

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: 2301R016 Dopravní a manipulační technika

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vliv parametrů rozvoru podvozků a vzdálenosti čepů

Autor: **Filip Vasilečko**  
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**

Akademický rok 2011/2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta strojní  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Filip VASILEČKO**  
Osobní číslo: **S09B0534P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Vliv parametrů rozvoru podvozků a vzdálenosti čepů**  
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:

Zpracovat studii nejčastěji používaných hodnot vzdálenosti otočných čepů a rozvoru podvozků u vozů osobní přepravy. Určit vliv těchto hodnot na zúžení vozu ve vztahu k průjezdnému obrysu a vyšetřit nejlepší poměr mezi těmito parametry vzhledem k šířce skříně. Teoreticky zvládnout problematiku obrysu kolejového vozidla. Alternativně řešit pro vůz s jedním (dvěma) podvozky typu jacobs.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Přehled osobních vozidel obvykle provozovaných z hlediska vzdálenosti otočných čepů a rozvoru podvozku
2. Návrh vlastního řešení s ohledem na optimální rozvor
3. Výpočet optimálního rozvoru
4. Zhodnocení a závěr

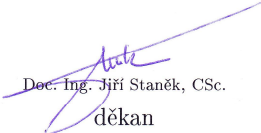
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**DOSTÁL, J., HELLER, P. Kolejová vozidla. I. Plzeň: Západočeská universita, 2010**

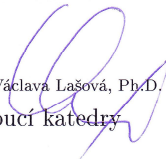
**HELLER, P., DOSTÁL, J. Kolejová vozidla. II. Plzeň: Západočeská universita, 2009**

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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Radim Sýkora**  
Škoda Vagonka a.s.  
Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2011

## **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**

Touto cestou bych chtěl poděkovat panu Doc. Ing. Petru Hellerovi, CSc. za jeho vstřícné jednání, odborné rady a poskytnutí všech těžce dostupných dokumentů potřebných k vypracování Bakalářské práce. Vždy mě dokázal nasměrovat správným směrem. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Radimu Sýkorovi za jeho konstruktivní kritiku a názor z druhé strany.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Vasilečko	Jméno Filip	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301R016 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller, CSc.	Jméno Petr	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Vliv parametrů rozvoru podvozků a vzdálenosti čepů		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	40	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	40	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce obsahuje vysvětlení základních pojmů k tématu práce, přehled kolejových vozů používaných pro regionální dopravu osob. Seznámení s postupy výpočtů vnějších a vnitřních zúžení při průjezdu obloukem, optimální vzdálenosti otočných čepů a návrh vlastního řešení.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Šířka vozu, vnitřní a vnější zúžení, vzdálenost otočných čepů, rozvor podvozku, optimální hodnoty,</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Vasilečko	Name Filip	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301R016 “Transport and handling machinery“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller, CSc.	Name Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Influence of parameters on wheelbase chassis and stud distance		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	40	<b>TEXT PART</b>	40	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	Bachelor thesis includes an explanation of the basic concepts of the work, an overview of rail cars used for regional passenger transport. Introduction to methods of calculations of external and internal narrowing when passing a curve, the optimal stud distance and design of own solutions.
<b>KEY WORDS</b>	Width of the train, inside and outside narrowing, stud distance, wheelbase chassis, the optimum value,

**Obsah**

1	Úvod .....	5
1.1	Základní pojmy .....	5
2	Nejčastěji používané hodnoty vzdálenosti otočných čepů a rozvoru podvozků.....	6
2.1	Jednočládková vozidla.....	6
2.1.1	Dvounápravová vozidla.....	6
2.1.2	Čtyřnápravová vozidla.....	9
2.2	Dvoučládkové vozy.....	13
2.3	Tříčládkové vozy.....	16
2.4	Čtyř a více čládkové vozy.....	19
3	Souhrn.....	20
4	Porovnání vlivu vzdálenosti otočných čepů na šířku vozu.....	22
5	Problematika průjezdného oblouku.....	23
5.1	Stanovení šířky vozu pro vozy s rozchodem 1435 mm.....	23
6	Vnější a vnitřní zúžení.....	28
6.1	Zúžení vnitřní $E_i$ .....	28
6.2	Zúžení vnější $E_a$ .....	29
7	Výpočet optimálního rozvoru (vzdálenosti otočných čepů).....	30
7.1	Postup výpočtu.....	30
8	Výpočet zúžení pro vozy, které mají jeden podvozek hnací a jeden nosný .....	33
8.1	U průřezů mezi otočnými čepy .....	33
8.2	U průřezů vně podvozků a na straně hnacího podvozku.....	33
8.3	U průřezů vně podvozků na straně nosného podvozku.....	34
9	Návrh vlastního řešení.....	35
9.1	1. Návrh .....	35
9.2	2. Návrh .....	36



Dopravní a manipulační technika

Filip Vasilečko

10	Výsledky:.....	37
11	Závěr.....	38
	Seznam použité literatury: .....	39

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 – parametry vozu 810.....	6
Tabulka 2.2 – parametry vozu 809.....	7
Tabulka 2.3 – parametry vozu 811.....	7
Tabulka 2.4 – parametry vozu 812.....	8
Tabulka 2.5 – parametry vozu 213M.....	8
Tabulka 2.6 – parametry vozu LVT/S.....	9
Tabulka 2.7 – parametry vozu 830.....	9
Tabulka 2.8 – parametry vozu 842.....	10
Tabulka 2.9 – parametry vozu 843.....	10
Tabulka 2.10 – parametry vozu 850.....	11
Tabulka 2.11 – parametry vozu DM12.....	11
Tabulka 2.12 – parametry vozu RS1.....	12
Tabulka 2.13 – parametry vozu BR 640.....	12
Tabulka 2.14 – parametry vozu Desiro.....	13
Tabulka 2.15 – parametry vozu BR 643.2.....	13
Tabulka 2.16 – parametry vozu BM 93.....	14
Tabulka 2.17 – parametry vozu BR 648.....	14
Tabulka 2.18 – parametry vozu GTW 2/6(RABe526 680-689).....	15
Tabulka 2.19 – parametry vozu Talent EWT.....	16
Tabulka 2.20 – parametry vozu 814-014-814.....	16
Tabulka 2.21 – parametry vozu Talent VT 644.....	17
Tabulka 2.22 – parametry vozu AGC.....	17
Tabulka 2.23 – parametry vozu 19WE.....	19
Tabulka 3.1 – parametry vozů - souhrn.....	21
Tabulka 5.1 – vysvětlení E, D, b, c, d.....	23
Tabulka 5.2 – vysvětlení hodnoty y.....	25
Tabulka 5.3 – vysvětlení A, u.....	27
Tabulka 7.1 – vysvětlení a, p, $u_1$ , $u_2$ , L, q, w, d.....	30
Tabulka 8.1 – vysvětlení P, $w_\infty$ , $w_i$ , $w_a$ , $P$ , $w'_\infty$ , $w'_i$ , $w'_a$ , $n_\mu$ .....	34

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - Rozvor podvozku .....	5
Obrázek 1.2 - Vzdálenost otočných čepů .....	5
Obrázek 2.1 - Motorový vůz 810 [20].....	6
Obrázek 2.2 - Motorový vůz 809 [21].....	7
Obrázek 2.3 - Motorový vůz 811 [22].....	7
Obrázek 2.4 - Motorový vůz 812 .....	8
Obrázek 2.5 - Regio tramp 213M [3] .....	8
Obrázek 2.6 - Motorový vůz LVT/S [5].....	9
Obrázek 2.7 - Motorový vůz 830 [23].....	9
Obrázek 2.8 - Motorový vůz 842 [24].....	10
Obrázek 2.9 - Motorový vůz 843 [25].....	10
Obrázek 2.10 - Motorový vůz 850 [28].....	11
Obrázek 2.11 - Motorový vůz DM 12 [7].....	11
Obrázek 2.12 - Motorový vůz RS 1 [6].....	12
Obrázek 2.13 - Motorový vůz BR640 [8].....	12
Obrázek 2.14 - Motorová jednotka desiro Voglandbahn [9] .....	13
Obrázek 2.15 - Diesel motorová jednotka TALLENT* BR643.2 [10].....	13
Obrázek 2.16 - Diesel motorový vůz BM 93 [11].....	14
Obrázek 2.17 - Motorový vůz BR648 [12].....	14
Obrázek 2.18 - Elektrický vůz GTW 2/6(RABe526 680-689 [13].....	15
Obrázek 2.19 - Elektrický vůz Talent EWT [15].....	16
Obrázek 2.20 - Regionova Trio řady 814-014-814 [16].....	16
Obrázek 2.21 - Diesel-elektrický vůz Talent VT 644 [17].....	17
Obrázek 2.22 - AGC [18] .....	17
Obrázek 2.23 - Elektrický vůz 19WE [19].....	19
Obrázek 4.1 - Graf závislosti otočných čepů na šířce vozu.....	22
Obrázek 5.1 - Vozidlo v oblouku .....	23
Obrázek 5.2 - Hodnota $y$ .....	25
Obrázek 5.4 - Výpočet $A$ .....	26
Obrázek 5.3 - Zanedbání $y'$ .....	26
Obrázek 6.1 - Zúžení vnější $E_a$ .....	29
Obrázek 7.1 - Označení rozměrů vozu .....	30

# 1 Úvod

## 1.1 Základní pojmy

**Osobní vozy** - „patří sem vozy pro přepravu osob, zavazadel, spěšnin, pošty nebo vozy pro poskytování služeb. Vedle standardních osobních vozů se sedadly pro cestující to jsou dále vozy lehátkové, lůžkové, restaurační apod., vozy služební, zavazadlové, poštovní, vozy pro přepravu jízdních kol a osobních automobilů v osobních vlacích. Jako přípojný vůz bývá označován osobní vůz zpravidla odlehčené konstrukce, připojovaný k motorovým vozům. Řídicí vůz je osobní vůz se stanovištěm strojvedoucího, z něhož lze dálkově ovládat hnací vozidlo zařazené v soupravě“. [1]

**Podvozek** - „je dvounápravový nebo vícenápravový vozík, vložený otočně mezi spodek vozu nebo hlavní rám lokomotivy a kolej, který má jistou pohyblivost vzhledem ke spodku vozidlové skříně“. [1]

**Podvozky běžné** - u osobních a nákladních vozů to jsou takové podvozky, které nemají trakční zařízení.

**Podvozky trakční** - mají zařízení pro pohon dvojkolí

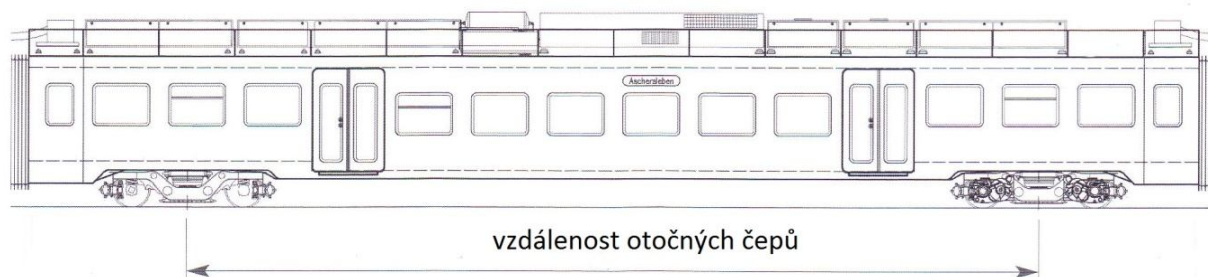
**Rozvor vozidla** - je vzdálenost os krajních náprav nepodvozkového vozidla. [1]

**Rozvor podvozku** - je vzdálenost os krajních náprav podvozku. [1]



Obrázek 1.1 - Rozvor podvozku

**Vzdálenost otočných čepů u podvozkových vozidel** - je vzdálenost svislých os, kolem kterých se natáčejí podvozky oproti skříně. [1]



Obrázek 1.2 - Vzdálenost otočných čepů

## 2 Nejčastěji používané hodnoty vzdálenosti otočných čepů a rozvoru podvozků.

- Zaměřeno především na regionální vozy.

### 2.1 Jednočlánková vozidla

#### 2.1.1 Dvounápravová vozidla

##### 2.1.1.1 Motorový vůz 810



Obrázek 2.1 - Motorový vůz 810 [20]

Vůz řady 810 je nejrozšířenější český motorový vůz. Celkem bylo vyrobeno 680 ks. Vozy vyráběla Vagónka Studénka. Vozy pohání nepřepínaný diesellový motor Liaz ML 634. Motorový vůz je uvnitř rozdělen na dvě stanoviště strojvedoucího, dva nástupní prostory a uprostřed velkoprostorový oddíl pro cestující.

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000 mm</b>
Délka vozu	13 970 mm
Šířka vozu	3 120 mm
Vlastní hmotnost	20 000 Kg
Konstrukce skříně	ocel

Tabulka 2.1 – parametry vozu 810

### 2.1.1.2 Motorový vůz 809



Obrázek 2.2 - Motorový vůz 809 [21]

Vůz byl upraven z řady 810. Konstrukce vozu nebyla nijak upravena. Největší změnou bylo mírné posunutí příček oddělujících kabiny strojvedoucího od nástupního prostoru, díky čemuž obsluha vozidla získala o trošku více prostoru. Dalšími změnami bylo dosazení informačního systému pro cestující společně se signalizací pro zastavení na zastávce na znamení.

[21]

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000 mm</b>
Délka vozu	13 970 mm
Šířka vozu	3 120 mm
Vlastní hmotnost	20 000 Kg
Konstrukce skříně	ocel
Počet vyrobených kusů	28 ks

Tabulka 2.2 – parametry vozu 809

### 2.1.1.3 Motorový vůz 811



Obrázek 2.3 - Motorový vůz 811 [22]

Vůz řady 811 vznikl modernizací a rekonstrukcí vozu řady 810. Vyměněn byl především motor, řídicí systém a převodovka. Modernizován byl i interiér vozu. Vůz byl upraven tak, aby jízdenky mohl prodávat strojvedoucí. Modernizaci prováděla šumperská firma Pars DMN.

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000mm</b>
Délka vozu	13 970mm
Šířka vozu	3 073mm
Vlastní hmotnost	20 000 Kg
Konstrukce skříně	ocel
Počet vyrobených kusů	2 ks

Tabulka 2.3 – parametry vozu 811

### 2.1.1.4 Motorový vůz 812



Tento vůz byl rekonstruován firmou Železničné opravovne a strojárne Zvlen, a.s. Jedná se o dvounápravové vozidlo s pohonem zadní nápravy. Podvozky jsou jednonápravové. Hlavním zdrojem výkonu je spalovací motor MAN D2866 LUH21. Ovládání motoru i převodovky je elektrické s automatickým řazením a brzdění retardérem převodovky.

Obrázek 2.4 - Motorový vůz 812

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000 mm</b>
Délka vozu	14 470 mm
Šířka vozu	3 073 mm
Vlastní hmotnost	20 700 Kg
Konstrukce skříně	ocel
Počet vyrobených kusů	1 ks

Tabulka 2.4 – parametry vozu 812

### 2.1.1.5 Regio tramp 213M



Výrobce je Polská firma Poznańskie zakłady naprawcze taboru kolejowego sa. Vozidlo je dvounápravové. Jsou to lehké nízkopodlažní vozy. Výška dveří od nástupiště je 600mm. Nízká podlaha je situována doprostřed vozu. Má speciální místo pro vozíčkáře a také pro přepravu kol. Vyrábí se ve dvou variantách interiéru.

Obrázek 2.5 - Regio tramp 213M [3]

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>9 000 mm</b>
Délka vozu	16 300 mm
Šířka vozu	2 900 mm
Konstrukce skříně	ocel

Tabulka 2.5 – parametry vozu 213M



### 2.1.1.6 Lehký motorový vůz LVT/S



Obrázek 2.6 - Motorový vůz LVT/S [5]

Vozidlo vyvinuto společností Bombardier transportation pro provoz na příměstských a regionálních tratích. Jedná se o dvounápravové motorové vozidlo. Důsledná lehká stavba, dobré jízdní vlastnosti, parametry zrychlení a nízká spotřeba paliva představuje vysokou technickou úroveň vozu.

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000mm</b>
Délka vozu	16 540mm
Šířka vozu	2 930 mm
Vlastní hmotnost	25 200 Kg

Tabulka 2.6 – parametry vozu LVT/S

## 2.1.2 Čtyřnápravová vozidla

### 2.1.2.1 Motorový vůz 830



Obrázek 2.7 - Motorový vůz 830 [23]

Vůz vznikl po druhé světové válce. Dnes již nejsou v provozu. Mnoho kusů zachováno pro nostalgické jízdy a muzejní účely. Vůz přezdíván “Ponorka”. Vůz pohání diesellový motor, který je usazen v jednom (nosném) podvozku. Vůz byl vyráběn ve třech různých sériích, které se od sebe nepatrně liší.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>2 500 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>3 250 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>13 410 mm</b>	
Délka vozu	21 196 mm	
Šířka vozu	3 080 mm	
Vlastní hmotnost	43 100 kg	
Konstrukce skříně	Ocel	
Počet vyrobených kusů	238 ks	

Tabulka 2.7 – parametry vozu 830



### 2.1.2.2 Motorový vůz 842



Obrázek 2.8 - Motorový vůz 842 [24]

Vůz vyráběla Moravskoslezská vagónka (nyní Škoda Vagónka). Poháněn je motory od firmy Liaz, každým o výkonu 212 kW, a hydromechanickou převodovkou Allison HTB 741 R (prototypy byly původně vybaveny převodovkou Praga 4 AB 120), jež je s motory přírubově spojena. Kroutící moment je na nápravy přenášen kloubovými hřídeli.[26]

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>2 300 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>17 300 mm</b>
Délka vozu	25 200 mm
Šířka vozu	2 850 mm
Vlastní hmotnost	46 000 Kg
Konstrukce skříně	Ocel
Počet vyrobených kusů	37 ks

Tabulka 2.8 – parametry vozu 842

### 2.1.2.3 Motorový vůz 843



Obrázek 2.9 - Motorový vůz 843 [25]

Mechanická část motorového vozu řady 843 vychází z vozidel řady 842, od kterých převzal i konstrukci pojezdu, jež tvoří dva dvounápravové podvozky. Uspořádání interiéru je rovněž velmi podobné řadě 842, novinkou je zde prostor pro invalidní vozík, v zavazadlovém prostoru dvě zdvihací plošiny a informační systém pro cestující.[27]

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>2 300 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>17 300 mm</b>
Délka vozu	25 200 mm
Šířka vozu	2 850 mm
Vlastní hmotnost	56 000 Kg
Konstrukce skříně	Ocel
Počet vyrobených kusů	31 ks

Tabulka 2.9 – parametry vozu 843

### 2.1.2.4 Motorový vůz 850



Obrázek 2.10 - Motorový vůz 850 [28]

Pohon motorového vozu řady 850 zajišťuje rychloběžný přeplňovaný vodou chlazený diesellový motor s přímým vstřikováním K 12 V 170 DR. Tříměničová hydrodynamická převodovka H 750 M a nápravové převodovky PHN a PHNc. Primární i sekundární odpružení je zajištěno ocelovými vinutými pružinami.[28]

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>2 300 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>16 900 mm</b>
Délka vozu	24 790 mm
Šířka vozu	2 850 mm
Vlastní hmotnost	56 000 Kg
Konstrukce skříně	Ocel
Počet vyrobených kusů	31 ks

Tabulka 2.10 – parametry vozu 850

### 2.1.2.5 Motorový vůz DM 12



Obrázek 2.11 - Motorový vůz DM 12 [7]

Jedná se o čtyřnápravový motorový vůz od firmy ČKD VAGONKA, a.s. s hydrodynamickým přenosem výkonu, se dvěma dvounápravovými podvozky. Každý podvozek má jednu nápravu hnací. Je určen pro osobní přepravu především na neelektrifikovaných tratích, jeho koncepce je přizpůsobena pro severské klimatické podmínky středního Finska s teplotou  $-40^{\circ}\text{C}$  až  $35^{\circ}\text{C}$ .

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>2 300 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>17 300 mm</b>
Délka vozu	25 300 mm
Šířka vozu	2 850 mm
Vlastní hmotnost	48 000 + 5% kg
Konstrukce skříně	Ocel s přísadou mědi

Tabulka 2.11 – parametry vozu DM12

### 2.1.2.6 Motorový vůz RS 1



Obrázek 2.12 - Motorový vůz RS 1 [6]

RS 1 je typové označení čtyřnápravového, částečně nízkopodlažního motorového vozu firmy Stadler Rail, určeného pro regionální osobní dopravu. Vůz má dva dvounápravové hnací podvozky. Nejstarší vozy byly poháněné pětivalcovým motorem MAN, novější jsou opatřeny šestiválcem MAN nebo Iveco.

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>1 800 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>17 100 mm</b>
Délka vozu	25 500 mm
Šířka vozu	2 900 mm
Vlastní hmotnost	42 000Kg
Konstrukce skříně	ocel

Tabulka 2.12 – parametry vozu RS1

### 2.1.2.7 Motorový vůz BR 640 (Coradia lint 27)



Obrázek 2.13 - Motorový vůz BR640 [8]

Jedná se o čtyřnápravový motorový vůz společnosti Alstom. Znáám také pod firemním označením CORADIA LINT 27. Je poháněn pouze jeden podvozek. Vlastní pohon obstarává diesellový motor MTU, spojený s hydrodynamickou převodovkou Voith. Pohonná jednotka je umístěna pod podlahou u hnacího podvozku, se kterým je spojena za pomoci kloubového hřídele.

<b>Rozvor podvozku</b>	<b>1 900 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>18 450 mm</b>
Délka vozu	27 260 mm
Šířka vozu	2 750 mm
Vlastní hmotnost	41 000 kg
Konstrukce skříně	Svařované nerezové profily

Tabulka 2.13 – parametry vozu BR 640

Kromě výše uvedených vozů existují i další jednočlánkové vozy například Double-Deck Driving Coach (DBpbfz 765.5) společnosti Bomardier transportation, Dieseltriebwagen 214M, 218M, 219M, 610M, 620M, 630M (PESA) a další vozy.

## 2.2 Dvoučlánkové vozy

### 2.2.1.1 Motorová jednotka DESIRO (pro společnost Vogtlandbahn)



Obrázek 2.14 - Motorová jednotka desiro Vogtlandbahn [9]

Motorová jednotka označovaná také jako Regio Sprinter 24 má dva hnací podvozky a jeden běžný Jakbsův podvozek. Tyto jednotky společnosti Vogtlandbahn jsou provozovány kromě jiného také na úseku Zwickau - Plauen - Brambach a dále v příhraniční dopravě až do Chebu. Vozidla jsou do značné míry shodná s jednotkami 642 deutsche Bahn AG.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 650 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>16 000 mm</b>	
Délka vozu	41 700 mm	
Šířka vozu	2 830 mm	
Vlastní hmotnost	68 200 kg	
Konstrukce skříně	Hliníková z protlačovaných profilů	

Tabulka 2.14 – parametry vozu Desiro

### 2.2.1.2 Diesel motorová jednotka TALENT\* BR 643.2



Obrázek 2.15 - Diesel motorová jednotka TALENT\* BR643.2 [10]

Typické pro tento vůz je jeho aerodynamický tvar, který navrhl Alexander Neumeister. Výrobce je Bombardier Transportation. Vyrábějí se dvě verze s naklápěním skříně a bez naklápění skříně. Výška podlahy od nástupiště je 800 mm.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 670 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>13 465 mm</b>	
Délka vozu	34 610 mm	
Šířka vozu	2 925 mm	
Vlastní hmotnost	57 000 kg	

Tabulka 2.15 – parametry vozu BR 643.2



### 2.2.1.3 Diesel motorový vůz BM 93



Obrázek 2.16 - Diesel motorový vůz BM 93 [11]

Vůz od firmy Bombardier Transportation. Využíván je společností Norwegian State Railways (Norské státní dráhy). Standardní součástí vozu je hydraulický naklápěcí systém skříně, který umožňuje rychlé a pohodlné cestování na nepřímých železnicích Norska. Také má jeden zvedák pro tělesně postižené. Vůz k pohonu využívá dva šestiválcové motory N14-R.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 800 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>15 265 mm</b>	
Délka vozu	38 210 mm	
Šířka vozu	2 925 mm	
Vlastní hmotnost	82 000 kg	
Konstrukce skříně	ocel	

Tabulka 2.16 – parametry vozu BM 93

### 2.2.1.4 Motorový vůz BR 648



Obrázek 2.17 - Motorový vůz BR648 [12]

Firemní označením CORADIA LINT 41. Tato jednotka má dva motory, z nichž každý disponuje 315 kW. Nejčastěji se používají v severním Německu. Jsou známé i v Evropě například v Dánku, kde je vlastní největší soukromí provozovatelé Arriva a Lokalbanen A/S . Také je můžeme najít například i v Kanadě nebo ve východních provinciích Nizozemska.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 700 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>16 500 mm</b>	
Délka vozu	41 810 mm	
Šířka vozu	2 750 mm	
Vlastní hmotnost	65 000 kg	
Konstrukce skříně	hliník	

Tabulka 2.17 – parametry vozu BR 648

### 2.2.1.5 Elektrický vůz GTW 2/6 (RABe 526 680-689)



Obrázek 2.18 - Elektrický vůz GTW 2/6(RABe526 680-689 [13])

Výrobce Stadler rail, Fiat-Sig, Andtranz. Model z let 1998-1999. Výkon motoru je 760 kW. V první třídě nalezneme 12 míst, zatímco v druhé třídě 90 míst. Zvláštností u tohoto vozu je řešení uložení otočných čepů. V tomto voze jsou 4 otočné čepy místo obvyklých tří.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 100 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	<b>12 612 mm</b>	
Délka vozu	36 384 mm	
Šířka vozu	3 000 mm	
Vlastní hmotnost	57 000 kg	

Tabulka 2.18 – parametry vozu GTW 2/6(RABe526 680-689)

Kromě výše uvedených vozů existují i další dvoučlánkové vozy například elektrický vůz RABe 520 (Stadler), diesel-elektrický vůz GTW2/6 (nízkopodlažní), elektrický vůz ET22 151-158, Dieseltriebwagen SA133 (PESA), Verbrennungstraktionsystem 220M (NEWAG) a další vozy.

## 2.3 Tříčlánkové vozy

### 2.3.1.1 Elektrický vůz Talent EWT



Obrázek 2.19 - Elektrický vůz Talent EWT [15]

Firemní označení je Elektrischer Triebzug Talent EWT für den regionalverkehr (Österreich). Výrobce je Bombardier Transportation. Talent nabízí nízkou výšku dveří nad nástupištěm (550 mm) a poměrně široké dveře (1300 mm) pro rychlý výstup a nástup pasažérů. Využívá podvozky se vzduchovým odpružením.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>2 300 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 800 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	Krajní vůz	<b>14 815 mm</b>
	Střední vůz	<b>14 750 mm</b>
Délka vozu	52 050 mm	
Šířka vozu	2 925 mm	
Vlastní hmotnost	96 500 kg	
Konstrukce skříně	Ocel	

Tabulka 2.19 – parametry vozu Talent EWT

### 2.3.1.2 Regionova Trio řady 814-014-814



Obrázek 2.20 - Regionova Trio řady 814-014-814 [16]

Třívozová motorová souprava je článkové provedení regionální jednotky. Je šestinápravová souprava od firmy Pars nova a.s. Je tvořena dvěma motorovými a jedním vloženým nízko podlažním vozem, které jsou v provozu trvale spojeny. Jedná se o modernizaci původních vozů vyráběných ve Vagónce.

<b>Rozvor vozidla</b>	<b>8 000 mm</b>
Délka soupravy	42 410 mm
Šířka vozu	3 072 mm
Vlastní hmotnost	62 300 kg
Konstrukce skříně	Ocel

Tabulka 2.20 – parametry vozu 814-014-814

### 2.3.1.3 Diesel-elektrický vůz TALENT VT 644



Obrázek 2.21 - Diesel-elektrický vůz Talent VT 644 [17]

Vůz byl vyvinut ve spolupráci Talbot/Bombardier a ELIN EBG Traction. Vůz byl vyroben společností Bombardier. Celý vůz je konstruován jako nízkopodlažní s výjimkou podlahy pro řidiče. Pouze podvozky na koncích vozu jsou poháněné. Talent je hlavní řada více článkových vozů vyvinutých se standardním rozchodem kol podvozků.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>1 900 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 700 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	Krajní vůz	<b>14 865 mm</b>
	Střední vůz	<b>14 750 mm</b>
Délka vozu	52 160 mm	
Šířka vozu	2 925 mm	
Vlastní hmotnost	107 200 kg	

Tabulka 2.21 – parametry vozu Talent VT 644

### 2.3.1.4 AGC (Autorail Grande Capacité)



Obrázek 2.22 - AGC [18]

Vůz společnosti Bombardier Transportation. Tyto vozy mohou být dieselové, elektrické nebo hybridní. Je konstruován jako nízkopodlažní se širokými dveře, které umožňují lehký nástup a výstup cestujících. Vůz je vybaven horizontální rampou pro snadný přístup vozíčkářů. AGC je nová generace regionálních vozů pro francouzský i Evropský trh.

<b>Rozvor podvozku</b>	Hnací podvozek	<b>2 700 mm</b>
	Nosný podvozek	<b>2 800 mm</b>
<b>Vzdálenost otočných čepů</b>	Krajní vůz	<b>16 400 mm</b>
	Střední vůz	<b>15 400 mm</b>
Délka vozu	57 400 mm	
Šířka vozu	2 950 mm	
Hmotnost (normální náklad)	130 600 kg	

Tabulka 2.22 – parametry vozu AGC



Dopravní a manipulační technika

Filip Vasilečko

Kromě výše uvedených vozů existují i další tříčlánkové vozy například Triebzugfamilie NINA\*, dvoupodlažní elektrická jednotka 471 (Škoda Vagonka a.s.), dvoupodlažní elektrická jednotka 575 (Škoda Vagonka a.s.), dvoupodlažní elektrická jednotka 671 (Škoda Vagonka a.s.), Dieseltriebwagen ATR 220(PESA), elektrická jednotka EN61 a další vozy.

## 2.4 Čtyř a více člankové vozy

### 2.4.1.1 Elektrický vůz 19WE (čtyřčlankový)



Obrázek 2.23 - Elektrický vůz 19WE [19]

Tato souprava je produktem firmy Newag. Interiér byl přizpůsoben pro přepravu vozičkářů. Má zvedák pro vozičkáře pro snadný nástup. Vůz má moderní podvozky navrhnuté a vyrobené speciálně pro tento typ vozu. 70RSNa, 70RST jsou podvozky, které mají dvoustupňové pružiny pro velmi dobré tlumení vibrací.

Rozvor podvozku	Hnací podvozek	2 500 mm
	Nosný podvozek	2 500 mm
Délka vozu	85 273 mm	
Šířka vozu	2 890 mm	
Vlastní hmotnost	170 000 kg	

Tabulka 2.23 – parametry vozu 19WE

Kromě výše uvedeného vozu existují i další čtyřčlankové vozy například Elektrischer Triebzug 2300/2400, Elektrischer Triebzug Tren CIVIA series 464, Elektrischer Triebzug 500, Doppelstock-Triebzug Desiro RAbe 514, Elektrischer Triebzug CPTM Sao Paulo.

Další vozy jsou například Spacium 3.06, který se vyrábí sedmi nebo osmi-vozový., Elektrischer Triebzug Tren CIVIA series 465 který je pěti-vozový, Elektrischer Triebzug E501, který je patnácti-vozový, Elektrischer Triebzug Desiro UK Class 444, který je pěti vozový a další.

### 3 Souhrn

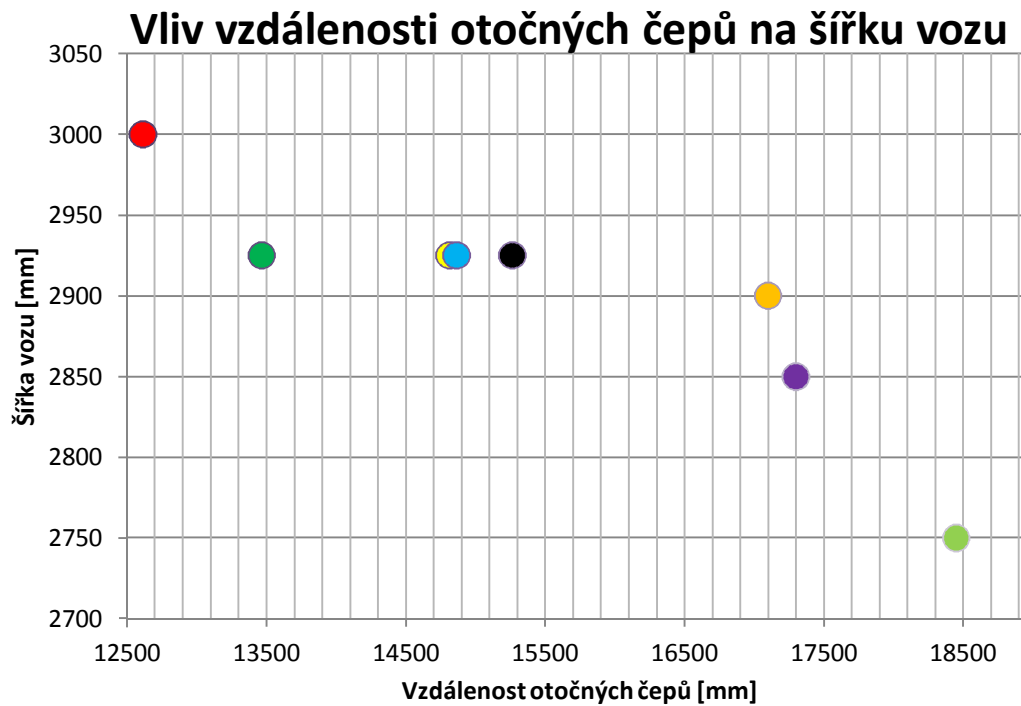
Vozidlo	Vzdálenost otočných čepů [ mm ]		Rozvor podvozku [ mm ]		Šířka vozidla [ mm ]	Délka vozu [ mm ]
	<i>Krajní vůz</i>	<i>Střední vůz</i>	<i>Hnací podvozek</i>	<i>Nosný podvozek</i>		
<b>Motorový vůz 810</b>	8 000	x	8 000	x	3 120	13 970
<b>Motorový vůz 809</b>	8 000	x	8 000	x	3 120	13 970
<b>Motorový vůz 811</b>	8 000	x	8 000	x	3 073	13 970
<b>Motorový vůz 812</b>	8 000	x	8 000	x	3 073	14 470
<b>Regio Tramp 213M</b>	9 000	x	9 000	x	2 900	16 300
<b>Motorový vůz LTV/S</b>	8 000	x	8 000	x	2 930	16 540
<b>Motorový vůz 830</b>	13 410	x	2 500	3 250	3 080	21 196
<b>Motorový vůz 842</b>	17 300	x	2 300	2 300	2 850	25 200
<b>Motorový vůz 843</b>	17 300	x	2 300	2 300	2 850	25 200
<b>Motorový vůz 850</b>	16 900	x	2 300	2 300	2 850	24 790
<b>Motorový vůz RS1</b>	17 100	x	1 800	x	2 900	25 500
<b>Motorový vůz DM12</b>	17 300	x	2 300	x	2 850	25 300
<b>Motorový vůz BR640</b>	18 450	x	1 900	x	2 750	27 260
<b>Regio Sprinter 24 (Desiro)</b>	16 000	x	1 900	2 650	2 830	41 700
<b>Dieselmotorová jednotka BR643.3</b>	13 465	x	1 900	2 670	2 925	34 610
<b>Diesel motorový vůz BM 93</b>	15 265	x	1 900	2 800	2 925	38 210
<b>Motorový vůz BR 648</b>	16 500	x	1 900	2 700	2 750	41 810

<b>Vozidlo</b>	<b>Vzdálenost otočných čepů [ mm ]</b>		<b>Rozvor podvozku [ mm ]</b>		<b>Šířka vozidla [ mm ]</b>	<b>Délka vozu [ mm ]</b>
	<i><b>Krajní vůz</b></i>	<i><b>Střední vůz</b></i>	<i><b>Hnací podvozek</b></i>	<i><b>Nosný podvozek</b></i>		
<b>Elektrický vůz GTW2/6(Rabe526 680-689)</b>	12 612	x	1 900	2 100	3 000	36 384
<b>Elektrický vůz talent EWT</b>	14 815	14 750	2 300	2 800	2 925	52 050
<b>Regionova Trio řady 814-014-814</b>	x	x	8 000	x	3 072	42 410
<b>Diesel-elektrický vůz TALENT VT 664</b>	14 865	14 750	1 900	2 700	2 925	52 160
<b>AGC (autoemail Grande Capacité)</b>	16 400	15 400	2 700	2 800	2 950	57 400
<b>Elektrický vůz 19WE</b>	x	x	2 500	2 500	2 890	85 273

Tabulka 3.1 – parametry vozů - souhrn

#### 4 Porovnání vlivu vzdálenosti otočných čepů na šířku vozu.

- Graf ukazuje hodnoty jen pro 8 vozů. Pro lepší názornost nebyl graf udělán pro všechny výše uvedené vozy.



Obrázek 4.1 - Graf závislosti otočných čepů na šířce vozu

Legenda:

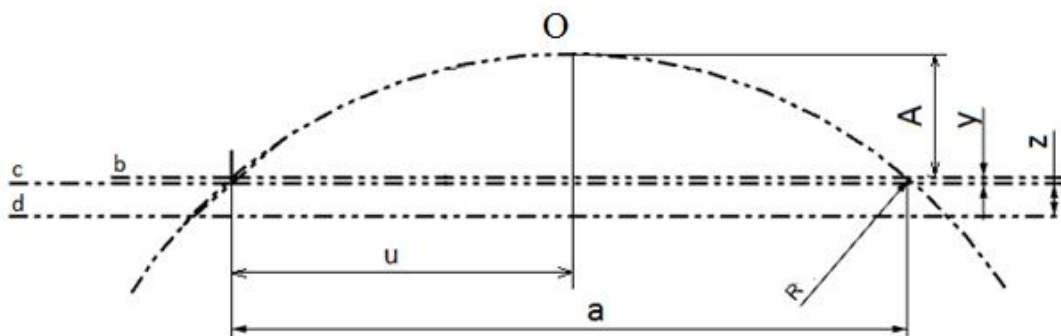
- Motorový vůz 812
- Dieselmotorová jednotka BR643.3
- Elektrický vůz talent EWT
- Diesel- elektrický vůz TALENT VT 664
- Diesel motorový vůz BM 93
- Motorový vůz RS1
- Motorový vůz DM12
- Motorový vůz BR 640

## 5 Problematika průjezdného oblouku

### 5.1 Stanovení šířky vozu pro vozy s rozchodem 1435 mm

Předpis udává na přímé koleji šířku 3150 mm. Při průjezdu obloukem  $R= 250$  mm může překročit tuto míru o hodnotu  $K$ .

- Pro části do výšky 430 mm nad hlavou kolejnice  $K= 25$  mm.
- Pro části od výšky 430 mm nad hlavou kolejnice  $K= 75$  mm.



Obrázek 5.1 - Vozidlo v oblouku

$$\check{S} = 3150 - 2E \quad (1)$$

$$E = D - K \quad (2)$$

<b>E</b>	Jednostranné zúžení vozu
<b>D</b>	vybočení vozidla ( $D = A + y + z$ )
<b>b</b>	Dvonápravový vůz
<b>c</b>	Podvozkový vůz
<b>d</b>	Krajní poloha vozu

Tabulka 5.1 – vysvětlení E, D, b, c, d

Dopravní a manipulační technika

Filip Vasilečko

 $z$  = Součet všech vůlí mezi skříní vozidla a kolejí.

- $z_1$  = vůle mezi dvojkolím a kolejí

$$z_1 = \frac{1465 - d}{2} \quad (3)$$

$$d = 1410 \text{ mm}$$

- $z_2$  = vůle v nápravových ložiskách

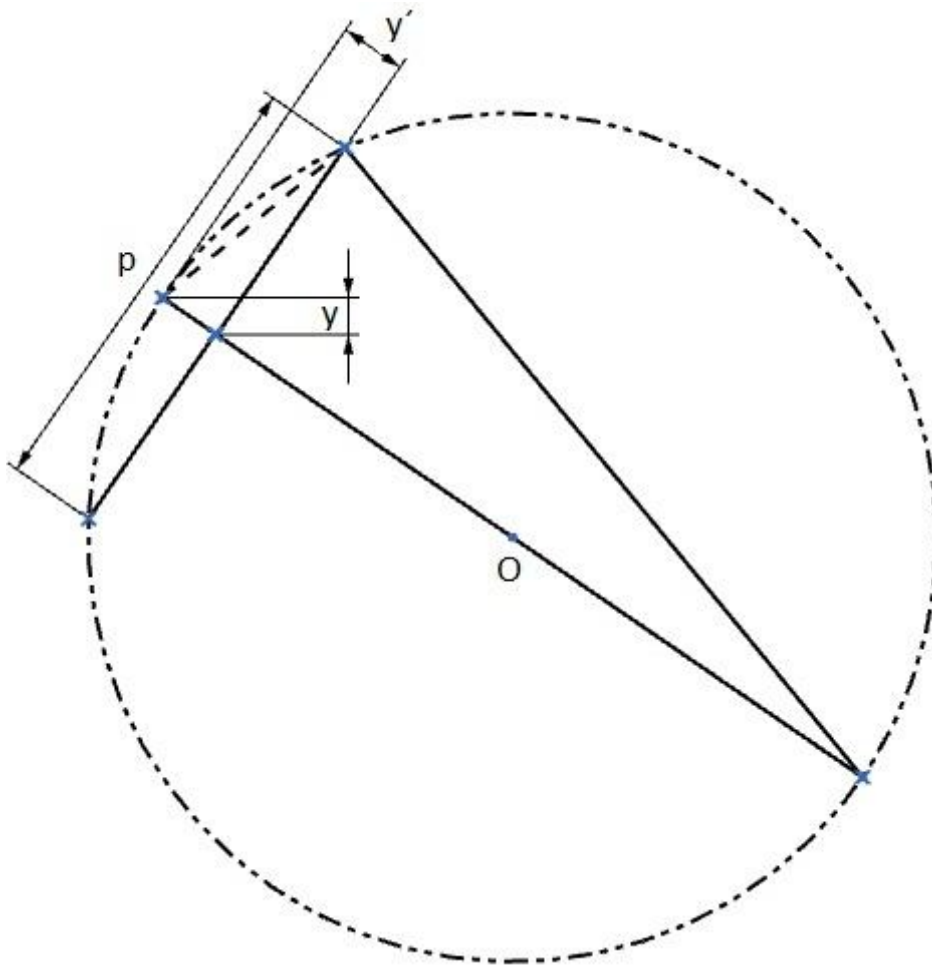
$$z_2 = \sum q_i = q \quad (4)$$

- $z_3$  = vůle v kolébce

$$z_3 = w$$

$$z = \frac{1465 - d}{2} + q + w \quad (5)$$

Výpočet hodnoty  $y$  :



Obrázek 5.2 - Hodnota  $y$

$$\left(\frac{p}{2}\right)^2 = y'(2R - y') \quad (6)$$

$$(2R - y') \doteq 2R \quad (7)$$

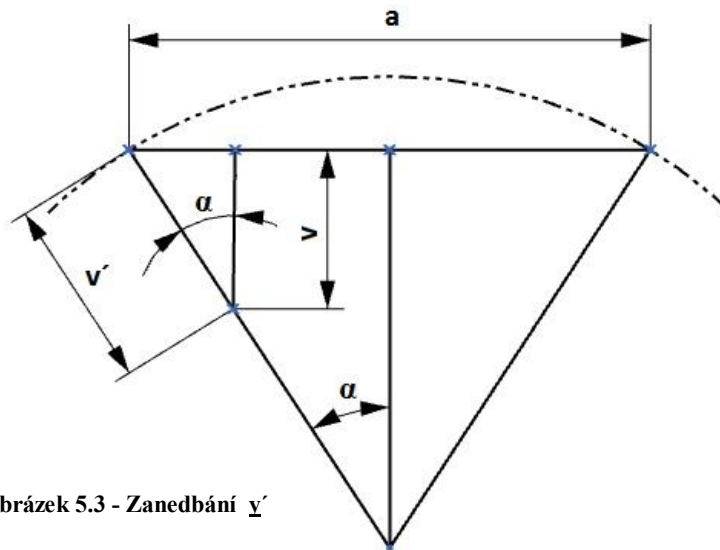
$$y' = \frac{p^2}{8R} \doteq y \quad (8)$$

$y$	příčná odlehlost otočného čepu podvozku při sousém postavení jeho vodících dvojkolí v kružnicovém oblouku koleje
-----	--

Tabulka 5.2 – vysvětlení hodnoty  $y$



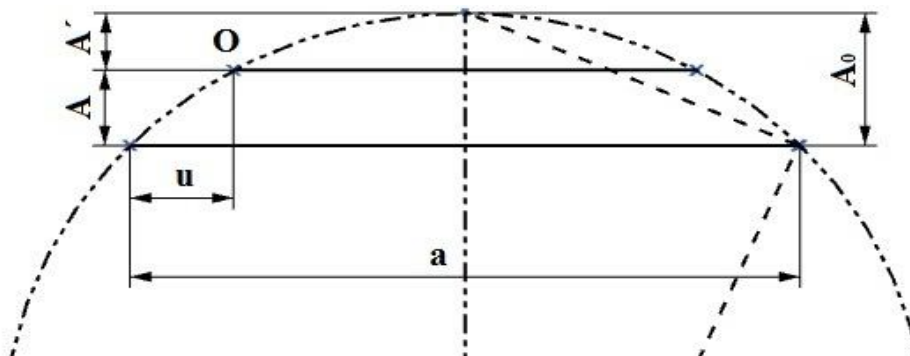
Vysvětlení proč zanedbáváme  $y'$ :



Obrázek 5.3 - Zanedbání  $y'$

$$\frac{v}{v'} = \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{2R}\right)^2} \doteq 1 \quad (9)$$

Poměr  $\frac{v}{v'}$  se blíží 1, proto můžeme i  $y'$  zanedbat.



Obrázek 5.4 - Výpočet  $A$

$$A_0 = A + A' \quad (10)$$

$$\frac{a^2}{8R} = A + \frac{(a - 2u)^2}{8R} \quad (11)$$

$$A = \frac{au - u^2}{2R} \quad (12)$$

<b>A</b>	velikost příčného vysunutí v oblasti mezi dvojkolými v obecné příčné rovině ve vzdálenosti <b>u</b> od bližšího dvojkolí.
<b>u</b>	vzdálenost od bližšího vodícího dvojkolí

Tabulka 5.3 – vysvětlení A, u

$$\check{S} = 3150 - 2E \quad (1)$$

$$E = D - K \quad (2)$$

$$\check{S} = 3150 - 2(D - K) \quad (13)$$

$$D = A + y + z \quad (14)$$

$$D = \frac{au - u^2}{2R} + \frac{p^2}{8R} + \frac{1465 - d}{2} + q + w \quad (15)$$

$$\check{S} = 3150 - 2 \left( \left( \frac{au - u^2}{2R} + \frac{p^2}{8R} + \frac{1465 - d}{2} + q + w \right) - K \right) \quad (16)$$

**Z těchto vztahů vyplývá:**

Čím menší hodnota **a**, větší hodnota **u** a menší hodnota **p**, tím bude šířka vozu větší, což je výhodnější. Pokud chce konstruktér dosáhnout největší šířky vozu, tak by měl volit vzdálenost otočných čepů co nejmenší a rozvor podvozku také co nejmenší. Toto platí, pouze pokud chce dosáhnout maximální šířku vozu.

## 6 Vnější a vnitřní zúžení

- Pro vůz stojící v nejpříznivější poloze oblouku  $R = 250$  m s rozchodem 1465 mm.
- Hodnoty  $k$ : 0,075 m pro součásti ležící 430 mm nad temenem kolejnice.

0,025 m pro součásti ležící níže než 430 mm nad temenem kolejnice.

### 6.1 Zúžení vnitřní $E_i$

Zúžení uvažované mezi otočnými čepy podvozku podvozkových vozidel nebo mezi dvojkolím určujícími polohu vozidla v koleji u nepodvozkových vozidel.

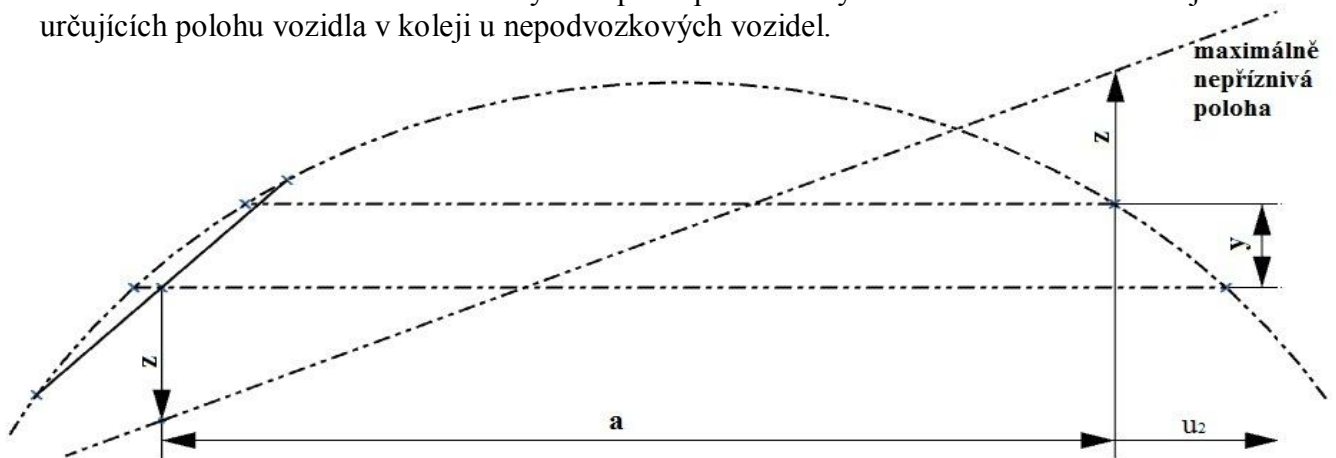
$$E_i = \frac{au_1 - u_1^2}{2R} + \frac{1,465 - d}{2} + q + w + \frac{p^2}{8R} - k + \alpha \quad (17)$$

Je-li

- $au - u^2 + \frac{p^2}{4} \leq 100 \Rightarrow \alpha = 0$
- $au - u^2 + \frac{p^2}{4} > 100 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{750} \left( au - u^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right)$

## 6.2 Zúžení vnější $E_a$

Zúžení uvažované vně otočných čepů u podvozkových vozidel nebo vně dvojkolí určujících polohu vozidla v koleji u nepodvozkových vozidel.



Obrázek 6.1 - Zúžení vnější  $E_a$

$$E_a = \frac{au_2 + u_2^2}{2R} + \left( \frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \frac{2u_2 + a}{a} - \frac{p^2}{8R} - k + \beta \quad (18)$$

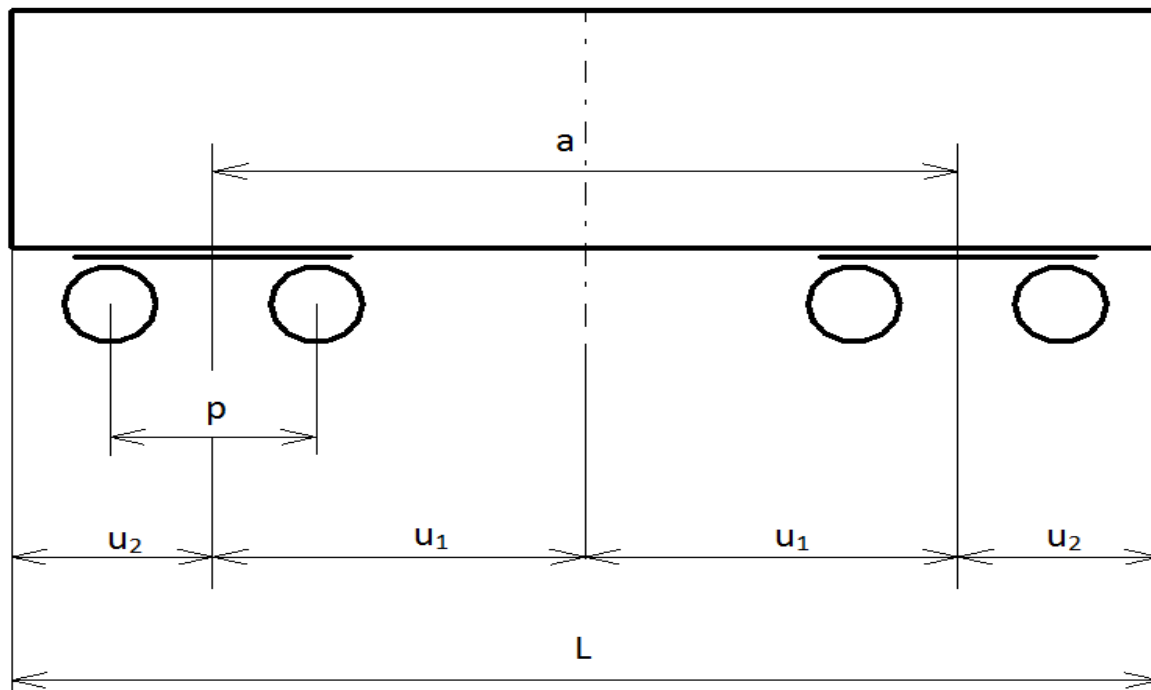
Je-li

- $au + u^2 - \frac{p^2}{4} \leq 120 \Rightarrow \beta = 0 \quad (19)$
- $au + u^2 - \frac{p^2}{4} > 120 \Rightarrow \beta = \frac{1}{750} \left( au + u^2 - \frac{p^2}{4} - 120 \right) \quad (20)$

## 7 Výpočet optimálního rozvoru (vzdálenosti otočných čepů)

Optimální rozvor je tehdy, když jsou si rovna vnitřní zúžení ( $Ei_{max}$ ) a vnější zúžení vozidla ( $Ea_{max}$ ). Tím se dosahuje maximální šířky vozidla při zachování obdélníkového půdorysu.

### 7.1 Postup výpočtu



Obrázek 7.1 - Označení rozměrů vozu

$a$	vzdálenost otočných čepů
$p$	rozvor podvozku
$u_1$	Poloviční vzdálenost otočných čepů
$u_2$	délka představku
$L$	délka vozu
$q$	vůle v ložisku (1 mm)
$w$	vůle v kolébce (20 mm)
$d$	rozchod dvojkolí nejvíce zmenšený opotřebením. Krajiní mez $d= 1410\text{mm}$ měřeno 10 mm pod styčnou kružnicí temene kolejnice

Tabulka 7.1 – vysvětlení  $a$ ,  $p$ ,  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $L$ ,  $q$ ,  $w$ ,  $d$

Položíme do rovnosti vnitřní a vnější zúžení:

$$Ei_{max} = Ea_{max} \quad (21)$$

Tato rovnice platí pouze pro vozy se stejným rozvorem podvozků  $p$ . Vzorce pro zúžení dle normy ČSN 28 0312:

$$\begin{aligned} \frac{a \cdot u_1 - u_1^2}{500} + \frac{1,465 - d}{2} + q + w + \frac{p^2}{2000} \\ = \frac{a \cdot u_2 + u_2^2}{500} + \left( \frac{1,465 - d}{2} + q + w \right) \frac{a + 2 \cdot u_2}{a} - \frac{p^2}{2000} \quad (22) \end{aligned}$$

Pro zjednodušení rovnice byla použita Substitute:

$$A = \frac{1,465 - d}{2} + q + w \quad (23)$$

$$B = \frac{p^2}{2000} \quad (24)$$

Dosazením substitute do předchozí rovnice (22) byla rovnice zjednodušena na:

$$\frac{a \cdot u_1 - u_1^2}{500} + A + \frac{B}{2} = \frac{a \cdot u_2 + u_2^2}{500} + A \frac{a + u_2}{a} - \frac{B}{2} \quad (25)$$

Vyjádření neznámých:

$a, u_1, u_2$  jsou neznámé,

$$a = 2 \cdot u_1 \quad (26)$$

$$L = 2 \cdot u_1 + 2 \cdot u_2 \rightarrow u_2 = \frac{L - 2 \cdot u_1}{2} \quad (27)$$

Dosazením  $a, u_2$  se rovnice (25) zjednodušila na tvar:

$$\boxed{u_1^3 - u_1 \frac{L^2 - 2000(A + B)}{8} - \frac{1000 \cdot A \cdot L}{8} = 0} \quad (28)$$

Výše uvedená rovnice (28) je kubické rovnice. Zavedením další substitute:

$$C_1 = \frac{L^2 - 2000(A + B)}{8} \quad (29)$$

$$C_2 = \frac{100 \cdot A \cdot L}{8} \quad (30)$$

Dosazením substituce do rovnice (28) se rovnice zjednoduší na tvar:

$$u_1^3 - C_1 \cdot u_1 - C_2 = 0 \quad (31)$$

$$u_1^3 - C_1 \cdot u_1 = C_2 \quad (32)$$

Řešením kubické rovnice bude vypočítána hodnota optimální vzdálenosti otočných čepů. Kubická rovnice lze řešit čtyřmi způsoby:

1. Převodem na kvadratické a lineární rovnice
2. S podporou počítače
3. Přes Cardanův vzorec
4. Pomocí některé numerické metody

↓

$$\boxed{a_{\text{optimální}} = 2 \cdot u_1} \quad (33)$$

## 8 Výpočet zúžení pro vozy, které mají jeden podvozek hnací a jeden nosný

V další části bereme za hnací podvozek takový, který má koeficient adheze při rozjezdu a jízdě nejméně 0,2 a není vybaven protiskluzovým zařízením, které by zamezovalo skluzu a také vzniku podmínek pro skluz. [2]

Pokud pouze jeden podvozek splňuje výše uvedenou podmínku a druhý ne, jsou podmínky pro průjezd obloukem různé pro každý podvozek. Hnací podvozek se chová jako podvozek hnacího vozidla a nosný podvozek se chová jako podvozek osobního vozu [2].

Dalo by se využít vztahů pro výpočet zúžení pro hnací vozidla nebo dále uvedených vztahů. [2]

### 8.1 U průřezů mezi otočnými čepy

$$E_i = \frac{1,465 - d}{2} + q + w'_\infty * \frac{n_\mu}{a} + z - 0,015 \quad (34)$$

$$E_i = \frac{an_\mu - n_\mu^2 + \frac{p^2}{4} * \frac{a - n_\mu}{a} + \frac{p'^2 * n_\mu}{4a}}{2R} + \frac{1,465 - d}{2} * \frac{a - n_\mu}{a} + q + w_{i(250)} - w'_{i(250)} * \frac{n_\mu}{a} + z + [x_i]_{>0} - 0,015 - 0,015 * \frac{a - n_\mu}{a} \quad [2] \quad (35)$$

$$\text{Kde } x_i = \frac{1}{750} \left[ an_\mu - n_\mu^2 + \frac{p^2}{4} * \frac{a - n_\mu}{a} + \frac{p'^2 * n_\mu}{4a} - 100 \right] + (w_{i(150)} - w'_{i(250)}) * \frac{a - n_\mu}{a} + (w_{i(250)} - w'_{i(150)}) * \frac{n_\mu}{a} \quad [2] \quad (36)$$

### 8.2 U průřezů vně podvozků a na straně hnacího podvozku

$$E_a = \frac{an + n^2 - \frac{p^2}{4} * \frac{a + n}{a} + \frac{p'^2 * n}{4a}}{2R} * \frac{1,465 - d}{2} * \frac{a + n}{a} + q * \frac{2n + a}{a} + w'_{i(250)} * \frac{n}{a} + w_{a(250)} * \frac{n + a}{a} + z + [x_a]_{>0} - 0,030 \quad [2] \quad (37)$$

$$\text{Kde } x_i = \frac{1}{750} \left[ an + n^2 - \frac{p^2}{4} * \frac{a + n}{a} + \frac{p'^2 * n}{4a} - 120 \right] + (w'_{i(150)} - w'_{i(250)}) * \frac{n}{a} + (w_{i(150)} - w_{a(250)}) * \frac{a + n}{a} \quad [2] \quad (38)$$



### 8.3 U průřezů vně podvozků na straně nosného podvozku

$$E_a = \frac{an+n^2 - \frac{p^2}{4} * \frac{n}{a} + \frac{p'^2 * (n+a)}{4a}}{2R} * \left( \frac{1,465-d}{2} + q \right) * \frac{2n+a}{a} + w'_{i(250)} * \frac{n}{a} + w_{a(250)} * \frac{n+a}{a} + z + [x_a]_{>0} - 0,030 [2] \quad (39)$$

$$\text{Kde } x_i = \frac{1}{750} \left[ an + n^2 + \frac{p^2}{4} * \frac{n}{a} - \frac{p'^2 * (n+a)}{4a} - 120 \right] + (w_{i(150)} - w_{i(250)}) * \frac{n}{a} + (w'_{a(150)} - w'_{a(250)}) * \frac{a+n}{a} [2] \quad (40)$$

$P, w_{\infty}, w_i, w_a$	rozvor a vůle hnacího podvozku
$P, w'_{\infty}, w'_i, w'_a$	rozvor a vůle nosného podvozku
$n_{\mu}$	vzdálenost uvažovaného řezu od hnacího podvozku

Tabulka 8.1 – vysvětlení  $P, w_{\infty}, w_i, w_a, P, w'_{\infty}, w'_i, w'_a, n_{\mu}$

Ze dvou vzorců pro totéž zúžení volí se vždy vypočtená větší hodnota.

Pro výpočet optimálního rozvoru vozidla by se postupovalo stejně. Opět by se položilo  $E_{i_{max}} = E_{a_{max}}$  a po dlouhém odvozování by se opět dospělo k hodnotě optimální vzdálenosti otočných čepů  $\underline{a}$ .

## 9 Návrh vlastního řešení

Navrhuji dvoupodvozkové vozidlo.

### 9.1 1. Návrh

Výchozí parametry  $p$ ,  $L$  zvoleny na základě nejčastěji používaných hodnot viz předchozí rešerše. Dále se postupovalo podle výpočtu uvedeného v kapitole 7.1. Postup výpočtu.

**Zvoleno:**  $p = 2,3$  m,  $L = 25,3$  m

$$A = \frac{1,465 - d}{2} + q + w = \frac{1,465 - 1410}{2} + 0,001 + 0,02 = 0,0485 \quad (41)$$

$$B = \frac{p^2}{2000} = \frac{2,3^2}{2000} = 0,002645 \quad (42)$$

$$C_1 = \frac{L^2 - 2000(A + B)}{8} = \frac{25,3^2 - 2000(0,0485 + 0,002645)}{8} = 67,225 \quad (43)$$

$$C_2 = \frac{100 \cdot A \cdot L}{8} = \frac{100 \cdot 0,0485 \cdot 25,3}{8} = 15,338125 \quad (44)$$

$$u_1^3 - C_1 \cdot u_1 = C_2 \quad (45)$$

$$u_1^3 - 67,225 \cdot u_1 = 15,338125 \quad (46)$$

Z kubické rovnice vypočítány 3 kořeny:

$$u_1 = 8,08252592875784, \quad u_2 = -8,31087430011176, \quad u_3 = 0,228348371353865$$

Z kořenů vybereme ty, které by se ve skutečnosti dali použít. V tomto případě pouze  $u_1$ . Zbývající dva kořeny rovnice se nedají použít, protože nemůže být záporná hodnota vzdálenosti a hodnota  $u_3$  je příliš malá, menší než průměr kol podvozku, proto nelze také použít. Proto byl vybrán kořen  $u_1$  a z něho následně  $a_{\text{optimální}}$ .

**Optimální vzdálenost otočných čepů:**  $a_{\text{optimální}} = 2 \cdot u_1 = 16,16505186$  m

## 9.2 2. Návrh

Délka vozu  $\underline{L}$  byla zachována stejná jako v 1. návrhu. Prodloužila se pouze hodnota rozvoru  $\underline{p}$ , aby z výpočtu bylo vidět, jaký vliv má rozvor podvozku  $\underline{p}$  při konstantní délce vozu  $\underline{L}$  na optimální vzdálenost otočných čepů  $\underline{a}$ .

**Zvoleno:**  $p = 2,6 \text{ m}$ ,  $L = 25,3 \text{ m}$

$$A = \frac{1,465 - d}{2} + q + w = \frac{1,465 - 1410}{2} + 0,001 + 0,02 = 0,0485 \quad (41)$$

$$B = \frac{p^2}{2000} = \frac{2,6^2}{2000} = 0,00338 \quad (47)$$

$$C_1 = \frac{L^2 - 2000(A + B)}{8} = \frac{25,3^2 - 2000(0,0485 + 0,00338)}{8} = 67,04125 \quad (48)$$

$$C_2 = \frac{100 \cdot A \cdot L}{8} = \frac{100 \cdot 0,0485 \cdot 25,3}{8} = 15,338125 \quad (44)$$

$$u_1^3 - C_1 \cdot u_1 = C_2 \quad (49)$$

$$u_1^3 - 67,04125 \cdot u_1 = 15,338125 \quad (50)$$

Z kubické rovnice vypočítány 3 kořeny:

$$u_1 = 8,070982663687442, u_2 = -8,299958371444634, u_3 = 0,2289757077571909$$

Z kořenů vybereme ty, které by se ve skutečnosti dali použít. V tomto případě pouze  $\underline{u}_1$ . Zbývající dva kořeny rovnice se nedají použít, protože nemůžeme být záporná hodnota vzdálenosti a hodnota  $\underline{u}_3$  je příliš malá, menší než průměr kol podvozku, proto nelze také použít. Proto byl vybrán kořen  $\underline{u}_1$  a z něho následně  $\underline{a}_{\text{optimální}}$ .

**Optimální vzdálenost otočných čepů:**  $a_{\text{optimální}} = 2 \cdot u_1 = 16,141196533 \text{ m}$

## 10 Výsledky:

### 9.1 1. návrh

Pro  $p = 2,3 \text{ m}$ ,  $L = 25,3 \text{ m}$   $\Rightarrow a_{\text{optimální}} = 16,16505186 \text{ m}$

### 9.2 2. návrh

Pro  $p = 2,6 \text{ m}$ ,  $L = 25,3 \text{ m}$   $\Rightarrow a_{\text{optimální}} = 16,141196533 \text{ m}$

$16,1616505186 \text{ m} \dots\dots\dots 100 \%$

$16,141196533 \text{ m} \dots\dots\dots x \%$

$$x = 99,85 \%$$

Rozdíl je 0,15 % z toho vyplývá: rozvor podvozku při zachování konstantní délky vozu má jen malý vliv na optimální vzdálenost otočných čepů.

Z výše uvedených výpočtů volím dvou podvozkové vozidlo s rozvorem podvozku  $p = 2,6 \text{ m}$ , délky  $L = 25,3 \text{ m}$  a rozvorem  $a = 16,15 \text{ m}$ .

## 11 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat studii nejčastěji používaných hodnot vzdálenosti otočných čepů a rozvoru podvozků u vozů kolejové osobní regionální přepravy. Přehled byl rozdělen do skupin podle počtu vozů kolejového vozidla. Nejdůležitější hodnoty poté byly vloženy do jedné tabulky pro větší přehlednost. Následně byl sestaven graf šířky vozu v závislosti na vzdálenosti otočných čepů. Z grafu vyplývá, čím je větší šířka vozu, tím je vzdálenost otočných čepů menší.

Dále byl odvozen vztah pro výpočet šířky kolejového vozidla a uvedeny vztahy pro výpočet vnitřního a vnějšího zúžení. Následně byl uveden postup výpočtu optimální vzdálenosti otočných čepů pro dvoupodvozkové vozy se shodným rozvorem podvozků. Naznačen byl i výpočet optimální vzdálenosti otočných čepů pro dvoupodvozkové vozy s různým rozvorem podvozků. Jednalo se však pouze o orientační výpočet, neboť výchozím podkladem byla norma ČSN 28 0312 schválena roku 1976.

Na základě odvozených výpočtů byly navrženy dvě varianty vlastního řešení optimální vzdálenosti otočných čepů pro dvoupodvozkové kolejové vozidlo. Z tohoto řešení plyne, že hodnota rozvoru podvozku jen málo ovlivní optimální vzdálenost otočných čepů.

## Seznam použité literatury:

1. HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. Kolejová vozidla I. Plzen: Západočeská univerzita, 2007. ISBN 978-80-7043-520-5.
2. ČSN 28 0312. Obrisy pro kolejová vozidla s rozchodem 1435 a 1520mm: Technické předpisy. 16.4 1976. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1976.
3. Murowana Goślina: miasto i gmina [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.murowana.pl/komunikacja/szynobus/213m.php> .
4. Železničné opravovne a stojarne Zvolen a.s., reklamní letak, 2011.
5. Bombardier transportation, reklamní letak, 2011.
6. Stadler, reklamní letak, 2010.
7. Stránky přátel železnic [online]. červen 2004 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://spz.logout.cz/novinky/novinky.php?poradi=687>.
8. Stránky přátel železnic: Motorové vozy Alstom na ŽZO [online]. 11.5.1999 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://spz.logout.cz/vozidla/alstom.html> .
9. Žel page [online]. 31.5.2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.zelpage.cz/> .
10. Bauteihe 643.2 [online]. 12.9.2004 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.gessen.de/fotos/bdm0904.jpg>.
11. File:BM93 Signatur.JPG. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:BM93\\_Signatur.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:BM93_Signatur.JPG) .
12. For 167 mio nye tog til Odsherred [online]. 28.7.2006 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.odsherred-direkte.dk/print.asp?id=8260>.
13. Stadler rail, Fiat-Sig, Andtranz, reklamní letak, 2011.
14. Žos Vrátky, Stadler, reklamní letak, 2010.
15. Bombardier transportation, reklamní letak, 2010.
16. Skoda: Motorová jednotka 814-014 -814 „Regionova Trio“ [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/motorove-vozy-a-jednotky/motorova-jednotka-814-014-814-regionova-trio/> .
17. Bombardier Talent: Soubor:644 557.jpg. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 26.7.2007 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:644\\_557.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:644_557.jpg) .

18. Caradisiac: Ferroviaire : l'AGC hybride lancé dans la Région Nord-Pas de Calais [online]. 12.8.2010 [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.caradisiac.com/Ferroviaire-l-AGC-hybride-inaugure-dans-la-Region-Nord-Pas-de-Calais-58752.htm> .

19. Newag: 19WE [online]. [cit. 2012-04-04]. Dostupné z: <http://www.newag.pl/products/electric-multiple-units/repairs/19we-20we> .

20. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Mestec4.jpg> .

21. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Jind%C5%99ich%C5%AFv\\_Hradec,\\_n%C3%A1dra%C5%BE%C3%AD,\\_809.179.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Jind%C5%99ich%C5%AFv_Hradec,_n%C3%A1dra%C5%BE%C3%AD,_809.179.jpg) .

22. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Hostivice-vuz\\_811.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Hostivice-vuz_811.jpg) .

23. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Vuz\\_830-pohled.jpg](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Vuz_830-pohled.jpg) .

24. Vlaky.net. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002187-Motorove-vozy-na-nasich-kolejich-rada-842/> .

25. Vlaky.net. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002216-Motorove-vozy-na-nasich-kolejich-rada-843/> .

26. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD\\_v%C5%AFz\\_842](http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD_v%C5%AFz_842) .

27. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD\\_v%C5%AFz\\_843](http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%BD_v%C5%AFz_843) .

28. Wikipedie. [online]. [cit. 2012-06-12]. Dostupné z: <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/002005-Motorove-vozy-na-nasich-kolejich-rada-850851/> .