíku?

14 responses



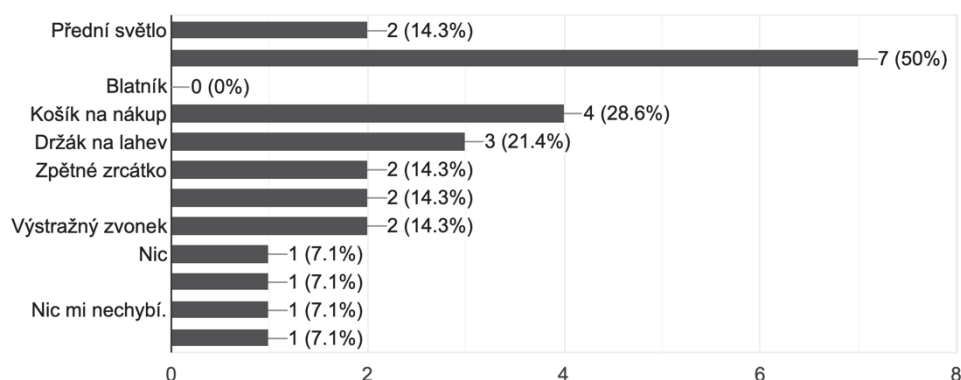
Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které na Vašem elektropohonu VYUŽÍVÁTE.

14 responses



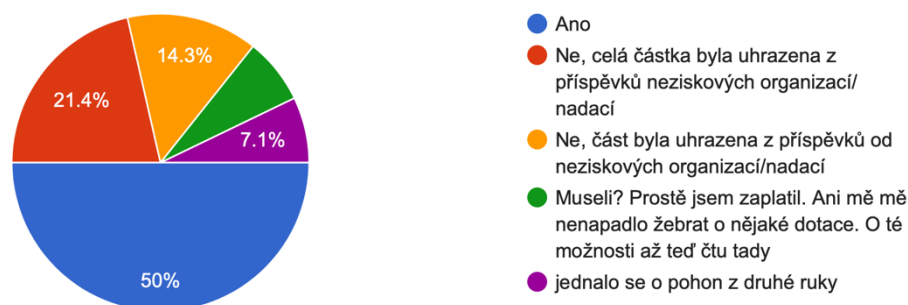
Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které Vašemu elektropohonu JEŠTĚ CHYBÍ.

14 responses



Museli jste uhradit plnou cenu pomocného pohonu?

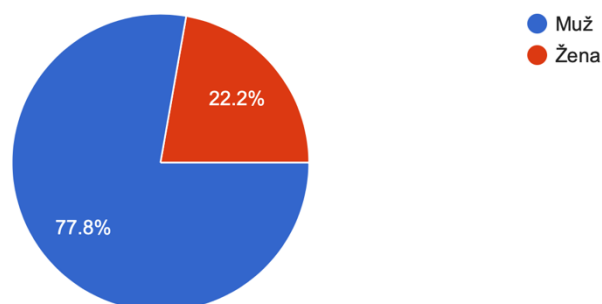
14 responses



Vyhodnocení otázek dotazníku určené pro uživatele invalidního vozíku, kteří elektropohon nevlastní:

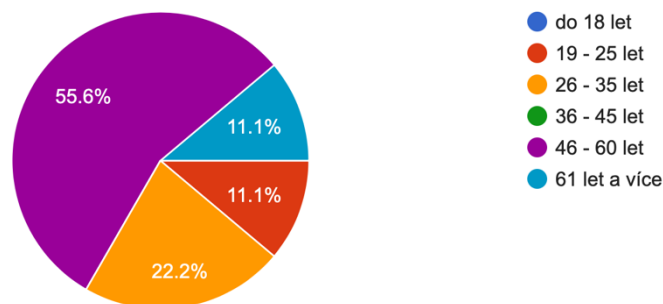
Jaké je Vaše pohlaví?

9 responses



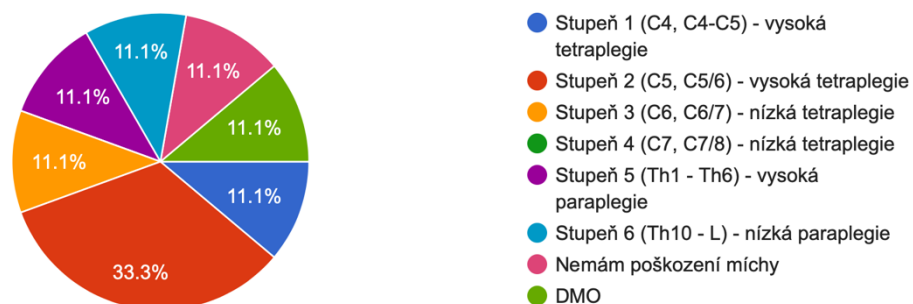
Do jaké věkové kategorie patříte?

9 responses



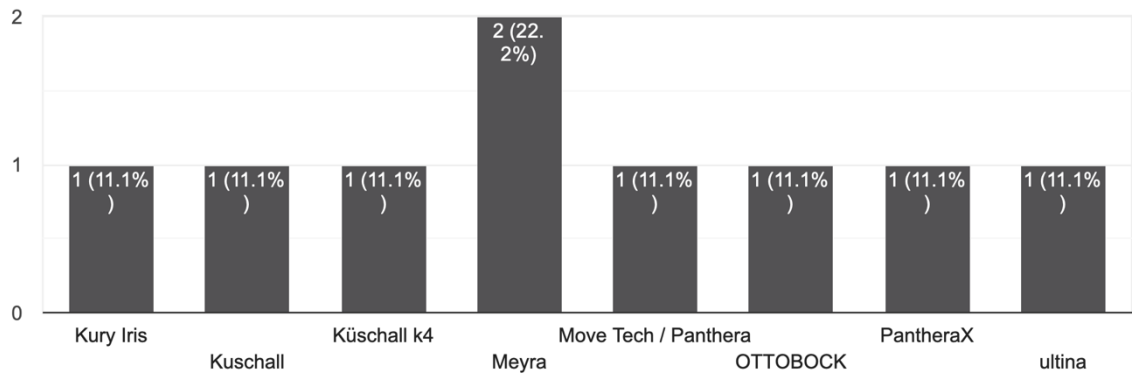
Jakou máte výšku míšňí léze?

9 responses



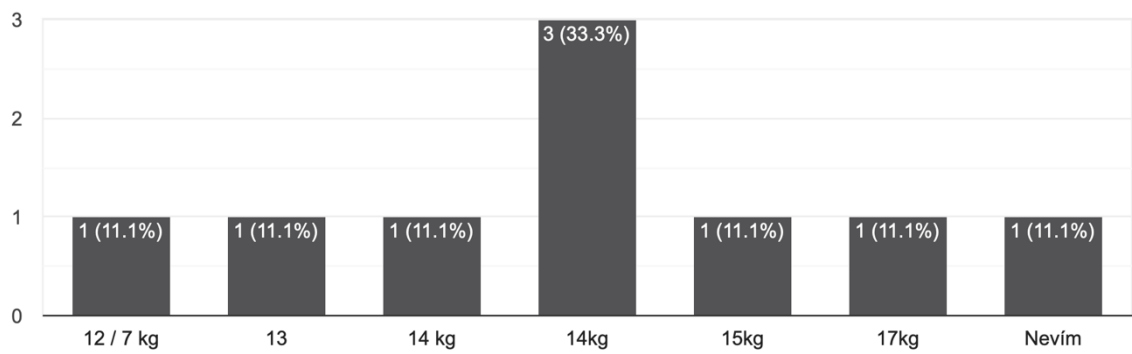
Jakou značku/typ vozíku vlastníte?

9 responses



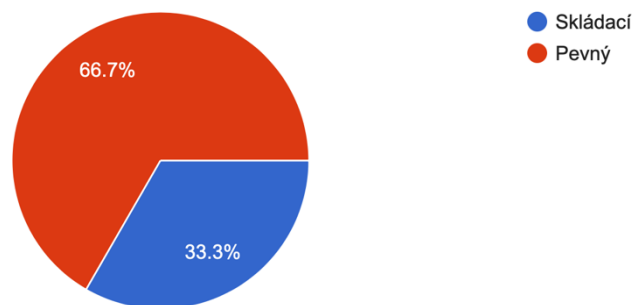
Jakou hmotnost má Váš vozík?

9 responses



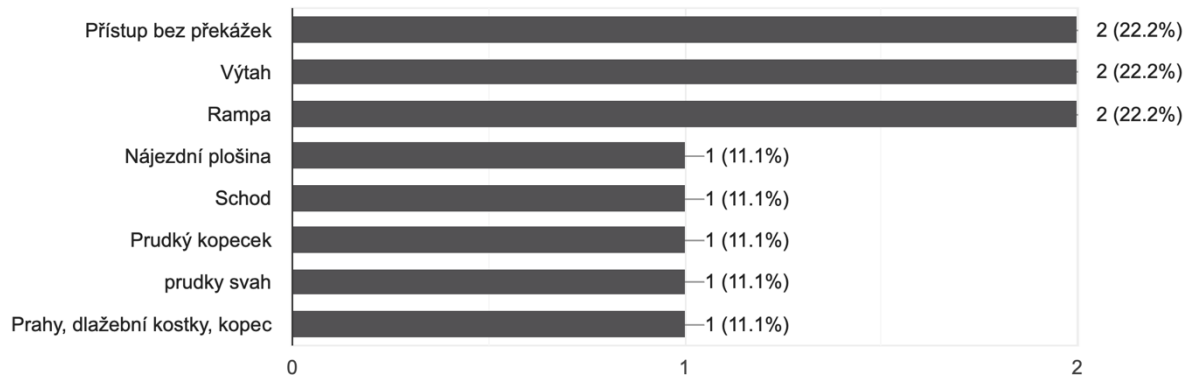
Jaký rám má Váš vozík?

9 responses



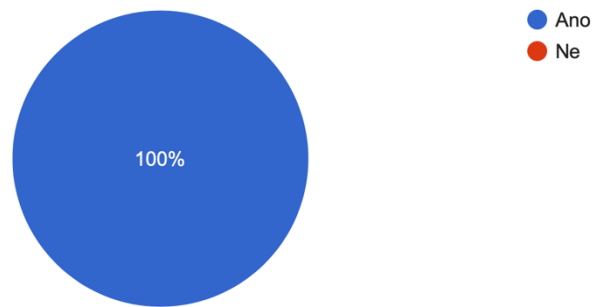
Jaké překážky překonáváte na cestě do Vašeho místa bydliště?

9 responses



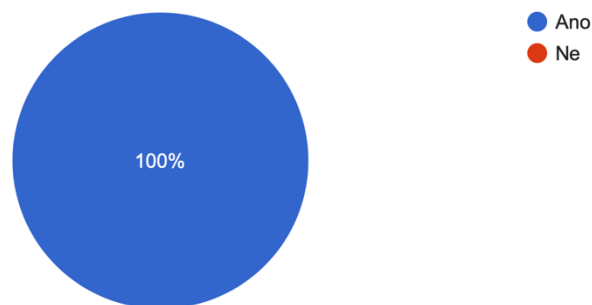
Uvažujete o pořízení pomocného elektropohonu k Vašemu vozíku?

9 responses



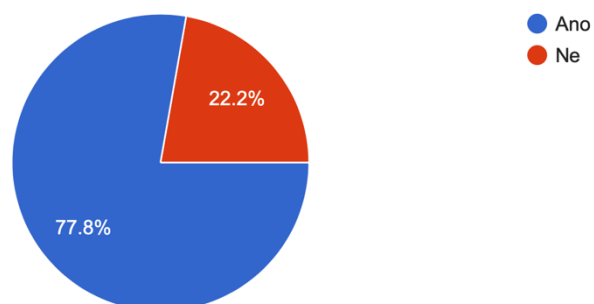
Pořídili byste si pomocný pohon ovládaný pomocí řídicíků?

9 responses



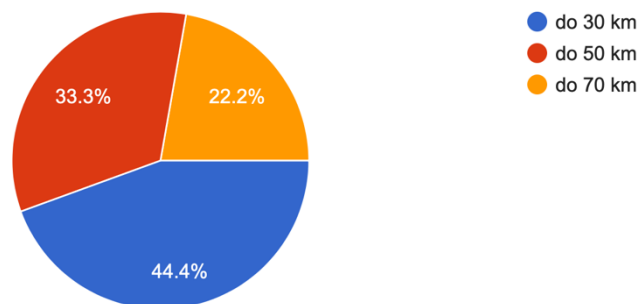
Uvažujete o tom, že Váš pomocný pohon k vozíku budete často převážet ve Vašem automobilu?

9 responses



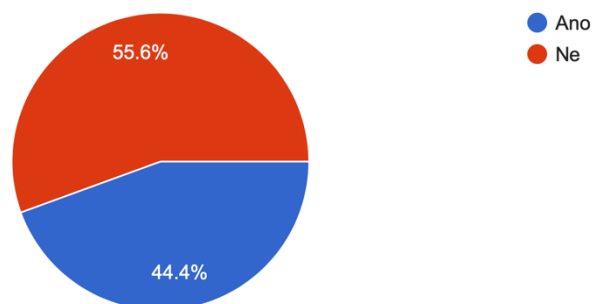
Jaký dojezd by Vám vyhovoval?

9 responses



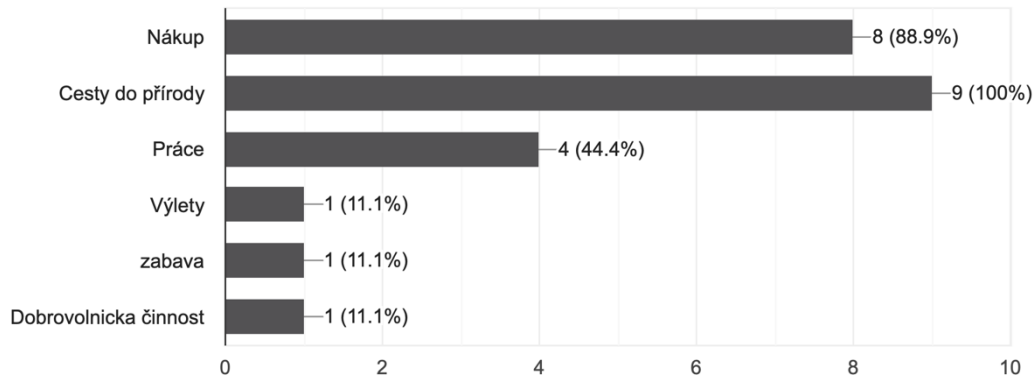
Je pro Vás důležité, aby měl pomocný pohon i funkci couvání?

9 responses



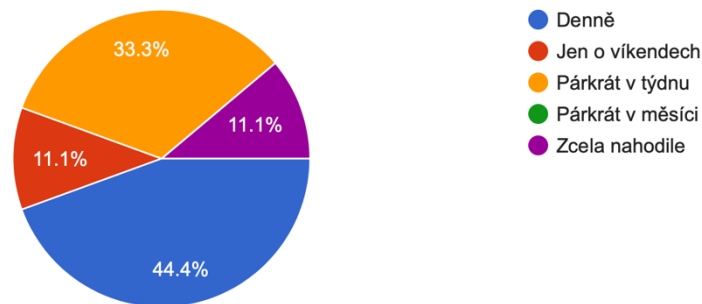
Pro jaké účely byste pomocný pohon k vozíku využívali?

9 responses



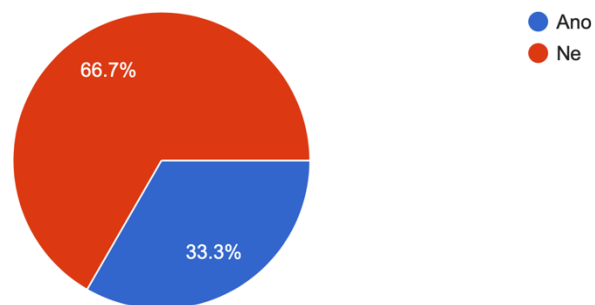
Jak často byste pomocný pohon k vozíku využívali?

9 responses



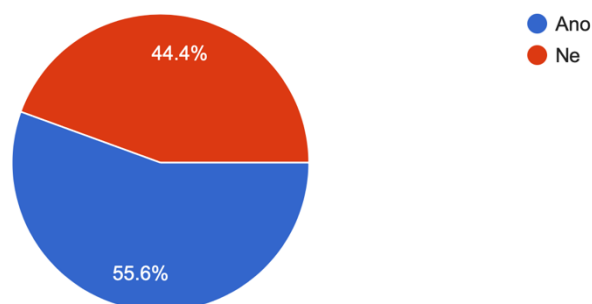
Bylo by podle Vás pohodlnější před nabíjením baterii vyjmout?

9 responses



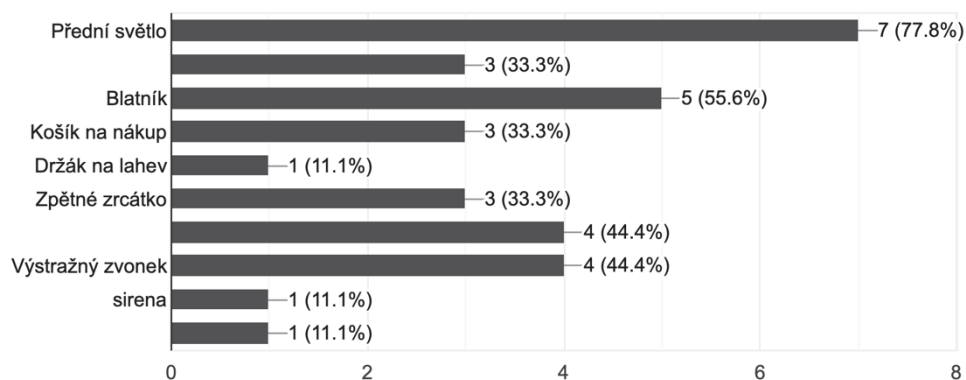
Využili byste baterii navíc?

9 responses



Prosím označte (případně doplňte) vybavení, které by podle Vás nemělo na elektropohonu chybět.

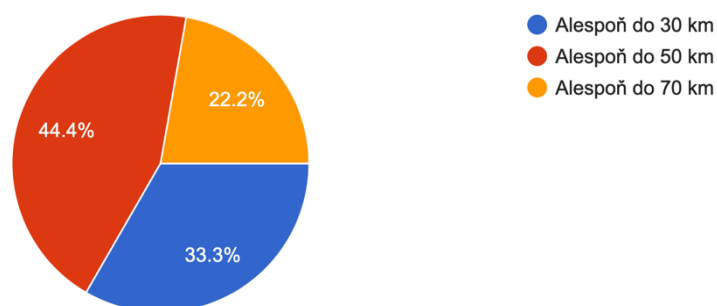
9 responses



Vyhodnocení otázek dotazníku pro ergoterapeuty a jiné odborníky:

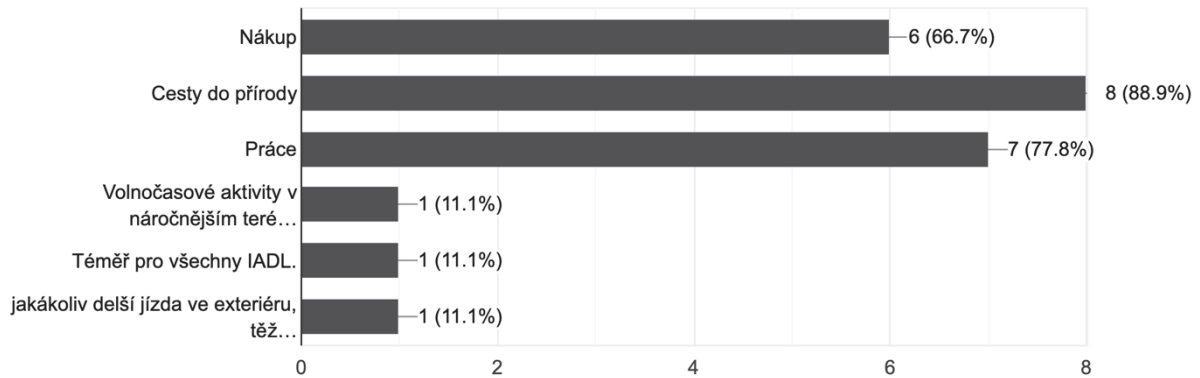
Jaký dojezd by měl podle vás pomocný elektropohon mít?

9 responses



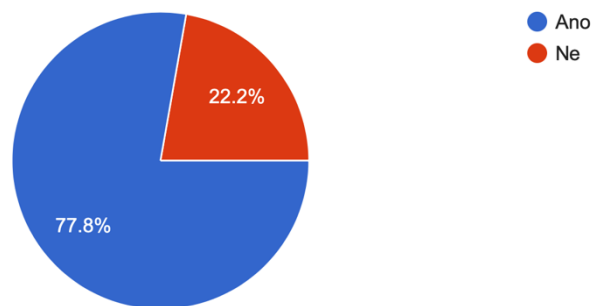
Pro jaké aktivity se podle Vás pomocné pohony k vozíku nejčastěji využívají?

9 responses



Myslíte si, že je nutné, aby měl pomocný elektropohon funkci couvání?

9 responses



Je podle vás snadnější pro uživatele elektropohonu baterii vyjmout a přemístit k nabíječce nebo napájecí kabel napojit přímo k elektropohonu?

9 responses

