

České Vysoké Učení Technické v Praze

Fakulta Strojní

Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel



Konstrukce karosérie kabinového motocyklu

Design of cabin motorcycle body

Diplomová práce

Bc. Jan Cahyna

Praha, 2022

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cahyna** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **456803**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel**
Studijní program: **Dopravní a transportní technika**
Specializace: **Motorová vozidla**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Přestavba skútru na kabinový motocykl - konstrukce karosérie

Název diplomové práce anglicky:

Rebulding of scooter to cabin motorcycle - design of the body

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte konstrukční řešení karosérie kabinového motocyklu. Na podvozek skútru SUZUKI Burgmann umístěte jednomístnou uzavřenou kabinu. Respektujte při tom existující designový návrh a je-li to možné i předpisy pro uzavřené karosérie osobních vozidel. Postupné kroky řešení úkolu budou:

1. Rešerše možných způsobů řešení kabinového motocyklu.
2. Návrh mechanismu vyklápění opěrných koleček a jeho integrace do podvozku skútru.
3. CAD model konstrukčního řešení karosérie podle designového návrhu a s respektováním existujícího návrhu pohonného řetězce.
4. Prototypová dokumentace karosérie (rozdávací panelů + data jejich povrchu).

Seznam doporučené literatury:

Apetaur, Hanke Kejval, Rost Konstrukce karosérií a ráků - Karosérie, skriptum ČVUT 1989
Apetaur, Šimon, CD Basic Mechanics of Car-Body Design, EMAE study material, Praha 2010
Stuart Macey, Geoff Wadle: H Point The Fundamentals of Car Design and Packaging, Art Centre College of Design 2008
Dvořák, M.: Návrh pohonného řetězce jednostopého vozidla typu range extender. Diplomová práce FS ČVUT ústav 12120

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jan Baněček, Ph.D. ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **20.04.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **13.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jan Baněček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Oldřich Vitek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotační list

Jméno autora:	Jan Cahyna
Název:	Konstrukce karosérie kabinového motocyklu
Anglický název:	Design of cabin motorcycle body
Jazyk práce:	český
Akademický rok:	2021/2022
Studijní program:	(NDTT) Dopravní a transportní technika
Studijní obor:	(N071MVO) Motorová vozidla
Ústav:	Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel (12 120)
Vedoucí práce:	Ing. Jan Baněček, Ph.D.
Zadavatel práce:	Mgr. A. Peter Chládek, Ph.D.
Spolupracovník:	Ing. Martin Dvořák
Bibliografické údaje:	Počet stran: 66
	Počet obrázků: 63
	Počet tabulek: 5
	Počet příloh: 4

Anotace:

Tato diplomová práce v rešeršní části pojednává o konstrukčních řešeních existujících jednostopých kabinových vozidel. V návrhové části se zabývá návrhem stabilizačního podvozku, dále pak návrhem karosérie kabinového motocyklu vzniklého přestavbou skútru Suzuki AN 650 Burgman podle designové předlohy s ohledem na předpisy a pohonný řetězec.

Klíčová slova:

kabinový motocykl, dálník, feet forward, opěrná kolečka, stabilizační podvozek, range extender

Abstract:

This diploma thesis deals with existing construction solutions of cabin one-track vehicles. In design part deals with designing a retractable undercarriage, moreover with designing a bodywork of a motorcycle created by rebuilding scooter Suzuki AN 650 Burgman according to design template, regulations and drive chain.

Keywords:

cabin motorcycle, cabinbike, feet forward, side wheels, landing gear, range extender

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a ve spolupráci se zadavatelem práce a kolegou Ing. Martinem Dvořákem a na základě doporučených podkladů a literatury.

V Praze dne

Podpis

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu práce Ing. Janu Baněčkovi, Ph.D. za cenné rady a konstruktivní připomínky, poskytnuté materiály a trpělivost, panu Mgr. A. Peteru Chládkovi, Ph.D. za poskytnutou příležitost a za ochotu a součinnost při tvorbě práce a samozřejmě velmi děkuji rodině, přítelkyni a přátelům za psychickou, fyzickou i finanční podporu při studiu, bez které by to prostě nešlo.

Obsah

1. Úvod	9
2. Teoretická část	10
2.1. Popis.....	10
2.2. Historie	10
2.2.1. Gyrocar.....	10
2.2.2. Mauser/Monotrace	11
2.2.3. Dálník	12
2.2.4. NSU Baum.....	13
2.2.5. Gyro-X.....	13
2.3. Současnost.....	14
2.3.1. Peraves	14
2.4. Zhodnocení	16
3. Praktická část.....	17
3.1. Zadání	17
3.2. Volba platformy	17
3.2.1. Vizuální porovnání rámu maxiskútrů	18
3.2.2. Porovnání rozměrů maxiskútrů	20
3.3. Přibližný výpočet hmotnostní rezervy.....	21
3.3.1. Korekce hmotnostní rezervy	22
3.4. Tvorba rámu.....	23
3.5. Měření a výpočet těžiště	26
3.5.1. Měření	27
3.5.2. Výpočet.....	27
3.5.3. Přepočtení polohy těžiště pro plně obsazené vozidlo	29
3.5.4. Přepočtení polohy těžiště pro vozidlo s řidičem	30
3.6. Dílčí zhodnocení	30
3.7. Výchozí stav práce.....	31
3.8. Návrh mechanismu stabilizačního podvozku	33
3.8.1. Mechanismus Peraves	33
3.8.2. Vlastní mechanismus.....	34
3.8.2.1. Verze 1.....	34
3.8.2.2. Verze 2.....	35
3.8.3. Návrhové výpočty	37

3.8.4. Rameno kolečka	40
3.9. Ergonomie.....	42
3.9.1. Poloha sezení řidiče	43
3.9.2. Obálka řidiče.....	44
3.9.3. Výhled z místa řidiče.....	45
3.10. Designová studie.....	47
3.10.1. Úvodní designový koncept	47
3.10.2. První iterace designu.....	48
3.10.3. Druhá iterace designu.....	49
3.11. Tvorba karosérie.....	50
3.11.1. Pracovní skica	51
3.11.2. Pracovní CAD model karosérie	51
3.11.3. CAD model karosérie	53
3.11.3.1. Dveře.....	54
3.11.3.2. Panely karosérie	56
3.12. Porovnání sledovaných údajů	58
3.13. Kompletní sestava v barvě designového návrhu.....	60
4. Závěr.....	61
5. Použité zdroje.....	62
5.1. Seznam obrázků	64
5.2. Seznam tabulek	66
5.3. Seznam příloh	66



1. Úvod

Aktuálním trendem ve společnosti je hledání alternativních pohonů vozidel za účelem snížení produkce emisí spalin. Toto hledání je však mnohdy nelogicky doprovázeno trendem rozměrově i hmotnostně velkých vozidel, přičemž obsazenost bývá dva, častěji však jeden člověk.

Cílem práce je návrh karosérie jednostopého kabinového vozidla s hybridním pohonem podle zadání zadavatele práce, jenž bude sloužit k individuální osobní dopravě především po městě, například do zaměstnání. Toto vozidlo vznikne na základě již existujícího jednostopého vozidla nahrazením originálního pohonného ústrojí hybridním řetězcem typu Range-extender, úpravou rámu na kabinovou koncepci a přidáním nezbytného příslušenství pro stabilizaci a pro komfort.

Návrhem hybridního pohonného řetězce, výběrem komponent, jejich rozmístěním a přenosem krouticího momentu na zadní kolo se zabývá diplomová práce mého kolegy Ing. Martina Dvořáka.



2. Teoretická část

2.1. Popis

Kabinový motocykl je jednostopé vozidlo spojující vlastnosti automobilu a motocyklu. Je opatřeno, narozdíl od motocyklu, kabinou chránící řidiče před nepřízní počasí a do jisté míry zvyšuje bezpečnost při případných nehodách. Kabina je buďto uzavřená, nebo polouzavřená. V případě uzavřené kabiny je nezbytné použít stabilizační systém pro malou a nulovou rychlost, jež nahrazuje vykročení nohou. Narozdíl od automobilu má menší čelní plochu a s použitím karosérie s nízkým koeficientem odporu vzduchu dovoluje ekonomickou jízdu, nebo dosažení vysoké maximální rychlosti. Jízdní pozice řidiče je ve většině případů jako v automobilu, tedy nohy jsou vpředu po směru jízdy. V anglicky mluvících zemích se pro tuto pozici na motocyklu zažil název feet forward.

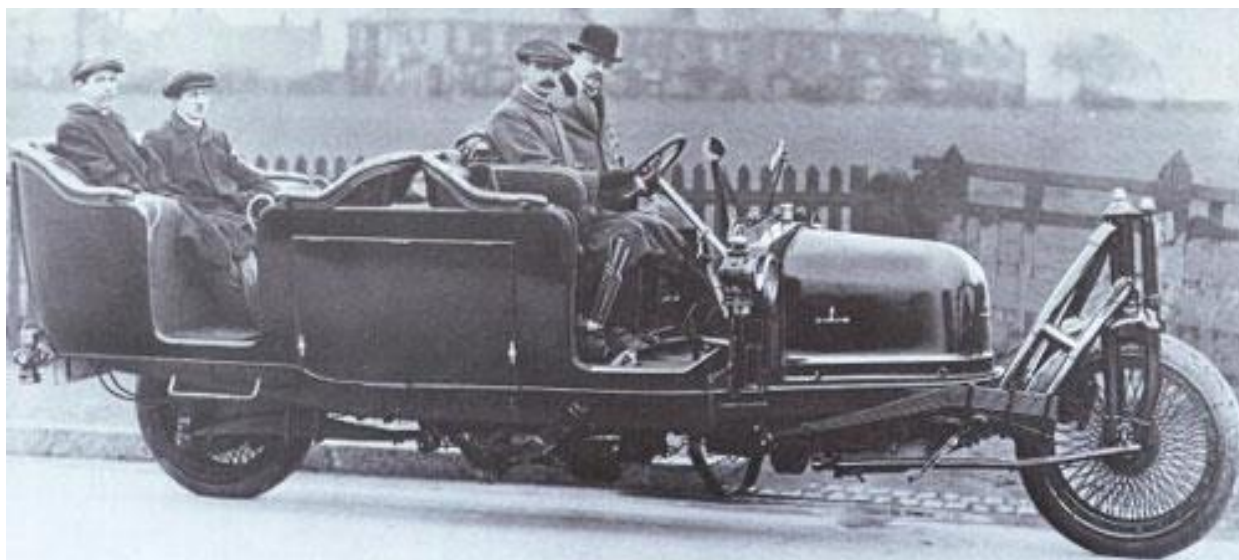
2.2. Historie

2.2.1. Gyrocar

První zmínku o kabinovém motocyklu můžeme datovat do roku 1912, kdy ruský hrabě Petr Šilovský navštívil tehdy přední, úspěšnou anglickou společnost Wolseley Tool and Motorcar Company a zde prezentoval své návrhy na gyroskopem vyvažované motorové vozidlo pohybující se pouze na dvou kolech. S vidinou vojenských kontraktů připisoval hrabě svému vynálezu řadu vlastností, jež předčí konvenční automobil. Jakmile byl tzv. Gyrocar postaven, ukázalo se, že jde o těžkopádný stroj. To však zůstalo v pozadí faktu, že princip vyvažování gyroskopem se ukázal jako funkční.

Gyrocar vážil 2,75 tuny a byl poháněn motorem Wolseley o výkonu 20 koní. Setrvačnick vážil 300 kg, byl poháněn elektromotorem a využíval systému naklápění pro usnadnění zatáčení.

Přes počáteční úspěchy se po propuknutí první světové války v roce 1914 společnost Wolseley začala věnovat válečné výrobě. Po řadu let Gyrocar ležel opuštěný v továrně a ředitelé společnosti se rozhodli ho zbavit pohřbením pod zem. V roce 1938 však rozhodli o vykopání vozidla a umístění jej do podnikového muzea, aby o 10 let později hodili vozidlo do šrotu. [1]



Obrázek 1: Gyrocar [1]

2.2.2. Mauser/Monotrace

Mauser Einspurauto navrhl německý konstruktér Gustav Winkler v roce 1921, objevující se s produkčními modely v roce 1924. Byl poháněn motorem BMW M2B15. Prodejům se moc nedařilo, a tak Mauser prodal výrobní práva společnosti Établissements Monotrace S.A., která vozidlo vyráběla od roku 1926 pod názvem Monotrace. Ten samý rok konstruktér Joseph-August Roten převzal vedení podniku, který poté v roce 1928 ukončil výrobu tohoto vozidla. [2] [3]

Byl to motocykl se dvěma postranními kolečky, která se za jízdy mechanicky zvedala. Stroj měl karosérii automobilového typu a skládací plátěnou střechu. Opěrný podvozek byl ovládán manuálně do tří rozdílných poloh. [4]



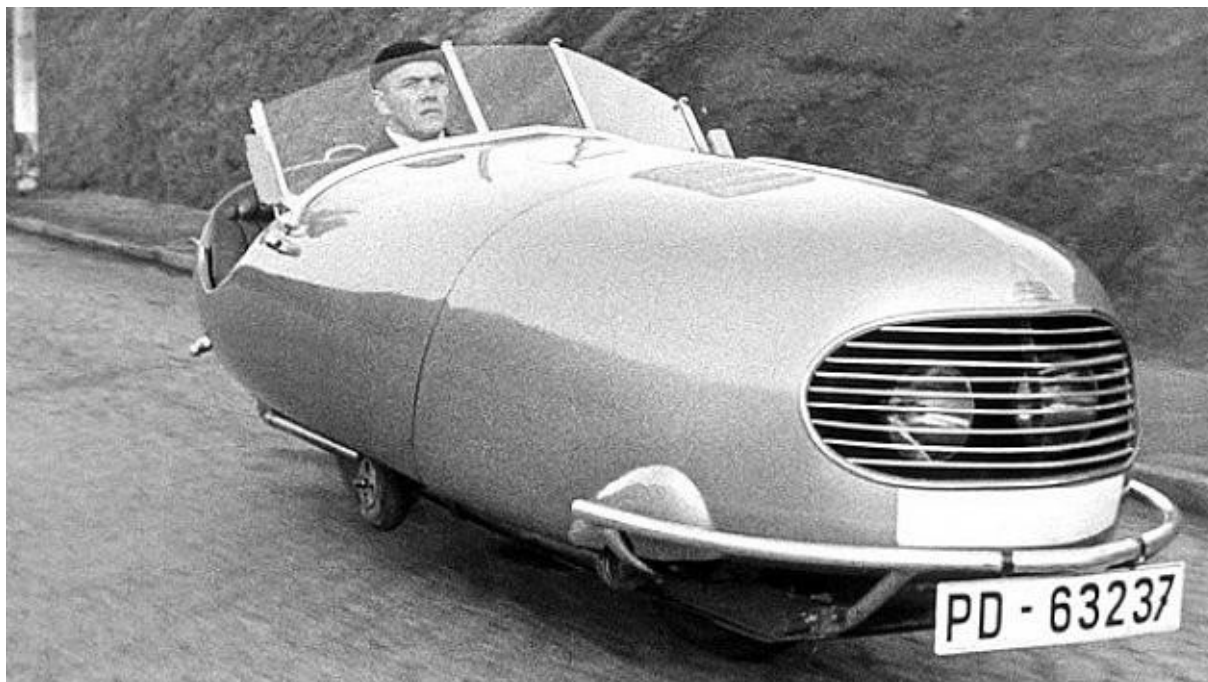
Obrázek 2: Mauser Einspurauto [4]



2.2.3. Dálník

Jan Anderle byl rodákem z moravského Vyškova, kde se narodil v roce 1900. V roce 1921 nastoupil do vojenské služby v Olomouci, během ní absolvoval leteckou školu v Chebu a v Prostějově také pilotní výcvik. V roce 1929 se stal zkušebním pilotem a této profesi zůstal věrný až do války. Ještě ale před jejím vypuknutím se začal věnovat lehkým strojům s motocyklovým motorem, kterým dal jméno Dálník. Jeho výrobek dosahoval rychlosti 120 km/h při spotřebě 4,5 litrů benzínu. Měl otevřenou dvousedadlovou karosérii od firmy Sodomka, k řízení sloužila motocyklová řídítka a postranní opěrná kolečka pro stabilitu při stání, rozjíždění a zastavování. Ovládala se ruční nebo nožní pákou pro zjednodušení řízení, a tím se lišil od německého Mauser Einspurauto. Poháněn byl dvoudobým dvouválcem Jawa Minor o výkonu 20 koní.

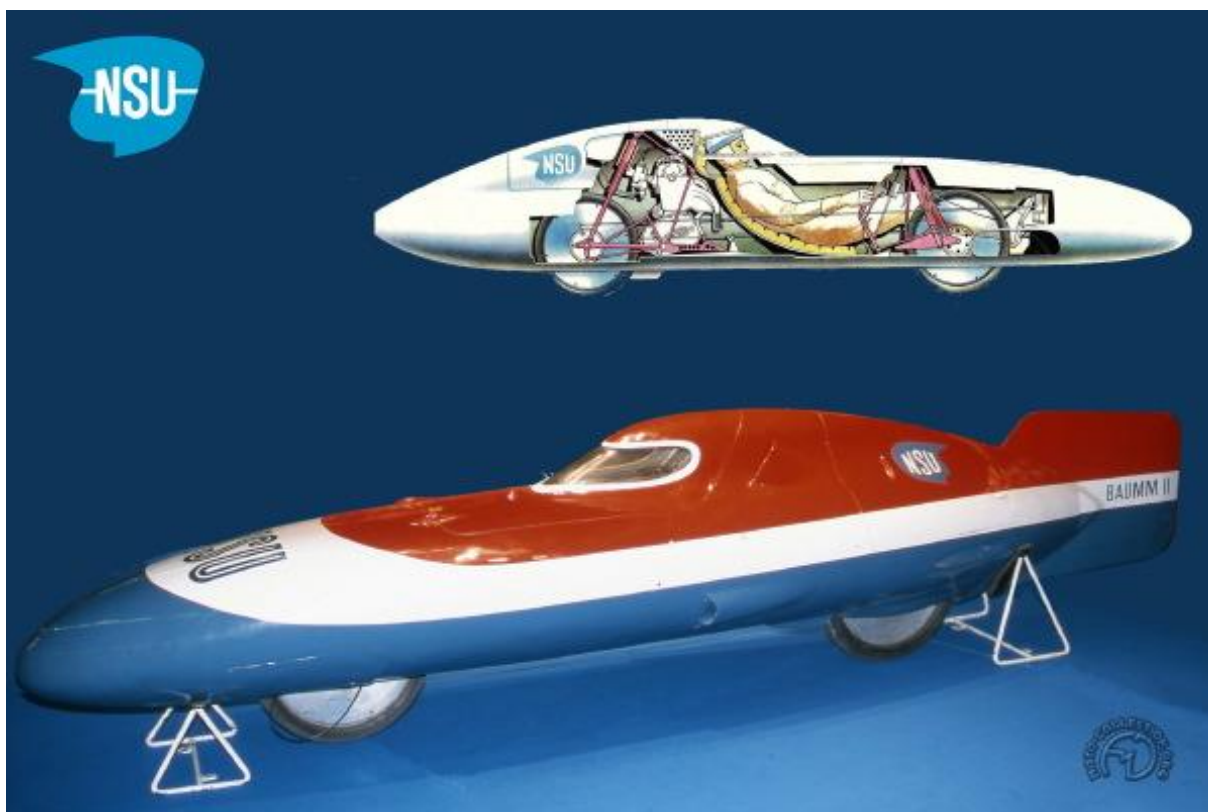
Při obchodní cestě v roce 1948 dopravil letadlo Aero 45 do Francie, kde byl továrníkem Riebelem požádán o zaučení k letadlu, a tak se pan Anderle zdržel déle, aniž by měl v té době již nutné povolení továrny. V roce 1951 se vrátil do Československa, kde byl zatčen, obviněn ze špionáže a odsouzen k trestu smrti, poté změněnému na 15 let vězení, které si odpracoval v uranovém dole a na stavbě Lipenské přehrady. Po propuštění měl zakázáno létat, a tak se vrátil ke stavbě dálníků. Jakožto s "nepřítelem státu" s ním odmítaly jednat továrny Jawa a ČZ a z toho důvodu se dálníku nedostalo vývoje a financí na spuštění sériové výroby. V roce 1967 Jan Anderle emigroval. V zahraničí se seznámil se švýcarským pilotem Arnoldem Wagnerem, se kterým spolupracoval na vývoji dálníků. [4]



Obrázek 3: Dálník pana Anderleho [4]

2.2.4. NSU Baumm

Gustav Adolf Baumm byl německý grafický designér a závodník. Inspirován rychlostními rekordy značky NSU navrhl spolupráci této značce na motocyklu, ve kterém je posez nohama napřed a agregát za sedadlem řidiče. Touto koncepcí spolu s aerodynamickou kapotáží dosáhl vysoce aerodynamického tvaru. Vytvořil Baumm I. s objemem motoru 50 cm³ a Baumm II. s objemem 100 cm³. S těmito stroji překonal 11 rychlostních rekordů v roce 1954. Kritici i přes úspěchy vyčítali design, co se bezpečnosti týče. Baumm chtěl demonstrovat ovladatelnost a bezpečnost v roce 1955 na Nürburgringu, kde ovšem vyjel z dráhy a při nárazu do stromu přišel o život. [5]



Obrázek 4: NSU Baumm [6]

2.2.5. Gyro-X

Vůz jménem Gyro-X se poprvé předvedl v roce 1967 na autosalonu v New Yorku. Konstruktor Alex Tremulis o autě tvrdil, že dokáže uhánět rychlostí až 200 km/h a zvládne projet pod úhlem až 40 stupňů. Na to mu měl stačit vzadu uložený vodou chlazený řadový čtyřválec z Mini Cooperu, který produkoval 80 koní výkonu na zadní kolo. O stabilitu dvoukolového vozu se staral hydraulicky poháněný gyroskop, který byl umístěn v dlouhé přídi před řidičem. Uvnitř měl



setrvačnick váží přes 100 kg, jenž rotoval kolem své osy rychlostí 3000 otáček za minutu. Pomocí pohyblivého ramene připojeného na kardanův závěs pak řídicí systém ovládal úhel otáčení setrvačnicku. Tím vyvažoval auto. Podle dobových záznamů sice auto mohlo jet teoreticky rychlostí 200 km/h, ale při zhruba 115 km/h se už stávalo prakticky neovladatelným a velmi nebezpečným. Kvůli nutným investicím do dalších úprav firma v roce 1970 zkrachovala. [7]



Obrázek 5: Gyro-X [7]

Podobný koncept s vyvažováním gyroskopem pod názvem Gyron vytvořila značka Ford už v roce 1961. Ten pro své velké výrobní náklady a konstrukční a jízdní nedostatky zůstal rovněž u prototypu. [8]

2.3. Současnost

2.3.1. Peraves

V současnosti jediný výrobce kabinových motocyklů na světě, který pokračuje v malosériové výrobě už od sedmdesátých let minulého století, je švýcarská firma Peraves. Jejím zakladatelem je výše zmíněný Arnold Wagner, který začal spolupracovat s Janem Anderlem. V roce 1976 vzniká dálník s rámem z ocelových trubek a sklolaminátovou karosérií. Ten zanedlouho střídá dálník s již samonosnou kompozitovou karosérií určený pro větší série nazvaný Peraves W-18 R100 OEMIL. Krátce po jeho vzniku Jan Anderle zemřel. Stroj prošel mnoha zkouškami a úpravami, jež sloužily jako základ pro přípravu sériové výroby nového typu s motorem BMW řady K. V roce 1985 následoval další model Peraves W-18 K5 Ecomobile, jehož tvar a stavba se stala základem pro všechny následující vyrobené kusy.



V roce 1991 začala spolupráce mezi švýcarskou firmou Peraves AG a brněnskou firmou vedenou Gustavem Procházkou. To dalo vzniknout v roce 1994 firmě Bohemia Mobil s.r.o. a následně v roce 2009 společnosti Peraves CZ. Dnes se značná část dílů Peravesu vyrábí v České republice, v Brně Medlánkách.

V roce 2005 přišel švýcarský student Tobias Wuelser s myšlenkou rekonstrukce Ecomobilu, jehož tvar se nezměnil už dvacet let. Výsledek rekonstrukce dostal jméno Monotracer a s tím i modernější vzhled. I nový model používá motory a některé podvozkové díly z motocyklů BMW řady K. Motor je řadový čtyřválec chlazený kapalinou objemu 1171 ccm s rozvodem DOHC o výkonu 116 koní při 8 000 ot/min, maximální krouticí moment je 120 Nm při 5 750 ot/min. Převodovka je pětistupňová motocyklového typu, ale upravená tak, že má čtyři převodové stupně plus zpětný chod. Sekundární převod je řešený hřídelem. Na přelomu let 2008 a 2009 je do Monotraceru montován také čistě elektrický pohon od firmy AC Propulsion o výkonu 204 až 268 koní. Dojezd elektrické verze činí 330 km. [4]



Obrázek 6: Peraves W-18 Oekomobil [9]



Obrázek 7: Peraves Monoracer [10]

2.4. Zhodnocení

Z historických pokusů je patrné, že stabilizace kabinového motocyklu pomocí gyroskopu není zcela vhodná, a to z několika důvodů. Jedná se o velikou přidanou zátěž, kdy je stejně potřeba vozidlo vybavit stabilizačními kolečky pro případy, kdy se gyroskop netočí. Je nutné gyroskop naklápět pro usnadnění zatáčení a vyladění tohoto mechanismu pro zachování jízdních vlastností je náročné. Při nehodě může roztočený setrvačnický gyroskopu zvětšit škody, není zcela jasné, jak se bude vozidlo při srážce chovat.

Levnější a jistější variantou stabilizace jsou přídavná kolečka, která lze využít jako ochranu karosérie při pádu do boku, a také jako třetí opěrný bod pro návrat do svislé polohy, jako je tomu u kabinového motocyklu značky Peraves. Nejlevnější variantou je pak vysunutí nohou řidiče, jako je tomu u běžného motocyklu nebo skútru. Výhodou je, že stabilizace je přímo spojena s reakcí řidiče, nevýhodou je nemožnost plně uzavřené kabiny a tím pádem neúplné odstínění povětrnostních vlivů a nemožnost použití komfortních zařízení, například klimatizace.

Z historie také můžeme vidět, že výroba u mnoha společností zůstala jen ve fázi prototypů. Nemožnost zavedení velkosériové výroby je zřejmě dána malou poptávkou na trhu, pro kterou se nákladný vývoj nevyplatí. Nevýhodou kabinového motocyklu jsou de facto výhody běžného automobilu, jako je prostor pro více cestujících, větší objem zavazadlového prostoru a není nutná dodatečná stabilizace. Naproti tomu kabinový motocykl disponuje nízkou spotřebou a s tím spojenou nízkou produkcí emisí, menšími nároky na plochu parkovacího místa a celkově více vyhovuje současnému trendu osobní dopravy, kdy řidič využívá vozidlo sám k dopravě například do zaměstnání.



3. Praktická část

3.1. Zadání

Představou zadavatele je vytvořit plně kapotovaný kabinový motocykl pro jednu osobu s hybridním pohonem typu Range-Extender. Stabilizace v klidovém stavu bude řešena opěrnými kolečky.

3.2. Volba platformy

Kompletní vývoj a následný homologační proces schvalování vozidla by byly značně nákladné, a tudíž by měl být postaven na základě již existujícího jednostopého vozidla.

Při výběru základu pro přestavbu jsem se řídil především tvarem originálního rámu. Ten by měl mít nízkou stavbu, protože přidáním kabiny dojde ke zvýšení těžiště oproti základnímu stavu, což bude mít za následek změnu jízdních vlastností, pravděpodobně k horšímu. Dále by měl rám splňovat požadavek na proveditelnou vestavbu alternativního pohonu. Tím se rozumí vhodný typ rámu, který dovoluje dodatečné úpravy, například navaření úchytů. Vhodnější se tedy jeví ocelový trubkový rám oproti například hliníkovému rámu se zespol zavěšeným motorem (deltabox).

Z dostupných kategorií jednostopých vozidel jsem zvolil kategorii tzv. maxiskútrů. Ty svými rozměry, jízdní pozicí a nízkou stavbou rámu odpovídají požadavkům. Z této kategorie jsem vybral čtyři modely různých značek a provedl jejich porovnání a vyhodnocení.

3.2.1. Vizuální porovnání rámců maxiskútrů



Obrázek 8: Honda FJS 600 Silver Wing [11]



Obrázek 9: Yamaha T-Max [11]



Obrázek 10: Suzuki AN 650 Burgman [11]



Obrázek 11: BMW C 650 GT [12]



3.2.2. Porovnání rozměrů maxiskútrů

	Honda FJS 600 Silver Wing (2008) [13]	Yamaha T-max (2008) [14]	Suzuki AN 650 Burgman (2008) [15]	BMW C 650 GT (2012) [16]
Rozvor [mm]	1595	1580	1595	1591
Celková délka [mm]	2275	2195	2260	2218
Celková šířka [mm]	770	775	810	915
Celková výška [mm]	1430	1445	1430	1411
Výška sedla [mm]	740	800	750	810
Suchá hmotnost [kg]	218	203	238	241
Pohotovostní hmotnost [kg]	247	218	277	261

Tabulka 1: Porovnání rozměrů maxiskútrů

Vyhodnocení

V tabulce je přehled rozměrů a hmotností, přičemž nejzásadnější pro mě jsou výška sedla (od země) a hmotnosti. Větší hmotnost je pro mě paradoxně lepší, jak bude uvedeno dále. Yamaha T-Max je nejlehčí, má druhou nejvyšší výšku sedla a má zespod zavěšený agregát, tedy pro mé účely není vhodný. Honda FJS 600 nemá příliš vhodnou zadní (podsedlovou) část rámu. Ze zbývajících dvou mají shodně oba skútry demontovatelný zadní podsedlový rám, což bude přínosem pro další práci. Suzuki AN 650 má níž položené sedlo a suchá hmotnost je oproti BMW jen o 3 kilogramy menší. Jako kritérium rozhodování sloužila i cena na trhu ojetých vozidel, kterou zde neuvádím, avšak byla ve prospěch Suzuki. Jako platformu volím Suzuki AN 650.



3.3. Přibližný výpočet hmotnostní rezervy

Účelem přibližné hmotnostní rezervy je zjistit přebytek hmotnosti, do kterého by se po odečtení a přičtení všech dílčích součástí měla vejít hmotnost pohonného celku Range-Extenderu, karosérie a stabilizačního podvozku tak, aby nedošlo k překročení největší technicky přípustné (celkové) hmotnosti zvoleného skútru. Jelikož je kabinový motocykl koncipován jako jednosedadlový, hmotnost spolujezdce je shodná s řidičovou a je ve prospěch rezervy. Postup výpočtu jsem odvodil dle definic hmotností, viz. níže.

Výpočet:

$$\text{Celková hm.} - (\text{Pohotovostní hm.} + \text{Řidič} + \text{Zavazadla} - \text{Motor} - \text{Palivová soustava})$$
$$460 - (277 + 90 + 20 - 50 - 39) = 162 \text{ kg}$$

Největší technicky přípustná (celková) hmotnost = 460 kg	
Pohotovostní hmotnost = 277 kg	
Suchá hmotnost = 238 kg	
Přičítám	Odečítám
Řidič s výstrojí = 90 kg	Motor = 50 kg
Zavazadla = 20 kg	Palivová soustava = 39 kg
	(Spolujezdec s výstrojí = 90 kg)
Hmotnostní rezerva = 162 kg (R-E, karosérie, stab. podvozek)	

Definice největší technicky přípustné hmotnosti (celkové):

Celková hmotnost je součet pohotovostní a užitečné hmotnosti. Je to tedy hmotnost vlastního vozidla se všemi provozními náplněmi, plně naloženým zavazadlovým prostorem a s maximálním počtem cestujících. [17]

Definice pohotovostní hmotnosti:

Pohotovostní hmotnost vozidla je částí celkové hmotnosti vozidla. Je to hmotnost kompletně vybaveného vozidla s předepsanou výbavou, nářadím a s plnou zásobou provozních hmot. Do pohotovostní hmotnosti se zahrnují i hmotnosti pomocných nebo pracovních zařízení k vozidlu trvale připojených.



Naopak se do pohotovostní hmotnosti nezahrnuje hmotnost posádky ani nákladu. [18]

Definice užitečné hmotnosti:

Užitečná hmotnost je částí celkové hmotnosti vozidla. Je to souhrnná hmotnost osob a nákladu, který lze do vozidla naložit. [19]

Definice suché hmotnosti:

Suchá hmotnost je hmotnost samotného vozidla se standardní výbavou a bez provozních náplní, tzn. bez paliva, maziva, chladících kapalin. Nejčastěji se uvádí suchá hmotnost u motocyklů, závodních aut nebo jednotlivých částí automobilu, např. suchá hmotnost převodovky. [20]

3.3.1. Korekce hmotnostní rezervy

Z této hmotnostní rezervy již mohu odečíst hmotnosti jednotlivých komponent vybraných kolegou Ing. Martinem Dvořákem, jehož práce částečně předcházela mé práci, a která slouží jako výchozí stav pro tvorbu karosérie a stabilizačního podvozku. Pro započítání hmotnosti využiji tabulky 13 jeho práce a prostým součtem a odečtem získám rezervu na hmotnost karosérie.

	Vzdálenost od osy předního kola [mm]	Hmotnost [kg]
Generátor	345	9
Spalovací motor	572	32
Baterie	617	31
Výklopná kolečka	905	12
Trakční motor	1024	15
Řidič	1190	90
Elektrické měniče	1350	14

Tabulka 2: Data pro výpočet těžiště [21]

Výpočet:

$$162 - (9 + 32 + 31 + 12 + 15 + 14) = 49 \text{ kg}$$



3.4. Tvorba rámu

Pro další postup v práci byla nezbytná reprodukce originálního rámu v CAD softwaru. Pro naše práce jsme se s kolegou Ing. Martinem Dvořákem dohodli na softwaru Autodesk Inventor 2020. Zde si dovoluji zasadit práci do kontextu doby, do roku 2020, kdy panovala značná omezení v důsledku SARS CoV 2 a neměl jsem možnost změřit rám osobně a CAD model skútru nebyl na internetu, ani od českého zastoupení Suzuki dostupný. Rozhodl jsem se pro metodu přenášení měřítek ze série fotografií.

Metoda funguje na principu, že známý nebo určitelný rozměr dílčí části skutečného skútru je potřeba najít na fotografii ideálně v rovině kolmé na osu fotoaparátu. Pomocí hodnoty rozměru části je pak možné fotografii v CAD softwaru škálovat na odpovídající měřítko a následně je možné odečítat rozměry v blízkosti zmíněné kolmé roviny k ose fotoaparátu. Pokud dílčí část neleží v rovině fotografie, výsledný rozměr je značně nepřesný, nebo složitě zjištělný. Z toho důvodu je potřeba série fotografií jedné součásti z různých úhlů. Pro mé účely jsem použil fotografie z internetových inzertních portálů. Metoda není absolutně přesná, ale pro účely práce je dostačující.

Postup tvorby rámu

Na níže uvedených obrázcích je proveden postup 3D náčrtu poloviny rámu. Pomocí zrcadlení a funkce vložení rámu v Autodesk Inventor je následně dotvořen celý rám.

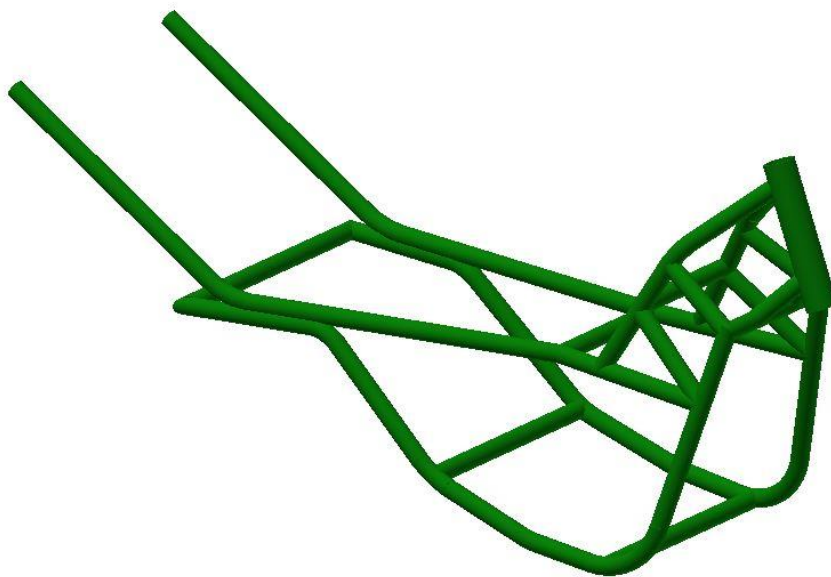
1) Škálování obrázku



Obrázek 12: Postup tvorby rámu 1

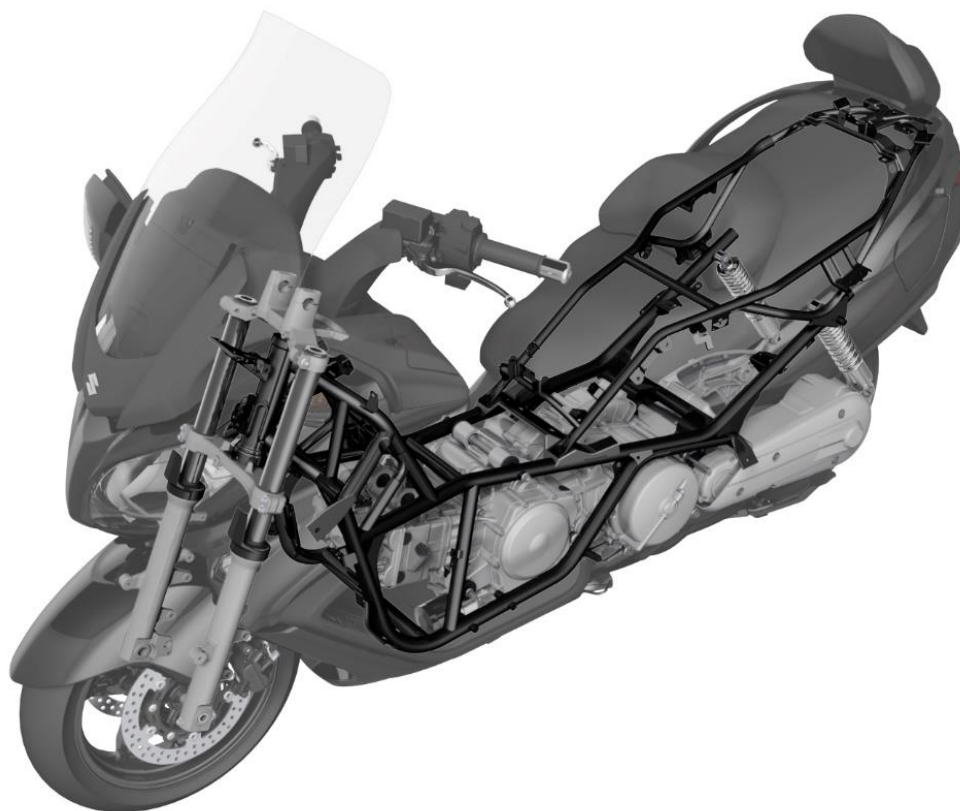


4) Výsledný CAD model rámu



Obrázek 15: Postup tvorby rámu 4

Detailní obrázek rámu od výrobce



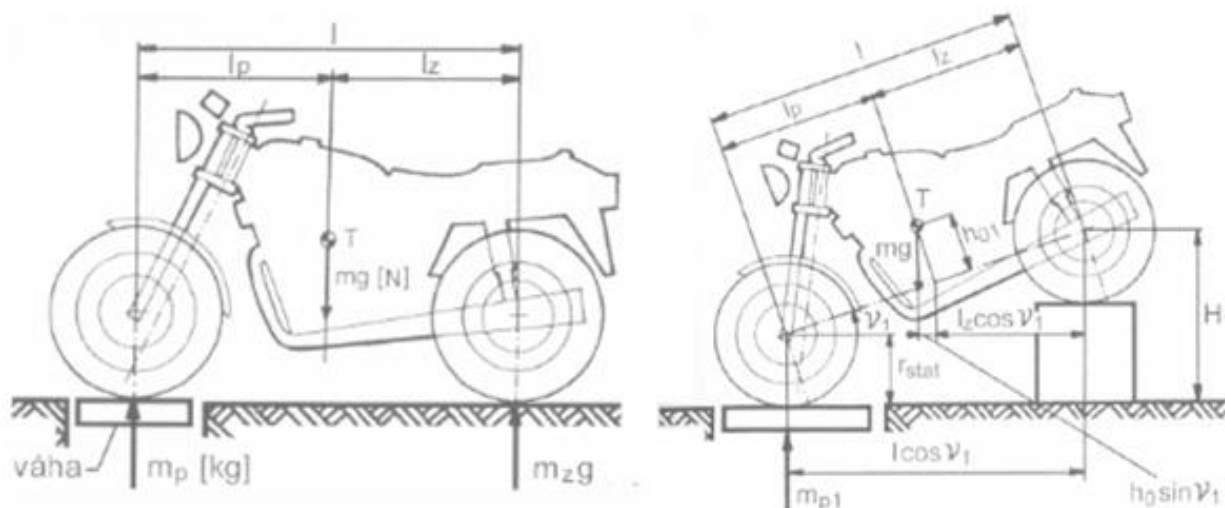
Obrázek 16: Suzuki AN 650 Rám [22]

3.5. Měření a výpočet těžiště

Pro zachování jízdních vlastností je nezbytné zachování polohy těžiště originálního vozidla, pro kterou jsou dimenzovány parametry, např. geometrie řízení. Výrobce skútru údaje o poloze těžiště neuvádí, a proto bylo nutné je experimentálně zjistit.

Použil jsem metodu vážení ve vodorovné a vyvýšené poloze, která spočívá v naměření hmotnosti pod jednotlivými koly motocyklu na vodorovné ploše, z čehož lze výpočtem stanovit vodorovnou souřadnici těžiště a poté s definovanou podložkou pod neváženým kolem stanovit svislé souřadnice těžiště. Vlivem podložky pod kolem se změní hmotnost na váženém kole a s pomocí známých hodnot, jako je rozvor, výška podložky, průměr kol atp., lze stanovit souřadnice. Pro přesnější hodnoty je nutné zaaretovat odpružení. Schéma měření je znázorněno graficky na obrázcích 17 a 18 níže.

Pro účely měření mi vybraný skútr Suzuki Burgman 650 laskavě zapůjčil Ing. Aleš Drnda. Vzhledem k zapůjčení jsem nechtěl stroj modifikovat, odpružení jsem ponechal volné. V kontextu přesností ostatních určovaných hodnot je přesnost přijatelná. Měřeno digitální osobní váhou. Další z neinvazivních měření byla nepřímo změřená pohotovostní hmotnost bez řidiče a dále světlá výška.



Obrázek 17: Schéma měření ve vodorovné a výškové poloze [23]



Obrázek 18: Vlastní měření osobní váhou

3.5.1. Měření

m_{vp}	123,5	kg	vodorov., přední
m_{vz}	152	kg	vodorov., zadní
m_{sp}	126,8	kg	svislá, přední
m_{sz}	156,3	kg	svislá, zadní
h_{pod}	0,2	m	podložka
h_v	0,023	m	výška váhy
l	1,595	m	rozvor
120/70	R15	mm, palce	rozměr přední
160/60	R14	mm, palce	rozměr zadní

Tabulka 3: Naměřené hodnoty pro výpočet těžiště

3.5.2. Výpočet

$$m_{sk} = m_{vp} + m_{vz} = 123,5 + 152 = 275,5 \text{ kg}$$

$$R_p = 120 \cdot 0,7 + \left(\frac{15 \cdot 25,4}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 0,2745 \text{ m}$$



$$R_z = 160 \cdot 0,6 + \left(\frac{14 \cdot 25,4}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 0,2738 \text{ m}$$

$$v_1 = \sin^{-1} \left(\frac{h_{pod} - h_v}{l} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{0,2 - 0,023}{1,595} \right) = 0,111201^\circ$$

$$v_2 = \sin^{-1} \left(\frac{h_{pod} - h_v}{l} \right) = \sin^{-1} \left(\frac{0,2 - 0,023}{1,595} \right) = 0,111201^\circ$$

$$l_z = \frac{m_{vp} + m_{sk}}{l} = \frac{123,5 + 275,5}{1,595} = \mathbf{0,715 \text{ m}} \quad \text{souřadnice } x_T \text{ od zadní osy}$$

$$l_p = \frac{m_{vz} + m_{sk}}{l} = \frac{152 + 275,5}{1,595} = \mathbf{0,88 \text{ m}} \quad \text{souřadnice } x_T \text{ od přední osy}$$

$$l_{kontrolní} = l_z + l_p = 0,715 + 0,88 = 1,595 \text{ m}$$

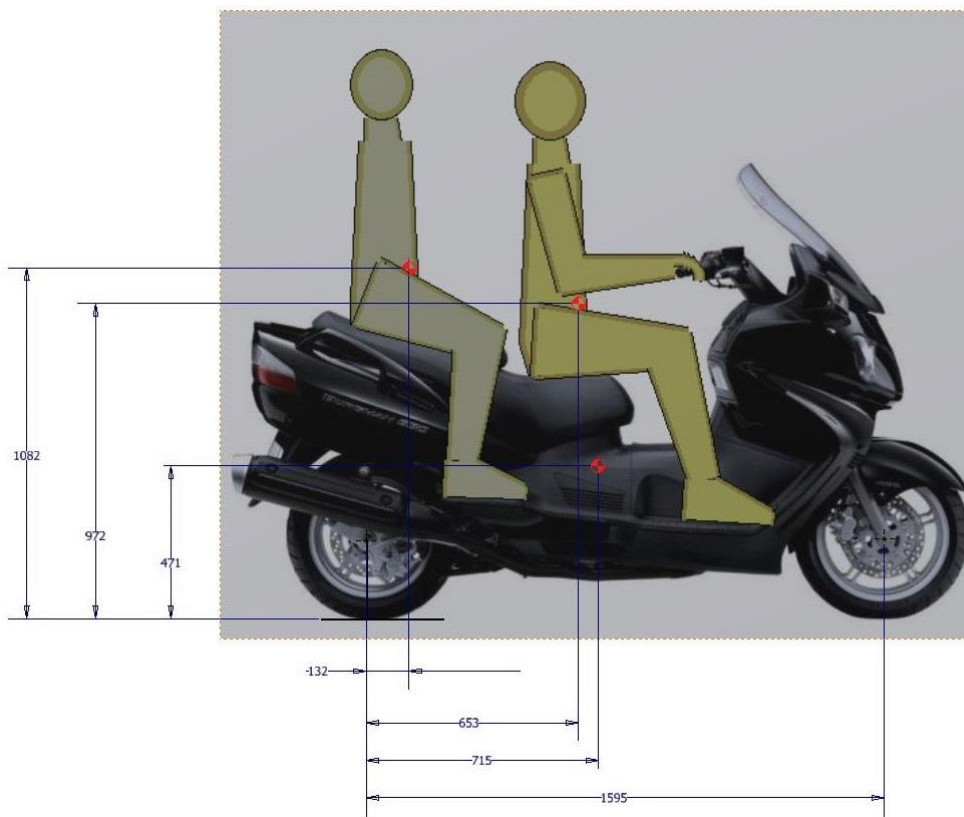
$$h_{01p} = \frac{m_{sp} \cdot l \cdot \cos(v_1)}{m_{sk} \cdot \sin(v_1)} - \frac{l_z \cdot \cos(v_1)}{\sin(v_1)} = \frac{126,8 \cdot 1,595 \cdot \cos(0,111201)}{275,5 \cdot \sin(0,111201)} - \frac{0,715 \cdot \cos(0,111201)}{\sin(0,111201)} = 0,1711 \text{ m}$$

$$h_{01z} = \frac{m_{sz} \cdot l \cdot \cos(v_2)}{m_{sk} \cdot \sin(v_2)} - \frac{l_p \cdot \cos(v_2)}{\sin(v_2)} = \frac{156,3 \cdot 1,595 \cdot \cos(0,111201)}{275,5 \cdot \sin(0,111201)} - \frac{0,88 \cdot \cos(0,111201)}{\sin(0,111201)} = 0,222948 \text{ m}$$

$$h_{01} = \frac{h_{01p} + h_{01z}}{2} = \frac{0,1711 + 0,222948}{2} = 0,197024 \text{ m}$$

$$y_T = h_{01} + R_z = 0,197024 + 0,2738 = \mathbf{0,470824 \text{ m}} \quad \text{souřadnice } y_T \text{ od země}$$

3.5.3. Přepočítání polohy těžiště pro plně obsazené vozidlo



Obrázek 19: Souřadnice plně obsazeného skútru

m_{sk}	275,5	kg	hmotnost skútru
m_r	90	kg	hmotnost řidiče
m_s	90	kg	hmotnost spolujezdce
xT_{sk}	715	mm	
xT_r	653	mm	
xT_s	132	mm	
yT_{sk}	471	mm	
yT_r	972	mm	
yT_s	1082	mm	

Tabulka 4: Hodnoty souřadnic plně obsazeného skútru

$$x_{T2} = \frac{\sum x_{Ti} \cdot m_i}{\sum m_i}$$

$$x_{T2} = \frac{275,5 \cdot 715 + 90 \cdot 653 + 90 \cdot 132}{275,5 + 90 + 90} = 587,6 \text{ mm} = 0,5876 \text{ m}$$



$$y_{T2} = \frac{\sum y_{Ti} \cdot m_i}{\sum m_i}$$

$$y_{T2} = \frac{275,5 \cdot 471 + 90 \cdot 972 + 90 \cdot 1082}{275,5 + 90 + 90} = 690,7 \text{ mm} = \mathbf{0,6907 \text{ m}}$$

3.5.4. Přepočet polohy těžiště pro vozidlo s řidičem

$$x_{T1} = \frac{275,5 \cdot 715 + 90 \cdot 653}{275,5 + 90} = 699,7 \text{ mm} = \mathbf{0,6997 \text{ m}}$$

$$y_{T1} = \frac{275,5 \cdot 471 + 90 \cdot 972}{275,5 + 90} = 594,4 \text{ mm} = \mathbf{0,5944 \text{ m}}$$

3.6. Dílčí zhodnocení

Hmotnostní rezerva

Z výpočtu tedy vychází 49 kg pro karosérii. Pro výpočet byly použity hodnoty, které jsou ve své podstatě orientační, protože jsem neměl možnost vybraný skútr odstrojit a odečíst hmotnosti všech nevyužitých částí, kapotáže a podsedlového rámu od hodnoty pohotovostní hmotnosti. Naopak je nutné uvažovat přičtení kabeláže pro pohonný celek Range Extenderu. Přesto však odhaduji rezervu jako mírně pesimistickou a ve finále může být přínosem pro nepřekročení celkové hmotnosti, jež je kritická pro legální provoz na pozemních komunikacích.

Hmotnost mechanismu opěrných koleček jsem rovněž uvažoval i přesto, že se jedná o pouze návrh, který předcházela konstrukční studii rozmístění komponent ve vozidle. Mechanismus měl v tomto případě přednost před komponentami, jelikož originální rám neskýtá mnoho možností, kam jej umístit.

Tvorba rámu

Jak je vidět na obrázcích rámu výše, mnou vytvořený CAD model rámu neobsahuje všechny detaily, jako jsou držáky elektrického příslušenství, hadic atp. Tyto detaily je obtížné vytvořit pouze z fotografií při požadované přesnosti. Naopak výztuhu na levé straně rámu v oblasti levého válce motoru jsem vynechal záměrně, neboť zde povede válec motoru benzinového agregátu pro pohon generátoru Range-extenderu podle návrhu rozmístění komponent kolegy Martina Dvořáka. Pro potřeby kolegy Dvořáka jsem rovněž podle fotografií vytvořil závěsy originálního motoru v odpovídající přesnosti. Na ty je



zavěšen nosič hnacího elektromotoru a převodové skříně, jak bude patrné dále v této práci.

Vzhledem k těmto faktům je v případě realizace nezbytné provést korekci a optimalizaci všech rozměrů, jež souvisí s připojením vybraných, nebo vytvořených komponent na originální rám.

Měření těžiště

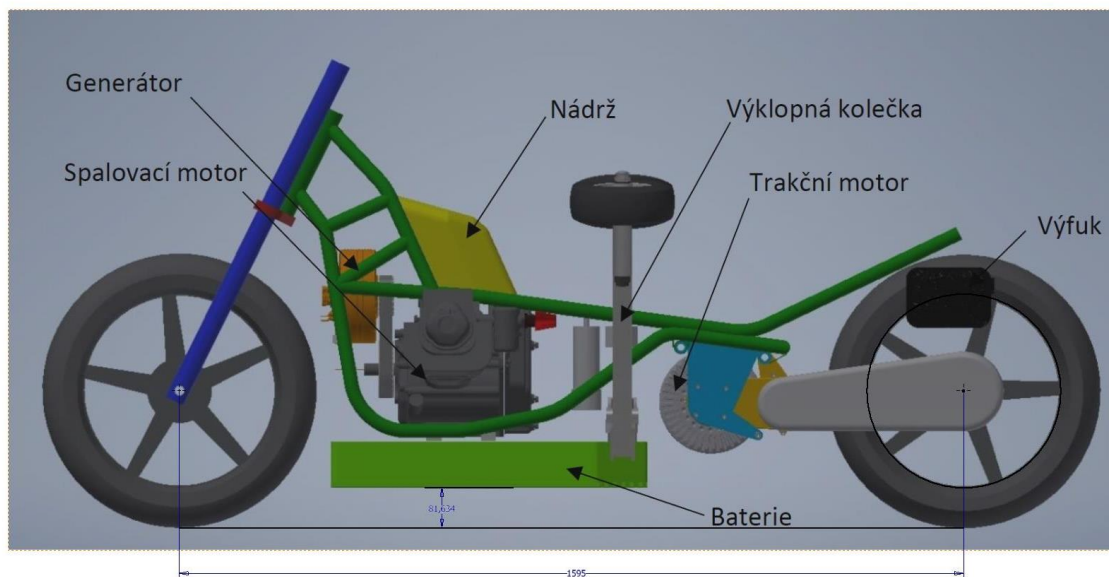
Pro provedené měření jsem vypočet souřadnice těžiště, které jsem následně přepočítal souřadnice těžiště vozidla s řidičem i spolujezdcem. Nově vzniklé těžiště se mělo nacházet mezi těmito hodnotami, ideálně pak v poloze těžiště vozidla s řidičem, o které lze tvrdit, že odpovídá ideálním jízdním vlastnostem. Srovnání nového a stávajícího provedu závěrem práce.

3.7. Výchozí stav práce

Jak jsem již zmínil úvodem práce, na projektu jsem spolupracoval s Ing. Martinem Dvořákem, který měl na starosti mj. výběr vhodných komponent a jejich umístění v originálním rámu skútru. Umístil jsem návrhovou verzi opěrných koleček tak, aby zhruba odpovídala svislé souřadnici těžiště. Ideální poloha by byla za těžištěm směrem dozadu, aby v případě zadního defektu mohla kolečka sloužit jako stojan. To bohužel bez znalosti celé karosérie nebylo možné dodržet.

Kolega poté osadil zbylé místo v rámu vybranými komponenty opět s ohledem na polohu těžiště. Umístění baterie, viz. Obrázek 21, je naspod rámu, kde je dostatek vzduchu pro pasivní chlazení a výška těžiště se váhou baterie zmenšuje. Na druhou stranu je takto umístěná baterie náchylnější k poškození a nezanedbatelně zmenšuje světlou výšku. Originální světlá výška je dle výrobce 125 mm [24], nová je dle měření v CAD modelu 82 mm. Při plném propružení je tato výška na hodnotě 31 mm, což v případě nerovné vozovky může mít za následek kolizi. V případě realizace by bylo vhodné toto umístění opětovně prošetřit, případně baterii rozdělit.

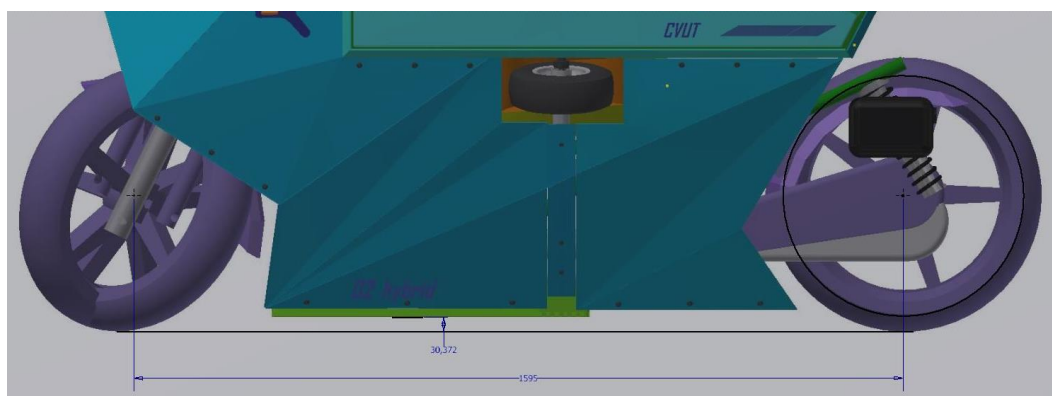
Takto rozmístěné komponenty jsou pro mě defacto neměnné a na tomto základě jsem vytvořil konstrukční návrh karosérie.



Obrázek 20: Studie rozmístění komponent a nová světlá výška [21]



Obrázek 21: Světlá výška originálního skútru



Obrázek 22: Nová světlá výška při maximálním propružení

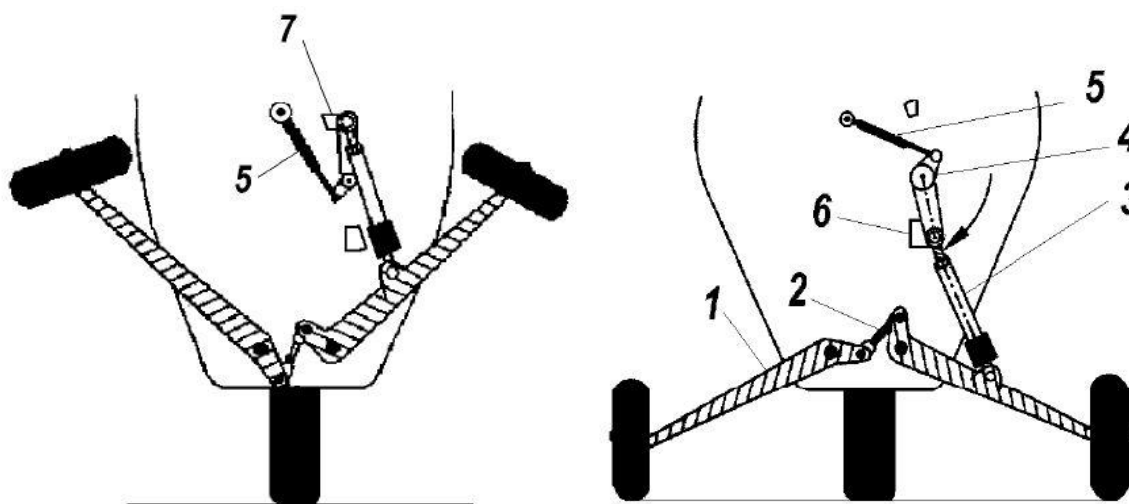
3.8. Návrh mechanismu stabilizačního podvozku

3.8.1. Mechanismus Peraves

Stabilizace na místě a při pohybu pomalou rychlostí je bezpochyby zásadní vlastnost kapotovaných jednostopých vozidel. V současné době a rovněž pro toto zadání se nabízí jako nejvhodnější řešení stabilizace opěrnými kolečky po stranách vozidla. Tento systém dovoluje ovládání automatické i manuální a pohon různými způsoby.

Společnost Peraves, která se kabinovými motocykly zabývá již řadu let, vyvinula a zdokonalila vlastní systém opěrných koleček. Ten je pomocí elektromotoru, planetové převodovky a řemenového převodu manuálně spouštěn na pokyn řidiče. Tento systém je rovněž doplněn o elektrický a manuální záložní systém.

Plynová vzpěra (5) zajišťuje mechanismus v zasunutém stavu proti samovolnému vyklopení doražením na horní doraz (7) a ve vysunutém stavu doražení páky (4) na spodní doraz (6). Páka (4) je otáčena elektromotorem přes řemenový převod. Hlavní plynová vzpěra (3) slouží jako táhlo mechanismu, tlumí nerovnosti vozovky a zároveň je přes ní přenášena reakce od koleček do spodního dorazu (6), čímž nemůže dojít k samovolnému zaklopení. Ramena (1) jsou spřažena kloubným můstkem (2), což zajišťuje synchronní chod a potřebu pouze jednoho celého mechanismu. [25]



Obrázek 23: Mechanismus Peraves zasunutý a vysunutý [25]

Tento systém vyniká svou jednoduchostí a možností nouzového nezávislého elektrického vysunutí a rovněž i mechanického vysunutí pomocí páky v kokpitu. [25]



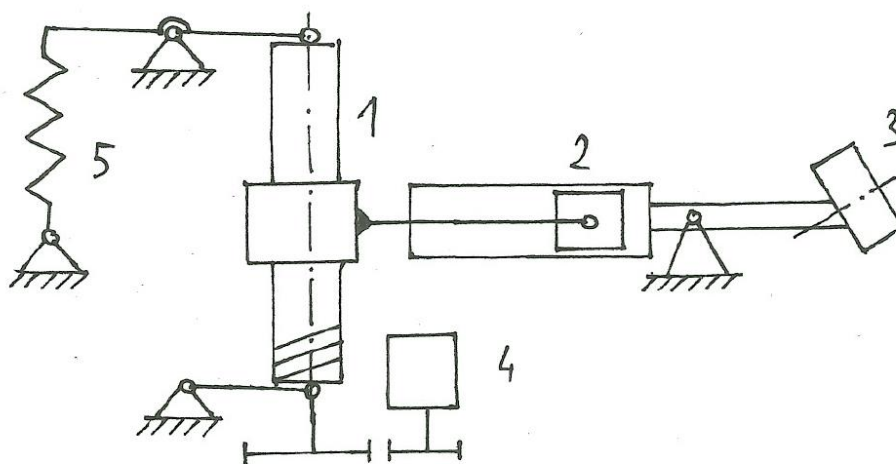
3.8.2. Vlastní mechanismus

Systém firmy Peraves podléhá, nebo může podléhat patentové ochraně. Proto a také vzhledem k odlišnému rámu je nutné provést návrh vlastní stabilizace na místě, resp. mechanismu opěrných koleček. Právě rozměry originálního rámu jsou určující, kdy oproti vozidlu Peraves má menší rozměry na délku, tudíž zde nebude moc místa na vertikální umístění mechanismu.

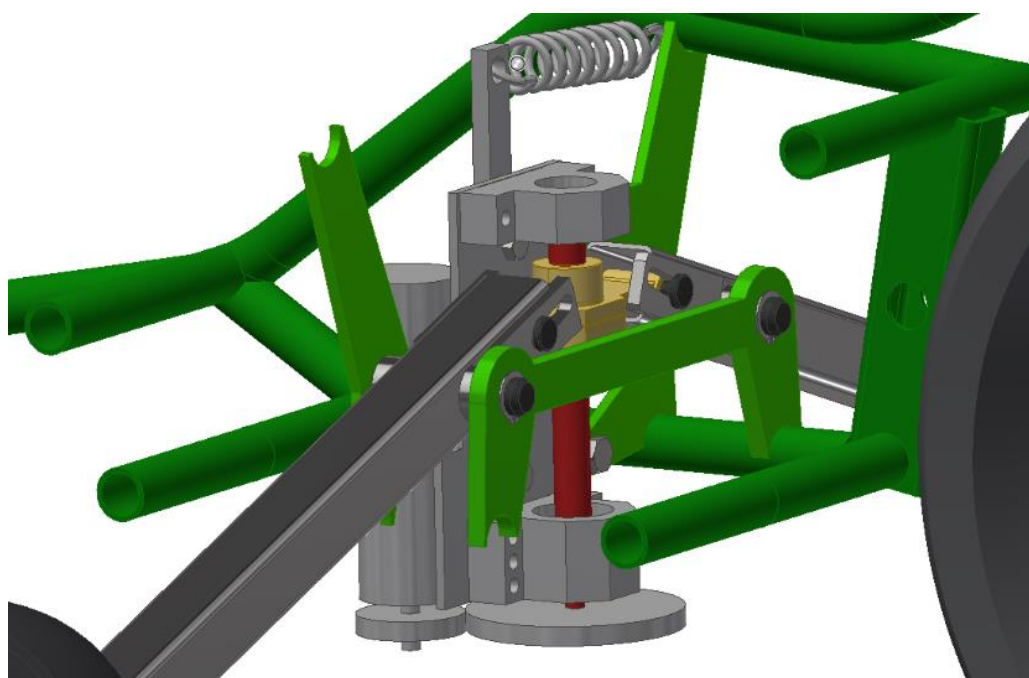
Jako první jsem rozhodl, zda bude mechanismus závislý, či nikoli. Nezávislý, neboli kdy každé kolečko lze vyklopit samostatně, představuje možnou variantu. Je zajímavá z hlediska jízdní stability v zatáčce, kde lze kolečko použít jako třetí opěrný bod, podobně jako jezdci silničních motocyklů používají koleno při vylodění v zatáčce, aby věděli, v jakém náklonu se nacházejí. Tuto variantu jsem však zavrhl, neboť řízení, ať už manuální či elektrické, by bylo velmi složité.

3.8.2.1. Verze 1

Pro závislý pohon s nízkou zástavbou jsem vybral systém s centrálním kuličkovým šroubem. První vývojová verze spočívala v posunu ramene s kolečkem (3) prostřednictvím kulisy (2) a kuličkové matice. Odpružení je zde řešeno pomocí pružiny spojené s paralelogramem (5) na koncích kuličkového šroubu (1). O pohon šroubu se stará elektromotor s převodem ozubenými koly (4).



Obrázek 24: První vývojové schéma mechanismu koleček

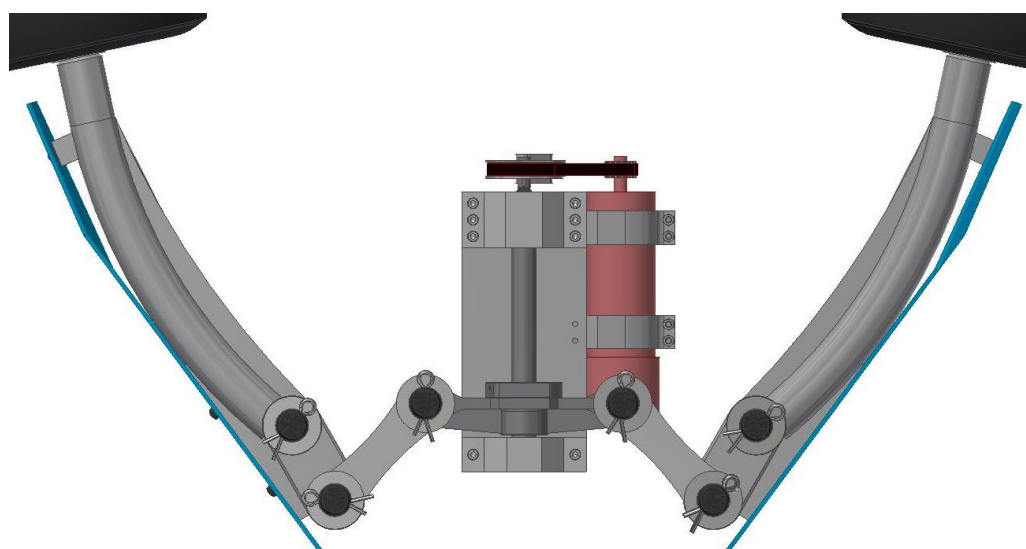


Obrázek 25: CAD model první verze mechanismu

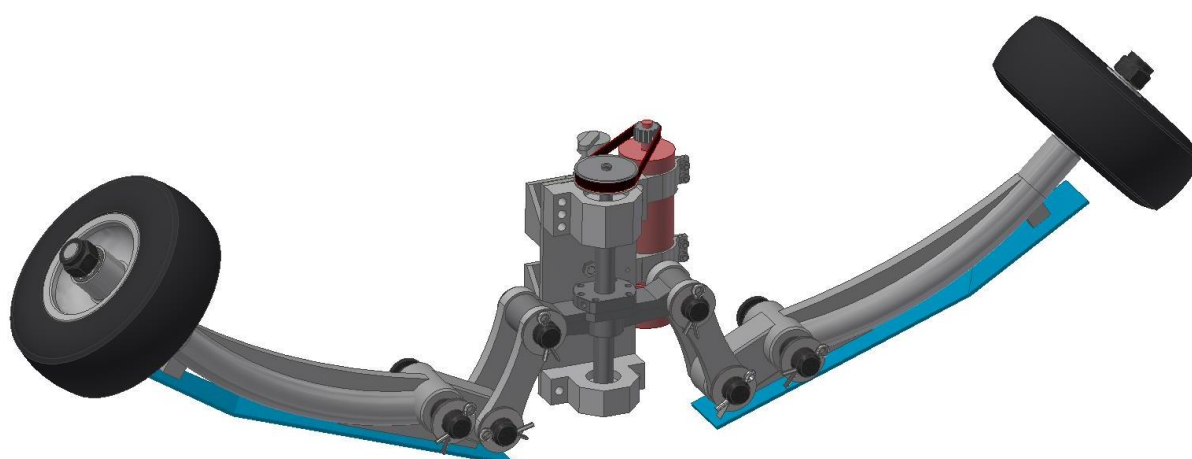
Tento systém trpěl zásadními nedostatky v podobě nesymetrického pohybu ramen při propružení na příčně uloženém paralelogramu a celkové složitosti tvorby kulisy a jejich proměnná délka ramena záběru při pohybu matice. Rovněž ramena ze čtvercového profilu nerespektují vznikající namáhání a tím pádem jsou příliš mohutná.

3.8.2.2. Verze 2

V druhé a zároveň konečné verzi jsem kulisy nahradil táhly, systém odpružení jsem nahradil uchycením přes silentbloky k rámu a převod ozubenými koly nahradil řemenovým převodem. Při úvaze stlačení silentbloků 2 mm je na kolečkách zdvih 10 mm, což není mnoho, na druhou stranu však tento přídavný podvozek slouží pouze k rozjezdům/dojezdům a manipulaci v malé rychlosti. Je schopen filtrovat drobné nerovnosti, a přitom je dostatečně ukotven v rámu. Řemenový převod je řešen plochým ozubeným řemenem a napínání řemene znázorňuje automatická napínací kladka. Lze také napínat manuálně posuvem motoru do strany.



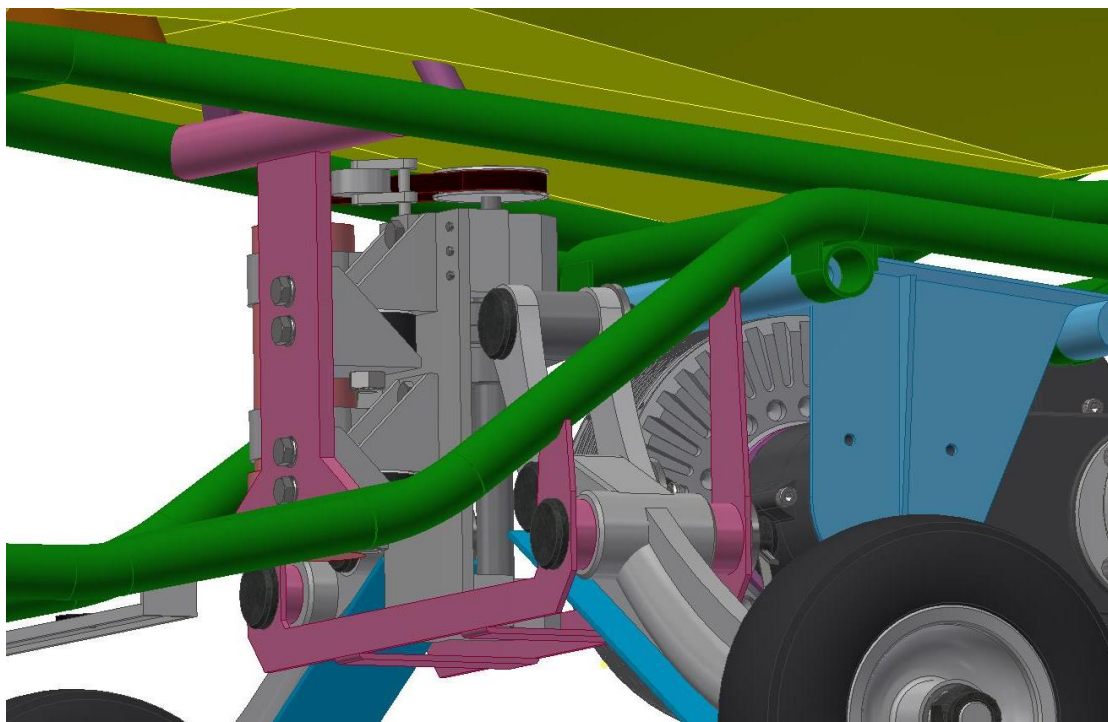
Obrázek 26: CAD model druhé verze mechanismu – pohled zepředu



Obrázek 27: CAD model druhé verze mechanismu – polovina zdvihu

Tělo mechanismu tvoří plechová deska nesoucí vpředu ložiskové domky pro kuličkový šroub dodávané výrobcem šroubu, vzadu držáky silentbloků a uchycení hnacího elektromotoru. Kuličkový šroub není samosvorný, proto jsem volil elektromotor s možností brzdy a rovněž i enkodéru pro zajištění správné polohy vyklopení. Alternativně je možné řešit koncovými spínači.

Ukotvení v rámu je řešeno pomocí ocelové plechové konstrukce (růžová), která je přivařena na základní rám (zelený). Konstrukce kotvící ramena koleček je oddělena od té kotvící držáky silentbloků. Tím je zajištěno pro pružení koleček.



Obrázek 28: Kotvící konstrukce mechanismu v rámu

3.8.3. Návrhové výpočty

Pro dimenzování a výběr vhodných komponent jsem si určil krajní stavy, do kterých se teoreticky může mechanismum dostat a provedl zjednodušené výpočty.

Síla na kolečka

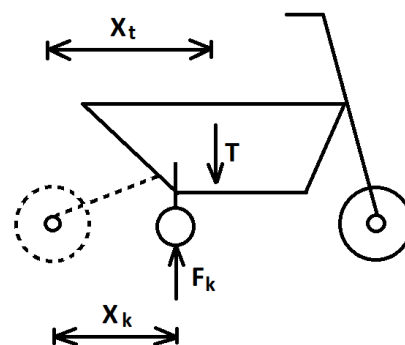
Pomyslně odstraním zadní kolo. Kolečka uvažuji v ose těžiště.

$$T = (m_{sk} + m_{\check{r}} + m_s) \cdot g = (275,5 + 90 + 90) \cdot 9,81 = 4468,5 \text{ N}$$

$$x_k = x_{T2}$$

$$\text{rozvor} = l = 1595 \text{ mm}$$

$$F_k = T \cdot \frac{l - x_{T2}}{l - x_{T2}} = 4468,5 \cdot \frac{1595 - 587,6}{1595 - 587,6} = 4468,5 \text{ N}$$



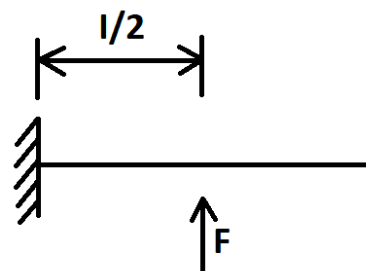


Namáhání osy kolečka

$$l_{osy} = 75 \text{ mm}$$

$$d_{osy} = 20 \text{ mm}$$

$$F = F_k/2$$



$$\sigma_o = \frac{F \cdot \frac{l_{osy}}{2}}{\frac{\pi \cdot d_{osy}^3}{32}} = \frac{2234,2 \cdot \frac{75}{2}}{\frac{\pi \cdot 20^3}{32}} = 106,68 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_{osy}^2}{4}} = \frac{2234,2}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 7,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + \tau_{max} \cdot \tau_s^2} = \sqrt{106,68^2 + 2 \cdot 7,11^2} = 107,15 \text{ MPa}$$

σ_{Do} pro ocel 11500 = 150 až 220 MPa – vyhovuje

Tíha ramene

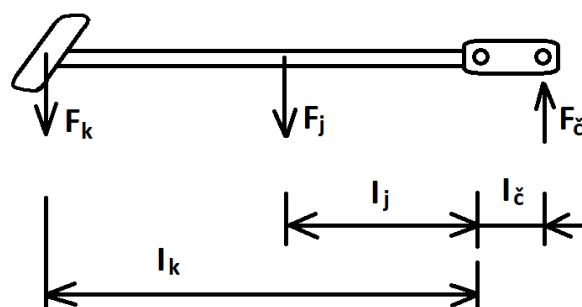
$$m_{kolečka} = 1,85 \text{ kg}$$

$$m_{ramene} = 3 \text{ kg}$$

$$l_{\check{c}} = 65 \text{ mm}$$

$$l_k = 350 \text{ mm}$$

$$l_j = 175 \text{ mm}$$



$$F_{\check{c}} = \frac{m_{kolečka} \cdot g \cdot l_k + m_{ramene} \cdot g \cdot l_j}{l_{\check{c}}} = \frac{1,85 \cdot 9,81 \cdot 350 + 3 \cdot 9,81 \cdot 175}{65} = 176,96 \text{ N}$$

Volím šroub BOSCH FEM-E-B 20 x 5R x 3-4

$$d = 20 \text{ mm}$$

$$d_2 = 16,9 \text{ mm}$$

$$\text{rozteč} = P = 5 \text{ mm}$$

$$\text{zdvih} = s = 110 \text{ mm}$$



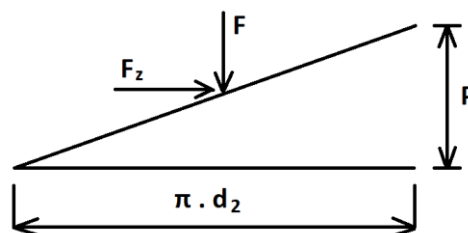
Volím čas vyklopení $t = 1$ s

$$n = \frac{s}{P} \cdot 60 = \frac{110}{5} \cdot 60 = 1320 \text{ min}^{-1}$$

$$F_z = \frac{\frac{F_{\check{c}} \cdot 2 \cdot P}{\pi \cdot d_2}}{1 - \left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right)} = 36,79 \text{ N}$$

$$M_z = F_z \cdot \frac{d_2}{2} \cdot 10^{-3} = 0,31 \text{ Nm}$$

$$P_m = \frac{M_z \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60} = 42,98 \text{ W}$$



Volím motor Dunkermotoren GR 53x58 24VDC s brzdou Dunkermotoren E90 R \varnothing 59-42 [26]

Volím Bantamové nafukovací kolo na kovovém disku 2.80/2.50 – 4, 210 mm, nosnost 150 kg [27]

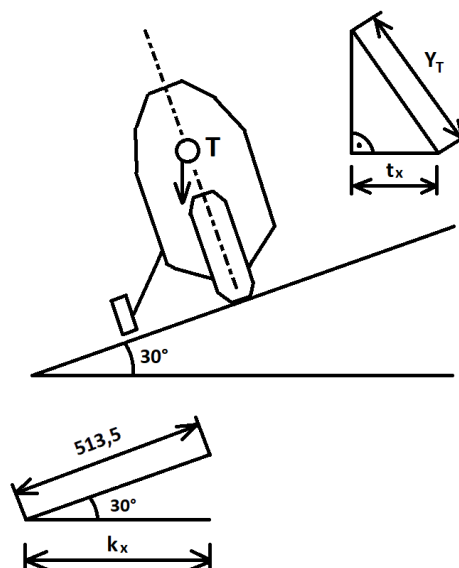
Maximální provozní zatížení kolečka

Uvažuji příčný náklon vozidla 30°

$$t_x = \sin 30^\circ \cdot y_{T2} = 345,4 \text{ mm}$$

$$k_x = \cos 30^\circ \cdot 513,5 = 444,7 \text{ mm}$$

$$F_{k30} = \frac{T \cdot t_x}{k_x} = \frac{4468,5 \cdot 345,4}{444,7} = 3470,2 \text{ N}$$

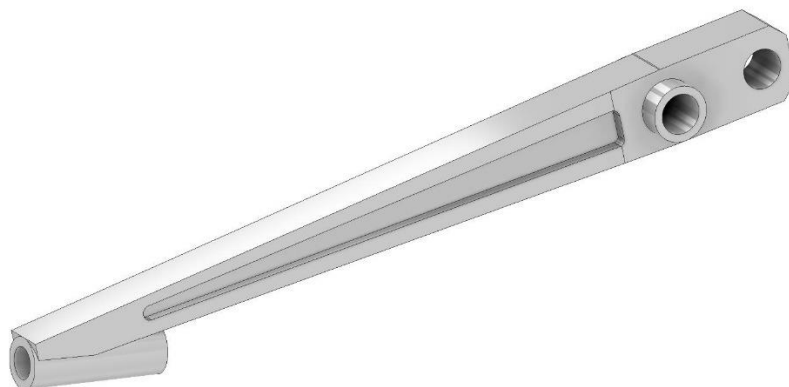


Pro výpočet statické pevnosti ramena kolečka uvažuji maximální sílu na kolečko, tedy výslednici sil v těžišti T, resp. F_k . Výpočet jsem provedl MKP analýzou, viz. 3.8.4. Rameno kolečka.



3.8.4. Rameno kolečka

Rameno z první verze mechanismu jsem pro moji tvorbu nadále neuvažoval a vytvořil jsem nové, které více odpovídalo charakteru zatížení. viz. Obrázek 29. Rameno představuje hliníkový frézovaný profilovaný nosník.



Obrázek 29: Rameno kolečka hliníkové

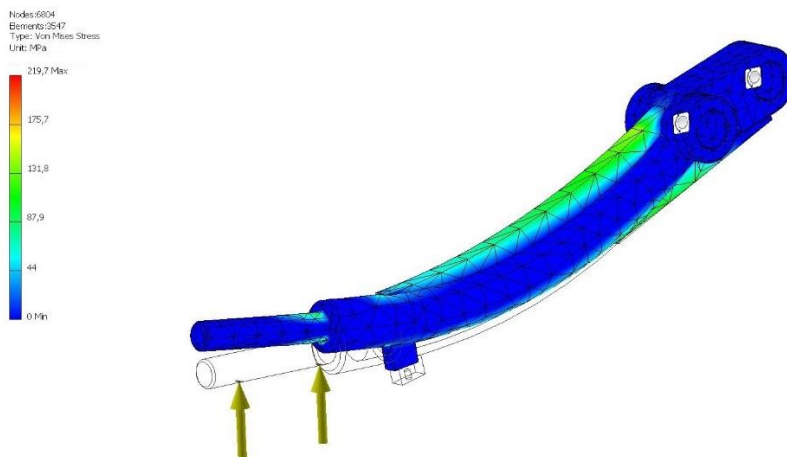
Toto rameno se v průběhu tvorby karosérie ukázalo jako nevhodné vzhledem ke kolizi se zárubní dveří a svým nevhodným tvarováním jsem se ho rozhodl nepoužít.

Aktuální, nově tvarované rameno je tvořeno ohnutou ocelovou trubkou, 20 mm osou pro bantamové kolečko, koncem určeným pro čepy mechanismu a výztužnými žebry sloužícími zároveň jako držák krycí části mezery povrchu karosérie.

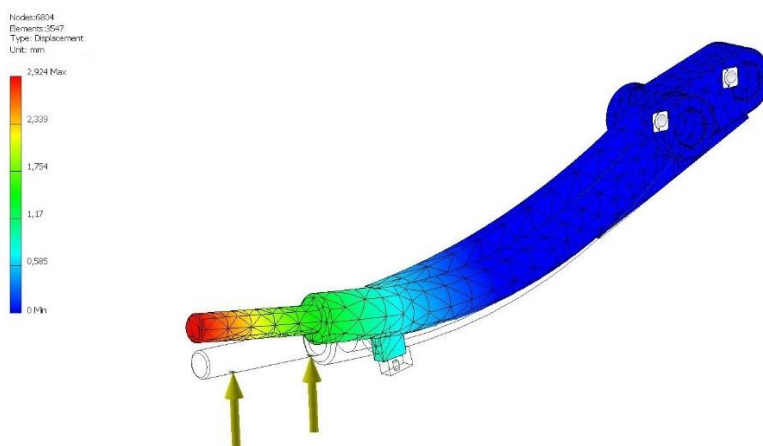


Obrázek 30: Rameno kolečka ocelové

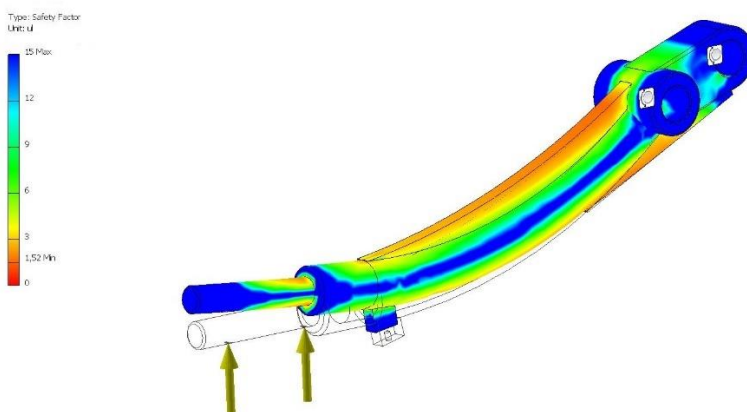
Pro sílu F_k rozloženou do místa ložisek bantamového kolečka jsem provedl MKP analýzu v implementovaném prostředí programu Autodesk Inventor 2020.



Obrázek 31: MKP analýza ramene – napětí Von Mises



Obrázek 32: MKP analýza ramene – posunutí



Obrázek 33: MKP analýza ramene – faktor bezpečnosti

Pro softwarem automaticky vygenerované vysíťování modelu takto navržené rameno vyhovuje z hlediska statického zatížení. Hodnota faktoru bezpečnosti je minimálně 1,52.



3.9. Ergonomie

Velmi důležitou částí tvorby karosérie vozidel a zásadní pro bezpečnost provozu je správné umístění řidiče, přepravovaných osob, ovládacích prvků a příslušenství. U osobních a nákladních automobilů je toto dáno řadou norem. V České republice používané normy ČSN stanoví například polohu sedícího řidiče, prostor kolem něj, výhled z vozidla, polohu pedálů nebo řadicí páky. Splnění všech norem v souladu s designem, konstrukcí a dalšími faktory je náročným úkolem a většinou je výsledkem kompromis všech odvětví.

Na kabinové motocykly se žádné normy ergonomie nevztahují, neboť se jedná o velmi specifickou a málo rozšířenou třídu vozidel. Poloha řidiče kabinového motocyklu, při které se pohybuje dopředu nohama napřed, se však podobá více osobnímu automobilu než konvenčnímu motocyklu. Proto je pro mou práci vhodné se těmito normami řídit, nebo je minimálně brát jako doporučující.

Pro návrh karosérie jsem uvažoval polohu sedícího řidiče, prostor okolo něj a výhled z vozidla. Prvky, jako jsou pedály a řadicí páka, z podstaty skútru neuvažuji. Použil jsem tyto normy a předpisy:

ČSN 30 723 – Rozměry vnitřního prostoru karosérie osobního automobilu [28]

ČSN 30 724 – Poloha sedících osob v osobním automobilu [29]

ČSN 30 725 – Figurína a kreslicí šablona [30]

ČSN 30 734 – Pracovní místo řidiče [31]

ÚVMV ZM – A/10.30 – Zkušební metodika silničních vozidel; karosérie a budka řidiče; výhled z místa řidiče [32]

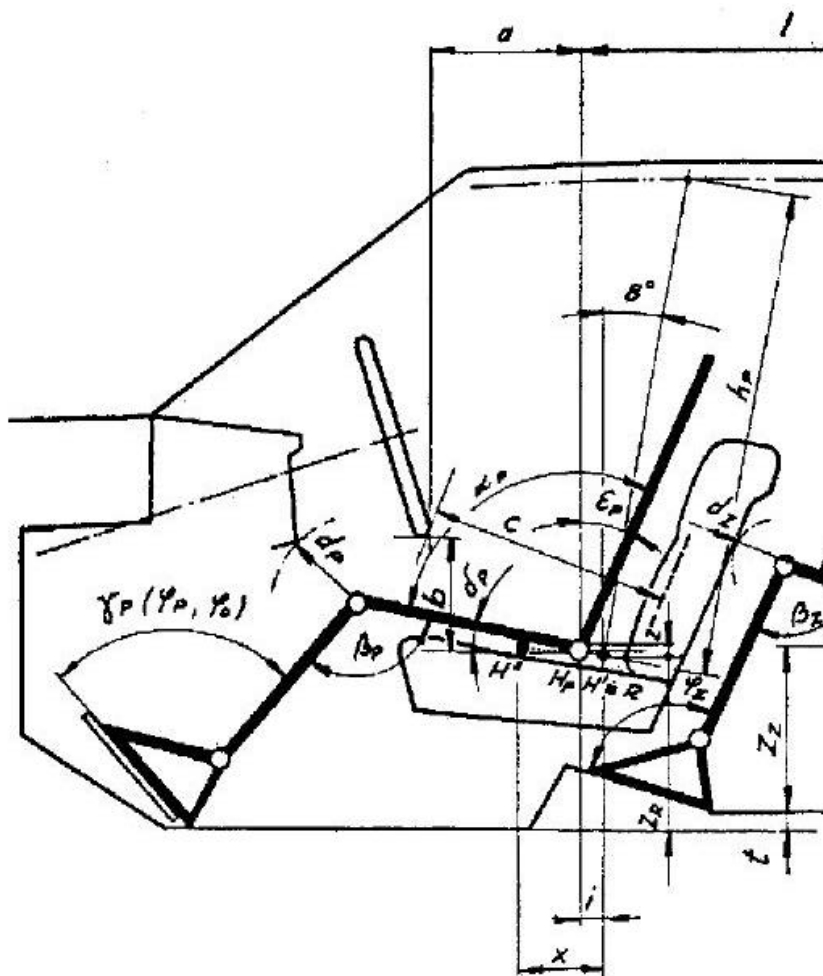
Dobrým nástrojem je rovněž tzv. obálka řidiče, která je tvořena několika předpisy. Zkonstruovaná obálka tvoří prostor mezi řidičem a ostatními prvky a pomáhá tak k vizuální kontrole, zda nic nezasahuje do vymezeného prostoru řidiče.

Pro mou práci je také kladen nárok na splnění bočního náklonu, konkrétně 55°. Ten se v průběhu tvorby karosérie ukázal jako nespelnitelný a musel jsem slevit na hodnotu 50°. I přesto je tato hodnota běžně dosahována jen v prostředí motocyklových závodů, např. MotoGP.



3.9.1. Poloha sezení řidiče

Oproti poloze sezení na originálním skútru jsem uvažoval novou polohu co možná nejnižší a nejvíce vzadu. Důvody jsou snížení těžiště, zmenšení boční plochy náchylné na boční vítr a snaha dostat nohy řidiče dále od přední vidlice. Norma ČSN 30 0723 stanoví doporučené hodnoty úhlů natočení jednotlivých částí těla a rozměrů vnitřního prostoru. Norma ČSN 30 0725 stanoví rozměry figuríny pro jednotlivé velikostní skupiny (10 %, 50 %, 90 % a 95 %). Volil jsem 95. percentil (5 % populace je vyšší).



Obrázek 34: Příklad kreslení a kótování sedícího řidiče [28]

α – úhel mezi trupem a stehnem

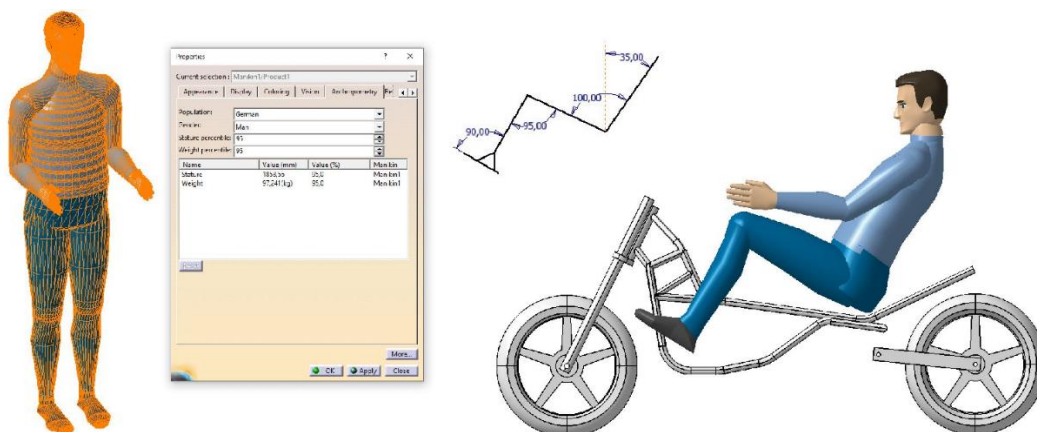
β – úhel mezi stehnem a bérce

γ – úhel mezi chodidlem pravé nohy a bérce při klidové poloze pedálu akcelérátoru

ϵ – úhel sklonu trupu od vertikály

[28]

Zprvu jsem postupoval v ergonomickém prostředí programu Catia V5. Toto prostředí umožňuje plně nastavitelný model člověka. Nastavil jsem percentil 95 a po kontrole ostatních délkových rozměrů jsem nastavoval různé hodnoty úhlů a posez v kontrastu se základním rámem. Všechny hodnoty až na ϵ vychází z doporučených hodnot. Úhel záklonu ϵ volím větší, než je doporučeno, abych zmenšil boční plochu kabiny. Úhel však nesmí být zase moc velký, aby řidiči nevznikalo nepohodlí.

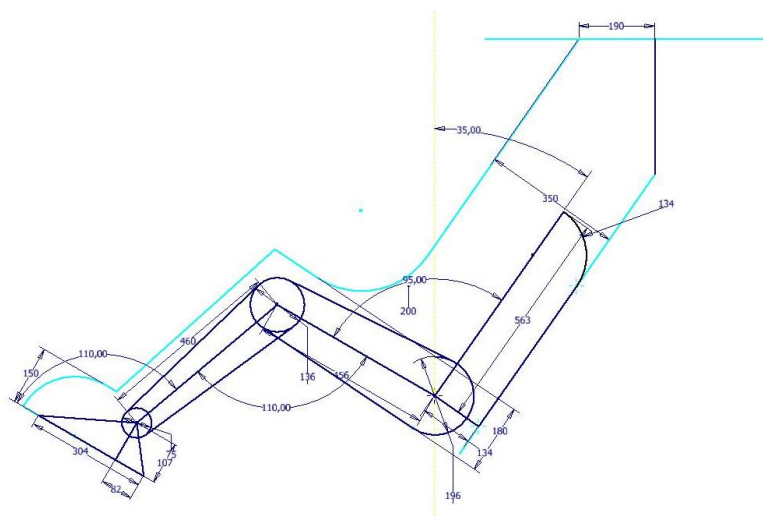


Obrázek 35: Ergonomie v Catia V5

Po zvolení vyhovující sady úhlů jsem pokračoval prací už jen v Autodesk Inventoru. Nutno podotknout, že vybrané úhly nebyly konečné, v průběhu tvorby práce bylo nutné je upravovat tak, aby více vyhovovaly vznikající karosérii.

3.9.2. Obálka řidiče

Ustálené hodnoty úhlů ($\alpha = 95^\circ$, $\beta = 110^\circ$, $\gamma = 110^\circ$, $\epsilon = 35^\circ$) jsem aplikoval na kreslicí šablonu dle ČSN 30 0725.

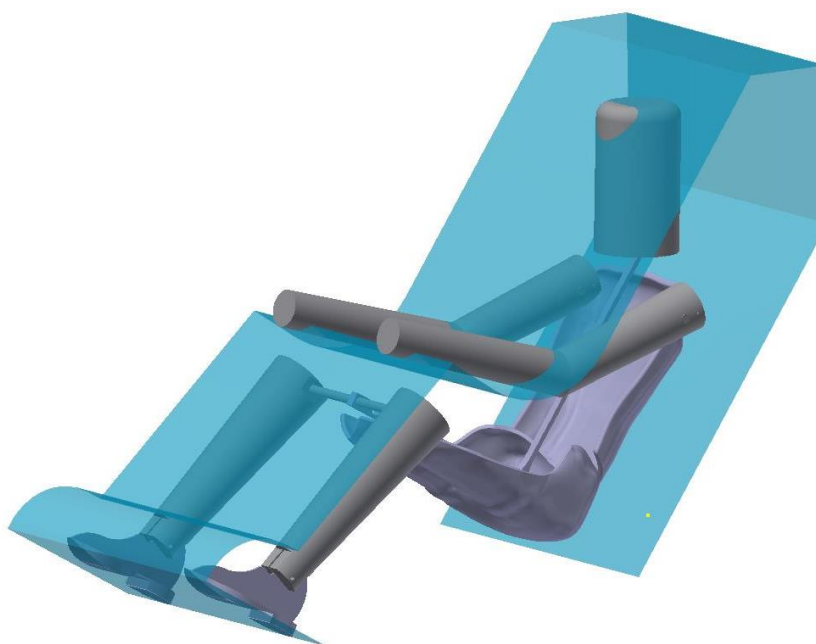


Obrázek 36: Kreslicí šablona s obálkou řidiče



Kreslící šablonu jsem doplnil o předpisové hodnoty vzdálenosti sedáku a opěradla od volantu (180, resp. 350 mm), výšku prostoru řidiče (1000 mm) a rezervu pro nášlap (150 mm). Po spojení vzniká fiktivní objekt minimálního prostoru pro řidiče.

Od vedoucího práce jsem obdržel již hotové modely zádového a sedacího panelu měřící figuríny dle ČSN 30 0725. Užitím těchto modelů a mnou vytvořených modelů rukou, nohou a hlavy jsem vytvořil kompletní figurínu s výškou odpovídající 95. percentilu. Obálku jsem rozšířil o hodnotu šířky v loktech.

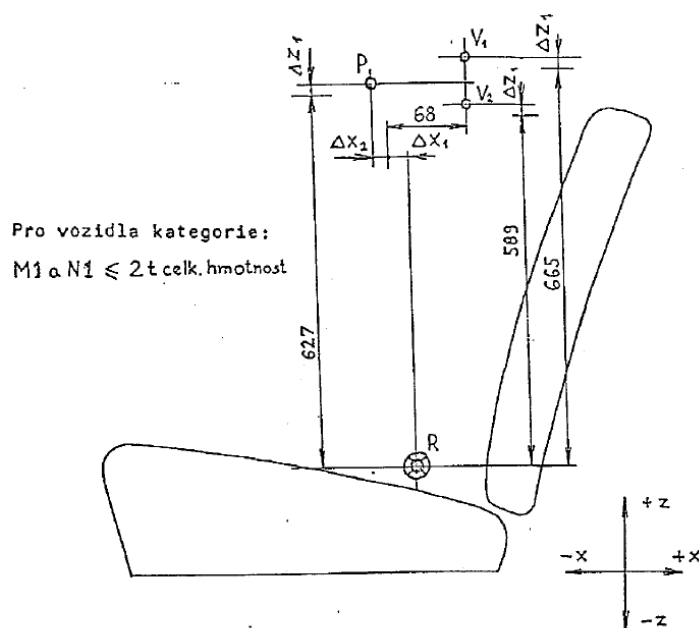


Obrázek 37: Figurína ČSN s obálkou řidiče

3.9.3. Výhled z místa řidiče

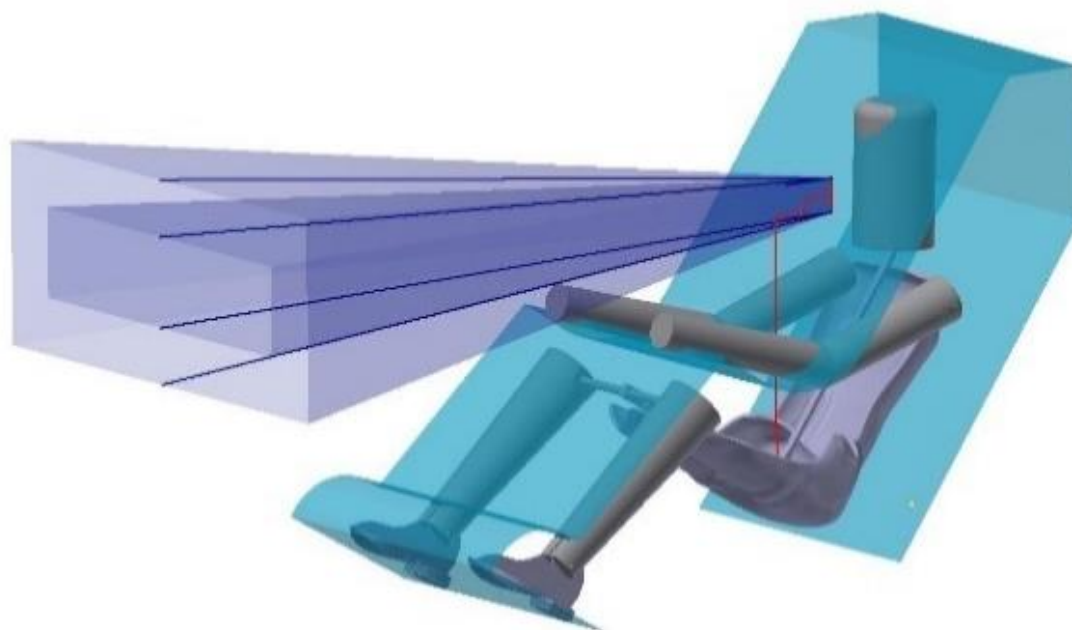
Poslední z objektů tvořící ergonomii v mé práci jsou plochy výhledu řidiče čelním sklem. Tyto plochy mají zásadní vliv na bezpečnost v provozu. Stanovují minimální průhled oknem, do kterého nesmí nic zasahovat. Vnější plocha určuje minimální průhled celým oknem osobního či nákladního automobilu. Vnitřní plocha pak průhled oknem pouze na straně řidiče. V mém případě konstruuji obě plochy na stranu řidiče, neboť kabinový motocykl je jednomístný a symetrický.

Konstrukci stanoví předpis ÚVMV. Provádí se vytvořením konfigurace bodů V a P, viz. Obrázek 37. Fiktivní stojan vychází z R bodu svisle nahoru a pomocí fixních kót a proměnných korekcí, jež se nachází v předpisu, vytvořím jeho přesný tvar. Pro mnou zvolený úhel záklonu předpis nestanoví hodnoty korekce Δx_1 a Δx_2 , lze je však dopočítat lineární interpolací.



Obrázek 38: Konfigurace bodů V a P [32]

Z bodů V_1 a V_2 pak pomocí předpisem stanovených úhlů vytvoří plochy minimálního průhledu, kterými nesmí procházet nic včetně volantu, v mém případě řídka, viz. obrázek níže.



Obrázek 39: Figurína ČSN s obálkou a plochami výhledu

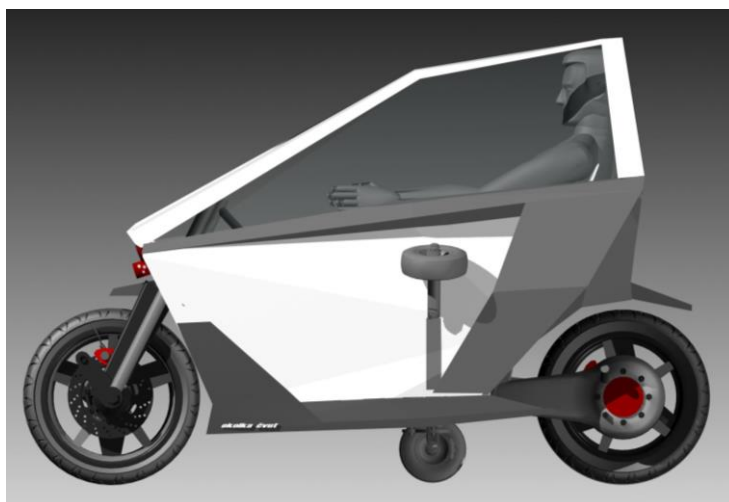


3.10. Designová studie

Zadavatel projektu Mgr. A. Peter Chládek, Ph.D. navrhoval vlastní design kabinového motocyklu. V průběhu práce jsem s ním konzultoval jednotlivé prvky tak, aby vyhovovaly jak po designové stránce, tak z hlediska možné výroby. Všechny designové návrhy byly provedeny v programu Autodesk 3d Studio Max.

3.10.1. Úvodní designový koncept

Pro první představení s ideou kabinového motocyklu a jako podklad pro konzultace sloužil tento návrh. Není zde brána v potaz ergonomie řidiče, stavba je proto velmi úzká, není zde mnoho místa nad ani za hlavou řidiče.



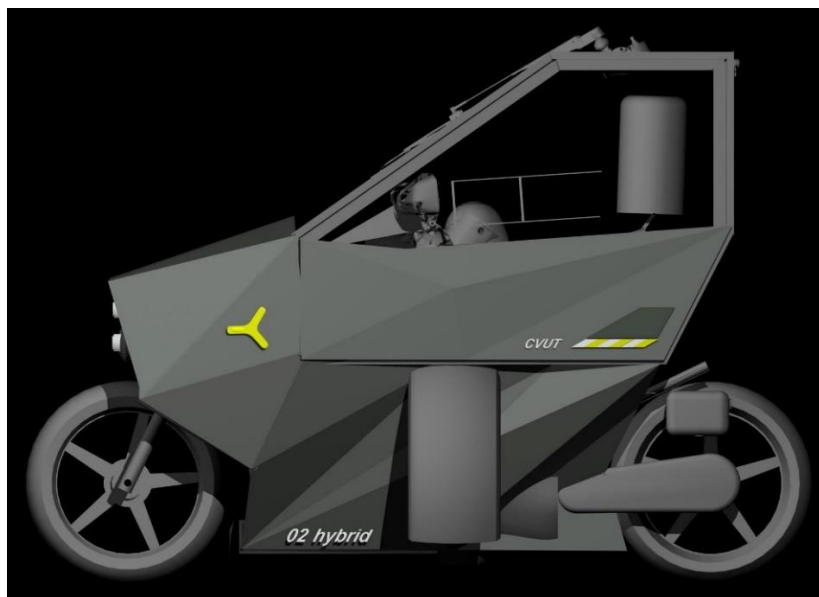
Obrázek 40: První designový koncept – pohled z boku



Obrázek 41: První designový koncept – pohled zepředu

3.10.2. První iterace designu

Oproti úvodnímu konceptu je zde řada změn v návaznosti na některá zvolená konstrukční řešení. Povrch karosérie je členěn rovinnými trojúhelníkovými segmenty tak, aby jednotlivé panely na sebe navazovaly. Celkový tvar dostal změny v podobě přední kapoty. Tažená plocha na boku pod dveřmi představuje dráhu výklopného kolečka.



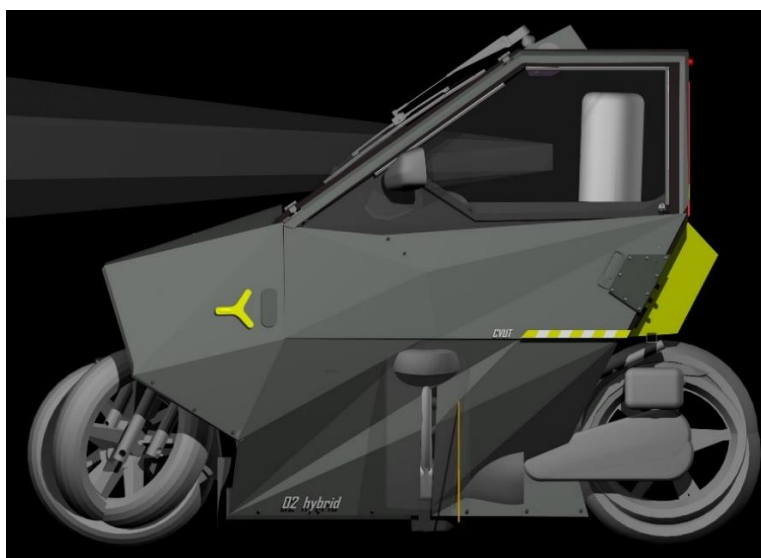
Obrázek 42: První iterace designu – pohled z boku



Obrázek 43: První iterace designu – pohled zepředu

3.10.3. Druhá iterace designu

Zde je provedeno několik minoritních úprav odpovídajících postupu v řešení karosérie. Byl přidán zavazadlový prostor v zadní části vně kabiny. Panty dveří se nachází na A-sloupku. Kapota má upravený tvar v souladu s předpisem o vnějších výčnělcích, dveře mají jiný vnitřní panel reflektující systém stahování okna. Motor stěrače je pod krytem. Není zde vyřešena integrace opěrného kolečka do bočních panelů. Kola jsou znázorněna v krajních polohách zatočení a zdvihu odpružení.



Obrázek 44: Druhá iterace designu – pohled z boku



Obrázek 45: Druhá iterace designu – pohled zezadu



3.11. Tvorba karosérie

Po nezbytné přípravě v podobě ergonomie, která zásadním vlivem určuje podobu budoucí karosérie, nic nebránilo jejímu vzniku. Projekt je zadavatelem definován jako jednomístný prototyp kabinového motocyklu o počtu jednoho vyrobeného kusu, s hybridním pohonem a vzniklý přestavbou komerčního jednostopého vozidla.

Účelem karosérie je vézt bezpečně náklad, umožnit jeho naložení a vyložení, chránit proti povětrnostním vlivům a poškození.

Podle systému karosérie je lze dělit na:

- podvozková – tvoří ochranu nákladu, upevňuje se na rám;
- samonosná – využití její konstrukce jako nosné pro náklad i podvozek;
- polonosná – podvozek má rám, namáhání zachycuje i karosérie opatřená vlastním rámem;
- kombinace.

Podle způsobu konstrukce:

- samostatná vnitřní kostra – na ni se upevňují vnitřní a vnější panely;
- skořepinová – vnější a vnitřní panely jsou pevně spojeny a tvoří nosné profily.

[33]

Po výběru platformy na přestavbu je zřejmé, že systém bude podvozkový. Vybraný podvozek skútru tvoří nosný rám. Skořepinový způsob je vhodnější pro velkosériové výroby, kdy náklady na lisy panelů jsou vyváženy počtem vyrobených kusů. Zvolil jsem systém karosérie s vnitřní kóstrou. Kóstra bude tvořena běžně dostupnými standardními profily, což sníží náklady na případnou realizaci projektu. Vnitřní a vnější panely mohou být tvořeny z plechu, plastu, kompozitních materiálů, nebo sendvičových desek. Spojení jednotlivých dílů kóstry je vhodné provést rozebíratelným způsobem, v případě nehody je možné vyměnit jen poškozené díly. Vnější a vnitřní panely je možné přišroubovat, přinýtovat, nebo lepit.

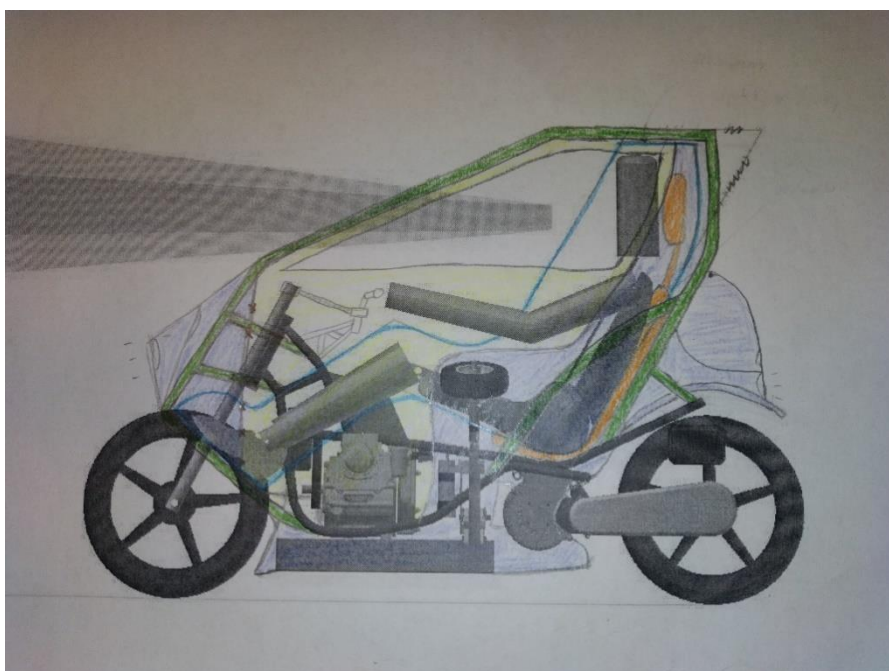


3.11.1. Pracovní skica

Jako první jsem provedl skicu mé představy o budoucí podobě. Hned na této skice je patrné, že dlouhé rameno opěrného kolečka tvoří překážku při nouzovém vystupování po pádu, neboť není možné velké dveře otevřít za předpokladu, že opěrná kolečka zůstala zatažená. Pokud nebudou dveře svým tvarem při otevírání se zataženými kolečky kolidovat, budou malá na běžné vystupování. Rovněž jsem zde odhadl, že zárubeň dveří bude tvořit hlavní část kostry.

Volím dveře na levé i pravé straně, a to z hlediska bezpečnosti. Při uvažování dveří pouze na jedné straně se po pádu na danou stranu nebudou dát otevřít.

Pro zvolený posed řidiče není možné dosáhnout na originální řídítka. Volím tedy způsob ovládání řídítka na konstrukci v dosahu řidiče a spojení s přední vidlicí pomocí táhel.

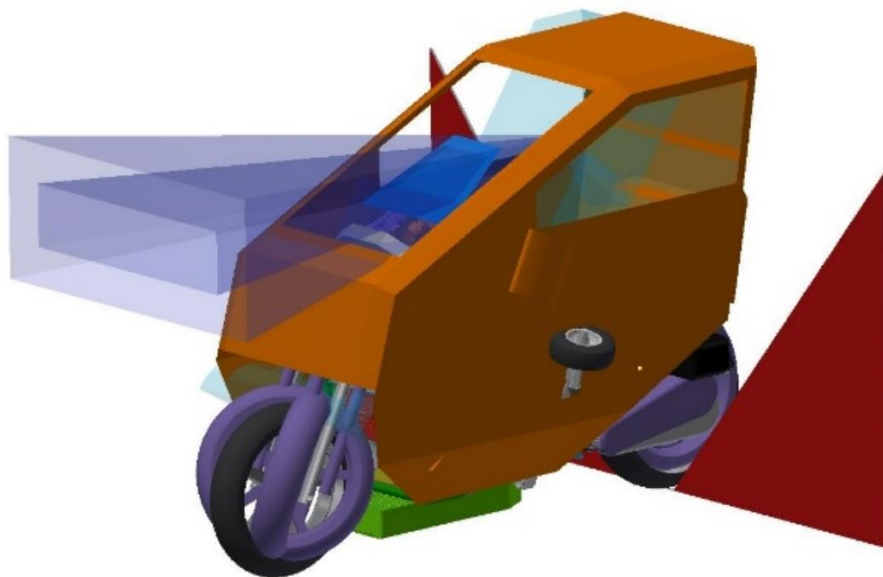


Obrázek 46: Pracovní skica

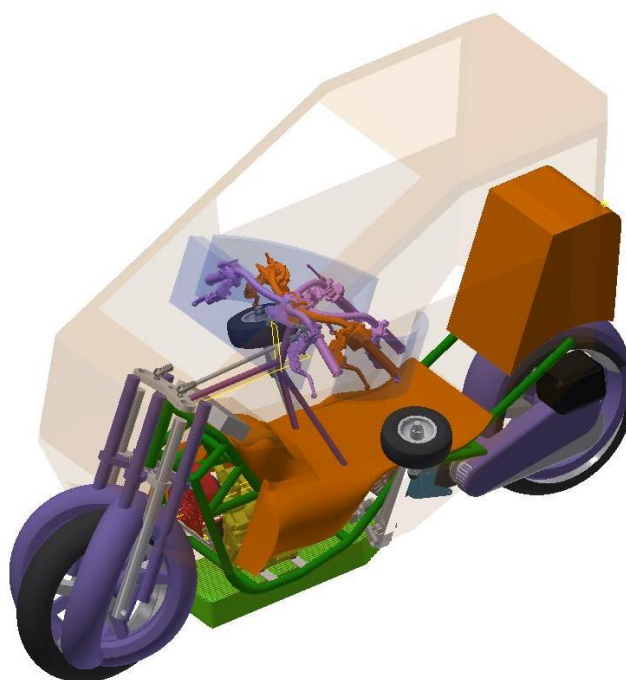
3.11.2. Pracovní CAD model karosérie

Pokračoval jsem pracovní verzí CAD modelu karosérie na základě úvodního designového konceptu. Ta měla za úkol přiblížit se reálnému konstruování. Oranžová plocha představuje pomyslnou karosérii s tím, že respektuje obálku řidiče, jeho výhled a také vytvořenou obálku řídítek, viz.

Obrázek 48. Ta představuje bezpečný prostor pro zatáčení a ovládání brzdových páček. Do těchto dvou obálek není možné zasahovat, stejně tak není možné čímkoli překážet v minimálním výhledu řidiče. Červené trojúhelníky po bocích zadního kola představují již zmíněný požadavek na náklon 50° a slouží k okamžité vizuální kontrole. Fialová kola představují koncové polohy kol při maximálním zatočení a propružení, fialová říditka jsou koncové polohy taktéž při maximálním zatočení.



Obrázek 47: Pracovní CAD model karosérie verze 1

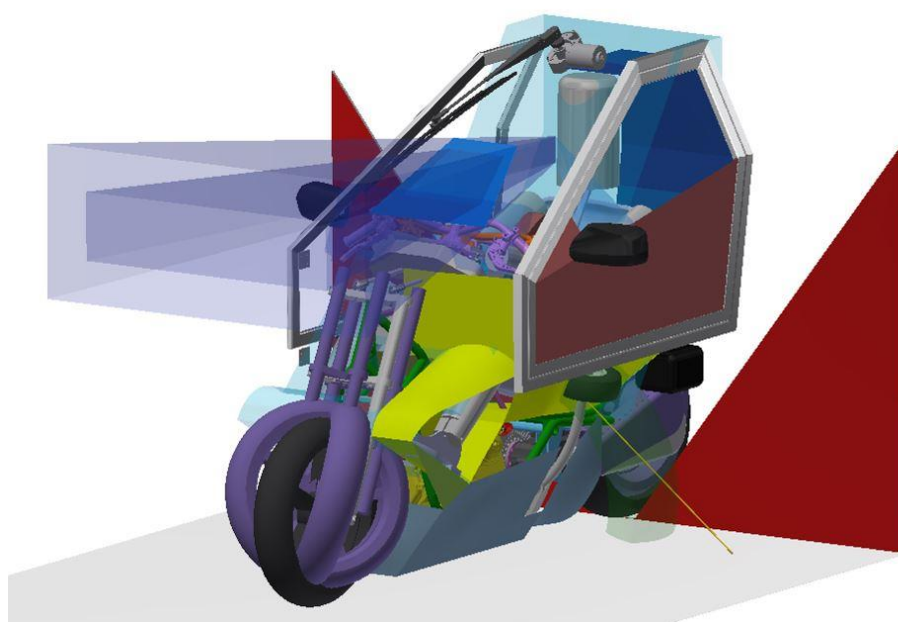


Obrázek 48: Obálka řídítek a ovládacích prvků



3.11.3. CAD model karosérie

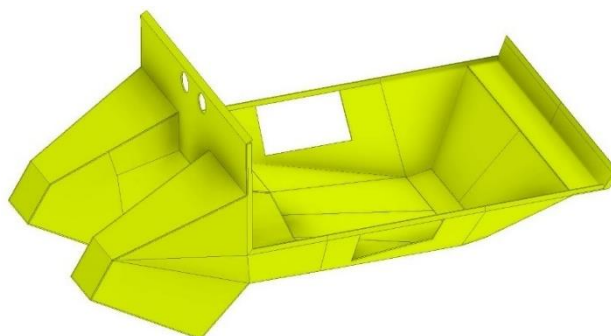
Na Obrázku 48 je znázorněna oranžovou plochou pod řídítky podlaha kabinového prostoru. Tvoří předěl mezi částí uživatelskou a strojovou. V takto navržené karosérii by podlaha byla velmi složitá v oblasti přední vidlice, kde by musela dovolit zatáčení vidlice a zároveň odstínit kabinu od povětrnostních vlivů. Z tohoto důvodu jsem do kabiny již dále nezahrnoval prostor přední vidlice. Tím vznikl oddělený prostor, který bude později zakryt kapotou.



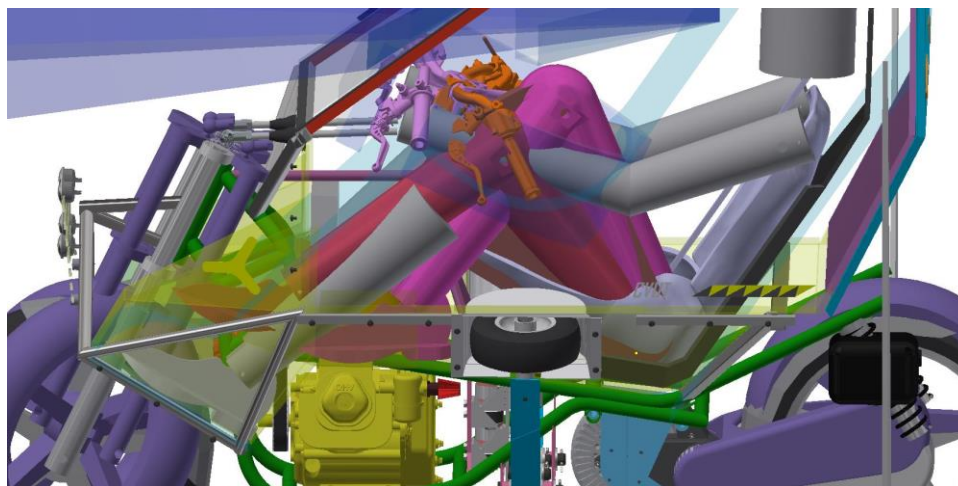
Obrázek 49: Model s novou podlahou kabiny

Zde je model s novou podlahou kabiny (žlutá), zárubněmi s rámy dveří a vnitřním panelem dveří a zadním vnitřním panelem zárubně. Podlaha kabiny navazuje na zárubeň dveří, čímž přirozeně tvoří rozdělení spodní kapotáže a kabiny. Při zvoleném posedu zůstaly nohy předsunuty předělovací svislé přepážce. Proto je bylo nutné schovat do tzv. kapes, díky čemuž je zachován uzavřený prostor kabiny a také jsou vyřešeny nášlapy pro nohy.

Zbývá vyřešit zatáčení. Kulatými výřezy ve svislé přepážce vedou táhla řízení, výřezy jsou dostatečné velké, aby obsáhly všechny koncové polohy táhel a jsou s nimi spojeny gumovými manžetami.



Obrázek 50: Finální verze podlahy



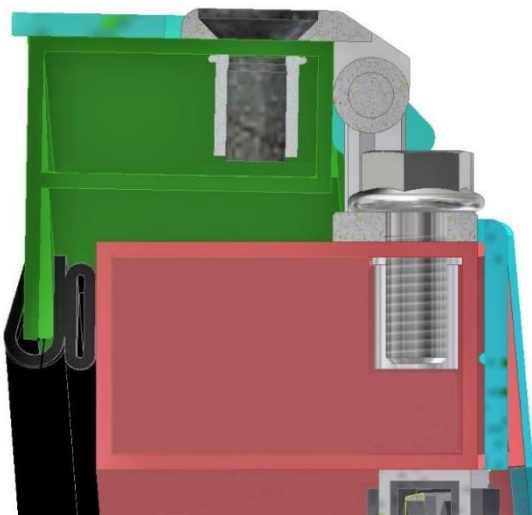
Obrázek 51: Vyšetření vyndání nohou z podlahy

Šedá, červená a tmavě růžová noha představují tři polohy vyndávání nohy z kapsy podlahy. Při zatočených řídkách nevzniká kolize. Podlaha je finálně tvořena z rovinných segmentů pro snadnou výrobu ze sendvičových desek.

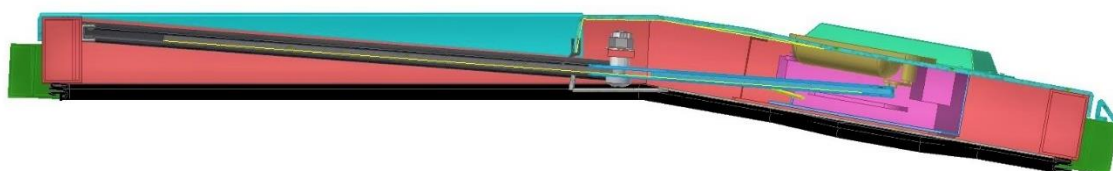
3.11.3.1. Dveře

Bezpochyby nejsložitější konstrukční součástí byl komplet dveří se zárubní. Požadavkem zadavatele bylo otevírání dveří kolem A-sloupku. Z možných druhů stahování oken, co přicházely v úvahu, byl zvolen otočný inspirovaný závodním vozem Lancia Stratos.

Rám dveří tvoří obdélníkový hliníkový profil, rám zárubně je z obdélníkového profilu s praporkem. Ten jsem vybral kvůli umístění univerzálního těsnění, které těsní na plochu. Použil jsem autozámek (Volkswagen), u kterého je zaručena homologace pro provoz. Panty mají na straně dveří podélné drážky pro seřízení dveří. Uchycení pantů v rámu dveří a zárubni je pomocí nýtovacích závitových vložek, stejně tak uchycení protikusů zámku. Okno je ze 4 mm tlustého polykarbonátu a včetně zasklívacích drážek je vepsáno do profilu dveří, tudíž se pohybuje mezi panely. Táhla vnější i vnitřní kliky se staženým oknem nekolidují. Dveře mají zevnitř plynovou vzpěru pro fixování v otevřené poloze.



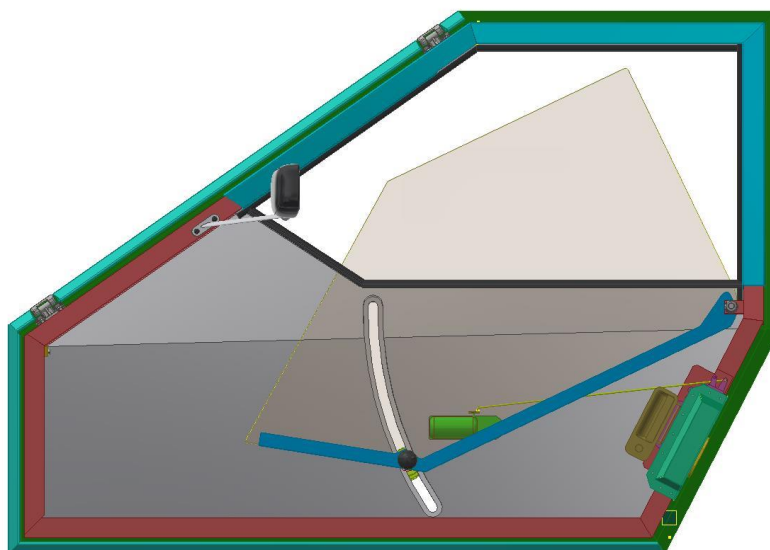
Obrázek 52: Řez pantem dveří



Obrázek 53: Řez celými dveřmi kolmo na okno



Obrázek 54: Řez zámkem dveří



Obrázek 55: Dveře bez vnějšího panelu

3.11.3.2. Panely karosérie

Pro vnitřní i vnější panely jsem vzhledem k designu použil sendvičové desky o síle 3 mm Alucobond od firmy 3A Composites. Jsou tvořeny vnějšími hliníkovými plechy a polyethylenovým jádrem. Při profrézování z vnitřní strany je možné je ohýbat, což je vhodné právě na vytvoření povrchových panelů.



Obrázek 56: Vnější panely a vytažené kolečko



Obrázek 57: Spuštěné kolečko a průhledný boční zadní panel



Obrázek 58: Boční kapotáž zespod

Boční spodní kapotáž (pod dveřmi) je přirozeně dělena výsuvným kolečkem. Panely jsou separátně přišroubovány k profilu zespoda zárubně dveří, kapse na zasunuté kolečko a spodní desce. V případě nutných oprav je možné sundat každý panel zvlášť. Spodní deska je vyřezána pro přívod chladícího vzduchu k baterii.



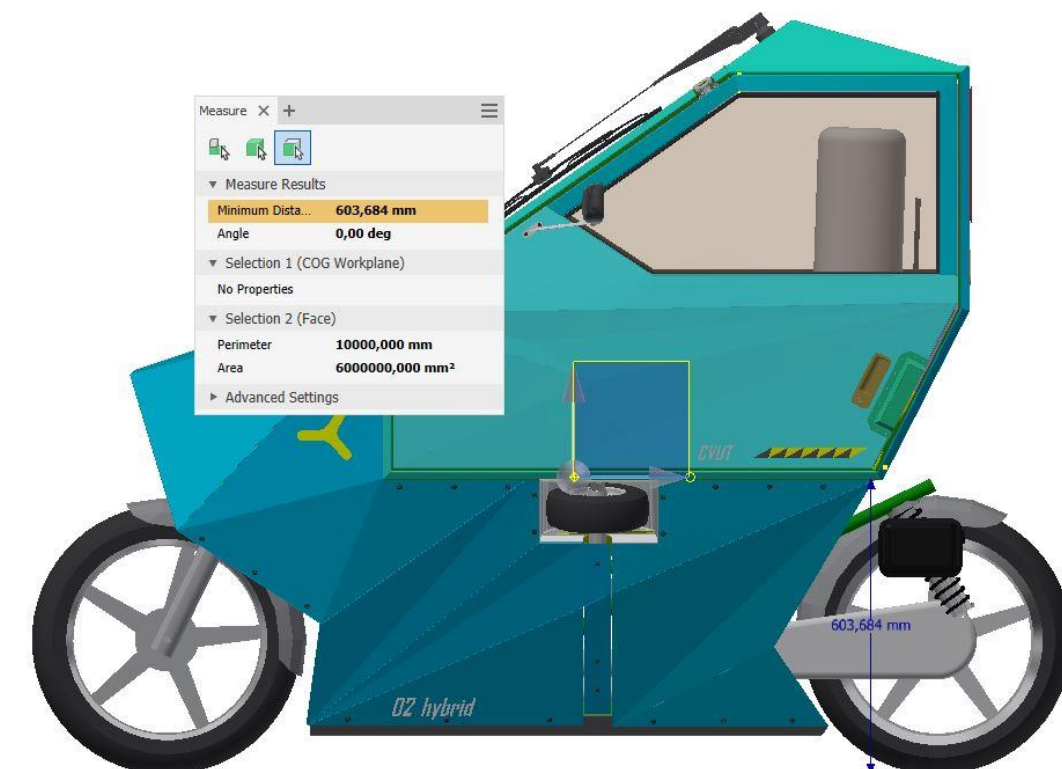
Obrázek 59: Kontrola 50° náklonu



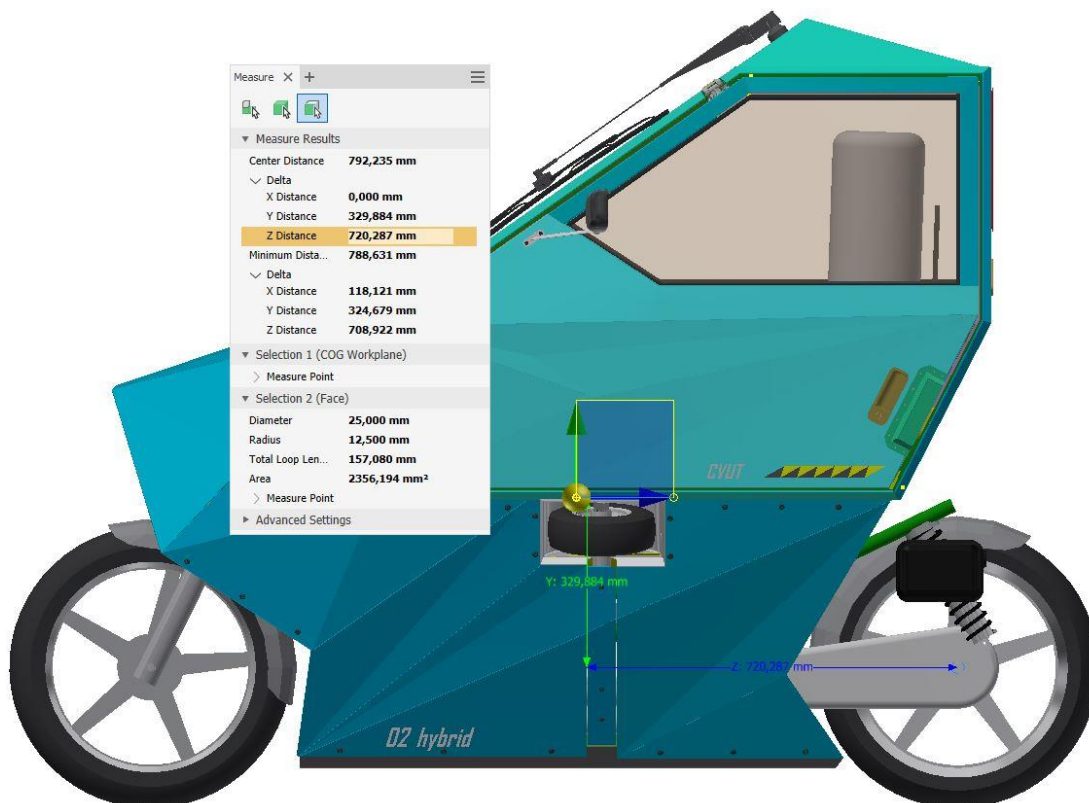
Kabinový motocykl jen těsně splňuje požadovaný náklon 50° ve svislém stavu. Při stlačení odpružení v zatáčce dojde ke snížení a motocykl již nemůže dosáhnout požadovaného náklonu. Ačkoliv je tento náklon v reálném provozu nepoužitelný, jsem si vědom, že se jedná o nedostatek mé konstrukce. Pro dodržení náklonu 50° bych navrhoval změnit posed figuríny tak, aby měla nohy více nahoře. Tím by došlo ke zúžení kapotáže v místě prvního kontaktu s vozovkou.

3.12. Porovnání sledovaných údajů

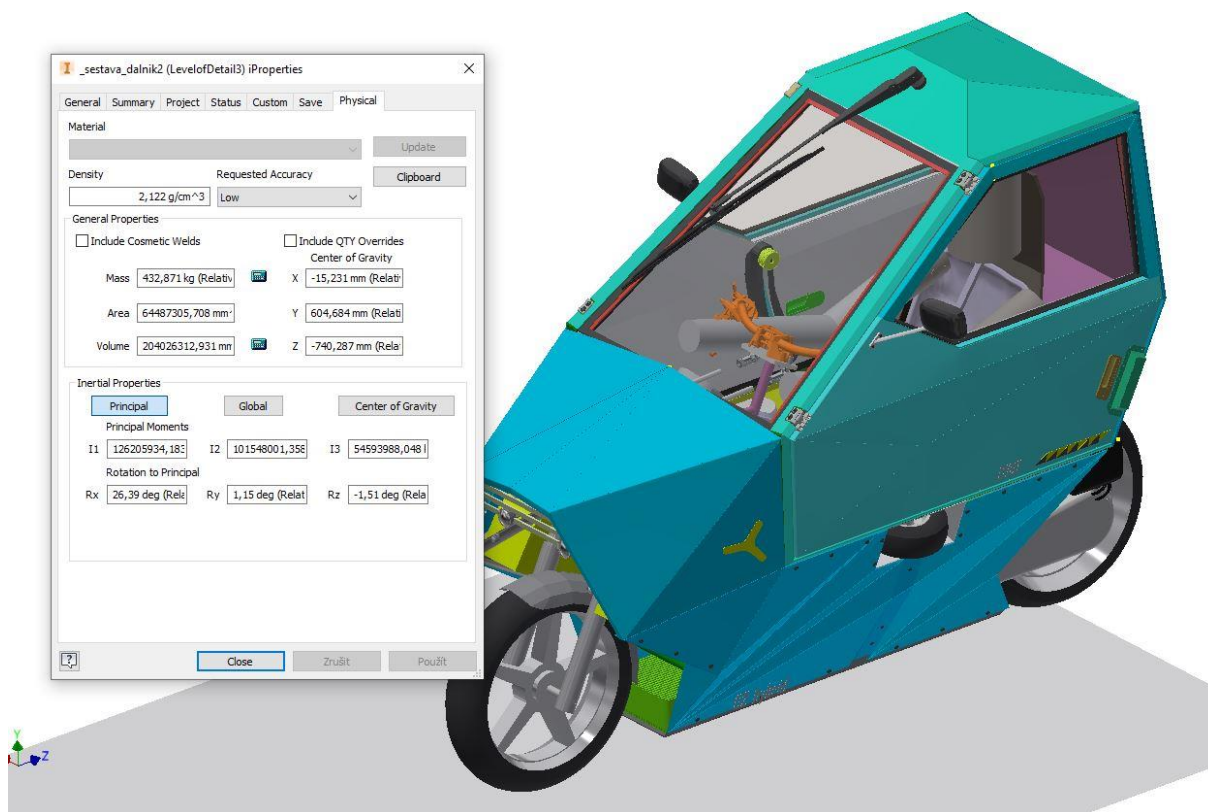
Pro srovnání výsledné pozice těžiště bylo potřeba ručně každě součásti sestavy přiřadit materiál a tím pádem i hmotnost. Program spočítá těžiště ze všech součástí a výsledek zobrazí. Poté stačí jen odměřit k požadovanému bodu, v mém případě osa zadního kola a země.



Obrázek 60: Souřadnice Y těžiště



Obrázek 61: Souřadnice X těžiště



Obrázek 62: Hmotnost sestavy



[mm]	Původní souřadnice X	Původní souřadnice Y
Řidič a spolujezdec	587,6	690,7
Řidič	699,7	594,4
	Nová souřadnice X	Nová souřadnice Y
Dálník	720,3	603,7
[kg]	Hmotnost původní	Hmotnost nová
	455,5	432,9

Tabulka 5: Porovnání souřadnic těžiště a hmotnosti

Z tabulky je patrné, že Y souřadnice nového těžiště je srovnatelná s původní Y souřadnicí těžiště pro skútr s řidičem.

Nová X souřadnice je od osy zadního kola vzdálená o cca dvacet milimetrů dopředu oproti původní X souřadnici pro skútr s řidičem.

Nová hmotnost vyhovuje, podle programu je menší než původní.

3.13. Kompletní sestava v barvě designového návrhu



Obrázek 63: Celková sestava v barvě designu – pohled z boku



4. Závěr

Provedl jsem rešerši možných způsobů řešení kabinových motocyklů v teoretické části práce. Z rešerše je patrné, že stabilizace gyroskopem není vhodná a jako mnohem lepší a ověřené řešení jsou výklopná kolečka, jak dokazuje firma Peraves, která dodnes malosériově vyrábí kabinové motocykly. Jako spolehlivá stabilizace se jeví rovněž stabilizace vlastníma nohama, která ovšem vylučuje uzavřenou konstrukci kabiny.

Navrhl jsem vlastní mechanismus sklápění opěrných koleček na bázi kuličkového šroubu. Mechanismus vyhovuje všem uvažovaným předpokladům. Provedl jsem rovněž jeho zasazení do rámu motocyklu s ohledem na ostatní součásti. Mechanismus v zasunutém stavu nenarušuje vnější boční panely karosérie.

Provedl jsem konstrukci karosérie v Autodesk Inventor v souladu s designovým návrhem a vytvořil model sestavy kabinového motocyklu. Při mé práci jsem respektoval CAD model rozmístění komponent pohonného řetězce od mého kolegy Ing. Martina Dvořáka. Sestava má téměř shodné těžiště i hmotnost jako původní skútr. Kompletní soubor sestavy je přílohou této práce ve formátu Pack and Go pro Autodesk Inventor 2020 a vyšší.

Vytvořil jsem rozpadový výkres sestavy karosérie a výkres nástřihu levého vnějšího bočního panelu. Tyto výkresy jsou přílohou této práce.

Jsem rád, že jsem se mohl na tomto projektu podílet. Vyzkoušel jsem si práci v kolektivu, naučil se řadu nových věcí a pevně věřím, že mi budou tyto zkušenosti k užitku v mém životě.



5. Použité zdroje

- [1] The Schilovski Gyrocar. *In: The Wolseley Register* [online]. 2002 [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20060720074622/http://www.wolseley.dircon.co.uk/gyro.html>
- [2] *Mauser Einspurauto* [online]. In: . [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://cybermotorcycle.com/euro/brands/mauser.htm>
- [3] LINZ, Harald a Halwart SCHRADER. *Die Internationale Automobil-Enzyklopädie*. München: United Soft Media Verlag, 2008. ISBN ISBN 978-3-8032-9876-8.
- [4] ČERVENÝ, Jaroslav. *Peraves - kříženec motocyklu a automobilu s výraznou českou stopou* [online]. In: . [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://www.motorkari.cz/clanky/clanky-predstavujeme/peraves-krizenec-motocyklu-a-automobilu-s-vyraznou-ceskou-stopou-40208.html>
- [5] Gustav Baumm. *In: Motorsport Memorial* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <http://www.motorsportmemorial.org/focus.php?db=ms&n=2457>
- [6] NSU Baumm. *In: Moto-Collection* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://www.moto-collection.org/moto-collection/images/D2-492-32-07.jpg>
- [7] MARKOVIČ, Jan. Gyro-X: Bizarní auto, které dokázalo stát na dvou kolech 34 let před segwayem. *In: Autobible* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://autobible.euro.cz/gyro-x-bizarni-auto-ktere-dokazalo-stat-na-dvou-kolech-34-let-pred-segwayem/galerie-149557-3/>
- [8] The Ford Gyron was an utter waste of money - but it may not be anymore. *In: Drivetribe* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://drivetribe.com/p/the-ford-gyron-was-an-utter-waste-ZwLuojpSRWSF2VBgpRCqAQ?iid=LlgTBPboR62fPz9P469f5Q>
- [9] *Peraves W-18 Oekomobil* [online]. In: . [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <http://www.tvr-forum.de/viewtopic.php?f=20&t=6797&start=60>
- [10] Monoracer. *In: Peraves CZ* [online]. [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://www.peravescz.com/cz/elektricka-verze/>
- [11] Naked. *In: Scooter Community* [online]. 2011 [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <http://scootercommunity.com.au/forums/t/16248.aspx?PageIndex=4>



- [12] BMW C650GT Diagram. *In: FF Web [online]*. 2011 [cit. 2021-11-06]. Dostupné z: <https://www.bikeweb.com/index.php?q=node/2382>
- [13] Honda FJS 600. *In: MBike [online]*. [cit. 2020]. Dostupné z: <http://www.mbike.com/honda/fjs600/2008>
- [14] Yamaha T-Max. *In: MBike [online]*. [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://www.mbike.com/yamaha/tmax/2008>
- [15] Suzuki AN 650. *In: MBike [online]*. [cit. 2022-01-16]. Dostupné z: <https://www.mbike.com/suzuki/an650/2008>
- [16] BMW C650GT. *In: MBike [online]*. [cit. 2020]. Dostupné z: <https://www.mbike.com/bmw/c650gt/2012>
- [17] SAJDL, Jan. Celková hmotnost. *In: Autolexicon [online]*. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/celkova-hmotnost/>
- [18] SAJDL, Jan. Pohotovostní hmotnost. *In: Autolexicon [online]*. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/pohotovostni-hmotnost/>
- [19] SAJDL, Jan. Užitečná hmotnost. *In: Autolexicon [online]*. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/uzitecna-hmotnost/>
- [20] SAJDL, Jan. Suchá hmotnost. *In: Autolexicon [online]*. [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/sucha-hmotnost/>
- [21] DVOŘÁK, Martin. *Návrh pohonného řetězce pro jednostopé vozidlo typu range extender*. Praha, 2021, 60 s. Diplomová práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Ing. Jan Baněček, Ph.D.
- [22] Suzuki AN 650 Frame. *In: Suzuki [online]*. 2020 [cit. 2021-11-07]. Dostupné z: <https://www.globalsuzuki.com/motorcycle/products/burgman650/>
- [23] VLK, František. *Teorie a konstrukce motocyklů 1*. První. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2004. ISBN 80-239-1601-7.
- [24] Suzuki AN 650 service manual. 99500-36110-01E. Japonsko: Suzuki Motor Corporation, 2002.
- [25] CHRSTOŠ, Jan. *Design uzavřeného jednostopého vozidla*. Brno, 2006. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ak. soch. Josef Sládek.
- [26] Kartáčové DC motory. *In: Dunkermotoren [online]*. [cit. 2022-06-11]. Dostupné z:



https://www.dunkermotoren.com/fileadmin/files/downloads/Katalogseiten/GR-G/GR_53x58.pdf

- [27] Bantamové nafukovací kolo na kovovém disku 2.80/2.50 – 4, 210 mm, 150 kg. In: Ambra [online]. [cit. 2022-06-11]. Dostupné z: https://katalog.ambra.cz/bantamove-nafukovaci-kolo-na-kovovem-disku-280250-4-210-mm-150-kg-d95616.htm?fbclid=IwAR2TD4rq93gWOCx_kpyL88Zo8OxNq37n4XRvw2D6XUTEIxFFyIJ8JwwyL60#
- [28] ČSN 30 0723. Rozměry vnitřního prostoru karosérie osobních automobilů. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1977.
- [29] ČSN 30 0724. Poloha sedících osob v osobním automobilu. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření, 1991.
- [30] ČSN 30 0725. Figurína a kreslící šablona. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986.
- [31] ČSN 30 0734. Pracovní místo řidiče. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1986.
- [32] MILAN, Vacek. ZM - A/10.30. Zkušební metodika silničních vozidel: Karoserie a budka řidiče, výhled z místa řidiče. Praha: ÚVMV - 572, 1990, 37 s.
- [33] APETAUR, Milan, Miroslav HANKE, Zdeněk KEJVAL a Milan ROST. Konstrukce Karosérií a Rámů: Karosérie. První. Praha: ČVUT v Praze, 1985.

5.1. Seznam obrázků

Obrázek 1: Gyrocar [1].....	11
Obrázek 2: Mauser Einspurauto [4].....	11
Obrázek 3: Dálník pana Anderleho [4]	12
Obrázek 4: NSU Baumm [6]	13
Obrázek 5: Gyro-X [7]	14
Obrázek 6: Peraves W-18 Oekomobil [9].....	15
Obrázek 7: Peraves Monoracer [10].....	16
Obrázek 8: Honda FJS 600 Silver Wing [11]	18
Obrázek 9: Yamaha T-Max [11].....	18
Obrázek 10: Suzuki AN 650 Burgman [11]	19
Obrázek 11: BMW C 650 GT [12].....	19
Obrázek 12: Postup tvorby rámu 1	23



Obrázek 13: Postup tvorby rámu 2.....	24
Obrázek 14: Postup tvorby rámu 3.....	24
Obrázek 15: Postup tvorby rámu 4.....	25
Obrázek 16: Suzuki AN 650 Rám [22].....	25
Obrázek 17: Schéma měření ve vodorovné a výškové poloze [23].....	26
Obrázek 18: Vlastní měření osobní váhou	27
Obrázek 19: Souřadnice plně obsazeného skútru.....	29
Obrázek 20: Studie rozmístění komponent a nová světlá výška [21].....	32
Obrázek 21: Světlá výška originálního skútru.....	32
Obrázek 22: Nová světlá výška při maximálním propružení.....	32
Obrázek 23: Mechanismus Peraves zasunutý a vysunutý [25].....	33
Obrázek 24: První vývojové schéma mechanismu koleček.....	34
Obrázek 25: CAD model první verze mechanismu	35
Obrázek 26: CAD model druhé verze mechanismu – pohled zepředu	36
Obrázek 27: CAD model druhé verze mechanismu – polovina zdvihu.....	36
Obrázek 28: Kotvící konstrukce mechanismu v rámu	37
Obrázek 29: Rameno kolečka hliníkové	40
Obrázek 30: Rameno kolečka ocelové.....	40
Obrázek 31: MKP analýza ramene – napětí Von Mises	41
Obrázek 32: MKP analýza ramene – posunutí.....	41
Obrázek 33: MKP analýza ramene – faktor bezpečnosti.....	41
Obrázek 34: Příklad kreslení a kótování sedícího řidiče [28].....	43
Obrázek 35: Ergonomie v Catia V5	44
Obrázek 36: Kreslicí šablona s obálkou řidiče.....	44
Obrázek 37: Figurína ČSN s obálkou řidiče	45
Obrázek 38: Konfigurace bodů V a P [32]	46
Obrázek 39: Figurína ČSN s obálkou a plochami výhledu.....	46
Obrázek 40: První designový koncept – pohled z boku	47
Obrázek 41: První designový koncept – pohled zepředu	47
Obrázek 42: První iterace designu – pohled z boku.....	48
Obrázek 43: První iterace designu – pohled zepředu.....	48
Obrázek 44: Druhá iterace designu – pohled z boku.....	49
Obrázek 45: Druhá iterace designu – pohled zezadu	49
Obrázek 46: Pracovní skica	51
Obrázek 47: Pracovní CAD model karosérie verze 1	52
Obrázek 48: Obálka řídítek a ovládacích prvků	52
Obrázek 49: Model s novou podlahou kabiny	53
Obrázek 50: Finální verze podlahy	54
Obrázek 51: Vyšetření vyndání nohou z podlahy	54
Obrázek 52: Řez pantem dveří	55
Obrázek 53: Řez celými dveřmi kolmo na okno.....	55
Obrázek 54: Řez zámkem dveří.....	55
Obrázek 55: Dveře bez vnějšího panelu	56
Obrázek 56: Vnější panely a vytažené kolečko.....	56
Obrázek 57: Spuštěné kolečko a průhledný boční zadní panel.....	57



Obrázek 58: Boční kapotáž zespod	57
Obrázek 59: Kontrola 50° náklonu.....	57
Obrázek 60: Souřadnice Y těžiště.....	58
Obrázek 61: Souřadnice X těžiště.....	59
Obrázek 62: Hmotnost sestavy	59
Obrázek 63: Celková sestava v barvě designu – pohled z boku.....	60

5.2. Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání rozměrů maxiskútrů.....	20
Tabulka 2: Data pro výpočet těžiště [21].....	22
Tabulka 3: Naměřené hodnoty pro výpočet těžiště.....	27
Tabulka 4: Hodnoty souřadnic plně obsazeného skútru.....	29
Tabulka 5: Porovnání souřadnic těžiště a hmotnosti.....	60

5.3. Seznam příloh

- 1) CAD model sestavy v souboru Pack and Go pro Autodesk Inventor 2020 a vyšší
- 2) Výkres nástřihu levého vnějšího panelu dveří
- 3) Rozpadový výkres sestavy
- 4) Digitální verze diplomové práce ve formátu PDF