



**FAKULTA STROJNÍ  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI**

Studijní program:                      Strojní inženýrství  
Číslo studijního programu:        B0715A270013  
Studijní specializace:                Konstruování strojů a technických zařízení

# NÁVRH NÁSTUPU DO VOZU

## Bakalářská práce

Autor práce:                      Pavel Macho  
Vedoucí práce:                    Ing. Jiří Kořínek

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavel MACHO**  
Osobní číslo: **S20B0129P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**  
Téma práce: **Návrh nástupu do vozu**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

## Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Předmětem práce je návrh nízkopodlažního vstupu do vozidla osobního vozu z nástupiště o výšce 230 – 760 mm nad temenem kolejnice při dodržení požadované evropské legislativy. Podlaha vstupu do vozidla se nachází ve výšce 550 mm nad temenem kolejnice.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova práce:

- Úvod
- Analýza současného stavu
- Návrh konstrukčního řešení
- Vyhodnocení
- Závěr

Konzultant: M. Kunderata

Rozsah bakalářské práce: **30-40 stran**  
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

[1] HOSNEDL, Stanislav a KRÁTKÝ, Jaroslav. Příručka strojního inženýra: obecné strojní části. Praha: Computer Press, 1999. ISBN 80-7226-055-3

[2] Podkladové materiály, výkresy, prospekty, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

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

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2023**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2024**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Zdeněk Chval, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval/a samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v Seznamu použitých zdrojů, který je součástí této práce a na základě konzultací s vedoucím práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

V Plzni dne:

-----  
podpis autora

## Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce, Ing. Jiřímu Kořínkovi, za jeho odbornou pomoc a vědomosti, které mi během práce na tomto projektu poskytl. Rovněž bych rád poděkoval všem ostatním vyučujícím na naší univerzitě, kteří mi umožnili tuto práci realizovat.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zaměřuje na konstrukční návrh dveřního mechanismu pro nástupní prostor do nízkopodlažního vlaku veřejné dopravy, včetně návrhu parametrů potřebných pro tento návrh. Cílem je analyzovat stávající parametry nástupů, identifikovat klíčové faktory ovlivňující jejich efektivitu, a na základě této analýzy navrhnout optimální řešení dveřního mechanismu.

Projekt se nejprve soustředí na řešení vlakové skříňe a interiéru s ohledem na faktory ovlivňující nástup. Dále je provedena analýza prvků dveřních systémů, dle kterých bude proveden rozbor trhu. Specificky se jedná o rozměry nástupu, dveřní mechanismus a funkční prvky využívané při nástupní proceduře.

Na základě poznatků z provedené analýzy a navržených parametrů byly vybrány 3 konstrukční varianty. Z těchto návrhů byla zvolena nejvhodnější varianta pomocí metody SWOT analýzy, pro kterou byl následně proveden konstrukční návrh. Tento koncept zahrnuje návrh převodového mechanismu, pohonné jednotky a nosného vedení. Při návrhu bylo cílem dosáhnout nejmenších možných rozměrů a nízké hmotnosti za předpokladu splnění vytyčených požadavků a normovaných nároků.

Konstrukční návrh byl proveden v CAD programu Siemens NX. Součástí práce je detailní výkres navrženého dveřního mechanismu a samostatný výkres použitého převodového mechanismu.

Výsledky této práce přinášejí konkrétní doporučení pro návrh moderních dveřních systémů. Uvážení zdůrazněných faktorů může vést k optimalizaci nástupů nízkopodlažních kolejových vozidel pro všechny typy cestujících, což může přispět k optimalizaci nástupního procesu, ale i zvýšení komfortu a bezpečnosti.

## Klíčová slova

Nízkopodlažní kolejové vozidlo; předsvuné dveře; regionální doprava; nástup do vozu; dveřní mechanismus; kuličkový šroub

## Abstract

This bachelor's thesis focuses on the design proposal of a door mechanism for boarding low-floor public transport trains, including the proposal of necessary parameters for this design. The aim is to analyze the current boarding parameters, identify key factors influencing their effectiveness, and based on this analysis, propose an optimal door mechanism solution.

The project initially focuses on examining the train's body and interior, particularly in relation to factors that impact boarding. This is followed by an analysis of door system components, based on which a market analysis will be carried out. Specifically, this includes boarding dimensions, door mechanism, and functional elements used during the boarding procedure.

Based on the findings from the conducted analysis and proposed parameters, three design variants were selected. The most suitable variant was chosen from these proposals using the SWOT analysis method, for which a design proposal was subsequently made. This concept includes the design of the transmission mechanism, power unit, guiding rails. The aim of the design was to achieve the smallest possible dimensions and low weight, while following the specified requirements and standardized demands.

The design proposal was carried out using the CAD program Siemens NX. The thesis includes detailed drawings of the proposed door mechanism and a separate drawing of the transmission mechanism used.

The results of this work provide specific recommendations for the design of modern door systems. Considering the highlighted factors can lead to optimizing boardings of low-floor rail vehicles for all types of passengers, which may contribute to optimizing the boarding process, as well as increasing comfort and safety.

## Key words

Low-floor rail vehicle; plug doors; regional transport; rail vehicle entrance; door mechanism; ball screw

## Obsah

1	Úvod.....	13
2	Analýza současného stavu.....	14
2.1	Význam nízkopodlažních vozidel .....	14
2.2	Rozbor skříně.....	15
2.2.1	Hrubá stavba.....	15
2.2.2	Diferenciální hrubá stavba .....	15
2.2.3	Integrální hrubá stavba .....	17
2.2.4	Hybridní hrubá stavba.....	18
2.2.5	Interiér .....	18
2.2.6	Konstrukční požadavky na skříň vozidla .....	19
2.2.7	Nízkopodlažní provedení.....	20
2.3	Parametry návrhu.....	21
2.3.1	Dveřní systém .....	22
2.3.2	Rozměry nástupu .....	29
2.3.3	Funkční prvky .....	31
2.4	Průzkum trhu.....	32
2.4.1	RegioPanter.....	32
2.4.2	Stadler RegioShuttle RS1.....	37
2.4.3	Regionova .....	41
3	Návrh konstrukčního řešení .....	45
3.1	Navržení parametrů pro návrh dveřního mechanismu .....	45
3.2	Návrh možných koncepčních řešení.....	46
3.2.1	Varianta A .....	46
3.2.2	Varianta B.....	46
3.2.3	Varianta C.....	47
3.2.4	Výběr vhodné varianty .....	47
3.3	Hrubý konstrukční návrh vybrané varianty.....	49
3.3.1	Kontrola šroubové hřídele .....	49
3.3.2	Návrh pohonu .....	52
3.3.3	Kontrola vodící tyče.....	53



3.3.4	Konstrukční návrh .....	54
4	Vyhodnocení .....	57
5	Závěr .....	58
6	Citovaná literatura .....	59

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Příklad nízkopodlažních koncepcí [3].....	14
Obrázek 2 - Míra využívání různých druhů dopravy osobami s pohybovým postižením [5] .....	15
Obrázek 3 - Struktura hrubé stavby [6] upraveno.....	16
Obrázek 4 - Část skříně kolejového vozidla z protlačovaných profilů [8] .....	17
Obrázek 5 - Konstrukce hybridní vozové skříně [6].....	18
Obrázek 6 - Řez podlahou vozu metra integrální hliníkové konstrukce [9].....	19
Obrázek 7 - Podlaha v oblasti podvozku [9] .....	20
Obrázek 8 - Diagram nástupního prostoru .....	21
Obrázek 9 - Schéma dveřního systému [9] .....	22
Obrázek 10 - Elektromotor firmy Dunkenmotoren používaný ve dveřních mechanismech pražského metra Foto autor .....	23
Obrázek 11 - Schéma předsuvných dveří [9] .....	23
Obrázek 12 - Předsuvné dveře jednotky Regiopanter Foto autor.....	24
Obrázek 13 - Schéma posuvných kapsových dveří [9] .....	24
Obrázek 14 - Posuvné kapsové dveře pražského metra Foto autor.....	25
Obrázek 15 - Schéma posuvných dveří vně bočnice [9].....	25
Obrázek 16 - Pousvné dveře vozu X'Trapolis 2x0 [11] .....	26
Obrázek 17 - Skládací dveře tramvaje T3M 8042 [12] .....	27
Obrázek 18 - Schéma dveřního mechanismu předsuvných dveří s pohybovým šroubem [9].....	28
Obrázek 19 – Dveřní LED signální pásy firmy TSL [17] .....	31
Obrázek 20 - Skříň jednotky RegioPanter [20] .....	33
Obrázek 21 - Dveřní mechanismus jednotky RegioPanter Foto autor .....	34
Obrázek 22 - Vnější funkční prvky vstupu do jednotky RegioPanter Foto autor .....	35
Obrázek 23 - Vnitřní funkční prvky vstupu do jednotky RegioPanter Foto autor.....	36
Obrázek 24 - Typový výkres jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1 [25].....	38
Obrázek 25 - Dveřní mechanismus jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1 Foto autor .....	38
Obrázek 26 - Vnější funkční prvky nástupu do jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1 Foto autor.....	39
Obrázek 27 - Vnitřní funkční prvky nástupu jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1 Foto autor.....	40
Obrázek 28 - Typový výkres jednotky řídicího vozu řady 914 [28] .....	42
Obrázek 29 - Dveřní mechanismus jednotky Regionova Foto autor .....	42
Obrázek 30 - Vnější funkční prvky nástupu jednotky Regionova Foto autor.....	43

Obrázek 31 - Vnitřní funkční prvky nástupu jednotky Regionova Foto autor .....	44
Obrázek 32 - Maketa navrženého.....	46
Obrázek 33 - Schéma varianty A .....	46
Obrázek 34 - Schéma varianty B .....	47
Obrázek 35 - Schéma varianty C .....	47
Obrázek 36 - Diagram napětí v ohybu šroubové hřídele.....	50
Obrázek 37 – Diagram napětí v ohybu vodící tyče.....	53
Obrázek 38 - Konstrukční návrh - pohled A .....	55
Obrázek 39 - Konstrukční návrh - pohled B.....	55
Obrázek 40 - Konstrukční návrh - pohled C.....	56
Obrázek 41 - Konstrukční návrh - ložiskové domky v řezu .....	56
Obrázek 42 - Hrubý konstrukční návrh nástupu se skříní a dveřními křídly .....	57
Obrázek 43 – Hrubý konstrukční návrh se skříní a dveřními křídly - pohled .....	58

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Průměrná doba mezi zastávkami.....	30
Tabulka 2 - Parametry jednotky RegioPanter .....	32
Tabulka 3 - Parametry jednotky Stadler RegioShuttle RS1.....	38
Tabulka 4 - Parametry jednotky Regionova .....	41
Tabulka 5 - SWOT analýza vybraných variant .....	48

## Přehled použitých zkratk a symbolů

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
CAD	Computer aided design
LED	Light emitting diode
MHD	Městská hromadná doprava
IS/STAG	Informační systém STAG
KKS	Katedra konstruování strojů
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

## 1 Úvod

Nízkopodlažní vozy jsou zásadním prvkem městské i regionální kolejové dopravy. Díky výhodám jejich konstrukce, ke kterým patří hlavně snadný nástup a výstup, jsou nízkopodlažní vozy užitečným typem vlakového vozu nejen pro osoby s omezením pohybu, ale i pro seniory, cyklisty a rodiče s kočárky. Umožnění vstupu do vlaku je zásadní a nezbytnou funkcí všech vozidel určených k přepravě osob, a proto je nutné navrhnout nástup, který tuto funkci plní bezpečně, spolehlivě a komfortně. Z těchto důvodů jsou stále hledány způsoby, jak optimalizovat a inovovat vstupy, a to pro všechny typy pasažérů. Podlaha na úrovni nástupiště poskytuje plynulý vstupní proces pro pasažéry, což dělá z nízkopodlažních vozů důležitý prvek městské infrastruktury. [1]

Cílem této práce je navrhnout koncept pro vstup do nízkopodlažního kolejového vozidla s důrazem na parametry, které ovlivňují nástup cestujících a prvky, se kterými interagují. Tyto vlastnosti budou navrženy s ohledem na požadavky cestujících, provoz vozidla a relevantní státní normy. Vzhledem k významu nízkopodlažních jednotek pro osoby s omezením pohybu bude návrh brát v potaz potřeby osob s invalidním vozíkem a jinými podpůrnými pomůckami.

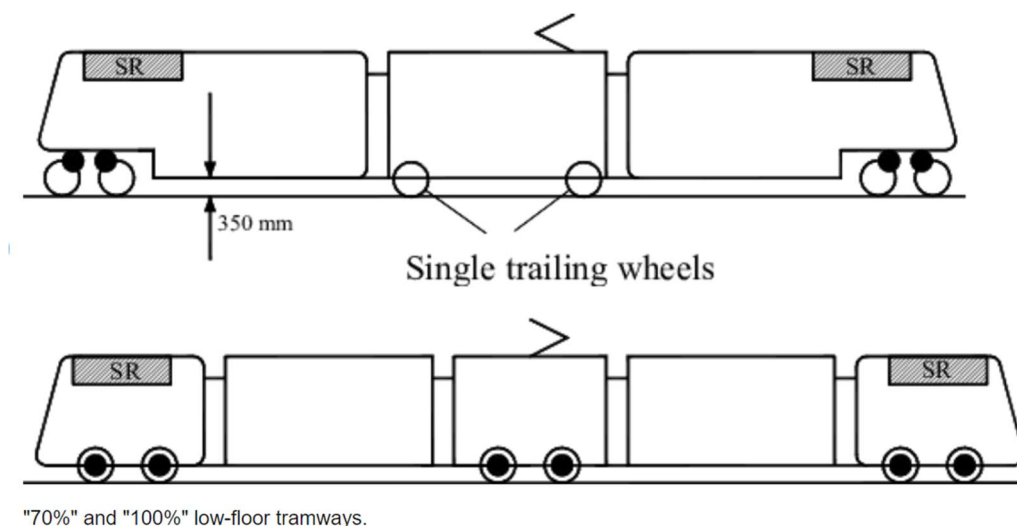
Práce se tedy bude zabývat analýzou vstupů do nízkopodlažních kolejových vozidel pro regionální dopravu a zásad pro navržení vstupních parametrů. Pro každé z vybraných vozidel budou prozkoumány rozměry vstupu, dveřní mechanismus, a funkční prvky.

Výsledkem projektu bude návrh převodového mechanismu pro otevírání dveří, který bude využit pro hrubý návrh dveřního mechanismu. Parametry pro konstrukci budou navrženy dle vytyčených zásad a průmyslových hodnot pro maximalizaci funkčnosti a konkurenceschopnosti. Na základě výpočtů bude následně odvozen CAD model hrubého návrhu a jeho výkresová dokumentace. Závěry učiněné v této práci mohou sloužit jako základ pro optimální design vstupu do moderního kolejového vozidla.

## 2 Analýza současného stavu

### 2.1 Význam nízkopodlažních vozidel

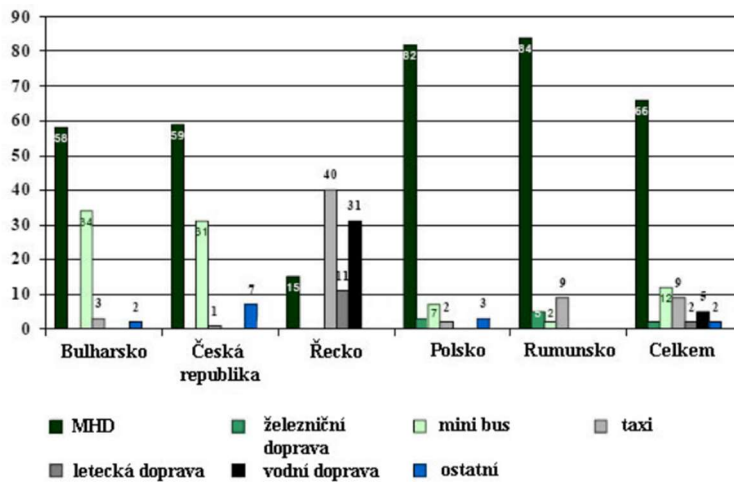
Technické a provozní standardy pro železnici [2] definují nízkopodlažní vůz jako vozidlo, které umožňuje nástup cestujících bez překonání schodu z úrovně nástupiště o výšce 550 mm nad temenem kolejnice. Jedná se o požadavek na konstrukci vlaku i nástupiště, který udává omezení pro úroveň podlahy vozu. Definice dále klade požadavky na nezbytné prvky dopravy pro osoby s omezením pohybu. Aby mohl být vlak považován za nízkopodlažní, musí současně umožňovat oboustranný nástup pomocí plošiny, výstup a přepravu alespoň dvou osob s invalidním vozíkem. Do výbavy vozu tedy musí patřit plošina pro nástup osob na invalidním vozíku. Tyto požadavky mají vliv nejen na rozměry vstupu a dveří, ale i vozového interiéru. Požadavek pro nástupy z obou stran značně ovlivňuje návrh hrubé stavby skříně. Často mohou být některá kolejová vozidla označena jako například „z 60% nízkopodlažní“. V těchto případech výrobci nebo provozovatelé definují jaká část z celkového cestovního prostoru vozu má podlahu na úrovni nástupiště. [1]



Obrázek 1 - Příklad nízkopodlažních koncepcí. [3]

Předpokladem pro správné fungování nízkopodlažních jednotek jsou tedy i uzpůsobená nástupiště. Vozy s podlahou na úrovni nástupiště jsou zásadní právě pro osoby s omezením pohybu, pro které je samostatný nástup nemožný. Tento problém může nastat jak u nástupišť, která jsou pod úrovní podlahy vlaku, tak i u těch, která jsou nad jeho úrovní. V těchto případech musí být vůz vybaven přepravními prvky, které jsou schopné přepravit osoby s omezením pohybu do přepravního prostoru. Mezi tyto prvky patří nástupní rampy, zvedací plošiny, ale i vysouvací stupínek, který usnadňuje vstup také pro cestující s kočárkem nebo jízdním kolem. Přizpůsobení všech nástupišť může být pro dopravní společnosti zdoluhavý a náročný proces, který omezuje princip nízkopodlažních jednotek. Navzdory rostoucímu počtu nízkopodlažních jednotek na regionálních tratích je jen část jejich nástupišť vhodně modernizovaná, což se projevuje jako dlouhotrvající problém. Člen představenstva a náměstek generálního ředitele ČD Jiří Jeřeta konstatuje, že v roce 2024 bude až 76 % ze zavedených vlaků přístupných pro cestující na vozíku. Jedná se o 4% nárůst od roku 2019, který demonstruje vývoj bezbariérových spojů na všech žádoucích linkách. [4]

V rámci Evropské unie, ale i celosvětovým problémem, je patrný nezáměr lidí s omezením pohybu o cestování vlakem. Mimo výše zmíněných problémů s modernizací nástupišť je i u nás problémem spolehlivost bezbariérových spojů a asistenční služby s nimi spojené. Pokud si cestující nemohou být jisti, že správný vlak se správným vybavením dorazí na správné nástupiště, raději se obrátí na jiné, častěji ekologicky i ekonomicky náročnější způsoby přepravy. Značně vyšší počty vozíčkářů a ostatních cestujících s omezením pohybu, kteří využívají MHD, naznačuje zájem o spolehlivou a pohodlnou dopravu. [5]



Obrázek 2 - Míra využívání různých druhů dopravy osobami s pohybovým postižením. [5]

## 2.2 Rozbor skříně

Zásadním prvkem stavby kolejového vozidla je vozová skříň, která tvoří základovou konstrukci nad systémem vypružení. Jedná se o konstrukční celek, který vykonává převážně nosnou funkci. Skříň zahrnuje také všechna zařízení a součásti, které jsou ke konstrukci napevno připojeny za účelem zlepšení konstrukčních vlastností. [6]

### 2.2.1 Hrubá stavba

Do hrubé stavby vozidla zahrnujeme spodek, bočnice, čelnice a střechu. Provedení hrubé stavby má zásadní dopad na vlastnosti vozu, obzvláště jeho celkovou hmotnost, ze které je 12–18 % váhy tvořeno touto konstrukcí. Redukce celkové hmotnosti vede ke snížení jízdního odporu, opotřebení dvojkolí a spotřeby provozní energie. Proces konstruování hrubé stavby skříní kolejových vozidel historicky prošel značnými změnami, ale v dnešní době se ustálil na tři základní návrhy, a to na stavbu diferenciální, integrální a hybridní. [6]

### 2.2.2 Diferenciální hrubá stavba

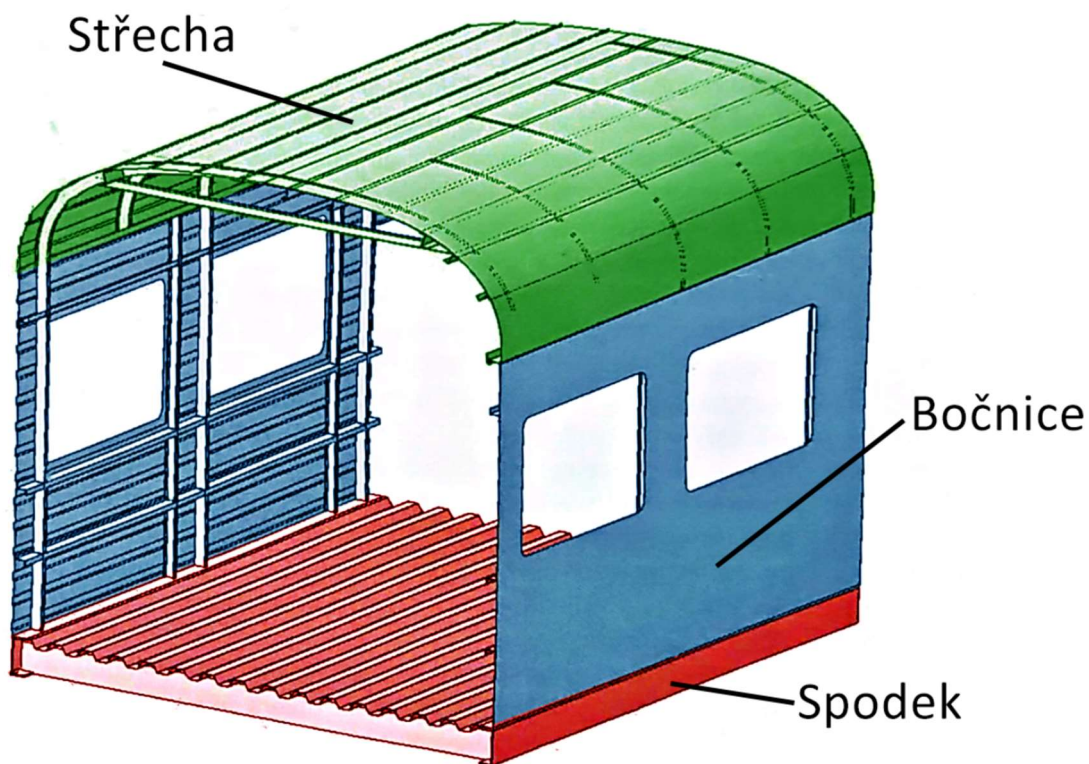
Principem konstrukce je spojování jednotlivých elementů pro vytvoření stavebních dílů. Diferenciální konstrukce je samonosná a skládá se ze spodku s podlahou, bočnic, čelnic a střechy. Tyto komponenty nejsou samy o sobě dostatečně tuhé, ale jejich svařením do jednoho celku získáváme skříň, která splňuje požadavky normy ČSN EN 12 663 na pevnost skříně kolejového vozidla.



Spodek tvoří základnu hrubé stavby skříně. Jeho konstrukce mezi podvozky je složena ze vzájemně svařených podélníků a příčníků, což jsou plechové profily vyráběné válcováním nebo ohraňováním. Podélníky se táhnou po celé délce spodku hrubé stavby a mají typický profil tvaru U. Svařením s příčníky vzniká konstrukce, do které se mezi podélníky vloží vlnitá plechová podlaha. [6]

Bočnice je stěna hrubé stavby skříně. Jedná se o příhradovou kostru s oplechováním, jejíž strukturou jsou sloupky a podélné výztuhy. Sloupky jsou postupně svařené s horizontálními výztuhami a podélníky u spodku, čímž vzniká konstrukce, která nese vnější opláštění z předepjatých ocelových plechů. [7]

Střecha je také kostra s oplechováním tvořená dvěma vaznicemi, střešními kružinami, podélnými výztuhami a nosiči stropu. Vaznice sedí na hranách bočnice a jsou svařené se střešními kružinami, které tvoří střešní oblouk. Výztuhy a stropové nosiče pak dokončují strukturu pro střešní oplechování. [6]



Obrázek 3 - Struktura hrubé stavby. [6] upraveno

U diferenciální hrubé stavby je možné použít hliníkové profily místo ocelových. Pro zachování stejné pevnosti je u hliníkové konstrukce nutné zvětšit příčné průřezy o 30 až 50 %, takže záměnou materiálu neklesá hmotnost skříně. Kvůli náročné výrobě se tato konstrukce nepoužívá [6].

K výhodám diferenciální hrubé stavby patří nízké konstrukční náklady a snadná opravitelnost. Jednotlivé konstrukční elementy jsou tvořeny standardizovanými profily, což přispívá k jednoduchému výrobnímu procesu. Nevýhodou je velký počet stavebních elementů, který má za následek vysoké výrobní náklady. [6]

### 2.2.3 Integrální hrubá stavba

Základem integrální hrubé stavby jsou integrované hliníkové profily, které v sobě začleňují několik funkcí. V principu se jedná o konstrukci, ve které je každý stavební díl složen z jednoho stavebního prvku. Hliníkové profily tvoří nosnou strukturu skříňe a jsou vybaveny prvky pro upevnění funkčních zařízení. Mezi tyto zařízení se řadí interiérové prvky, jako jsou sedadla, police a podlahy, a zařízení umístěná pod vozem, jako je přístrojová skříň, potrubí nebo kabely. [6]

Integrální skříň se také skládá ze spodku, bočnic a střechy. Tyto komponenty vznikají svařením integrovaných hliníkových profilů, jejichž hrany jsou vytvořeny jako „známky“, které se do sebe zasunou a zavaří. Integrovaný hliníkový profil se vyrábí protlačováním přes speciální průvlak z materiálu v těstovitém stavu. Po vychladnutí se dále natahuje nad mez kluzu, čímž je dosažena potřebná rovinnost povrchu. S ohledem na tepelnou roztažnost hliníku je nutné použít mohutné přípravky pro výrobu integrálních dílů, které zabrání vzniku deformací po svaření. Zavaření je vhodné provádět pomocí svařovacích robotů a automatů, aby byla zaručena potřebná vysoká kvalita a produktivita práce. Z technologických důvodů je výhodné svařovat bočnice bez okenních otvorů a teprve po sestavení celé skříňe se okenní otvory frézují. [6]

Integrální konstrukce je jednoznačně výhodná u dlouhých skříňí bez dveřních otvorů ve střední části bočnic a malými okny. Vozidla s těmito vlastnostmi, jako jsou například jednotky TGV, Pendolino nebo ICE, jsou schopné plně využít přednosti integrálních profilů. Dále je tato konstrukce výhodná pro dvou-podlažní jednotky, které mají nejen dlouhé, ale i vysoké skříňe, které mají velký příčný průřez a tím i kvadratický moment. U vozidel metra, které často mají 3 až 4 dveřní otvory, nelze plně využít výhody plynoucí z integrální konstrukce a některé části střechy jsou kombinací s diferenciální konstrukcí. [6]



Obrázek 4 - Část skříňe kolejového vozidla z protlačovaných profilů. [8]

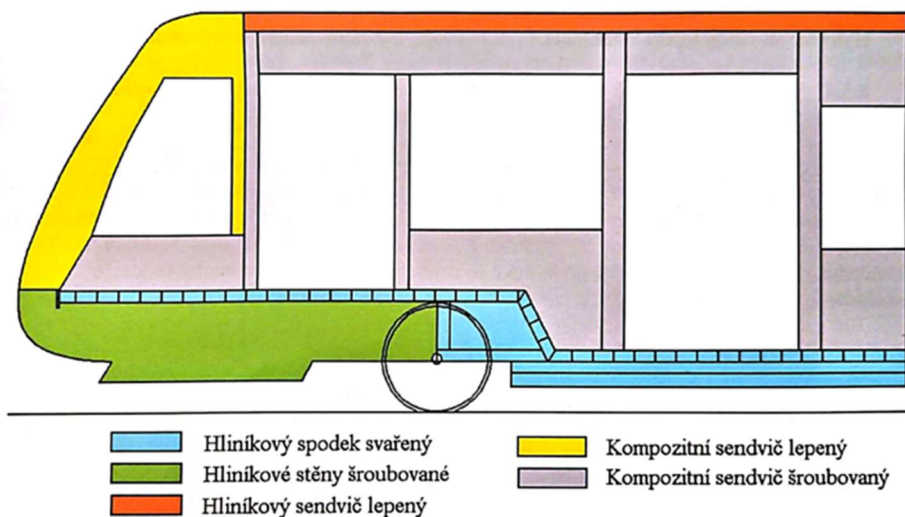
Montážní proces integrální konstrukce je vhodný k automatizaci, což zajišťuje nízké výrobní náklady a pracnost. Výhodou je i lehká montáž vnitřního vybavení skříně s úsporou tmelů a nátěrů. Individuální návrh protlačovaných profilů umožňuje navrhnout komplexnější tvary pro vnější design. [6]

Nevýhodou použití integrovaných hliníkových profilů jsou limitace specifické pro tento materiál a jeho vysoká cena. Individuální výroba profilů má za následek zvýšenou výrobní náročnost a znemožňuje změnu průřezu profilu po délce dle požadavků na lokální tuhost. [6]

#### 2.2.4 Hybridní hrubá stavba

Tato konstrukce spojuje různá konstrukční provedení, která se volí dle specifické potřeby dané části skříně. Jedná se o hrubou stavbu, ve které je každý stavební díl složen z jednotlivých stavebních prvků z různých materiálů. U hybridních hrubých staveb je typické použití kompozitů a dalších nových materiálů se špičkovými vlastnostmi pro jednotlivé prvky a konstrukční celky. [6]

Využití více materiálů je konstrukčně výhodné, ale také způsobuje komplikace při výrobě. U kompozitních materiálů se studenými spoji nehrozí tepelná deformace jako při svařování, ale přinášejí také více technologií potřebných při montáži. [6]



Obrázek 5 - Konstrukce hybridní vozové skříně. [6]

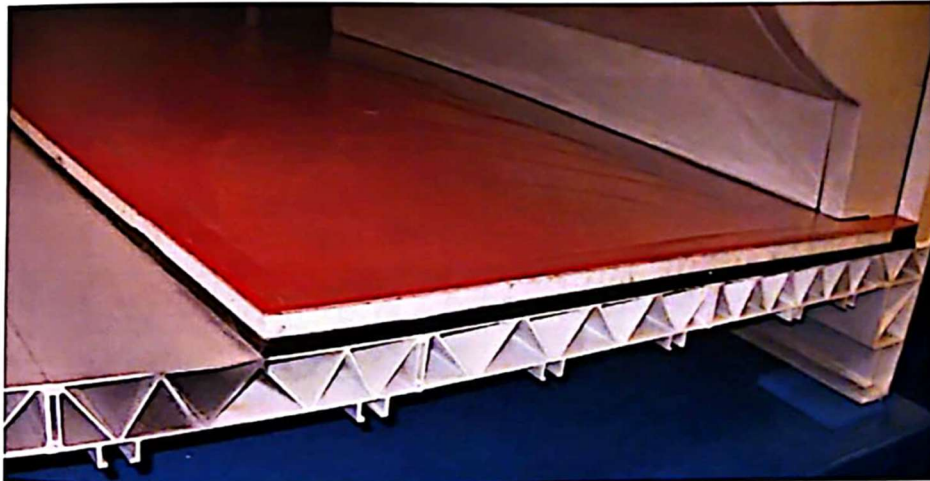
Kombinací různých materiálů je možno využít jejich specifických vlastností při návrhu. Použití studených spojů nevzniká riziko tepelné deformace, ačkoliv zvyšují konstrukční náročnost. Hybridní stavba také disponuje nízkými náklady na nářadí a montážní přípravky. Podmínkou pro použití nekonvenčních materiálů je jejich řádná recyklace, která může být náročná. [6]

#### 2.2.5 Interiér

Na vnitřek vozu je kladen velký důraz nejen z důvodu estetiky. Mezi požadavky kladené na vozové interiéry patří nenáročnost údržby, odolnost proti vandalům, funkčnost, ale i požární bezpečnost.

Podlaha musí být dostatečně pevná na to, aby unesla svislé zatížení stojících cestujících i vybavení interiéru, ale zároveň lehká, aby nezhoršovala výkon vlaku. U nízkopodlažních vozidel je zásadní funkční tepelná izolace, která chrání podlahu vozu před vnějšími živly. U některých nízkopodlažních vozů, typicky s výškou podlahy cca 350 mm od temene kolejnice, může v zimě docházet k namrznání podlahy, a to i jejího vnitřního povrchu.

Základem podlahového obkladu je pryžová deska tvořící protihlukovou i tepelnou izolaci. Další vrstvou je sendvičová podlahová deska. Horní pochozí povrch podlahy tvoří krytina s neklouzavým povrchem, která je na sendvič přilepena. Nejstarším a dosud používaným materiálem na podlahu je vodovzdorná překližka. Zásadní nevýhodou tohoto materiálu je jeho vysoká objemová hmotnost. Mezi další materiály patří dřevěné povlaky s pěnovým jádrem a vinylové podlahové krytiny. [9]



Obrázek 6 - Řez podlahou vozu metra integrální hliníkové konstrukce. [9]

U bočnicového obložení jsou podstatné hlavně estetické vlastnosti, údržba a izolační vlastnosti. U diferenciálních konstrukcí jsou bočnice obloženy nerezovými nebo hliníkovými plechy s tloušťkou cca 1 mm. Tenké plechy jsou náchylné k vibraci a hluku při jízdě, proto je nutné aplikovat antivibrační nástřiky v tloušťce 2 až 3 mm, které se nanášejí na základní nátěr. [9]

Jako tepelná a hluková izolace se používají minerální vlny a materiály na bázi celulózy. Nevýhodou minerálních vln je postupná ztráta izolačních vlastností. Z tohoto hlediska jsou výhodnější celulózní materiály. Na obklad interiéru se používají kompozitní materiály v podobě skelného laminátu s upravenou povrchovou vrstvou. Důležitou součástí interiérové výbavy jsou prvky pro usměrňování a organizaci cestovního prostoru. Jedná se o stěny, které vymezují dedikované prostory vozidla od ostatních, a tvarují vnitřní prostor dle ergonomických požadavků. Tuto funkci plní polopříčka, což je krátká pevná zábrana, která odděluje dveřní prostor od sedadel. Jedná se o prvek s estetickou i ergonomickou funkcí. Vzhledem k jejich umístění jsou polopříčky často vybaveny madly. Dalším způsobem separace vstupu od sedadel je zástěnka. Jedná se o krátkou stěnu, tvořenou pouze sklem, jejímž nosným prvkem je obvykle madlo a k němu patřící upevňovací prvky. [9]

### 2.2.6 Konstrukční požadavky na skříň vozidla

Požadavky na konstrukci skříně vyplývají z objednávky zákazníka, obecných předpokladů pro typ konstruovaného vozidla, ale i ze státních nebo provozních norem a předpisů. Z těchto důvodů musí skříň splňovat požadavky na pevnost, bezpečnost, spolehlivost, hmotnost, životnost nebo požární odolnost. Skříň kolejevoých vozidel jsou během své životnosti vystavovány velkému počtu dynamických zatížení proměnlivých velikostí. Mezi kritická místa patří upevnění zařízení, konstrukční spoje nebo změny v geometrii, které mohou působit jako koncentrátoři napětí. [6]

Zdroje kmitavého zatížení mohou způsobit únavové poškození. U vozů rychlé městské dopravy je zásadní brát v úvahu změny zatížení způsobené přestupováním cestujících a jejich pohybem uvnitř vozidla. Pro zamezení vzniku únavových defektů musí být skříň správně dimenzována s ohledem na provozní podmínky. Souvisejícím problémem je rezonance frekvencí součástí vozidla. Vlastní frekvence skříň, pojezdu, ale i připojených zařízení musí být od sebe dostatečně oddělené, aby za žádných provozních podmínek nedocházelo k nežádoucí rezonanci. Mezi vlivy, které je potřeba brát v úvahu, patří aerodynamické zatížení. Jeho působení, zejména v tunelech a při míjení vlaků ve vysokých rychlostech, musí být zohledněno. [6]

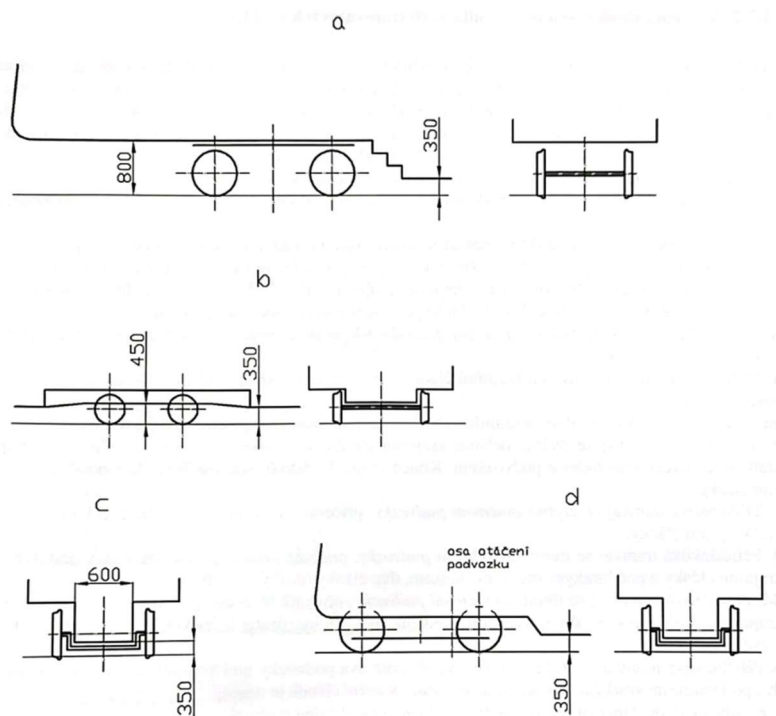
### 2.2.7 Nízkopodlažní provedení

Podíl nízkopodlažní části vozidla je omezen umístěním podvozku. Zejména obvyklý trakční podvozek je překážkou pro vytvoření nízké podlahy po celé délce vozidla.

Jednou z variant nízkopodlažního provedení je částečně nízkopodlažní konstrukce. Tato varianta využívá podvozku obvyklé koncepce, který je umístěn v prostoru pod zvýšením podlahy. Část vozu se zvýšenou podlahou je se zbytkem vozu spojena buď schody nebo rampou. Schéma částečně nízkopodlažního provedení je na obr. 7 v detailu a.

Další varianta nízkopodlažního návrhu využívá dvojkolí s menším průměrem kol. Zmenšením průměru kol u běžného podvozku je možné dosáhnout výškové změny cca 450 mm, což vede k lepší přístupnosti. Schéma s dvojkolím menšího průměru je na obr. 7 v detailu b.

U varianty s použitím speciálního trakčního podvozku s nápravnicemi a volně otočnými koly vzniká v prostředku přepravního prostoru nízkopodlažní ulička. Tento návrh využívá kol obvyklého průměru, která jsou ukryta do prostoru pod sedadly. Schéma provedení s nízkopodlažní uličkou je na obr. 7 v detailu c.



Obrázek 7 - Podlaha v oblasti podvozku. [9]

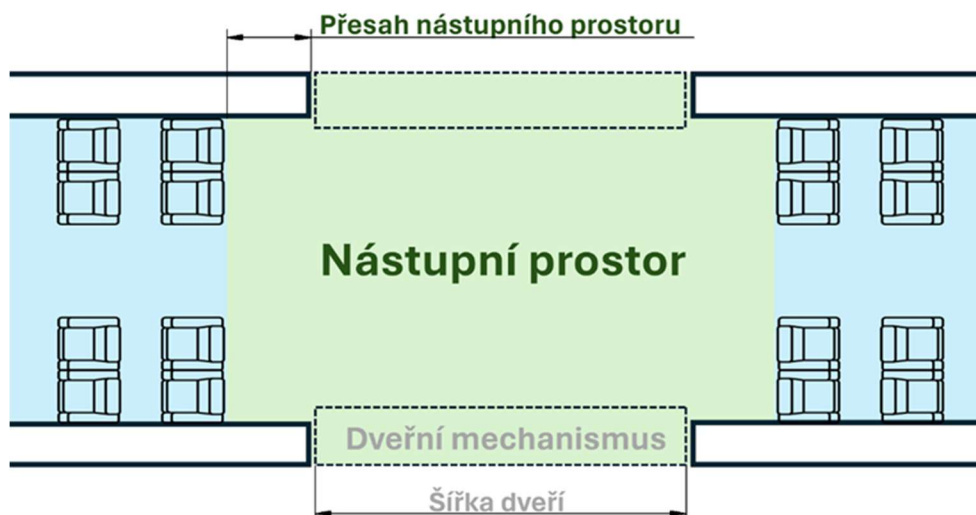


## 2.3 Parametry návrhu

S důrazem na vstup a vstupní prostor je důležité definovat vlastnosti a prvky, které budou použity při návrhu. Tyto vlastnosti se musí odvíjet od hlavní funkce: zajištění vhodného a plynulého nástupu a výstupu velkého množství osob. Předpokladem je, že tato funkce bude korespondovat s požadavky ostatních funkcí vozu, jako například aerodynamičnost, tepelná izolace, váha, pevnost, bezpečnost apod. Speciální důraz bude také kladen na přístupnost pro osoby s postižením, které musí využívat invalidní vozík, protože nízkopodlažní vlaky jsou zásadní zvláště pro tyto osoby. Pro analyzované vozy tedy budeme posuzovat rozměry nástupu, provedení dveřního mechanismu, a funkční prvky.

Pro další analýzu je důležité definovat dobu prodlevy. Jedná se o čas, který vlak stráví ve stanici. Zahrnuje nástup a výstup cestujících, zavírání a otevírání dveří. Tento čas ovlivňuje řada faktorů, mezi které patří počet cestujících, jejich pohyb, rozměrové rozdíly mezi vlakem a nástupištěm, rozměry a počet dveří, uspořádání nástupního prostoru, a vedlejší činitele, jako je způsob úhrady poplatku za jízdu nebo specifické chování cestujících. [10]

Jako nástupní prostor bude označován prostor bez sedadel, nacházející se přímo u dveří vozidla. Toto místo slouží jako platforma pro nástup a výstup cestujících, ale také jako cestovní pozice pro vozíčkáře nebo osoby s kočárky, jízdními koly a objemnými zavazadly.



Obrázek 8 - Diagram nástupního prostoru.

Nízkopodlažní vozidla musí mít prostor pro přepravu cestujících na invalidním vozíku a pasažéry s kočárky. Tyto prostory mohou být vybaveny madly s opěrkou a bezpečnostním pásem pro fixaci cestujících na vozíku. Na vhodném místě je tlačítko signalizace řidiči. [9]

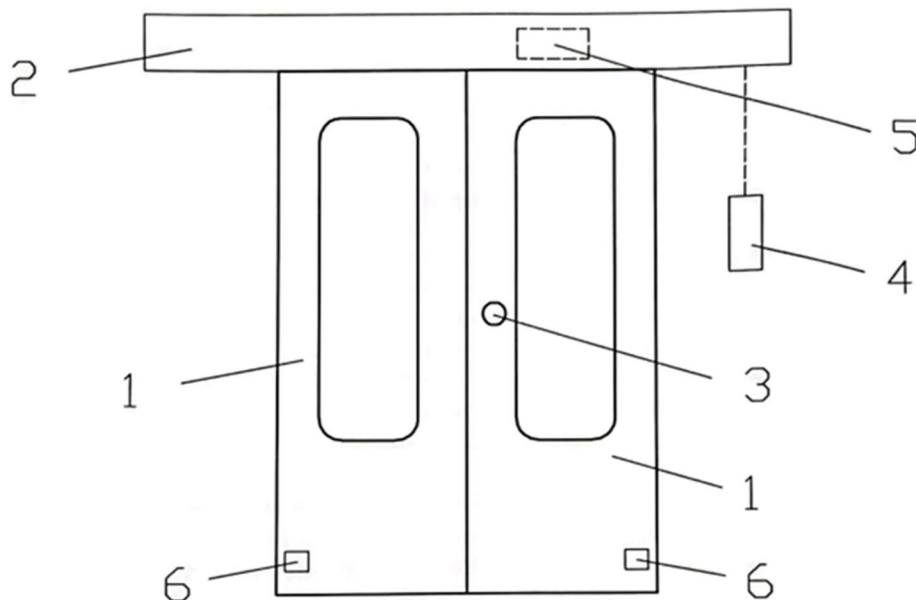
### 2.3.1 Dveřní systém

Nezávisle na typu vozidla musí dveře splňovat stejné funkce: musí se otevírat, v zavřeném stavu musí těsnit, za jízdy se nesmí otevřít a musí dostatečně tepelně i zvukově izolovat. Pro některá vozidla však může být dle jejich použití kladen důraz na některé z výše zmíněných funkcí. Vozy pro přepravu osob mají základní požadavek na ovládání dveří z kabiny strojvedoucího. U dveří spojů městské kolejové dopravy, u kterých jsou zastávky od sebe vzdálené jen několik set metrů, je požadavek na spolehlivost jejich funkce mimořádný. Vysoce frekventované spoje hromadné městské dopravy s častým otevíráním dveří, jako je například metro, značně namáhají dveřní mechanismy. Vozidla pro dálkovou přepravu osob, zejména vysokorychlostní spoje, zdůrazňují požadavek na tlakotěsnost. Nejčastěji jsou používány dvoukřídlé dveře. [9]

Mezi firmy, které se v ČR specializují na výrobu vstupních dveří patří Pars Komponenty s.r.o, IGE CZ s.r.o. (nyní součástí IFE), DOPPELTRADE CZ s.r.o. V Evropě jsou nejvýznamnějšími výrobci Bode GmbH, IFE GmbH (jako součást Knorr Bremse AG.), Faiveley Transport, a Ultimate. [9]

Základní součásti dvoukřídlých dveří, které jsou vyobrazeny na obr.9:

- Dveřní křídla (Obr. 9-1)
- Dveřní mechanismus (Obr. 9-2)
- Ovládání dveří (Obr. 9-3)
- Nouzové odblokování dveří (Obr. 9-4)
- Ovládací počítač (Obr. 9-5)
- Dolní vedení (Obr. 9-6)



Obrázek 9 - Schéma dveřního systému. [9]

Typy dveřního pohonu:

- Ruční
- Elektrický
- Pneumatický

V současné době je pohon dveří často řešen elektricky nebo pneumaticky, ruční otevírání je postupně vyřazováno. Výhodou pohonu elektromotorem je, že potřebný zdroj energie je součástí výbavy téměř všech současných kolejových vozidel. Kyslík jako pneumatické médium je jednoduché doplnit a natlakovat. [9]

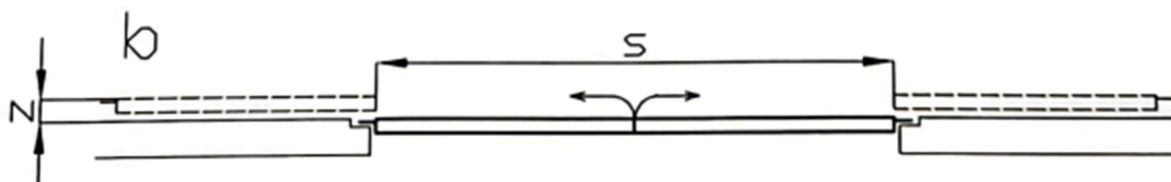


Obrázek 10 - Elektromotor firmy Dunkenmotoren používaný ve dveřních mechanismech pražského metra. Foto autor

Dvoukřídlé dveřní systémy mají různá provedení, která ovlivňují celkový návrh skříně, nástupní vlastnosti, ale i její aerodynamické vlastnosti. Volba tohoto provedení se odvíjí v první řadě od provozních podmínek vozu a jeho určení. Pro účely návrhu kolejového vozidla jsou relevantní 4 provedení, a to předsvuné, posuvné a skládací dveře. [9]

#### Předsvuné dveře

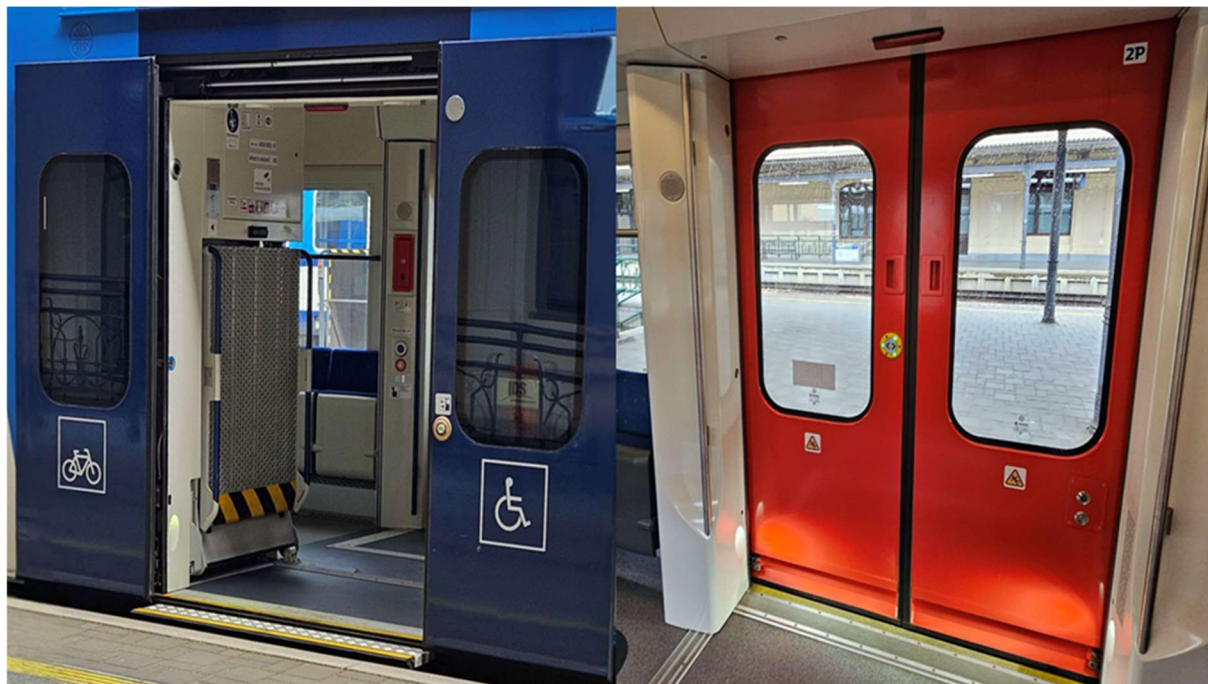
Dveřní křídla jsou vysunuta před bočnici a posouvají se podél ní. Zásah otevřených dveří do prostoru před bočnicí je menší než u výkyvných dveří. Běžně se používají u tramvají i metra. V otevřené pozici jsou dveře umístěny před stěnou vozu, ale při zavírací proceduře se dveřní křídla sevřou k sobě posuvným pohybem a vyrovnají se s exteriérem. Pohyb zatlačující dveře do vlaku může být v závislosti na provedení poměrně nenápadný nebo naopak výrazný. [9]



Obrázek 11 - Schéma předsvuných dveří. [9]



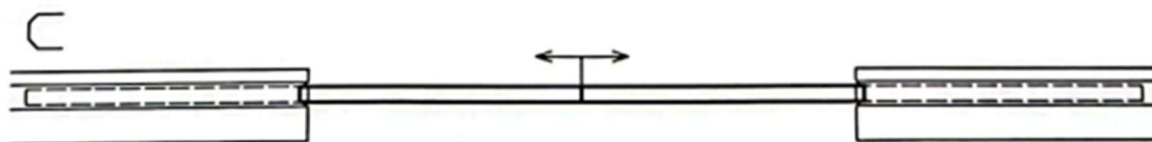
U této varianty je výhodou, že zavřené dveře nevyčnívají, a nepotřebují ani žádné externí vedení. Zavírání tímto způsobem je výhodné jak pro těsnění, tak i aerodynamičnost. Zavřené dveře v úrovni bočnice jsou výhodné pro vozy myté mechanizovanými myčkami. U těchto dveří je ale komplikovanější spodní i horní vedení a těsnost. U vozidel hromadné dopravy, které se často musí potýkat s velkým množstvím cestujících, nejsou tyto dveře vhodné, protože se nedají dovříť. Výhodou předšvuných dveří je, že vysunutí dveřních křídel přiměje cestující na nástupišti opustit prostor přímo před vstupem, takže pasažéři mohou vystoupit. Komplexnější konstrukce tohoto provedení přináší dražší a složitější údržbu. Zavírací procedura je delší než u posuvných dveří, což zvyšuje dobu nástupu, a tím zpomaluje provoz. [10]



Obrázek 12 - Předšvuné dveře jednotky RegioPanter: Foto autor

### Posuvné dveře kapsové

Dveřní křídla konají posuvný pohyb zasouváním do kapsy v bočnici. U této varianty je nutné upravit bočnici tak, aby byla vytvořena kapsa, čímž roste tloušťka bočnice a zmenšuje se přepravní prostor. Typicky používané u vozů metra. [9]



Obrázek 13 - Schéma posuvných kapsových dveří. [9]

Toto provedení je typickou volbou pro návrh vozů metra. Dveře, které se zasouvají do stěny vozu, nijak nezasahují do vstupního prostoru. Vzhledem k tomu, že je potřeba zajistit pouze vratný přímočarý pohyb, jedná se o rychlý a jednoduchý dveřní mechanismus. Rychlé otevírání a zavírání dveří díky přímočarému pohybu dělá z posuvného mechanismu ideálního kandidáta pro vozy vysoce frekventovaných spojů. Díky jednoduchému pohybu při zavírací i otevírací proceduře jsou obě pozice dveří pro pasažéry intuitivně předvídatelné. Při opírání cestujících o dveře nevzniká nápor na hnací prvky zavíracího mechanismu. [10]

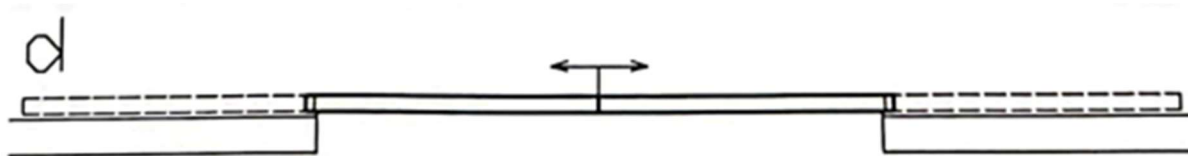
Nevýhodou této varianty je, že u míst na stranách dveří nemohou být okna. U některých provedení jsou okna u vstupu sice naistalována, ale během otevírací procedury jsou překryta zasunutými dveřmi. Problémem je zde zejména narušení estetiky vozu, které ubírají nečistoty dveřních křídel, naakumulované mezi okenními deskami. Okenní meziprostor je možné vyčistit pouze při demontáži. Z hlediska mechanizovaného mytí jsou dveře zapadající do bočnice nevhodné. [10] [9]



Obrázek 14 - Posuvné kapsové dveře pražského metra: Foto autor

### Posuvné dveře vně bočnice

Také používané u vozů metra. Dveře konají vratný přímočarý pohyb na exteriéru vozu. Umístění vně vozidla zaručuje jednodušší údržbu. Dveřní mechanismus nezasahuje do nástupního prostoru a neomezuje instalaci oken na stranách dveří. [9]



Obrázek 15 - Schéma posuvných dveří vně bočnice. [9]

Dveře tohoto typu na exteriéru vozu vyčnívají a značně ovlivňují konstrukci skříně. Problémem této varianty je návrh těsnění, které vyžaduje značně komplexnější provedení. [9]



Obrázek 16 - Pousvné dveře vozu X'Trapolis 2x0. [11]

### Skládací dveře

Tento typ dveří je častěji používán u autobusů než u vlaků. Objevuje se také u starších tramvajových vozidel. Zásadní nevýhodou této konstrukce je opět její komplexita a fakt, že se dveřní segmenty při otevírání skládají do nástupního prostoru. [10]





Obrázek 17 - Skládací dveře tramvaje T3M 8042. [12]

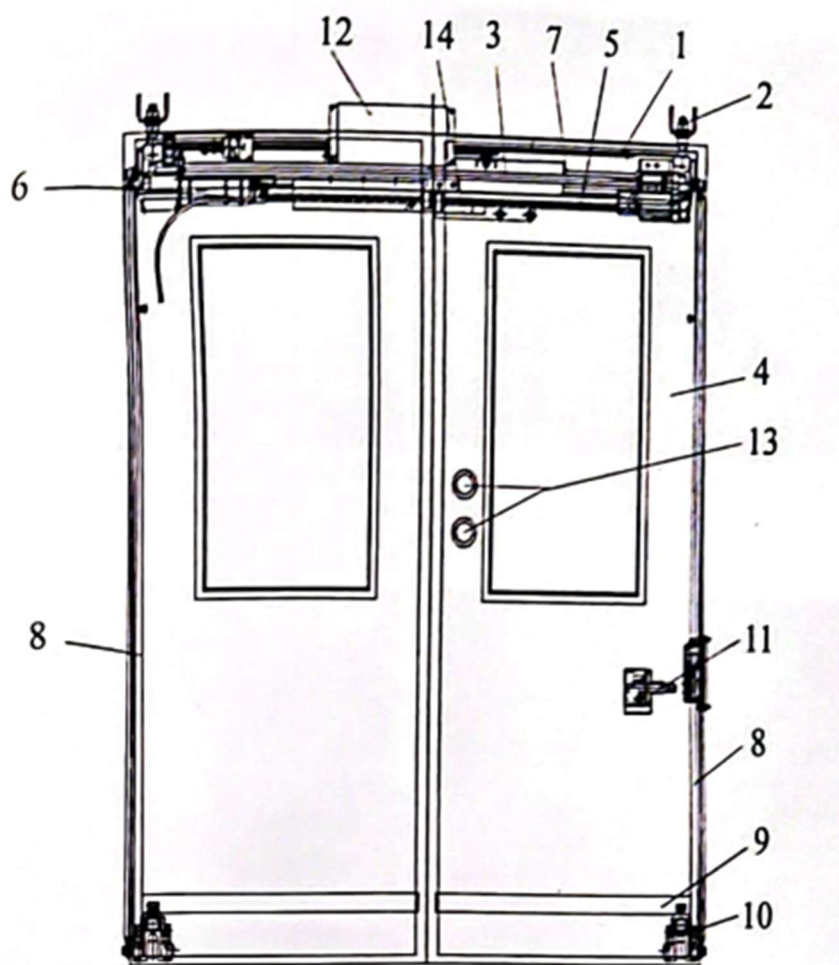
### Dveřní mechanismus

Základní částí dveřního mechanismu je deska, která nese ostatní díly, a připojuje se přímo ke skříni šroubovým spojem. Další důležitou součástí je nosná kolejnice, na kterou jsou zavěšena dveřní křídla. Pohyb dveřních křídel zajišťuje elektromotorem poháněný převodový mechanismus. Složitější pohyb představných dveří vyžaduje vedení, které zajišťuje představný pohyb. Dveřní křídla jsou vespod vedena otočným sloupkem, který je spojený se spodní vodící kladkou, která zasahuje do spodního vedení. U některých dveřních systémů je ve spodní části také blokovací mechanismus. Řídící počítač je připevněný k základní desce. [9]

Hlavní části dveřního mechanismu vyobrazené na obr. 18:

- Základní deska (Obr. 18-1)
- Spoj se skříni (Obr. 18-2)
- Nosná kolejnice (Obr. 18-3)
- Dveřní křídla (Obr. 18-4)
- Převodový mechanismus (pohybový šroub) (Obr. 18-5)
- Pohon (Obr. 18-6)

- Vodící kolejnice (Obr. 18-7)
- Otočný sloupek (Obr. 18-8)
- Spodní vedení (Obr. 18-9)
- Blokovací mechanismus (Obr. 18-10)
- Řídící počítač (Obr. 18-12)
- Tlačítka ovládání dveří (Obr. 18-13)
- Dveřní konzola (Obr. 18-14)



Obrázek 18 - Schéma dveřního mechanismu představných dveří s pohybovým šroubem. [9]

#### Převodový mechanismus

Převod dveřního mechanismu zajišťuje pohyb dveřních křídel. Pro elektricky poháněné dveřní mechanismy se nejčastěji používají pohybové šrouby, ozubené řemeny, řetězy nebo lana. [9]

## Pohybový šroub

Výhodou koncepce s pohybovým šroubem a maticí je nenáročnost dveřního mechanismu na prostor. Vřeteno je také schopno přenášet velké síly a jednoduše se připojí na hnací elektromotor. Při použití pohybového šroubu je možné realizovat předsuvný pohyb dveřních křídel pomocí dvou elektromotorů. Jeden motor zajišťuje výsuvný pohyb z roviny bočnice a druhý zajišťuje pohyb vřetena, tedy posuvný pohyb dveřních křídel podél bočnice. Nevýhodou je cena kvalitního vřetena s maticí a vyšší hlučnost v porovnání s ostatními převody. [9]

## Ozubený řemen

Převod s ozubeným řemenem představuje jednodušší a ekonomičtější konstrukční řešení díky široké škále dostupných řemenů a kladek. Řemenový převod má tichý chod a je nenáročný na prostor. Nevýhodná je nutnost napínání řemene a údržbových zásahů z důvodu vytažení. [9]

## Řetězový převod

Převod řetězem je levné a jednoduché řešení díky široké škále použitelných řetězů a kol. I tento převod je nenáročný na prostor, ale disponuje i možností přenosu velkých sil na malém prostoru. Opět je možné toto provedení realizovat pomocí dvou elektromotorů. Jedná se o hlučný převod, který vyžaduje údržbu na napínání a mazání řetězu. [9]

## Lanový převod

Lanový převod představuje levné a prostorově nenáročné řešení. Přenos sil z pohonné jednotky je složitý, a proto se se tato varianta používá jen tam, kde je možno tohoto principu naplno využít. [9]

### 2.3.2 Rozměry nástupu

Zásadními rozměry pro návrh vstupu jsou jeho šířka a výška. Tyto rozměry musí dostačovat požadavkům pro plynulý a komfortní nástup a zároveň přístupnost pro osoby na invalidním vozíku nebo cestující s kočárkem. Důležitým rozměrem je průchozí výška dveří, která musí být minimálně 1950 mm. Průchozí šířka u dvoukřídlých dveří bývá 1300 mm. Vozidla určená pro přepravu osob na invalidním vozíku musí mít alespoň jedny dveře s minimální průchozí šířkou 850 mm. Vysunutí dveří z roviny bočnice bývá 58 až 65 mm. Čím méně se dveře vysunují, tím lépe, protože zabírají méně prostoru vně vozidla. Vnitřní tlačítka pro ovládání dveří musí být ve výši 1 až 1,4 m od nástupiště. Dveře v uzavřené poloze musí být uzamčeny, ale v případě nouze musí být umožněno ruční odjištění. Rozjezd vozidla s otevřenými dveřmi by měl být znemožněn. Dveře musí být vybaveny ochrannými zařízeními, která zabrání zranění cestujících při sevření. [9] [13]

Důležitým ukazatelem je dveřnatost. Jedná se o poměr součtu šířek dveří ku celkové délce vozu. Nízká dveřnatost znamená minimální pokrytí možných nástupních pozic a omezuje cestující při výstupu i nástupu. Pro vozidla příměstské dopravy se dveřnatost pohybuje okolo 10%, u více frekventovaných spojů městské dopravy by měla být přibližně 25%, a pro dálkové vozy stačí 5%. [9]

Většina experimentů a analýz nastupování vozidel veřejné dopravy do studii prokazuje, že rozšíření dveří vede ke snížení doby prodlevy. Širší dveře ulehčují pasažérům přístup a umožňují více způsobů nastupování. Spontánní nastupování pasažérů ve dvou řadách bylo vyzkoušeno specificky u dveří o šířce nad 1800 mm. [14]

Některé studie definují doporučenou hodnotu horizontální (délka) a vertikální (výška) mezery mezi vlakem a nástupištěm. Dle těchto studií by suma obou mezer neměla přesahovat 300 mm a udávají optimální hodnotu 200 mm. Další rozměrové restriktce jsou kladeny dle požadavků pro osoby s omezením pohybu. Tito pasažéři nemohou nastoupit, pokud je vertikální rozdíl větší než 50 mm a horizontální rozdíl větší než 75 mm. Ačkoliv další studie naznačují, že v určitých případech může vyšší schod vést ke snížení doby prodlevy, s ohledem na podstatu nízkopodlažních vlaků se tato práce bude řídit výše zmíněnými restriktcemi. [14]

Velkou roli při optimalizaci vstupní procedury hraje i vnitřní rozložení vlaku. V některých případech došlo o 60 % snížení doby prodlevy u vozů s širšími dveřmi a větším nástupním prostorem. Tyto studie specificky doporučují dveře o šířce 1800 mm a nástupní prostor přesahující o 800 mm na obou stranách dveří. [14]

Většina zmíněných studií se týká nastupování do vysoce frekventovaných vozidel městské dopravy. U vozidel regionální dopravy, která převáží menší množství pasažérů než metro, je doba prodlevy podstatným, ale ne kritickým parametrem. Doba mezi spoji se u regionální kolejové dopravy pohybuje v rámci hodin. Čas, který vlak stráví ve stanici, se může lišit, například při nastupování vozičkářů pomocí vysouvací rampy.

Pro nastínění podmínek z chodu vozidla byla provedena analýza provozu vybraných spojů regionální a městské dopravy. Provozní data byla získána ze webu Idos [15]. Cílem bylo znázornit rozdíly v provozním zatížení dnešního systému spojů příměstské dopravy a vysoce frekventovaných spojů městské dopravy. Z údajů v tabulce je patrné, že vozidla městské dopravy průměrně zastavují častěji a mají značně kratší dobu mezi zastávkami, zatímco vozidla regionální dopravy mají méně zastávek a delší celkovou vzdálenost spoje. S ohledem na reálné provozní podmínky tyto údaje nemohou jednoznačně prokázat, že dnešní systémy regionálních vlaků jsou méně namáhané, ale spolehlivě poukazují na trend v jejich používání.

Tabulka 1 - Průměrná doba mezi zastávkami

	Regiopanter		Stadler RS1		Regionova		Metro		Tramvaj	
	ČB- Č.Vele- nice	ČB- Strako- nice	ČB- Ká- jov	Libe- rec-N. Město p. Smr- kem	Tábor- Jihlava	Tábor- Písek	C	B	č. 9	č.22
Dráha [Km]	50	60	96	40	99	82	20,4	25,7	17,4	20,987
Zastávky	12	17	31	11	28	12	20	24	38	44
Celkový čas [min]	47	62	150	56	135	88	35	40	50	61
Průměrná doba mezi zastávkami [min]	4,27	3,88	5,13	5,60	5,00	7,09	1,84	1,74	1,38	1,42

### 2.3.3 Funkční prvky

Mezi prvky usnadňující pohyb a přepravu patří hlavně rampy a zvedací plošiny. Nepostradatelné jsou ale i výsuvné schůdky a plošiny, které ulehčují nástup přes vertikální či horizontální mezery mezi nástupišťem a vlakem. Pro osoby s omezenou orientací je také možno vybavit vůz zvukovými a obrazovými informačními systémy, ale i obyčejnými štítky v Braillově písmu. Atraktivní funkcí je také dálkové ovládání dveří pomocí slepecké vysílačky s akustickým majáčkem. [16]

Zásadním funkčním prvkem je nouzové otevírání dveří. Jedná se o páku, která v případě nouze, nebo při údržbě, odjistí dveřní křídla a umožní ruční otevření dveří. Nouzové otevírání musí být jednoduše přístupné a výrazně označené. Nouzové odblokování dveří by mělo být zajištěno proti zneužití. [13]

Pro celkovou optimalizaci nástupu, zvláště u vysoce frekventovaných spojů, se používají také svítící značení na vnější straně dveří. Soustava signálních světel na dveřích informuje cestující a ulehčuje nástupní proceduru. Příkladem těchto systémů může být LED obrazovka, která při zavírání dveří rozsvítí červené značky, které upozorňují cestující na zavírající se dveře, ale také vizuálně zdůrazňují mezeru mezi nástupišťem a vozem. Rozsvícení zelených značek pomáhá upozornit cestující, že dveře se otevírají a umožňuje jim se vyhnout včas. [10]



Obrázek 19 – Dveřní LED signální pásy firmy TSL. [17]

Pro řízení pohybu pasažérů během nastupovací procedury je navržen systém, který indikuje cestujícím na nástupišti, jestli je nástupní prostor obsazený. Podlaha nástupního prostoru je vybavena tlakovými senzory, které zaznamenávají aktuální obsazenost. Dle této informace je poté na venkovní obrazovce zobrazeno doporučení pro cestující na nástupišti. Cílem je dát nastupujícím najevo, že by měli využít jiného vstupu, i když to není na první pohled patrné.



Dalším typem funkčního prvku mohou být systémy, které zabraňují cestujícím držet dveře otevřené. Bránění dveřím v zavření zpomaluje provoz a způsobuje poškození pohonu zavírání. V případě nefunkčních hnacích prvků není možné dveře zavřít a vlak se stává nepojízdným. Jeden z navržených systémů, které řeší tento problém, využívá gumové dveřní hrany, která je pneumaticky natlakovaná takovým způsobem, aby při zadržení dveří začala vibrovat. Cílem je způsobit nepříjemný pocit, který odradí cestující od zadržování dveřních křídel. [10]

Pro lepší využití nástupního prostoru se vozy vybavují stojany nebo závěsy na jízdní kola. Zavěšením na hák na stěně se značně zmenšuje prostor, který kolo během přepravy zabírá. Háky je nutné umístit na místo, kde zavěšená kola nepřekáží v pohybu cestujících a neomezují přístup ke dveřím nebo signálním prvkům. [9]

Bezpečnostní pás pro vozíčkáře je častým vybavením pro tramvaje městské dopravy. Na těchto spojích musí vůz kvůli ostatní dopravě a vysokému počtu zastávek často zastavovat a v případě nouze i prudce zabrzdít. U žádného z vozidel regionální dopravy analyzovaných v této práci není bezpečnostní pás pro osoby na vozíku součástí výbavy. [9]

## 2.4 Průzkum trhu

Pro účely této práce byly vybrány tři nízkopodlažní regionální jednotky, které reprezentují běžný příměstský provoz.

### 2.4.1 RegioPanter

RegioPanter je moderní elektrická jednotka, kterou České dráhy provozují v České republice od roku 2012. Tato vlaková souprava, která dosáhla mezinárodní úspěšnosti, byla k roku 2023 objednána v počtu 301 jednotek. RegioPantery jsou k dispozici v dvouvozovém, třívozovém a čtyřvozovém provedení. Všechny varianty jsou kompletně bezbariérové, včetně bezbariérového WC, což zajišťuje pohodlí pro všechny cestující. Jeho výbava obsahuje držáky na cyklistická kola, bezdrátové připojení k internetu, nebo například zásuvky pro nabití elektrických zařízení. [18] [19]

Tabulka 2 - Parametry jednotky RegioPanter

RegioPanter	Rozchod	Nástupní výška	Místa k sezení	Max. rychlost	Hmotnost vozu	Výkon motoru	Výrobce
	1435 mm	550 mm	~73	160 km/h	54 t	340 kW	Škoda Transportation

Zdroj: Seminář Segeta [18]

### Skříň

Základem konstrukce vozů RegioPanter je integrální hliníková konstrukce z velkoplošných protlačovaných profilů. Na bočnicích je 17 velkých oken, dvě poloviční okna, a 4 nástupy o šířce 1500 mm. Všechny dveře jsou umístěné mezi podvozky, takže všechny vstupy jsou nízkopodlažní. Na hrubou hliníkovou stavbu o hmotnosti 8,3 tuny je přimontována více než dvoutunová kabina strojvedoucího. Plochá střechná konstrukce uskladňuje technologické vybavení, které bývá u vysokopodlažních vozů uloženo pod podlahou. Jedná se o částečně nízkopodlažní vozidlo, u kterého jsou podvozky umístěny pod podlahou vysokopodlažní části. Spojení s nízkopodlažním prostředkem, který tvoří 65 % celkové podlahy, je provedeno rampami. [20]

Jedním z rozhodujících požadavků Českých drah při zadání projektu byla minimální světlost dveří 1500 mm. Ačkoliv byl tento požadavek později odvolán, dveře jednotek RegioPanter touto šířkou stejně disponují. [21]



Obrázek 20 - Skříň jednotky RegioPanter. [20]

### Dveřní mechanismus

Všechny jednotky jsou vybaveny dvěma páry předsuvných dveří na obou stranách vozu. Široká dveřní křídla zajišťují dostatek místa pro velká okna a prostor pro mnohé funkční prvky, kterými jsou ve voze nainstalovány. Nadprůměrná šířka dveří zajišťuje pohodlný a efektivní nástup pro osoby na invalidním vozíku, rozložení rampy, ale i naložení velkých zavazadel.

Posuvovým mechanismem u dveří jednotky RegioPanter je pohybový šroub s párem matic. K zasunutí dveřních křídel dochází až poté, co se dveře plně zavřely. Celkový zavírací proces je tedy složen ze dvou přímočarých, na sebe kolmých pohybů, a to posuvný pohyb dveřních křídel podél bočnice, a zasunutí křídel do úrovně bočnice. Vedení zajišťují dvě kruhové vodící tyče, na kterých jsou zavěšena dveřní křídla.



Obrázek 21 - Dveřní mechanismus jednotky RegioPanter: Foto autor

### Funkční prvky

Mezi funkční prvky pro zjednodušení mobility u jednotek RegioPanter patří rampa pro vozíčkáře, výsuvná plošina a výsuvné schůdky. U kompatibilních stanic nemá RegioPanter téměř žádný výškový rozdíl mezi nástupištěm a podlahou vozu. Délkový rozdíl mezi vlakem a nástupištěm je přibližně 30 mm, ale tato mezera je přemostěna vysouvacím stupínkem. Stupínek se ve stanici přímočarým pohybem automaticky vysune a v závislosti na nástupišti mezeru buď dokonale překlene, nebo ji značně zredukuje. Vzhledem k umístění stupínku pod podlahou vozu se vytváří mezi podlahou vozu a stupínkem minimální prohlubeň. Žádný z těchto rozdílů ovšem nebrání samostatnému nastoupení vozíčkáře. [18]

Dveře jsou ovládané pomocí kruhového žlutého tlačítka, které je po obvodu vybavené sadou signálních světel. Při zastavení vlaku ve stanici svítí zelená světla, indikující, že dveře je možné otevřít. Po stisknutí tlačítka se dveře začnou otevírat a současně se rozsvítí červená sada signálních světel, doprovázená zvukovým upozorněním. Zavírání dveří je automatické a jeho indikaci provádí blikající signální světlo na horní části rámu dveří a zvukové upozornění, odlišné od zvuku při otevírání.

Na následujících fotkách jsou nafoceny funkční prvky a další relevantními elementy nástupu do jednotky RegioPanter. Tyto fotky byly pořízeny na nádraží v Českých Budějovicích a jedná se o spoj S1.





Obrázek 22 - Vnější funkční prvky vstupu do jednotky RegioPanter: Foto autor

(Obr. 22-1) – Venkovní reproduktor umístěný přímo na skříni vozu. Nachází se nalevo (z pohledu zvenku) nad horní hranou dveří přibližně 400 mm od dveřního rámu. U druhého nástupu do tohoto vozu je umístěn na pravé straně dveří, takže oba reproduktory jsou mezi vstupy. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu A.

(Obr. 22-2) – Drážní zámek s čtvercovým hranolem. U všech vstupů u focené dvouvozové jednotky je umístěn přibližně 500 mm od podlahy na levém dveřním křídle. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu B.

(Obr. 22-3) – Zámek pro zamknutí dveří. Nachází se přímo pod drážním zámkem. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu B.

(Obr. 22-4) – Výsuvný stupínek. Vysunutí je prováděné automaticky s otevřením dveří.

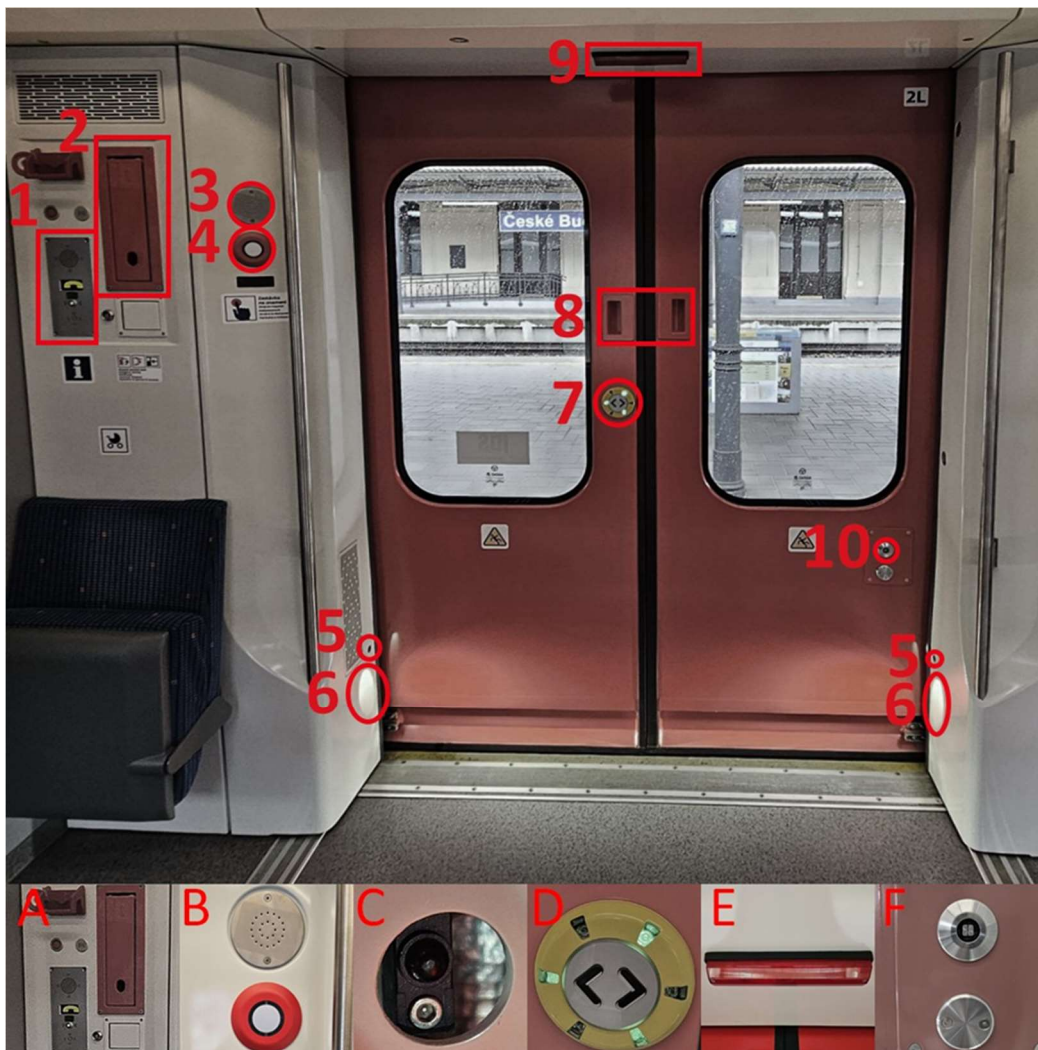
(Obr. 22-5) – Madla pro ruční otevření dveří po použití nouzového otevření dveří. Nachází se přibližně 500 mm nad podlahou vozu. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu C.

(Obr. 22-6) – Vnější tlačítko pro otevření dveří. Je umístěno na pravém dveřním křídle ve výšce přibližně 600 mm od podlahy vozu. Jedná se o jediné tlačítko, kterým cestující může zvenku otevřít dveře. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu C.

(Obr. 22-7) – Piezo reproduktor, který signalizuje pohyb dveřních křídel. Nachází se přímo na pravém dveřním křídle ve výšce přibližně 1700 mm nad podlahou vozu. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu D.

(Obr. 22-8) – Vnější nouzové otevírání dveří. Je umístěno přibližně 300 mm napravo od vstupu ve výšce cca 800 mm od podlahy. U druhého vstupu do tohoto vozu je nouzové otevírání umístěno na levé straně dveří, takže ani jeden z těchto prvků se nenachází mezi vstupy. V případě nouze, nebo při údržbě, jsou dveře odblokovány zatažením páky k sobě. Jednoduchý pohyb páky je intuitivní pro cestující a výhodný pro vyvinutí dostatečné síly na uvolnění dveří. Páka v základní poloze na exteriéru nevyčnívá. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu E.

(Obr. 22-9) – Tlačítko pro cestující na invalidním vozíku, kterým signalizují obsluze, že je vyžadují asistenci. Je umístěné přibližně 800 mm napravo od vstupu ve výšce cca 500 mm. V této poloze je tlačítko přístupné i s otevřenými dveřmi. Bližší pohled je na obr. 22 v detailu F.



Obrázek 23 - Vnitřní funkční prvky vstupu do jednotky RegioPanter: Foto autor

(Obr. 23-1) – Komunikační systém. Je umístěn přibližně 1400 mm od podlahy nad vyklápěcím sedadlem. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu A.

(Obr. 23-2) – Vnitřní nouzové otevírání dveří. Nachází nalevo (z pohledu zevnitř) od dveří ve výšce cca 1500 mm nad podlahou. Poloha vnitřního nouzového otevírání je tedy v porovnání s vnějším na opačné straně dveří. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu A.

(Obr. 23-3) – Vnitřní piezo reproduktor pro upozornění na zavírání a otevírání dveří. Narozdíl od vnějšího signálního reproduktoru, který se nachází přímo na dveřích, je tento reproduktor umístěn vlevo od dveří na interiérové stěně ve výšce cca 1700 mm nad podlahou. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu B.

(Obr. 23-4) – Tlačítko pro zastávku na znamení. Stisknutí signalizuje řidiči přání zastavit vozidlo. Je umístěno na stěně pod vnitřním reproduktorem. Umístění v nástupním prostoru je výhodné pro pasažéry s kočárky, nebo invalidním vozíkem. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu B.

(Obr. 23-5) – Laserové čidlo pro kontrolu překážky v dveřním prostoru. Nachází se na obou stranách nástupu ve výšce přibližně 300 mm. V některých vozech může také být provedení s reflexní odrazkou. Pokud u vstupu nachází překážka, která přeruší laserový paprsek, nedojde k automatickému zavření dveří. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu C.

(Obr. 23-6) – Osvětlení prahu nástupu. Bezpečnostní osvětlení zdůrazňuje vstup a snižuje risk zakopnutí.

(Obr. 23-7) – Vnitřní tlačítko pro otevírání dveří. Toto tlačítko je výhodně umístěno na vnitřní straně dveří ve stejné pozici jako vnější spínač. Jedná se o jediné vnitřní tlačítko, kterým mohou pasažéři dveře otevřít. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu D.

(Obr. 23-8) - Madla pro ruční otevření dveří po použití nouzového otevření dveří. U tohoto vstupu jsou umístěna ve výšce cca 1300 mm nad podlahou.

(Obr. 23-9) – Výstražné světlo. Při pohybu dveřních křídel světlo začne blikat červenou barvou jako upozornění pro cestující. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu E.

(Obr. 23-10) – Drážní zámek s čtvercovým hranolem. Umístění na vnitřní straně je stejné jako na vnější. Bližší pohled je na obr. 23 v detailu F.

#### 2.4.2 Stadler RegioShuttle RS1

Stadler RS1 je nízkopodlažní železniční jednotka, která se poprvé objevila v polovině devadesátých let dvacátého století. Původně ji vyráběla německá firma ADtranz, později výrobu převzala švýcarská společnost Stadler Rail. Celkem bylo vyrobeno okolo 500 kusů těchto jednotek, přičemž jejich výroba skončila v roce 2013. České dráhy začaly tyto jednotky používat po roce 2012. Úspěch tohoto vozidla lze přičíst k jeho nízké hmotnosti a vysokému měrnému výkonu. Tyto jednotky, navzdory jejich stáří, jsou často renovované a aktualizované dle nových požadavků a regulací. [22] [23]



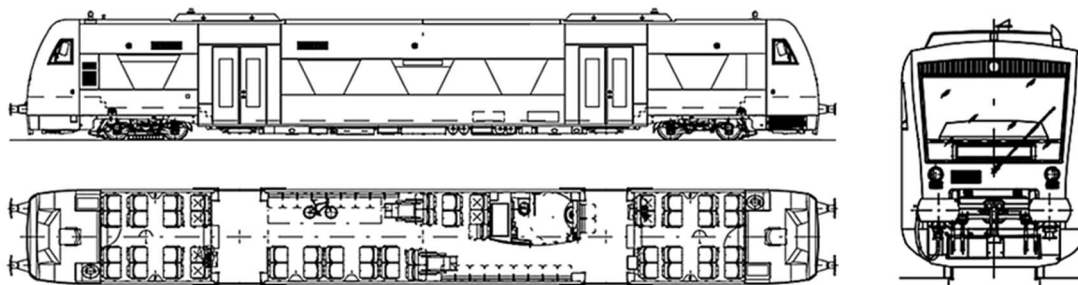
Tabulka 3 - Parametry jednotky Stadler RegioShuttle RS1

RegioPan-ter	Rozchod	Nástupní výška	Místa k sezení	Max. rychlost	Hmotnost vozu	Výkon motoru	Výrobce
	1435 mm	600 mm	71	120 km/h	45 t	257 kW	ADtranz, Stadler Rail

Zdroj: Základní technické údaje Stadler Regio-Shuttle RS1 [24]

### Skříň

Stadler RS1 se vyznačuje klasickou skříň z ocelových profilů, na které jsou přímo připojeny bočnice v podobě sendvičových desek o tloušťce 20 mm. Skříň byla navržena jako lehká konstrukce o vysoké tuhosti a byla dimenzována na podélné stlačení 1500 kN. Vůz je z 65 % a všechny vstupy jsou umístěné v nízkopodlažní části mezi podvozky. Na bočnicích je 13 oken, která jsou oddělená charakteristickými šikmými sloupky, a 2 okna do kabiny strojvedoucího. [24]



Obrázek 24 - Typový výkres jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1. [25]

### Dveřní mechanismus

Vůz má na obou stranách pár předsuvných dvoukřídlých dveří o šířce 1300 mm. Jako převodový mechanismus byl použit ozubený řemen s elektrickým pohonem. Dveřní křídla jsou nesena lineárním vedením, které je při zavírání zataženo, čímž jsou křídla vyrovnána do úrovně bočnice.



Obrázek 25 - Dveřní mechanismus jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1: Foto autor

### Funkční prvky

U jednotek RS1, které nebyly uzpůsobené pro výšku nástupiště 550 mm nad temenem kolejnice, je poměrně značná mezera a výškový rozdíl, což může vézt ke komplikacím nástupu. Některé jednotky, specificky zrenovované vozy Regio-Shuttle RS1, jsou vybaveny jak rampou, tak i výsuvným stupínkem. [26]

Ovládní dveří je řešeno pomocí kruhového žlutého tlačítka, které je po obvodu vybavené sadou signálních světel. Zavírání není automatické, a tlačítka na vnitřní straně křídel jsou při otevřených dveřích ukryta. Z tohoto důvodu je vůz vybaven dalším tlačítkem, které je umístěné na interiérové stěně u vchodu. Začátek zavíracího procesu je indikován zvukovým upozorněním. Dveřní křídla nejsou vybavena madly

Na následujících fotkách jsou nafoceny funkční prvky a další relevantními elementy nástupu do jednotky Stadler RS1. Tyto fotky byly pořízeny na nádraží v Českých Budějovicích a jedná se o spoj S4.



Obrázek 26 - Vnější funkční prvky nástupu do jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1: Foto autor



(Obr. 26-1) – Drážní zámek s čtvercovým hranolem. Nachází se na levé straně dveří ve výšce přibližně 650 mm nad podlahou. Bližší pohled je na obr. 26 v detailu A.

(Obr. 26-2) – Zámek pro zamknutí dveří. Je umístěn nalevo od dveří ve výšce cca 260 mm nad podlahou. Bližší pohled je na obr. 26 v detailu B.

(Obr. 26-3) – Vnější tlačítka otevírání dveří. Obě tlačítka se nacházejí na pravém křídle (z pohledu zvenku). Spodní tlačítko Spodní tlačítko je umístěno ve výšce cca 1000 mm nad podlahou vozu a horní tlačítko se nachází přibližně o 300 mm nad ním. Bližší pohled je na obr. 26 v detailu C.

Jeden vstup je také vybaven tlačítkem pro cestující na invalidním vozíku, kterým signalizují obsluze, že je vyžadují asistenci. Je umístěné přibližně 1000 mm napravo od vstupu ve výšce cca 1000 mm. V této poloze je tlačítko přístupné i s otevřenými dveřmi. Tlačítko je vyfoceno na obr. 26 v detailu D.



Obrázek 27 - Vnitřní funkční prvky nástupu jednotky Stadler Regio-Shuttle RS1: Foto autor

(Obr. 27-1) - Komunikační systém. Je umístěn přibližně 800 mm od podlahy na interiérové stěně nalevo dveří. Bližší pohled je na obr. 27 v detailu A.

(Obr. 27-2) - Vnitřní tlačítko pro otevírání dveří. Toto tlačítko je výhodně umístěno na vnitřní straně dveří ve stejné pozici jako vnější spínač. Bližší pohled je na obr. 27 v detailu B.

(Obr. 27-3) – Vnitřní tlačítko pro otevírání dveří umístěné na interiérové stěně ve výšce cca 1200 mm nad podlahou vozu. Vzhledem k tomu, že zavírání dveří není automatizované, je potřeba dalšího tlačítka pro zavření dveří, protože v otevřené poloze je vnitřní tlačítko na dveřích nepřístupné.

(Obr. 27-4) – Nouzové otevírání dveří. Nachází se vpravo od vstupu na interiérové stěně ve výšce cca 1800 mm. Otočením páky po směru hodinových ručiček ze svislé polohy dojde k uvolnění dveřních křídel a cestující mohou v případě nouze dveře samy otevřít. Páka vyčnívá z interiéru a její poloha v kombinaci se směrem otáčení se zdá neergonomická. Bližší pohled je na obr. 27 v detailu D.

(Obr. 27-5) – Čidlo detekce překážky ve dveřním prostoru, případně kamerový systém. Je umístěno na horní části rámu dveří. Bližší pohled je na obr. 27 v detailu C

### 2.4.3 Regionova

Regionova je částečně nízkopodlažní motorová jednotka, která vznikla modernizací motorových vozů řady 810 a přípojných vozů řady 010, které vyrobila Vagónka Studénka (později Škoda Vagonka). Tato modernizace probíhala v letech 2005 až 2012 ve firmě Pars nova, která celkem zrenovovala celkem 236 těchto jednotek. Motorové jednotky řady 814, které provozují České dráhy a GW Train, jezdí v dvouvo-  
zovém a třívo-  
zovém provedení s řídicím vozem řady 914. [27]

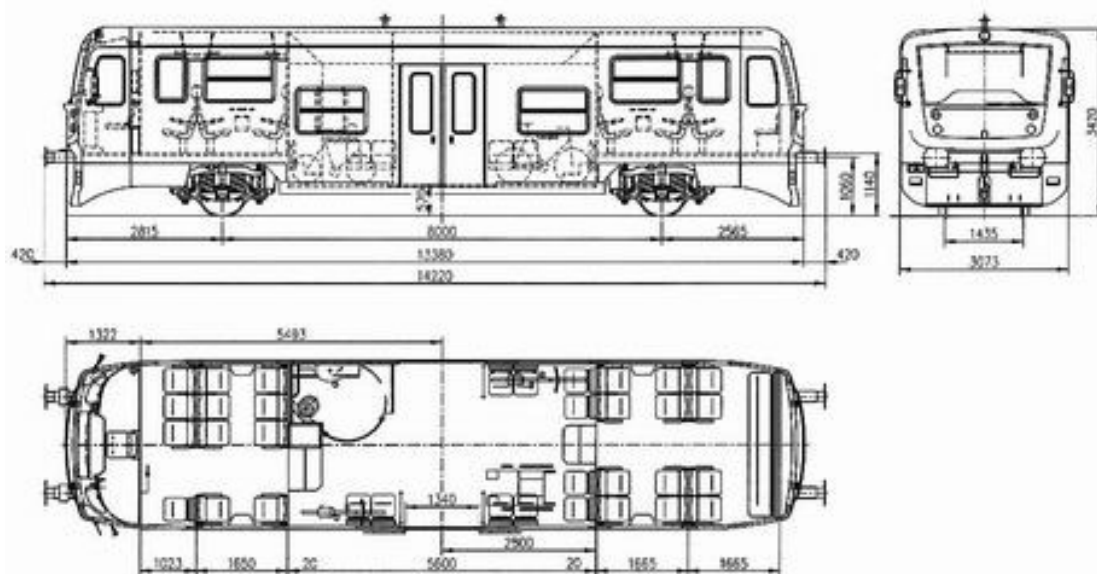
Tabulka 4 - Parametry jednotky Regionova

Regionova	Rozchod	Nástupní výška	Místa k se- zení	Max. rych- lost	Hmotnost vozu	Výkon mo- toru	Výrobce
	1435 mm	570 mm	48	120 km/h	54 t	37,6 kW	Vagónka Studénka

Zdroj: Atlas lokomotiv [27]

### Skříň

Původní samonosná ocelová skříň vozu řady 810 byla zachována a zrenovována. Jedná se o proces, během kterého byla celá konstrukce začištěna, zrezlé či poškozené ocelové pláty byly vyměněny. Namísto původních čel v místě kabiny strojvedoucího byly přilepeny laminátová čela s neděleným čelním sklem. Jednotka řady 914 je částečně nízkopodlažní a je vybavena jedním vstupem s dvoukřídlými dveřmi v prostoru mezi podvozky. Na obou bočnicích je celkem 6 oken a jedno okno do kabiny strojvedoucího. [27]

**Typový výkres: Pars nova**

Obrázek 28 - Typový výkres jednotky řídicího vozu řady 914. [28]

**Dveřní mechanismus**

Vůz má na obou stranách dvoukřídlé předsuvné dveře o šířce 1280 mm. Pohon dveří je pneumatický a pohyb křídel zajišťují dva písty umístěné za kruhovými vodícími tyčemi. Tyto tyče jsou uloženy na otočných ramenech, které zajišťují předsuvný pohyb při otevírání.



Obrázek 29 - Dveřní mechanismus jednotky Regionova: Foto autor

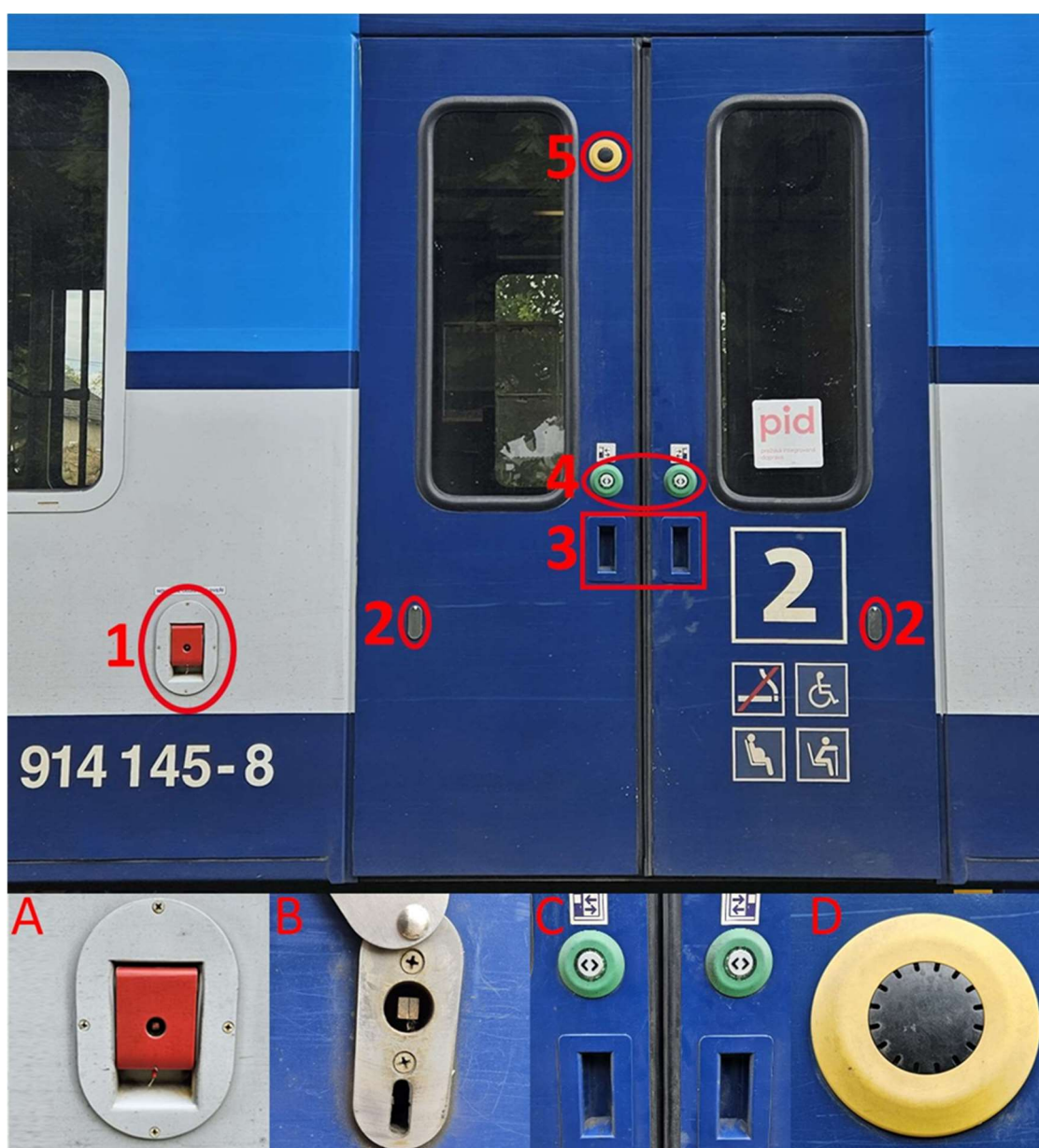


### Funkční prvky

Jednotky Regionova jsou vybaveny nastavitelnou rampou, jejíž umístění umožňuje nástup osob na invalidním vozíku. Absence výsuvného stupínku může být problémová zvláště u nepřizpůsobených nástupišť.

Dveře jsou ovládané pomocí kruhového tlačítka se zeleným obrysem, které je po obvodu vybavené signálními světly. Při zastavení vlaku ve stanici svítí zelená světla, indikující, že dveře je možné otevřít. Po stisknutí tlačítka se dveře začnou otevírat a současně se rozsvítí červená sada signálních světel, doprovázená zvukovým upozorněním. Zavírání dveří je automatické a jeho indikaci provádí zvukové upozornění. Kvůli pohonu pomocí dvou pneumatických pístů není pohyb dveřních křídel na sebe vázaný, což způsobuje nutnost umístění některých funkčních prvků na obou křídlech.

Na následujících fotkách jsou nafoceny funkční prvky a další relevantními elementy nástupu do jednotky Regionova. Tyto fotky byly pořízeny na nádraží v Táboře a jedná se o spoj S13.



Obrázek 30 - Vnější funkční prvky nástupu jednotky Regionova: Foto autor

(Obr. 30-1) – Vnější nouzové otevírání dveří. Je umístěno přibližně 300 mm nalevo od vstupu ve výšce cca 500 mm od podlahy. V případě nouze, nebo při údržbě, jsou dveře odblokovány zatažením páky k sobě. Páka v základní poloze na exteriéru nevyčívá. Bližší pohled je na obr. 30 v detailu A.

(Obr. 30-2 – Drážni zámek s čtvercovým hnanolem. Zámek je umístěn přibližně 550 mm od podlahy na levém dveřním křídle. Bližší pohled je na obr. 30 v detailu B.

(Obr. 30-3) – Madla pro ruční otevření dveří po použití nouzového otevření dveří. Nachází se přibližně 700 mm nad podlahou vozu. Bližší pohled je na obr. 30 v detailu C.

(Obr. 30-4) – Vnější tlačítka pro otevření dveří. Je umístěno na obou křídlech ve výšce přibližně 800 mm od podlahy vozu. Bližší pohled je na obr. 30 v detailu C.

(Obr. 30-5) – Piezo reproduktor, který signalizuje pohyb dveřních křídel. Nachází se přímo na levém dveřním křídle ve výšce přibližně 1700 mm nad podlahou vozu. Bližší pohled je na obr. 30 v detailu D.



Obrázek 31 - Vnitřní funkční prvky nástupu jednotky Regionova: Foto autor

(Obr. 31-1) – Vnitřní piezo reproduktor pro upozornění na zavírání a otevírání dveří. Narozdíl od vnějšího signálního reproduktoru, který se nachází přímo na dveřích, je tento reproduktor umístěný vlevo od dveří na interiérové stěně ve výšce cca 1700 mm nad podlahou. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu B.

(Obr. 31-2) – Vnitřní tlačítka pro otevírání dveří. Tyto tlačítka jsou umístěna na interiérové stěně ve výšce cca 1500 mm. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu A.

(Obr. 31-3) – Vnitřní nouzové otevírání dveří. Obě křídla mají vlastní páku, která se nachází na interiérové stěně ve výšce cca 1400 mm. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu C.

(Obr. 31-4) – Madla pro ruční otevření dveří po použití nouzového otevření dveří. U tohoto vstupu jsou umístěna ve výšce cca 1450 mm nad podlahou. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu D.

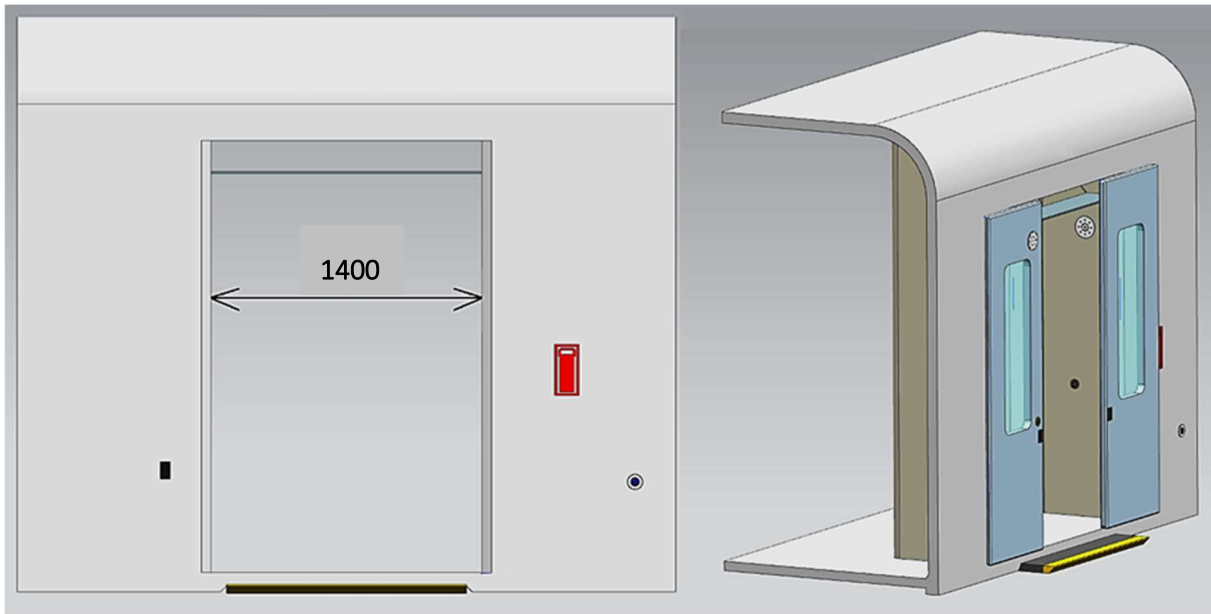
(Obr. 31-5) – Odblokování dveří pro možnosti údržby. Nachází se na obou stranách dveří ve výšce cca 700 mm. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu E.

(Obr. 31-6) – Fotosenzor pro kontrolu překážky v dveřním prostoru. Je umístěn na pravé straně dveří ve výšce cca 300 mm. Bližší pohled je na obr. 31 v detailu F.

### 3 Návrh konstrukčního řešení

#### 3.1 Navržení parametrů pro návrh dveřního mechanismu

<i>Šířka dveří:</i>	<i>1400 mm</i>
Zvoleno na základě vytyčených požadavků.	
<i>Provedení dveří:</i>	<i>Předsuvné</i>
Zvoleno na základě vytyčených požadavků.	
<i>Předsuvná vzdálenost:</i>	<i>55 mm</i>
Zvoleno na základě průzkumu trhu.	
<i>Rychlost posuvu dveřního křídla:</i>	<i>0.3 m/s</i>
Zvoleno na základě údajů v katalogách výrobců dveřních systémů [29]	
<i>Váha dveřního křídla:</i>	<i>80 kg</i>
Zvoleno na základě údajů v katalogách výrobců dveřních systémů [29]	
<i>Výškový rozměr dveřního mechanismu</i>	<i>max 200 mm</i>
Zvoleno na základě údajů v katalogách výrobců dveřních systémů [29]	

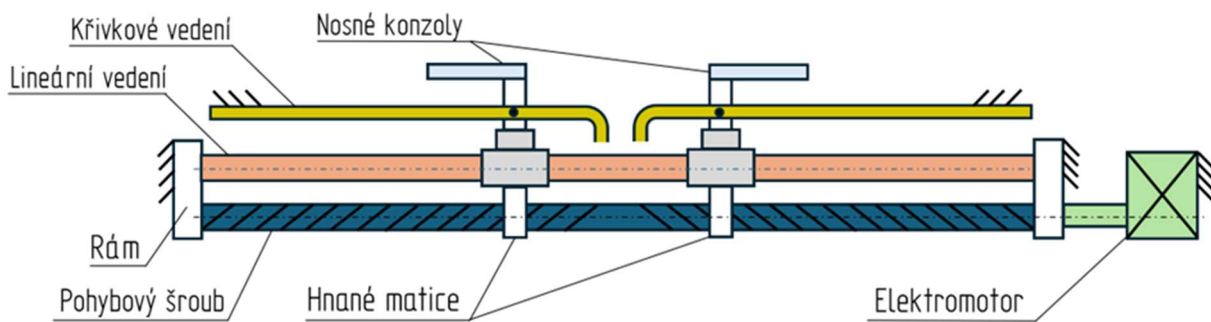


Obrázek 32 - Maketa navrženého vstupu: Foto autor

## 3.2 Návrh možných koncepčních řešení

### 3.2.1 Varianta A

Tato varianta využívá pohybového šroubu jako převodový mechanismus pro pohyb dveřních křídel. Šroub má 2 závity, každý v opačném smyslu. Elektromotor roztáčí vřeteno, čímž dochází k přímočarému pohybu matic, které jsou spojené s pouzdry na vodící tyči. Toto vedení plní nosnou funkci a musí zvládat tíhové zatížení od dveřních křídel. Na pouzdech jsou posuvně uloženy konzoly, na které jsou přímo připojeny dveřní křídla. Posuvné uložení konzoly je zásadní, protože v kombinaci s křivkovým vedením umožňuje vysunutí dveří před bočnici.

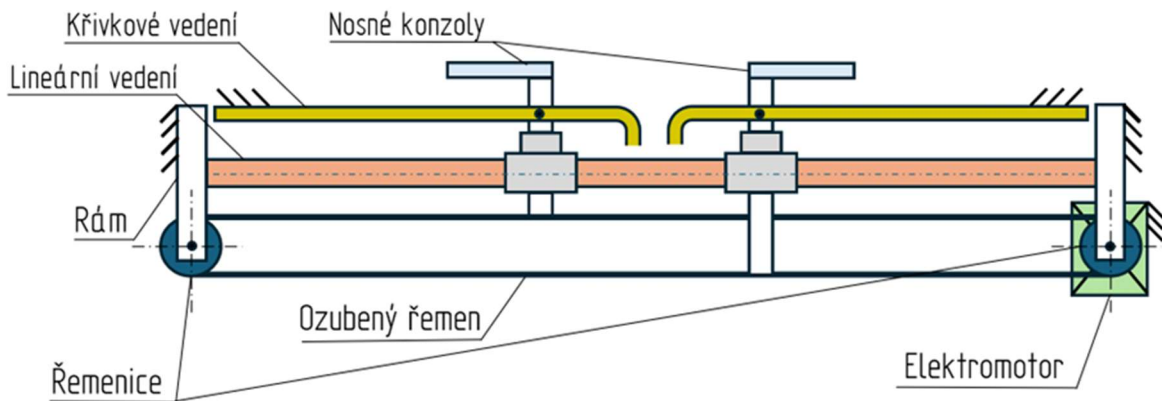


Obrázek 33 - Schéma varianty A

### 3.2.2 Varianta B

Další variantou je převod s ozubeným řemenem. Na obou okrajích mechanismu je umístěna řemenice, na kterou je napnut ozubený řemen. Pouzdra vodící tyče jsou připojena na řemen tak, aby byly hnány opačnými směry. Konzoly, na které je připojené dveřní křídlo, jsou posuvně uloženy na pouzdech. Křivkové vedení udává dráhu pohybu dveřních křídel a tím zajišťuje výsuvný pohyb.

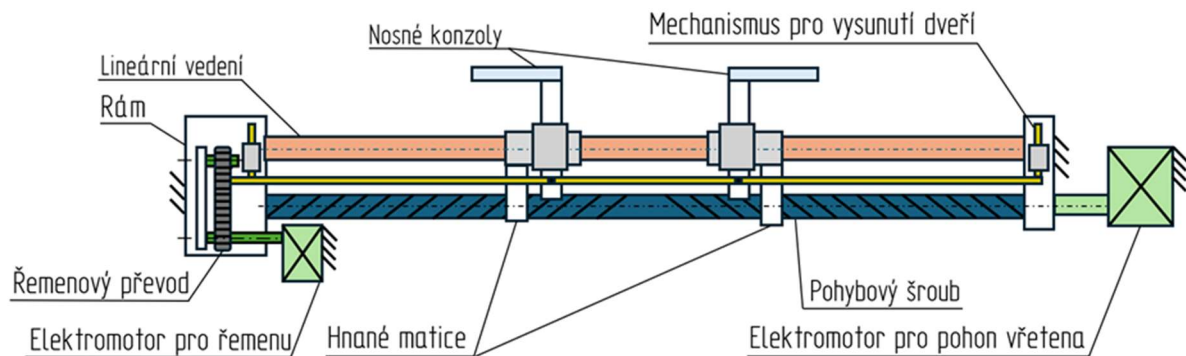




Obrázek 34 - Schéma varianty B

### 3.2.3 Varianta C

U varianty C je jako převodový mechanismus opět využít pohybový šroub. Hnané matice jsou spojeny s pouzdry na vodící tyči, ve kterých jsou posuvně uloženy nosné konzoly. Zásadním rozdílem tohoto návrhu je přidání dalšího elektromotoru, který pohání výsuvný mechanismus. Druhý elektromotor pohání řemenový převod, který přenáší přímočarý pohyb na posuvně uložený výsuvný mechanismus. Toto provedení přináší širší možnosti pro zavírací proceduru a návrh dveřních křídel.



Obrázek 35 - Schéma varianty C

### 3.2.4 Výběr vhodné varianty

Na základě určených požadavků a specifikovaných parametrů byla vytvořena výběrová kritéria, která jsou opatřena indexem od 1 do 4 dle důležitosti.

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Hmotnost (4):                   | Snižování hmotnosti je základním principem lehké stavby, které vede k menším výrobním i provozním nákladům [6].   |
| Rozměry (3):                    | Zmenšením dveřního mechanismu je lépe využít vnitřní prostor vozidla a zvyšují se možnosti interiérového návrhu. Zásadní je zde minimální výškový rozměr mechanismu pro maximalizaci využití dveřních křídel. |
| Vhodnost na široké nástupy (3): | Vzhledem k navržené světlosti dveří je nutné vybrat mechanismus, který si zachová účinnost a spolehlivost i při dlouhých pracovních rozměrech.  |



Složitost konstrukce (2):	Tento parametr ovlivňuje výrobní a údržbové nároky.
Finanční náročnost (3):	Při návrhu je důležité vzít v potaz i ekonomické hledisko.
Montážní náročnost (3):	Údržba by měla být rychlá a nenáročná. U dveřních mechanismů pro kolejová vozidla je předpokladem dlouhá doba mezi servisními operacemi.
Únavové vlastnosti (3):	Převodový mechanismus musí vydržet dlouhé a opakované střídavé namáhání.
Hlasitost provozu (1):	Tento parametr má zásadní dopad na komfort jízdy.
Náchylnost k poruchám (2):	Dveřní mechanismus je zásadním prvkem kolejového vozů a v případě jeho selhání je nutné vozidlo odstavit z provozu.
Přizpůsobivost (2):	Tento údaj hodnotí vhodnost konstrukce pro různé druhy dveřních křídel a skříní.

Podle těchto kritérií byla každá z variant ohodnocena od nejméně vhodných po nejlepší na stupnici od 1 do 4. Po úpravě indexem důležitosti dosáhla nejlepšího celkového hodnocení varianta A.

Tabulka 5 - SWOT analýza vybraných variant

SOWT Hodnocení koncepčních variant							
Hodnotící kritéria		Varianty a dílčí součiny					
	Index	A		B		C	
Hmotnost	4	3	12	4	16	2	8
Rozměry	3	4	12	3	9	3	9
Vhodnost na široké nástupy	3	4	12	2	6	4	12
Složitost konstrukce	2	4	8	3	6	2	4
Finanční náročnost	3	3	9	4	12	2	6
Montážní náročnost	3	3	9	2	6	2	6
Únavové vlastnosti	3	3	9	2	6	3	9
Hlasitost provozu	1	2	2	3	3	2	2
Náchylnost k poruchám	2	3	6	3	6	2	4
Přizpůsobivost	2	2	4	2	4	4	8
Součet hodnocení			83		74		68

### 3.3 Hrubý konstrukční návrh vybrané varianty

Základem hrubého konstrukčního návrhu je pohybový šroub. Pro zvýšení efektivity převodu byl zvolen kuličkový šroub. Rozměry pro výrobu šroubu byly navrženy dle katalogu firmy HIWIN [30]. Pro transportní zařízení, u kterých není vyžadována vysoká přesnost, jsou doporučeny válcované kuličkové šrouby.

Jmenovitý průměr šroubu	16 mm
Stoupání	16 mm
Střední průměr šroubu	13 mm
Označení matice	R16-16K3-FSCDIN
Dynamická únosnost	9100 N

#### 3.3.1 Kontrola šroubové hřídele

Norma ČSN EN 14752 [13] udává, že maximální síla, kterou mohou při zavírání dveřní křídla vyvolat, musí mít hodnotu 300 N. Pro výpočet potřebné síly pro zavření dveřního křídla  $F_A$  přičteme k této hodnotě sílu  $F_x$ , což je odporová síla v posuvném vedení, která byla spočítána s váhou dveřního křídla a statickým součinitelem tření pro mazaný bronz/ocel. Třecí účinky v kuličkovém vedení byly zanedbány.

$$F_x = m * g * f_s = 80 * 9,81 * 0,1 = 78,48 \text{ N} \quad (1)$$

$$F_A = 300 + F_x = 378,48 \text{ N} \quad (2)$$

Šroub bude uložen na dvou axiálních ložiskách s kosoúhlým stykem 7206. Průměr hřídele pod ložisky je 12 mm. Na tomto průměru se také nachází drážka pro pero. Celá šroubová hřídel bude zkontrolována na tah, krut a ohyb. Výsledná hodnota redukovaného napětí (Guest) bude zkontrolována dle katalogové meze kluzu materiálu CF53 [30]. Tahové napětí bude vypočítáno pro střední průměr šroubu.

$$\sigma_t = \frac{F_A}{S} = \frac{378,48}{\frac{\pi * 0,013^2}{4}} = 2,851 \text{ MPa} \quad (3)$$

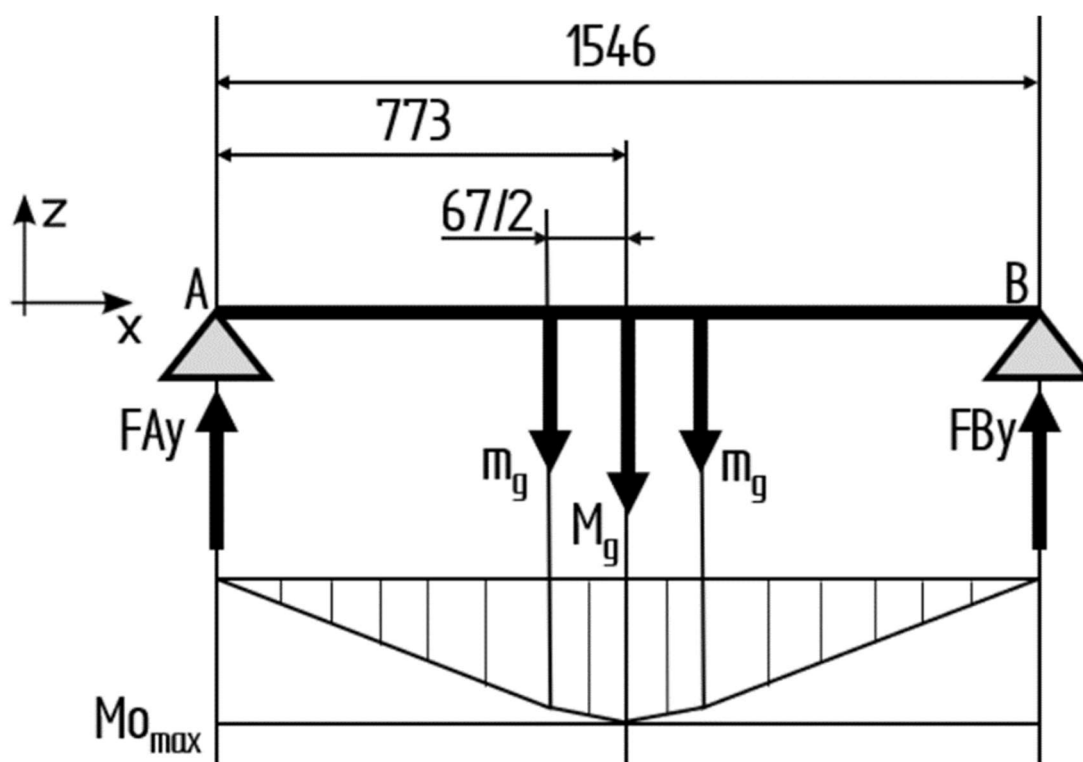
Pro kontrolu na krut je nutné vypočítat potřebný kroučící moment pro otevření dveří. Moment  $M_k$  bude vypočítán pomocí síly  $F_A$  a stoupání šroubu. Hodnota účinnosti kuličkových šroubů je 95 % [31]. Výsledný moment  $M_c$  bude dvojnásobkem momentu pro pohon jednoho křídla. Napětí v krutu bude vypočítáno pro průměr v drážce pro pero  $d_p = 9,6$  mm.

$$M_k = F_A * \frac{p_h}{2 * \pi * \eta} = 378,48 * \frac{0,016}{2 * \pi * 0,95} = 1,0145 \text{ Nm} \quad (4)$$

$$M_c = 2 * M_k = 2,03 \text{ Nm} \quad (5)$$

$$\tau_k = \frac{M_c}{W_k} = \frac{2,03}{\frac{\pi * 0,0096^3}{16}} = 11,686 \text{ MPa} \quad (6)$$

Napětí v ohybu bude opět počítáno pro střední průměr šroubu. Síla  $m_g$  je tíhová síla od matice, která byla vypočítána z její katalogové váhy.  $M_g$  je tíhová síla šroubu vypočítaná v CAD programu Siemens NX. Výpočet bude proveden pro pozici matic s největším ohybovým momentem.



Obrázek 36 - Diagram napětí v ohybu šroubové hřídele

$$m_g = 0,3 * 9,81 = 2,943 \text{ N} \quad M_g = 2,153 * 9,81 = 21,121 \text{ N} \quad (7)$$

$$M_A: m_g * 0,7395 + M_g * 0,773 + m_g * 0,8065 - F_{By} * 1,546 = 0 \quad (8)$$

$$F_{By} = \frac{2,943 * 0,7395 + 21,121 * 0,773 + 2,943 * 0,8065}{1,546} = 13,504 \text{ N} \quad (9)$$

$$y: F_{Ay} - m_g - M_g - m_g + F_{By} = 0 \quad (10)$$

$$F_{Ay} = 2,943 + 21,121 + 2,943 - 13,504 = 13,504 \text{ N} \quad (11)$$

$$M_{omax} = F_{Ay} * 0,773 - m_g * 0,0335 = 13,504 * 0,773 - 2,943 * 0,0335 = 10,34 \text{ Nm} \quad (12)$$

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{10,34}{\frac{\pi * 0,013^3}{32}} = 47,939 \text{ MPa} \quad (13)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_N^2 + 4 * \tau_k^2} = \sqrt{(47,939 + 2,851)^2 + 4 * 11,686^2} = 55,909 \text{ MPa} \quad (14)$$

Minimální hodnota meze kluzu pro ocel CF53 je 284 MPa [32]. Hodnota bezpečnostního součinitele byla zvolena 5.

$$R_e = \sigma_{red} * s = 55,909 * 5 = 279,545 \text{ MPa} \quad (15)$$

$$R_e < R_{emin} \Rightarrow \text{materiál vyhovuje} \quad (16)$$

Dále bude provedena kontrola matice dle katalogové hodnoty dynamické únosnosti  $C_{dyn} = 9100 \text{ N}$  [30]. Pro výpočet je nutné určit provozní otáčky pro zvolenou rychlost dveřního křídla. Hodnota trvanlivosti byla zvolena 20 000 hodin.

$$n = \frac{v}{p_h} = \frac{0,3}{0,016} = 1125 \text{ min}^{-1} \quad (17)$$

$$C = \sqrt[3]{L_h * \frac{n}{16666} * F_A} = \sqrt[3]{20000 * \frac{1125}{16666} * 378,48} = 4183,052 \text{ N} \quad (18)$$

$$C < C_{dyn} \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (19)$$

Maximální otáčky jsou zkontrolovány dle katalogového koeficientu [33] pro transportní šrouby.

$$n_{max} = \frac{100000}{d_0} = \frac{100000}{16} = 6250 \text{ min}^{-1} \quad (20)$$

$$n_{max} > n \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (21)$$

Pro kontrolu šroubu na vzpěr bude použita maximální možná vzdálenost mezi maticemi. Pro Youngův modulu pružnosti byla oceli byla použita hodnota 210000 MPa.

$$F_{kr} = k * \frac{\pi * d}{64} * E = \left(\frac{3}{2} * \pi\right)^2 * \frac{\pi * 0,013^4}{64} * 2,1 * 10^{11} = 3224,222 \text{ N} \quad (22)$$

$$F_{kr} < F_A \Rightarrow \text{vyhovuje} \quad (23)$$

### 3.3.2 Návrh pohonu

Výkon pro otevření jednoho křídla  $P_s$  byl vypočítán pomocí síly  $F_A$  a požadované rychlosti zavírání. Celkový potřebný výkon  $P_c$  je dvojnásobkem výkonu  $P_s$ .

$$P_s = F * v = 378,48 * 0,3 = 113,544 \text{ W} \quad (24)$$

$$P_c = 2 * P_s = 227,088 \text{ W} \quad (25)$$

Na základě výkonu a kroutícího momentu byl zvolen motor 3EL071M4C z katalogu firmy ELK motor. [34]

$$P_{motor} = 250 \text{ W}$$

$$M_{záběrový} = 2,2 \text{ Nm}$$

$$n_{motor} = 1435 \text{ min}^{-1}$$

$$m_{motor} = 6,8 \text{ kg}$$

$$d_{hřídele} = 14 \text{ mm}$$

### 3.3.3 Kontrola vodící tyče

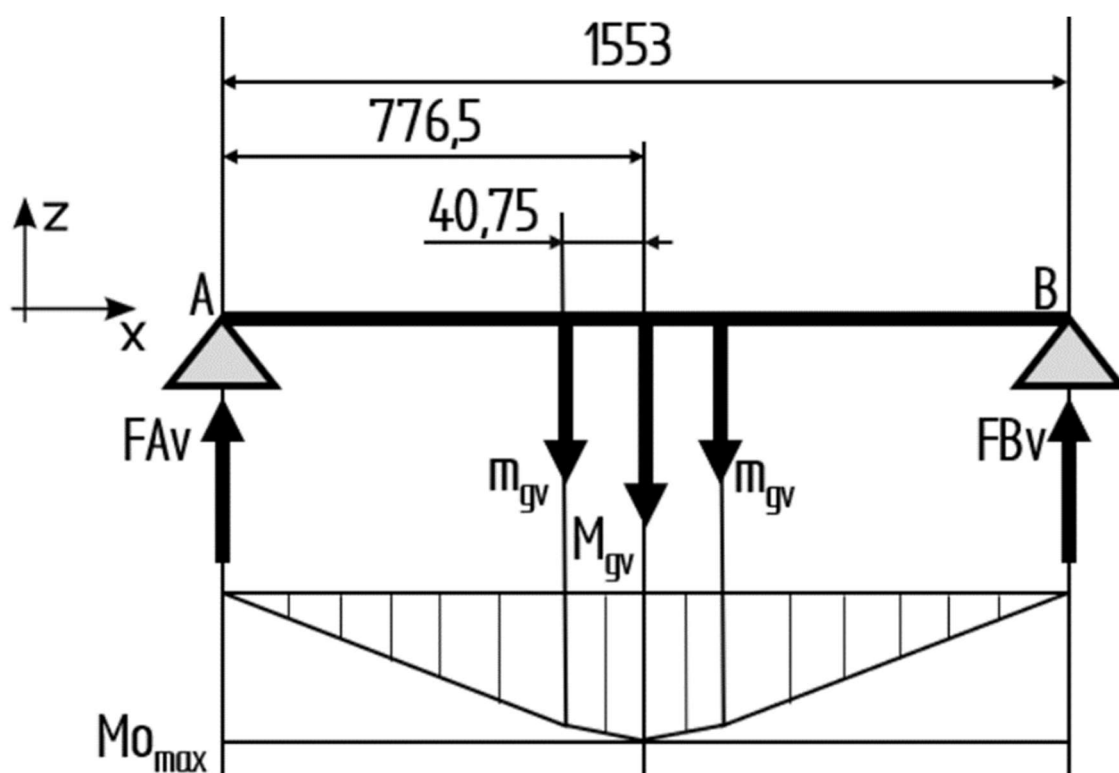
Pro vedení nosných konzol byla zvolena dutá kruhová vodící tyč WH 40 firmy VK Ložiska [35]. Jedná se o indukčně kalenou tyč z oceli C60.

$d_{\text{vnější}} = 40 \text{ mm}$

$d_{\text{vnitřní}} = 28 \text{ mm}$

$m_{\text{tyče}} = 5,03 \text{ kg/m}$

Vodící tyč je namáhána převážně na ohyb. Pro výpočet ohybového napětí musí být vypočtena tíhová síla sestavy s konzolou a dveřními křídly  $m_{\text{gv}}$  a tíhová síla samotné tyče  $M_{\text{gv}}$ . Přibližná váha sestavy s konzolou byla vypočítána pomocí CAD programu Siemens NX.



Obrázek 37 – Diagram napětí v ohybu vodící tyče



$$m_{gv} = (1,293 + 80) * 9,81 = 797,484 \text{ N} \quad M_{gv} = 5,03 * 1,594 * 9,81 = 78,655 \text{ N} \quad (26)$$

$$M_{Av}: m_{gv} * 0,73575 + M_{gv} * 0,7765 + m_{gv} * 0,81725 - F_{Bv} * 1,553 = 0 \quad (27)$$

$$F_{Bv} = \frac{797,484 * 0,73575 + 78,655 * 0,7765 + 797,484 * 0,81725}{1,553} = 848,631 \text{ N} \quad (28)$$

$$y: F_{Av} - m_{gv} - M_{gv} - m_{gv} + F_{Bv} = 0 \quad (29)$$

$$F_{Av} = 797,484 + 78,655 + 797,484 - 848,631 = 848,631 \text{ N} \quad (30)$$

$$M_{vmax} = F_{Av} * 0,7765 - m_{gv} * 0,04075 = 626,465 \text{ Nm} \quad (31)$$

Dále bude vypočtena hodnota ohybového napětí. Tato hodnota bude porovnána s dovoleným napětím v ohybu, které bude určeno podle katalogové hodnoty meze kluzu  $R_{e\min} = 350 \text{ MPa}$ . Součinitel bezpečnosti byl zvolen  $s = 3$ .

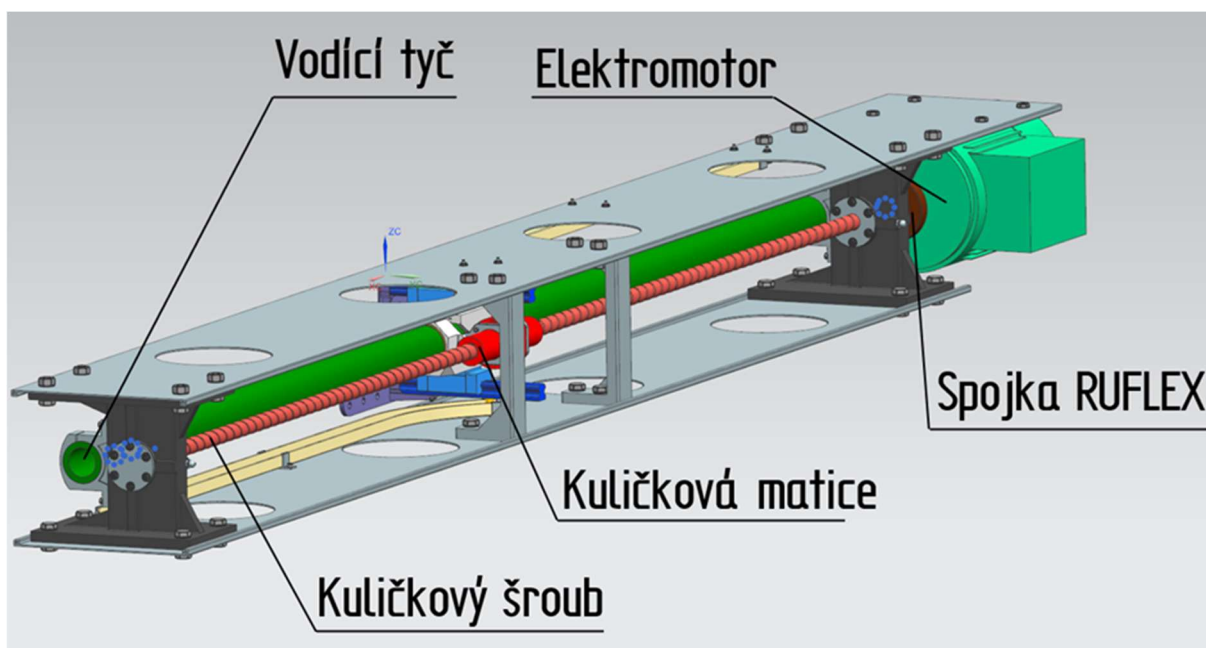
$$\sigma_{ov} = \frac{M_{vmax}}{W_o} = \frac{626,465}{\frac{\pi * (0,04^4 - 0,028^4)}{32 * 0,03}} = 98,406 \text{ MPa} \quad (32)$$

$$\sigma_D = \frac{R_e}{s} = \frac{350}{3} = 116,666 \text{ MPa} \quad (33)$$

$$\sigma_D > \sigma_{ov} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

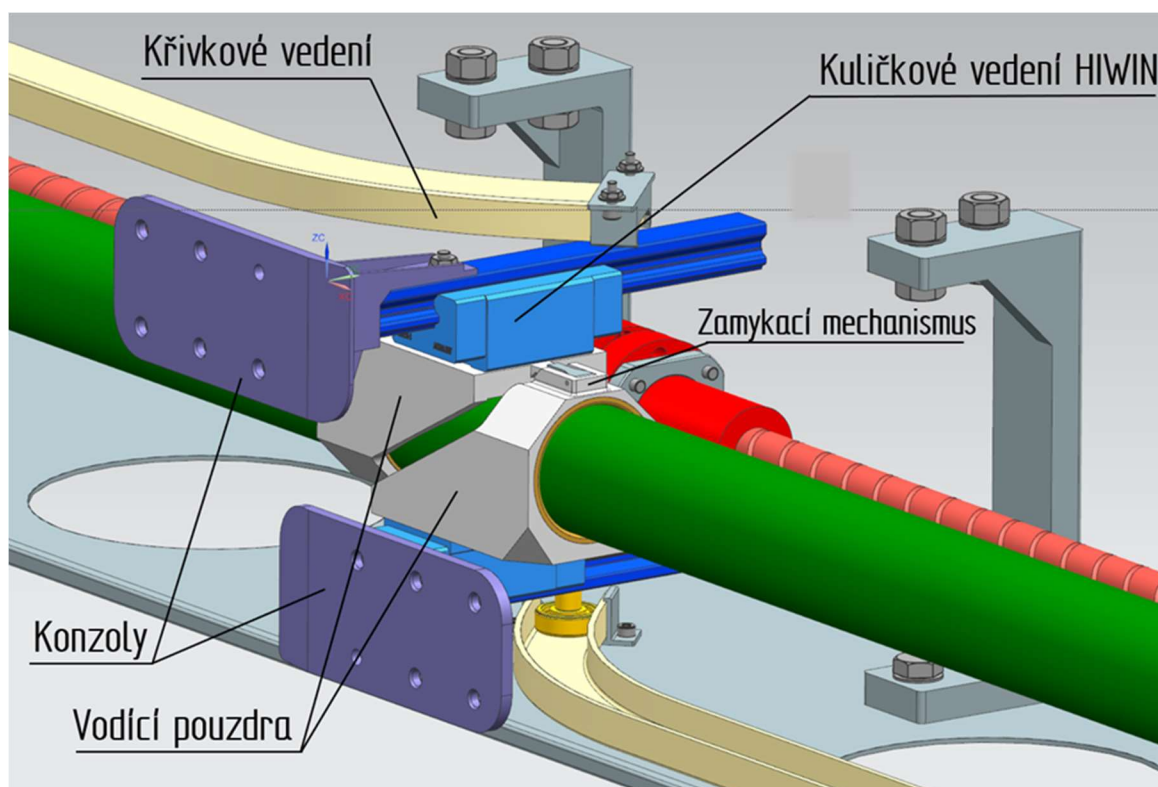
### 3.3.4 Konstrukční návrh

Základem konstrukce jsou ložiskové domky, které zajišťují rotační uložení šroubu, ale plní i nosnou funkci pro držáky vodící tyče. Na ložiskové domky je z obou stran přišroubovaný hlinkový plech s hranou. Tento plech nese křivková vedení a elektromotor.



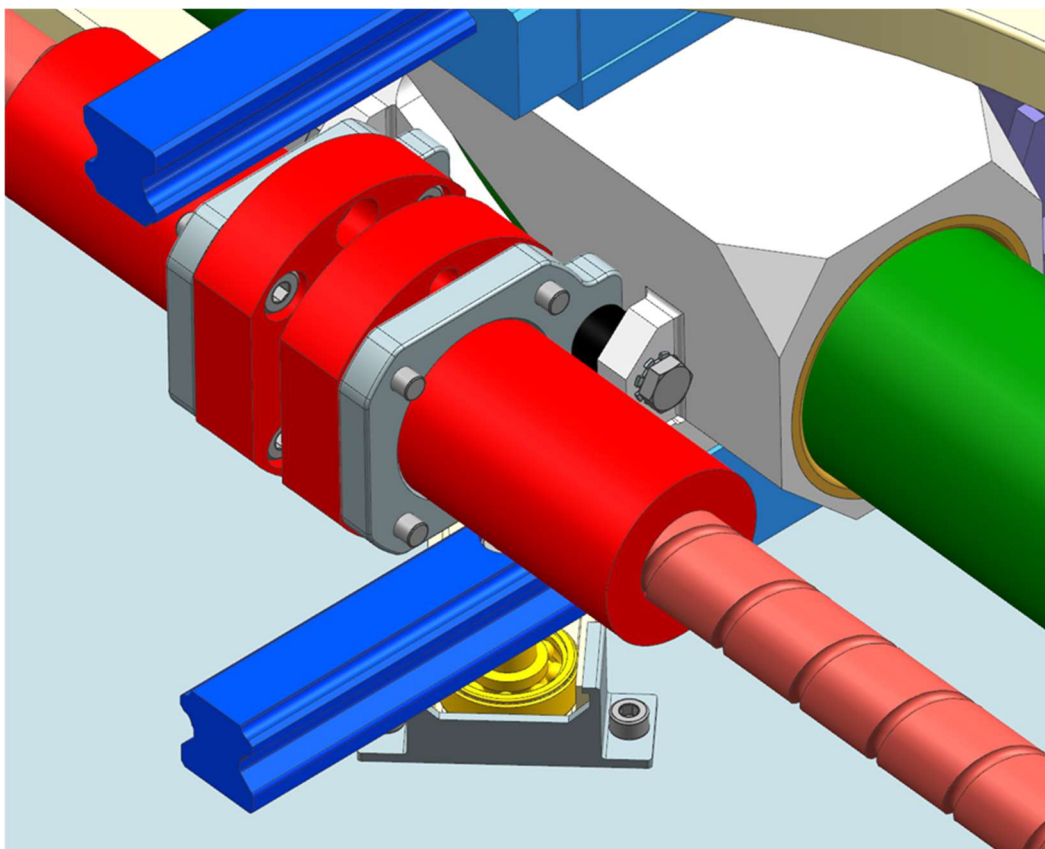
Obrázek 38 - Konstrukční návrh – pohled A

Předsuvný pohyb je veden křivkovým vedením, které bylo navrženo na základě U-profilu vedení firmy Winkel [36]. Nosné konzoly, na které se připojují dveřní křídla, jsou posuvně uloženy na vodičích pouzdech pomocí kuličkového vedení firmy HIWIN [37]. V pouzdech vodičí tyče jsou nalisovaná bronzová pouzdra dle katalogu firmy Ložiska Vilim [38]. Vodičí pouzdra jsou přímo připojena na kuličkové matice šroubovým spojem a jsou také vybavena zamykacím mechanismem.

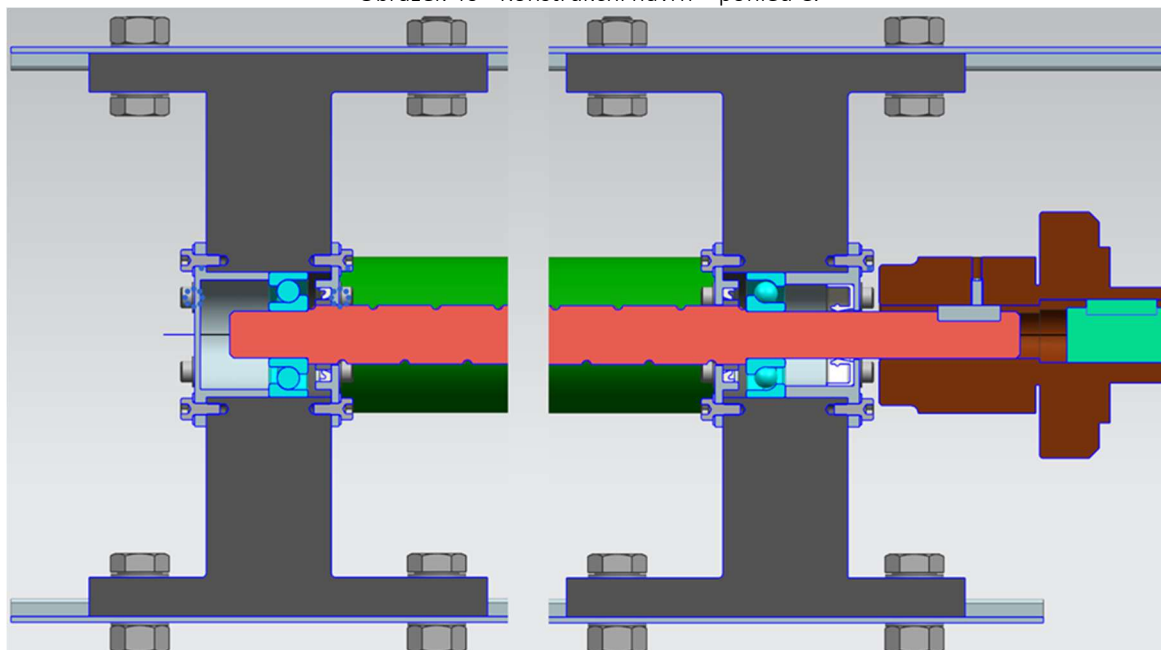


Obrázek 39 - Konstrukční návrh – pohled B.

Hlavním nosným prvkem jsou ložiskové domečky a 2 příčné podpory. Oba tyto prvky je možné přímo připojit na skříň vozidla šroubovými spoji.



Obrázek 40 - Konstrukční návrh – pohled C.



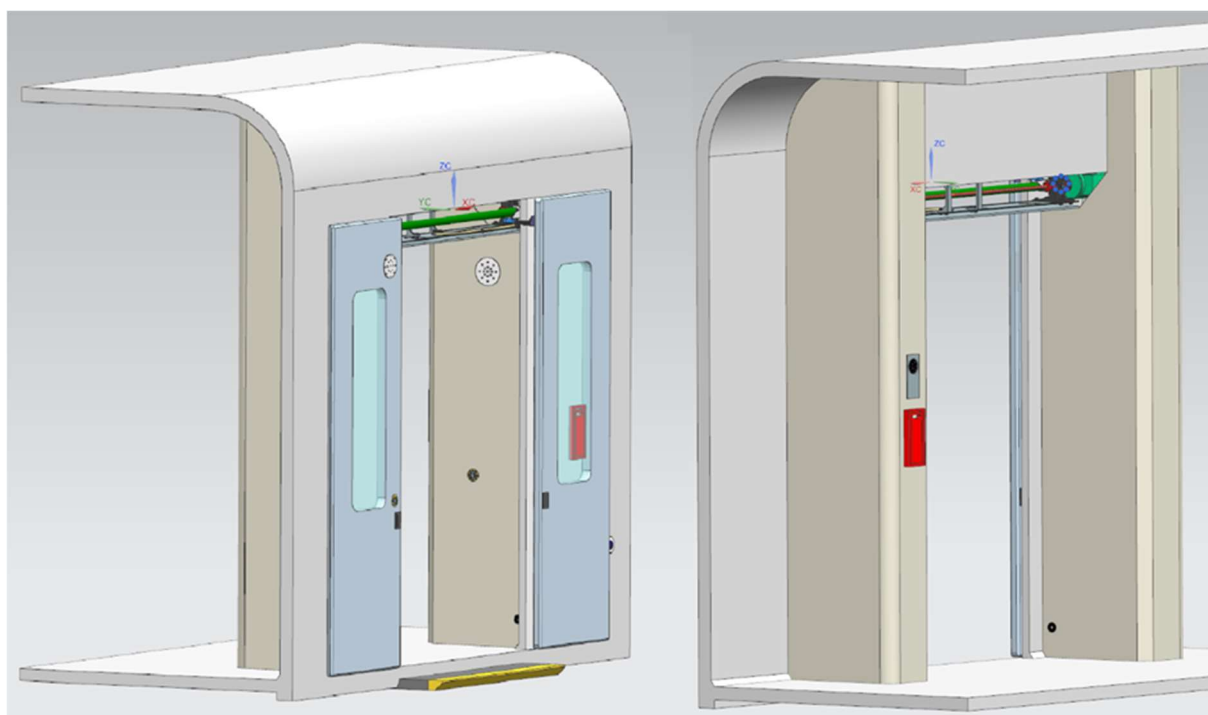
Obrázek 41 - Konstrukční návrh – ložiskové domky v řezu.

## 4 Vyhodnocení

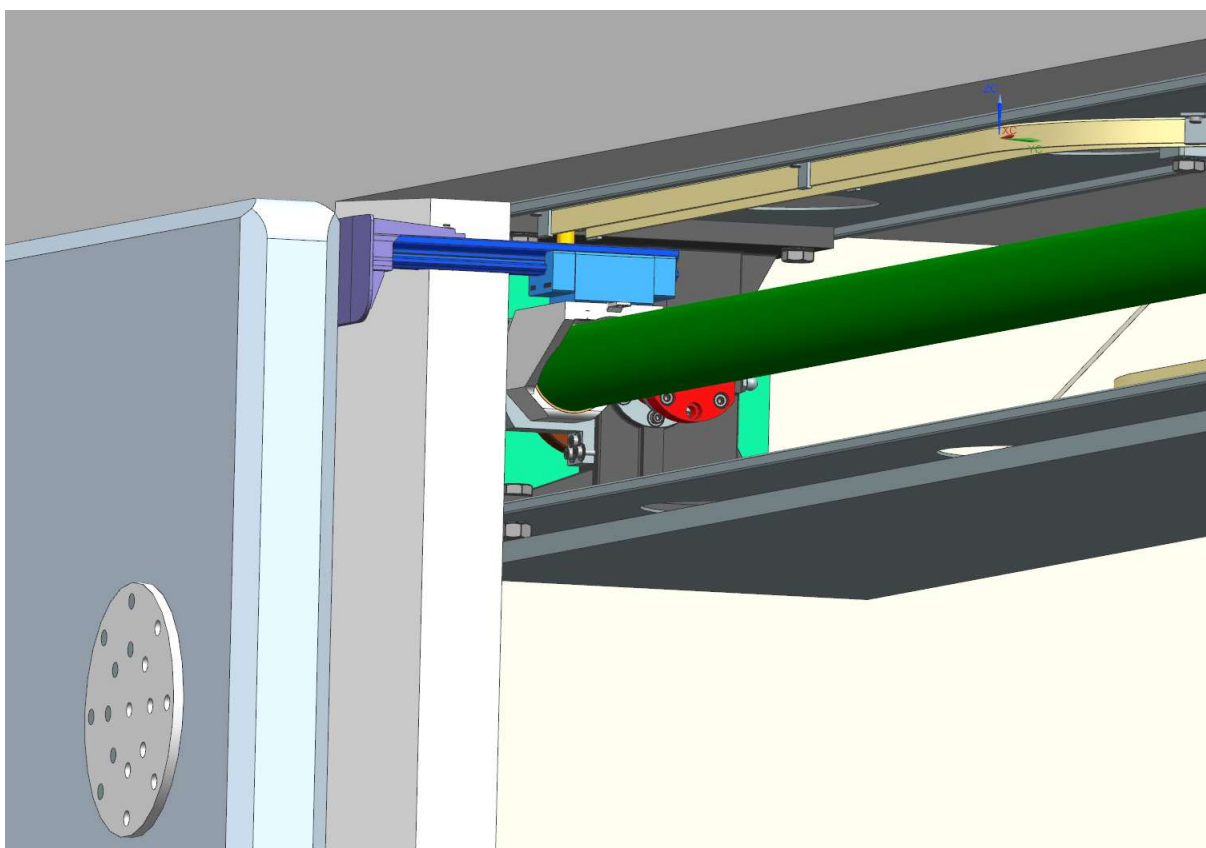
Při samotném návrhu dveřního mechanismu byly téměř všechny parametry volené s ohledem na požadavky vytyčené rešerší. Některé tyto parametry, například váha dveřního křídla, jsou zásadní pro návrh dveřního mechanismu a není možné bez nich správně zařízení dimenzovat. Tyto hodnoty byly voleny jako maximum toho, s čím se můžeme setkat v reálných vozidlech, a nemusí tedy přesně odpovídat skutečným parametrům. Dveřní mechanismus by měl být volen a navržen v rámci návrhu celého dveřního systému, který zahrnuje parametry vozové skříňe a dveřních křídel. V této práci byl návrh proveden pro hrubou maketu skříňe, což mělo vliv na konstrukční provedení.

Zvolená varianta dveřního mechanismu vedla k uspokojivým rozměrům, navzdory umístění křivkového vedení na horní i dolní plech. Snaha o minimalizaci výškového rozměru vedla k celkové výšce pod 150 mm. Přibližná váha celého zařízení dosáhla přijatelných 27,8 kg i s elektromotorem.

Použití převodového mechanismu s posuvovým šroubem pomohlo při minimalizaci rozměrů sestavy. Jedná o spolehlivý a vysoce účinný převodový mechanismus, ale s ohledem na nízká provozní zatížení je vhodné zvážit i ostatní typy převodů. Převod s ozubeným řemenem by mohl snížit celkovou hmotnost soustavy a při správné implementaci nemusí zvětšit rozměry celého mechanismu.



Obrázek 42 - Hrubý konstrukční návrh nástupu se skříňí a dveřními křídly.



Obrázek 43 – Hrubý konstrukční návrh se skříní a dveřními křídly - pohled A.

## 5 Závěr

Cílem práce bylo navržení rozměrů pro nástup do kolejového vozidla a následný konstrukční návrh dveřního mechanismu. Požadavky a parametry byly specifikovány podle provedeného rozboru trhu a vybrané literatury. Na základě těchto požadavků byly vypracovány tři varianty návrhu, ze kterých byla zvolena nejvhodnější verze pomocí SWOT analýzy. Především z důvodu vhodnosti pro široké vstupy a kompaktnost návrhu byla zvolena varianta s posuvným šroubem a jednoduchým křivkovým vedením. Dále byl proveden návrh a kontrola kuličkového šroubu a matice. Závěrem byla navržena a zkontrolována kruhová vodící tyč, která slouží jako posuvné uložení dveřních křídel.

Výsledky této práce mohou sloužit jako podklad pro návrh nástupních prostor a dveřních mechanismů. Přínos těchto výsledků spočívá v možnosti optimalizovat design nástupních prostor s ohledem na ergonomii a efektivitu nástupu cestujících. Tím mohou být vytvořeny základy pro budoucí zlepšení kolejových vozidel, která budou co nejlépe odpovídat potřebám všech pasažérů a zvyšovat celkovou kvalitu přepravních služeb.

Přílohy obsahují výkres návrhu sestavy dveřního mechanismu, zjednodušený kusovník a výkres šroubové hřídele.

## 6 Citovaná literatura

- [1] *Začaly testy nových nízkopodlažních vlaků RegioPanter, první pojedou do Mariánek. Ekonomický deník [online]. 2020 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/zacaly-testy-novy-ch-nizkopodlaznich-vlaku-regiopanter-prvni-pojedou-do-marianek/>*
- [2] *Technické a provozní standardy pro železnici (provizorní dopravce). In: INTEGROVANÝ DOPRAVNÍ SYSTÉM JIHOMORAVSKÉHO KRAJE. Registr smluv [online]. 2017 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: [https://smlouvy.gov.cz/smlouva/soubor/8283103/P3\\_TPSZ.pdf](https://smlouvy.gov.cz/smlouva/soubor/8283103/P3_TPSZ.pdf)*
- [3] STEIMEL, A. *Power-Electronics Issues of Modern Electric Railway Systems. International Conference on Development and Application Systems. 210n. l., 10(10), 8. ISSN 1844-5020.*
- [4] *Rok 2024: více nízkopodlažních vlaků a wifi. Vlakem jednoduše [online]. 2023 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.vlakemjednoduse.cz/blog/rok-2024-vice-nizkopodlaznich-vlaku-a-wifi/>*
- [5] ČTVRTEČKOVÁ, Soňa. *Dopravní obslužnost regionu se zaměřením na handicapované osoby. Pardubice, 2006. Disertčáční. Univerzita Pardubice.*
- [6] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla II. Západočeská univerzita v Plzni, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.*
- [7] ZÍTKO, Martin. *Skříň osobních vozů. Vagony [online]. 2017 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: [https://www.vagony.cz/vagony/skrin\\_osobnich\\_vozu.html](https://www.vagony.cz/vagony/skrin_osobnich_vozu.html)*
- [8] *Sapa Invests to Produce Thinner Walled Extrusions for Rail Industry. In: Light metal age [online]. 2016 [cit. 2024-05-22]. Dostupné z: <https://www.lightmetalage.com/news/industry-news/extrusion/sapa-invests-thinner-walled-extrusions-rail-industry/>*
- [9] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla III. Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0028-7.*
- [10] COXON, Selby, Karen BURNS a Arthur de Bono. *Design strategies for mitigating passenger door holding behavior on suburban trains in Paris. 33rd Australasian Transport Research Forum Conference held in Canberra, 2010. Výzkumná práce. Monash University.*
- [11] *Visiting The X'Trapolis 2.0 Lifesize Mockup. In: YouTube [online]. 2023, 28.7.2023 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=drtX9fh-gpc&ab\\_channel=StrayaTrains](https://www.youtube.com/watch?v=drtX9fh-gpc&ab_channel=StrayaTrains)*
- [12] *Zvuky dveří a hlášení zastávek tramvaje T3M 8042. In: YouTube [online]. 2021, 29.11.2021 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.youtube.com/watch?v=yZOkUesGcEA&ab\\_channel=JanTichavsk%C3%BD](https://www.youtube.com/watch?v=yZOkUesGcEA&ab_channel=JanTichavsk%C3%BD)*



- [13] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *Železniční aplikace - Boční vstupní systémy kolejových vozidel. 2. ČSN EN 14752+A1.*
- [14] SERIANI, Sebastian a Taku FUJIYAMA. *Exploring the Effect of Train Design Features on the Boarding and Alighting Time by Laboratory Experiments [DOI: 10.17815/CD.2019.22].* London, 2019. Výzkumná práce. University College Lodnon.
- [15] IDNES. *Idos [online]. 1993 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://idos.idnes.cz>*
- [16] NRZP ČR. *Cestujeme vlakem. Národní rada osob se zdravotním postižením ČR [online]. 2000 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://nrzp.cz/2019/07/18/cestujeme-vlakem/>*
- [17] LS DOOR LIGHT STRIPS. In: *TSL-ESCHA [online]. 1986 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.tsl-escha.com/en/products/led-signal-lights/light-strips/>*
- [18] *Seminář Segeta. In: Czech Raildays, Ostrava [online]. 2013 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.czech-raildays.cz/2013/seminare/seminar-segeta.pdf>*
- [19] K, Jiří. *Nové elektrické jednotky Českým drahám dodá opět Škoda. ŽelPage [online]. 2011 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/zpravy/8073>*
- [20] JANČAR, Rostřa. *Dnes poprvé o kousek popojede nový český vlak ze Škodovky [online]. In: . s. 1 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/reportaze/sledovali-jsme-zrod-noveho-pantografu-z-plzne-regiopanter-je-hotovy.A110711\\_103602\\_tec\\_reportaze\\_rja](https://www.idnes.cz/technet/reportaze/sledovali-jsme-zrod-noveho-pantografu-z-plzne-regiopanter-je-hotovy.A110711_103602_tec_reportaze_rja)*
- [21] ÚOHS: *ČD při nákupu RegioPanterů požadavkem na šířku dveří neporušily zákon [online]. 2013 [cit. 2024-05-23]. ISSN 2694-9229. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/uohs-cd-pri-nakupu-regiopanteru-pozadavkem-na-sirku-dveri-neporusily-zakon-944021>*
- [22] *Obrazem: České dráhy přivezly z Německa motorové vozy Stadler RS1. Zdopravy [online]. 2020 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/obrazem-ceske-drahy-privezly-z-nemecka-motorove-vozy-stadler-rs1-68940/>*
- [23] *Regioshuttle-Gesamtlieferliste. Bahnseite [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [http://www.bahnseite.de/RS1\\_Lieferliste.html](http://www.bahnseite.de/RS1_Lieferliste.html)*
- [24] *Stadler Regio-Shuttle RS1. In: Vlaky.net [online]. 2004 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.vlaky.net/upload/images/reports/004224/stadler.pdf>*
- [25] Michal Jaroš. *Hranice ČR překročily první vozy RegioShuttle pro ČD. ŽelPage [online]. 2011 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.zelpage.cz/zpravy/8376>*

- [26] PACLÍK, Jaroslav. *Železniční doprava se Vysočině prodraží. Kvůli novým motorákům. Idnes [online]. 2012, 19.12.2012 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/jihlava/zpravy/kraj-vysocina-vice-doplati-na-zeleznicni-dopravu.A121219\\_160217\\_jihlava-zpravy\\_mv](https://www.idnes.cz/jihlava/zpravy/kraj-vysocina-vice-doplati-na-zeleznicni-dopravu.A121219_160217_jihlava-zpravy_mv)*
- [27] DAVID, Švestka. *Loko-814. Atlas lokomotiv [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.atlaslokomotiv.net/loko-814.html>*
- [28] ZLÍNSKÝ, Zbyněk. *ŘÍDICÍ VOZY NA NAŠICH KOLEJÍCH: ŘADA 912 ČD. Vlaky.net [online]. 2007, 13.4.2007 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/001741-Ridici-vozy-na-nasich-kolejich-rada-912-CD.asp>*
- [29] *00 GB Sliding door for regional train. In: Masats llc [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.masats-llc.com/wp-content/uploads/2021/07/MOD00Gb-50-2.pdf>*
- [30] *Produktový katalog kuličkových šroubů: HIWIN s.r.o. In: HIWIN s.r.o. [online]. 2018 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.hiwin.cz/media/downloadcatalog/sk/CZ-kulickove-srouby-2018.pdf>*
- [31] KRÁTKÝ, Jaroslav, Eva KRONEROVÁ a Stanislav HOSNEHL. *Obecné strojní části 2. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0066-9.*
- [32] ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky 2. Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.*
- [33] *Produktový katalog kuličkových šroubů. In: KSK PRECISE MOTION. KSK precise motion [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.ksk-pm.cz/getmedia/f2ee21b0-36c3-4d76-9182-8c7d5779f36a/Katalog\\_KSK\\_CZ.pdf](https://www.ksk-pm.cz/getmedia/f2ee21b0-36c3-4d76-9182-8c7d5779f36a/Katalog_KSK_CZ.pdf)*
- [34] *Produktový katalog elektromotorů. In: ELK motor [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.elektromotory.cz/public/download/ELK%20Motor\\_katalog\\_2019\\_CZ.pdf](https://www.elektromotory.cz/public/download/ELK%20Motor_katalog_2019_CZ.pdf)*
- [35] *Produktový katalog kruhových vodících tyčí. In: VK ložiska [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.vkloziska.cz/files/editor\\_source/PDF\\_katalogy/NSK/linearni\\_kruhove\\_tyce/kruhove-vodici-tyce.pdf](https://www.vkloziska.cz/files/editor_source/PDF_katalogy/NSK/linearni_kruhove_tyce/kruhove-vodici-tyce.pdf)*
- [36] *WINKEL-Rollen/WINKEL-Bearings. Matis [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: [https://www.matis.cz/data/pdf-katalogy/Winkel/WINKEL\\_2016\\_sloucene\\_stranky/70-73.pdf](https://www.matis.cz/data/pdf-katalogy/Winkel/WINKEL_2016_sloucene_stranky/70-73.pdf)*
- [37] *Produktový katalog lineárního vedení. In: HIWIN s.r.o. [online]. Neznámý [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://www.hiwin.cz/download/151dfac53255e0a6966d8f863096911a.01-0321-CZ>*
- [38] *Produktový katalog kluzných pouzder. In: Ložiska Vilim [online]. 2000 [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: <https://loziskavilim.cz/files/KluznaPouzdraSKF.pdf>. Katalog 4741 CZ.*

## Příloha A

Výkres sestavy dveřního mechanismu – BP – 01 – 1

## Příloha B

Zjednodušený kusovník – BP – 01 – 2

## Příloha C

Výkres šroubové hřídele – BP – 01 - 3