

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh extra lehkého motorového vozu pro osobní kolejovou dopravu

Autor: **Matouš Slouka**
Vedoucí práce: **Ing. Jiří Kořínek**

Akademický rok 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Matouš SLOUKA**

Osobní číslo: **S14B0242P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**

Název tématu: **Návrh extra lehkého motorového vozu pro osobní kolejovou dopravu**

Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Cílem je navrhnout koncept extra lehkého kolejového vozidla pro hromadnou přepravu osob. Tento dopravní prostředek by měl být směřován na regionální železniční tratě v blízkém okolí větších aglomerací. Výhodou by byla koncepce oboucestného vozidla, které by bylo schopno po okolí dané aglomerace užívat jak železniční dopravní cestu, tak silnice a v bezprostřední blízkosti by mohlo využít stávající železniční sítě pro rychlý přesun do centra aglomerace. Díky nízké hmotnosti by byl požadavek na snížení provozních nákladů a zároveň by díky nižším nákladům na režim rozjezd- brzda byla umožněna větší obslužnost i menších zastávek. Zajímavý je také pohled na užití dvoucestných vozidel z hlediska legislativy drážní dopravy.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerže stávající techniky, včetně historického ohlédnutí zaměřit především na dvojcestná vozidla
2. Shrnutí požadovaných technických parametrů
3. Vypracování variant koncepčních řešení
4. Zhodnocení vybrané konstrukční varianty

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla I. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2007

HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla II. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2009

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Kořínek

Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce:

Doc. Ing. Petr Heller, CSc.

Regionální technologický institut

Datum zadání bakalářské práce:

19. září 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

2. června 2017



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2016

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Kořínkovi, za cenné profesionální rady, připomínky, metodické vedení práce a vstřícnost při konzultacích. Dále všem, kteří se podíleli na realizaci a na závěr, děkuji své rodině za podporu během mého studia na vysoké škole.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | | |
|----------------------|--|-------------------|--|-------------------------|
| AUTOR | Příjmení Slouka | Jméno Matouš | | |
| STUDIJNÍ OBOR | 2301R016/ Dopravní a manipulační technika | | | |
| VEDOUCÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Ing. Kořínek | Jméno Jiří | | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KKS | | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | | Nehodící se škrtněte |
| NÁZEV PRÁCE | Návrh extra lehkého motorového vozu pro osobní kolejovou dopravu | | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KKS | ROK ODEVZD. | 2017 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|
| CELKEM | 33 | TEXTOVÁ ČÁST | 28 | GRAFICKÁ ČÁST | 5 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|

| | |
|--|--|
| STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY | <p>Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na navržení konceptu extra lehkého kolejového vozidla pro hromadnou přepravu osob. Práce se dále zabývá vypracováním rešerše stávající techniky, včetně historického ohlédnutí se zaměřením hlavně na dvoucestná vozidla. Následně obsahuje vypracování, shrnutí a zhodnocení jednotlivých variant vozidel zejména dle složitosti obslužnosti regionálních a městských zastávek, konstrukce a ekonomičnosti.</p> |
| KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE | <p>Dvoucestná vozidla, extra lehká kolejová vozidla, návrh konceptu, motorový vůz, přeprava cestujících</p> |

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

| | | | |
|--------------------------|--|-----------------|----------------------------|
| AUTHOR | Surname Slouka | Name Matouš | |
| FIELD OF STUDY | 2301R016/ Transport and handling machinery | | |
| 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 | Design of extra light motor vehicle for passenger rail transport | | |

| | | | | | |
|----------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Machine Design | SUBMITTED IN | 2017 |
|----------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 33 | TEXT PART | 28 | GRAPHICAL PART | 5 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | Bachelor's thesis is aimed to introduce desing concept of extra light rail vehicle for mass transportation of persons. The work is also deals with the research of the current technology, including the historical look with focus mainly on two-way vehicles. Subsequently, it includes the elaboration, summaries and evaluation of individual vehicle variants, which are compared by complexity of serviceability of regional and urban stops, construction and economy. |
| KEY WORDS | Two-way vehicles, extra light rail vehicles, design of concept, motor wagon, public transportation |

Obsah

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Úvod..... | 9 |
| 2 | Historie dvoucestných vozidel..... | 10 |
| 2.1 | První auta na kolejích | 10 |
| 2.2 | Dvoucestná vozidla..... | 10 |
| 3 | Stávající technika | 12 |
| 3.1 | CAT M315 DUO | 12 |
| 3.2 | DAF CF85 Duoliner | 12 |
| 3.3 | Iveco Daily AGODUO | 13 |
| 3.4 | Stadler Regio-Shuttle RS1 | 13 |
| 3.5 | Železniční motorové vozy řady 810 | 14 |
| 3.6 | Iveco Daily Line 4100L..... | 15 |
| 4 | Předběžné určení parametrů..... | 16 |
| 4.1 | Základní technické údaje vycházející ze zadání | 16 |
| 4.2 | Volené parametry motorového vozu | 16 |
| 4.3 | Volené parametry dvoucestného vozidla..... | 16 |
| 5 | Vypracování variant koncepčních řešení | 17 |
| 5.1 | Varianta A – železniční motorový vůz | 17 |
| 5.2 | Varianta B – dvoucestné vozidlo..... | 18 |
| 6 | Zhodnocení vybrané konstrukční varianty..... | 20 |
| 6.1 | Porovnávací parametry pro hodnocení variant | 20 |
| 6.2 | Tabulka hodnocení | 21 |
| 6.3 | Slovní zhodnocení | 21 |
| 7 | Shrnutí požadovaných technických parametrů | 22 |
| 7.1 | Obrys pro konstrukci | 22 |
| 7.2 | Stanovení minimální výšky dolní části vozu při jízdě po kolejích..... | 24 |
| 7.3 | Stanovení provozní výšky měchů pro silniční podvozek | 25 |
| 7.4 | Aretace náprav v horních polohách | 26 |
| 7.5 | Výpočet kinematického zúžení..... | 26 |
| 7.6 | Nízkopodlažnost v oblasti centrální dveří | 28 |
| 7.7 | Rozmístění sedadel ve vozidle | 28 |
| 8 | Legislativa dvoucestných vozidel | 30 |
| 9 | Závěr | 31 |

1 Úvod

V současné době jsou na osobní hromadnou dopravu regionálního charakteru kladeny zcela odlišné požadavky, než tomu bylo ještě v nedávné minulosti. Veškerá hromadná doprava musí být konkurenceschopná s neustále se rozvíjející a rostoucí individuální osobní automobilovou dopravou.

V tomto pohledu by šlo říci, že podobnému "útoku" čelí hromadná regionální autobusová doprava. Tato doprava má ovšem ještě jedno omezení a tím jsou přeplněné pozemní komunikace vlivem již zmíněné individuální automobilové dopravy.

Nabízí se tedy varianta využití železniční infrastruktury, která zvláště v případě regionálních tratí není zcela využita. Cílem je tedy vytvořit dopravní prostředek, který bude efektivně využívat železniční dopravní cesty. Slovo efektivně je zvláště u železniční dopravy úzce spojeno s úsporou hmotnosti, a to zvláště u vozidla, které se uvádí do pohybu a zastavuje během jedné hodiny v řádech desítek těchto cyklů. Naopak není potřeba, aby dané vozidlo mělo velkou přepravní kapacitu a tuto sníženou kapacitu dohnat počtem taktů dopravy.

Pokud se zevrubně podíváme na současně nejlehčí vozidlo pro osobní železniční dopravu, tak zjistíme, že se zdaleka nejedná o lehké flexibilní vozidlo s nízkou spotřebou paliva. Dalším aspektem je v současné době, pokud se budeme zabývat dopravou na území české Republiky, morální a v podstatě i fyzická zastaralost současných vozidel. Jistým zlepšením komfortu dopravy byla rekonstrukce vozidel řady 810 na řadu 812. Zde by šlo říci, že se odstranila morální zastaralost.

Tato bakalářská práce ukazuje hrubý koncept lehkého regionálního dvoucestného vozidla, které by mohlo v případě uvedení do praxe odstranit některé z výše uvedených problémů kolejové regionální dopravy.

2 Historie dvoucestných vozidel

2.1 První auta na kolejích

Prvním dohledatelným automobilem na kolejích používaným na území tehdejších Československých drah je bezesporu TATRA 15/30 s označením Dm4. Vozidlo bylo vyrobeno a užíváno ve 40. letech minulého století, kdy sloužilo především k přepravě osob na služebních nebo inspekčních cestách. Jedná se o sériově vyráběný automobil, který byl místo silničních kol vybaven koly železničními skládajícími se z dřevěného středu a železné obruče mající mezi sebou drážní rozvor 1435mm. Dále muselo být u vozu zaaretováno řízení, avšak volant zůstal na svém místě, což je vcelku zajímavé. Vozidlo bylo dále vybaveno zvedacím zařízením umístěným ve středu, které sloužilo k nadzvednutí a otočení o 180°, tedy čelem vzad, nebo k odstranění z kolejí. [1]



Obr. č. 1 – TATRA 15/30 [2]

Nástupcem pak byla TATRA 15/52, která se od předchozího modelu lišila pouze karoserií. Postupem času byly u některých (zejména starších) kusů vyměněny karoserie za novější a pohodlnější. Konkrétně z automobilů Wartburg 1000 a Škoda 1202 STW. Další na řadu přišla drezína vyrobená koncem 60. let Warszawa 223 Dmv. Měla silnější pohonný agregát a dosahovala vyšších rychlostí (cca 60km/h). [3]

2.2 Dvoucestná vozidla

V téměř stejném provedení, jak známe dvoucestná vozidla dnes, byla vyrobena již kolem roku 1960. Konkrétně se jednalo o nákladní automobil tovární značky Praga V3S, který byl v tehdejších letech velmi oblíbený. Pro svoji potřebu si vozidlo upravilo železniční vojsko za účelem získání větší mobility a univerzálnosti použití. Přestavba byla poměrně jednoduše řešena, styk s kolejemi zajišťovaly v přední části vozu dva kolejové adaptéry (pro každé kolo jeden) a vzadu se o přenos hnací a brzdné síly starala vnitřní kola zadní nápravy doplněna jedním dvoukolovým kolejovým adaptérem, který měl za úkol držet vozidlo na kolejích a taktéž přenášet polovinu zatížení. [4]

Těchto strojů bylo přestavěno na dvoucestná vozidla několik kusů. V zásadě se jednalo o vozidla valníkového typu, skříňová vozidla a postupem času přibyla i vozidla s jeřábovou nástavbou, a to kvůli manipulaci s těžkými břemeny. Tyto přestavby byly prováděny v přibližném rozsahu let 1960 až 1990, kdy musela být vozidla v ČR odstavena kvůli legislativě. Na Slovensku se používají dodnes. [4]

Dvoucestná vozidla se na našich tratích začala objevovat ve větším rozsahu až v posledních dvou desetiletích, nejčastěji jako rypadla nebo bagry užívaná stavebními firmami pro úpravu terénu při opravách a rekonstrukcích tratí. Nemálo používaná jsou v posledních letech taktéž nákladní vozidla s různými nástavbami (valníky, plošiny, skříně, tahače, ...) od výrobců jako např. RENAULT, TATRA, DAF, IVECO a jiné. [4]

3 Stávající technika

3.1 CAT M315 DUO

Bagr značky CATERPILLAR vybavený kolejovými adaptéry umístěnými za zadní nápravou a mezi přední nápravou a radlicí. Adaptéry jsou jednonápravové a sledují výkyvy kolových náprav. Převod brzděné a tažné síly je řešen systémem „guma-ocel“. Kola adaptérů mají průměr 400mm a dodávají se jak s železničním profilem, tak i tramvajovým. Hmotnost vozidla je přibližně 14,5t, délka necelých 5,5m a maximální rychlost 20km/h. [4]



Obr. č. 2 - CAT M315 DUO [5]

3.2 DAF CF85 Duoliner

Základem tohoto dvoucestného vozidla je nákladní automobil značky DAF CF85 FAK 8x2, vybaven plošinou pro montážní práce ve výškách a v zadní části pak hydraulickým jeřábem se zdvihovým výkonem 22t. Přední i zadní železniční podvozek je otočný, čtyřkolový a vždy umístěn za silničními nápravami. Pohon vozidla je hydrostatický, hmotnost 32t, délka 10,86m, průměr kolejových kol 400mm a maximální rychlost 40km/h. [4]



Obr. č. 3 - DAF CF85 Duoliner [6]

3.3 Iveco Daily AGODUO

Užitkové vozidlo Iveco Daily, které dostalo dva kolejové adaptéry ovládané hydraulicky. Brzdná a tažná síla je zde přenášena třením mezi zadními pneumatikami a kolejemi a přední náprava je zaaretována v předepsané výšce nad temeny kolejnic. Automobil je vybaven reverzační převodovkou k reverzaci chodu stroje při jízdě po kolejích pro dosažení stejné rychlosti vpřed i vzad. Další výhodou tohoto vozu je kabina pro 6+1 osob a dodává se jako valník se sklopnými bočnicemi, skříňovou nástavbou nebo dalšími nástavbami. Celková hmotnost vozidla je 5,0t, délka cca 7,5m a maximální rychlost 40km/h. [4]



Obr. č. 4 – Iveco Daily AgoDuo [7]

3.4 Stadler Regio-Shuttle RS1

Jedná se o motorový vůz Švýcarské firmy Stadler Rail určený pro regionální přepravu osob. Počet sedadel se pohybuje v rozmezí 71-101, podle uspořádání. Nízkopodlažní část vozu je přibližně 65% s výškou podlahy 600mm nad temenem kolejnice. Vozidlo je poháněno dvěma nezávislými jednotkami, buď pětiválcovými motory DAF, novější jednotky pak šestiválcí DAF nebo Iveco. Podvozky mají poháněny obě nápravy a přenos síly je zajištěn hydromechanickými třístupňovými převodovkami. Hmotnost ve službě činí 42-43t, délka přes nárazníky 25000mm a maximální rychlost 120km/h. [8]



Obr. č. 5 – Stadler Regio-Shuttle RS1 [9]

3.5 Železniční motorové vozy řady 810

Na našich kolejích nejčastěji používaný motorový vůz pro osobní přepravu na regionálních tratích s nízkým počtem cestujících. Byl vyráběn v letech 1975 až 1982 ve Vagónce Studénka a od poloviny 90. let minulého století jsou některé kusy modernizovány na různé modelové řady, např. řada 814 s označením „Regionova“. Některé vozy jsou dodnes v provozu.



Obr. č. 6 – Železniční motorové vozy řady 810 [10]

| | | |
|----------------------|--------------------------|----------|
| Technické parametry: | objem motoru: | 11940ccm |
| | výkon: | 155kW |
| | rozchod: | 1435mm |
| | délka: | 13970mm |
| | šířka: | 3120mm |
| | výška: | 3509mm |
| | rozvor: | 8000mm |
| | hmotnost: | 20t |
| | počet míst sezení/stání: | 55/40 |
| | max. rychlost: | 80km/h |

3.6 Iveco Daily Line 4100L

Iveco Daily je jedno z nejběžnějších užitkových vozů používaných v Evropě. S označením Line 4100L se jedná o mikrobus páté generace, který má rozvor 4100mm a L pod sebou skrývá prodlouženou zadní část. Jedná se tedy o nejdelší mikrobus, který má Iveco ve své nabídce. Vyrábí se ve čtyřech verzích, a to s počtem cestujících v rozmezí 17-22 podle toho, zda chce zákazník i místa pro tělesně postižené osoby na vozíku.



Obr. č. 7 – Iveco Daily Line 4100L [11]

| | | |
|----------------------|--------------------------|-------------|
| Technické parametry: | objem motoru: | 2998ccm |
| | výkon: | 125kW |
| | rozchod P/Z: | 1725/1661mm |
| | délka: | 7515mm |
| | šířka: | 2175mm |
| | výška: | 2905mm |
| | rozvor: | 4100mm |
| | hmotnost | 6100kg |
| | počet míst sezení/stání: | 17-22/0 |

4 Předběžné určení parametrů

4.1 Základní technické údaje vycházející ze zadání

| | |
|---|--------|
| rozchod: | 1435mm |
| ideální hmotnost vozu: | do8tun |
| maximální rychlost: | 90km/h |
| nízkopodlažnost v oblasti centrálních dveří | |

4.2 Volené parametry motorového vozu

| | |
|----------------------------|--------------|
| délka: | 9000mm |
| šířka: | 3000mm |
| výška: | 3000mm od TK |
| rozvor: | 6000mm |
| průměr kol nových: | 700mm |
| průměr kol opotřebovaných: | 660mm |

4.3 Volené parametry dvoucestného vozidla

| | |
|---|--------------|
| délka: | 9000mm |
| šířka: | 2550mm |
| výška na kolejích: | 2800mm od TK |
| výška na silnici: | 2800mm |
| rozvor železničního podvozku: | 6000mm |
| rozvor silničního podvozku: | 5500mm |
| rozchod předního silničního podvozku: | 1800mm |
| rozchod zadního silničního podvozku: | 1650mm |
| průměr železničních kol nových: | 640mm |
| průměr železničních kol opotřebovaných: | 600mm |
| rozměr silničních kol: | 225/65 R16 C |

5 Vypracování variant koncepčních řešení

5.1 Varianta A – železniční motorový vůz

Základní myšlenkou je vytvoření motorového vozu, který by měl být na nynější poměry, kdy nejlehčí vozidla této kategorie mají hmotnost kolem 20 tun, velmi lehký. Tomu také odpovídají předběžně navrhované rozměry.

Kostru motorovému vozu bude tvořit rám vytvořený z vytvarovaných obdélníkových profilů v podélném směru, k sobě navzájem spojených příčnými trubkovitými výztuhami. Tyto části se spojí svary. Na rám bude posazena ocelová karoserie z lisovaných plechů s doplňky z lehkých materiálů kvůli snížení hmotnosti jako například plastové přední a zadní nárazníky, zrcátka a další. Nástup a výstup umožní dvoukřídlé dveře umístěné ve středu vozu z každé strany jedny.

Problémem této varianty je otáčení v koncových stanicích nebo vybavení vozidla řídicí kabinou na každé straně vozu.

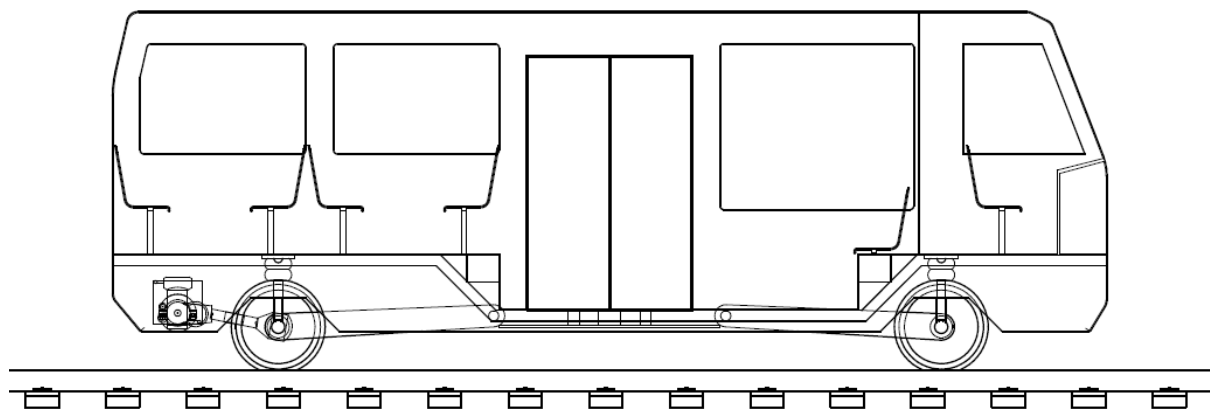
Z tohoto důvodu si variantu A dále rozdělíme na dvě části:

A1 – která se bude zabývat vozem s jednou řídicí kabinou

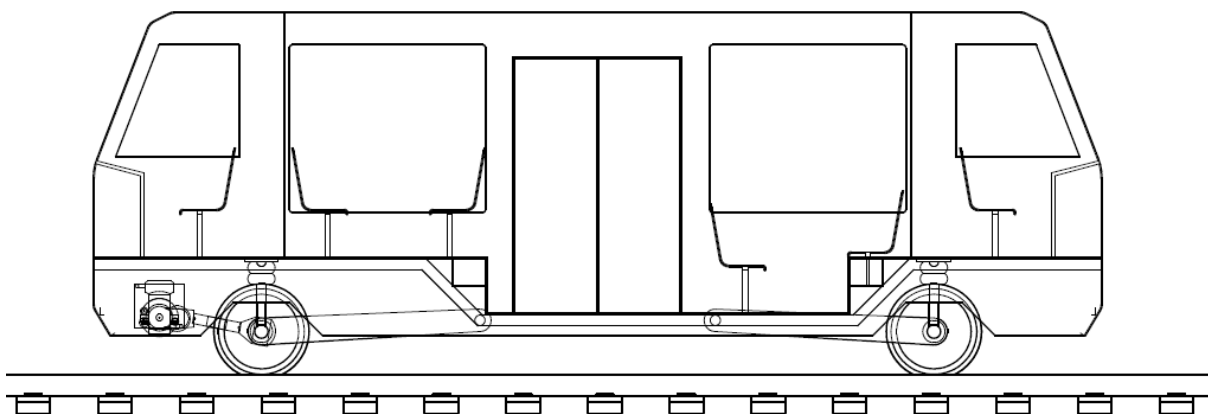
A2 – ve které bude vůz vybaven dvěma řídicími kabinami

Vezmeme-li v potaz první možnost, že se vozidlo bude v koncové stanici otáčet, musí být vybaveno systémem ve středu vozu, který ho nadzvedne z kolejí a otočí o 180°, což je ale zbytečná zátěž navíc. Druhá možnost obsahuje dvě kabiny, to ale zase zmenšuje prostor, který by jinak mohli využívat cestující.

Pohonnou jednotkou pro obě dílčí skupiny bude diesellový motor vyráběný firmou Iveco s označením Tector 5 o objemu 4485ccm a výkonem 152kW. Přenos optimálního kroučícího momentu z motoru na nápravu zajistí automatická převodovka s šesti převodovými stupni a zpátečkou pro variantu s jednou kabinou. Pro druhou variantu bude použita převodovka s šesti rychlostními stupni vpřed i vzad. Hnací agregát bude umístěný v zadní části vozu za zadní poháněnou nápravou. V případě, že by vůz měl jezdit i po tratích s větším stoupáním, lze uvažovat nápravy hnané dvě. Dvoukolí se k rámu upevní přes kyvná podélná ramena usazená na silentblocích, odpružení bude ošetřeno pneumatickými měchy.



Obr. č. 8 - A1 – Motorový vůz s otočným systémem



Obr. č. 9 – A2 – Motorový vůz s dvěma kabinami

5.2 Varianta B – dvoucestné vozidlo

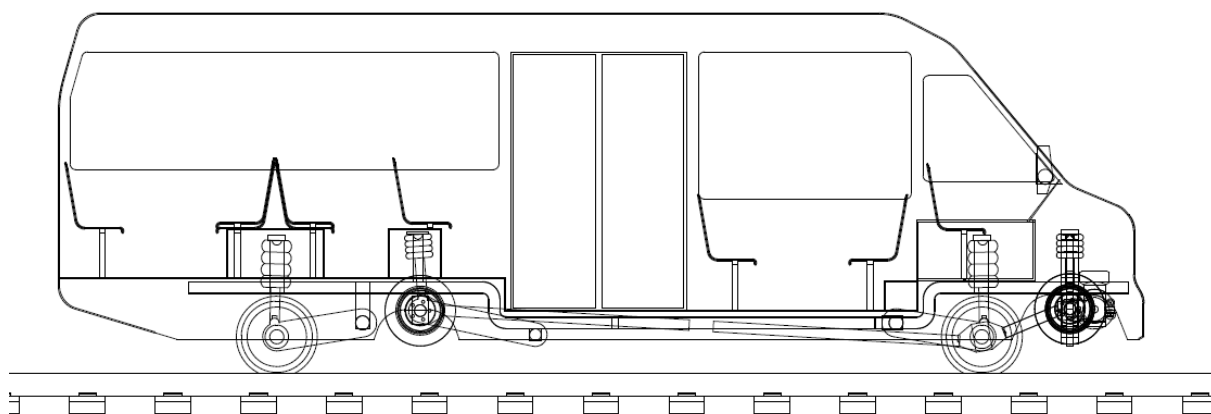
Výstupní hodnotou této varianty by mělo být vozidlo schopné jízdy po regionálních úsecích tratí Českých Drah, pozemních komunikacích a eventuálně i po kolejové dráze pro tramvajovou dopravu. Z toho vyplývá, že vozidlo bude muset být osazeno dvěma podvozky. Jedním pro jízdu po kolejích a jedním silničním. Při pohledu na stávající dvoucestnou techniku je na první pohled zřejmé, že všechna vozidla vychází buď ze stavebních strojů, nebo ze silničních vozidel pouze vybavenými kolejovými adaptéry s průměrem kol obvykle 400mm. Takto malá kola jsou ovšem náchylnější na vykolejení, tomu také odpovídá maximální povolená rychlost, jakou jim jejich konstrukce dovoluje – nanejvýš 40km/h.

Vozidlo navrhované v této práci ale má mít nejvyšší rychlost při jízdě po trati 90km/h. Využití běžných kolejových adaptérů tedy nepřipadá v úvahu a je třeba přistoupit k návrhu zcela nového podvozku, který bude mít průměr kol 640mm. Dvoukolí bude k rámu vozu upevněno přes kyvná ramena, jejichž poloha bude ovládána pneumatickým systémem, který bude zároveň plnit i funkci odpružení. Na stejném principu je založena i funkce silničního podvozku, který bude mít zadní nápravu tuhou s podélnými rameny osazenou dvoumontáží kol a přední nápravu typu McPherson.

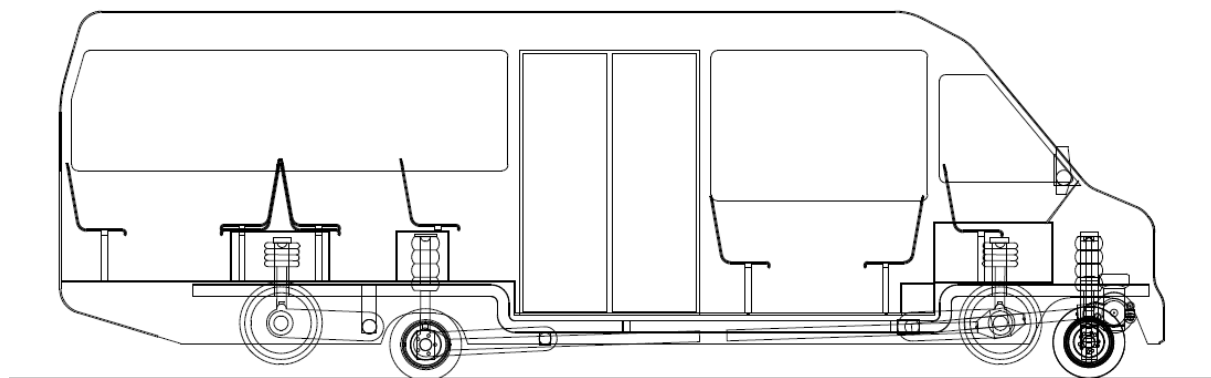
Kvůli zajištění dostatečné tuhosti bude základ celého vozu vytvořit profilový rám obdobného charakteru jako u varianty A, ke kterému se uchyťí ramena, motor, převodovka a karoserie.

Pohon tohoto dopravního prostředku bude zajišťovat stejně jako u předchozí varianty napříč uložený čtyřválcový přeplňovaný dieselový motor Tector 5 o objemu 4485ccm, tentokrát umístěný v přední části vozu před přední silniční nápravou ve spojení s automatickou převodovkou se šesti převodovými stupni a zpátečkou. Poháněné v tomto případě budou variabilně dvě nápravy, buď přední kolejová, anebo zadní silniční. Jelikož při pohybu po jednom druhu cesty, ať už kolejích či silnici, je nežádoucí, aby se kola druhé nápravy, která není aktuálně využívána, točila, musí být rozvodová převodovka na přední kolejové nápravě vybavena spojky, které nepotřebná kola nebo dvoukolí odpojí. Pro přenos výkonu se použijí dva délkově prodlužitelné Kardanovy hřídele s tvarovým stykem, protože je velký výškový výkyv náprav a tím i vzdálenost mezi převodovkou, nápravovou rozvodovou převodovkou a zadním diferenciálem.

Karoserie tohoto dopravního prostředku musí být uzpůsobena pro oba typy dopravy. Při pohybu vozidla po dráze je třeba, aby byl zajištěn výstup a nástup cestujících z obou stran, takže vozidlo musí být vybaveno dveřmi z každé strany. Při jízdě po silnici jsou kladeny nároky na nájezdné úhly, jinak řešené deformační zóny, nebo například výhled řidiče z kabiny musí být větší, než u motorového vozu a další. Takovýchto detailů je celá řada a jejich podrobnější řešení by enormně překročilo rozsah této práce.



Obr. č. 10 – Postavení vozidla na kolejích



Obr. č. 11 – Postavení vozidla na silnici

6 Zhodnocení vybrané konstrukční varianty

Vzhledem k tomu, že každá varianta je v mnoha ohledech dost odlišná, je těžké najít parametry, podle kterých je mezi sebou porovnat. Následující hodnocení je pouze subjektivní a hodnotí jen vybraná kritéria.

6.1 Porovnávací parametry pro hodnocení variant

Obslužnost regionálních zastávek

- Parametr určující na jaká místa je vozidlo schopné se dostat. Tím je myšleno především to, že železniční tratě jsou vedeny pouze omezeným množstvím malých vesnic, ze kterých by lidé potřebovali dopravit do větších aglomerací.

Obslužnost městských zastávek

- Kritérium na první pohled velmi podobné předchozímu jen s rozdílem, že se nejedná o vesnické zastávky, ale o městské. Na druhé straně ale musíme vzít také v potaz to, jak jsou dnešní města často přeplněna automobily a přesun z okraje do centra bývá často velmi zdlouhavý. Toto kritérium tedy hodnotí nejen dostupnou polohu, ale také čas přesunu z bodu A do bodu B.

Složitost konstrukce

- Tento parametr hodnotí především náročnost návrhu vozu, složitost výroby a následných oprav vozidla. Dále je zde zahrnut např. počet dílů, ze kterých se vozidlo skládá apod.

Ekonomičnost

- Zde se hodnotí nejen pořizovací cena, ale také následné výdaje na provoz a údržbu vozu. Nesmí se ovšem opomenout, že provozem se budou peníze i získávat, a čím lépe a více bude vozidlo využito, tím ekonomičtější bude.

Prostor pro cestující

- V tomto parametru je zohledněn počet sedadel, počet míst na stání nebo případně také místo pro zdravotně tělesně postižené osoby, kočárky apod.

6.2 Tabulka hodnocení

| Varianta | Porovnávací parametry | | | | | Součet bodů |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | Obslužnost region. zastávek | Obslužnost městských zastávek | Složitost konstrukce | Ekonomičnost | Prostor pro cestující | |
| A1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 14 |
| A2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 14 |
| B | 5 | 5 | 2 | 2 | 4 | 18 |

Tabulka 1 – subjektivní zhodnocení porovnávacích parametrů

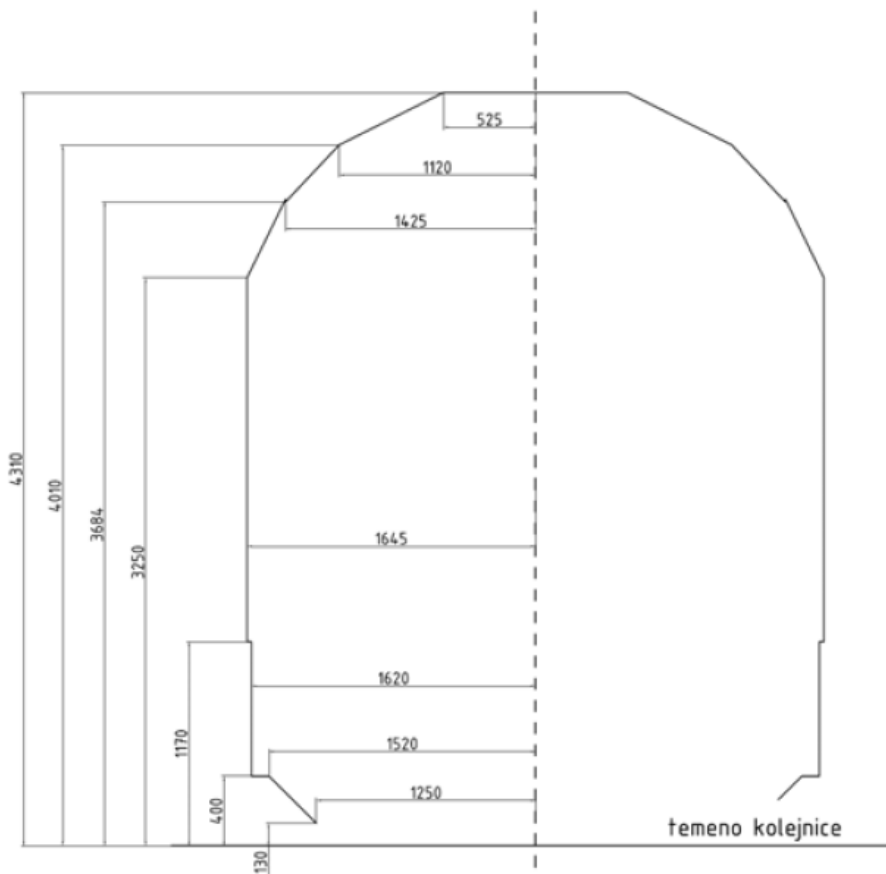
6.3 Slovní zhodnocení

Z výše umístěné tabulky je patrné, že v subjektivním zhodnocení porovnávacích parametrů získala nejvíce bodů varianta B, tedy dvoucestné motorové vozidlo. Ze získaného hodnocení je zřejmé, že to je z největší části právě díky neomezenému rozsahu využití tohoto vozu, ačkoli z hlediska náročnosti konstrukce jde o nejvíce náročnou variantu a tedy i výroba toho vozu bude nejdražší. V následujících kapitolách bude tato varianta řešena důkladněji.

7 Shrnutí požadovaných technických parametrů

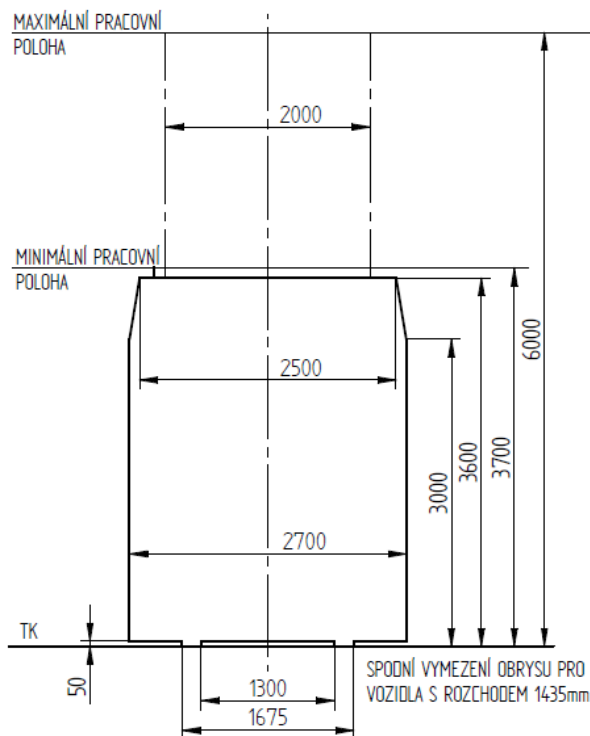
7.1 Obrys pro konstrukci

Vozidlo nesmí přesáhnout vztažný kinematický obrys pro vozidla normálního rozchodu 1435mm, který je stanovený dle vyhlášky UIC 505-1 [12]. Tento obrys nesmí přesáhnout jakákoliv pevná část vozidla jak v klidovém stavu, tak i ve stavu pohybu, zatíženém stavu či opotřebeném a při výhylkách vlivem kývání vypružených částí vozidla. Tvar a rozměry průřezu:



Obr. č. 12 – Vztažný obrys UIC 505-1 [12] (horní část)

U vrchní části obrysu v tomto případě není problém, jelikož vozidlo se bude pohybovat i po pozemních komunikacích a tak dle § 39 odst. 1 vyhlášky č.341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, nesmí překročit největší povolenou šířku 2,55m. Možné je též uvažovat pohyb po tramvajových tratích s rozchodem 1435mm, pro které platí jakožto průjezdný obrys vztažná linie obrysu podle ČSN 28 0337:1994- Obrysy pro tramvajová vozidla.

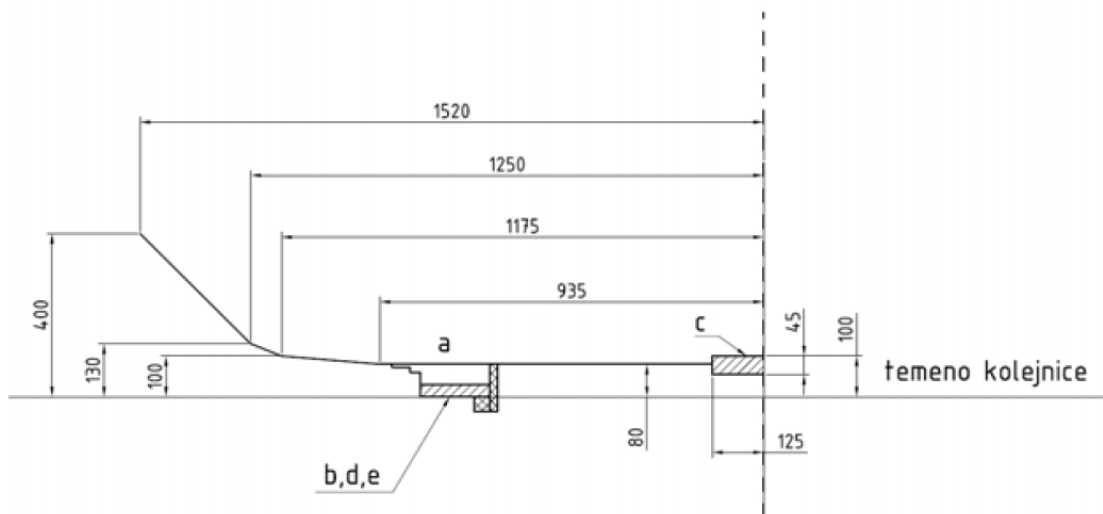


Obr. č. 13 – Vztažený obrys pro tramvajová vozidla [13]

Ani v tomto případě ovšem nebude problém, jelikož maximální průjezdná šířka pro tramvaj činí 2700mm, což je opět více než v případě pozemních komunikací.

Zaměřit se bude třeba na spodní část vozu, ve které se budou nacházet v podstatě dva podvozky a to kolejový a silniční. Obrys ve spodní části (400mm nad temenem kolejnice) při pohybu po kolejích je obzvlášť podrobně řešený. Vyhláškou UIC 505-1 jsou dány dvě možnosti. Zaprvé pro vozidla, která mohou přejíždět přes kolejové brzdy a další aktivní spádovištní zařízení, zadruhé pro vozidla, která přes tato zařízení projíždět nemohou.

U navrhovaného vozidla se jakožto u motorového vozu s vlastním pohonem obvykle uvažuje zákaz přejíždět přes tato zařízení, proto tedy bude platit následující vztažený obrys pro dolní část:



Obr. č. 14 – Vztažený obrys UIC 505-1 [12] (spodní část)

Do oblasti **a** spadají ty části vozidla, které jsou od kol vzdálené. Oblasti **b**, **d**, **e** jsou pak vyhrazeny právě pro kola a pro součásti v jejich bezprostřední blízkosti. Oblast **c** je určena pro kontaktní kartáč zabezpečovacího zařízení, do které žádná ze součástí vozidla nesmí zasahovat.

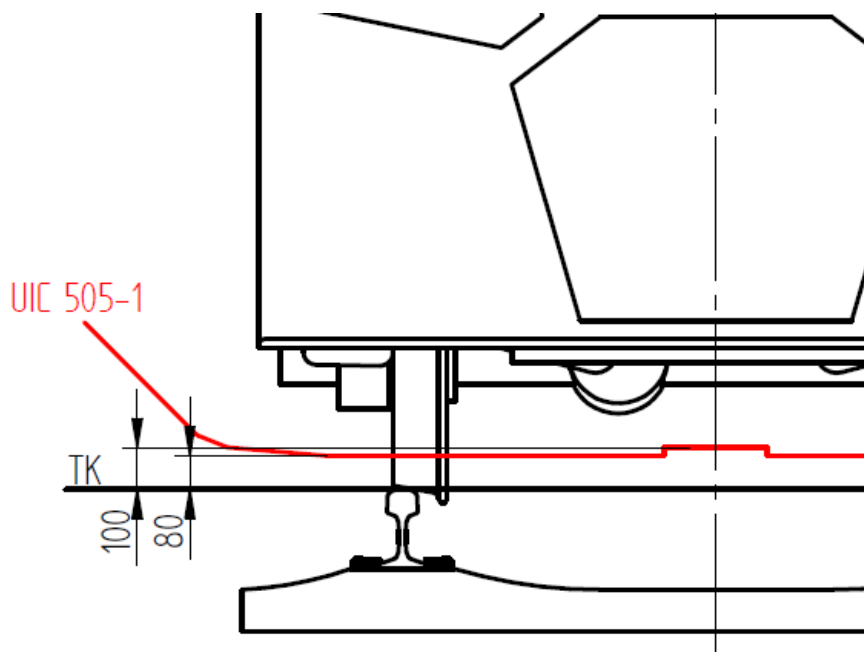
7.2 Stanovení minimální výšky dolní části vozu při jízdě po kolejích

Jako minimální výšku od temene kolejnice lze tedy vzhledem k šířce vozidla uvažovat 100mm. Tato hodnota musí být dodržena i v případě, že by došlo k poruše na vzduchovém systému podvozku (selhání kompresoru, únik vzduchu z hadice či měchu,...) a vozidlo by kleslo až na dorazy. Dále se musí počítat i s opotřebením součástí vozidla, např. kol a dalších.

Parametry pro výpočet:

| | |
|--|-----------|
| opotřebení poloměru kola: | 20mm |
| opotřebení dalších částí: | zanedbáno |
| stlačení dorazů od statického zatížení: | 5mm |
| stlačení dorazů od dynamického zatížení: | 5mm |
| provozní výška měchů: | 150mm |
| <hr/> | |
| celkový maximální pokles z provozní výšky: | 180mm |

Minimální výška vozu za provozního stavu je tedy 280mm.

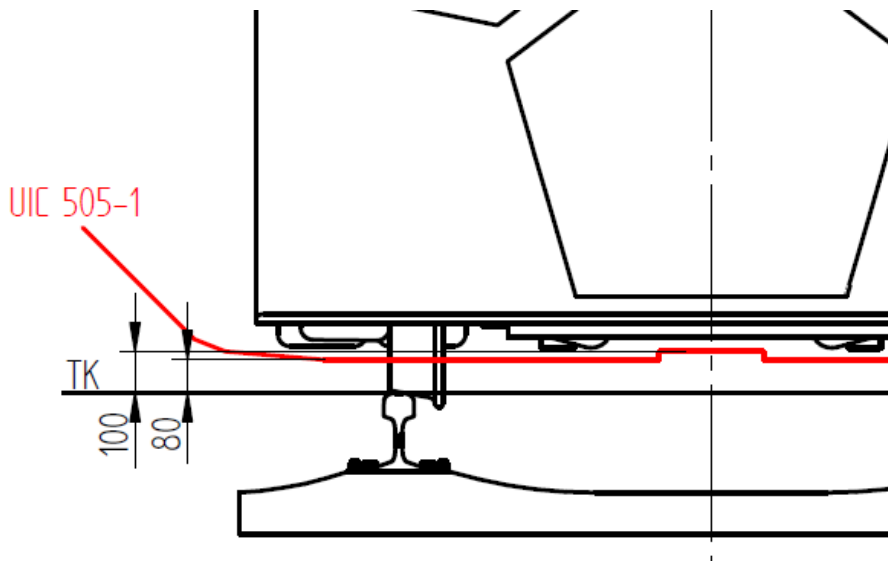


Obr. č. 15 – Detail spodní části vozidla v provozním režimu

Na obrázku výše je zachycen detailní pohled na spodní část vozidla při jízdě po kolejích v provozním režimu, kdy nejmenší možná výška vozu je 280mm. Pro představu je zde červenou barvou dokreslen průjezdný průřez, který žádná část vozidla při pohybu po kolejích nesmí přesáhnout.

Jak bylo výše zmíněno, v případě poruchy vzduchového systému je třeba zachovat minimální výšku vozu, aby bylo s vozem možné dále pokračovat po kolejích do místa, kde bude možné

ho opravit. Následující obrázek vůz v této fázi zachycuje a je zde pro demonstraci funkčnosti dokreslen červenou barvou i průřezný průřez.



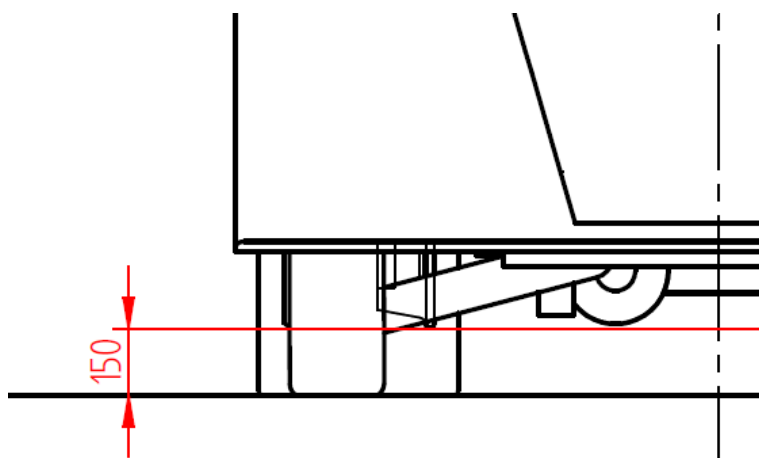
Obr. č. 16 – Detail spodní části vozidla v nejnižší možné poloze na kolejích

7.3 Stanovení provozní výšky měchů pro silniční podvozek

Z předchozího výpočtu a odstavců částečně vyplývá následující určení pracovní výšky měchů pro silniční podvozek. Silniční kola při pohybu po kolejích musí být totiž stejně jako ostatní části vozidla v minimální výšce 100mm nad temenem kolejnice. To je velmi podstatnou informací, neboť právě toto určuje polohu při vypuštěném vzduchu z měchů.

V režimu jízdy po silnici musí být zase obráceně stanovena minimální výška kol železničních, neboť právě ty jsou v danou chvíli nejnižším prvkem celého vozu. Musí se brát v potaz přejíždění nerovností na vozovce, najíždění do stoupání a klesání, výkyvy náprav vlivem zatížení a naklánění při průjezdu zatáčkami. Z těchto důvodů byla stanovena minimální mezera mezi železničními koly a vozovkou v klidovém stavu vozu na 150mm. Z čehož jednoduchým součtem vyplývá minimální pracovní rozpětí měchů 250mm.

Toto rozpětí je ale třeba ještě navýšit o 50mm. Důvodem jsou situace, kdy například kolo vjede do díry ve vozovce. Celkový zdvih měchů je tedy stanoven na 300mm.



Obr. č. 17 – Minimální výška podvozku při jízdě po silnici

7.4 Aretace náprav v horních polohách

Jak při jízdě po pozemních komunikacích, tak na trati musí být zaručeno, aby nápravy, které nejsou aktuálně v provozu, byly zajištěny v horních polohách. Tohle lze docílit různými způsoby.

První možností je použití tažných pružin, které by nápravu při vypouštění vzduchu táhly směrem vzhůru. Vlivem otřesů a houpání vozidla při jízdě by ale mohlo dojít k samovolnému poklesu nápravy, což je nežádoucí. Proto je třeba tento systém doplnit aretačním zařízením, které při vypouštění vzduchu zajistí bezpečně nápravu v horní poloze.

Další variantou by byl mechanismus se šroubovicí ve svislém směru, který by při využívání nápravy nesměl nijak bránit její funkci. Toho lze docílit například tak, že k rámu vozu by byla ve svislém směru uchycena matice, kterou by otáčel servomotor. Šroubovice by pak procházela volně dírou v nápravě a její konec pod nápravou by byl rozšířen. Při využívání nápravy by mezi rozšířeným koncem šroubovice a nápravou byla mezera, aby se náprava mohla volně pohybovat. Když by se začal vypouštět vzduch z měchu, servomotor by začal otáčet maticí a ta by vytáhla do horní polohy jak šroubovici, tak celou nápravu.

7.5 Výpočet kinematického zúžení

| | | |
|---|----------|---------|
| součinitel naklonění vozidla: | s | 0,42 |
| úhel náklonu: | η_0 | 0° |
| rozchod okolků: | d | 1,41m |
| největší možný příčný posuv rámu ze střední polohy při největším opotřebením v ložisku: | q | 0,0027m |
| rozvor vozidla: | a | 6m |
| příčná vůle: | w | 0,048m |
| výška pólu naklápění: | h_c | 0,8m |

Vnitřní zúžení:

$$\text{je-li } a \cdot n - n^2 \leq \begin{matrix} 5^1 \\ 7,5^2 \end{matrix},$$

$$E_i = \frac{1,465-d}{2} + q + z - 0,015 ;$$

$$\text{je-li } a \cdot n - n^2 > \begin{matrix} 5^1 \\ 7,5^2 \end{matrix},$$

$$E_i = \frac{a \cdot n - n^2}{500} + \frac{1,465-d}{2} + q + z - \begin{matrix} 0,025^1 \\ 0,030^2 \end{matrix} .$$

Vnější zúžení:

$$\text{je-li } a \cdot n + n^2 \leq \begin{matrix} 5^1 \\ 7,5^2 \end{matrix},$$

$$E_a = \left(\frac{1,465-d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} + z - 0,015 ;$$

$$\text{je-li } a \cdot n + n^2 > \begin{matrix} 5^1 \\ 7,5^2 \end{matrix},$$

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2}{500} + \left(\frac{1,465-d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} + z - \begin{matrix} 0,025^1 \\ 0,030^2 \end{matrix} .$$

1) – hodnoty pro části s výškou max. 400mm nad rovinou TK

2) – hodnoty pro části s výškou větší než 400mm nad rovinou TK

n – vzdálenost uvažovaného příčného řezu vozidla od bližší nápravy

z – kvazistatický posuv vozidla z jeho střední polohy v koleji s převýšením vlivem jeho naklonění a asymetrie

$$z = \left[\frac{s}{30} + tg(\eta_0 - 1^\circ)_{>0} \right] \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s}{10} \cdot |h - h_c| - 0,04 \cdot (h - 0,5)_{>0} \right]_{>0}$$

[]_{>0} – dosazuje se pouze, pokud je hodnota kladná, jinak se dosadí 0 [14]

Dosazení pro vnitřní zúžení:

největší zúžení je uprostřed mezi nápravami, $n = 3\text{m}$,

výška, $h = 0,33\text{m}$

$$a \cdot n - n^2 > 5$$

$$6 \cdot 3 - 3^2 > 5$$

$$9 > 5$$

$$z = \left[\frac{s}{30} + tg(\eta_0 - 1^\circ)_{>0} \right] \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s}{10} \cdot |h - h_c| - 0,04 \cdot (h - 0,5)_{>0} \right]_{>0}$$

$$z = 0,01974$$

$$E_i = \frac{a \cdot n - n^2}{500} + \frac{1,465-d}{2} + q + z - 0,025$$

$$E_i = \frac{6 \cdot 3 - 3^2}{500} + \frac{1,465-1,41}{2} + 0,0027 + 0,01974 - 0,025$$

$$E_i = 0,04294\text{m}$$

Dosazení do dalších vzorců je obdobné. Výsledná vnitřní zúžení vykazuje následující tabulka:

| | | | | | | |
|-------|-----|---------|--------|---------|--------|--------|
| h | [m] | 0,33 | 0,45 | 1 | 1,8 | 2,5 |
| z | | 0,01974 | 0,0147 | -0,0116 | -0,01 | 0,004 |
| E_i | [m] | 0,04294 | 0,0329 | 0,0066 | 0,0082 | 0,0222 |

Tabulka 2 – Výsledná vnitřní zúžení

Dosazení pro vnější zúžení:

Největší vnější zúžení je na koncových bodech vozidla, přesah přední i zadní části je stejný,

$n = 1,5\text{m}$,

výška, $h = 0,33\text{m}$

$$a \cdot n + n^2 > 5$$

$$6 \cdot 1,5 + 1,5^2 > 5$$

$$11,25 > 5$$

$$z = \left[\frac{s}{30} + tg(\eta_0 - 1^\circ)_{>0} \right] \cdot |h - h_c| + \left[\frac{s}{10} \cdot |h - h_c| - 0,04 \cdot (h - 0,5)_{>0} \right]_{>0}$$

$$z = 0,01974$$

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2}{500} + \left(\frac{1,465-d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} + z - 0,025$$

$$E_a = \frac{6 \cdot 1,5 + 1,5^2}{500} + \left(\frac{1,465-1,41}{2} + 0,0027 \right) \cdot \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} + 0,01974 - 0,025$$

$$E_a = 0,06254\text{m}$$

Dosažení do dalších vzorců je obdobné. Výsledná vnější zúžení vykazuje následující tabulka:

| | | | | | | |
|----------------|-----|---------|--------|---------|--------|--------|
| h | [m] | 0,33 | 0,45 | 1 | 1,8 | 2,5 |
| z | | 0,01974 | 0,0147 | -0,0116 | -0,01 | 0,004 |
| E _a | [m] | 0,06254 | 0,0525 | 0,0262 | 0,0278 | 0,0418 |

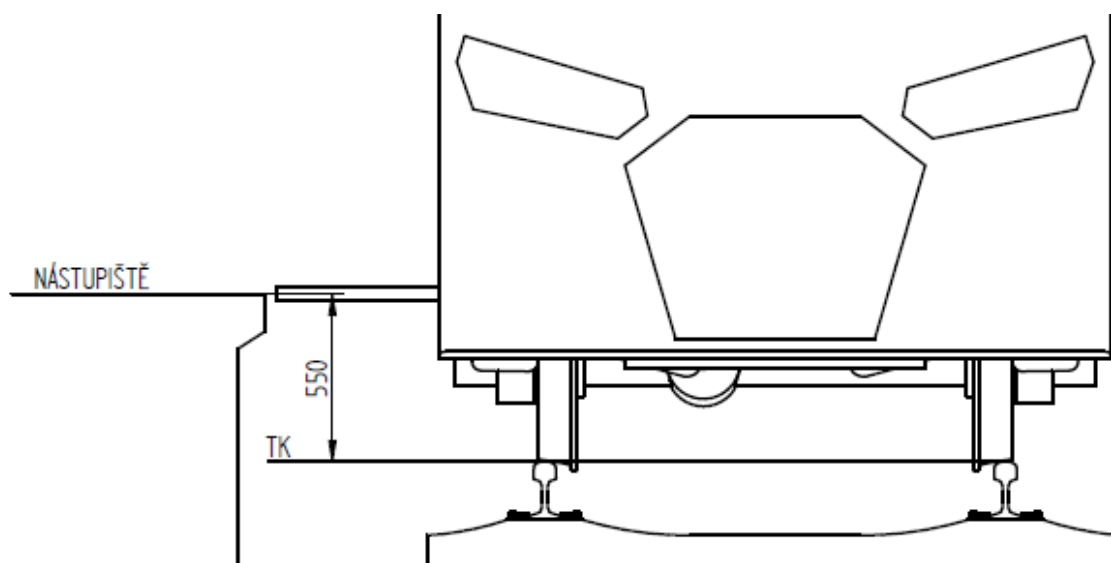
Tabulka 3 – Výsledná vnější zúžení

Z výše uvedených výsledných hodnot vyplývá, že vzhledem k navrženým rozměrům, které jsou na obvyklé drážní poměry malé, nebude třeba vozidlo zužovat v žádném jeho místě. [14]

7.6 Nízkopodlažnost v oblasti centrální dveří

Aby byla zaručena nízkopodlažnost vozu, musí být podlaha v oblasti dveří ve stejné úrovni jako nástupiště.

Vzhledem k výšce nástupišť u tratí Českých Drah, která činí hodnotu 550mm, je vozidlo za provozních podmínek ve správné úrovni, aby se dalo říci, že je nízkopodlažní. Problémem je vzhledem k jeho malým rozměrům mezera mezi vozidlem a nástupištěm. Tento problém se vyřeší mechanismem s výsuvnou deskou ze spodní části vozu, aby nástup a výstup z vozu byl pro cestující bezpečný. Tento stav ukazuje obrázek umístěný níže.



Obr. č. 18 – Čelní pohled na vozidlo u nástupiště

U tramvajových drah je výška nástupiště odlišná od tratí pro vlaky. Její hodnota činí přibližně 200mm. Nízkopodlažnosti by se tedy dalo částečně dosáhnout vypuštěním vzduchu z měchů. Podlaha vozidla by posléze byla v přibližné výšce 400mm, což znamená, že by mezi nástupní hranou a podlahou vozu byl rozdíl 200mm. Tato hodnota je brána jako postačující.

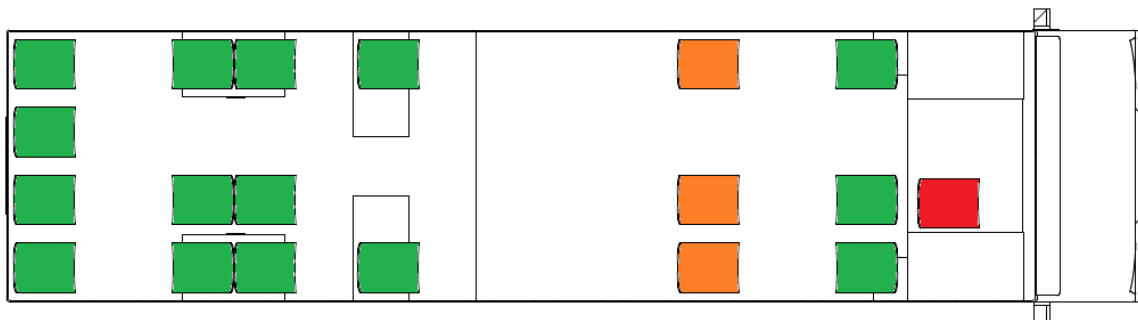
7.7 Rozmístění sedadel ve vozidle

Tato část práce je zaměřena především na rozmístění sedadel ve vnitřní části vozu. Bude se vycházet z obrázku umístěného pod tímto textem.

Červená barva značí sedadlo řidiče.

Zelenou barvou jsou označena sedadla pro pasažéry, jenž činí 15 míst.

Oranžová barva označuje variabilní sedadla. Buď mohou být na místech, kde jsou vyznačena, tím se počet míst k sezení zvýší o 3. Nebo nemusí být do vozidla umístěna vůbec a vznikne prostor pro tělesně postižené cestující, pro cestující s kočárky, koly apod. Výhodou takto vzniklého prostoru je umístění v blízkosti dveří.



Obr. č. 19 – Půdorysný pohled do vnitřní části vozu

8 Legislativa dvoucestných vozidel

ČD D2, PŘEDPIS PRO ORGANIZOVÁNÍ A PROVOZOVÁNÍ DRÁŽNÍ DOPRAVY, článek 1137.

Na trati s kolejovými obvody musí speciální vozidla při jízdě jako vlak zaručovat součinnost s kolejovými obvody správnou činnost zabezpečovacího zařízení. Dvoucestná vozidla jsou vozidla pro provoz v terénu a na pozemních komunikacích, uzpůsobená pro pohyb po kolejích. Ve smyslu tohoto předpisu jsou vždy považována za speciální vozidla, která nespolehlivě ovlivňují kolejové obvody a počítače náprav. [15]

ČD D2/81, DOPRAVA SPECIÁLNÍCH VOZIDEL PODLE TYPŮ, skupina příloh XIV. DVOUCESTNÁ VOZIDLA

Dvoucestná hnací vozidla

Dvoucestná hnací vozidla jsou silniční vozidla nebo stavební stroje, typově schválená pro provoz v terénu případně na pozemních komunikacích, vybavená kolejovými adaptéry, které umožňují jejich pohyb po kolejích. Slouží k manipulaci s vozidly případně i k výstavbě, opravě a údržbě dráhy. [16]

ČD S8, Předpis pro provoz, údržbu a opravy speciálních vozidel, ČÁST PRVNÍ, ZÁKLADNÍ USTANOVENÍ, Kap. II, Základní názvy a pojmy

11. **Dvoucestná vozidla** jsou stavební stroje nebo silniční vozidla typově schválená pro provoz v terénu případně na pozemních komunikacích, vybavená zařízením (kolejovými adaptéry), které umožňuje jejich pohyb po kolejích. Dvoucestná vozidla jsou zpravidla vybavena vlastním pohonem pojezdu.

Ve smyslu předpisů ČD se za dvoucestné vozidlo považuje vozidlo (stroj) vždy, pokud jsou jeho kolejové adaptéry v pracovní (činné) poloze. Nejsou-li kolejové adaptéry v pracovní (činné) poloze, jedná se o stroj pro zemní práce ve smyslu předpisu ČD Op 16.

12. **Kolejovými adaptéry** se rozumějí ty části dvoucestného vozidla případně SHV zvláštní konstrukce, které doplňují kolový případně plazový pojezd pro bezpečné vedení vozidla kolejí. Kolejovými adaptéry jsou i hnací či hnané nápravy nebo podvozky, pokud je jimi dvoucestné vozidlo vybaveno. [17]

Z výše uvedeného textu je patrné, že vozidlo navrhované v této bakalářské práci by za současného stavu drážní legislativy bylo obtížné zařadit do provozu, jelikož v definici dvoucestných vozidel je uvedeno, že jde o vozidla určená pro technologickou přepravu osob a věcí nebo o stavební stroje. V této fázi je to ovšem poměrně nepodstatná věc, jelikož jde pouze o koncepční návrh, který se dále nejspíš rozvíjet nebude. Kdyby se návrh měl rozvíjet dál a následně by třeba došlo i na realizaci projektu, bylo by třeba upravit drážní předpisy, nebo se pokusit vyřešit pro navrhované vozidlo nějakou výjimku.

9 Závěr

V úvodní části práce byla osvětlena historie dvoucestných vozidel, která ačkoliv sahá až do 40. let minulého století, tato vozidla se ve větším měřítku začala objevovat pouze v posledních dvou desetiletích.

Druhá část obsahuje shrnutí stávající techniky. Zaměřena je přitom na hromadnou přepravu osob nejen po trati, ale i po pozemních komunikacích. Dvoucestná vozidla jsou v dnešní době brána pouze jako stavební, v některých případech snad i zásahová vozidla.

Následující část práce je shrnutí předběžně zvolených parametrů pro další zpracování.

Ve čtvrté části jsou koncepčně vypracovány a popsány dvě varianty. Jeden motorový vůz a jedno dvoucestné vozidlo.

V další části jsou mezi sebou tyto dvě varianty porovnávány podle subjektivně zvolených parametrů. Jako optimálnější byla vyhodnocena varianta druhá – dvoucestné vozidlo.

V šesté části byla rozpracována a podrobněji řešena zvolená varianta. Je zde řešen průjezdný průřez, podvozkové části vozu, rozmístění sedadel ve vozidle a poloha vozidla u nástupiště.

V poslední části jsou zkoumána dvoucestná vozidla z pohledu drážní legislativy.

V této práci je koncepčně zpracován dvoucestný motorový vůz, který by byl, dá se říci průlomový v oblasti hromadné přepravy osob nejen po tratích Českých drah a pozemních komunikacích, ale mohl by nabrat rozměry Evropského využití. Mezi jeho největší výhody by patřila obslužnost prakticky všech stanic a zastávek, dále jeho poměrně nízká hmotnost a v neposlední řadě velká úspora času cestujících při zvolení vhodné trasy. Bohužel vzhledem k velké náročnosti podrobného zpracování návrhu, není možné dále projekt v této práci rozvíjet, neboť by byl enormně překročen rozsah.

Seznam tabulek

Tabulka 1 – subjektivní zhodnocení porovnávacích parametrů

Tabulka 2 – Výsledná vnitřní zúžení

Tabulka 3 – Výsledná vnější zúžení

Seznam obrázků

Obr. č. 1 – TATRA 15/30 [2]

Obr. č. 2 – CAT M315 DUO [5]

Obr. č. 3 – DAF CF85 Duoliner [6]

Obr. č. 4 – Iveco Daily AgoDuo [7]

Obr. č. 5 – Stadler Regio-Shuttle RS1 [9]

Obr. č. 6 – Železniční motorové vozy řady 810 [10]

Obr. č. 7 – Iveco Daily Line 4100L [11]

Obr. č. 8 – A1 – Motorový vůz s otočným systémem

Obr. č. 9 – A2 – Motorový vůz s dvěma kabinami

Obr. č. 10 – Postavení vozidla na kolejích

Obr. č. 11 – Postavení vozidla na silnici

Obr. č. 12 – Vztažný obrys UIC 505-1 [1] (horní část)

Obr. č. 13 – Vztažný obrys pro tramvajová vozidla [3]

Obr. č. 14 – Vztažný obrys UIC 505-1 [1] (spodní část)

Obr. č. 15 – Detail spodní části vozidla v provozním režimu

Obr. č. 16 – Detail spodní části vozidla v nejnižší možné poloze na kolejích

Obr. č. 17 – Minimální výška podvozku při jízdě po silnici

Obr. č. 18 – Čelní pohled na vozidlo u nástupiště

Obr. č. 19 – Půdorysný pohled do vnitřní části vozu

Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] *Automobily na kolejích* [online]. [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <https://www.autokaleidoskop.cz/Historie/Automobily-na-kolejich/>
- [2] *Tatra* [online]. [cit. 2017-06-02]. Dostupné z: http://1.bp.blogspot.com/ZCIawI_uCYw/UUBjTI6zXEI/AAAAAAAAEk8/in8DYRoIQs8/s1600/Tatra.JPG
- [3] *Drezína Warszawa 223 DMV-73-015* [online]. [cit. 2017-02-05]. Dostupné z: <http://www.motomagazin.cz/index.php?action=magazin&menu=5&pos=warszawa>
- [4] *Dvoucestná vozidla* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.tratovestroje.net/cs/category/stroje/dvojcestne-vozidla/>
- [5] *CAT* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.saz.cz/wp-content/uploads/2014/07/dvoucestne-vozidlo-cat-m315-duo-03-300x200.jpg>
- [6] *DAF CF85 Duoliner* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.saz.cz/wp-content/uploads/2014/07/dvoucestne-vozidlo-daf-cf-85-duoliner-02-300x200.jpg>
- [7] *Iveco Daily AGODUO* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z: <http://www.saz.cz/wp-content/uploads/IVECO-DAILY-AGODUO-660x320.jpg>
- [8] *Regio-Shuttle RS1* [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Regio-Shuttle_RS1

- [9] *Stadler Regio-Shuttle RS1* [online]. [cit. 2017-03-15]. Dostupné z:
https://media.novinky.cz/263/292638-top_foto1-e53t6.jpg?1331726401
- [10] *Železniční motorové vozy řady 810* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z:
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Mestec4.jpg>
- [11] *Iveco Daily Line 4100L* [online]. [cit. 2017-02-08]. Dostupné z:
https://www.aad.sk/images/articles/Iveco_Daily_nova-gener_201416.jpg
- [12] UIC 505-1 - Railway Transport Stock - Rolling Stock Construction Gauge, 2006,
ISBN 2-7461-0151-3
- [13] ČSN 280337 - Obrysy pro tramvajová vozidla (1994)
- [14] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla III*, Plzeň: Západočeská univerzita, 2011
- [15] *ČD D2 - PŘEDPIS PRO ORGANIZOVÁNÍ A PROVOZOVÁNÍ DRÁŽNÍ DOPRAVY*,
ročník 1997.
- [16] *ČD D2/81 – DOPRAVA SPECIÁLNÍCH VOZIDEL PODLE TYPŮ*, ročník 1999
- [17] *ČD S8 – Předpis pro provoz, údržbu a opravy speciálních vozidel*, ročník 2005