

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Konstruování strojů a technických zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Adaptér pro jízdu silničního vozidla po kolejovém železničním svršku

Autor: **Líbal Libor**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Kořínek**

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Libor LÍBAL
Osobní číslo:	S20B0406P
Studijní program:	B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní obor:	Konstruování strojů a technických zařízení
Téma práce:	Adaptér pro jízdu silničního vozidla po kolejovém železničním svršku
Zadávací katedra:	Katedra konstruování strojů

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Navrhněte kolejový nemotorový vozík - adaptér pro adaptaci pneumatik osobního silničního vozidla, případně dodávkového vozidla o celkové hmotnosti do 3,5t, pro jízdu na železničním svršku – pevné jízdni dráze o rozchodu 1435mm. Použití v železničním tunelu Ejpovice. Rešerše současné zájmové techniky, návrh několika koncepčních varinat a konstrukční zpracování nevhodnější varianty.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. *Uvedení do problematiky, rešerše dosavadních řešení*
2. *Specifikace požadavků, komplexní analýza a hodnocení dosavadních řešení*
3. *Návrh alternativ koncepčního řešení, hodnocení a výběr sub-optimální koncepce řešení*
4. *Vypracování konstrukčního návrhu ve 3D CAD pro vybranou koncepční variantu*
5. *Komplexní hodnocení návrhu, shrnutí a závěr*

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra – Obecné strojí části 1*, Praha: Computer Press, 1999.
[2] HOSNEDL, S. *Systémové konstrukční navrhování technických produktů*, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 1. vyd. 1992.
[3] VLK, F. *Staoba motorových vozidel*, Brno: nakl. Vlk, 2003.
[4] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla 1*, Plzeň: nakl. Západočeská univerzita v Plzni, 2010.
[5] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla 2*, Plzeň: nakl. Západočeská univerzita v Plzni, 2009.
Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kořínek**
Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Šesták**
SŽDC a.s.

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

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

Líbal Libor

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Kořínkovi a Ing. Martinovi Šestákovi za cenné rady, věcné/užitečné připomínky a čas, který mi věnovali při řešení dané problematiky.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Líbal	Jméno Libor	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kořínek	Jméno Jiří	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Adaptér pro jízdu silničního vozidla po kolejovém železničním svršku		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	48	TEXTOVÁ ČÁST	46	GRAFICKÁ ČÁST	2
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje designérský návrh adaptéru pro dvounápravová vozidla ve třech variantách, který umožní danému vozidlu pojezd po železničním svršku.
KLÍČOVÁ SLOVA	užitkové automobily, karosérie, adaptér, metoda konečných prvků, návrh, konstrukce, výkres, tunel, dvoucestná vozidla

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Líbal	Name Libor	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kořínek	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Adapter for driving a road vehicle on a railway superstructure		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2021
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	48	TEXT PART	46	GRAPHICAL PART	2
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This bachelor's thesis contains a design proposal for an adapter for two-axle vehicles in three variants, which will allow the vehicle to travel on the railway surface.
KEY WORDS	commercial vehicles, bodywork, adapters, final element method, design, construction, drawing, tunnel, two-way vehicles

1 Obsah

2	Seznam obrázků	9
3	Seznam tabulek	10
4	Úvod.....	11
5	Historie.....	12
6	Dvoucestná vozidla	13
6.1	Koncepce podvozků dvoucestných vozidel.....	14
6.1.1	Podvozek pneumatika – kolej	14
6.1.2	Podvozek pneumatika – válec.....	14
6.1.3	Podvozek s vlastním pohonem	15
6.2	Současná zájmová technika	16
6.2.1	Iveco DAILY AGODUO.....	16
6.2.2	Dvoucestné vozidlo typu UniRoller-V	17
6.2.3	UniRoller 4x4 Univerzální dvoucestné vozidlo.....	17
6.2.4	FRILINER 4×4 RSQ	18
6.2.5	Daf Welderliner	18
6.3	Zabezpečení železničních tunelů	19
6.3.1	Uspořádání dlouhých železničních tunelů	19
6.3.1.1	Jednotubusový dvokolejný tunel	19
6.3.1.1.1	Dvoutubusový tunel.....	20
6.3.2	Evakuace a servis železničních tunelů.....	21
6.3.2.1	Vlakové záchranářské soupravy	21
6.3.2.2	Obslužné tunely (servisní)	21
6.3.2.3	Tunelové propojky a únikové cesty.....	22
6.3.2.4	Evakuace po pevné dráze.....	22
6.4	Adaptéry pro silniční pneumatiky	23
6.4.1	Manipulační vozíky	23
6.4.2	Sněžné adaptéry	24
6.5	Vozidla využívající kolejový adaptér	25
6.5.1	Volkswagen Crafter 35 TDI 4MOTION	25
6.5.2	Mercedes-Benz Sprinter Genios 4x4	25
6.5.3	Volkswagen T6 2.0 TDi 4MOTION.....	25
6.5.4	Volkswagen T5 2.5 TDI 4MOTION	26
6.5.5	Škoda Yeti.....	26
6.5.6	Škoda Kodiaq 4x4.....	26
6.5.7	Další vozidla	26
7	Návrh koncepčních řešení.....	27

7.1	Předběžné určení parametrů	27
7.1.1	Parametry vycházející ze zadání	27
7.1.2	Parametry vybraných vozů	27
7.1.3	Výchozí parametry adaptéru	27
7.2	Návrh variant koncepčních řešení	28
7.2.1	Varianta A	28
7.2.2	Varianta B	29
7.2.2.1	Modifikace – B1	29
7.2.2.2	Modifikace – B2	30
7.2.3	Varianta C	31
7.3	Hodnocení a výběr sub-optimální koncepce řešení	32
7.3.1	Hodnotící požadavky	32
7.3.2	Vyhodnocovací metoda	33
8	Vypracování konstrukčního návrhu	34
8.1	Konstrukce rámu	34
8.1.1	Volba materiálu rámu	34
8.1.2	Pevnostní kontrola rámu pomocí MKP	35
8.2	Válce s vybráním pro kolejnici	36
8.2.1	Kontrolní výpočet na ohyb hřídele ve válci	37
8.2.1.1	Dimenzování hřídele	38
8.3	Aretace (zajištění) pneumatik	39
8.4	Vedení a manipulace adaptéru	40
8.5	Zajišťovací brzda	41
9	Hodnocení návrhu	42
10	Závěr	43
11	Seznam příloh	44
12	Seznam použitých zdrojů	45

2 Seznam obrázků

Č. obrázku	Popis	Strana
1	Detail podvozku se systémem pneumatika – kolej	14
2	Detail podvozku se systémem pneumatika - válec	14
3	Detail podvozku s vlastním pohonem	15
4	Iveco DAILY AGODUO [4]	16
5	UniRoller – V [1]	17
6	UniRoller 4x4 [3]	17
7	FRILINER 4x4 RSQ [2]	18
8	Daf Welderliner [2]	18
9	Jednotubusový dvoukolejný tunel	19
Dostupné z: https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50161950/obr.98.jpg		
10	Gotthardský dvoutubusový tunel	20
Dostupné z: https://www.elogistika.info/wp-content/uploads/2016/06/gotthard_01.jpg		
11	Vlakové záchranné soupravy	21
Dostupné z: https://cz.pinterest.com/pin/387380005433742236/		
12	Servisní tunel [7]	21
13	Hydraulický zvedák s nožní pákou	23
Dostupné z: https://www.primadilna.cz/fotky49990/fotos/_vyr_7216_7081-WW.jpg		
14	TracknGo	24
Dostupné z: https://www.russianarmmontreal.com/ford-raptor		
15	Schéma varianty A	28
16	Schéma varianty B1	29
17	Schéma varianty B2	30
18	Schéma varianty C	31
19	Konstrukce rámu	34
20	posunutí Y	35
21	posunutí Z	35
22	konstrukce válce	36
23	Výpočtové schéma hřídele	37
24	Dimenzování hřídele	38
25	konstrukce zařízení pro aretaci pneumatik	39
26	manipulační mechanismus	40
27	Zajišťovací brzda	41

28	konstrukční návrh adaptéru	42
----	----------------------------	----

3 Seznam tabulek

Č. Tab.	Popis	Strana
1	Hodnocení variant	33

4 Úvod

V bakalářské práci je řešena adaptace silničních vozů pro jízdu po železničním svršku, která by mohla pomoci při možném vzniku mimořádné události v železničním tunelu Ejpovice.

Ejpvický železniční tunel je dlouhý 4150 metrů. Tato skutečnost svědčí o tom, že při možném vzniku mimořádné události může být obtížné a v jistých případech dokonce i nemožné se k takovému místu dostat s pomocí současných vozidel integrovaných záchranných složek.

Pro tyto mimořádné události se nabízí řešení adaptace silničních vozů pro jízdu po kolejích. Cílem této práce je proto navrhnout kolejový nemotorový vozík/adaptér pro adaptaci pneumatik osobního nebo případně dodávkového silničního vozidla o celkové hmotnosti do 3,5 tun, který umožní těmto dopravním prostředkům jízdu na železničním svršku.

Jedním z mnoha důležitých aspektů bude rychlost a jednoduchost nakolejení spolu s dostatečnou stabilitou při jízdě, přičemž bude muset vozidlo zůstat v dané poloze pro správnou funkci vozíku. Vozík by také měl být použitelný pro různorodou škálu vozidel.

Nabízejí se dvě možné konstrukční řešení. První možností je kolejový vozík, který by nebyl součástí vozidla, ale byl by pouze odstaven u vjezdu do tunelu. V případě události by byl kolejový vozík ustaven na kolejovou trať, na který by následně silniční vozidlo najelo. V druhé variantě řešení by mohl vozík stát přímo na speciálně vybudované výhybce. Jednou z možností, jsou pak kolejové adaptéry, připevněné přímo u vozidel, které jsou běžně využívány u současné zájmové techniky.

Při prozkoumání současné zájmové techniky bylo zjištěno, že se jedná pouze o těžší vozidla záchranných složek. Údržbové vozy mají většinou vestavěné železniční adaptéry. Podrobněji je technika popsána v rešerši této práce.

5 Historie

Nedostatek kvalitních silničních komunikací, byl hlavní důvod, proč se silniční vozidla začala uzpůsobovat pro jízdu po železniční trati, která byla značně rozsáhlejší z důvodu velkého rozmachu železniční dopravy v minulosti.

U prvních vozů se pro jízdu po kolejích musela vyměňovat kola. Z hlediska funkčnosti si tato vozidla nevedla špatně, ale přesto se takto řešená vozidla z mnoha důvodů dále nerozšiřovala.

V pozdější době se začala využívat dvoucestná vozidla, která se podobala těm dnešním a to hlavně k montáži a údržbě na kolejových a tramvajových tratích. K těmto pracím se údržbový automobil doplnil kolejovým adaptérem. Adaptér sloužil pouze jen jako vodítko a nebyl nijak poháněn ani brzděn. Pohon a brzda byla řešena zadní poháněnou nápravou, jejíž kola se odvalovala po hlavě kolejnice. Tato řešení sebou nesla jeden důležitý nedostatek, kterým je zhoršená adheze pneumatik s kolejí.

Takto řešené adaptéry se dočkaly vylepšení a používají se dodnes u automobilů, které mají shodný rozchod kol jako má daná kolejová dráha. [6]

6 Dvoucestná vozidla

Dvoucestné vozidlo je vozidlo s dvojitým režimem, které může fungovat jak na příslušné kolejové dráze, tak na silnici. Tento typ vozidel je u většiny případů pouze upravený silniční vůz. Úprava spočívá v tom, že k podvozku vozidla se přimontuje speciálně navržený adaptér s ocelovými koly pro jízdu po kolejích.

Adaptér může sloužit pouze jako vodítko, kde je pohon řešen silniční pneumatikou, nebo jako samotná pohonná jednotka, kde je využito pomocného přídavného pohonu, který je nejčastěji hydrostatický. Náprava s ocelovými koly se dle potřeby může spouštět a zvedat v požadované míře. Nevýhodou však je, že při jízdě po silniční komunikaci jsou adaptéry stále součástí vozu a zvyšují tak jeho provozní hmotnost.

U lehkých silničních vozidel se pro přestavbu na dvoucestné vozidlo převážně využívá dvou jednonápravových kolejových podvozků. Můžeme se také setkat s vícenápravovými podvozky, které se převážně montují na těžší nákladní vozidla. Ve většině případů se jedná o dvounápravové podvozky, které se na voze nachází ve dvojici.

Jednotlivé typy podvozků je možné kombinovat. Na vozidle se může nacházet jeden dvounápravový a jeden jednonápravový kolejový podvozek, přičemž jsou možné obě varianty uspořádání (jednonápravový vepředu a dvounápravový vzadu či naopak).

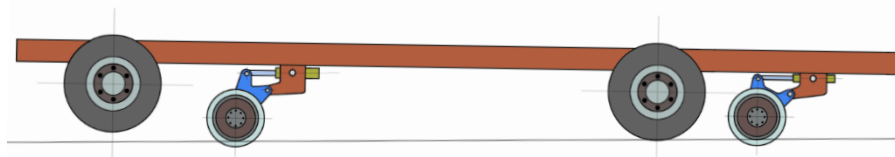
Kolejové adaptéry se montují před nebo za silniční nápravu dle typu vozidla. V dalších případech se umísťují na speciální konstrukci, která je přimontována na přední nebo zadní část vozidla. Při této úpravě se mění délka vozu. Další možností je otočný kolejový podvozek sloužící pro snadné nakolejení rozměrnějších vozidel. Mechanický pohyb zdvihání a ustavování adaptérů bývá hydraulický. [5]

6.1 Koncepce podvozků dvoucestných vozidel

6.1.1 Podvozek pneumatika – kolej

Základní typ dvoucestných vozidel je takzvaně se systémem „guma-ocel“ tento typ funguje na principu tření mezi pneumatikou kola a hlavou kolejnice. Vůz je vybaven dvěma kolejovými adaptéry, jenž jsou ovládané přídavným hydraulickým systémem. Aretace směru jízdy je zabezpečena přizvednutím přední natáčecí nápravy na předepsanou výšku, aby se silniční kola nedotýkala jízdní dráhy.

Vozidla mohou být vybavena reverzní převodovkou pro komfortní obousměrný provoz po železnici. Reverzace chodu vozidla pak umožňuje dosahovat stejných rychlostí v obou směrech jízdy. Hydraulický systém adaptérů je ovládán elektricky z kabinového prostoru popřípadě z ovládacího panelu umístěného na boku vozidla. Do vozidla může být nainstalován kamerový systém a barevný LCD display pro bezpečnou jízdu po železniční trati. [2]

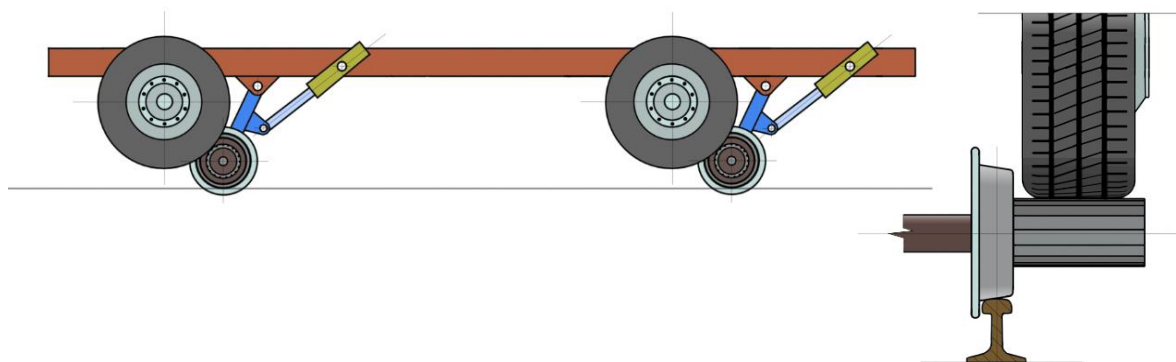


Obr. 1 – Detail podvozku se systémem pneumatika – kolej

6.1.2 Podvozek pneumatika – válec

Přenos výkonu u druhého typu vozidel je zajištěn ocelovými bubny s drážkováním. Bubny jsou umístěny na čele ocelových železničních kol. Systém využívá dvoukolové železniční adaptéry umístěné za silniční nápravy. Přední zatáčecí náprava je uzamčena bezpečnostním zámkem. Adaptéry jsou ovládané hydraulicky z kabiny řidiče nebo pomocí ovládacích prvků po bocích vozidla.

Tento systém je vhodný pro vozidla, která mají větší rozchod kol než pojižděné koleje a nelze u nich dosáhnout dotyku hlavy kolejnice s pneumatikou. Výhoda tohoto systému oproti styku kolejnice s pneumatikou je v tom, že buben neopotřebovává pneumatiky nesouměrně, ale po celé jejich šířce. Další výhodou je, že díky drážkování na ocelových bubnech je zajištěna lepší adheze pneumatik. Tato vozidla jsou dále vybavena reverzní převodovkou pro možnost jízdy stejnou rychlostí v obou směrech. Pro bezpečnou jízdu vzad může být také vozidlo osazeno kamerovým systémem a LCD displejem uvnitř kabiny. [2]



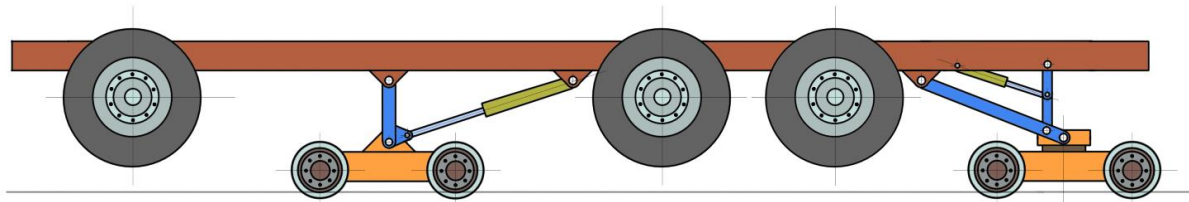
Obr. 2 – Detail podvozku se systémem pneumatika - válec

6.1.3 Podvozek s vlastním pohonem

Tento typ dvoucestných vozidel využívá adaptérové podvozky s vlastním pohonem. Vozidla tohoto typu využívají dva adaptéry, přičemž zadní může být otočný pro snadnější nakolejení delších vozů.

Nakolejení delších vozů probíhá pozadu, kdy se nejprve s vozidlem nacouvá ke kolejové dráze a spustí se zadní otočný adaptér. V dalším kroku se mikropohonem srovná vůz do polohy rovnoběžné s osou koleje a spustí se druhý přední adaptér. Tímto se nám celé vozidlo zvedne na požadovanou výšku nad kolejovou trať.

Adaptéry jsou dvou nebo jednonápravové a přenos výkonu je řešen hydrostaticky popřípadě mikropojedem. Ovládání mechanismů je řešeno hydraulickým systémem ovládaným elektricky z kabiny řidiče nebo z bočních panelů na vozidle. Pojezd vozidla na koleji je možné ovládat dálkově. Vozidlo může být vybaveno kamerami a displejem uvnitř kabiny pro pohodlnou a bezpečnou jízdu pozpátku. Systém tohoto typu adaptérů je vhodný spíše pro těžší a rozměrnější techniku. [2]



Obr. 3 – Detail podvozku s vlastním pohonem

6.2 Současná zájmová technika

6.2.1 Iveco DAILY AGODUO

Iveco DAILY AGODUO je dvoucestné lehké vozidlo určené pro práci na silničních a železničních komunikacích. Vozidlo je vhodné pro možné zásahy s možností přemístit v kabině až 1 + 6 osob. V režimu jízdy po silnici si vozidlo zanechává své výrobní nájezdové úhly. Automobil je osazen dvěma kolejovými jednonápravovými podvozky s principem nakolejení guma-ocel tj. jízda a brždění je vyvozena pomocí tření zadních pneumatik s kolejnicí.

Pro zachování stejné rychlosti v obou směrech při jízdě po kolejích je vůz vybaven reverzní převodovkou, tj. lze řídit všechny rychlosti v obou jízdních směrech.

Aretace přední zatačecí silniční nápravy je řešena přizvednutím nad hlavu kolejnice do předepsané výšky. Pohyb adaptérů je řešen hydraulicky. Maximální rychlost pro jízdu po kolejové trati je stanovena na 40 km/h. Celková hmotnost vozidla činí 5 tun včetně adaptérů.
[4]



Obr. 4 – Iveco DAILY AGODUO [4]

6.2.2 Dvoucestné vozidlo typu UniRoller-V

Jedná se o záchranářské vozidlo s pohonem 4x4 od firmy SaZ s.r.o., které je postavené na základě Renault Midlum D 14 High. Na vozidle se nacházejí dva dvoukolové kolejové adaptéry se systémem pohonu pomocí silničních pneumatik a ocelových bubnů přimontovaných v ose kolejových kol. Adaptéry jsou umístěny za silničními nápravami. Během jízdy mimo kolejovou trať jsou adaptéry zataženy. Vozidlo je schopno překonávat až sklon železniční tratě 40 promile a převýšení kolejí do 150 mm.

Na vozidle se nachází valníková nástavba a hydraulický jeřáb. Valník je vybaven sklopnými lavicemi a nástupním žebříkem pro snadnou evakuaci osob. Při sklopení lavic je možno na valník naložit protipožární vybavení, pomocí hydraulického jeřábu umístěného mezi kabinou a valníkem. Valník je možno zakrytovat posuvnou plachtou. Vozidlo je dále vybaveno reverzní převodovkou, kamerovým systémem CCTV a drážním osvětlením při práci za zhoršených světelných podmínek. [1]



Obr. 5 – UniRoller – V [1]

6.2.3 UniRoller 4x4 Univerzální dvoucestné vozidlo

Vozidlo je postaveno na základu Iveco EURO CARGO 4x4. Jedná se o obdobný typ podvozku jako předchozí vozidlo. Koncepce vozidla je jako nosič výměnných nástaveb. Možnost nástavby je například valník, hydraulický nakládací jeřáb, kropící zařízení, postřikovač, pracovní dílna, vyprošťovací vozidlo vybavené nakolejovacím zařízením, pracovní plošina atd. Vůz má maximální povolenou rychlost po kolejové trati 60km/h. Maximální povolený sklon tratě pro vozidlo je 40% a maximální povolené převýšení je 150mm. [3]



Obr. 6 – UniRoller 4x4 [3]

6.2.4 FRILINER 4x4 RSQ

FRILINER 4x4 RSQ je lehké dvoucestné záchranné vozidlo s pohonem všech kol, které je vybavené dvěma kolejovými podvozkami umístěnými před přední a za zadní nápravou vozidla se systémem guma-ocel. Jízdu a brzdění po kolejové trati tedy zajišťují silniční pneumatiky. Přední náprava je v tomto režimu zablokována vůči zatáčení.

Hmotnost vozidla činí 6 tun, rozvor železničních náprav je 5 metrů, maximální rychlost při jízdě po trati je omezena na 40 km/h. Vozidlo může být nakonfigurováno až pro 6 míst k sezení včetně řidiče. Zadní část vozu tvoří skříňová nástavba pro záchranné vybavení. Další dispozice vozu činí kamerový systém a obrazovka s vizualizací pro bezpečnou jízdu v obou směrech. [2]



Obr. 7 – FRILINER 4x4 RSQ [2]

6.2.5 Daf Welderliner

Řadí se mezi těžká dvoucestná vozidla. Nástavbu tvoří kontejnerová svářečka pro odtavovací stykové svařování kolejnic. Vozidlo má dva dvounápravové kolejové adaptéry umístěné za první a čtvrtou silniční nápravu. Oba adaptéry jsou poháněné hydromotory, přičemž zadní je otočný. Kolejová kola jsou vybavena bubnovými brzdami. Celková hmotnost činí 32 tun, vzdálenost středů kolejových podvozků je 6,08 metrů, průměr železničních kol je 400 mm a maximální rychlost pojezdu je 30 km/h. [2]



Obr. 8 – Daf Welderliner [2]

6.3 Zabezpečení železničních tunelů

Převážně u delších tunelů, v našem případě železničních, je důležité předpovídat možné vzniky mimořádných událostí a připravit se na různé scénáře záchranných akcí. V dnešní době je dbán vysoký důraz na bezpečnost těchto staveb a většina systémů je naddimenzovaných. Dá se tedy říci, že je zde velice malá pravděpodobnost, že by nějaká takováto událost mohla nastat. Přesto tyto situace ve výjimečných případech nastávají.

Příkladem může být právě Ejpovický tunel, kde jednou došlo k požáru podvozku osobního vozu Západního expresu. Při této události byli všichni cestující bezpečně evakuováni, pomocí vedlejšího tubusu, ve kterém byl okamžitě pozastaven provoz. K vlakové soupravě se dostali hasičské vozy (záchranné složky) pomocí pevné jízdní dráhy, kterou tunel disponuje.

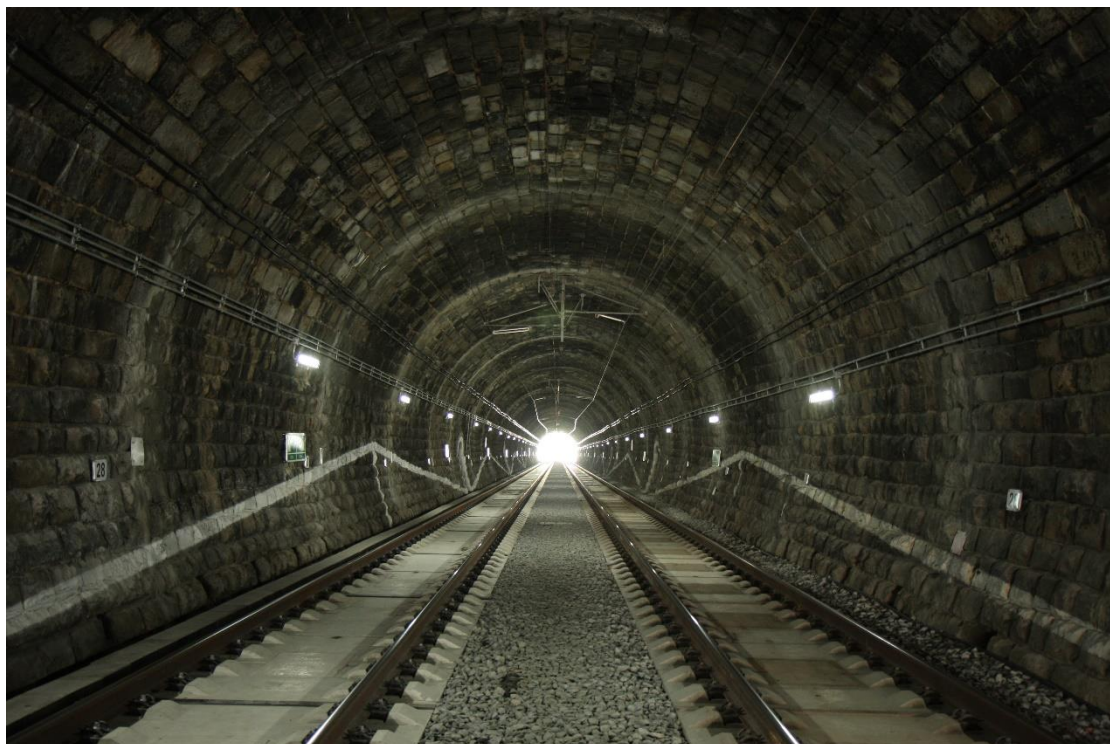
6.3.1 Uspořádání dlouhých železničních tunelů

Prakticky každý železniční tunel je svým způsobem individuální z hlediska rozdílných počátečních podmínek. Železniční tunely by se dali rozdělit do dvou kategorií, které mohou být i kombinovány a doplněny různými systémy například: obslužné tunely, propojky, evakuační systémy, šachty, požárně bezpečné prostory, atd.

6.3.1.1 Jednotubusový dvoukolejný tunel

Řešení této stavby spočívá ve vybudování jednoho tunelu, kterým prochází dvě jízdní dráhy. Kolejové dráhy mohou být mezi sebou rozděleny příčkou s propojkami pro vyšší bezpečnost.

Součástí těchto tunelů mohou být obslužné (servisní) tunely. V Evropě délky dvoukolejných tunelů málokdy překračují 10 km. Výjimkou je například tunel ve Švýcarsku, který je dlouhý 19 km a na většině délky je pouze jednokolejný. Tunel je zcela bez únikových východů, přičemž je zde umožněn průjezd pouze úzkokolejným soupravám s nízkou návrhovou rychlostí. Další dva tunely delší než 10 km jsou italské Vaglia (19 km) a Firenzuola (15 km). Tunely této koncepce delší než 20 km jsou preferovány pouze Japonsku. [7]



Obr. 9 – Jednotubusový dvoukolejný tunel

1.1.1 Dvoutubusový tunel

Tento tunel má dva paralelní tubusy, přičemž každým tubusem prochází jedna kolejová dráha. Oba tubusy jsou spojeny propojkami, které jsou pravidelně rozmístěny podél tunelu a slouží k záchranným účelům.

Dva jednokolejné tunely byly v minulosti používány v nepříznivých geologických podmínkách, kde menší plocha výbrusu znamenala bezpečnější ražbu. V současnosti je jejich preference důsledkem zvyšování návrhových rychlostí a požadavků na bezpečnost. [7]

Jedním z dvoutubusových tunelů je například nejdelší a nejhlubší železniční tunel světa, který se nazývá Gotthardský železniční tunel (Obr. 10), který je uveden do provozu ve Švýcarsku.



Obr. 10 – Gotthardský dvoutubusový tunel

6.3.2 Evakuace a servis železničních tunelů

6.3.2.1 Vlakové záchranné soupravy

Švýcarské spolkové dráhy SBB, provozují železniční síť, která obsahuje přes 250 tunelů, z nichž 20 přesahuje délku 3 km. Hasičské a záchranné vlaky byly součástí bezpečnostního systému po celá desetiletí. Původně byly používány k hašení požárů v tunelech a dálkových oblastech. Dnes aktuální flotila záchranných souprav reaguje na více než tisíc incidentů ročně.

Krom běžného hasičského využití se vlaky používají pro mise jako je například požární ochrana budov a infrastruktury, evakuace osobních vlaků ve vzdálených oblastech, odtah poškozených vlaků a rychlý návrat do běžných provozních podmínek po nehodě. Velkou variabilitu využití zajišťuje modulární konstrukce vlakové soupravy. Vlakové vozy mohou být individuálně uspořádané díky své modulární konstrukci. Scénáře jako jsou, omezené únikové cesty, incidenty ve vzdálených oblastech, silný kouř, špatná viditelnost a extrémní teploty v železničních tunelech nebo na mostech mohou být pro konvenční záchranná vozidla omezující.



Obr. 11 – Vlakové záchranné soupravy

V těchto případech mají záchranné vlaky řadu výhod. Mezi vybavení a schopnosti záchranných vlaků patří hasičský vůz s nádrží na vodu a hasící pěnu, plynotěsné vozy s nezávislou dodávkou vzduchu a kyslíku které chrání posádku a cestující proti kouři a toxickým plynům, zdravotnické zařízení pro první pomoc v místě nehody a další. Každý záchranný vlak je navržen a postaven dle speciálních požadavků provozovatele v souladu s platnými předpisy. [8]

6.3.2.2 Obslužné tunely (servisní)

Servisní tunely jsou z pravidla raženy paralelně s vlastním tunelem pro železniční dopravu. Hlavní funkcí těchto tunelů je snadný přístup servisních jednotek pro údržbu trati a ostatních prvků železničních tunelů. Z pravidla bývá servisní tunel propojen s hlavním tunelem pomocí propojek a šachet po stejně dlouhých úsecích. Vzdálenost mezi propojkami je individuální a u každého projektu zaleží na místních podmínkách. Obslužné tunely jsou také využívány pro evakuaci osob nebo zásah záchranných složek. Realizace obslužného tunelu



Obr. 12 – Servisní tunel [7]

nebývá v Evropě tak častá, můžeme se s ním setkat například v Eurotunelu, kde jsou dva jednokolejné tunely a mezi nimi se nachází jeden obslužný tunel. Ve většině případů se využívá jiných evakuačních systémů z důvodů nižších nákladů na realizaci. Alternativou je využití dvou jednokolejných tunelů s propojkami v pravidelných intervalech. V případě náhlé události jsou cestující evakuováni pomocí vedlejšího tubusu, ve kterém je zastaven provoz. [7]

6.3.2.3 Tunelové propojky a únikové cesty

Při vzniku mimořádných událostí v dlouhých železničních tunelech je nutné zajistit bezpečné prostory pro záchranu cestujících. Únikové cesty jsou umístěny podél trati u stěny tunelu a jsou zřetelně označeny. Značky mají za úkol navést cestující k nejbližšímu východu z tunelu nebo k tunelové propojce.

Propojky jsou běžným systémem úniku v případě dvou jednokolejných tunelů. Vzdálenost mezi propojkami a únikovými východy závisí na mnoha faktorech například požadavky hasičských záchranných sborů, předpokládané scénáře mimořádných událostí, velikost tunelu, vlastnosti materiálu v tunelu a ve vlakových soupravách, atd. Z těchto důvodů se vzdálenost na různých projektech liší. Běžná vzdálenost propojek a únikových východů pro dvoutubusové jednokolejné tunely pohybuje v rozmezí od 250 m až 500 m. [7]

6.3.2.4 Evakuace po pevné dráze

Pevná jízdní dráha je konstrukce železničního svršku. Charakteristickým znakem je jejich tuhost a nízké náklady na údržbu. Ta je zajištěna pomocí nahrazení konvenčních betonových či dřevěných pražců uložených z pravidla na šterkové kolejové loži železobetonovými panely, do kterých je kolejnice přímo ukotvena. Jedna z mála výhod této konstrukce je možnost hladké jízdy silničních vozidel se světlou výškou větší, než je výška temene hlavy kolejnice od betonového panelu.

Této výhody se využívá hlavně v železničních tunelech, kde je důležitá možnost přístupu záchranných složek k případným haváriím. V mimořádných případech lze pevnou jízdní dráhu použít jako únikovou cestu.

Většina moderních železničních tunelů disponuje pevnou jízdní dráhou. Výjimkou není ani Ejpovický tunel, kde je využit systém nosných kolejových panelů ÖBB-PORR, který nahrazuje osm běžných pražců. V ústí tunelu (portál tunelu) se nachází betonové přejezdy zarovnané s temenem kolejnice, ty umožňují silničním vozidlům pohodlné přejetí kolejnice a najetí do požadované polohy pro jízdu v tunelu. Jízda probíhá v režimu, kdy jedna kolejnice vede pod středem vozidla, neboli jednou stranou kol se vozidlo nachází mezi kolejnicemi. [9]

6.4 Adaptéry pro silniční pneumatiky

V praxi se používají pro silniční pneumatiky různé druhy adaptérů. Jedná se například o manipulační vozíky pro odtahování špatně zaparkovaných vozidel se zařazeným kvaltem a zataženou ruční brzdou nebo pro manipulaci vozidel ve stísněných prostorech. Jako další stojí za zmínku pásy a řetězy pro jízdu ve sněhu a terénu.

6.4.1 Manipulační vozíky

Manipulační adaptér (zvedák) pro zvednutí kola automobilu slouží pro snadnou manipulaci s nepojízdným vozidlem. Zvedáky jsou hydraulické s nožní pákou, mechanické s nožní pákou nebo mechanické s ruční pákou.

První dva typy jsou obdobné. Skládají se ze dvou rovnoběžných podpěr (válečků), které jsou umístěny těsně za a před kolo vozidla. Na obou koncích podpěr je přimontované otočné kolečko s možností pohybu ve všech směrech. Podpěry jsou k sobě spojeny posuvnou vzpěrou. Zvedáky fungují na jednoduchém principu a to přitlačováním podpěr směrem k sobě čímž se kolo vytlačí směrem vzhůru. Při použití čtyř zvedáků, na každé kolo jeden, je možné s vozidlem volně manipulovat. Nosnost jednoho zvedáku se pohybuje přibližně od 450 kg, až do 680 kg. Nosnost se liší od výrobce.

Mechanický zvedák s ruční pákou funguje na principu specifického mechanismu, který zvedá kolo vozidla díky pohybu páky, která je ovládána ručně.



Obr. 13 – Hydraulický zvedák s nožní pákou

6.4.2 Sněžné adaptéry

TracknGo je výrobek, který umožňuje běžným vozidlům jízdu v terénu a především na sněhu. Jedná se o pásové zařízení připevněné přímo na pneumatiky vozidla. Zajištění proti sjetí vozu do strany ze zařízení, je vyřešeno pomocí vodících bočních desek s válečky, které se opírají o boky pneumatik. Vedení zároveň zaručuje možnost s vozidlem zatáčet.

Pneumatika vozu se opírá o dva válce, přes které se dále pohání pás. Válce jsou umístěny tak, aby kolo nemohlo samovolně vyjet. Během jízdy v terénu tento systém aretace nestačí, proto je součástí kuličkové ložisko, které se namontuje na střed kola pomocí nastavných šroubů. Ložisko s adaptérem je napevno spojeno táhlem.

Adaptér je navrhnut pro vozidla s pohonem 4x4 o maximální hmotnosti 5 670 kg (2835 kg na nápravu). Systém není určen pro všechny typy vozidel. Doporučená maximální rychlost je 64 km/h na tvrdém povrchu. Celková hmotnost adaptérů činí 680 kg (jeden adaptér 170 kg). Konstrukce rámu je tvořena z hliníku a oceli. [10]



Obr. 14 – TracknGo

6.5 Vozidla využívající kolejový adaptér

6.5.1 Volkswagen Crafter 35 TDI 4MOTION

Jedná se o užitkový skříňový vůz střední velikosti s vysokou střechou. Je využíván zdravotní záchrannou službou plzeňského kraje jako sanitní vozidlo.

Modelová řada Crafter 35 disponuje přeplňovaným diesellovým motorem 2.0 TDI a pohonem všech kol nazývaný 4MOTION pro vozidla značky Volkswagen. Jedná se o trvalý pohon všech kol s mezinápravovou viskózní spojkou Haldex 5. Ta je uzpůsobena tak, že při jízdě bez prokluzu kol se přenáší většinu výkonu na přední nápravu. Při prokluzu předních kol se zvyšuje rozdíl otáček mezi přední a zadní nápravou, tím dojde ke zvýšení tlaku oleje v systému, spojka se začne přivírat a přenášet výkon na zadní kola. Systém je částečně řízen elektronicky pomocí asistenčních systémů. Díky elektronice je možné systém vyřadit například při zatažení ruční brzdy.

Délka vozu činí 5986 mm, šířka přes boční zpětná zrcátka 2427 mm, šířka bez zrcátek 2040 mm, světlá výška 195 mm a rozvor náprav je 3640 mm. Používané pneumatiky jsou o rozměrech 205/75 R 16 a 235/65 R 16. [11]

6.5.2 Mercedes-Benz Sprinter Genios 4x4

Užitkový vůz Mercedes-Benz Sprinter s úpravou karosárny Profile Vehicles OY na sanitní vůz je součástí vozového parku ZZS plzeňského kraje.

Sprinter je vybaven systémem pohonu všech kol. V základu se jedná o pohon zadní nápravy s možností připojení předního pohonu kol. Připojení přední nápravy je možné do rychlosti 10 km/h pomocí ovládacího prvku na palubní desce. V režimu 4x4 je výkon rozdělen mezi zadní a přední nápravu v poměru 35:65, kdy větší výkon je přenášen na zadní kola.

Délka vozu je 5932 mm, šířka se sklopenými zpětnými zrcátky 2715 mm, rozvor náprav 3665 mm, rozchod kol přední nápravy 1726 mm, rozchod kol zadní nápravy 1732 mm a světlá výška je 162 mm. Rozměr používaných pneumatik je 235/65 R 16. [12]

6.5.3 Volkswagen T6 2.0 TDi 4MOTION

Transportér šesté generace je užitkové vozidlo využívané ve všech odvětvích. Tvoří součást vozového parku ZZS plzeňského kraje jako sanitní vůz a vůz pro přepravu devíti osob. Dále Volkswagen Transportér využívá hasičským záchranným sborem české republiky.

Ve voze se nachází přeplňovaný dvoulitrový naftový motor a pohon všech kol. Jedná se o stejný systém, jako u vozu Volkswagen Crafter 35 TDI 4MOTION.

Délka vozu je 4904 mm pro kratší verzi a 5304 mm pro verzi s dlouhým rozvorem, šířka přes boční zpětná zrcátka 2297 mm, šířka bez zrcátek 1904 mm, světlá výška 201 mm a rozvor náprav je 3000 mm a 3400 mm. Běžně používané pneumatiky jsou o rozměrech 215/65 R 16 a 215/60 R 17. [13]

6.5.4 Volkswagen T5 2.5 TDI 4MOTION

Jde o se model ze stejné řady jako předchozí vůz Volkswagen T6 2.0 TDi 4MOTION. Pouze se jedná o starší typ.

Vůz je možné navíc osadit běžnými pneumatikami 205/65 R 16 oproti předchozímu modelu. [14]

6.5.5 Škoda Yeti

Yeti je pětidveřový osobní automobil od značky Škoda, který se řadí do kategorie menších SUV. Je využíván HZS a ZZS.

Podle zvolené konfigurace mohou vozy obsahovat zážehové nebo vznětové motory. Konfigurace nabízí pohon předních kol nebo systémem 4x4, který funguje na stejném principu jako výše zmíněné vozy od značky Volkswagen.

Délka vozu je 4222 mm, šířka 1793 mm, rozchod vpředu/vzadu 1541/1537 mm, světlá výška 180 mm a rozvor náprav je 2578 mm. Běžně používané pneumatiky 215/60 R 16. [15]

6.5.6 Škoda Kodiaq 4x4

Poslední z vozidel je Kodiaq konkrétně s konfigurací 4x4. Jedná se kategorii větších SUV. Využití uplatňuje u ZZS plzeňského.

Vůz disponuje přeplňovaným vznětovým motorem 2,0 TDI o výkonu 110 kW nebo ve výkonnější verzi 147 kW. Systém pohonu všech kol je stejný jako u zmíněných vozidel značky Volkswagen a to se samočinným elektronickým rozdělováním točivého momentu mezi nápravy vícelamelovou kapalinovou spojkou.

Délka vozu je 4697 mm, šířka vozu přes zpětné zrcátka 2087 mm, šířka přes lemy blatníků 1882 mm, rozchod vpředu/vzadu 1586/1576 mm, Světlá výška (při pohotovostní hmotnosti) 191 mm a rozvor náprav je 2791 mm. Běžně používané pneumatiky 215/65 R 17, 235/55 R 18 a 235/50 R 19. [16]

6.5.7 Další vozidla

Jako další vozidla využívající kolejový adaptér lze zmínit například údržbové či servisní vozy. Tyto vozy mají obdobné specifikace jako zde zmíněný Volkswagen Crafter nebo Mercedes-Benz Sprinter. Lišit se mohou nástavbou či velikostí kabiny. Příklad nástavby může být valník nebo servisní skříň.

7 Návrh koncepčních řešení

Základem pro vytvoření návrhů je využití adaptéru. Adaptér by měl mít využití v Ejpovickém tunelu pro automobily do 3,5 tun. Jedná se o vozidla zdravotnické záchranné služby plzeňského kraje nebo menší hasičská vozidla. Dále se může jednat o servisní vozidla typu pickup nebo dodávky.

Podle typu využití vyplývá, že čas nakolejení vozidla by měl být co nejkratší a zároveň dostatečně bezpečný. Po rešerši často využívaných automobilů pro adaptaci, je nutnost zajistit protáčení všech kol vozidla, z důvodů pohonu všech čtyř kol. V úvahu je vzata i schopnost diferenciální převodovky (při brždění jednoho kola na nápravě se výkon přenesne na druhé). Tato schopnost by mohla být využita při aretaci jednoho kola nápravy k adaptéru, přičemž kolo na druhé straně by se mohlo otáčet a dál přenášet výkon. Z důvodů samosvorných diferenciálních převodovek není tato možnost dále uvažována. V návrzích je hleděno na jednotlivé parametry vozidla a to zejména na tyto rozměry: délka, výška, šířka, světlá výška, rozchod kol, rozvor kol a rozměry pneumatik.

U všech návrhů variant je zajištěn pohon pomocí použitého vozidla. Nakolejení adaptéru/vozíku a adaptace vozidla bude probíhat v místech přejezdu u portálu tunelu, kde se nachází betonové panely umístěné v úrovni temene hlavy kolejnice.

7.1 Předběžné určení parametrů

7.1.1 Parametry vycházející ze zadání

Rozchod kolejí:	1435 mm
Typ kolejnice:	širokopatní kolejnice 60 E 2
Celková hmotnost vozidla:	do 3,5 t
Využití:	železniční tunel Ejpovice

7.1.2 Parametry vybraných vozů

Rozchod kol:	1537 mm – 1805 mm
Rozvor náprav:	2578 mm – 3665 mm
Váha vozů:	do 3500 kg
Světlá výška:	Rozsah: 162 mm – 201mm
Systém pohonu:	Hnaná všechna čtyři kola, zadní kola a přední kola

Rozměry pneumatik

Šířka:	205 mm – 235 mm
Průměr:	664,4 mm – 717,6 mm (vypočteno z rozměrů pneumatik)

7.1.3 Výchozí parametry adaptéru

Námi modelovaný adaptér by měl vycházet z hodnot, které jsou v zadání a z hodnot získaných z rešerše dané problematiky. Při návrhu byli voleny následující parametry.

Délka válců:	Minimálně 360 mm (zaokrouhlená hodnota vypočtena z rozchodů a šířky pneumatik)
Rozchod válců:	1671 mm (aritmetický průměr maximální a minimální hodnoty rozchodu kol)
Rozvor válců:	2578 mm – 3665 mm (rozdíl je 1087 mm)

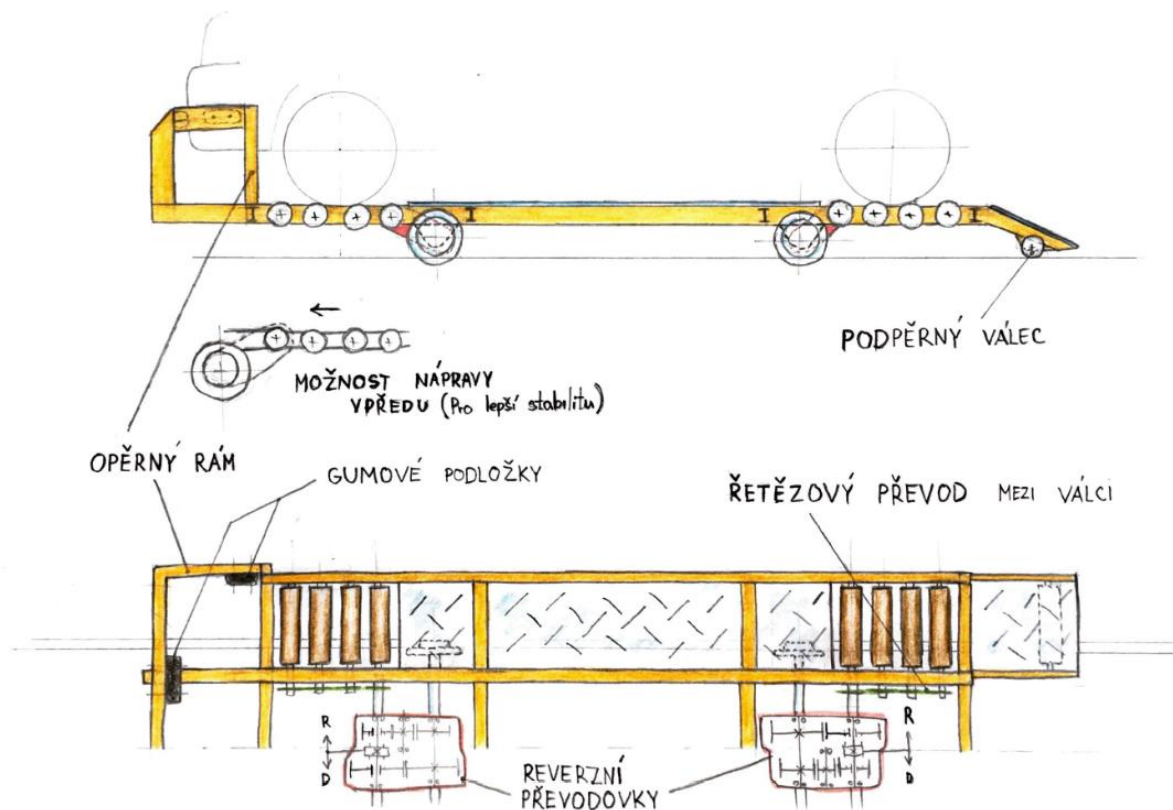
7.2 Návrh variant koncepčních řešení

7.2.1 Varianta A

Prvním návrhem je vytvoření nemotorového vozíku na kolejových nápravách. Manipulace vozíku mimo kolejovou trať by byla zajištěna paletovým vozíkem.

Pohon je zajištěn pomocí válečků, které přenášejí výkon od pneumatik na kolejová kola. Válečky jsou mezi sebou propojeny řetězovým převodem a dále pak převodovkou na kolejové nápravy. Převodovky jsou dvě, na každé nápravě jedna, s možností reverzního chodu pro dosažení stejné komfortní jízdy vpřed i v zad. Zařazení reverzního chodu je možný pouze v klidném stavu.

Aretace vozu je zajištěna opřením karoserie vozu o konstrukci vozíku v přední části, která nedovoluje vozidlu pohyb vpřed a do stran. Pohyb vzad by byl zajištěn podobnou odnímatelnou konstrukcí. Dotykové plochy jsou doplněny gumovými podložkami pro předcházení poškození vozidla.



Obr. 15 – Schéma varianty A

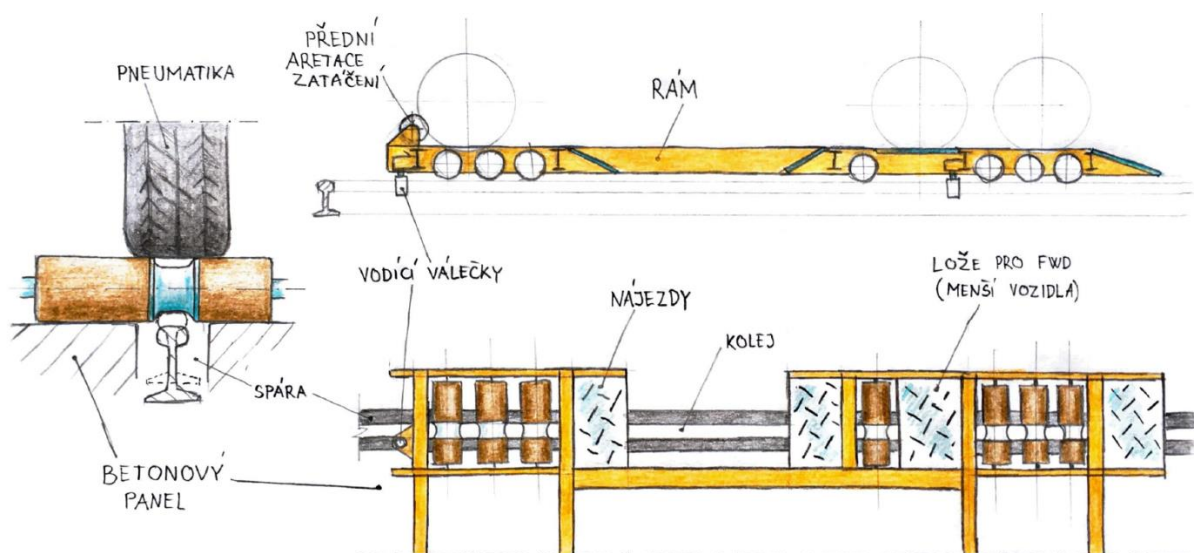
7.2.2 Varianta B

7.2.2.1 Modifikace – B1

Druhá varianta vychází z návrhu přenosu výkonu od pneumatik na kolej přímo přes válečky. Vozidlo by jelo opačným směrem než při jízdě po pozemní komunikaci. Manipulace s vozíkem mimo železniční trať by byla stejně jako u návrhu varianty A paletovým vozíkem. U válečků by bylo provedeno vybrání pro ideální kontakt s kolejí.

Pohon je řešen pomocí válečků s vybráním pro kolejnici. Válečky řeší rozdílný rozchod kol u různých typů vozidel. Při jízdě po betonovém panelu v ústí tunelu se válečky nedotýkají kolejnice, ale válce se odvalují po panelu. Ve směru jízdy udržují vozík vodící válečky nebo vodící kolečko s okolkem na pohyblivé ose. Při sjíždění z panelů dosedne váleček vybráním na kolej, poté vodící válečky plní pouze pojistnou funkci.

Aretace vozidla k adaptéru, může být provedena opěrnou konstrukcí o karoserii vozu. Jako další způsob aretace se nabízí vedení pneumatik pomocí vodících válečků.

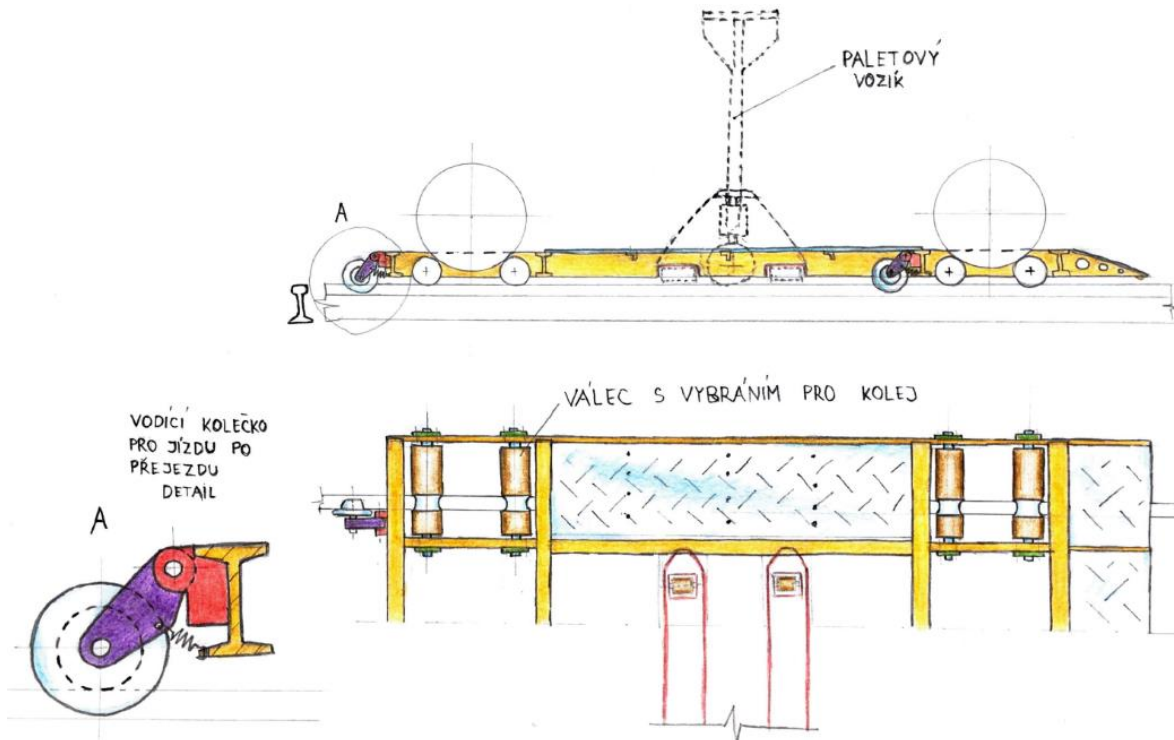


Obr. 16 – Schéma varianty B1

7.2.2.2 Modifikace – B2

Jedná se o upravenou variantu B1, kde na jedno kolo jsou umístěny pouze dva válečky a tím je zajištěna větší stabilita vozidla. Na obrázku je vidět druhá varianta vodícího systému pomocí kolečka s okolkem.

Kolečko je umístěno na rameni díky čemu se může měnit jeho výška a kolečko dosedá na kolej v obou režimech jízdy a to v režimu jízdy po kolejnicích a jízdy po betonovém panelu (přejezdech).



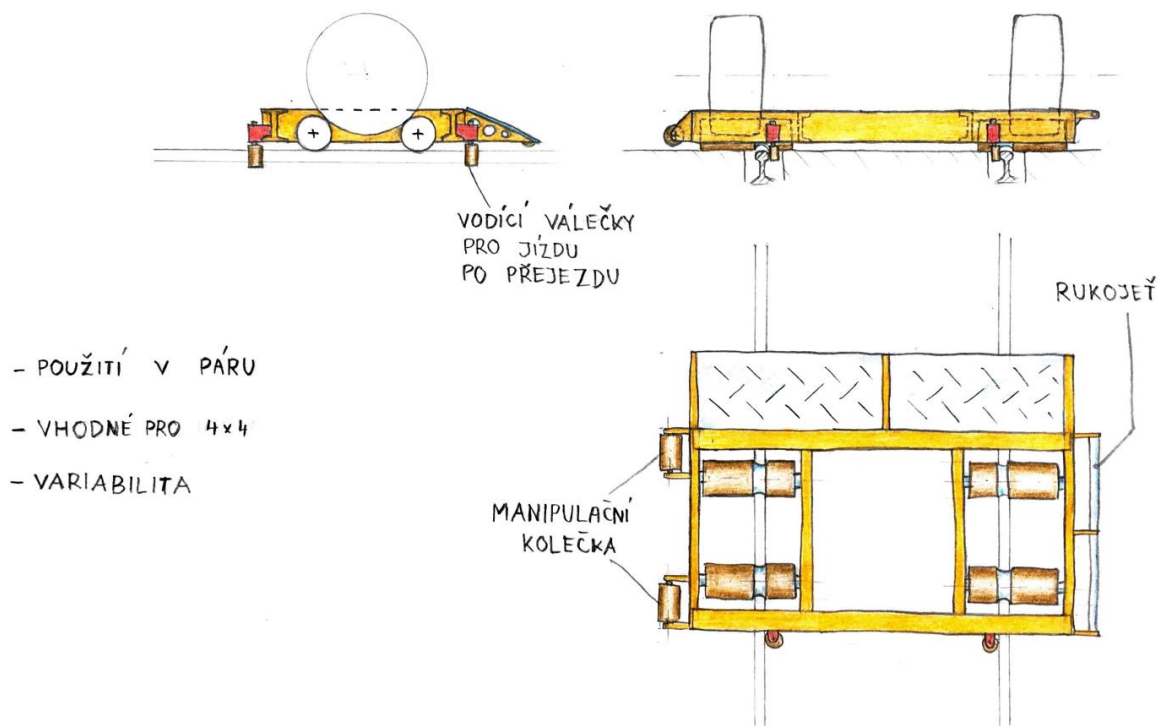
Obr. 17 – Schéma varianty B2

7.2.3 Varianta C

Varianta C funguje na stejném principu jako varianta B2 s rozdílem, že se nejedná o jeden adaptér ale o dva v páru. Využití rozděleného adaptéru řeší problém rozdílného rozvoru vozidel.

Dále odpadá použití přídavných vozíků pro manipulaci z důvodů lehčího a kompaktního provedení. Manipulace s vozíkem je zajištěna pomocí lidské síly a to přizvednutím za rukojeti a odtazením pomocí manipulačních koleček.

Při ustavování vozu se nejprve ustaví oba adaptéry před a za vozidlové nápravy. Následně se oba adaptéry zabrzdí a nacouvá se na zadní. Po ustavení do zadního adaptéru se odbrzdí a najede se na přední a také se odbrzdí. Tento princip se dá využít pouze u vozidel s hnanou přední nebo zadní nápravou. U vozidel se všemi hnanými koly je princip aretace obdobný s rozdílem při najíždění předních kol. V kroku, kdy je zadní náprava na adaptéru zajištěna, nastává situace, při které přední kola táhnou vozidlo v před a zadní kola převodem přes válce táhnou vozidlo vzad. V tomto případě je nutné použít ruční parkovací brzdu vozidla, čímž se zamezí otáčení zadních kol. Přední adaptér se odbrzdí a je tlačěn proti vozu, než se vlivem adheze podsune pod přední kola vozidla. Tento postup lze použít pouze u vozidel s pohonem všech kol se systémem Haldex.



Obr. 18 – Schéma varianty C

7.3 Hodnocení a výběr sub-optimální koncepce řešení

S ohledem na zadání a vytvořené návrhy koncepčních řešení byly zvoleny hodnotící parametry a jejich váha určující prioritu. Váha má stupnici od 1 do 4, přičemž vyšší hodnota znamená vyšší prioritu.

7.3.1 Hodnotící požadavky

Rychlost nakolejení

Doba za jakou se vozidlo ustaví na připravený adaptér/vozík. Rychlost je důležitá jak při adaptaci záchranných vozů tak zároveň při adaptaci servisních vozů a to z důvodů rychlé obnovy běžného provozu. Údržbové práce mohou probíhat v nočních hodinách kdy je z pravidla menší provoz. Váha parametru byla zvolena **3**.

Jednoduchost obsluhy

Ovládání a zajištění adaptéru by mělo být co nejjednodušší kvůli snadné obsluze a školení pracovníků. Váha parametru byla zvolena **4**.

Stabilita při jízdě

Stabilita za jízdy je důležitá kvůli bezpečnosti, proto je váha parametru zvolena **4**.

Manipulovatelnost

Tím je myšleno příprava a ustavení vozíku/adaptéru na kolejnice, či případná manipulace kolem portálu tunelu. Je zřejmé, že čím menší bude vozík, tím bude manipulace jednodušší a nebude třeba tak vysokého úsilí k přemístění. Váha parametru byla zvolena **3**.

Aretace vozidla

Zajištění vozu k adaptéru zamezuje zatačení přední nápravy a pohybu vozu. Pro bezpečnou jízdu je důležité zamezit těmito pohybům. Váha parametru byla zvolena **4**.

Variabilita použitých vozidel

Jedná se o schopnost využití u široké škály pozemních vozidel do 3,5 tun. Tento parametr není klíčový, proto byla váha zvolena **2**.

Hmotnost

Hmotnost adaptéru se dále odráží do manipulovatelnosti a dynamické stability. Váha parametru byla zvolena **2**.

Složitost konstrukce

Důležitý parametr, který nejvíce ovlivňuje náklady na výrobu. Váha parametru byla zvolena **2**.

Možnost využití mimo Ejpovický tunel

V případě, že by systém aretace osvědčil, mohl by být adaptér využíván na jiných lokacích. Váha parametru byla zvolena **2**.

7.3.2 Vyhodnocovací metoda

Zvolení vhodné varianty bylo provedeno pomocí tabulky. V levém sloupci se nachází hodnotící požadavky a jejich příslušná váha. V pravé horní části jsou vypsány jednotlivé varianty. Ve sloupci pod každou variantou se nachází hodnocení vhodnosti varianty pro daný požadavek. Hodnocení má stupnici od 1 do 4, přičemž vyšší hodnota znamená vyšší vhodnost. Ve vedlejším sloupci je dané hodnocení vynásobeno váhou požadavku. Celkové hodnocení vhodnosti jednotlivých variant je součtem těchto hodnot ve sloupci.

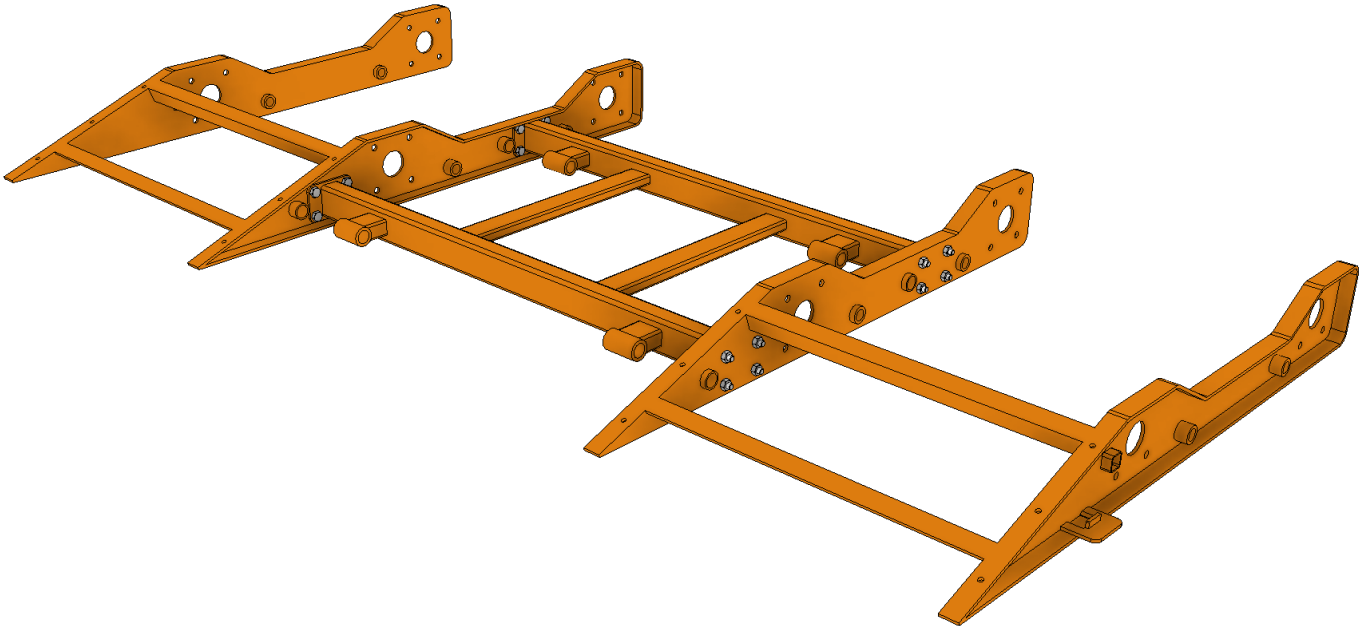
Následným porovnáním hodnot je zřejmé, že nejvhodnější varianta je C s nejvyšším bodovým hodnocením 78. V následující části bude tato varianta dále řešena.

Tab. 1 – Hodnocení variant

SWOT hodnocení Variant									
Hodnotící požadavky		Varianty							
	Váha	A		B1		B2		C	
Rychlost nakolejení	3	4	12	3	9	3	9	2	6
Jednoduchost obsluhy	4	1	4	3	12	3	12	2	8
Stabilita při jízdě	4	2	8	2	8	4	16	3	12
Manipulovatelnost	3	1	3	2	6	2	6	4	12
Aretace vozidla	4	1	4	2	8	3	12	3	12
Variabilita použitých vozidel	3	3	9	2	6	1	3	4	12
Hmotnost	2	1	2	2	4	2	4	3	6
Složitost konstrukce	2	1	2	3	6	3	6	3	6
Možnost využití mimo Ejpovický tunel	2	4	8	1	2	2	4	2	4
Σ Hodnocení vhodnosti			52		61		72		78

8 Vypracování konstrukčního návrhu

8.1 Konstrukce rámu



Obr. 19 – Konstrukce rámu

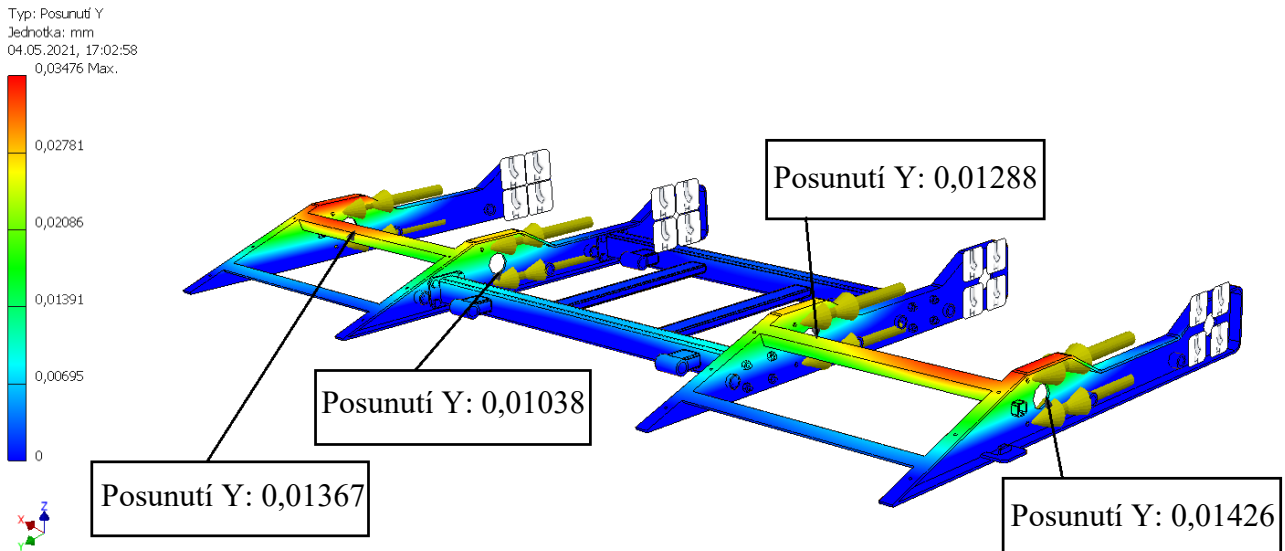
Základní konstrukce se skládá ze svařovaného rámu spojující dvě zrcadlově stejné části, které jsou tvořeny ze dvou upravených U profilů. Úpravou profilu je myšleno seříznutí jedné strany v nájezdovém úhlu a navaření plochého profilu pro vyšší pevnost. Na sešikmenou plochu se následně upevnění nájezdové plechy s protiskluzovou úpravou.

8.1.1 Volba materiálu rámu

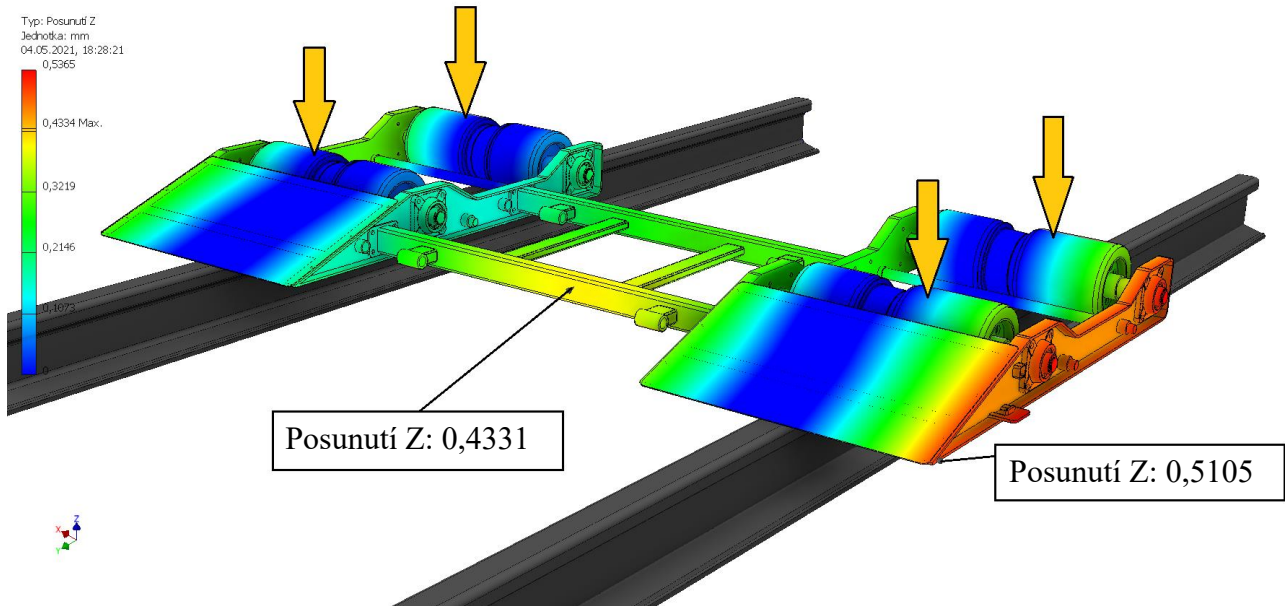
Prvotní myšlenkou je vytvoření celosvařovaného rámu z běžných normovaných profilů z konstrukční oceli S235JR, podle ČSN normy značena 11 375. Konstrukční ocel má pevnost v tahu 360 – 510 MPa a má zaručenou svařitelnost. Další možností jsou hliníkové profily ze slitiny EN AW (ČSN 6060 42 4401, AlMgSi0,5), EN AW 6063 (ČSN 42 4401, AlMg0,7Si), nebo EN AW (ČSN 6082 424400, AlMgSi1). Ve vytvrzeném stavu je pevnost v tahu cca 215 - 310 MPa, oproti oceli má hliník dobré antikorozi vlastnosti.

8.1.2 Pevnostní kontrola rámu pomocí MKP

Rám bude namáhán na ohyb ve středová spojovací části. Dvě boční části budou namáhány tahem. Pevnostní kontrola je provedena pomocí metody konečných prvků (MKP) v CAD softwaru. Vyjádřené posunutí je v milimetrech.



Obr. 20 – posunutí Y



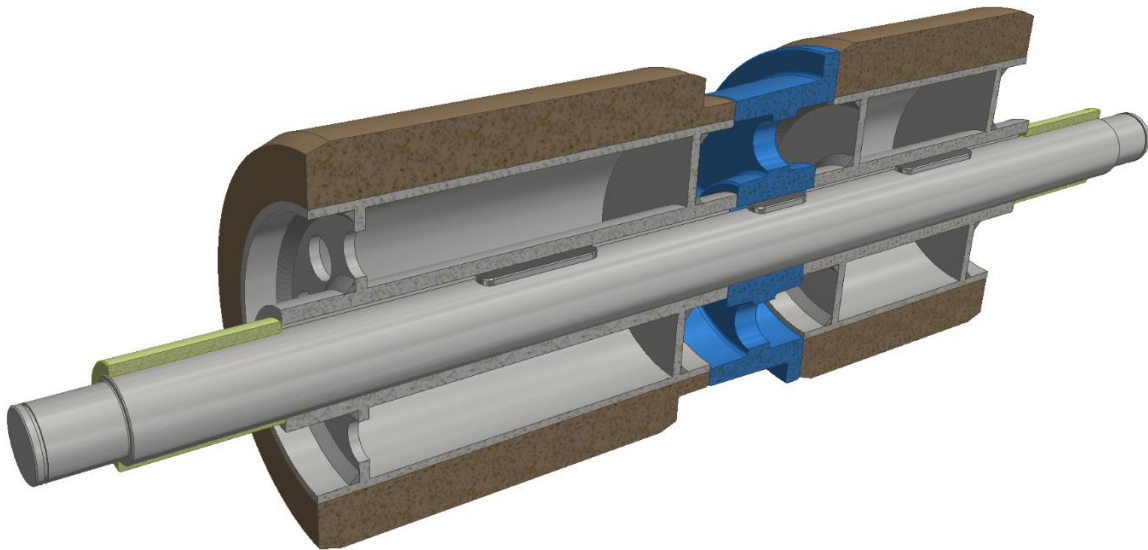
Obr. 21 – posunutí Z

8.2 Válce s vybráním pro kolejnici

V předběžném návrhu bylo základem vytvořit válce s vybráním pro kolejovou hlavu. Vhodnější variantou je vytvoření ocelového kolejového kola, které bude nasunuto mezi dva válce na hřídel.

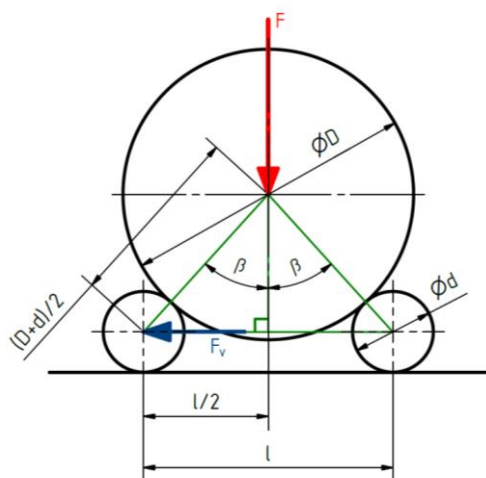
Přenos sil mezi válci a kolejový kolem může být zajištěn těsnými pery, jak je patrné z obrázku. Vhodnou náhradou může být nalisování nebo zajištění klínem nebo pojistným šroubem. Válce pro styk s pneumatikou jsou tvořeny ze dvou částí. Svařená ocelová část složená z dvou sousých ocelových trubek a dvou kruhových plátů. Na obrázku je vidět děrování v jenom z kruhových plátů. Děrování slouží k zasunutí brzdícího kolíku. Na svařené ocelové válce se nalisuje nylonový válec pro šetrnější jízdu po betonových panelech.

Válce budou namáhány na tlak a hřídel bude namáhána na ohyb. Hmotnost vozidla bude svou silou odtahovat válce od sebe.



Obr. 22 – konstrukce válce

8.2.1 Kontrolní výpočet na ohyb hřídele ve válci



m [kg]...maximální hmotnost vozidla
 g [m/s²]...gravitační zrychlení
 F [N]...Síla od hmotnosti vozidla na jedno kolo
 F_v [N]...Výsledná síla působící na jeden válec
 D [mm]...průměr pneumatiky
 d_v [mm]...průměr válců
 β [°]...úhel ustavení pneumatiky
 l [mm]...vzdálenost válců od sebe

Obr. 23 – Výpočtové schéma hřídele

Nejprve je nutné vypočítat sílu od hmotnosti vozidla na jedno kolo. Maximální hmotnost je dána 3500 kg a gravitační zrychlení je 9,81 m/s². Síla na jedno kolo se vypočte jednoduchým vztahem.

$$F = \frac{m \cdot g}{4} = \frac{3500 \cdot 9,81}{4} = 8583,75 \text{ [N]}$$

Pro výpočet F_v je potřeba určit úhel β . Délka l byla zvolena 570 mm a průměr pneumatiky je vybrán 664,4 mm pro určení největší výsledné síly F_v . Jedná se o nejmenší průměr pneumatiky u vybraných vozů.

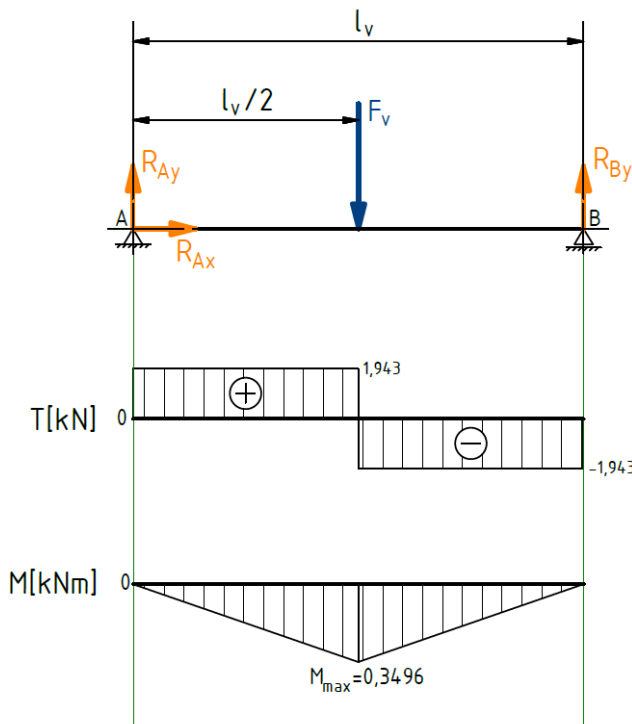
$$\sin \beta = \frac{l/2}{(D + d_v)/2} = \frac{l}{D + d_v} \Rightarrow \beta = \arcsin \frac{l}{D + d_v} = \arcsin \frac{570}{664,4 + 185} = 42,15 \text{ [°]}$$

Nyní je možné vypočítat výslednou sílu F_v .

$$\tan \beta = \frac{2 \cdot F_v}{F} \Rightarrow F_v = \frac{F \tan \beta}{2} = \frac{8583,75 \tan 42,15}{2} = 3884,815 \text{ [N]}$$

Po vypočítání výsledné síly na ohyb hřídele je provedeno dimenzování.

8.2.1.1 Dimenzování hřídele



Obr. 24 – Dimenzování hřídele

Pevnostní rovnice pro namáhání ohybem

$$\sigma_s = \frac{M_{max}}{W_o} \leq \sigma_{DS} \quad W_o = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\sigma_s = \frac{M_{max}}{\frac{\pi d^3}{32}} \leq \sigma_{DS}$$

Vyjádření průměru

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{max}}{\pi \cdot \sigma_{DS}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 349,632}{\pi \cdot 10^6 \cdot 120}} = 0,03096 \text{ m}$$

$$d \cong 31 \text{ mm}$$

Volím průměr **35 mm**

Statické podmínky rovnováhy:

$$x: R_{Ax} = 0$$

$$y: R_{Ay} - F_v + R_{By} = 0$$

$$M_B: F_v \cdot \frac{l_v}{2} - R_{Ay} \cdot l_v = 0$$

Z podmínek jsou vypočteny reakce v podporách.

$$R_{Ay} = -R_{By} = \frac{F_v}{2} = \frac{3884,815}{2} = 1942,4 \text{ [N]}$$

Následně maximální ohybový moment.

$$M_{max} = R_{Ay} \cdot \frac{l}{2} = 1942,4 \cdot 0,18 = 349,632 \text{ [Nm]}$$

R_{Ax}, R_{Ay} [N]...Reakce v podpoře A

l_v [m]...vzdálenost uložení hřídele

R_{By} [N]...Reakce v podpoře B

M_{max} [Nm]...Maximální ohybový moment

W_o [mm]...Modul průřezu v ohybu

d [mm]...průměr hřídele

R_e [Mpa]...325 Mpa pro ocel ČSN 11600

k ... bezpečnost volím 2,7

σ_{DS} [Mpa]... R_e/k dovolené napětí v ohybu

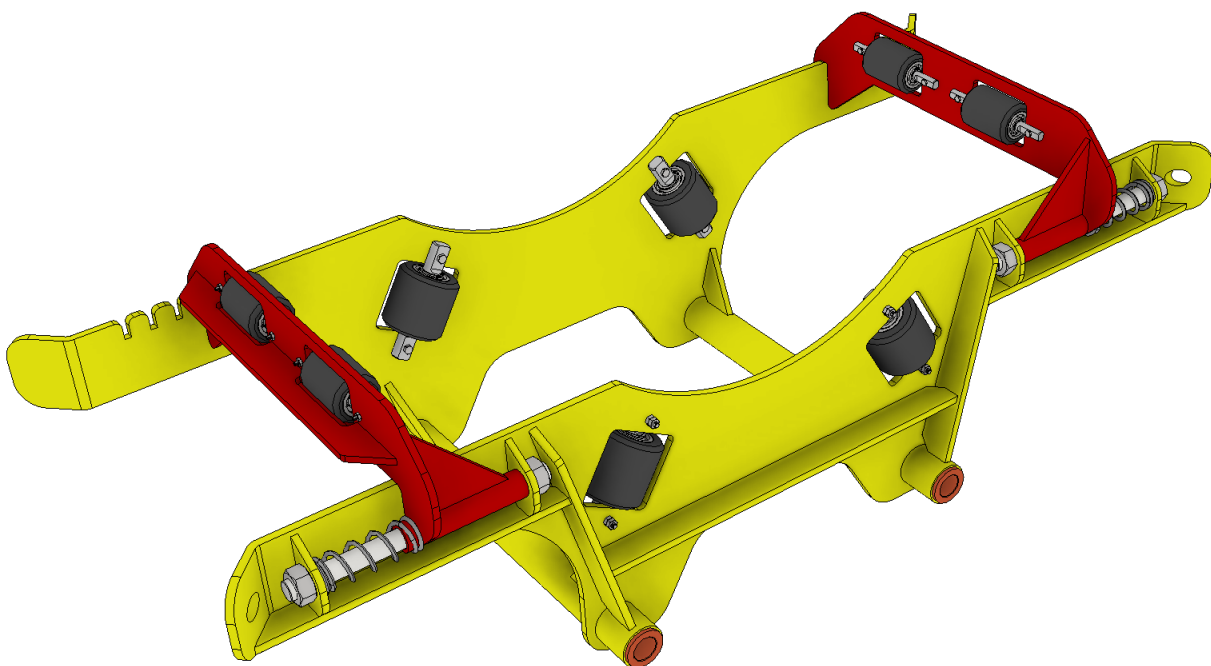
8.3 Aretace (zajištění) pneumatik

Samotné válce s vybráním pro kolejnici by mohly při opatrné jízdě zajistit držení vozu na adaptéru. Z důvodů bezpečnosti je vhodné se zaměřit na odstranění nežádoucích pohybů vozidla. Aretace zatáčení je zajištěna vodícím členem.

Vodící člen se skládá ze svařené konstrukce (žluté části), ta je svařena z dílů vyřezaných z plechu o optimální tloušťce. Dostatečná tuhost konstrukce je podpořena žebrováním. Dále se na vodícím členu nachází pojistné zarážky (červené části) pro udržení vozidla na adaptéru při brždění. Pojistné zarážky jsou navrženy tak aby se vešly mezi podběh a kolo vozidla. Při najíždění na adaptér jsou zarážky v poloze, kdy nebrání volnému najetí. Je myšleno i na různé rozměry kol vozidel, proto nechybí možnost nastavení vzdálenosti pojistných zarážek.

Všechny dotykové body s pneumatikou jsou opatřeny vodícími válečky s kuličkovými ložisky, ty zabraňují zatáčení předních kol vozidla. Pro přizpůsobení se všem typům rozchodu vozidel je možno s vodícím členem v daném rozsahu 185 mm pohybovat do stran. Pro eliminaci třecích sil jsou použity kluzná ložiska. Zajištění v dané poloze by mohlo být řešeno klínovým sevřením.

Za zmínku stojí další řešení aretace, to může být použitím obdobného nepohyblivého členu pouze na jedné straně, přičemž protější strana by měla pouze delší válce pro ustavení vozidel široké škály rozchodů. S tímto řešením se v práci dále nepracuje.



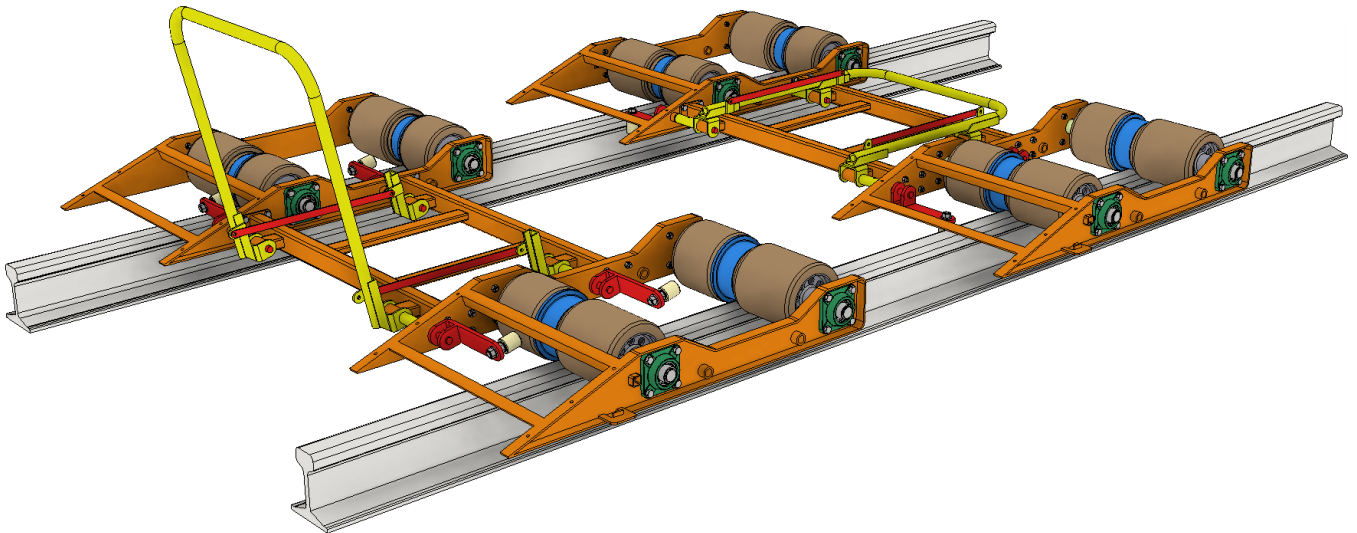
Obr. 25 – konstrukce zařízení pro aretaci pneumatik

8.4 Vedení a manipulace adaptéru

Na obrázku (Obr. 26) je zobrazen manipulační mechanismus ve dvou polohách. První poloha je manipulační a druhá je provozní.

Manipulace s adaptérem a jeho ustavení na koleje je zajištěno pomocí sklopného madla. Madlo je zároveň součástí čtyřkloubového mechanismu se dvěma stejně dlouhými vahadly. Na vahadla jsou v ose rotace nasunuta a zajištěna vodící kolečka, která udržují adaptér ve směru kolejnice. Při manipulaci s adaptérem mimo koleje je madlo v horní pozici a zároveň vodící kolečka v poloze kdy nebrání volnému pohybu.

Po ustavení adaptéru na koleje je madlo sklopeno do vodorovné pozice, kdy nepřekáží najetí vozidla, zároveň podvozek vozu brání zvednutí madla. Přesto musí být madlo zajištěno v dolní pozici, aby v možném případě nepoškodilo podvozek vozidla. V této provozní pozici jsou vodící kolečka ve svislé pozici a vedou adaptér ve směru kolejnic při jízdě po betonových panelech u portálu tunelu. Vodící kolečka mají takový rozměr, aby se vešla do spáry mezi kolej a betonový panel. Po sjetí válců z betonových panelů na kolej, vodící válečky plní pouze pojistnou funkci.

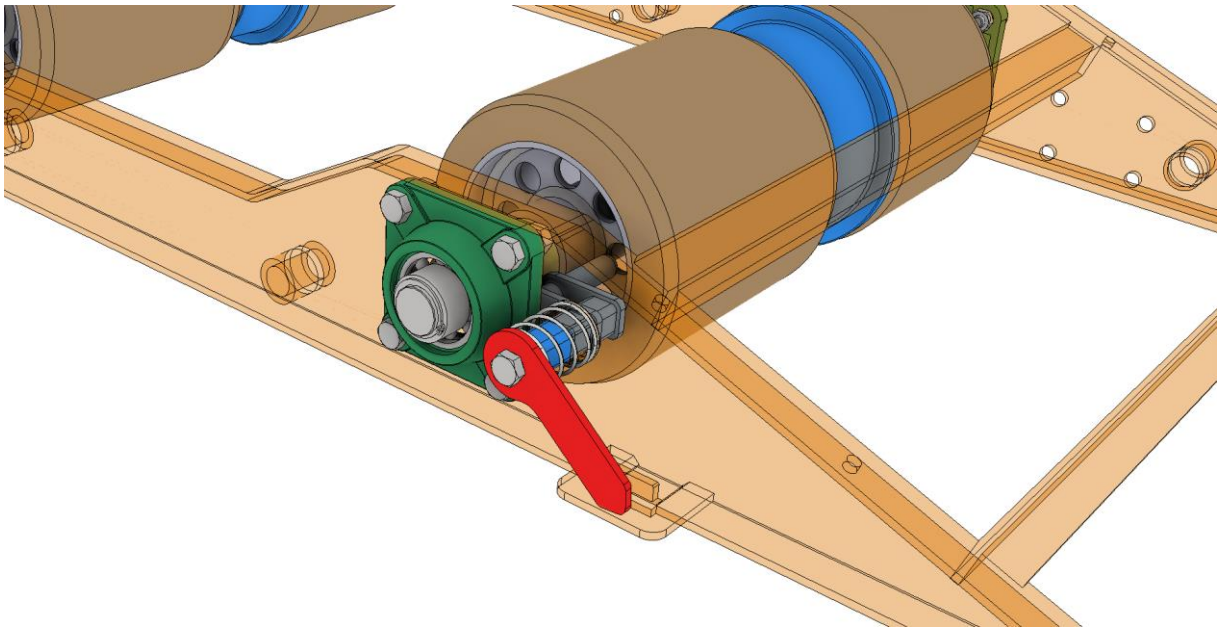


Obr. 26 – manipulační mechanismus

8.5 Zajišťovací brzda

Pro správnou funkci a možné najetí vozidla na adaptér je zapotřebí jeho zabrzdění. Byla navržena jednoduchá pojistná brzda (Obr. 27). Zamáčknutím členu se zarazí brzdový čep do vyvrtaných otvorů ve válci, tím se válec zajistí proti otáčení. Zajištění brzdy je řešeno západkou, která brání uvolnění brzdy. Naopak proti samovolnému zaražení čepu při jízdě brání tlačná pružina.

Brzda je součástí pouze válců, které jsou blíž u nájezdu. Důvodem je fakt, že při sjíždění z adaptéru se musí kolo vozidla přehoupnout přes tento válec. Je nežádoucí, aby se při tomto úkonu válec jakkoli pohyboval. Brzdy se nacházejí z obou stran adaptéru pro lepší obsluhu. Díky robustnosti a jednoduchosti brzdy je možné ji ovládat nohou.



Obr. 27 – Zajišťovací brzda

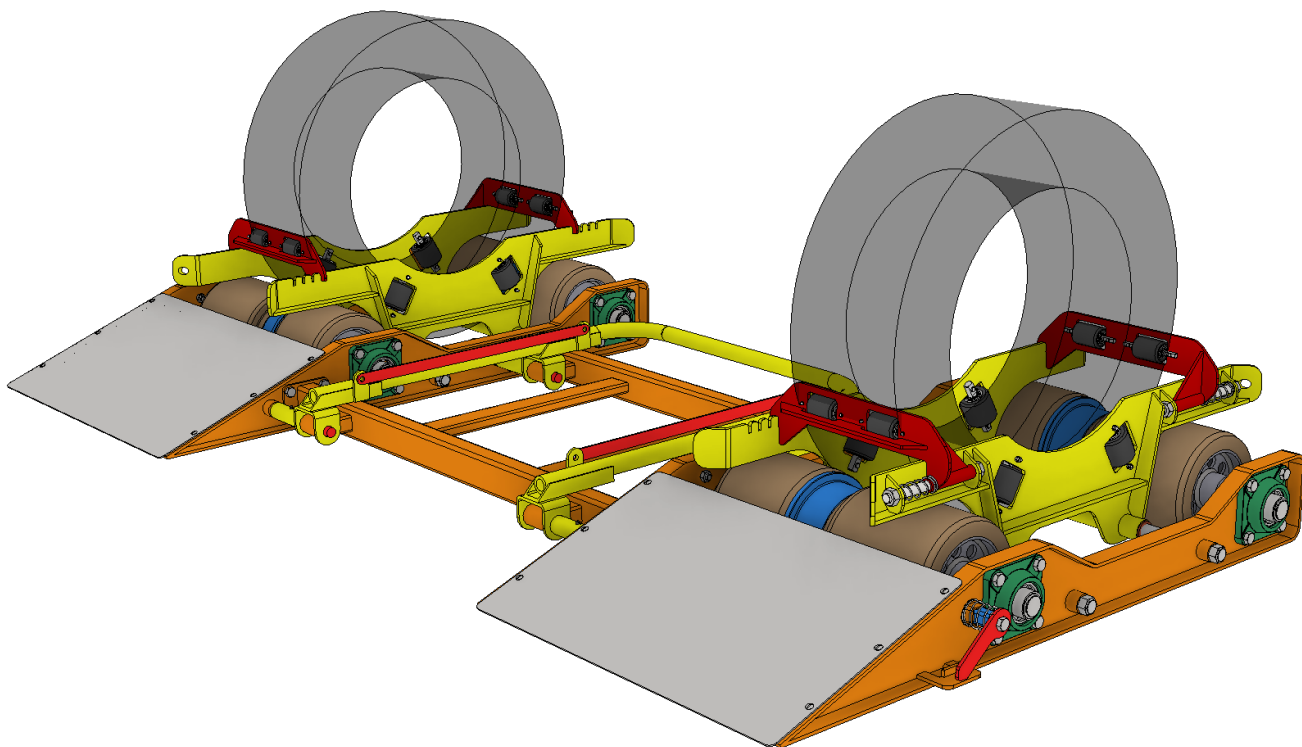
9 Hodnocení návrhu

Z návrhů variant je patrné, že bylo snahou navrhnout nemotorový vozík, který bude poháněn samotným vozidlem přes pneumatiky. V úvahu byla vzata možnost tlačení či tažení vozíku, vozidlo by bylo pouze zabrzděno na vozíku. Z důvodů triviální úlohy se návrh nedostal ani k výběru variant.

Jednou z přelomových myšlenek bylo vytvoření válců s vybráním pro hlavu kolejnice. Válce dovolují, jak jízdu po železniční trati tak snadnou manipulaci po zpevněném povrchu. Zároveň při zvolení vhodné šířky válců dovoluje nakolejení v podstatě všem silničním vozidlům. Značná nevýhoda těchto válců je v tom, že s nimi nelze projet výhybkou a bez přidavného vedení nejsou schopny udržet směr při jízdě přes přejezdy.

Přídavné vedení je zde vyřešeno pomocí sklopných válečků. Válečky se sklopí při zvednutí madla a manipulaci mimo železniční trať. Nevýhoda tohoto vedení je v rameni, které drží váleček. V případě vyššího namáhání je možnost ohnutí ramene. Z těchto důvodů by bylo vhodné pro finální návrh zvolit jiný typ vedení nebo stávající upravit. Příkladem řešení může být vodící kolečko, které je vyobrazeno v návrhu variant B2 (Obr. 17).

Vodící člen s opěrnými válečky, který brání pohybu vozidla na adaptéru má výhodu z hlediska využití. Vodící členy je možné nastavit pro různé rozměry rozchodu kol. Nevýhodou by mohlo být složitější najíždění na adaptér. Jak je výše zmíněno, vhodné by bylo využít pouze jeden pevný vodící člen umístěný pouze na jedné straně. Tím by se zvýšila celková tuhost celého systému a zároveň by se usnadnilo najíždění na adaptér. Nevýhodou by pak mohla být nesouměrnost a rozložení váhy. Pravděpodobně by tento problém neměl vysokou váhu a z hlediska subjektivního pohledu by tato aretace byla vhodnější.



Obr. 28 – konstrukční návrh adaptéru

10 Závěr

V úvodu práce bylo provedeno uvedení do problematiky Ejpovického tunelu. A shrnutí historie využití silničních vozidel na kolejích.

V další části byla provedena celková rešerše stávající techniky. Bylo zjištěno, že jediný případ jízdy silničního vozidla po železniční trati je dvoucestné vozidlo. Tedy silniční vozidlo opatřené přídatnými nápravami s kolejovými koly umožňující nakolejení. Dále bylo provedeno rozdělení a zhodnocení různých typů podvozků dvoucestných vozidel a příklady zájmové techniky.

Další kapitola je zaměřena přímo na železniční tunely a jejich stávající zabezpečení. Nejprve bylo popsáno uspořádání dlouhých železničních tunelů a uvedení jejich předností. V této kapitole byly dále popsány evakuační a servisní systémy.

Předposlední část rešerše je orientována na adaptéry a vozíky, které se připevňují k pneumatice silničního vozidla. Výše zmíněné zařízení byly inspirací při navrhování konstrukce.

V poslední části jsou zmíněna možná vozidla, která by mohla využívat adaptér. Parametry těchto vozidel byli použity jako vstupní parametry pro návrh variant a následnou konstrukci návrhu.

Úkolem práce bylo vytvoření konstrukčního návrhu kolejového nemotorového vozíku či adaptéru pro adaptaci pneumatik silničního vozidla do 3,5 tun. Byli navrženy a popsány tři předběžné varianty. Ty byly mezi sebou následně porovnány pomocí subjektivní tabulkové analýzy. Nevíce optimální vyšla poslední varianta C, která je dále řešena. Mezi varianty se nedostalo řešení dvoucestného vozidla nebo jiná úprava stávajících silničních vozidel a to z důvodů menší variability používaných vozidel. Dále by bylo nutné řešit legislativu takto upravených vozidel.

V další části je varianta C rozpracována více do detailů a to se zaměřením na konstrukci rámu kde byl zvolen materiál a provedena pevnostní kontrola pomocí metody konečných prvků. Jako další prvek byl řešen válec s vybráním pro kolejnici a jeho uložení. Je zde také řešena aretace zatáčení, vedení a manipulace adaptéru a zajišťovací brzda.

V poslední části bylo provedeno zhodnocení konstrukčního návrhu se zaměřením na výhody a nevýhody.

Během práce se došlo k závěru, že je nelehký úkol vypracovat funkční řešení adaptace vozidla na železniční trať. Řešení, které zde bylo vypracováno, není zdaleka dokončeno a jedná se pouze o možnou vizualizaci. Pro vypracování finální verze je třeba provést spoustu modifikací a výpočtů. V úvahu připadá i možnost, že návrh nebude v některých aspektech vyhovovat a při možném navázání na tuto práci se výsledný produkt může od návrhu zcela lišit. Návrh může být použit jako inspirace pro vývoj funkčního adaptéru.

Dalším postupem řešení, by mohlo být zaměřeno především na aretaci vozu k adaptéru, kdy by mohl být využit jeden pevný vodící člen na jedné straně. Dále je vhodné se zaměřit na reverzi chodu, aby dosažená rychlost při pohybu po kolejích byla stejná v obou směrech. Dalším problémem, který v práci nebyl řešen, je otáčení kol vozidla proti směru jízdy. Tento efekt by mohl mít negativní účinky při prudkém rozjezdu a brždění, kdy by vozidlo mělo tendenci vyjet z adaptéru. Pokračováním řešení těchto problémů by byl přesazen rámec bakalářské práce.

11 Seznam příloh

KKS-PBP-01-001_ TYPOVÝ-VÝKRES KOLEJOVÝ ADAPTÉR

KKS-PBP-01-001_ VÝROBNÍ-VÝKRES SPOJUJÍCÍ RÁM

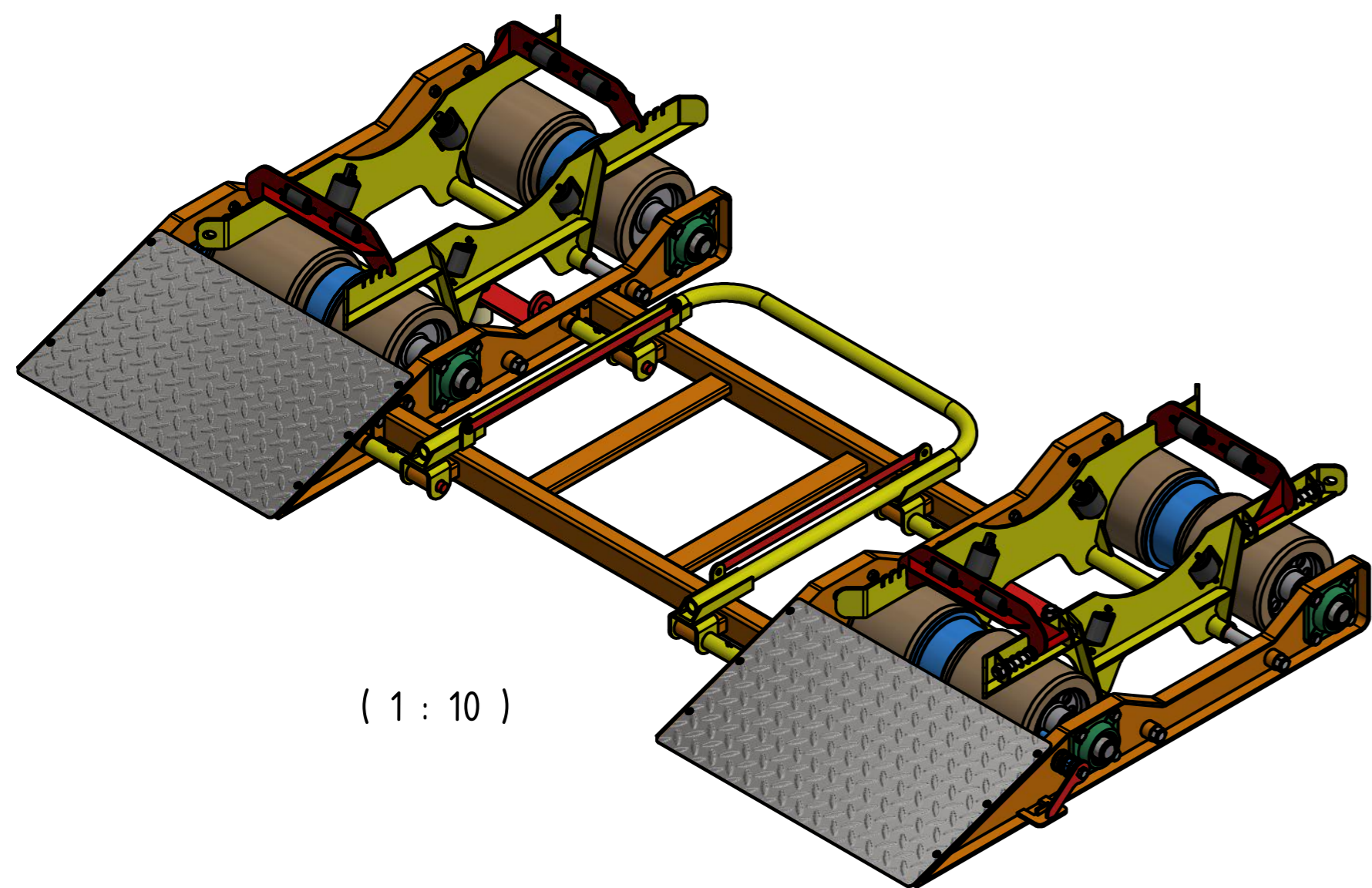
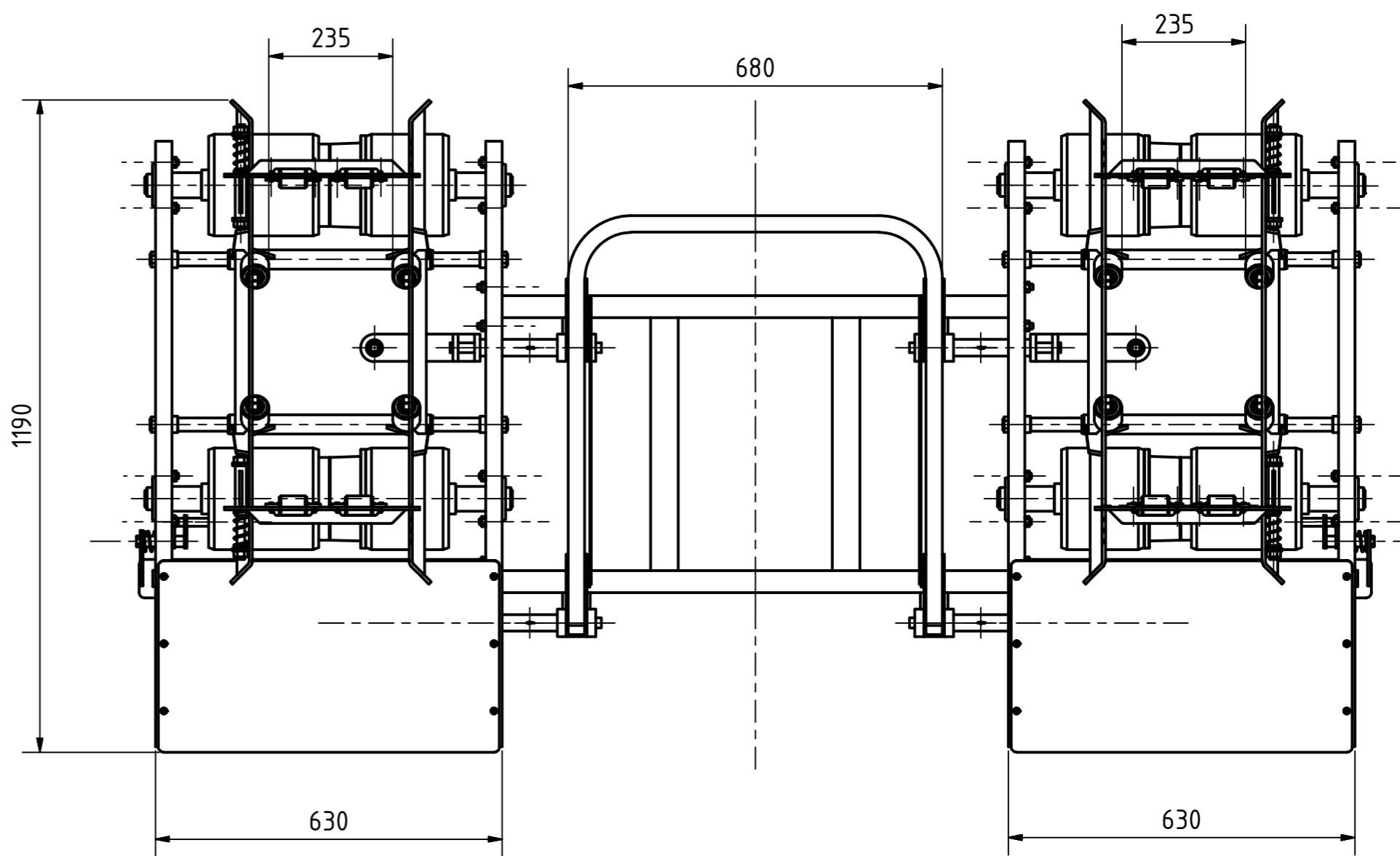
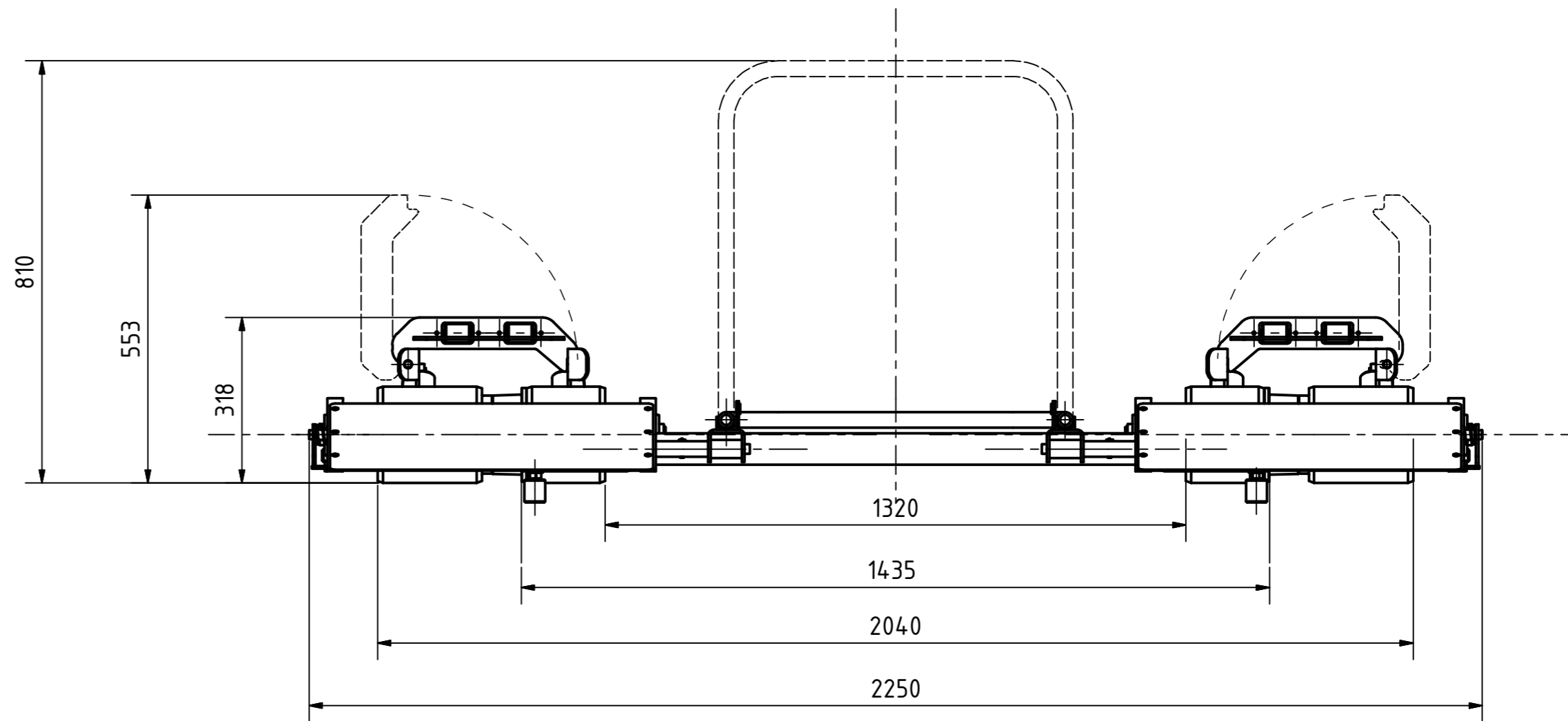
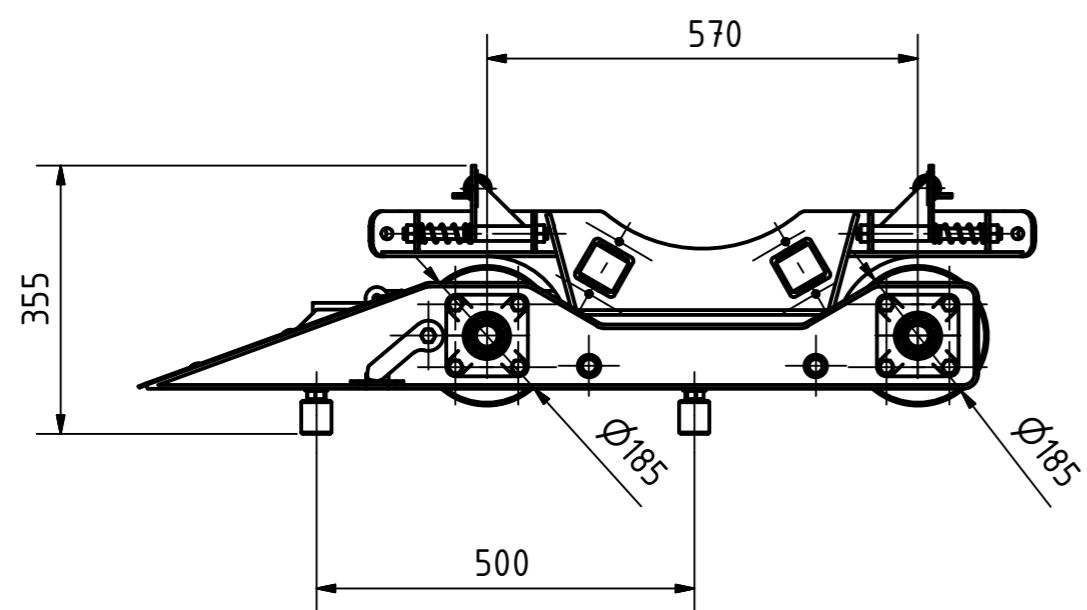
12 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Nové technické Renaulty Správy železniční dopravní* [online]. [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/148770-po-silnici-i-po-kolejich-nove-technicke-renaulty-spravy-zeleznicni-dopravni-cesty-umi-jezdit-jako-vlak/>
- [2] *Friliner* [online]. [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <https://www.tratovestroje.net/stroj/friliner/>
- [3] *Dvoucestné vozidlo UniRoller 4×4* [online]. [cit. 12. 12. 2020]. Dostupné z: <http://www.saz.cz/cs/uniroller-4x4/>
- [4] *IVECO DAILY AGODUO* [online]. [cit. 13. 12. 2020]. Dostupné z: <http://www.saz.cz/cs/iveco-daily-agoduo/>
- [5] ROZUMEK, Jaroslav. *Hydraulický okruh pojezdu dvoucestného vozidla* [online]. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce. Miroslav ŠKOPÁN [cit. 15. 2. 2021] Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=10696
- [6] NEUMAN, Jan. *Renault Midlum Tramliner Trio–TP - Auta pro vozovku i pro koleje* [online]. 10. 02. 2011, 01/11 [cit. 15. 2. 2021]. Dostupné z: https://www.trucker.cz/rubriky/doprava/renault-midlum-tramliner-trio-tp-auta-pro-vozovku-i-pro-koleje_39924.html
- [7] *Časopis českého tunelářského komitétu a slovenskej tunelárskej asociácie ITA/AITES* [online]. 2008, č.2 [cit. 15. 2. 2021]. Dostupné z: https://www.ita-aites.cz/files/tunel/komplet/tunel_2_08.pdf
- [8] *Effective Rail Incident Response* [online]. [cit. 17. 2. 2020]. Dostupné z: <https://www.draeger.com/Products/Content/tunnelrettung-br-en.pdf>
- [9] HORČIČKA, Jiří *Pevná jízdní dráha v tunelech* [online]. Praha, 2016. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta stavební. Vedoucí práce. Jan PRUŠKA [cit. 17. 2. 2021] Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=10696
- [10] BOIVIN, Denis. TRACKSYSTEM FOR AN ALL-WHEEL. United States. Užité vzor US 8776931 B2. 15. 7. 2014
Trackngo [online]. [cit. 17. 2. 2021]. Dostupné z: <https://truck.trackngo.co/>
- [11] *Volkswagen Crafter. Technická data Platná pro modelový rok 2018* [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z: <https://www.volkswagenprestavy.cz/media/2066/technicka-data-crafter.pdf>
- [12] *Mercedes-Benz Sprinter Technical Data* [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z: https://www.mercedes-benz.com.au/vans/content/dam/vans/australia/models/brochures-and-specifications/sprinter/Sprinter_VS30_Technical_Brochure_Jan2020.pdf

- [13] *Volkswagen Multivan 6.1. Technická data*
Platná pro modelový rok 2020 [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z:
<https://www.auto-horejsek.cz/images/modely-volkswagen/multivan-6-1/cenik-data/vw-multivan-6-1-tech-data.pdf>
- [14] *Volkswagen Transportér. Technická data*
Platná pro modelový rok 2018 [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z:
<https://www.volkswagenprestavy.cz/media/2082/transporter18-techdata.pdf>
- [15] *Škoda Yeti Specifikace* [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z:
http://www.autocentrala.cz/img/modely/yeti/skoda_yeti_cenik.pdf
- [16] *ŠKODA KODIAQ* [online]. [cit. 25. 3. 2020]. Dostupné z: <https://cdn.skoda-storyboard.com/2016/08/TD-KODIAQ-cz-2.pdf>

PŘÍLOHA č. 1

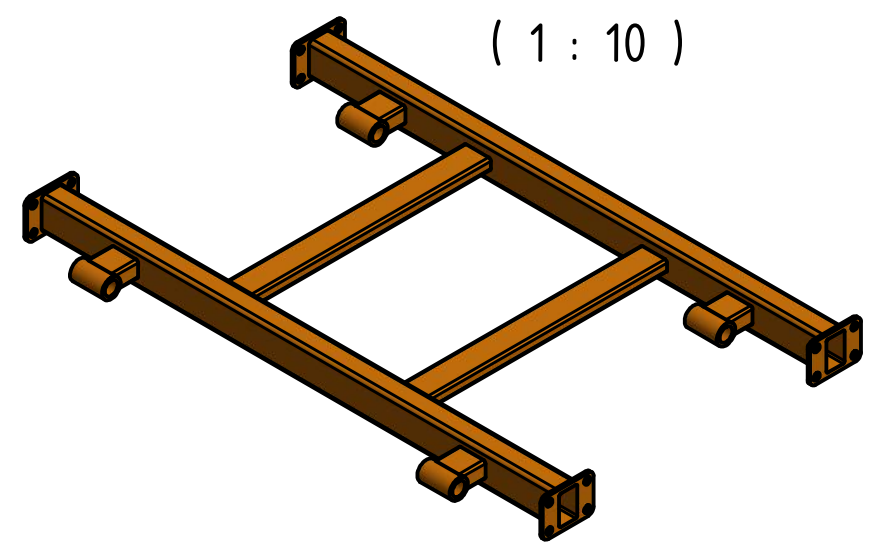
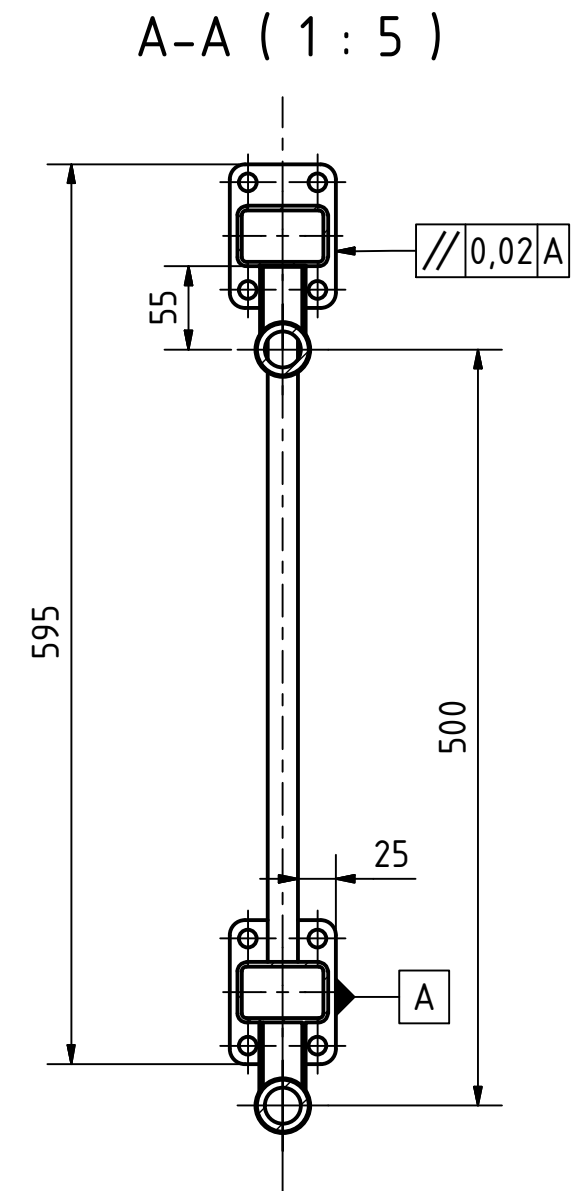
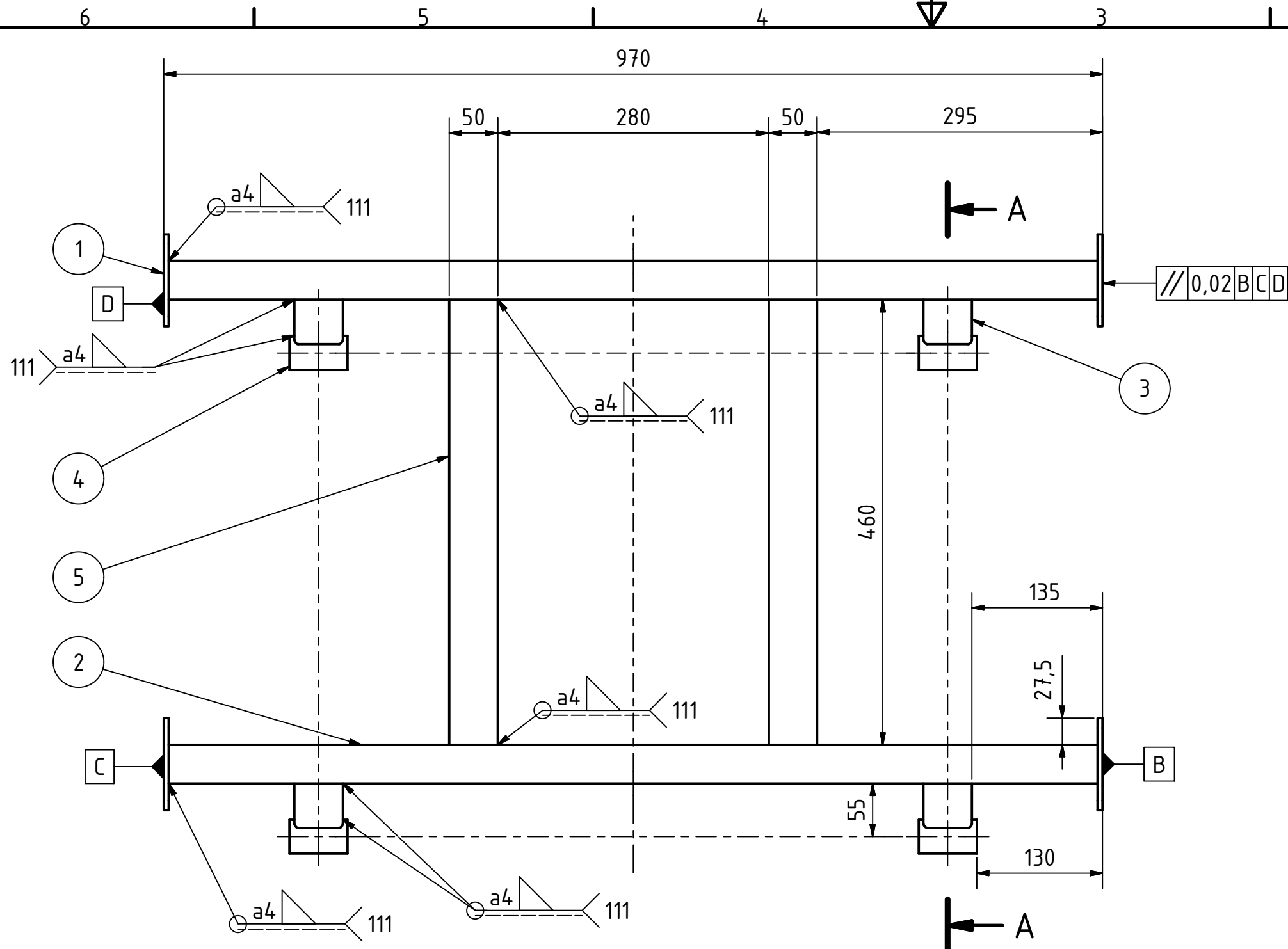
KKS-PBP-01-001_TYPOVÝ-VÝKRES KOLEJOVÝ ADAPTÉR



Měřítko	1:10	Hmotnost (kg)	CCA 250 kg	Promítání		Formát	A2
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	LÍBAL LIBOR		Název		KOLEJOVÝ ADAPTÉR DO 3,5 t	
	Datum	26.05.2021		Schválil		Číslo dokumentu	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum			Druh dokumentu		KKS-PBP-01-001	
			TYPOVÝ VÝKRES		List 1 List 2		

PŘÍLOHA č. 2

KKS-PBP-01-001_VÝROBNÍ-VÝKRES SPOJUJÍCÍ RÁM



5	TR OBD 50 x 20 x 2 - 970	2	S235JR	1,058 kg
4	KKS-PBP-02-012	4	S235JR	0,195 kg
3	TR OBD 50 x 30 x 2 - 970	4	S235JR	0,106 kg
2	TR OBD 60 x 40 x 3 - 970	2	S235JR	4,123 kg
1	KKS-PBP-02-011	4	S235JR	0,243 kg
POZICE	ČÍSLO SOUČÁSTI	KS	MATERIÁL	HMOTNOST

Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	CCA 12 kg	Promítání		Formát	A3
 FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	LÍBAL LIBOR		Název			
	Datum	26.05.2021		SPOJOVACÍ RÁM			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			Číslo dokumentu			
	Datum			KKS-PBP-02-001			
Druh dokumentu				VÝKRES SVAŘENCE			