

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor č. 9: Strojírenství**

## **PROJEKT MOBILITA**

**Elektrický pohon invalidního vozíku**

**Jiří Mošner, Matěj Pelikán, Jan Karásek, Petr Staněk**  
**Kraj Vysočina** **Žďár nad Sázavou**  
**12.05.2022**

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. 9: Strojírenství

## PROJEKT MOBILITA

Elektrický pohon invalidního vozíku

## PROJECT MOBILITY

Electrical drive for wheelchair

**Autoři:** Jiří Mošner, Matěj Pelikán, Jan Karásek, Petr Staněk

**Škola:** VOŠ a SPŠ Žďár nad Sázavou, Studentská 1, 591 01

**Kraj:** Kraj Vysočina

**Konzultant:** Aleš Gregor, Ing. Martin Ťupa

Žďár nad Sázavou, 26.02.2022

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Ve Žďáře nad Sázavou dne: 15.05.2021

Mošner Jiří; Matěj Pelikán, Staněk Petr, Karásek Jan

## **Poděkování**

Děkujeme Aleši Gregorovi a Ing. Martinovi Ťupovi, za pomoc a věcné připomínky, při tvorbě tohoto projektu

Děkujeme Petrovi Šuhajovi a Ing. Jaromíru Tulisovi za pomoc při výrobě.

Děkujeme Ing. Petrovi Zahradkovi za zpřístupnění měřících zařízení.

Děkujeme i všem ostatním nejmenovaným, kteří se jakkoliv podíleli na projektu

## ANOTACE

Tento projekt se zabývá návrhem a následnou výrobou přídavného elektrického pohonu k invalidnímu vozíku. Pohon má sloužit pro bývalého studenta naší školy, který se nešťastnou náhodou dostal na vozík.

Během výroby jsme nechtěli pouze okopírovat myšlenku jiných autorů na trhu, snažili jsme se vymyslet nové elegantní řešení, které bude zcela odnímatelné a konstrukčně jednodušší než u konkurence.

**Klíčová slova:** vozík; elektropohon; sestava; výroba

## ANNOTATION

This project is based on design and production of removable electric drive for wheelchair. Electric drive is produced for ex-student of our school, who had accident and from that moment he is on wheelchair.

During production we didn't want to just copy design of another creators on market. We wanted to make new version of attachment, which will be fully removable and mechanically easier than our rivals have.

**Klíčová slova:** Wheelchair; electric drive; assembly; production

## Obsah:

1	Představení projektu MOBILITA .....	9
2	Historie a přehled pohonů pro invalidní vozíky .....	9
2.1	Historie .....	9
2.2	Rozdělení invalidních vozíků .....	10
2.3	Technologický vývoj .....	12
3	Model invalidního vozíku ve 3D.....	17
3.1	Modelování .....	17
3.2	Ukázka 3D modelů: .....	18
4	Návrh elektropohonu.....	19
4.1	Návrh BLDC motoru .....	19
4.2	Řízení bezkartáčového motoru .....	20
4.3	Výhody a nevýhody BLDC motorů.....	21
4.4	Návrh akumulátoru .....	21
4.5	Výhody a nevýhody baterie EVBIKE .....	22
4.6	Návrh ovládání pohonu .....	23
5	Návrh konstrukce pohonu ve 3D.....	25
5.1	Návrhy provedení konstrukce.....	25
5.1.1	První návrh .....	25
5.1.2	Druhý návrh.....	26
5.1.3	Třetí návrh .....	26
5.2	Vyhodnocení návrhů.....	27
5.3	Model celé konstrukce.....	27
5.3.1	Konstrukce .....	27
5.3.2	Řízení .....	28
5.3.3	Vidlice řízení .....	29
5.3.4	Elektromotor, brzda.....	30
5.3.5	Řídítka .....	30
5.3.6	Baterie, kontroler a jeho kryt.....	31
5.3.7	Sestava elektro pohonu.....	32
6	Výroba elektro pohonu.....	33
6.1	Vidlice .....	33
6.2	Řízení.....	34
6.3	Kryt řízení.....	36
6.4	Brzdy a držáky brzdových třmenů.....	36

6.5	Kryt kontroleru .....	37
6.6	Ostatní díly .....	37
6.7	Sestavení dílů.....	37
7	stavba elektro pohonu.....	38
7.1	Hlavní komponenty .....	38
7.1.1	Elektromotor.....	38
7.1.2	Akumulátor.....	39
7.1.3	Řídící jednotka .....	41
7.1.4	Nabíjecí zařízení akumulátoru.....	41
7.1.5	Ovládací panel.....	42
8	Návrh konstrukce upevnění pohonu k vozíku.....	43
8.1	Spojení vozíku a pohonu .....	43
8.2	Proč právě třibodový systém? .....	43
8.3	První návrh třibodové konstrukce .....	43
8.4	Druhý Návrh.....	44
8.5	Třetí návrh .....	44
8.6	Čtvrtý Návrh.....	45
8.7	Vyhodnocení návrhů.....	46
9	Výroba upevnění .....	46
9.1	Měření pevnosti duralu.....	46
9.1.1	Zkouška tvrdosti podle Rockwella: .....	46
9.1.2	Zkouška tvrdosti odrazem podle Shora: .....	47
9.1.3	Vyhodnocení .....	48
9.2	Třibodové uchycení .....	49
9.2.1	Zadní díl uchycení.....	49
9.2.2	Pravý a levý díl uchycení .....	50
9.3	Výroba kříže .....	51
9.4	Výroba západky .....	52
9.4.1	Sestava spojení .....	52
9.4.2	Střední díl .....	53
9.4.3	Spojovací plechy .....	54
	.....	54
10	Montáž pohonu, brzd, elektroinstalace.....	55
10.1	montáž brzd.....	55
11	Zapojení a oživení .....	58

12	Sestavení celého pohonu a připojení k vozíku – odladění funkčnosti .....	61
13	Výrobní postupy a CAM programy vybraných součástí.....	63
13.1	Střední díl.....	63
13.1.1	Výrobní postup.....	63
13.1.2	Program pro výrobu na CNC .....	65
13.2	Držák brzdového třmenu.....	68
13.2.1	Výrobní postup.....	68
13.2.2	Program pro výrobu na CNC .....	70
14	Výpočet namáhání vybraných součástí .....	73
14.1	Výpočet utahovacího momentu šroubů M6.....	73
14.1.1	Určení osově síly z namáhání na tah:.....	73
14.1.2	Určení osově síly Fos z namáhání na otláčení: .....	73
14.1.3	Výpočet utahovacího momentu potřebného pro vyvození určené osově síly:.....	74
14.2	Výpočet naříznutého svěrného náboje .....	74
14.2.1	Výpočet, maximálního zatížení které je schopen naříznutý náboj přenášet, aniž by došlo k jeho posunutí.....	74
14.3	Výpočet namáhání západky: .....	75
14.3.1	Výpočet namáhání západky .....	75
14.3.2	Výpočet namáhání středního plastového dílu .....	77
15	Ekonomické zhodnocení .....	78
15.1	Komponenty:.....	78
15.2	Materiály:.....	78
15.3	Spojovací materiál: .....	78
15.4	Ostatní:.....	78
15.5	Součet.....	78
15.6	Časová náročnost: .....	79
16	Závěr.....	80
17	Seznam Obrázku .....	81
18	Citace.....	84
19	Zdroje Obrázky .....	84
20	Seznam příloh.....	86

## Úvod



Invalidní vozík je pro některé osoby nezbytná součást jejich života. Člověk je lehce zranitelná bytost. Některé úrazy či nemoci mohou mít následky na zbytek celého života. Lidé trpící postižením jsou součástí lidstva od jaktěživa. Potkáváme se s nimi běžně i dnes, ať už je postižení v důsledku vrozené vady, nemoci či nějakého těžkého úrazu.

Pro velkou většinu těchto lidí přináší postižení problémy s motorikou a velká část z nich zůstane připoutána právě na invalidní vozík, což ovlivňuje jejich život. Naučit se žít s handicapem není pro člověka jednoduchý úkol a musí čelit mnoha fyzickým, ale i psychickým bariérám. K jejich překonávání jim pomáhají různé druhy pomůcek a vozíků pro invalidy dostupných na dnešním trhu. S moderní dobou přicházejí další technologie, které pomáhají takto postiženým lidem překonávat životní situace, které jsou pro zdravého člověka samozřejmostí a poskytují pro tyto postižené jedince možnost dalšího kroku k samostatnosti.

To je cíl tohoto našeho projektu, který se právě zabývá výrobou, popisem celé výroby a popisem všech parametrů elektrického pohonu pro invalidní vozík, který by měl zlepšit mobilitu jednoho z absolventů naší školy Štěpána Pejchla

Na tomto projektu se podílelo několik autorů. Dva z oboru strojírenství Jiří Mošner a Matěj Pelikán, kteří se podíleli na výrobě konstrukce pohonu a přichycení pohonu k invalidnímu vozíku. Dva z oboru elektrotechniky Petr Staněk a Jan Karásek, zajišťovali komponenty ovládání, oživení a chod elektrického pohonu. A dvě slečny z oboru ekonomika a podnikání Petra Pejchalová a Kateřina Marková, které se podíleli na vzniku loga, propagaci na sociálních sítích a celého marketingu tohoto projektu.

# 1 Představení projektu MOBILITA

PROJEKT MOBILITA vznikl pro pomoc a usnadnění života Štěpánu Pejchlovi, bývalému absolventovi naší školy, který skončil na invalidním vozíčku už ve svých sedmnácti letech.

Štěpánovi se stala nehoda při školním výletě, nepovedla se mu šipka, když s kamarády skákali do bazénu a při nárazu do dna si zlomil krční obratel. Od té doby je invalidní vozík jeho nezbytnou součástí života.

Na dva roky přerušil školu, ale vrátil se a poté úspěšně dostudoval. Nyní studuje informatiku na vysoké škole a je plně podporován jeho rodinou. A tak jsme se rozhodli pro Štěpána sestavit přídatný elektrický pohon pro invalidní vozík.

Pro vozíčkáře je takový pohon dost cenově nedostupný. Základní verze těchto pohonů se pohybuje okolo devadesáti tisíc korun. My se tento pohon pokoušeli sestavit za cenu méně než poloviční. Námí vyráběný pohon by měl mít dojezd čtyřicet až padesát kilometrů a vážit něco okolo patnácti kilogramů.

Doufáme, že to Štěpánovi skutečně pomůže a usnadní jeho pohyb.

## 2 Historie a přehled pohonů pro invalidní vozíky

### 2.1 Historie

Nejstarším doposud doloženým záznamem o spojení kol a židle je rytina kolečkového křesla na čínské kamenné rakvi z 6. století. Další zmínka o jakémsi invalidním vozíku je datována o mnoho století později, přesně až na rok 1533. To řečtí a římské lékaři používali pojízdnou židli k projížděním a přemístování nemocných a tělesně postižených. Už tehdy byl také kladen důraz na snižování hmotnosti vozíku. Důkazem toho například bylo v druhé polovině 19. století nahrazení robustních dřevěných kol za lehčí kovová s drátovým výpletem, která měla ráfek osazen gumovými pneumatikami.[\[1\]](#)

Velký přelom ve vývoji vozíků nastal v roce 1932. Tenkrát inženýr Harry Jennings sestavil pro svého ochrnutého přítele Herberta Everesta vozík s lehkou kovovou konstrukcí, který se dal snadno přenášet, ale i pohodlně složit. Osu velkého kola přesunul vůči těžišti dozadu a přidal možnost výškového nastavení. K zadnímu kolečku přidal druhé a celou konstrukci pojistil mechanickými brzdami.[\[2\]](#)

V roce 1940 začínají oba přátelé dodávat vozíky postiženým veteránům z druhé světové války prostřednictvím veřejných zakázek. Rozpoznali komerční potenciál vynálezu a stali se prvními velkými výrobci invalidních vozíků s názvem "Everest and Jennings". Vymysleli podpěru ve tvaru X, a toto designové řešení skládacího vozíku firmy Everest and Jennings tvoří dodnes nepřekonaný základ konstrukce většiny běžných mechanických vozíků.[\[2\]](#)

První motorový vozík se začal vyvíjet během druhé světové války. V čele výzkumu vozíku stál Dr. George Klein. Pod jeho vedením se rodí první prototypy univerzálně použitelného elektrického vozíku pro invalidy. Jejich základem je běžná konstrukce mechanického vozíku, ke kterému je připojen elektromotor napájený pomocí automobilové baterie. Ačkoliv toto řešení nebylo zdaleka dokonalé, ukázalo se jako dobrý základ pro další vylepšování motorizovaného pohybu vozíčkářů.[\[2\]](#)



Obrázek 1: První motorový vozík.[\[5\]](#)

Úspěch tohoto vozíku se okamžitě přenesl do Spojených států, kde se své šance ihned chopila již zmiňovaná firma Everest and Jennings a vyrobila první model vozíku se dvěma rychlostmi, ovládaný speciálním joystickem. Zatáčení a řazení bylo ale z dnešního pohledu značně nevyhovující, proto se firma začala opět zaměřovat na mechanické vozíky.[\[2\]](#)

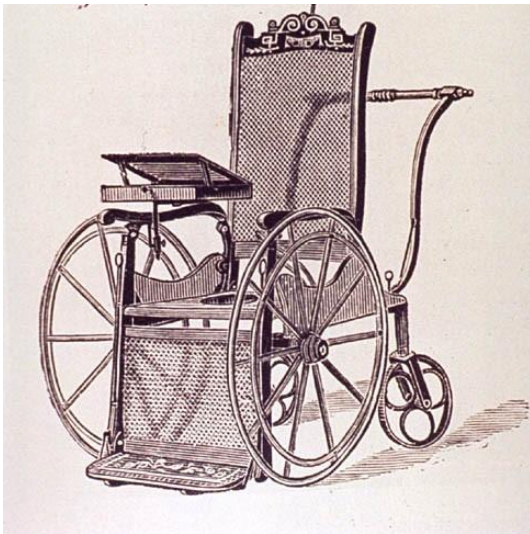
## 2.2 Rozdělení invalidních vozíků

Invalidní vozíky se dodávají v široké škále formátů, aby vyhovovali specifickým potřebám jejich uživatelů. Mohou zahrnovat speciální úpravy sedadel, individualizované ovládání a mohou být specifické pro konkrétní činnosti, můžeme vidět třeba u invalidních vozíků upravených ke sportu či u plážových invalidních vozíků.

Nejrozšířenější dělení invalidních vozíků je však podle pohonu.

- Mechanické invalidní vozíky

Tyto vozíky jsou uváděny do pohybu buď manuální silou samotného uživatele, nebo jsou tlačeny druhou osobou. Vozík je tvořen většinou jednoduchou trubkovou konstrukcí, na které jsou uchyceny veškeré potřebné komponenty, jako kola, sedák, opěradlo, podnožky či područky a další příslušenství. Konstrukce vozíku bývá řešena tak, aby mohl být snadno složen a při převozu či skladování zabíral co nejméně místa. Zadní kola jsou větší v porovnání s předními a jsou uchycena na rámu letmo. Přední kolečka jsou uložena ve vidlicích, které jsou otočné kolem své osy o 360°, to zajišťuje vozíku jeho snadnou ovladatelnost a manévrování.



Obrázek 3: Dřívější invalidní mechanický vozík s velkými koly v předu.[\[5\]](#)



Obrázek 2: Dnešní mechanický invalidní vozík.[\[6\]](#)

- Elektrické invalidní vozíky

Jsou invalidní vozíky, které navíc obsahují baterii a elektromotor zabudovaný do rámu vozíku. Je ovládán buď uživatelem nebo obsluhou nejčastěji pomocí malého joysticku namontovaného na loketní opěrice nebo na horní zadní části rámu vozíku.

Z konstrukčního hlediska lze elektrický vozík rozdělit na mechanickou a elektrickou část. Do mechanické části můžeme zařadit nosný rám a veškeré prvky na něm, jako je třeba sedadlo, kola atd. Elektrická část je kompletní systém starající se o pohon vozíku. Obsahuje pohonnou jednotku (motor), Řídicí systém (joystick) a baterii.



Obrázek 4: Elektrický invalidní vozík s joystickem.[7]



Obrázek 5: Joystick pro elektrický invalidní vozík.[8]

## 2.3 Technologický vývoj

Technologické pokroky pomalu zlepšují technologii jak mechanických invalidních vozíků, tak i těch elektrických.

VARIANTOU mechanicky poháněného vozíku je invalidní vozík Leveraged Freedom Chair, tento invalidní vozík je navržen tak, aby byl levný a vyrobený z místních materiálů pro uživatele v rozvojových zemích. Technické úpravy přidaly ručně ovládané páky, které umožňují pohyb vozíku po nerovném terénu jako jsou hrbolaté polní cesty, které jsou v rozvojových zemích běžné.[3]



Obrázek 6: Vozík Leveraged freedom chair.[\[9\]](#)

Dalším vývojem souvisejícím s invalidními vozíky je ruční kolo. Vynalezl ho norimberský novinář Stephan Farffler a je široce považován za první invalidní vozík s vlastním pohonem.



Obrázek 7: První ruční kolo.[\[10\]](#)

Nyní už se vyrábějí v různých podobách, od silničních či závodních až po terénní modely po vzoru horských kol.



Obrázek 8: Silniční ruční kolo.[\[11\]](#)



Obrázek 9: Horské ruční kolo.[\[12\]](#)

Zatímco jsou vyráběny tyto speciální ruční kola, jsou k dispozici také verze clip-on. Jediným rozdílem od ručních kol je že přední vidlice s ručními pedály je přídatná, obvykle je připevněná k držáku u stupaček. Tyto přídatné verze se vyrábějí i s hybridním pohonem, kde se šlape ručně, ale používá se spolu s elektrickým motorem, který pomáhá v kopcích a na velké vzdálenosti.



Obrázek 10: Přídatná vidlice s pedály připevněná k invalidnímu vozíku.[\[13\]](#)



Tímto se dostáváme až k verzi pohonu, který nás inspiroval a vybrali jsme si ho pro náš projekt. Je to výrobek od firmy HURT-E a je velmi podobný jako verze již zmiňovaného ručního kola clip-on s přídatnou přední vidlicí. Rozdílem je že tento pohon už je plně elektrický. Tato přídatná zařízení využívají lithium-iontovou baterii, bezkomutátorový stejnosměrný elektromotor a rám snadno připojitelný pro přeměnu téměř jakéhokoli mechanického invalidního vozíku na elektrickou tříkolku během několika vteřin.



Obrázek 11: Plně elektrický přídatný pohon připojený k invalidnímu vozíku.[\[14\]](#)

### 3 Model invalidního vozíku ve 3D

Invalidní vozíky se dělí do několika skupin. Základní rozdělení z hlediska pohonu jsou: poháněné lidskou silou (tzv. mechanické) a elektrické. Z hlediska konstrukce se dělí na skládací a pevné.

V našem případě se jedná o mechanický, pevný invalidní vozík české firmy Otto Bock. Tento vozík má ideální konstrukci, která je vhodná pro výrobu přídatného pohonu. Mezi největší bonus této konstrukce patří střední příčka (trubka), která spojuje obě boční trubky vozíku. Tato příčná trubka nám v pozdější fázi konstrukce bude sloužit jako jeden ze tří bodů uchycení pohonu k vozíku.

#### 3.1 Modelování

Modelování započalo zapůjčením Štěpánova vozíku, který jsme si celý důkladně odměřili, abychom mohli sestavit model ve 3D. Celá konstrukce není nikterak složitá na modelování, takže modelování mohlo probíhat hladce. Celkový čas strávený během tvorby sestavy vozíku se pohybuje okolo osmi hodin. Osm hodin se může zdát poměrně hodně na tak jednoduchou konstrukci, ale do těch osmi hodin spadá i všechno měření na vozíků a také tvorba papírových 2D a 3D náčrtů.

Modelování probíhalo v CAD softwaru Inventor Profesionál od firmy Autodesk, s níž má naše škola dlouhodobé partnerské vztahy.



Obrázek 13: Skládací invalidní vozík [\[16\]](#)



Obrázek 12: Pevný invalidní vozík [\[17\]](#)

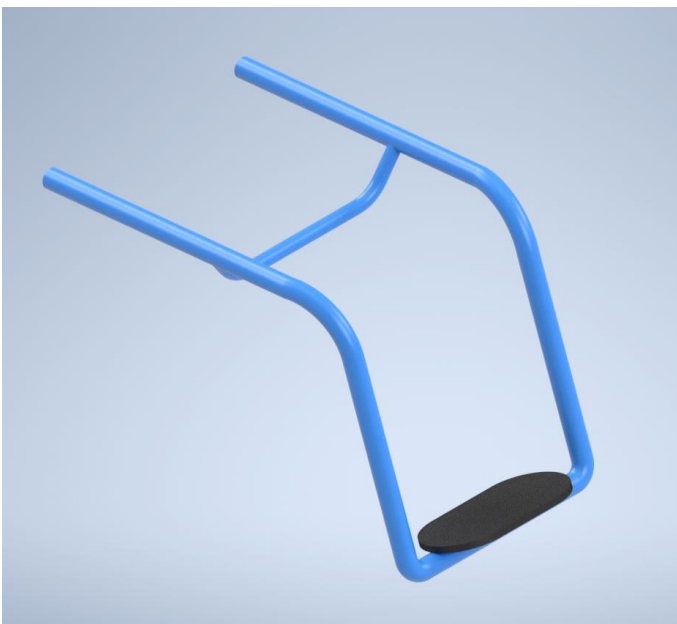
### 3.2 Ukázka 3D modelů:



Obrázek 14: Sestava pohonu - pohled zprava



Obrázek 15: Sestava vozíku - pohled zepředu



Obrázek 16: Model rámu



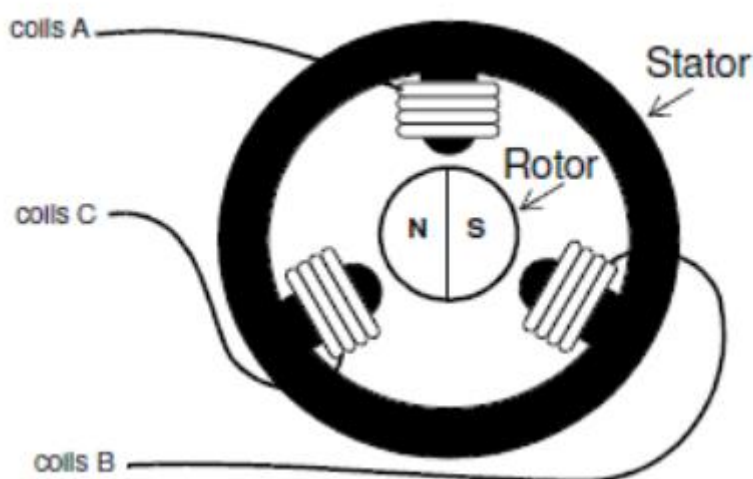
Obrázek 17: Vidlice předního kola vozíku

## 4 Návrh elektropohonu

Při návrhu elektropohonu jsme brali v úvahu hlavně výběr vhodného elektromotoru, ovládání pohonu a akumulátoru, který bude snadno odnímatelný, aby se mohl nabíjet nebo úplně vyměnit. To všechno je přichyceno na speciálně vyrobený rám, který se snadno připojí k invalidnímu vozíku.

### 4.1 Návrh BLDC motoru

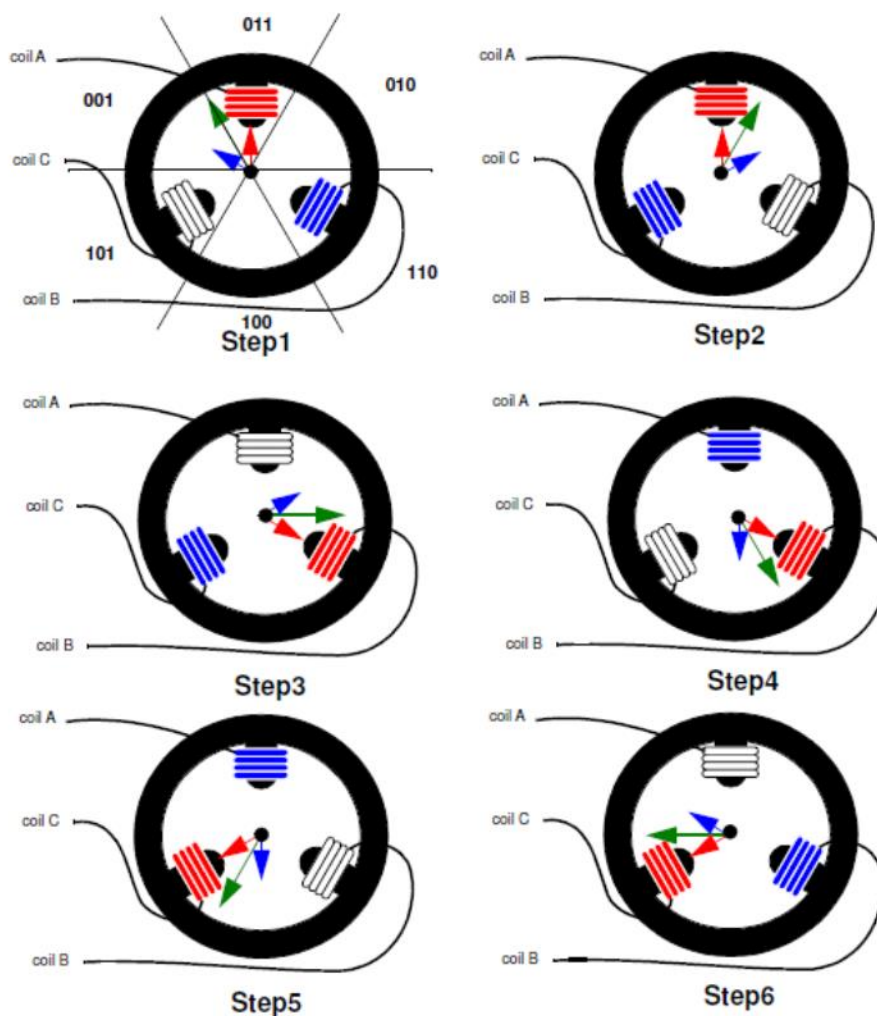
Při řešení výběru elektromotoru jsme jako nejvhodnější možnost zvolili BLDC (Brushless Direct-Current) neboli bezkartáčový stejnosměrný synchronní motor zabudovaný v kole s napájecím napětím 48V. Tyto motory se totiž již běžně používají při výrobě elektrokoloběžek či elektrokol. BLDC motory nevyužívají pro komutaci kartáče, ale místo toho je komutace realizována elektronicky (speciální regulátor přizpůsobený pro práci s BLDC motory řídí a spíná napájení na dalších vinutích statorů tak, aby vytvořil plynulý, rotující pohyb elektromagnetického pole, které je následováno rotorem, na němž jsou umístěny permanentní magnety) díky čemuž motory dosahují výrazně delší životnosti, vyšší účinnosti, spolehlivosti a téměř lineárního točivého momentu ve velkém rozsahu otáček. Elektronickou komutaci BLDC motoru je potřeba vyhodnocovat v řídicí jednotce (kontroleru). Tuto řídicí jednotku jsme pořídili přímo s elektromotorem, tudíž jsme nemuseli řešit potíže týkající se kompatibility apod. Absence kartáčů a komutátoru u BLDC motorů znamená také menší hmotnost, což při výběru elektromotoru hrálo velkou roli. Dále je důležité vědět, že BLDC motory mohou mít různý počet fází. Existují jednofázové, dvoufázové a třífázové BLDC motory, To odpovídá typu statoru, který má stejný počet vinutí. Čím je počet fází vyšší, tím je větší výkon a účinnost motoru a tím tišší je jeho chod díky plynulejšímu přepínání vinutí, které způsobuje menší vibrace konstrukce.[4] Pro náš elektropohon jsme zvolili motor třífázový.



Obrázek 18: BLCD motor s třemi fázemi.[15]

## 4.2 Řízení bezkartáčového motoru

Řídicí systém BLDC motorů se velmi často vyskytuje v podobě řízení se zpětnou vazbou. Elektronický senzor, nejčastěji v podobě Hallova senzoru, kontroluje aktuální úhlovou polohu rotoru, takže regulátor dostává informace o tom, jak přepínat další vinutí, aby bylo dosaženo co nejplynulejšího a nejstabilnějšího rotačního pohybu hřídele. Přizpůsobení fáze a amplitudy stejnosměrných impulzů regulátorem umožňuje řídit rychlost otáčení a moment, který se vyskytne na hřídeli. Existují také řešení, která nemají senzory úhlové polohy rotoru. V takovém případě se používá signál „Back EMF“ (angl. Back Electromotive Force), který je generován rotujícími magnety připojenými k rotoru. Napětí indukované na každé z cívek je porovnáváno s centrálním napětím, které se vyskytuje v bodě připojení všech tří vinutí (v případě, že jsou zapojeny do hvězdy). Tyto signály jsou zesíleny a odeslány do systému detekce polohy rotoru a jejich průběhy jsou posunuty vzhledem k sobě o  $120^\circ$ . Problémem při použití takového řešení je okamžik startu, tj. okamžik nastartování motoru, protože tyto signály ještě nejsou generovány a poloha rotoru není známa.[4]



Obrázek 19: Rotační oblasti třífázového BLCD motoru.[15]

## 4.3 Výhody a nevýhody BLDC motorů

Výhody oproti klasickým DC motorům:

- Nízká hmotnost
- Nižší nároky na údržbu
- Vyšší výstupní výkon
- Větší životnost

Nevýhody:

- Vyšší pořizovací cena
- Větší nároky na řízení

## 4.4 Návrh akumulátoru

První návrh akumulátoru byl akumulátor, který se uloží do konstrukce pohonu. Bylo by to pro nás výhodné z hlediska prostoru na přední části pohonu, z hlediska hmotnostního, ale i z cenového. Tento akumulátor by totiž vážil cca 2 kilogramy a stál málo přes 5 tisíc korun. Nevýhodou pro nás bylo řešení nabíjení. Tento akumulátor by se totiž musel nabíjet v konstrukci.



Obrázek 21: Původní návrh baterie do rámu

Druhý návrh a také finální byl akumulátor rámový. To znamená že je uložený na přední části konstrukce pohonu. Tato baterie je o něco těžší než ta z prvního návrhu, ale to je pro nás nakonec výhodou, jelikož to pomáhá zatížit kolečko, aby neprokluzovalo. Váží 4,2 kilogramů. Z cenového hlediska je výrazně dražší a vyjde na cca 10 tisíc korun. Akumulátor je snadno odnímatelný z držáku, takže se dá nabíjet někde mimo konstrukci pohonu.



Obrázek 22: Zvolená baterie s přichycením na rám

## 4.5 Výhody a nevýhody baterie EVBIKE

Výhody:

- Relativně nízká hmotnost
- Velký dojezd
- Snadně odnímatelná
- Bezpečnostní zámek
- Možnost rychlonabíjení

Nevýhody:

- Vysoká cena
- Velké rozměry

## 4.6 Návrh ovládání pohonu

Ovládání pohonu bylo řešeno z individuálních důvodů přímo se Štěpánem. Řešili jsem jakou rukou a jakým pohybem by nejlépe zvládl ovládat plyn pohonu, a to samé platí i u brzd. Plyn pohonu jsem nakonec po domluvě zvolili na způsob akcelerační páčky, kterou jednoduše zvládne ovládat tak že páčku bude přitahovat k sobě. Plynový prvek navíc obsahuje displej, který zobrazuje rychlostní stupeň, který se dá měnit pomocí tlačítka MODE a při delším podržení tohoto tlačítka se dá zapnout i přidělané světlo. Dále obsahuje stav nabití baterie, rychlost a stav najetých kilometrů za celou dobu provozu. Dále zde najdeme tlačítko na vypnutí a zapnutí. Brzdové páčky jsme vyřešili tak že budou ovládané pomocí dlaní, tudíž jsou opačně nežli třeba u jízdního kola. Pro větší bezpečnost jsme se rozhodli na pohon přidělat brzdy dvě. Jednu mechanickou a druhou, rychlejší a pevnější, hydraulickou kotoučovou brzdou.



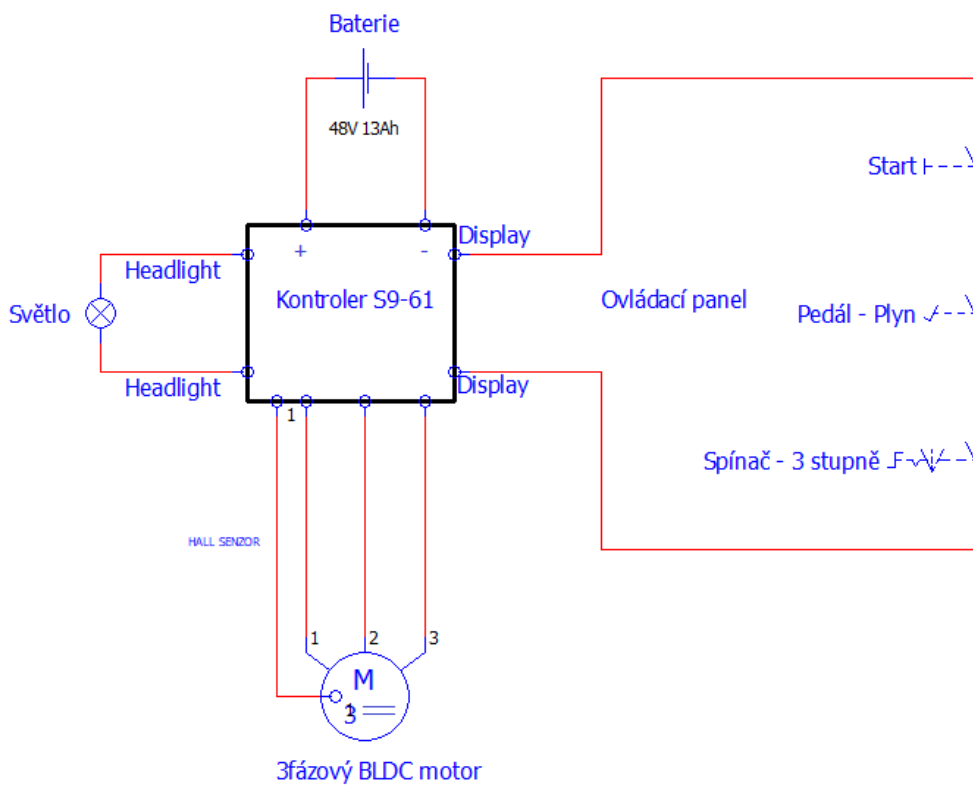
Obrázek 23: Ovládací prvek pohonu



Přizpůsobené brzdové páčky



Obrázek 24: Pohled na invalidní vozík s připojeným pohonem



Obrázek 25: Schéma zapojení hlavních komponent

## 5 Návrh konstrukce pohonu ve 3D

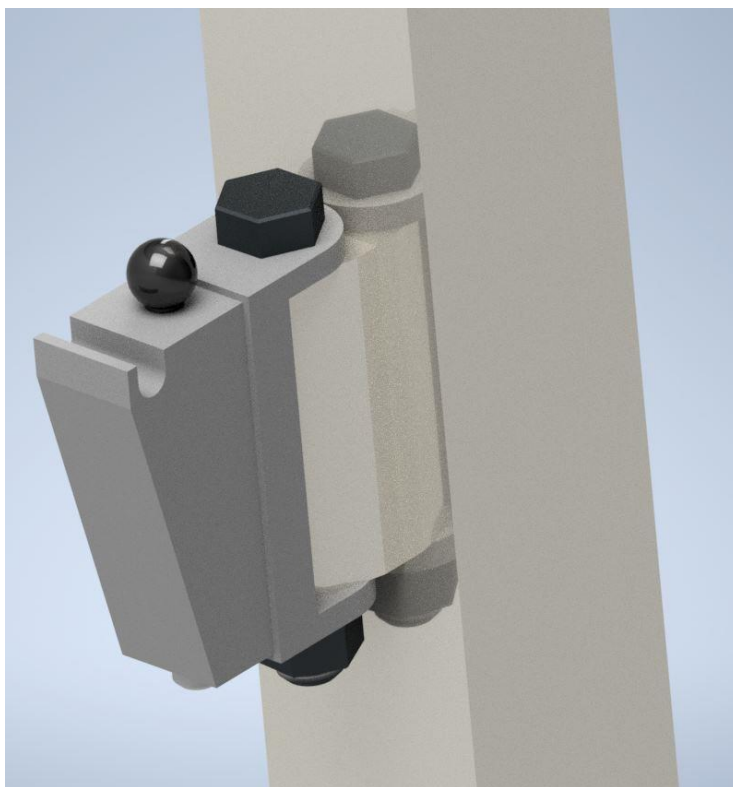
### 5.1 Návrhy provedení konstrukce

Když jsme měli celý vozík odměřený a vymodelovaný, tak jsme se mohli pustit do hlavního cíle, a to návrhu konstrukce elektrického pohonu ve 3D.

V první řadě jsme přemýšleli, jak vyrobit co nejjednodušší konstrukci, která by vážila okolo 15 kg (a to z důvodu manévrovatelnosti) a také aby byla jednoduše, bez pomoci druhé osoby, odnímatelná od vozíku.

#### 5.1.1 První návrh

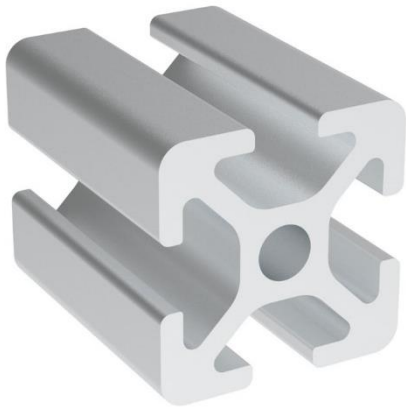
První návrh se skládal ze čtvercové duté tyče - (tzv: „jeklu“) 100x100x5, který měl sloužit jako samonosná konstrukce a zároveň i jako kryt pro baterii a veškerou elektro výzbroj vozíku. Společně s tímto návrhem bylo navrženo i kloubové řízení pohonu.



Obrázek 26: První návrh konstrukce a zároveň kloubového řízení

### 5.1.2 Druhý návrh

V druhém návrhu se jednalo o šroubovanou konstrukci z hliníkových profilů.



Obrázek 27: Hliníkový profil použit v druhém návrhu konstrukce [\[18\]](#)

### 5.1.3 Třetí návrh

Třetí návrh konstrukce se skládá ze dvou nerezových trubek  $\varnothing 45$  a  $\varnothing 30$  mm, které slouží jako nosná konstrukce a zároveň jako krk řízení. K vnější trubce je přišroubovaný nerezový plech, tvarem připomínající zploštělé písmeno „C“, sloužící jako držák baterie a elektroinstalace umístěné v plastovém boxu.



Obrázek 28: Třetí návrh konstrukce

## 5.2 Vyhodnocení návrhů

První návrh by se dal jistě použít, avšak je zde příliš velká podobnost české firmě Hurt-e, zabývající se výrobou přídatných pohonů k invalidním vozíkům.

Druhý návrh z důvodů malé tuhosti konstrukce a neelegantnosti provedení byl rovněž zavržen.

Třetí návrh v sobě kloubí jednoduchost a elegantnost provedení, kterou potřebujeme, proto jsme jej zvolili.

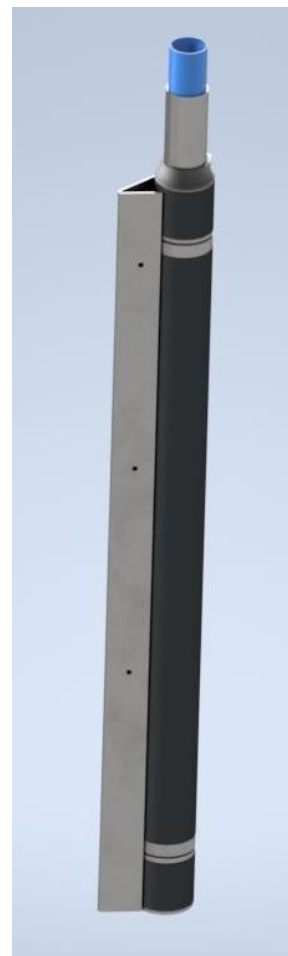
## 5.3 Model celé konstrukce

### 5.3.1 Konstrukce

Jak již z třetího návrhu vyplývá, konstrukce (rám) se skládá ze dvou trubek  $\varnothing 45$  a  $\varnothing 30$  mm, které slouží jako rám pro ostatní komponenty, upevněné šroubovými, lisovanými, nebo materiálovými spoji.



Obrázek 29: Finální návrh konstrukce zepředu



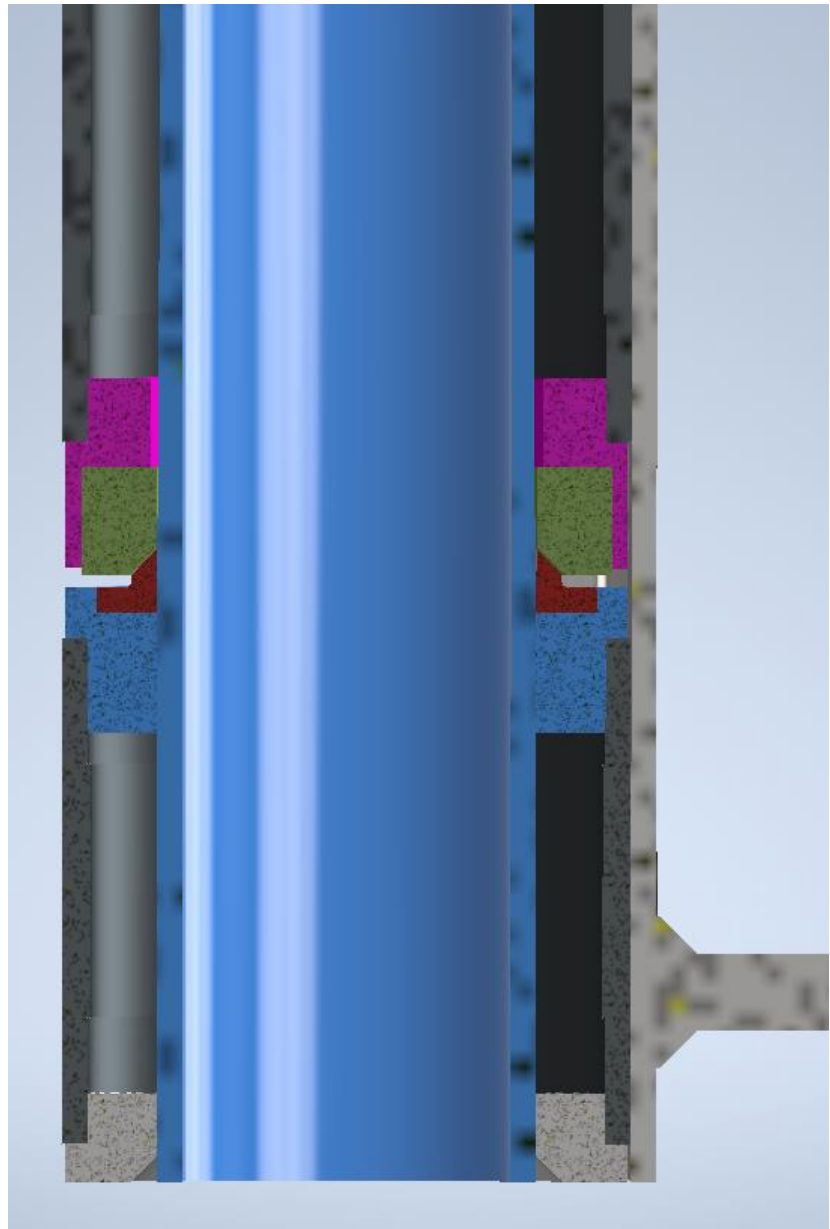
Obrázek 30: Finální návrh konstrukce zezadu

### 5.3.2 Řízení

Řízení je zde řešeno podobným způsobem jako řízení u jízdního kola. Trubka o  $\varnothing 45-490$  mm; a dvě trubky  $\varnothing 45-40$  mm slouží stejně jako u jízdního kola jako krk řízení. Na obou koncích trubky  $\varnothing 45-490$  mm jsou nalisovány ložiskové domečky, v kterých jsou nalisovány ložiska s kosoúhlým stykem. Touto trubkou prochází samotná trubka řízení  $\varnothing 30-715$  mm uložená v ložiscích, která je z jedné strany přivařená k vidlici řízení a z druhé strany je zde pomocí svěrného spoje přišroubovaný představec řízení.



Obrázek 32: Řez krkem řízení



Obrázek 31: Detail řezu

Viz. Výkresová dokumentace: DPMZ – 4.A - 36

### 5.3.3 Vidlice řízení

Vidlice řízení je pevná, nemá tudíž žádné tlumiče. Jedná se o 100 mm široký pás nerezové oceli o tloušťce 3 mm, který je ohnutý do tvaru vidlice. Na vidlici jsou vyfrézovány drážky pro osičku elektromotoru, pro podložky zajišťující fixní polohu elektromotoru vůči vidlici a také jsou na vidlici vyfrézovaná osazení, která slouží jako opěrný bod držáku třmenů hydraulických brzd.



Obrázek 33: Vidlice řízení Viz. Výkresová dokumentace: DPMZ – 4.A - 15

### 5.3.4 Elektromotor, brzda

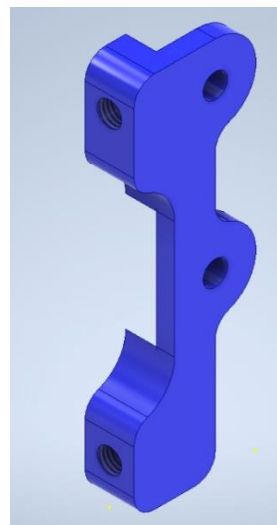
Elektromotor o výkonu 500 W je součástí kola o průměr 200 mm, dohromady tak tedy tvoří jeden díl.



Obrázek 35: Elektromotor



Obrázek 36: Brzdový kotouč



Obrázek 34: Držák brzdových třmenů

Brzda se skládá ze 140 mm brzdového kotouče a dvou třmenů značky Shimano. Jeden třmen je hydraulický a druhý mechanický. Jedná se o zakoupené díly, až na držáky brzdových třmenů, které byly vyráběny metodou CNC obrábění.

### 5.3.5 Řídítka

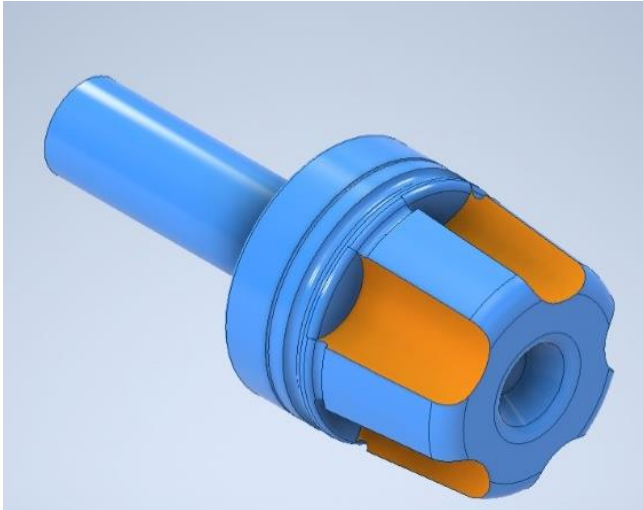
Řídítka se skládají ze tří trubek a dvou domečků s pružinami, díky kterým se dají řídítka rozkládat a skládat. Na řídítkách jsou nasazeny blinky, gripy, představec a také ovladač elektromotoru. Rovněž se jedná o zakoupené díly.



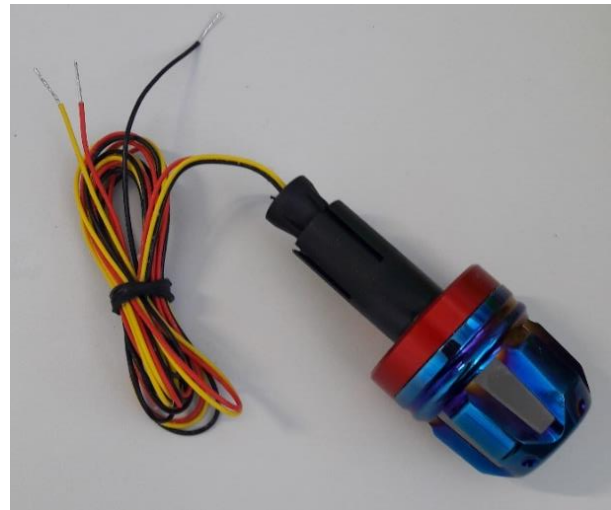
Obrázek 38: Přední světlomet



Obrázek 37: Skládací řídítka



Obrázek 40: Model Blinkrů



Obrázek 39: Blinkr



Obrázek 41: Model říditek



Obrázek 42: Model ovladače

### 5.3.6 Baterie, kontroler a jeho kryt

Největším a nejtěžším dílem celého pohonu je akumulátorová baterie značky EVBIKE, která se standardně montuje na elektrokola. Baterie o kapacitě 13Ah s udávaným dojezdem až 140 km je vhodná volba pro naše potřeby.

Baterie je na pohon přidělána pomocí držáku, do kterého se vsuvným pohybem shora zacvakne. Díky snadné odnímatelnosti lze baterii vyjmout a bez problému jí přenést na nabíječku, nemusí se tím pádem řešit problém dlouhých nabíjecích kabelů. Další z výhod odnímatelné baterie je snadnější manipulovatelnost. Když odděláme baterii, snížíme hmotnost celého pohonu přibližně o 4 - 5kg, což je velká výhoda pro osobu na vozíku, například při nakládání pohonu do zavazadlového prostoru automobilu.

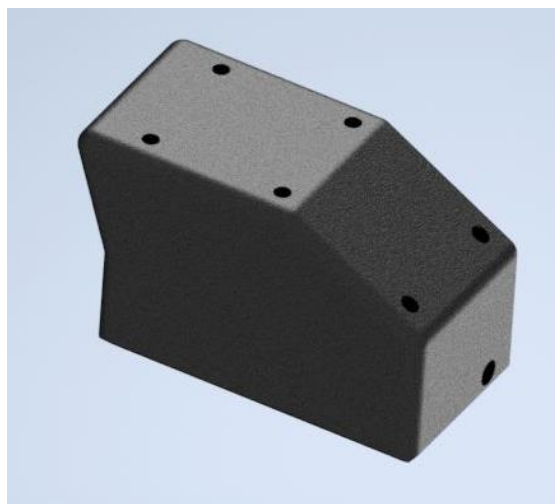
Dalším nezbytným dílem pro chod elektromotoru je kontroler, i zde se jedná o zakopený díl.



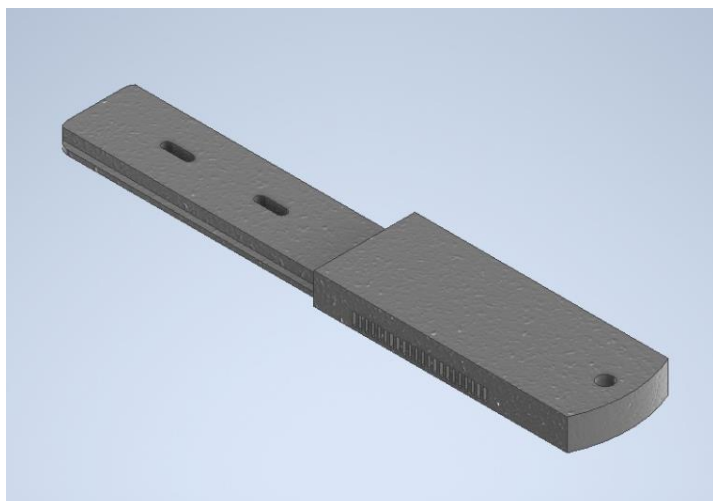
Kontroler má předepsanou určitou voděodolnost, ale z důvodu lepšího zakrytí a lepší vizuální podoby jsme vymodelovali i kryt.



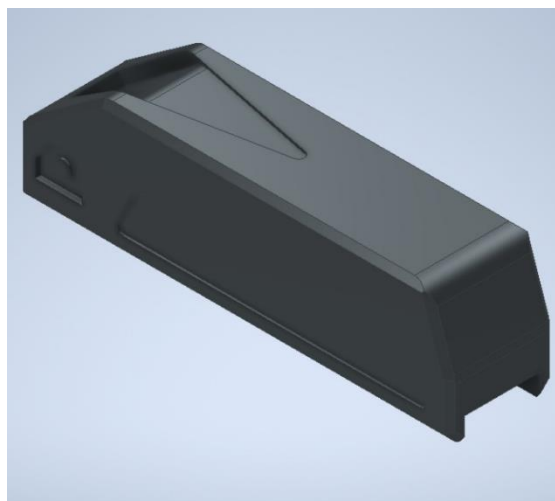
Obrázek 44: Kontrolér



Obrázek 43: Sestava krytu kontroléru



Obrázek 46: Držák baterie



Obrázek 45: Baterie

### 5.3.7 Sestava elektro pohonu

Po sestavení výše uvedených dílů a přidáním normovaných zde neuvedených dílů, nám vzniká sestava elektro pohonu, skládající se z přibližně 161 dílů. O celkové hmotnosti okolo 18 kg, což přibližně splňuje náš stavovený hmotnostní cíl.



Obrázek 48: Model sestavy pohonu – zprava



Obrázek 47: Model sestavy pohonu– zleva

## 6 Výroba elektro pohonu

### 6.1 Vidlice

Před ohybem byla spočítaná délka potřebného polotovaru pro ohyb, která činila 385 mm. Polotovar byl uříznut a pomocí CNC (Finetech SMV-1060-H3L) byly vyfrézovány drážky pro uchycení osičky elektromotoru a také drážky pro pojistné podložky. Na vyfrézovaný polotovar se naznačila místa ohybu a pomocí ohýbačky se plech ohnul o 90° plus odpružení.

Na vidlici jsou z jedné strany vyříznuty držáky pro umístění držáků brzdových třmenů a na druhé straně je vybroušené zaoblení.

## 6.2 Řízení

Nerezové trubky zajišťující řízení byly nařezány na požadované rozměry s přídávkem na zarovnání čel:

Tr. Ø 45 – 515 mm (1x)

Tr. Ø 45 – 40 mm (2x)

Tr. Ø 30 – 715 mm (1x)

Jelikož se námi použitá ložiska běžně používají na jízdních kolech, kde se rozměry uvádějí v palcích, bylo potřeba jeden konec trubky ø 30 mm osoustružit na ø 28,6 mm (což odpovídá 1<sup>1/8</sup> palce) v délce 200 mm. Dále se trubka osoustružila na průměr 29,7 mm v délce 663 mm z důvodu lepšího nasazení spodního ložiska. Tato trubka následně přišla přivařit k vidlici řízení společně s vymezovacím kroužkem pro trubku ø 45–40 mm

Na zbylých trubkách se na soustruhu zarovnala čela a kde bylo potřeba, tak se přesoustružil vnitřní průměr tak, aby zde vzniklo 10mm osazení o ø41 H7.

Dále byly zhotoveny opěrné podložky a ložiskové domečky, v nichž jsou nalisována ložiska. Tyto domečky jsou z obou stran zalisovány v trubce ø 45–490 mm. Opěrné podložky sloužící pro opěření vnitřních kroužků ložisek a jsou zalisovány v trubkách ø 45–40 mm



Metoda svaření :WIG (TIG)

Přídavný drát: AISIS 304L

Obrázek 49: Svarek vidlice a trubky ø 30 mm



Obrázek 51: Soustružení oběžného kroužku



Obrázek 50: Ložisko zalisované v ložiskovém domečku

Když byly všechny trubky, ložiskové domečky a podložky vysoustruženy, tak se mohlo celé řízení složit. Po složení následovalo zkušební osazení elektromotorem a představcem.

Celý krk řízení je vyroben z nerez, nebo plastu, tudíž nepotřebuje žádnou povrchovou úpravu.



Obrázek 54: Sestava krku řízení



Obrázek 53: zkušební osazení elektromotoru

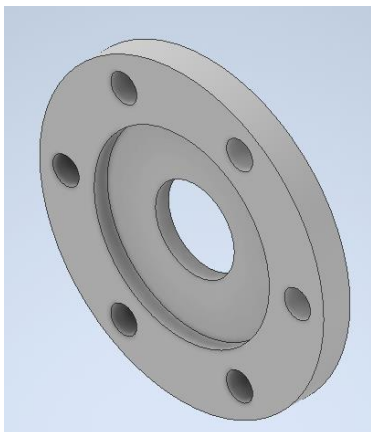


Obrázek 52: Detail uchycení elektromotoru

## 6.3 Kryt řízení

Kryt řízení připomínající písmeno „C“ byl ohnut z 2mm nerezového pásu plechu o rozměrech 150x600 mm. Po ohnutí byly do plechu vyvrtány díry pro uchycení plechu ke krku řízení, byly vyfrézovány drážky a vyvrtány díry sloužící jako průvlaky pro kabelové svazky. Dále byli k přední straně plechu přivařeny šrouby M5 a M6 a čepy sloužící pro uchytení držáku baterie a kontroleru.

## 6.4 Brzdy a držáky brzdových třmenů



Obrázek 55: Vymezovací podložka brzdového kotouče

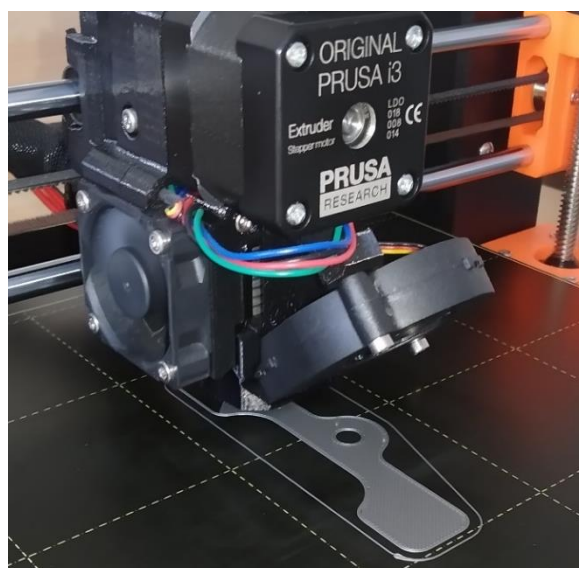
Brzdový 140 mm kotouč, byl zakoupen společně s elektromotorem. Kotouč je k elektromotoru přišroubován pomocí šestice M6 šroubů. V seriobé poloze se kotouč nachází příliš daleko od pravé stěny vidlice, tím pádem na něj nedosáhnou brzdové třmeny. Tento problém jsme vyřešili jednoduchou 5 mm vymezovací podložkou.



Obrázek 56: Odkaz na video z 3D tisku



Obrázek 58: Hotový výtisk držáku brzdového třmenu



Obrázek 57: Průběh tisku na 3D tiskárně

O brždění se mimo kotouč stará i dvojice brzdových třmenů značky Shimano. Dvojice těchto třmenů je k vidlici přišroubována pomocí držáku, které jsme navrhli podle tvaru brzdových třmenů. Pro snadnější realizaci a ověření toho zda je naše myšlnka tvaru správná jsme využili metodu 3D tisku, pomocí které jsme vytisknuli držáky třmenů a následně je zkusili nasadit na vidlici.

Touto metodou jsme si ověřili správnost naší myšlenky a nic nám nebránilo v tom, zhotovit finální verzi těchto držáků z duralu a nerezi.

## 6.5 Kryt kontroleru

Kryt kontroleru se nachází na přední straně řízení hned pod baterií. Jeho tvar byl navržen tak, aby tvarově kopíroval spodní stranu baterie a nepřesahoval její šíři a výši. Kryt se skládá ze dvou částí - (spodní část s otvory pro vstupy a výstupy kabeláže a horní část, která slouží jako víko). Obě tyto poloviny jsou spojeny pomocí šestice šroubů. Vodotěsnost je zajištěna pomocí gumových krků na výstupech kabelů a v dělicí rovině je zhotovena tvarová podrobnost, do níž přijde zasadit gumové těsnění. Pro zlepšení odolnosti povrchu plasového krytu proti UV záření a jiným okolním vlivům je jeho povrch nastříkán černou, lesklou barvou na plasty.

## 6.6 Ostatní díly

Baterie a její držák, elektromotor, kontroler, ovladač, řídítka, světlo, blinkry, brzdové třmeny atd... jsou zakoupené díly.

## 6.7 Sestavení dílů



Obrázek 60: Sestava pohonu - 1



Obrázek 59: Sestava pohonu - 2

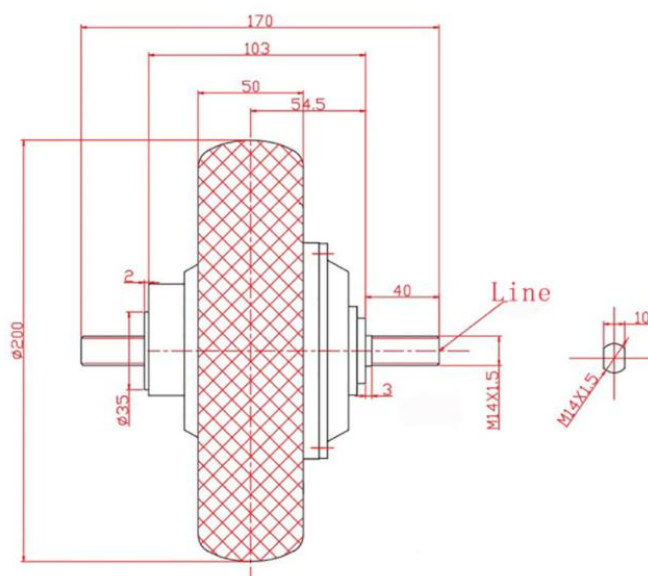
## 7 stavba elektro pohonu

### 7.1 Hlavní komponenty

#### 7.1.1 Elektromotor

– Elektromotor je stroj měnící energii elektrickou na energii mechanickou. Elektromotor je pro pohon vozidel využíván pro své výhody: zejména vhodný průběh výkonové a momentové křivky, a nulové emise během pracovního cyklu. Elektromotorů je dnes na trhu několik druhů, které se vzájemně liší konstrukcí i svými parametry. My jsme se rozhodli pro elektromotor s těmito parametry, také pro snadnou mobilitu je motor přímo součástí kola.

- 8palcový, třífázový bezkartáčový motor
- výkon: 500 W při 48 V
- maximální točivý moment 20 Nm
- rychlost otáček 250–1000 ot. /min
- hmotnost cca 4 kg
- cena cca 9500 Kč



Obrázek 61: Nákres elektromotoru



Obrázek 63: Vybraný elektromotor – 1. pohled



Obrázek 62: Vybraný elektromotor – 2. pohled

Otáčky motoru uvedené výrobcem byly uváděny od 250–1000 ot. /min. Jelikož se nám motor točí na dvě strany (záleží na způsobu zapojení) museli jsme přeměřit při kterém směru bude mít motor více otáček. Měření jsme prováděli ve školní laboratoři pomocí bezkontaktního otáčkoměru UNI-T UT372. Po tomto měření jsme tedy určili správný směr otáčení a přeměřili hodnoty uváděné výrobcem které byly téměř shodné.



Obrázek 65: Měření otáček, směr dopředu



Obrázek 64: Měření otáček, směr dozadu

## 7.1.2 Akumulátor

je technické zařízení na opakované uchování energie, většinou elektrické pro pohon elektrických vozidel a pohonů jsou používány elektrické akumulátory, které jsou složeny ze sekundárních článků. Sekundární článek je potřeba nejprve nabít a až poté je možné jej začít

Interval odstavení baterie	Uskladnění	Nabíjení
1 – 48 hodin	Baterie mohou ponechat v držáku na jízdním kole, které je v suchém prostředí s pokojovou teplotou	dobijím na 100 %
2 – 7 dnů	Baterii uskladňuji v suchém prostředí s pokojovou teplotou	dobijím na 100 %
7 a více dnů	Baterii uskladňuji v suchém prostředí s pokojovou teplotou	dobijím na 75 % a každých 30 dnů kontroluji stav nabití

Obrázek 66: Tabulka správného používání baterie

používat jako zdroj energie. Pro volbu akumulátoru je potřeba posoudit klíčové informace a vlastnosti, jako například – výstupní napětí, kapacita, životnost a jiné. pokud se pohon nebude využívat déle jak 48 hodin je potřeba vyjmout baterii dobít ji a uskladnit na suchém



místě s pokojovou teplotou, při správném skladování by baterii nemělo být ubráno na životnosti

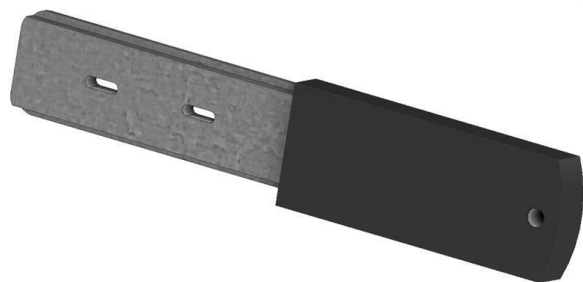
### Akumulátor lithium-ion

Anoda je vyrobena z uhlíku, katoda je oxid kovu a elektrolyt je lithiová sůl v organickém rozpouštědle. Napětí článku se pohybuje mezi 3–4 volty. Životnost až 1000 cyklů. Jedna z hlavních nevýhod vysoká cena.

- nominální napětí 36 V
- nominální kapacita – 13 Ah/ 468 Wh
- počet článků – 50
- vybíjecí proud 15 A
- nabíjecí napětí 42 V
- nabíjecí proud 2 A/ 5 A
- minimální napětí (ochrana) 29 V
- počet cyklů <800
- složení článků – lithium li-ion
- hmotnost cca 3,4 kg
- cena cca 9000 Kč



Obrázek 67: 3D model baterie



Obrázek 68: 3D model držáku baterie

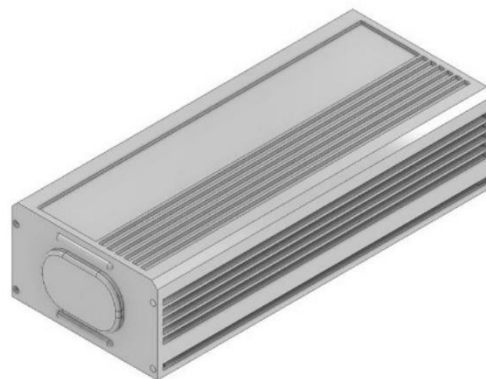


Obrázek 69: Zakoupená baterie

### 7.1.3 Řídicí jednotka

– řídicí jednotka nastavuje rychlost motoru. Elektropohon má jednu řídicí jednotku pro jeden motor v předním kole.

- provozní napětí 36 V
- ochrana proti překročení proudu 11 A
- tři stupně rychlosti
- krytí IP54



Obrázek 70: 3D model kontroléru

### 7.1.4 Nabíjecí zařízení akumulátoru

- Vstupní napětí AC 200–264 V
- výstupní napětí 54,6 V
- nabíjecí proud 2 A
- hmotnost 0,66 kg
- cena cca 1000 Kč



Obrázek 71: Zakoupený kontrolér



Obrázek 72. Nabíječka baterie

### 7.1.5 Ovládací panel

– pro ovládání stupňů rychlosti a indikace stavu baterie je elektropohon vybaven ovládacím panelem který je umístěn na řídkách. Panel také ovládá vypnutí a zapnutí. Řídí rychlosti motoru pomocí akceleračního prvku, ten je zde jako páčkový pro ovládání palcem.

- provozní napětí 36 V
- vypnutí/zapnutí
- tři stupně rychlosti
- indikace stavu baterie
- akcelerační prvek (pedál)



Obrázek 73: Ovládací panel

## 8 Návrh konstrukce upevnění pohonu k vozíku

### 8.1 Spojení vozíku a pohonu

Jedná se o setvu dílů, která bude zajišťovat spojení mezi samotným pohonem a vozíkem. Stejně jako u návrh konstrukce elektropohonu, tak i zde bylo několik porototypů, z nichž jsme po konzultaci s vozíčkářem Pavlem a Štěpánem zvolili ten nejvhodnější.

Všechny čtyři návrhy vycházeli principelně ze stejného základu. V podstatě se jednalo o tříbodový systém upevnění.

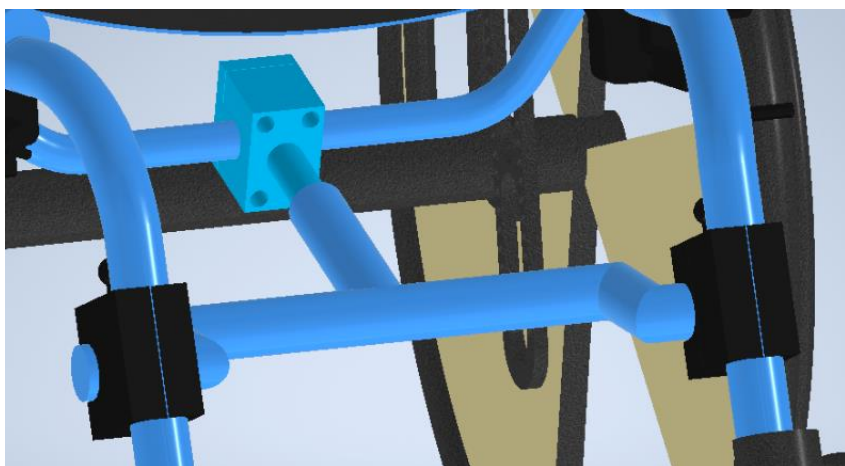
### 8.2 Proč právě tříbodový systém?

Tříbodový systém jsme volili z důvodu lepšího rozložení hmotnosti a vyšší tuhosti sestavy. Prvotní návrh byl sice dvoubodový podobný firmě e-HURT, ale tento návrh jsme zavrhlí, jednak z důvodu podobnosti, ale také z důvodu přílišného tvarového namáhání nosného kříže, který by spojoval vozík a pohon.

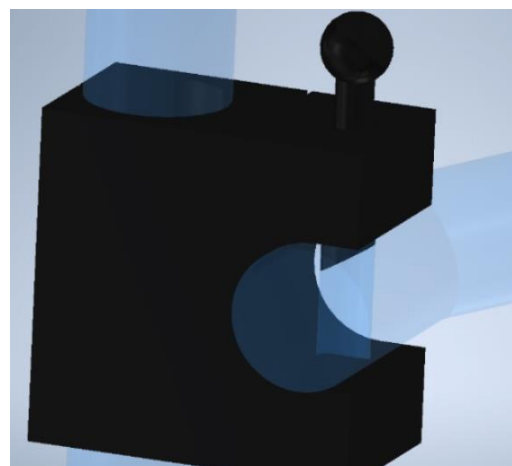
### 8.3 První návrh tříbodové konstrukce

První bod (modrá barva) se nachází na příčné trubce vozíku, jedná se o rozříznutý náboj, který je svěrně připevněn k příčné trubce. K sevření mělo dojít po utažení šroubů, sevření mělo být dostatečné, aby bylo schopno přenášet zatížení, ale také dost malé na to aby umožňovalo pohyb o pár stupňů směrem nahoru a dolů. Náboj má na své přední straně přivařenou tyč o  $\varnothing$  25 mm, na kterou se měla nasunout trubka  $\varnothing$  30mm se stěnou 5 mm nosného kříže.

Další dva body (černá barva) jsou svěrně přišroubovány k svislým trubkám vozíku a mají na sobě vyfrézované drážky tvaru písmene U, do kterých se zasadí příčná tyč kříže.



Obrázek 75: První návrh upevnění



Obrázek 74: Pravý a levý bod uchycení prvního návrhu

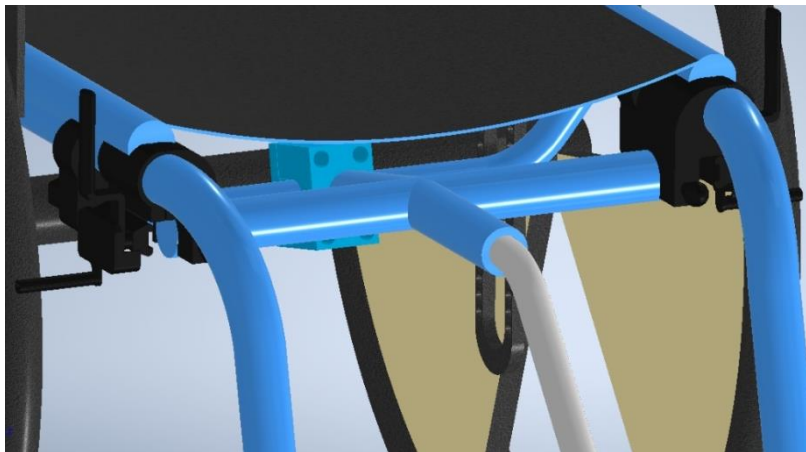
Spojení kříže s těmito dvěma body je řešeno vyvrtáním děr  $\varnothing 10$  mm do tyčí a zasazením pojistného čepu, kteý je součástí pružinového mechanismu nacházejícím se v konstrukci druhého a třetího bodu.

## 8.4 Druhý Návrh

Druhý návrh je konstrukcí podobný prvnímu návrhu, mění se zde pouze tvar, umístění druhého a třetího bodu a konstrukce kříže, ostatní zůstává stejné.

Kříž se zde skládá ze dvou trubek  $\varnothing 30$  mm s tloušťkou stěny 5 mm, které jsou navařeny na příčnou tyč  $\varnothing 30$  mm, která zapadá do uchycení.

Jedna trubka je nasunutá na tyč  $\varnothing 25$  prvního bodu a do druhé trubky je vevařena ohnutá tyč  $\varnothing 20$  mm, která má sloužit pro uchycení sestavy západky.



Obrázek 76: Druhý návrh upevnění

## 8.5 Třetí návrh

V třetím návrhu došlo k přepracování všech tří bodů. První bod, který se nachází na příčné trubce se podstatně zmenšil a zjednodušil. Došlo u něj i k otočení rozříznutí (v této poloze nebudou šrouby namáhány na ohyb). Zbylé dva body se rozměrově nezměnili, došlo u nich však k přepracování systému uchytení kříže. V tomto návrhu bude kříž v druhém a třetím bodě upevněn pomocí šroubů prošoubovaný na pevně, a společně s prvním bodem a křížem budou tvořit pevnou sestavu, která bude natrvalo připevněna k vozíku. První bod má na své přední straně vyfrézovaný hranol o rozměrech 36x36 mm. Na tento hranol přijde nasunout nerezový jekl 40x40x2, na jehož druhém konci jsou přivařeny nerezové trubky  $\varnothing 30$  mm, zapadající do zbylých dvou bodů. Na jedné ze stran tohoto jeklu se nachází pružinový domeček se západkou sloužící pro upevnění odnímatelného jeklu 36x36x2 s vevařenou ohnutou trubkou  $\varnothing 30$  mm. Na konci trubky  $\varnothing 30$  mm bude svěrně připevněna sestava západky spojující vozík s pohonem.



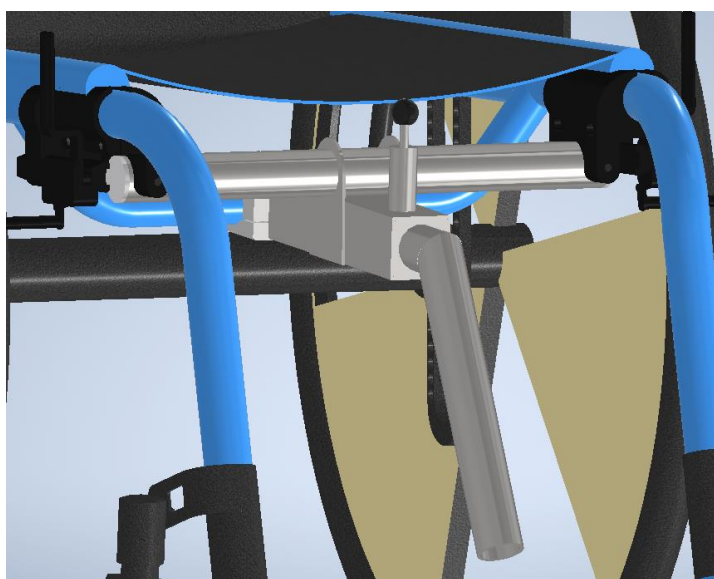
Obrázek 78: Třetí návrh upevnění



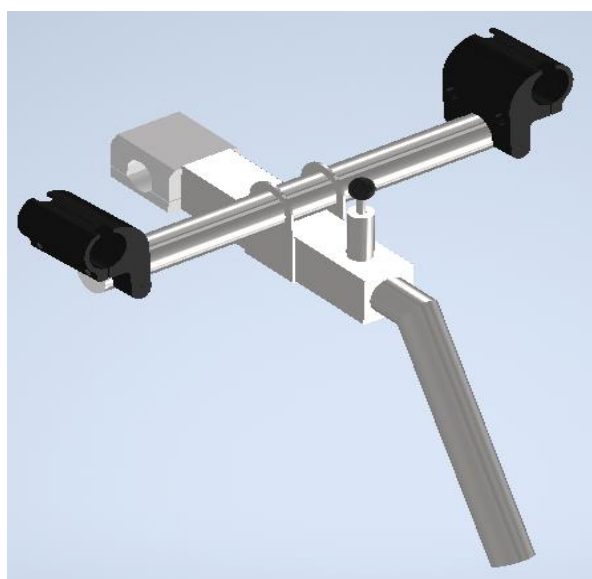
Obrázek 77. Detail třetího návrhu

## 8.6 Čtvrtý Návrh

Ve čtvrtém návrhu došlo ke dvěma změnám oproti třetímu návrhu. První změnou bylo to, že v tomto návrhu se změnil způsob uchycení trubky  $\varnothing 30$  mm spojující dva body nacházející se na podélných trubkách vozíku. Jekl o rozměrech 40x40x2 se tečně dotýká této trubky a jeho poloha a tuhost je stanovena dvěma plechovými „očky“. Druhou změnou byla trubka spojující kříž se sestavou západky, místo ohnutí jsme trubku rozříznuli pod úhlem  $30^\circ$  a následně jsme ji svařili.



Obrázek 80: Čtvrtý návrh upevnění



Obrázek 79: Detail čtvrtého návrhu

## 8.7 Vyhodnocení návrhů

První návrh zabírá příliš mnoho místa a vlivem umístění na svislých trubkách vozíku, obírá vozíčkáře o místo potřebné na nohy. Další z nevýhod tohoto návrhu je složitá odnímatelnost a velká hmotnost kříže.

Druhý návrh nevyhuvuje z důvodu složitosti odnímatelnosti a hmotnosti celého kříže

Třetí návrh nabízí nejmenší místa a díky své konstrukci je snadno odnímatelný, avšak z důvodu sváru se obáváme snížené pevnosti, takže ho nevolíme

Čtvrtý návrh je určitě z hlediska pevnosti nejvhodnější, proto jej volíme

## 9 Výroba upevnění

### 9.1 Měření pevnosti duralu

Ještě, než jsme začali s výrobou uchycení nakoupili jsme potřebný materiál. Na výrobu držáku upevnění byl použit dural a na zbytek konstrukce nerez. Z důvodu neznámých vlastností použitého duralu jsme provedli měření tvrdosti a z měření tvrdosti odvodili jakost materiálu.

#### 9.1.1 Zkouška tvrdosti podle Rockwella:

Metoda stanovení tvrdosti materiálu na základě hloubky vniku ocelové kuličky nebo diamantového kužel do zkoušeného vzorku.

Postup měření:

- -zkušební vzorek je položen na stolek přístroje a pomalu se přiblíží k ocelové kuličce
- -ocelová kulička se vtlačuje do materiálu, až se na stupnici přístroje objeví hodnota zatížení 0
- -potom zatížíme ocelovou kuličku určitou silou a necháme chvíli působit, tím vzniká v materiálu trvalá a pružná deformace
- -po odlehčení se nám na stupnici ukáže naměřená hodnota



Obrázek 81: Měření tvrdosti HRB – před zatížení



Obrázek 82: : Měření tvrdosti HRB - výsledná tvrdost (26,3 HRB)

### 9.1.2 Zkouška tvrdosti odrazem podle Shora:

Metodou zjišťujeme tvrdost z velikosti odskoku závaží (kulička, diamantový hrot)

- Postup měření:
- z určité výšky je na zkoušený materiál spuštěna ocelová kulička
- působením závaží dojde k plastické deformaci zkoušeného materiálu a ke spotřebování části energie závaží
- ocelová kulička se pak odrazí od zkoušeného materiálu a měří se výška jeho odskoku kuličky





Obrázek 83: Měření tvrdosti dle Shoreho



Obrázek 84: Kalibrační měření



Obrázek 85: Výsledná mez pevnosti

### 9.1.3 Vyhodnocení

Tabulka naměřených hodnot:

Rockwell	26 HRB	28 HRB	25 HRB	Ø26,3 HRB
Shore	313MPa	307MPa	310MPa	Ø310 MPa

EN AW-6061

AlMg1SiCu

T5/T6

290

EN AW-6082

AlSi1MgMn

T5/T6

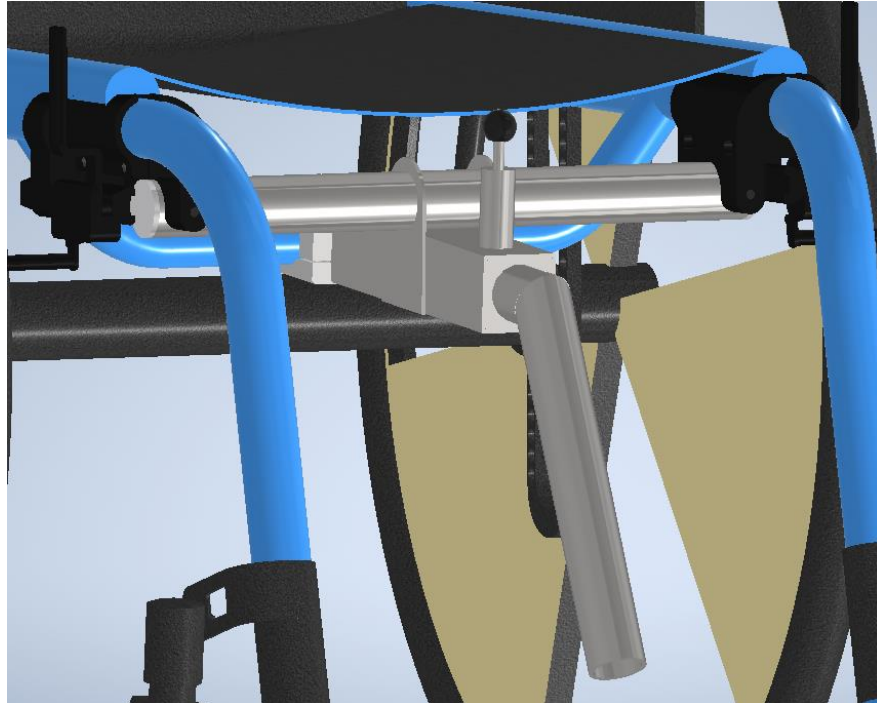
310

Obrázek 86: Hodnoty meze pevnost duralů [\[19\]](#)

Podle naměřených hodnot jsme na internetu dohledali materiál, který jim odpovídá a utvrdili se v tom, že měřený materiál je nejspíše EN AW 6061, nebo EN AW 6082.

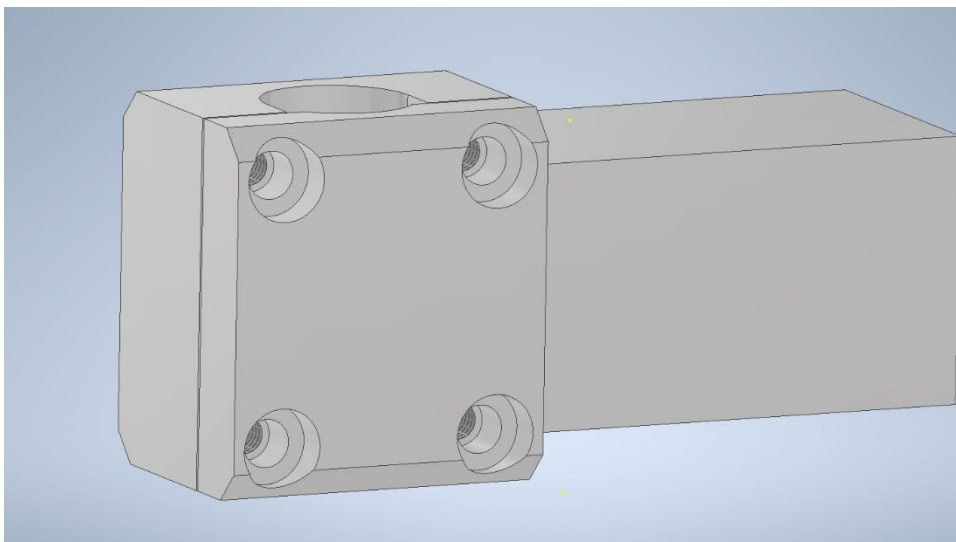
## 9.2 Tříbodové uchycení

Tří bodové uchycení se skládá ze zadního dílu na příčné trubce, dvou objímek uchycených na bočních trubkách vozíku a nerezového kříže.

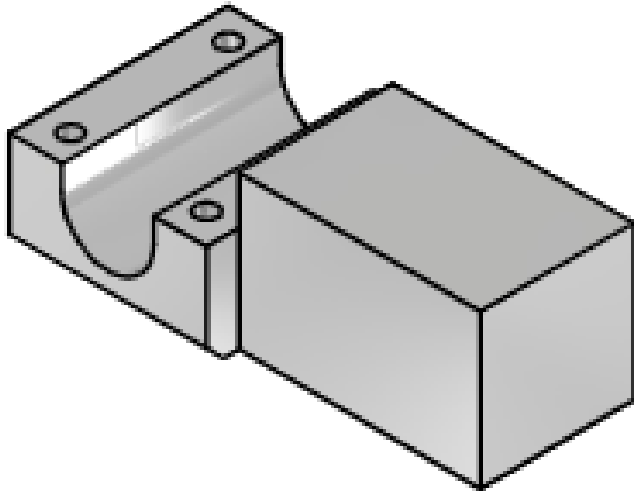


Obrázek 87: Vyráběný návrh upevnění

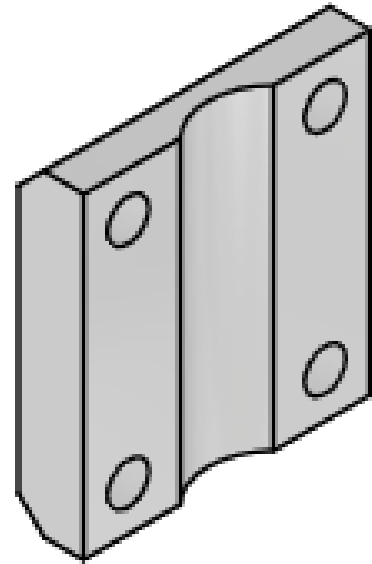
### 9.2.1 Zadní díl uchycení



Zadní díl je rozříznutý náboj. Horní díl náboje je kvádr dlouhý 120 mm, jehož jedna část je frézovaná na rozměr 60x60x27 mm v té je vyfrézovaná drážka ve tvaru písmene U o poloměru 13 mm. Druhá část je hranol frézovaný na rozměr 60x36x36 mm, na který přijde nasadit nerezový jekl. Spodní díl náboje je frézovaný na rozměr 60x60x11 mm. Je v něm vyfrézovaná půlkruhová drážka hluboká 5 mm o poloměru 13 mm. V obou částech náboje jsou vyvrtány díry pro šroub M8 se zápusťnou hlavou.



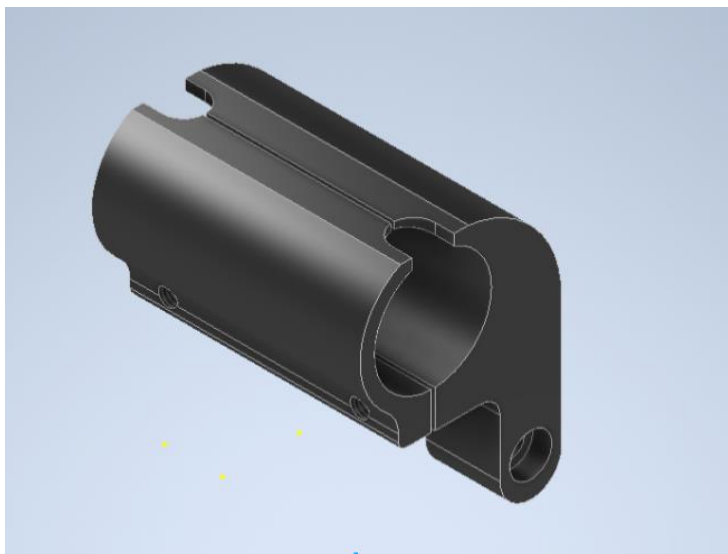
Obrázek 89: Horní polovina modelu sestavy zadního dílu uchycení



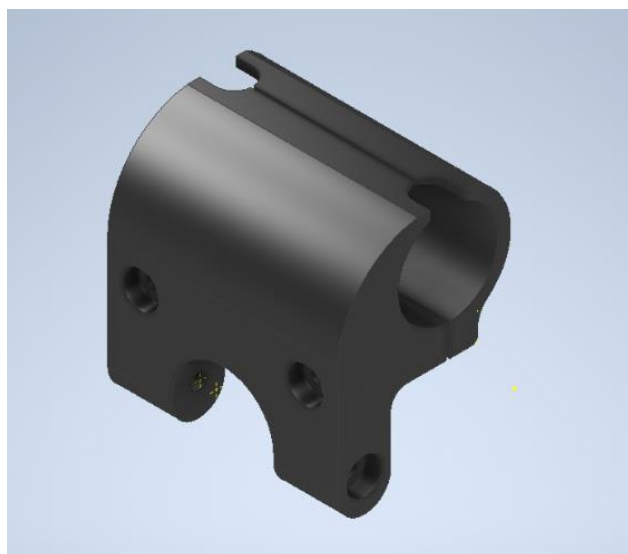
Obrázek 88: Spodní díl modelu sestavy zadního dílu uchycení

### 9.2.2 Pravý a levý díl uchycení

Oba díly jsou vyfrézovány z polotovaru 70x70x33 na CNC stroji. V obou dílech je vyvrtaná díra o  $\varnothing 30,5$  mm. Následně se díly rozříznou. Na trubce se spojí pomocí dvou šroubů M6 se zápusťnou hlavou. V obou dílech je vyfrézovaná drážka ve tvaru písmene U o poloměru 15,5 mm ve které bude napevno pomocí šroubu uchycen nerezový kříž.



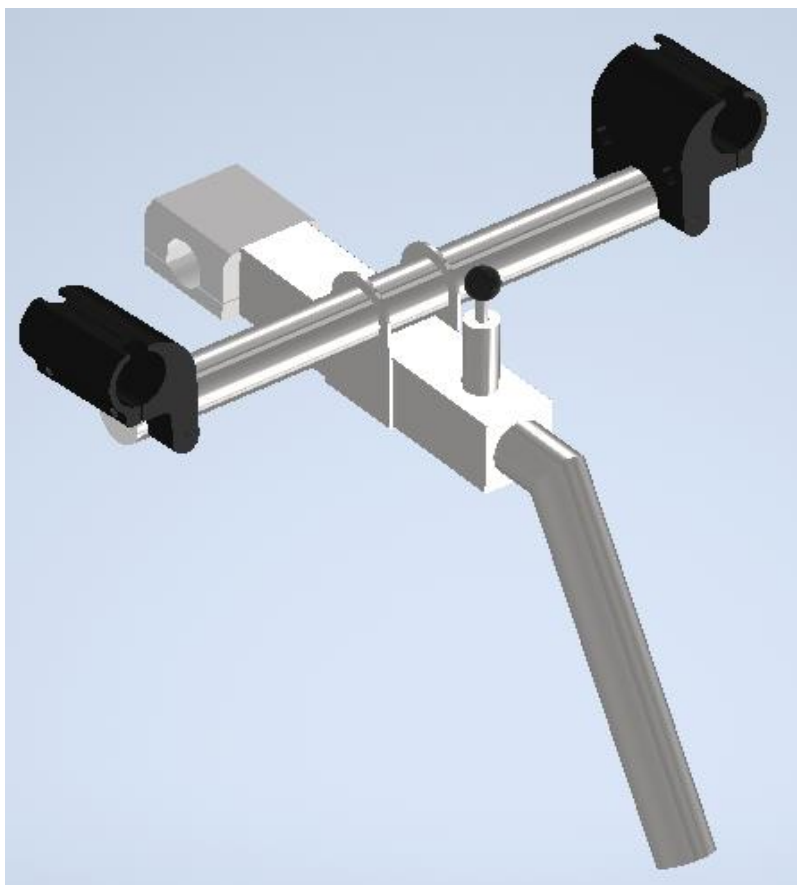
Obrázek 91: Vyráběný levý díl



Obrázek 90: Vyráběný pravý díl

### 9.3 Výroba kříže

Kříž je vyroben z nerezového jeklu, který je frézovaný na rozměry 40x40x2 a přijde nasadit na zadní díl. Jekl je tečně opřen o podélnou nerezovou trubku  $\varnothing$  30 mm a je zajištěn plechovými „oky“. Do jeklu se bude nasouvat odnímatelný jekl frézovaný na rozměry 36x36x2. Na vrchní stranu jeklu 40x40x2 se přivaří pružinový domeček soustružený na  $\varnothing$  18 mm, ve kterém bude pružina se západkou, která bude sloužit k odnímání menšího jeklu. Do menšího jeklu bude vevařena trubka svařená pod úhlem  $120^\circ$  o  $\varnothing$  30 mm.

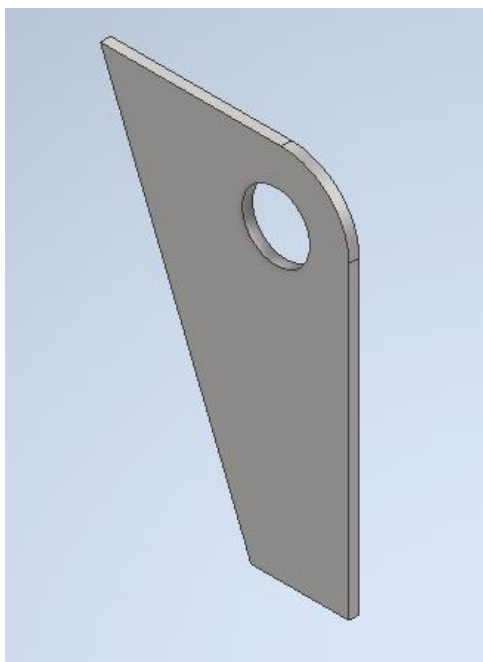


Obrázek 92: Vyráběná sestava upevnění

## 9.4 Výroba západky

### 9.4.1 Sestava spojení

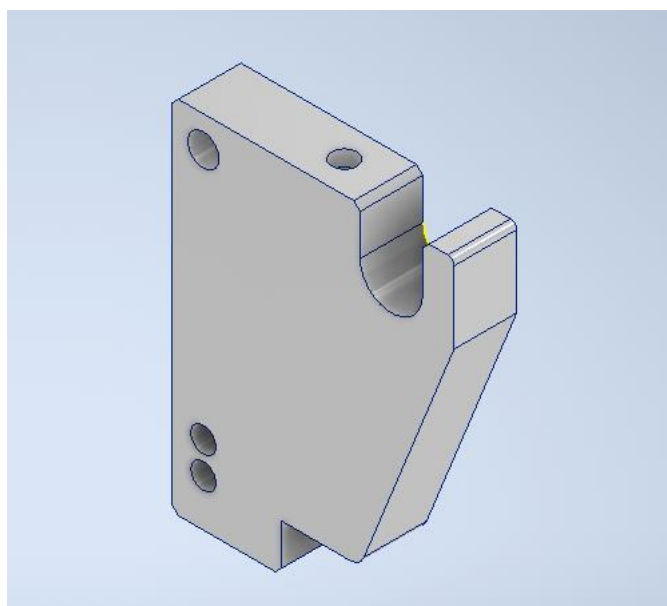
Na trubku svařenou pod úhlem 120° přijede nasadit nerezová trubka o  $\varnothing$  35 mm. Trubka se na jedné straně podélně rozřízne. Podél řezu jsou na trubku navařeny dva nerezové plechy 6x115 mm o tloušťce 3 mm, ve kterých jsou vyvrtány 3 díry pro M6 šrouby, kterými se trubka sevře. Z druhé strany trubky jsou navařeny dva nerezové plechy. V těch je vyvrtaná díra pro čep  $\varnothing$  20 mm, na který se bude nasazovat střední díl.



Obrázek 93: Plech vypálený pomocí laseru, který bude přivařen k svěrnému náboji a slouží pro zalisování čepu, na nějž se bude nasouvat střední díl

#### 9.4.2 Střední díl

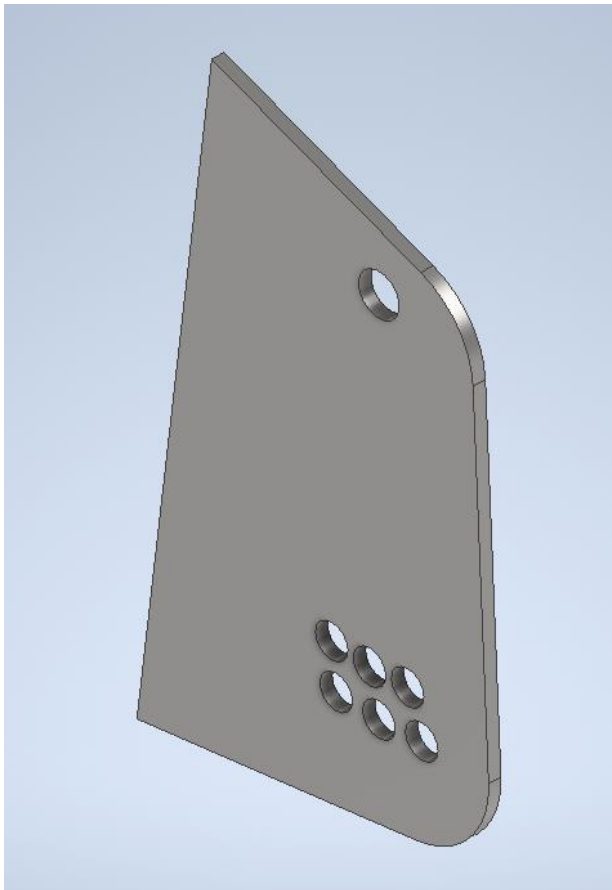
Je v něm vyfrézovaná drážka ve tvaru písmene U, která se bude nasazovat na čep. Pro zajištění středního dílu je vněm vyvrtaná svislá díra o  $\varnothing$  8 mm, do které přijde západka. V horním rohu je vyvrtaná díra  $\varnothing$  10 mm, kterou prochází šroub pro spojení dílu se spojovacími plechy. Dole jsou vyvrtány 2 díry o  $\varnothing$  8 mm, které slouží k nastavení úhlu sklopení pohonu.



Obrázek 94: Střední díl

### 9.4.3 Spojovací plechy

Jsou přivařeny k pohonu. Horní dírou o  $\varnothing$  10 mm prochází šroub pro spojení plechů se středním dílem. Dole jsou vyvrtány díry o  $\varnothing$  8 mm, které slouží k lepšímu nastavení úhlu sklopení pohonu.



Obrázek 96: Plech vypálený pomocí laseru, který je přivařen k tyči řízení a slouží pro úhlové stavění pohonu



Obrázek 95. Hotová sestava západky

# 10 Montáž pohonu, brzd, elektroinstalace

## 10.1 montáž brzd

Brzda je technické zařízení sloužící k zastavení nebo zpomalení pohybujícího se předmětu nebo pro jeho udržení v klidu. Kinetická energie je při brzdění zpravidla přeměňována v jiný druh energie, část energie se při brzdění vždy přemění v teplo. Brzdy mají velký význam především u dopravních prostředků a zdvihadel. Oblast jejich použití je ovšem mnohem širší, s brzdami se lze setkat i u nejrůznějších strojních zařízení. [5]

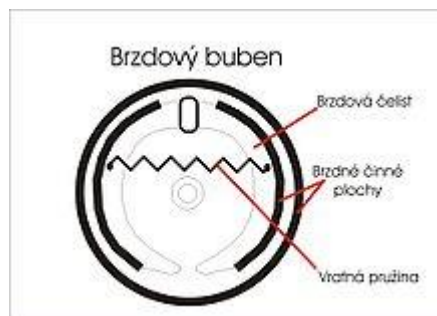
Brzdy působí mechanicky na pohyblivou část vozidla nebo stroje (na kolo, nápravu, převodové mechanismy atd.). Jsou různé druhy mechanických brzd

- Špalíková brzda – brzdové špalíky působí na vnější válcovou plochu, někdy přímo na jízdní plochu kola. Do začátku 20. století nejběžnější typ. Dodnes se užívá u železnice.



Obrázek 97: Špalíková brzda [20]

- Bubnová brzda – brzdové elementy (čelisti) působí na vnitřní povrch válcové plochy tělesa (bubnu) spojeného s brzděnou součástí. Používána během 20. století v automobilech, dnes na ústupu



Obrázek 98. Bubnová brzda [21]

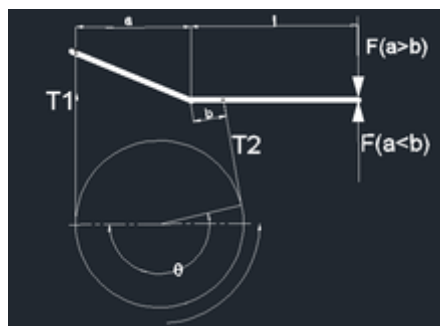
- Ráfková brzda – brzdové čelisti svírají z boku ráfek jízdního kola. Mechanicky je na stejném principu jako kotoučová brzda





Obrázek 99: Ráfková brzda [25]

- Pásová brzda – brzdový pás obepíná vnější válcovou plochu. Tato brzda je založena na principu vláknového tření a používá se spíše u pevných zařízení – strojovny lanových drah, jeřáby. Dříve se používala i jako parkovací brzda motorových vozidel při umístění na kardanově hřídeli.



Obrázek 100: Pásová brzda [23]

- Západková brzda – západka zabrání pohybu – použitelná pouze jako zajišťovací nebo jako mechanická pojistka – například na napínacích kladkách pro případ náhlého odlehčení
- Kotoučová brzda – brzdové čelisti svírají kotouč nasazený na brzděném hřídeli. Jedná se o moderní, široce používanou brzdu
- Brzda se skládá z těchto hlavních součástí

Rotor (kotouč). Ten je ve většině případů kovový, ale může být i z části keramický. Výhodou keramického brzdového kotouče oproti kovovému je výrazně nižší hmotnost a také se méně opotřebovává. Brzdový kotouč je připevněn na brzděný rotor a otáčí se spolu s ním. Při brzdění se kinetická energie vozidla mění na teplo a dochází ke značnému zahřívání brzdového kotouče. Proto bývá často opatřen uvnitř soustavou kanálků, kterou prochází

vzduch, což napomáhá chlazení. V běžném provozu se výjimečně používají také kotouče, do kterých jsou navrtané otvory. To má výhody za deště, kdy otvory pomáhají odvádět vodu a vodní páru a tím zlepšují brzdny účinek. Brzdové kotouče se provozem postupně opotřebovávají.

Brzdový třmen – je součástka, do které je namontován brzdový píst a suvně připevněné brzdové destičky. Tato součástka je pevně připojena k vozidlu.

Brzdový píst – je součástka zamontovaná do brzdového třmenu. Na něj je připojena hadička s brzdovou kapalinou. V případě sešlápnutí brzdového pedálu vznikne v brzdovém systému (v brzdové kapalině) tlak, který přitlačí píst a s ním brzdové destičky k brzdovému kotouči. Dnes se v drtivé většině případů používají samo stavitelné písty, které se samy nastavují tak, aby byla vždy zachována vhodná minimální vůle mezi brzdovým kotoučem a brzdovými destičkami v klidovém stavu.

Brzdové destičky – jsou destičky přitlačované brzdovými písty. Jsou konstruovány tak, aby při kontaktu s brzdovým kotoučem vznikalo velké tření (tzn. mají vysoký koeficient smykového tření). Během provozu dochází k opotřebovávání těchto destiček. Někdy mívají zabudovaný senzor, který upozorní řidiče na nutnost výměny.

V projektu pracujeme s kotoučovými brzdami. Kotoučová brzda je brzda, jejíž pracovní částí je kotouč, brzděný přitlakem brzdových destiček. Používá se především k brzdění automobilů, motocyklů a kolejových vozidel, ale také u některých jízdních kol nebo i dětských kočárků. Přenos brzdny síly na kotoučovou brzdu je u silničních vozidel obvykle hydraulický. Sešlápnutím brzdového pedálu vznikne tlak v brzdovém systému. Brzdová kapalina začne tláčit na brzdový píst, který tlačí brzdové destičky kolmo na rotor. Vzniklá třecí síla mezi rotorem a destičkami působí proti otáčení.

Kotoučové brzdy mohou být oproti bubnovým brzdám výrazně výkonnější, protože konstruktér má větší volnost při návrhu chlazení (kotouč není uzavřen v kole, může mít vnitřní chlazení). Na druhou stranu jsou dražší a náchylnější na poruchy vzniklé znečištěním. Proto se používají u většiny levnějších aut jen na přední nápravě. Experimenty s kotoučovými brzdami začaly v Anglii v 90. letech 19. století. Vůbec první automobil s kotoučovými brzdami byl patentován Frederickem Williamem Lanchesterem v jeho Birminghamské továrně v roce 1902. Širšího použití se ale dočkaly až od konce 50. let 20. století.



Obrázek 101: Kotoučová brzda [22]

## 11 Zapojení a oživení

Motor pro pohon elektropohonu je volen bezkartáčově stejnosměrně s jedním hallovým snímačem. Motor má svou řídicí jednotku (kdyby bylo motorů více, je nutné, aby měl každý motor jednu řídicí jednotku).

Řídicí jednotka je napojena na akcelerační prvek. Výstup na řízení rychlosti se skládá ze tří vodičů, dvou napájecích a signálního.

Ovládací panel je připojen k řídicí jednotce třemi vodiči dvěma napájecími a jedním nastavujícími mód rychlosti.

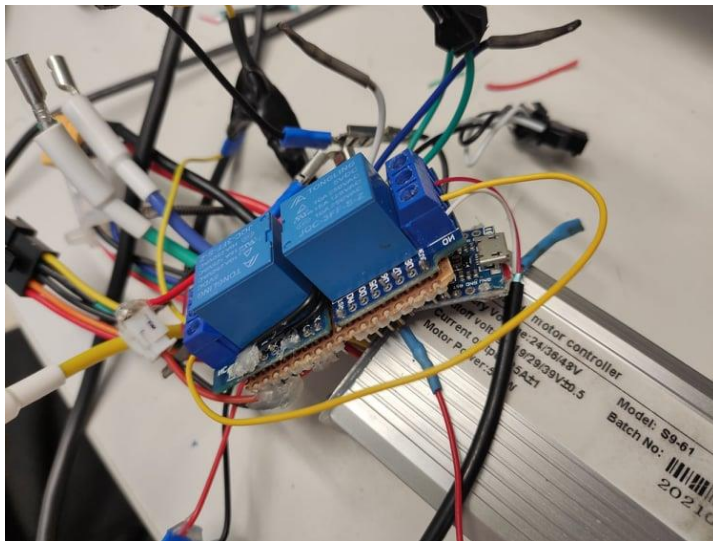
Poté co byla konstrukce pohonu po mechanické stránce dokončena, přišla na řadu část elektrická, ve které bylo nejprve ze všeho potřeba zabudovat kontroler do krytu na míru vytisknutého 3D tiskárnou který je umístěn na spodní části hned pod baterií. Následovalo protažení požadovaných konektorů do trupu konstrukce a napojení na baterii pomocí konektoru XT 60, přičemž jsme museli kontrolovat a dbát na označení konektorů, aby nedošlo k zaměnění polarity, kvůli čemu by mohlo dojít ke zkratu a poškození baterie. Také vzhledem k opatřením proti vniknutí vody je kabel proveden skrz otvory do trupu a poté smyčkou vyveden ven a opět připojen. Zde jsme řešili problém nedostatečné délky kabelu a také nevyhovujících propojek, proto jsme sehnali téměř identický kabel a napájeli jsme ho. Jako další jsme opět pomocí konektorů připojili “headlight power“ které má funkci předního světla vozíku a je také upevněno na pohonu. Poté jsme se dali do zapojování Hallového senzoru, který je jednou z klíčových věcí celého zapojení, jehož činnost je popsána v předchozí části práce. Ještě před zapojením fází motoru jsme spojili konektory od displeje (ovládacího panelu), který má na starost zapnutí/vypnutí, nebo akceleraci a přepínání stupňů rychlosti. A nakonec jsme zapojili fáze motoru. Také jsme do obvodu zabudovali autopojistku 10 A jako

prevenci před zkratem a poničením komponentů. Vyzkoušeli jsme úspěšně funkčnost všech komponentů a jejich funkcí.

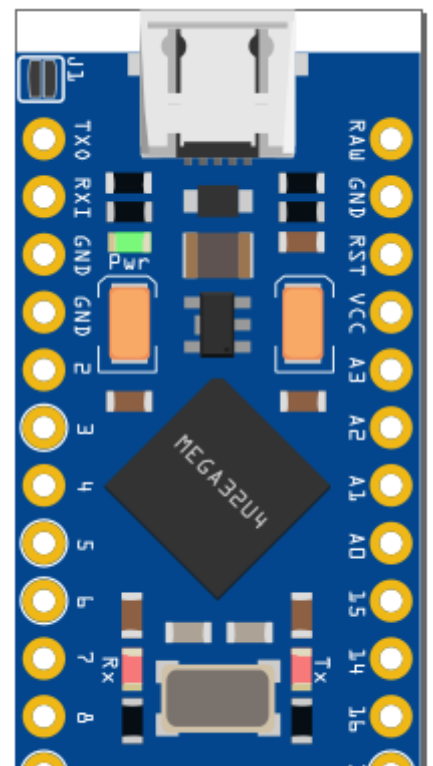
## Arduino

Pro funkci blinkrů jsme se rozhodli použít arduino. Hlavním faktorem byla jednoduchost programování (programovací jazyk C++). Ale také cena, která se u Arduino desek pohybuje kolem 150 Kč. Další z výhod je například také rozsáhlá arduino komunita, díky které lze dohledat spoustu návodů a rad. Jeho funkce a velikost paměti by byly dostačující i pro složitější funkce.

Poté co jsme si ujasnili, jak mají blinkry fungovat (při běžné jízdě nepřetržitě svítit bíle a při odbočování do jednoho ze směrů blikat oranžově) jsme naprogramovali kód v aplikaci Arduino IDE jazykem C++. Arduino IDE je aplikace, která umožní komunikaci s deskou. Obsahuje textový editor a funkce pro zjednodušení programování, jako například: vyhledávání a přepisování textu, automatické odsazení, doplňování závorek, zvýrazňování textu nebo chybové hlášení. Program podporuje jazyky C a C++. Také pro odzkoušení kódu se dá arduino velice jednoduše připojit k počítači k čemuž slouží USB konektor. Konektor je zároveň přizpůsoben, aby se přes něj dal nahrát požadovaný program.



Obrázek 102: Finální zapojení arduina



Obrázek 103: Arduino Pro Micro [\[24\]](#)

```

// čísla pinů na vstup a na výstup
#define IN_LEFT_PIN 7
#define IN_RIGHT_PIN 8

#define OUT_LEFT_PIN 5
#define OUT_RIGHT_PIN 6

// časování
const uint16_t uiOrangeTime = 500; // jak dlouho svítí oranžová, když to bliká (v milisekundách)
const uint16_t uiWhiteTime = 300; // jak dlouho svítí bílá, když to bliká (v milisekundách)

void setup()
{
    // setup pinů
    pinMode(OUT_RIGHT_PIN, OUTPUT);
    pinMode(OUT_LEFT_PIN, OUTPUT);
    //
    pinMode(IN_RIGHT_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(IN_LEFT_PIN, INPUT_PULLUP);
}

uint16_t uiSavedTime = 0;

void loop()
{
    // zapnutí bílé na obou světlech
    digitalWrite(OUT_LEFT_PIN, LOW);
    digitalWrite(OUT_RIGHT_PIN, LOW);

    while((digitalRead(IN_LEFT_PIN) == HIGH) && (digitalRead(IN_RIGHT_PIN) == HIGH))
    {
        // čekání na zmáčknutí spínače
    }

    // byl přepnut spínač, pustit blinkr
    uiSavedTime = millis();
    while((digitalRead(IN_LEFT_PIN) == LOW) || (digitalRead(IN_RIGHT_PIN) == LOW))
    {
        uint16_t uiElapsedTime = millis() - uiSavedTime;
        bool bTurnOrangeOn;
        uint8_t uiWhichLightToBlink = (digitalRead(IN_LEFT_PIN) == LOW) ? OUT_LEFT_PIN : OUT_RIGHT_PIN; // jakej pin máme rozsvítit
        uint8_t uiWhichLightNotToBlink = !(digitalRead(IN_LEFT_PIN) == LOW) ? OUT_LEFT_PIN : OUT_RIGHT_PIN; // jakej pin máme zhasnout
        (odstranění bugu se stálým zapnutím světla)

        // pokud došlo k celému cyklu, vynulujeme ho
        if(uiElapsedTime > uiOrangeTime + uiWhiteTime)
        {
            uiSavedTime = millis();
        }

        // rozhodnutí, jestli zapneme oranžovou
        bTurnOrangeOn = uiElapsedTime <= uiOrangeTime;

        // rozsvícení světla
        digitalWrite(uiWhichLightToBlink, bTurnOrangeOn);
        digitalWrite(uiWhichLightNotToBlink, LOW);
    }
}

```

Obrázek 104: Kód pro funkci blinkrů

## 12 Sestavení celého pohonu a připojení k vozíku – odladění funkčnosti

Sestavení a připojení k vozíku je finální část projektu. Během výroby pohonu a připojení jsme měli obě sestavy několikrát rozloženy, zejména tedy spojovací díl, který se vyráběl až podle zhotoveného pohonu, takže během výroby jsme jej hodně modifikovali.

Odladění funkčnosti se týká hlavně sestavení komponentů do správných poloh, ale také jejich případné pootočení, posunutí, nebo nastaveném pracovního chodu, pružinových západek.

V současnou chvíli jsme vozík podrobili i několika zátěžovým testům. Během testů jsme zkoušeli, jak celý výrobek funguje a co je potřeba dodělat.

Zjistili jsme maximální rychlost, která se pohybuje okolo 30 km/h, což přibližně odpovídá naší výpočtové rychlosti. Maximální dojezd jsme ještě nestihli změřit

Dalším důležitým prvkem, u kterého jsme museli zjistit jeho funkčnost byly brzdy. Obě brzdy brzdí velice slušně. Při prudkém brždění z maximální rychlosti má pohon tendenci se stavět na přední kolo.

Jediné, co během testů utrpělo nějakou ujmu byli provizorní M5 šrouby, která svírají sestavu západky se svislou trubkou nosného kříže. Tyto šrouby jsme vyměnili za navržené M6 šrouby a vše funguje, tak jak má.



Obrázek 106: Spojovací kříž



Obrázek 105: Celá sestava spojující vozík s pohonem



Obrázek 108: Zapojování elektroinstalace



Obrázek 107: Odkaz na detailní 3D rozpad



Obrázek 109: Finální sestava pohonu

## 13 Výrobní postupy a CAM programy vybraných součástí

Pro sepsání výrobních postupů a vygenerování kódu pro CNC obrábění jsme si zvolili střední díl spojující západky (DPMZ – 4.A – 11) a přední držák brzdového třmenu (DPMZ – 4.A – 04)

### 13.1 Střední díl

#### 13.1.1 Výrobní postup

<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>			
Vypracoval: JIRÍ MOŠNER	Datum: 18.01.2022	Název součásti: SOUČÁST SPOJENÍ ZÁPADKY	Č.výkresu: DPMZ-4.A-11
Náčrt součásti:			
Rozměr polotovaru: TL.25 – 95x120; ČSN 64 3616		Materiál: PA (nylon) - Plast	

Č. operace	Název operace	Použitý stroj	Použitý nástroj	Měřidlo
01	Dělení materiálu	OS01	-	M01
02	Z úhlování	OS02	F01	M01
03	Frézování kvádrů na zadané rozměry 90x115x20	OS02	F01;F02	M01
04	Frézování Zkosení	OS02	F02	M02
05	Frézování odsazení	OS02	F02	M01
06	Frézování U profilu	OS02	F03	M01



07	Navrtání díry $\varnothing 10$ H7	OS02	NV01	-
08	Vrtání navrtané díry $\varnothing 9,25$ mm	OS02	V01	M01
09	Vyhrubování díry $\varnothing 9,25$ mm na $\varnothing 9,8$ mm	OS02	VH01	M01
10	Vystružování vyhrubované díry $\varnothing 9,8$ mm na $\varnothing 10$ H7	OS02	VS01	M01;K01
11	Navrtání díry $\varnothing 9$ H8	OS02	NV01	-
12	Vrtání navrtané díry $\varnothing 8,8$ mm	OS02	V02	M01
13	Vystružování vrtané díry $\varnothing 8,8$ mm na $\varnothing 9$ H8	OS02	VS02	M01;K02
14	Navrtání díry $\varnothing 6$ mm skrz celý díl	OS02	NV01	-
16	Vrtání díry $\varnothing 6$ mm	OS02	V04	M01
17	Vrtání zahloubené díry $\varnothing 12$ mm do hloubky 90 mm	OS02	V05	M01;M03
18	Zahloubení díry $\varnothing 12$ mm do hloubky 95 mm	OS02	Z01	M01;M03
19	Sražení hran 2 mm x 45°	OS02	F04	-
20	Zaoblení hran R2	OS02	F05	M04
21	Zaoblení hran R5	OS02	F06	M04

#### Soupis použitých nástrojů

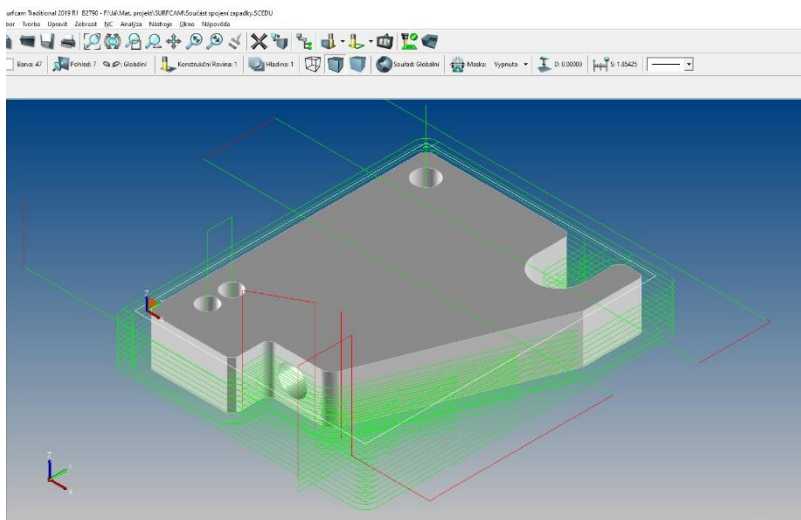
Číselný kód nástroje	Název nástroje	Norma
F01	Válcová čelní fréza nástrčná $\varnothing 100$ mm	ČSN 22 2124
F02	Válcová čelní fréza nástrčná $\varnothing 50$ mm	ČSN 22 2403
F03	Válcová čelní fréza stopková $\varnothing 20$ mm	ČSN 22 2134
NV01	Středící vrták $\varnothing 3,5$ mm	ČSN 22 1110
V01	Vrták $\varnothing 9,25$ mm	ČSN 22 1121
VH01	Strojní výhrubník $\varnothing 9,8$ mm	ČSN 22 1411
VS01	Strojní výstružník $\varnothing 10$ mm H7	ČSN 22 1431
V02	Vrták $\varnothing 8,8$ mm	ČSN 22 1121
VS02	Strojní výstružník $\varnothing 9$ mm H8	ČSN 22 1431
V03	Vrták $\varnothing 5$ mm	ČSN 22 1121
V04	Vrták $\varnothing 6$ mm	ČSN 22 1121
V05	Vrták $\varnothing 12$ mm	ČSN 22 1121
Z01	Záhlubník válcový s vodícím čepem $\varnothing 12$ mm	ČSN 22 1604
F04	Fréza Úhlová 45°	ČSN 22 2262
F05	Fréza čtvrtkruhová vydutá R2	ČSN 22 2226
F06	Fréza čtvrtkruhová vydutá R5	ČSN 22 2226

Soupis použitých měřidel	
Číselný kód měřidla	Název měřidla
M01	Posuvné měřidlo digitální – Mitutoyo 150/0,01mm
M02	Univerzální úhloměr Mitutoyo DIGIMATIC 360°/0,01°
K01	Dutinový kalibr pro průměr $\varnothing$ 10 mm H7
K02	Dutinový kalibr pro průměr $\varnothing$ 9 mm H8
M03	Hloubkoměr s noniem Mitutoyo 150mm/0,02
M04	Rádusové měrky R1-R7 mm Kinex

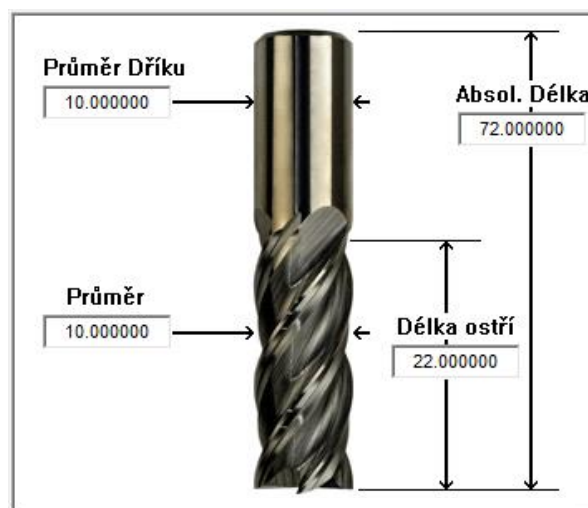
Soupis použitých Strojů	
Číselný kód stroje	Název stroje
OS01	Pásová pila Pegas 250x315
OS02	Nástrojařská frézka TOS FN22

### 13.1.2 Program pro výrobu na CNC

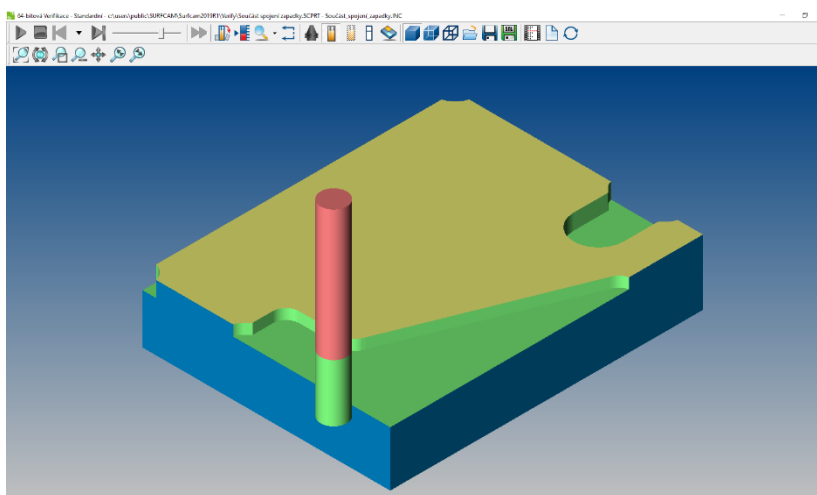
Pro výrobu tohoto dílu by bylo zapotřebí tří programů. V tomto bodě se zaměříme na ten první a nejdůležitější, který nám zhotoví tvar obrobku. Zbylé dva programy by sloužili pro odfrézování přídavku na upnutí a vyvrtání zahlubené díry  $\varnothing$ 12 mm pro západku s pružinou.



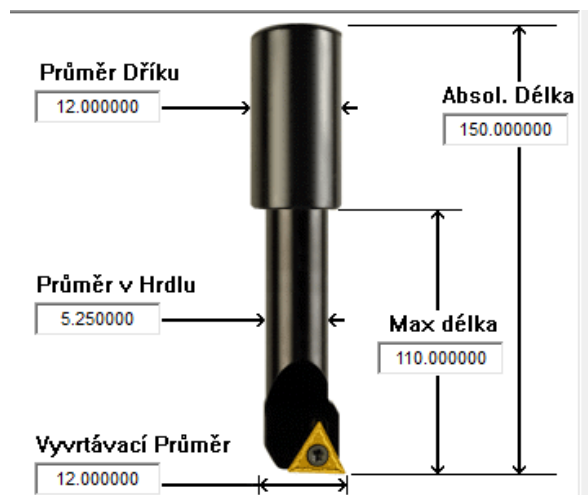
Obrázek 111: Střední díl s vygenerovanými drahami



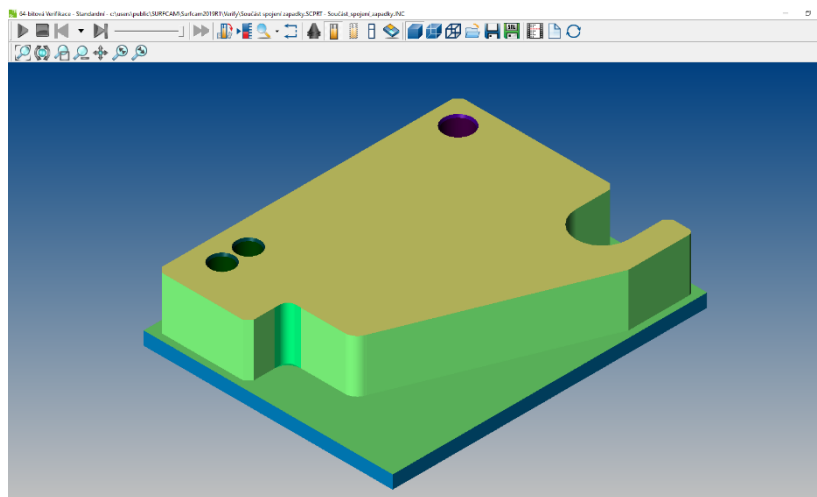
Obrázek 110: fréza válcová čelní – obrábění tvaru



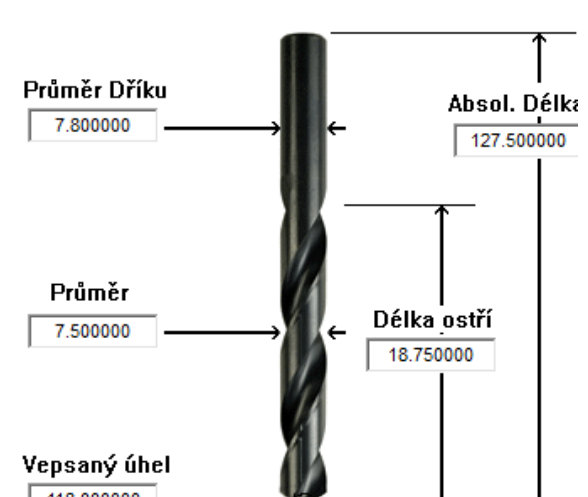
Obrázek 112: Průběh simulace obrábění – stř. díl



Obrázek 113: Vyvtávací tyč – obrábění svislé díry  $\varnothing 12\text{mm}$



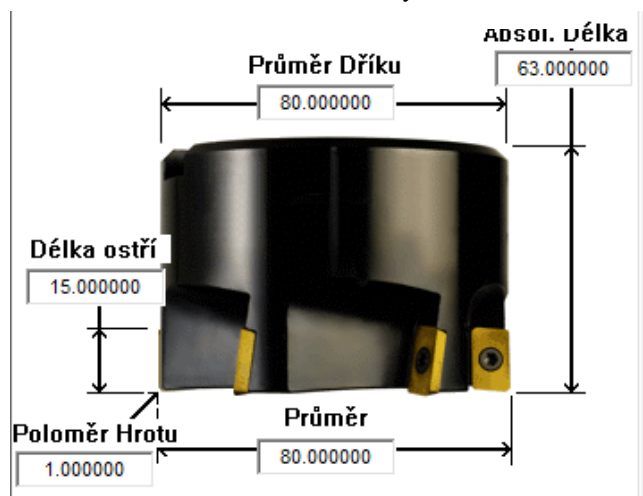
Obrázek 114: Konec simulace – tvar po obrobení – stř. díl



Obrázek 117: šroubovitý vrták – vrtání



Obrázek 115: Odkaz na video ze simulace – střední díl



Obrázek 116: nástřčná fréza s výměnnými břity z SK – rovinné frézování

```

1 | Program Součást_spojení_zapadkyNastavení_Jedna
- N1 G17
- N2 M40
- N3 ; -- DEFINICE POLOTOVARU / MIN A MAX SOURADNICE PRAC. POSUVU DRAHY NASTROJE
5 N4 ; MinCoords X-42.5 Y-13.5 Z-27.854
- N5 ; MaxCoords X132.5 Y124.625 Z0
- N1051 ; -- SEZNAM NASTROJU POUZITYCH V TOMTO PROGRAMU --
- N1052 ; T169 FREZA CELNI -PRUM 80./ ROHOVY RADIUS 1.
- N1053 ; T78 FREZA VALCOVA -PRUM 10./ ROHOVY RADIUS 0
10 N1054 ; T75 FREZA VALCOVA -PRUM 5./ ROHOVY RADIUS 0
- N1055 ; T67 NAVRTAVACEK -PRUM 3.15
- N1056 ; T1 VRTAK -PRUM 7.5
- N1057 ; T189 VYSTRUZNIK -PRUM 8.
- N1058 ; T93 KUZELOVY ZAHLUBNIK -PRUM 16.
15 N1059 ; T67 NAVRTAVACEK -PRUM 3.15
- N1060 ; T2 VRTAK -PRUM 9.5
- N1061 ; T3 VYSTRUZNIK -PRUM 9.
- N1062 ; T191 VYSTRUZNIK -PRUM 10.
- N1063 ; T94 KUZELOVY ZAHLUBNIK -PRUM 20.
20 N1064 ; -- KONEC SEZNAMU --
- N1065 ; T169 FREZA CELNI -PRUM 80./ ROHOVY RADIUS 1.
- N1066 M6 T169
- N1067 S279
- N1068 G0 Z25. M3
25 N1069 G0 X-40.879 Y124.625 A0 M8
- N1070 G0 Z0
- N1071 G1 X130.955 F208.9
- N1072 G0 X132.5
- N1073 Y95.25
30 N1074 G1 X-42.5
- N1075 G0 Y65.875
- N1076 G1 X126.124
- N1077 G0 Y-9.625
- N1078 X93.745
35 N1079 G1 X-40.879
- N1080 G0 Z25.
- N1081 G0 Z25. M9
- N1082 M5
- N1083 ; T78 FREZA VALCOVA -PRUM 10./ ROHOVY RADIUS 0
40 N1084 M6 T78
- N1085 S955
- N1086 G0 Z25. M3
- N1087 G0 X75.838 Y-13.5 A0 M8
- N1088 G0 Z3.
45 N1089 G1 Z-2. F80.2
- N1090 Y-7.5 F160.4
- N1091 X-2.5
- N1092 G2 X-7.5 Y-2.5 R5.
- N1093 G1 Y-2.137
50 N1094 X-3.5
- N1095 X-2.137 Y-3.5
- N1096 X-2.5
- N1097 G2 X-3.5 Y-2.5 R1.
- N1098 G1 Y-2.137
-- *****

```

Obrázek 118: Vygenerovaný kód pro CNC – stř. díl

## 13.2 Držák brzdového třmenu

### 13.2.1 Výrobní postup

<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>			
Vypracoval: PELIKÁN MATĚJ	Datum: 22.01.2022	Název součásti: TŘMEN BRZDICE HYDRO.	Č.výkresu: DPMZ-4.A-04
Náčrt součásti:			
Rozměr polotovaru: 35 x 32 – 100; EN 755-4		Materiál: EN AW 6061	

Č. operace	Název operace	Použitý stroj	Použitý nástroj	Měřidlo
01	Dělení materiálu	OS01	-	M01
02	Z úhlování	OS02	F01	M01
03	Frézování kvádrů na zadané rozměry 30x93x12 mm	OS02	F01; F02	M01
04	Frézování a odsazení	OS02	F02	M01; M02
05	Frézování drážky 3x5x30 mm, dle výkresu	OS02	F03	M01
06	Navrtání děr se závitem o průměru M6	OS02	NV01	M01

07	Vrtání děr se závitem o průměru M6	OS02	V01	M01
08	Sražení hran 2x45°	OS02	V02	-
08	Řezání závitu M6	OS02	VS01	K02
09	Frézování na rozměr 7,5x93x10 mm, dle výkresu	OS02	F04	M01
10	Otočit materiál o 90°	-	-	-
11	Navrtání děr o $\varnothing$ 6 mm	OS02	NV01	M01
12	Vrtání děr o $\varnothing$ 6 mm	OS02	V03	M01
13	Zaoblení hran R5	OS02	F05	M04
14	Zaoblení hran R10	OS02	F06	M04

<b>Soupis použitých nástrojů</b>		
<b>Číselný kód nástroje</b>	<b>Název nástroje</b>	<b>Norma</b>
F01	Válcová fréza nástrčná $\varnothing$ 40 mm	ČSN 22 2124
F02	Válcová čelní fréza nástrčná $\varnothing$ 15 mm	ČSN 22 2403
F03	Válcová čelní fréza stopková $\varnothing$ 3 mm	ČSN 22 2134
F04	Válcová čelní fréza stopková $\varnothing$ 8 mm	ČSN 22 2134
NV01	Středící vrták $\varnothing$ 2 mm	ČSN 22 1110
V01	Vrták $\varnothing$ 5 mm	ČSN 22 1121
V02	Vrták $\varnothing$ 10 mm	ČSN 22 1121
V03	Vrták $\varnothing$ 6 mm	ČSN 22 1121
VS01	Závitník M6	ČSN 22 1431
F05	Fréza čtvrtkruhová vydutá $\varnothing$ 10	ČSN 22 2226
F06	Fréza čtvrtkruhová vydutá $\varnothing$ 20	ČSN 22 2226

<b>Soupis použitých měřidel</b>	
<b>Číselný kód měřidla</b>	<b>Název měřidla</b>
M01	Posuvné měřidlo digitální – Mitutoyo 150/0,01mm
M02	Univerzální úhloměr Mitutoyo DIGIMATIC 360°/0,01°
K01	Dutinový kalibr pro průměr $\varnothing$ 6 mm H7
K02	Dutinový kalibr pro závit M6

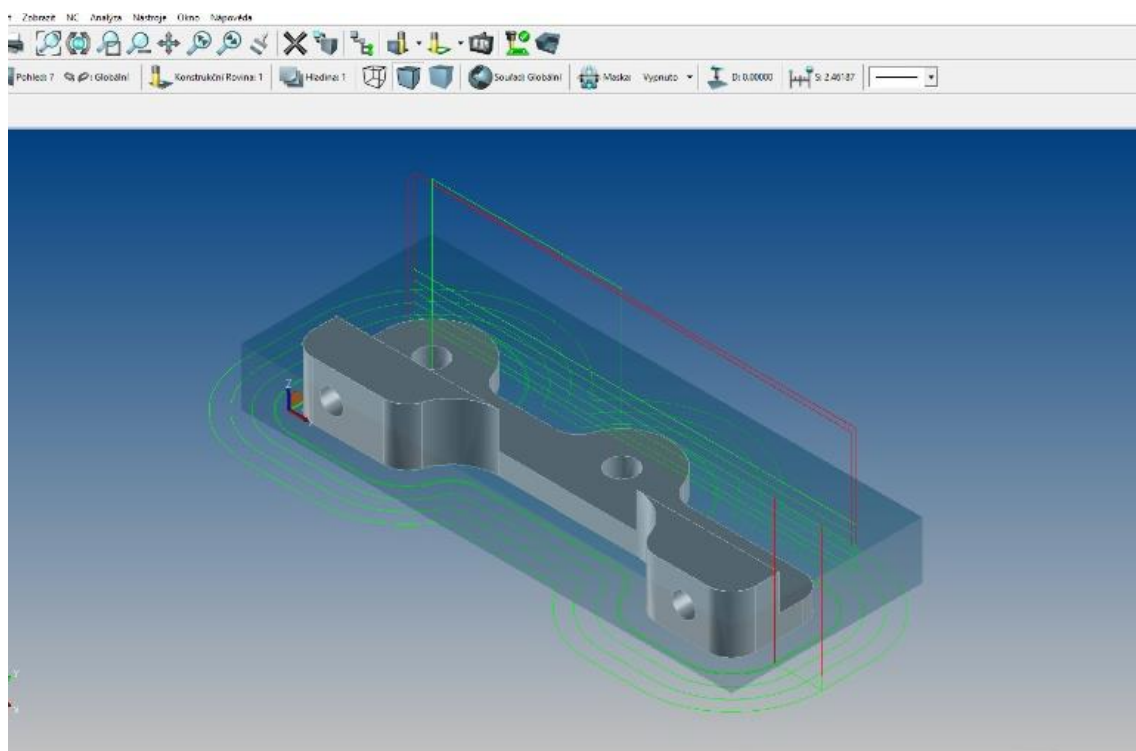
M03	Hloubkoměr s noniem Mitutoyo 150mm/0,02
M04	Radiusové měrky R1-7 mm Kinex

Soupis použitých Strojů	
Číselný kód stroje	Název stroje
OS01	Pásová pila Pegas 250x315
OS02	Nástrojařská frézka TOS FN22

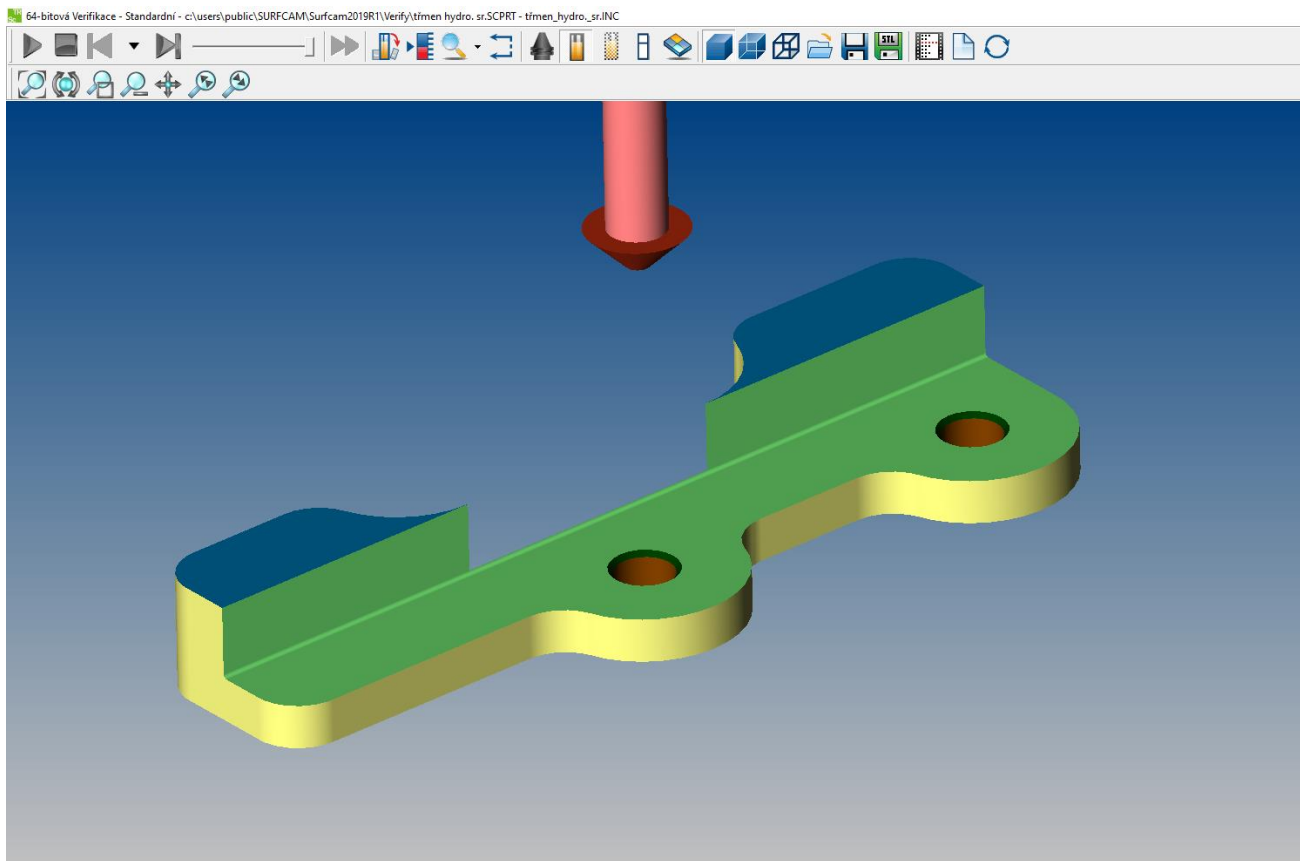
### 13.2.2 Program pro výrobu na CNC

Pro zhotovení tohoto dílu by bylo zapotřebí dvou programů, my si ukážeme ten první, který nám obrobí pouze tvar a vyvrtá díry. Druhý program by sloužil pro zhotovení děr se závity.

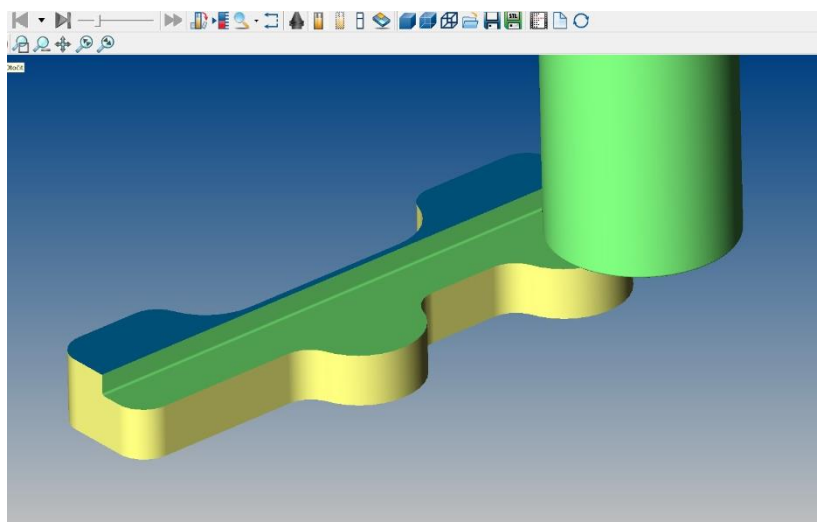
Pro výrobu byly použity nástroje stejného druhu, akorát odlišných rozměrů, jako pro výrobu středního dílu. Nebyla zde použita vyvrtávací tyč. Navíc zde byl použit akorát závitník M6.



Obrázek 119: Držák brzdového třmenu s vygenerovanými drahami



Obrázek 120: Konec simulace – tvar po obrobení – brzd. tř.



Obrázek 122: průběh simulace obrábění – brzd. tř.



Obrázek 121: Odkaz na video ze simulace – brzd. tř.



```

1 | Program třmen_hydro._srNastavení_Jedna
- N1 G17
- N2 M40
- N3 ; -- DEFINICE POLOTOVARU / MIN A MAX SOURADNICE PRAC. POSUVU DRAHY NASTROJE
5 N4 ; MinCoords X-13.92 Y-13.92 Z-2.152
- N5 ; MaxCoords X106.92 Y43.92 Z12.5
- N185 ; -- SEZNAM NASTROJU POUZITYCH V TOMTO PROGRAMU --
- N186 ; T77 FREZA VALCOVA -PRUM 8./ ROHOVY RADIUS 0
- N187 ; T1 FREZA CELNI -PRUM 30./ ROHOVY RADIUS 0.4
10 N188 ; T60 NAVRTAVACEK -PRUM 0.5
- N189 ; T14 VRTAK -PRUM 6.
- N190 ; T99 KUZELOVY ZAHLUBNIK -PRUM 10.4
- N191 ; -- KONEC SEZNAMU --
- N192 ; T77 FREZA VALCOVA -PRUM 8./ ROHOVY RADIUS 0
15 N193 M6 T77
- N194 S2984
- N195 G0 Z30. M3
- N196 G0 X106.92 Y5. A0 M8
- N197 G0 Z2.5
20 N198 G1 Z0 F484.9
- N199 G2 X88. Y-13.92 R18.92 F969.9
- N200 G1 X77.142
- N201 G2 X60.457 Y-3.92 R18.92
- N202 G1 X36.543
25 N203 G2 X19.858 Y-13.92 R18.92
- N204 G1 X5.
- N205 G2 X-13.92 Y5. R18.92
- N206 G1 Y20.
- N207 G2 X10. Y43.92 R23.92
30 N208 G2 X29.453 Y33.92 R23.92
- N209 G1 X30.548
- N210 G2 X50. Y43.92 R23.92
- N211 G2 X69.453 Y33.92 R23.92
- N212 G1 X88.
35 N213 G2 X106.92 Y15. R18.92
- N214 G1 Y5.
- N215 X103.72
- N216 G2 X88. Y-10.72 R15.72
- N217 G1 X77.142
40 N218 G2 X62.5 Y-0.72 R15.72
- N219 G1 X34.5
- N220 G2 X19.858 Y-10.72 R15.72
- N221 G1 X5.
- N222 G2 X-10.72 Y5. R15.72
45 N223 G1 Y20.
- N224 G2 X10. Y40.72 R20.72
- N225 G2 X27.731 Y30.72 R20.72
- N226 G1 X32.269
- N227 G2 X50. Y40.72 R20.72
50 N228 G2 X67.731 Y30.72 R20.72
- N229 G1 X88.
- N230 G2 X103.72 Y15. R15.72
- N231 G1 Y5.
- N232 X100.52
55 N233 G2 X88. Y-7.52 R12.52

```

Obrázek 123: Vygenerovaný kód pro CNC – brzd. Tř.

## 14 Výpočet namáhání vybraných součástí

### 14.1 Výpočet utahovacího momentu šroubů M6

Tyto šrouby svírají naříznutý náboj držící sestavu západky

#### 14.1.1 Určení osově síly z namáhání na tah:

##### Průměry závitu šroubu M6:

$$\varnothing d_2 = 5,35 \text{ mm}$$

$$\varnothing d_3 = 4,77 \text{ mm}$$

##### Průměr $d_v$ :

$$d_v = \frac{d_2 + d_3}{2} = \text{mm}$$

$$d_v = \frac{5,35 + 4,77}{2} = 5,06 \text{ mm}$$

##### Namáhání:

$$\sigma_t = \frac{F_{os}}{S_{pr_{zav}}} = \frac{F_{os}}{\frac{\pi \cdot d_v^2}{4}} \leq \sigma_{tD}$$

$$F_{os} = \sigma_{tD} \cdot \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} =$$

$$= 213,3 \cdot \frac{\pi \cdot 5,06^2}{4} = 4289,3 \text{ N}$$

#### 14.1.2 Určení osově síly $F_{os}$ z namáhání na otláčení:

$$p = \frac{F_{os}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot n_{zav} \cdot 2/3} \leq p_D$$

##### Průměr závitu matice M6:

$$\varnothing d_1 = 4,917$$

$$H_1 = \frac{d - d_1}{2} = \frac{6 - 4,917}{2} = 0,51 \text{ mm}$$

Stoupání závitů:  $s = 1 \text{ mm}$

**Délka kontaktu závitu s vnitřním závitem:  $m = 5,7 \text{ mm}$ (výška matice)**

$$p_D = 160 \text{ MPa}$$

$$n_{z\u00e1v} = \frac{m}{s} = \frac{5,7}{1} = 5,7$$

$$F_{os(p)} \leq \frac{p_D \cdot \pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot n_{z\u00e1v} \cdot 2}{3} = [N]$$

$$F_{os(p)} \leq \frac{160 \cdot \pi \cdot 5,35 \cdot 0,51 \cdot 5,7 \cdot 2}{3} = 5211,7 \text{ N}$$

### 14.1.3 Výpočet utahovacího momentu potřebného pro vyvození určené osov\u00e9 s\u00edly:

$$tg\alpha = s \cdot (\pi \cdot d_2) = 1 \cdot (\pi \cdot 5,35) = 3,4^\circ \text{ \u00fahel stoup\u00e1n\u00ed}$$

$$tg\varphi = f = tg\varphi^{-1} 0,1 = 5,7^\circ \text{ \u00fahel t\u0159en\u00ed}$$

$$tg\alpha + \varphi = F_{obv}/F_{os}$$

$$F_{obv} = F_{os} \cdot tg(\alpha + \varphi)$$

$$F_{obv} = 4289,3 \cdot tg(3,4 + 5,7) = 686,17 \text{ N}$$

$$Mu = F_{obv} \cdot d_2/2 = 686,17 \cdot (5,35 / 2) = 1835 \text{ Nmm} \cong 1,8 \text{ Nm}$$

## 14.2 Výpočet na\u0159\u00edznut\u00e9ho sv\u011brn\u00e9ho n\u00e1boje

### 14.2.1 Výpočet, maxim\u00e1ln\u00edho zat\u00ed\u017een\u00ed kter\u00e9 je schopen na\u0159\u00edznut\u00fd n\u00e1boj p\u0159en\u00e1\u0161et, ani\u017e by do\u0161lo k jeho posunut\u00ed.

$F_{os} = 4289,3 \text{ N}$  – s\u00edla nam\u00e1haj\u00edc\u00ed \u0161rouby na tah (volena man\u0161\u00ed z nam\u00e1h\u00e1n\u00ed na tah)

Po\u010det \u0161roub\u00fa: 3 \u0161rouby

$$F_p = i \cdot F_{os} = 3 \cdot 4289,3 = 12867,9 \text{ N}$$

$F_T = F_p \cdot f = 12867,9 \cdot 0,1 = 1256,79 \text{ N}$  – Maxim\u00e1ln\u00ed s\u00edla, kterou n\u00e1boj p\u0159enes\u00e9, ne\u017e dojde k jeho uvoln\u011bn\u00ed.

## 14.3 Výpočet namáhání západky:

Pro výpočet namáhání západky bylo potřeba stanovit sílu působící na západku. Jelikož je konstrukce poměrně složitá a nedaly by se na ní uplatnit výpočty prostého nosníku, museli jsme sílu změřit přímou metodou: Siloměrem.

Při zatížení vozíku 100 kg působí kolmo na západku 427 N. Sílu zaokrouhlíme a vynásobíme bezpečnostním koeficientem 2.0. Výpočtová síla = 900 N.



Obrázek 125: Nezatížený siloměr



Obrázek 124: Naměřená síla působící kolmo na západku (427 N)

### 14.3.1 Výpočet namáhání západky

Materiál západky a plechu s otvorem pro západku: 17 249

**Smyk:**

$$R_{p0,2 \min.(17\ 249)} = 200 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{tD} = \frac{R_{p0,2 \min.}}{2_{(\text{míra bezpečnosti})}} = \frac{200}{2} = 100 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sD} = (0,6 - 0,7) \cdot \sigma_{tD} = 0,65 \cdot 100 = 65 \text{ MPa}$$

$$\tau_{sDII} = (0,6 - 0,7) \cdot \tau_{sDI} = 0,65 \cdot 65 = 42,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{S_{pr}} \leq \tau_{sDII}$$

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{900}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4}} = 7,96 \text{ MPa}$$

$$7,96 \text{ MPa} \leq 42,25 (\tau_{sD II}) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

F – zatěžující síla

d – průměr západky

S<sub>pr</sub> – Plocha průřezu západky

T<sub>sD</sub> – Dovolené napětí ve smyku

R<sub>p0,2</sub> – Smulovní mez kluzu

G<sub>tD</sub> – Dovolené napětí v tahu

T<sub>sD II</sub> – Dovolené míjivé napětí ve smyku

T<sub>s</sub> – Skuteční napětí ve smyku

#### Otlačení:

$$p_D = \frac{R_{p0,2}}{4} = \frac{200}{4} = 50 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{F}{S_{pl_1}} \leq p_D$$

$$p = \frac{F}{d \cdot L} = \frac{900}{12 \cdot 5} = 15 \text{ MPa}$$

$$15 \text{ MPa} \leq 50 (p_D) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

p<sub>D</sub> – dovolené napětí na otlačení

p – skutečné napětí na otlačení

S<sub>pl</sub> – Plocha namáhaná na otlačení

d – Průměr západky

L – Délka kontaktu západky s plechem

### 14.3.2 Výpočet namáhní středního plastového dílu

#### Otlačení:

Materiál středního dílu Polyamid (Nylon):  $R_m = 85 \text{ MPa} \Rightarrow R_e 42,5 \text{ MPa}$

$$p_D = \frac{R_e}{4} = \frac{42,5}{4} = 10,63 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{F}{S_{pl}} \leq p_D$$

$$p = \frac{F}{d \cdot L} = \frac{900}{12 \cdot 20} = 3,75 \text{ MPa}$$

**$3,75 \text{ MPa} \leq 10,63 (p_D) \rightarrow \text{VYHOVUJE}$**

$p_D$  – dovolené napětí na otlačení

$p$  – skutečné napětí na otlačení

$S_{pl}$  – Plocha namáhaná na otlačení

$d_1$  – Průměr západky

$L$  – Délka kontaktu západky s plastovým dílem

## 15 Ekonomické zhodnocení

Když se podíváme na trh, za kolik se běžně prodávají podobné pohony, tak zjistíme, že ceny startují na přibližně 80–90 tis. Kč. Nám se pohon podařilo vyrobit za ± 30 tis. Kč. Peněžní obnos 30 tis. Kč byl věnován firmou Wera Werk s.r.o., za což jí patří veliké poděkování. Díky tomuto daru jsme mohli financovat veškeré náklady na projektu.

### 15.1 Komponenty:

- Elektrický motor 48V 500V – 9 680 Kč
- Baterie – 9 192 Kč
- Nabíječka - 1 153 Kč
- Představec na kolo – 790 Kč
- Brzdové páky ALHONGA - 206 Kč
- Gripy KLS – 140 Kč
- Brzdové lanko – 46 Kč
- Lanko řazení - 40 Kč

### 15.2 Materiály:

- Nerezová trubka o  $\varnothing$  33,7 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 0,200 m – 50 Kč
- Nerezová trubka o  $\varnothing$  30 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 1,500 m – 400 Kč
- Nerezová trubka o  $\varnothing$  45 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 1,000 m – 414 Kč
- Nerezová trubka o  $\varnothing$  30 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 1,000 m – 360 Kč
- Nerezový jekl 40 x 40 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 1,000 m – 440 Kč
- Nerezový jekl 36 x 36 mm, tloušťce stěny 2,5 mm a délce 1,000 m – 361 Kč

### 15.3 Spojovací materiál:

- Šrouby, matice, pružiny - 560 Kč

### 15.4 Ostatní:

- Ložiska, blinkry, plyn, nerezový plech na vidlici, dural, plast, ... – cca 6 000 Kč

### 15.5 Součet

V součtu jsme se dostali přibližně na 30 tis. Kč. Kdybychom do výroby počítali i časovou náročnost, tak si troufáme tvrdit, že bychom se také dostali k částce 90 tis. Kč a výš, což odpovídá pořizovací ceně již hotového pohonu.

## 15.6 Časová náročnost:

Na projektu jsme pracovali 1 školní rok. Celková časová náročnost odpovídá přibližně 320 hodinám (2měsíce) čisté práce.

Z toho:

- časy na strojní výrobu:  $\pm 50$  hodin
- 3D modeling  $\pm 70$  hodin
- 2D výkresová dokumentace  $\pm 25$  hodin
- Elektroinstalace  $\pm 50$  hodin
- Svařování, broušení, skládání, další výrobní procesy  $\pm 40$  hodin
- Finální sestavení, zapojení, oživení  $\pm 30$  hodin
- Ostatní  $\pm 55$  hodin



## 16 Závěr

Na projektu jsme pracovali po dobu jednoho roku. Během tvorby jsme museli překonat několik překážek, co se týče jednak mechanické konstrukce, ale i elektrického zapojení. V současnou chvíli již máme zhotovenou finální verzi výrobku.

V úvodu jsme si stanovili, že vyrobíme pohon, který bude mít hmotnost někde okolo 15 kg, což se nám podařilo splnit. Dalším naším cílem bylo seznámit vás s postupem výroby celého pohonu, jestli se nám tenhle požadavek splnil, tak to necháme čistě na Vašem úsudku.

Za náš tým jsme s výsledkem spokojeni. Doufáme, že konci roku budeme moci pohon hrdě předat Štěpánovi, který si jej určitě zaslouží.

## 17 Seznam Obrázku

Obrázek 1: První motorový vozík.[5] .....	10
Obrázek 2:Dnešní mechanický invalidní vozík.[6].....	11
Obrázek 3: Dřívější invalidní mechanický vozík s velkými koly v předu.[5] .....	11
Obrázek 4: Elektrický invalidní vozík s joystickem.[7].....	12
Obrázek 5: Joystick pro elektrický invalidní vozík [8] .....	12
Obrázek 6: Vozík Leveraged freedom chair.[9].....	13
Obrázek 7: První ruční kolo.[10].....	13
Obrázek 8: Silniční ruční kolo.[11].....	14
Obrázek 9: Horské ruční kolo.[12].....	14
Obrázek 10: Přídavná vidlice s pedály připevněná k invalidnímu vozíku.[13] .....	15
Obrázek 11: Plně elektrický přídavný pohon připojený k invalidnímu vozíku.[14].....	16
Obrázek 12: Pevný invalidní vozík [17] .....	17
Obrázek 13: Skládací invalidní vozík [16].....	17
Obrázek 14: Sestava pohonu - pohled zprava .....	18
Obrázek 15: Sestava vozíku - pohled zepředu .....	18
Obrázek 16: Model rámu.....	18
Obrázek 17: Vidlice předního kola vozíku .....	18
Obrázek 18: BLCD motor s třemi fázemi.[15] .....	19
Obrázek 19: Rotační oblasti třífázového BLCD motoru.[15] .....	20
Obrázek 20: Původní návrh baterie do rámu.....	21
Obrázek 21: Původní návrh baterie do rámu.....	21
Obrázek 22: Zvolená baterie s přichycením na rám.....	22
Obrázek 23: Ovládací prvek pohonu.....	23
Obrázek 24: Pohled na invalidní vozík s připojeným pohonem .....	24
Obrázek 25: Schéma zapojení hlavních komponent .....	24
Obrázek 26: První návrh konstrukce a zároveň kloubového řízení.....	25
Obrázek 27: Hliníkový profil použit v druhém návrhu konstrukce [18].....	26
Obrázek 28: Třetí návrh konstrukce.....	26
Obrázek 29: Finální návrh konstrukce zepředu.....	27
Obrázek 30: Finální návrh konstrukce zezadu .....	27
Obrázek 31: Detail řezu.....	28
Obrázek 32: Řez krkem řízení.....	28
Obrázek 33: Vidlice řízení Viz. Výkresová dokumentace: DPMZ – 4.A - 15.....	29
Obrázek 34: Držák brzdových třmenů .....	30
Obrázek 35: Elektromotor .....	30
Obrázek 36: Brzdový kotouč.....	30
Obrázek 37: Skládací řídítka .....	30
Obrázek 38: Přední světlomet .....	30
Obrázek 39: Blinkr .....	31
Obrázek 40: Model Blinkrů.....	31
Obrázek 41: Model řídítek .....	31
Obrázek 42: Model ovladače.....	31
Obrázek 43: Sestava krytu kontroléru .....	32
Obrázek 44: Kontrolér.....	32

Obrázek 45: Baterie.....	32
Obrázek 46: Držák baterie.....	32
Obrázek 47: Model sestavy pohonu– zleva.....	33
Obrázek 48: Model sestavy pohonu – zprava .....	33
Obrázek 49: Svarek vidlice a trubky $\varnothing$ 30 mm.....	34
Obrázek 50: Ložisko zalisované v ložiskovém domečku .....	35
Obrázek 51: Soustružení oběžného kroužku .....	35
Obrázek 52: Detail uchycení elektromotoru .....	35
Obrázek 53: zkušební osazení elektromotoru .....	35
Obrázek 54: Sestava krku řízení.....	35
Obrázek 55: Vymezovací podložka brzdového kotouče .....	36
Obrázek 56: Odkaz na video z 3D tisku.....	36
Obrázek 57: Průběh tisku na 3D tiskárně .....	36
Obrázek 58: Hotový výtisk držáku brzdového třmenu .....	36
Obrázek 59: Sestava pohonu - 2.....	37
Obrázek 60: Sestava pohonu - 1.....	37
Obrázek 61: Náskres elektromotoru .....	38
Obrázek 62: Vybraný elektromotor – 2. pohled.....	38
Obrázek 63: Vybraný elektromotor – 1. pohled.....	38
Obrázek 64: Měření otáček, směr dozadu .....	39
Obrázek 65: Měření otáček, směr dopředu .....	39
Obrázek 66: Tabulka správného používání baterie .....	39
Obrázek 67: 3D model baterie .....	40
Obrázek 68: 3D model držáku baterie.....	40
Obrázek 69: Zakoupená baterie.....	40
Obrázek 70: 3D model kontroléru.....	41
Obrázek 71: Zakoupený kontrolér.....	41
Obrázek 72. Nabíječka baterie .....	41
Obrázek 73: Ovládací panel .....	42
Obrázek 74: Pravý a levý bod uchycení prvního návrhu .....	43
Obrázek 75: První návrh upevnění.....	43
Obrázek 76: Druhý návrh upevnění .....	44
Obrázek 77. Detail třetího návrhu .....	45
Obrázek 78: Třetí návrh upevnění.....	45
Obrázek 79: Detail čtvrtého návrhu .....	45
Obrázek 80: Čtvrtý návrh upevnění .....	45
Obrázek 81: Měření tvrdosti HRB – před zatížení.....	47
Obrázek 82: : Měření tvrdosti HRB - výsledná tvrdost (26,3 HRB).....	47
Obrázek 83: Měření tvrdosti dle Shoreho .....	48
Obrázek 84: Kalibrační měření .....	48
Obrázek 85: Výsledná mez pevnosti .....	48
Obrázek 86: Hodnoty meze pevnost duralů [19] .....	48
Obrázek 87: Vyráběný návrh upevnění.....	49
Obrázek 88: Spodní díl modelu sestavy zadního dílu uchycení.....	50
Obrázek 89: Horní polovina modelu sestavy zadního dílu uchycení.....	50
Obrázek 90: Vyráběný pravý díl .....	51
Obrázek 91: Vyráběný levý díl .....	51

Obrázek 92: Vyráběná sestava upevnění .....	52
Obrázek 93: Plech vypálený pomocí laseru, který bude přivařen k svěrnému náboji a slouží pro zalisování čepu, na nějž se bude nasouvat střední díl .....	53
Obrázek 94: Střední díl .....	53
Obrázek 95: Hotová sestava západky .....	54
Obrázek 96: Plech vypálený pomocí laseru, který je přivařen k tyči řízení a slouží pro úhlové stavění pohonu.....	54
Obrázek 97: Špalíková brzda [20].....	55
Obrázek 98. Bubnová brzda [21] .....	55
Obrázek 99: Ráfková brzda [25] .....	56
Obrázek 100: Pásová brzda [23] .....	56
Obrázek 101: Kotoučová brzda [22] .....	58
Obrázek 102: Finální zapojení arduina .....	59
Obrázek 103: Arduino Pro Micro [24] .....	59
Obrázek 104: Kód pro funkci blinkrů .....	60
Obrázek 105: Celá sestava spojující vozík s pohonem .....	61
Obrázek 106: Spojovací kříž .....	61
Obrázek 107: Odkaz na detailní 3D rozpad .....	62
Obrázek 108: Zapojování elektroinstalace .....	62
Obrázek 109: Finální sestava pohonu .....	62
Obrázek 110: fréza válcová čelní – obrábění tvaru.....	65
Obrázek 111: Střední díl s vygenerovanými drahami .....	65
Obrázek 112: Průběh simulace obrábění – stř. díl.....	66
Obrázek 113: Vyvrtávací tyč – obrábění svislé díry $\varnothing 12\text{mm}$ .....	66
Obrázek 114: Konec simulace – tvar po obrobení – stř. díl.....	66
Obrázek 115: Odkaz na video ze simulace – střední díl .....	66
Obrázek 116: nástrčná fréza s výměnnými břity z SK – rovinné frézování.....	66
Obrázek 117: šroubovitý vrták – vrtání.....	66
Obrázek 118: Vygenerovaný kód pro CNC – stř. díl.....	67
Obrázek 119: Držák brzdového třmenu s vygenerovanými drahami.....	70
Obrázek 120: Konec simulace – tvar po obrobení – brzd. tř.....	71
Obrázek 121: Odkaz na video ze simulace – brzd. tř.....	71
Obrázek 122: průběh simulace obrábění – brzd. tř. ....	71
Obrázek 123: Vygenerovaný kód pro CNC – brzd. Tř. ....	72
Obrázek 124: Naměřená síla působící kolmo na západku (427 N).....	75
Obrázek 125: Nezatížený siloměr .....	75

## 18 Citace

[1] *Vzpřimovací elektrický vozík* [online]. Brno, 2011/12 [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=57892](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=57892). Diplomová. VUT. Vedoucí práce Doc. Ing. Michal Černý, CSc.

[2] Židle na kolečkách aneb novodobá historie invalidního vozíku. *Ozp.práce.cz* [online]. Praha: TAPIKO, 2018, 19.2.2018 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://ozp prace.cz/blog/zidle-na-koleckach-aneb-novodoba-historie-invalidniho-voziku/>

[3] Wheelchair. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022, 14.3.2022 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wheelchair>

[4] Motory BLDC. *Tme.eu: Electronic Components* [online]. Ostrava: TME, c2022 [cit. 2022-03-14]. Dostupné z: [https://www.tme.eu/cz/katalog/motory-bl dc\\_113710/](https://www.tme.eu/cz/katalog/motory-bl dc_113710/)

[5] Brzda [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Brzda>

## 19 Zdroje Obrázky

[5] První motorový vozík. *Stannah* [online]. Praha: Stannah, 2017, 29.11.2017 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://blog.stannah.cz/zivotni-styl/historie-prostredku-pro-osobni-mobilitu/>

[6] Dnešní mechanický invalidní vozík. *HELPmedikal* [online]. Praha: HELPmedikal, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.helpmedikal.cz/invalidni-mechanicke-voziky/ocelove/mechanicky-invalidni-vozik-basic>

[7] Elektrický invalidní vozík Optimus. *Meyra.cz* [online]. Praha: Meyra.cz, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/optimus-2-2322.html>

[8] Joystick pro invalidní vozík. *KrosMedical* [online]. Kundračice: KrosMedical, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.krosmedical.cz/joystick/1072-joystick-penny-giles.html>

- [9] Vozík Leveraged freedom chair. *World Design Organization* [online]. Canada: WDO, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://wdo.org/site-project/leveraged-freedom-chair/>
- [10] První ruční kolo. *Elektromagazine* [online]. Germany: Elektromag, 2019, 18.2.2019 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.elektromagazine.com/news/a-smarter-wheelchair>
- [11] Silniční ruční kolo. *Assistive Technology Australia* [online]. Australia: at-aust, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://at-aust.org/items/2639>
- [12] Horské ruční kolo. *ReActive Adaptions* [online]. USA: ReActive Adaptions, 2021 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://reactiveadaptions.com/bomber-rs-offroad-handcycle/>
- [13] Příkladná vidlice s pedály. *Teamhybrid* [online]. UK: teamhybrid, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://teamhybrid.co.uk/product/coyote-s11-clip-manual-handcycle-copy/>
- [14] Příkladný elektrický pohon. *SPIG* [online]. Slovakia: spig, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.spig.sk/produkt/elektricky-pohon-voziku/>
- [15] BLDC motor. *ADOC* [online]. Pardubice: ADOC, 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://adoc.pub/univerzita-pardubice-fakulta-elektrotechniky-a-informatiky-i1b58e9f15b09a5bc5f0cf75753a82b8238558.html>
- [16] Skládací invalidní vozík [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/smart-s-2370.html>
- [17] Skládací invalidní vozík [online]. 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/aviator.html>
- [18] Hliníkový profil použit v druhém návrhu konstrukce [online]. 2022 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <https://www.meyra.cz/aviator.html>
- [19] *Tabulka slitin duralu* [online]. [cit. 2022-04-24]. Dostupné z: <https://www.strojmetal.cz/tabulka-slitin>
- [20] Špalíková brzda [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0pal%C3%ADkov%C3%A1\\_brzda](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%A0pal%C3%ADkov%C3%A1_brzda)
- [21] Bubnová brzda [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Bubnov%C3%A1\\_brzda](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bubnov%C3%A1_brzda)

[22] Kotoučová brzda [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1\\_brzda](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kotou%C4%8Dov%C3%A1_brzda)

[23] Pásová brzda [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1sov%C3%A1\\_brzda](https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C3%A1sov%C3%A1_brzda)

[24] Fritzing forum Arduino Pro Micro [online]. [cit. 2022-04-25]. Dostupné z:  
<https://forum.fritzing.org/t/part-arduino-pro-micro-clone/10680>

[25] Brzda [online]. [cit. 2022-04-26]. Dostupné z:  
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Brzda>

## 20 Seznam příloh

SOUČÁST SPOJENÍ 1 – DPMZ – 4.A – 01

SOUČÁST SPOJENÍ 2 – DPMZ – 4.A – 02

SOUČÁST SPOJENÍ 3 – DPMZ – 4.A – 03

DR. BRZD. TRĚMENU Z. – DPMZ – 4.A – 04

DR. BRZD. TRĚMENU Z. – DPMZ – 4.A – 05

3. BOD. UCH. P. L. – DPMZ – 4.A – 06

3. BOD. UCH. P. – DPMZ – 4.A – 07

3. BOD. UCH. L. – DPMZ – 4.A – 08

3. BOD HORNÍ – DPMZ – 4.A – 09

3. BOD SPODNÍ – DPMZ – 4.A – 10

SOUČ. SP. ZÁPADKA – DPMZ – 4.A – 11

BOX KONTR. HORNÍ – DPMZ – 4.A – 12

BOX KONTR. SPODNÍ – DPMZ – 4.A – 13

VYMEZ. PODL. KOT. – DPMZ – 4.A – 14

VIDLICE – DPMZ – 4.A – 15

ZÁTKA TR. Ø30 – DPMZ – 4.A – 16

OKO – JEKLU – DPMZ – 4.A – 17

ZÁADKA JEKLU – DPMZ – 4.A – 18

DOMEČEK ZÁPADKY – DPMZ – 4.A – 19

VYMEZ. PODL. JEKL – DPMZ – 4.A – 20

TRUBKA JEKL – DPMZ – 4.A – 21

TRUBKA ZÁPADKA – DPMZ – 4.A – 22

ČEP ZÁPADKY – DPMZ – 4.A – 23

NAŘÍZNUTÁ TR. Ø35 – DPMZ – 4.A – 24

SESTAVA ÚCHYT – DPMZ – 4.A – 25

KUSOVNÍK SESTAVY ÚCHYTU – K – DPMZ – 4.A – 25

VYMEZ. KR. KULIČKA (1, 2) – DPMZ – 4.A – 26

KOLÍK – ZÁPADKA – DPMZ – 4.A – 27

SESTAVA ZÁPADKY – DPMZ – 4.A – 28

KUSOVNÍK SESTAVY ZÁPADKY – K – DPMZ – 4.A – 28

ZAJIŠŤÍ ZÁPADKY – DPMZ – 4.A – 29

SESTAVA ELEKTRO – DPMZ – 4.A – 30

SESTAV POHON – DPMZ – 4.A – 31

SESTAVA ŘÍDÍTKA – DPMZ – 4.A – 32

SESTAVA BRZD A VIDL. – DPMZ – 4.A – 33

KUSOVNÍK SESTAVY BRZD A VIDL – K – DPMZ – 4.A – 33

TRUBKA ø30 – 740 – DPMZ – 4.A – 34

SPODNÍ RSTENEC – DPMZ – 4.A – 35

SESTAVA ŘÍZENÍ – DPMZ – 4.A – 36

KUSOVNÍK SESTAVY ŘÍZENÍ – K – DPMZ – 4.A – 36

TRUBKA PŘEDSTAVCE – DPMZ – 4.A – 37

SESTAVA KRYCÍ PLECH – DPMZ – 4.A – 38



KRYCÍ PLECH – DPMZ – 4.A – 39

ČEP DRŽÁK. BATERIE – DPMZ – 4.A – 40

HORNÍ PRSTENEC – DPMZ – 4.A – 41

SESTAVA TR. Ø40-45 – DPMZ – 4.A – 42

DOM. OPĚR. KR. H. – DPMZ – 4.A – 43

LOŽISKOVÝ DOMEČEK – DPMZ – 4.A – 44

TR. Ø45-490 – DPMZ – 4.A – 45

DOM. OPĚR. KR. S. – DPMZ – 4.A – 46

SESTAVA VOZÍKU – DPMZ – 4.A – 47

KULIČKA ZÁPADKA – DPMZ – 4.A – 48