



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

## DESIGN TRAMVAJE

DESIGN OF TRAM

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Blaha

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.

BRNO 2016

# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav konstruování
Student:	<b>Bc. Tomáš Blaha</b>
Studijní program:	Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor:	Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce:	<b>doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.</b>
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Design tramvaje**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Cílem práce je analýza a návrh designu tramvaje. Návrh musí splňovat obecné předpoklady průmyslového designu - respektovat funkční, konstrukční, technologické, estetické a ergonomické zákonitosti.

### **Cíle diplomové práce:**

Diplomová práce musí obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Analýza problému a cíl práce
4. Variantní studie designu
5. Tvarové řešení
6. Konstrukčně technologické a ergonomické řešení
7. Barevné a grafické řešení
8. Diskuze
9. Závěr
10. Seznam použitých zdrojů

Forma práce: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model

Typ práce: designérská

Účel práce: vzdělávání

Výstup práce: funkční vzorek

Projekt: Specifický vysokoškolský výzkum

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 - 50 stran textu bez obrázků)

Zásady pro vypracování práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP\\_DP/Zasady\\_VSKP\\_2016.pdf](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2016.pdf)

Šablona práce: [http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK\\_sablona\\_praci.zip](http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/UK_sablona_praci.zip)

### **Seznam literatury:**

Dreyfuss, H., Powell, E. (2012): Designing for People. Allworth, New York.

Fiell, C., Fiell, P. (2001): Designing the 21st Century. TASCHEN, Kolín nad Rýnem.

Johnson, M. (2002): Problem solved. Phaidon, Londýn.

Lidwell, W., Manacsa, G. (2008): Deconstructing product design. Rockport Publishers, Massachusetts.

Morris, R. (2009): The Fundamentals of Product Design. AVA Publishing SA, Lausanne.

Norman, D. A. (2004): Emotional Design. Basic Books, New York.

Pelcl, J., a kol. (2012): Design od myšlenky k realizaci. Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, Praha.

Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Product and Furniture Design. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

Thomson, R. (2011): The Manufacturing Guides, Prototyping and Low-volume Production. Thames & Hudson Ltd., Londýn.

Tichá, J., Kaplický, J. (2002): Future systems. Zlatý řez, Praha.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## **ABSTRAKT**

Práce se zabývá návrhem autonomní tramvaje, která je součástí integrované systému adaptivního řízení městské dopravy. Součástí práce je zpracování rešerší, které se zabývají historií a současnou produkcí tramvají z pohledu designu, technických řešení a možností budoucího vývoje. Druhá část práce obsahuje samotné řešení a návrh tramvaje včetně navržení rozložení interiéru, barevného a grafického řešení s ohledem na technické řešení a ergonomické požadavky.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Design, tramvaj, městská hromadná doprava, autonomní

## **ABSTRACT**

The thesis is about design of autonomous tram, which is part of integrated system of adaptive control of city traffic. The thesis includes research of history and current production of tram view of design, technologic solution and prospects. The next part contains design solution, which includes layout of interior, color and graphic solution with regard to technical solution and ergonomics requirements.

## **KEYWORDS**

Design, tram, urban public transport, autonomous



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

---

BLAHA, T . Design tramvaje. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 65 s . Vedoucí diplomové práce doc. akad. soch. Miroslav Zvonek, ArtD.



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat především svému vedoucímu práce, doc. Akad. Soch. Miroslavu Zvonkovi, ArtD., za konzultace a impulzy, které dali vzniknout výslednému návrhu. Dále chci poděkovat kolektivu spolužáků, doktorandů, a vedoucím jednotlivých předmětů a ateliérů, které jsem během studia absolvoval, a kterým vděčím za možnost věnovat se aktivně designérské profesi. Poslední poděkování věnuji rodičům, kteří mě podporovali během celého studia.

## **PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI PRÁCE**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Design tramvaje zpracoval samostatně s použitím zdrojů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne .....

.....

Podpis autora



**OBSAH**

<b>1 ÚVOD</b>	<b>13</b>
<b>2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ</b>	<b>14</b>
2.1 Designérská analýza	14
2.1.1 Historický přehled	14
2.1.2 Škoda Elektra Brno	16
2.1.3 Škoda ForCity Alfa Praha	18
2.1.4 Škoda ForCity Plus Bratislava	19
2.1.5 Alstom Citadis 420 Tours	20
2.1.6 Alstom Autonomous Tram Stockholm	22
2.2 Marketingová studie	23
2.2.1 Podnikatelská strategie	23
2.2.2 Analýza tržních příležitostí	23
2.2.3 Analýza a výběr cílových trhů	24
2.2.4 Marketingová strategie	26
2.2.5 SWOT analýza	27
2.3 Technická analýza	27
2.3.1 Technické požadavky	28
2.3.2 Podvozek	30
2.3.3 Napájení	32
2.3.4 Autonomní provoz	34
<b>3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE</b>	<b>36</b>
3.1 Cíl práce	36
<b>4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU</b>	<b>38</b>
4.1 Varianta 1	38
4.2 Varianta 2	39
4.3 Varianta 3	40
<b>5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>42</b>
5.1 Čelo vozu	43
5.2 Vstupní prostor	43
5.3 Kryty podvozků	44
5.4 Střecha	45
5.5 Interiér	45
<b>6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>46</b>
6.1 Technické řešení	46
6.1.1 Základní rozměry	46
6.1.2 Konstrukční uspořádání	47
6.1.3 Systém autonomního provozu	47
6.1.4 Systém napájení	48
6.1.5 Podvozky	48
6.2 Ergonomické řešení	49
6.2.1 Rozložení interiéru	49
6.2.2 Sedačky	50
6.2.3 Záchytný systém	50
6.2.4 Informační systém	51
<b>7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ</b>	<b>52</b>

7.1	Základní členění	52
7.2	Barevné varianty	52
7.3	Informační panely	54
7.4	Světelná signalizace	54
<b>8</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>56</b>
8.1	Psychologická funkce	56
8.2	Ekonomická funkce	56
8.3	Sociální funkce	56
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>58</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b>	<b>59</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b>	<b>63</b>
<b>12</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	<b>65</b>



## 1 ÚVOD

Tramvaj je kolejové vozidlo, které je specifické svým umístěním do města. Zde je v kontaktu s okolím, na které neustále působí. Tím je srovnatelné s architekturou, protože město doplňuje a pomáhá vytvářet jeho charakter.

Podstatné je také jak tramvaj působí přímo na cestující uvnitř vozu. Skupina uživatelů je široká, proto je potřeba zohlednit specifické a podstatné skupiny cestujících: tělesně hendikepované, seniory a rodiče s dětmi. Jedním z vývojových trendů, který tyto skupiny respektuje, je využívání nízkopodlažních tramvají.

S ohledem na předpokládané využívání tramvaje, které se může blížit i k několika desítkám let, je potřeba se zamyslet nad využitím nových technologií. Mezi ně patří i systémy pro hlídání okolí, které by mohli vést k vývoji tramvaje, která by se obešla bez řidiče. Takový vůz by omezil možnost chyby vinou člověka a zvýšil by bezpečnost městského provozu.

Dalším pohledem na problém může být komplexní řešení městské kolejové hromadné dopravy. Opustit formu tramvaje tak jak ji známe ze současnosti a vytvořit systém vozů, který by dokázal reagovat na změny v dopravní situaci a obsazenosti vozů. Řešení by se také mohlo týkat samotné infrastruktury, které by mohlo vést ke změně způsobu napájení vozů, nebo vytvoření aktivních nástupních ostrůvků.

## 2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

### 2.1 Designérská analýza

#### 2.1.1 Historický přehled

Mezi první tramvaje, které ke svému pohonu využívaly strojní síly, patří parní tramvaje z druhé poloviny 19. století. Vznikly spojením vozů, které byly využívány u koněspřežných tramvajů a nahrazením koňského spřežení lokomotivou. Vzhled vozů byl ovlivněn technologií podvozku a také historickým vývojem. Vozy byly umístěny na jednom dvounápravovém pevném podvozku, který definoval délku vozu a výšku plošiny pro cestující, na kterou se vystupovalo po schůdkách. Lze také pozorovat boční horizontální členění, které podporuje dynamiku pohybu.[1 ][2 ]

S přelomen 19. století začínaly být parní tramvaje nahrazovány elektrickými. První vozy vycházely z předchozí koncepce jednonápravových vozů. Někdy byly starší vozy spřahovány s novými pro zvýšení kapacity cestujících. S těmito vozy sdílely i stejný vzhled, který se lišil pouze v umístění části elektrické výzbroje na střeše vozu.



Obr. 2-1 Elektrická tramvaj v Brně [3 ]

V 30. letech vznikla v USA nový systém nazvaný PPC, který přinesl několik výhod a také změnu ve vzhledu tramvajů. Skříň vozu byla osazena dvěma dvounápravovými otočnými podvozky, díky kterým byla tramvaj v provozu tišší. Nové vozy byly vždy uzavřené a také se zvýšila jejich kapacita, která se mohla dále navyšovat spřahováním dalších vozů. Nová forma, která vycházela z moderního streamline designu působí kompaktně a více dynamicky než tramvaje vyráběné do této doby. Elektrická výzbroj umístěná pod podlahou je zvenčí zakrytá plechy, které pouze částečně odkrývají podvozky. Tato změna opticky usazuje tramvaje k zemi a díky tomu jednodušeji zapadne do provozu města.[1 ][2 ]



Obr. 2-2 Historická tramvaj PPC [4 ]

V našich zemích tento koncept použila ČKD Tatra, která v 60. letech vytvořila ikonický vůz Tatra T3, který se stal nejrozšířenější tramvají na světě. Tento vůz je v několika městech v provozu i v dnešní době.[5 ] Výrazné horizontální členění dodává vozu dynamiku, která je u dopravních prostředků žádoucí. Oblé zakončení vozu v kombinaci s kulatými světlomety vzhled vozu zklidňuje a v provozu proto působí přátelským dojmem.



Obr. 2-2-3 Tatra T3

Interiér vozu je díky pouze dvěma řadám sedadel vzdušný a i při vyšší obsazenosti se zde cestující nemusí cítit stísněně. Barevně odlišený zádržný systém usnadňuje jeho používání. Textilní potah sedaček vnáší do jinak bílého a studeného interiéru pocitově teplo. Ve starších modelech se stejného efektu dosáhlo za pomoci obležení s imitací dřeva.



Obr. 2-4 Tatra T3 interiér

Ke konci 20. století se díky vývoji nových technologií začínají objevovat částečně nízkopodlažní tramvaje, které přinášejí jednodušší cestování pro lidi s fyzickým hendikepem. Tento trend pokračoval a začali vznikat téměř stoprocentně nízkopodlažní tramvaje, které přinášejí nová technologická řešení a také změny v designu. Především je větší část elektrické výzbroje umístěna na střeše a také se v některých případech vracejí pevné podvozky. To je možné díky nové modulární koncepci jednoho průchozího vozu složeného z více článků.

### 2.1.2 Škoda Elektra Brno

Vůz Škoda 13T byl vytvořen pro Brno a spadá do série vozů s označením Elektra. Částečně nízkopodlažní tramvaj je osazena třemi pevnými podvozky[6], které jsou zcela zakrytovány. Díky tomu při bočním pohledu vůz působí soudržně. Zajímavým prvkem je odsazení nízkopodlažních částí, které jsou takto vizuálně jednodušeji rozpoznatelné.



Obr. 2-5 Škoda Elektra Brno

Problém je čelo tramvaje, které nenavazuje na zbytek vozu a lze na něm vidět, že bylo vyvíjeno samostatně. Ne zcela šťastně řešeno je boční okno kabiny, které nenavazuje na přední okno a zhoršuje výhled. Jako pozitivní zde vidím jemné a oblité tvary, které stejně jako v případě tramvaje T3 působí příjemně.



Obr. 2-6 Škoda Elektra Brno interiér, původní rozložení

Interiér vozu je v neutrálních barvách, ze kterých vystupuje výrazný zádržný systém. Ne zcela vhodné je jeho naklonění směrem k oknům, které nižším cestujícím může způsobovat problémy s pohodlným držením během jízdy. Nevhodně je zde řešeno umístění sedaček ve vyvýšených člancích s podvozky. Cestující, kteří sedí naproti sobě, znemožní další pohodlný průchod vozem. Změna v podobě nových sedaček umístěných ve směru jízdy problém nevyřešila. Dvě řady sedaček na jedné straně



a jedno větší sedadlo na druhé vytváří opět úzkou uličku.



Obr. 2-2-7 Škoda Elektra Brno interiér, nové rozložení

---

### 2.1.3 Škoda ForCity Alfa Praha

Vůz určený pro Prahu je součástí série vozů Škoda ForCity.[7 ] Do této série spadá i vůz pro tureckou Konyu, který je vybaven bateriemi umožňující provoz bez trolejového vedení. To je vhodné zejména v historických částech města, kde by troleje vizuálně rušily.[9 ]

Vůz je vybaven plně otočnými podvozky, které zajišťují tišší chod a méně zatěžují koleje.[8 ] Krytování podvozků je výrazně odděleno od zbytku vozu a tím vhodně přiznává použitou technologii. Barevné členění vhodně navazuje na tvarové rozdělení čela tramvaje a zvýrazňuje nástupní prostor rozdělením stříbrného pruhu černou barvou, která je doplněna o svislé červené pruhy podtrhující funkci dveří.

Přední maska, která má ostře tvarované světla, vystupuje do prostoru a tím dodává vozu dynamiku. Zaoblení opět zklidňuje vůz a především dává prostor velkorysému oknu, které zajišťuje dostatečný výhled z kabiny řidiče.



Obr. 2-2-8 Škoda ForCity Alfa Praha [7 ]

V interiéru je využito dřevěných sedaček a podhledů, díky tomu celý prostor působí na cestujícího vlídně. Zádržný systém se u svislých trubek naklání směrem k oknům, zatímco horizontální trubky vstupují zpět do prostoru a zjednodušují svoji dosažitelnost pro cestující. Nevhodná je stříbrná barva systému, který splývá s okolím a ztěžuje cestujícím jeho reflexivní nalezení. Díky podvozkům, které jsou umístěny mezi jednotlivými články vzniká v interiéru zúžení pouze v tomto místě a prostor je proto vizuálně otevřenější.



Obr. 2-9 Škoda ForCity Alfa Praha, interiér [7]

#### 2.1.4 Škoda ForCity Plus Bratislava

2.1.4

Vůz určený pro Bratislavu je téměř v celé své ploše nízkopodlažní a kombinuje otočné podvozky v krajních člancích s pevnými uprostřed.[10] To dává tramvaji nezvyklý vzhled, kdy otočné podvozky jsou výrazně odděleny od vozu, zatímco pevné podvozky jsou naznačeny za zakrytíváním, které je zkoseno do středu vozu. Toto rozdělení zcela jasně rozděluje použitou technologii.

Jednoduše je zde řešeno barevné rozdělení, které si zachovává horizontální členění za pomoci dvou barev. Dveře ve spodní části vystupují z plochy a dávají najevo, že zde je umístěn vstup. Naopak v horní části, která je více na očích, splývají s okny a tím se hůře identifikují.



Obr. 2-10 Škoda ForCity Plus Bratislava [10]

Kabina má výrazné až agresivní rysy v oblasti světel, které jsou zjemněny kruhovými světly a jemnými prolisy ve spodní části, které připomínají úsměv. Boční okna svým tvarem navazují na předek kabiny, ale na zbytek vozu již ne. Takto vizuálně oddělují kabinu řidiče, ale v případě jednosměrného vozu toto oddělení působí v zadní části nelogicky.

V interiéru vozu převládají neutrální světlé barvy, které pomáhají vytvořit dojem velkého prostoru, ale zároveň působí chladně. Zádržný systém ve stříbrné barvě příliš zapadá do svého okolí, ze kterého by měl naopak vystupovat pro snadnější nalezení v kritických situacích. Vlídlost a oživení interiéru tak vnášejí do prostoru pouze barevné textilní sedačky.



Obr. 2-11 Škoda ForCity Plus Bratislava [10]

---

### 2.1.5 Alstom Citadis 420 Tours

Vůz určený pro francouzské město Tours, vychází z koncepce tramvají Citadis od firmy Alstom, ale využívá několik výrazných prvků, které jí dodávají osobitý vzhled. Vůz stojí na konstrukci pevných podvozků, které jsou zakrytovány a nevystupují z kompaktního vzhledu zaoblených boků.



Obr. 2-12 Alstom Citadis 420 Tours [11]



Tato kompozice je striktně ukončena na koncích vozu rovnou plochou, která plynule navazuje na zbytek vozu a tím jasně definuje je tvar při pohledu z boku. V této linii je umístěna světelná signalizace, která dokáže měnit svoji funkci podle směru jízdy



Obr. 2-13 Alstom Citadis 420 Tours [11]

vozu. Horizontální členění plochy pomocí tmavého pásu oken je chytře narušeno svislými pruhy v oblasti dveří, které reagují na označení vstupu na chodníku pro nevidomé. Pás oken vizuálně spojuje prostor pro cestující s kabinou řidiče a vytváří kompaktní celek. Zajímavé je použití barvy, která odráží své okolí a tak ho nijak nenarušuje a stává se jeho součástí.

Interiér chytře využívá barevného členění. Neutrální šedou využívá na podlahu a potah sedaček, tedy na části, které jsou nejnáchylnější na znečištění. Světlé dřevo využitě v konstrukci sedaček vnáší do prostoru život a v kombinaci s výrazným zeleným zádržným systémem působí dotaženě. Naopak další barva na rámech oken a dveří působí zbytečně a použití neutrální barvy by bylo vhodnější. Použití širokých lavic zužuje prostor uličky a ztěžuje pohyb lidí v interiéru, který je ve vozidle městské dopravy důležitý.



Obr. 2-14 Alstom Citadis 420, interiér [11]

### 2.1.6 Alstom Autonomous Tram Stockholm

Posledním vozem je idea autonomní tramvaje pro Stockholm v roce 2025, která vznikla za podpory firmy Alstom. Designéři přišli s nápadem dvoupodlažního vozu, který má větší kapacitu při stejné délce jako běžná tramvaj a v provozu nezabírá tolik prostoru.[12]

Díky dvě patřům mohlo být ve spodním patře vytvořeno více prostoru kolem dveří pro hendikepované, kočárky nebo cestující s velkými zavazadly. V horním patře se počítá s dalším výstupem, který může být využíván například v nákupních centrech.[12]



Obr. 2-15 Alstom Autonomous Tram Stockholm [12]

Celkově návrh působí otevřeně a vzdušně díky velkým proskleným plochám, které by ale v oblasti střechy neumožnily instalaci elektrické výzbroje. Díky tomu i konstrukce působí celkově subtilním dojmem. Bílé pásy, které definují siluetu vozu, opticky snižují vysokou konstrukci a jsou vhodným řešením. Zbylé členění plochy směřuje pozornost do míst, kde se nic neděje, a nástupní prostory se ztrácejí v prosklené ploše.



Obr. 2-16 Alstom Autonomous Tram Stockholm, interiér [12]

## 2.2 Marketingová studie

2.2

### 2.2.1 Podnikatelská strategie

2.2.1

Výrobou tramvají se zabývají především firmy, které mají dlouhodobé zkušenosti se strojírenskou výrobou vozidel pro přepravu osob (vlakové soupravy, lokomotivy, soupravy metra, tramvaje, trolejbusy, autobusy) a dostatečným zázemím pro výrobu. Výhodou těchto firem široké portfolio dopravních prostředků. Díky tomu v případě nízké poptávky v jedné oblasti, není ohrožena celková výroba. Zároveň mohou lépe financovat investice do nových technologií, které mohou být využity v rámci celé skupiny.

Ukázkou ekonomické síly jsou i hospodářské výsledky české Škoda Transportation, která je největší strojírenskou firmou ve střední a východní Evropě v dopravním strojírenství a v loňském roce vyrobila přes 100 tramvají. Její tržby v roce 2014 činily 16,4 mld korun a zisk skupiny Škoda činil 2,27 mld korun, zároveň investovala do výzkumu a vývoje téměř miliardu korun.[14][15]

Nevýhodou produktu je vysoká pořizovací cena, která může být rozhodující v městech, kde není tramvajový provoz zaveden.

Samotný produkt by měl nabídnout a prezentovat nové technologie, které reagují na vývoj v osobní dopravě, tak aby mohl využitelný po celou dobu životnosti bez větších investic do vylepšení. Mezi tyto technologie spadá především autonomní provoz a budování pozitivního podvědomí o bezpečnosti takového provozu.

### 2.2.2 Analýza tržních příležitostí

2.2.2

#### Analýza konkurence

Mezi nejznámější výrobce se řadí především evropské firmy, francouzský Alstom, německý Siemens, polská Pesa nebo česká Škoda. Ze světových výrobců pak kanadský Bombardier nebo japonský Kinki Sharyo. Tito výrobci mají nejsilnější zastoupení především na domovských trzích.

#### 2.2.2.1 Analýza prodejní strategie

Vzhledem k povaze výrobku, který je omezen normami a také požadavky daného města, lze předpokládat, že koncová cena výrobku bude u všech firem velmi podobná. Z toho lze usuzovat, že velký podíl na výběru výrobce bude hrát osobní přístup firmy k zadavateli.

Tramvaje jsou v současnosti postaveny na modulární koncepci, která umožňuje využití stejných dílů na různých zakázkách, které se liší především v rozdílném tvarování čel. Další prostorem pro snížení ceny je proto vytvoření jednotného vzhledu, včetně čel tramvaje a zákaznické prvky omezit na méně nákladné detaily, nebo pouze barevnost.

V tomto případě lze předpokládat, že konkurence může volit zcela opačný přístup a poskytnout a využít služeb externího designérského studia, které bude známé i široké veřejnosti. Takto vytvořený produkt bude mít pravděpodobně vyšší cenu, ale zároveň může zajistit vyšší mediální odezvu, která se může promítnout do pozitivního

vnímání veřejné dopravy, zvýšení její využitelnosti a vytvořit i reklamu dodávající firmě.

Další konkurenční výhodou jsou investice do vývoje a nabídnutí nových technologií, které mohou pomoci zvýšit uživatelský komfort cestování. Například snížení počtu pohyblivých částí, které vytvářejí hluk. Vytvořením přehlednějšího informačního systému, který by mohl poskytovat informace o obsazenosti vozu a tím urychlit výměnu cestujících v zastávce. Využití střešní plochy pro instalaci solárních panelů, které by v létě napájeli klimatizaci, apod.

#### 2.2.2.2 Analýza a prognóza poptávky

Vzhledem k současným trendům a změnám chování obyvatel ve městech, lze předpokládat, že trh s veřejnou dopravou se bude nadále rozšiřovat. Tomu přispívá i rostoucí počet obyvatel na zemi a zvyšující se hustota obydlí ve městech.[16] Zvláště města, jejichž infrastruktura je součástí několikaleté historie, nejsou strukturována na hustý automobilový provoz a je potřeba měnit přepravní zvyky, kde právě jednou z alternativ je tramvajový provoz.

Dalším faktorem podporující veřejnou dopravu je zvyšující se tlak na zodpovědné chování vůči přírodě. Díky nízkým provozním nákladům, nulovým emisím v místě provozu a vysoké využitelnosti plochy jsou vhodným dopravním prostředkem na městských linkách s vysokým provozem.

Mírné riziko pro rozvoj tramvajové dopravy, mohou představovat v počátečních nákladech levnější trolejbusy. Podobným rizikem může být trend sdílení věcí, kdy lidé poskytují k vypůjčení své statky, v tomto případě automobil, a snižují náklady na přepravu při zachování komfortu. Dalším rizikem by mohl být vznik malých osobních elektromobilů, které by uživatelé nevladnili, ale pronajímali si je.[17]

### 2.2.3 Analýza a výběr cílových trhů

#### 2.2.3.1 Segmentace trhu

Tramvajová doprava je rozšířená především v evropských zemích, ze kterých pochází i největší výrobci. Růst zažívá i trh v severoamerických zemích, kde dochází k obnově starých provozů. Zde například získal kontrakt na výstavbu nové tratě v Denveru Siemens, nebo Škoda, která v roce 2001 dodala do Portlandu 10 tramvají a nyní je zde vyrábí v licenci.[18]



Obr. 2-18 Alstom Citadis pro Shanghai [19]

Novým trhem jsou se rozvíjející se asijské země, kde je potřeba řešit dopravní situaci v rychle rostoucích městech. Například v Číně je více než 160 měst s populací přesahující 1 milion obyvatel. Jedním ze způsobů jak pokrýt poptávku trhu je prodej výrobních licencí, nebo spolupráce. Tímto způsobem se dokázala v Číně prosadit firma Alstom[19] a Škoda, která spolupracuje s čínskou společností CSR Sifang Qingdao.[20]



Obr. 2-17 Škoda ForCity 27T [20]

Důležitost tramvajové dopravy ovlivňuje počet obyvatel a rozšíření ostatních provozů ve městě. Hlavní rozdíl způsobuje přítomnost metra, které má vyšší přepravní kapacitu a obvykle vytváří pátevní systém v daném městě. V opačném případě tuto úlohu přebírá právě tramvajový provoz.[21]

Dalším důležitým prvkem je stav současné infrastruktury. Ve městech, kde již tramvajový provoz funguje, je investice omezena pouze na nákup nových vozů, případně rozšíření kolejí no nově vystavěných částí města. V nově vznikajících provozech může být překážkou vysoká počáteční investice. Výhodou může být možnost přizpůsobit infrastrukturu na předpokládaný provoz, nebo ji naddimenzovat

s ohledem na budoucí vývoj lokality a využít znalosti s měst, kde je kolejová doprava několik desítek let.

#### 2.2.3.2 Výběr cílového trhu

Z přechodu analýzy je třeba si určit pro jaký typ provozu a města bude tramvaj určena. Pokud předpokládáme vývoj systému, který bude fungovat autonomně a provoz bude využívat menší samostatné vozy, které budou nasazovány podle vytíženosti, bude tramvaj vhodnější do evropských měst s dlouhou historií kolejové dopravy. V těchto městech jsou tramvajové linky v historických centrech a často sdílejí plochu s chodci nebo automobily. Autonomní provoz by omezil lidský faktor a tím by přispěl ke zvýšení bezpečnosti.

---

### 2.2.4 Marketingová strategie

#### 2.2.4.1 Výrobní strategie

Při zavádění nové technologie je nutné především snížit předpokládané obavy jak obyvatelstva tak vedení města nebo firmy, pro kterou má být tramvaj dodána. U vozů s autonomním provozem jde především o prezentaci vyšší bezpečnosti v provozu a jeho konfrontací ze současným stavem.

V případě menších vozů, které reagují na aktuální stav provozu, lze prezentovat jako výhodu jednodušší nahraditelnost porouchaných vozů, kdy nedojde k odstavení celé kapacity soupravy.

S ohledem na vyšší pořizovací cenu oproti trolejbusům nebo autobusům, je potřeba vyzdvihnout nižší provozní náklady, vyšší přepravní kapacitu, nebo v případě autobusů snížení emisí vyprodukovaných přímo ve městě.[22]

Investice se také může pozitivně podílet na rozvoji ekonomiky státu vytvořením pracovních míst přímo u výrobce tramvaje a také u dodavatelských firem jak technologických, tak například stavebních.[23][24]

Tramvajové linky, nebo jejich výstavba ovlivní pohyby lidí a zvýší jejich koncentraci především v okolí zastávek. Díky tomu se může zvýšit obrat firem, které poskytují služby v okolí těchto uzlových bodů a také jejich počet. Se zvýšenou konkurencí roste také kvalita poskytnutých služeb, ze které následně profitují samotní obyvatelé města.[23][24]

#### 2.2.4.2 Cenová úroveň

U tramvají se předpokládají vysoké počáteční investice, které mohou být spojeny i s náklady na výstavbu nové tratě, nebo technickou úpravu současně. Zároveň se tramvaj nepořizuje jako jeden kus, ale je součástí tendru, ve kterém si jeho vypisovatel stanoví podmínky.

Mezi ně můžou patřit specifika pro dané město (rozchod kolejnic, poloměr oblouku zatáčky, nenarušení historické části města trolejí, počet), nebo specifika vycházející s klimatických a antropologických podmínek regionu (nutná klimatizace/topení, ochrana proti prachu, výška zachytného systému).



Tyto podmínky ovlivňují výslednou cenu, která se v rámci tendru může pohybovat v miliardách korun. Obecně ale říci, že cena za jeden vůz se pohybuje v rámci desítek milionů korun.

#### 2.2.4.3 Podpora prodeje

Vzhledem k přímé formě prodeje, je jedním ze způsobů podpory prodeje prezentace na veletrzích. Mezi ně můžeme zařadit například Mezinárodní strojírenský veletrh v Brně, nebo na berlínský Innotrans, který se řadí mezi největší veletrhy se zaměřením na kolejovou dopravu.

Důležité je také budování pozitivních vztahů s městy, kde je již technologie dodána. Například podporou investic do veřejného prostoru v okolí tratí a tím zvýšení kladného hodnocení firmy v očích veřejnosti. Partnerská města lze využít i jako referenční ukázky technologie pro nové zákazníky.

### 2.2.5 SWOT analýza

2.2.5

---

#### Silné stránky

- Ekologický způsob přepravy
- Produkt reagující na technologický vývoj
- Dlouhodobá investice s pozitivním dopadem na ekonomiku

#### Slabé stránky

- Vyšší náklady na technologii
- Zvýšená závislost na dodavatelských firmách
- Nedořešená legislativa zodpovědnosti autonomních vozidel

#### Příležitosti

- Vytvoření nových trhů
- Vytvoření nového trendu v přepravě osob

#### Hrozby

- Nepřijetí produktu současným trhem
- Změna návyků v přepravě
- Nahrazení jiným produktem s podobnou funkcí

## 2.3 Technická analýza

2.3

---

Součástí kvalitního návrhu není pouze přidaná estetická hodnota, ale je zapotřebí dobře poznat konstrukční základ, ze kterého návrh musí vycházet. U tramvajových vozů návrh technologicky ovlivňují především rozměrová omezení, druh podvozku a typ napájení.

U tramvají existuje řada koncepcí, které pracují s různými druhy podvozků, členěním vozu a rozdílným poměrem nízkopodlažní a standartní části. Cílem analýzy je poznat základní omezení, které se týkají konstrukce tramvají.

### 2.3.1 Technické požadavky

Při návrhu je nutné zohlednit základní dovolené rozměry a ostatní technické požadavky, které tramvaj musí splňovat. Pro tramvaje určené pro český trh je nutné se řídit normami ČSN 28 1300 a ČSN 28 0318. Normy povolují provoz na tratích s rozchodem normálním 1435 mm a úzkým 1000 mm.[25] Pro další řešení bude vhodné počítat pouze s jedním typem, jmenovitě rozchod normální 1435 mm, který je využívám ve většině měst.

#### 2.3.1.1 Základní rozměry

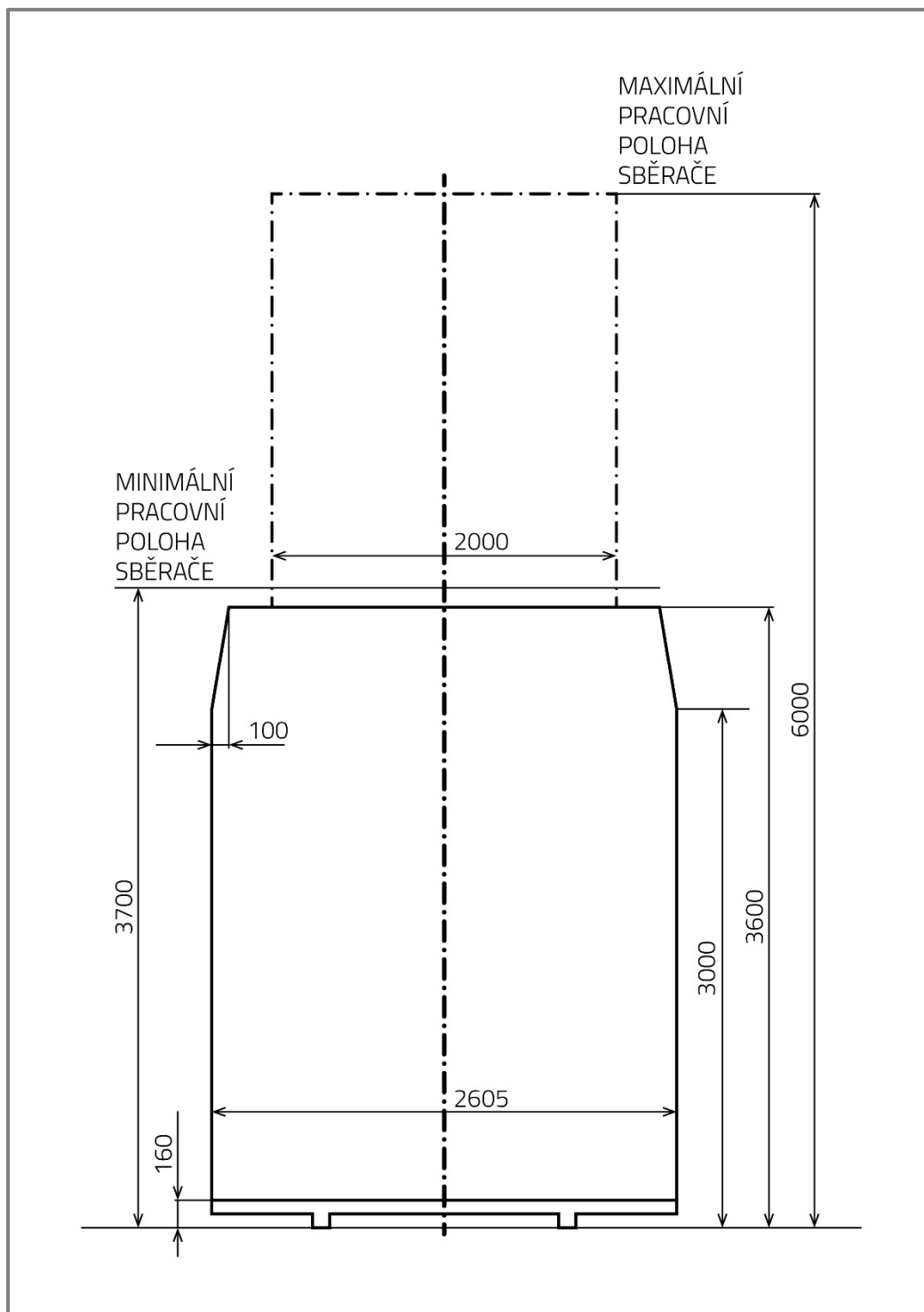
Pro návrh designéra je dostačující obecná znalost prostorových omezení, další zpřesnění musí vždy vycházet se vzájemné diskuze s konstruktérem. Norma definuje maximální povolenou šířku pro tramvaj 2 650 mm, pro případ provozu na pozemních komunikacích.[26]

Mimo obrys vozidla smí přesahovat pouze zpětná zrcátka, směrová světla a bezpečnostní kamery. Zrcátka z důvodu bezpečnosti musí být umístěna na sklopné konstrukci, jejich spodní hrana musí být minimálně 2250 mm nad kolejemi a nesmí přesahovat povolený obrys vozidla o 200 mm na pravé straně ve směru jízdy a o 120 mm na straně levé. Ze stejných důvodů je velikost kamer a směrovek omezena na 60 mm mimo obrys vozidla.[26]

Výška vozu je omezena na 3700 mm včetně spodní pracovní polohy pantografu. Dále je výškově omezena minimální úroveň pantografu v nečinné poloze a jeho nejvyšší



funkční poloha, která je 6000 mm. Nečinný pantograf musí být minimálně 100 mm pod nejnižší funkční polohou.[26]



Obr. 2-19 Rozměrová omezení obrysu vozidla [autor]

Maximální délka článkového vozu, nebo vozové soupravy provozovaného na pozemních komunikacích je 40 m a maximální délka samostatného vozu včetně spřáhel je 18 m.[26]

Dalším faktorem, kterým omezuje konstrukci vozu je zajištění průjezdu obloukem. Norma definuje minimální poloměr oblouku, který činí 20 m. V této situaci nesmí obrys vozu přesáhnout maximální šířku vozu o 380 mm na vnitřní straně a 650 mm na vnější straně.[25]

### 2.3.2 Podvozek

Výběr typu podvozku záleží na vybrané koncepci vozu a zároveň samotnou koncepcí výrazně ovlivňuje. Vzhledem k současnému trendu nízkopodlažních vozů není potřeba analyzovat možnosti standartních podvozků. Nízkopodlažní podvozky lze rozdělit do dvou základních skupin, pevné podvozky a otočné podvozky.

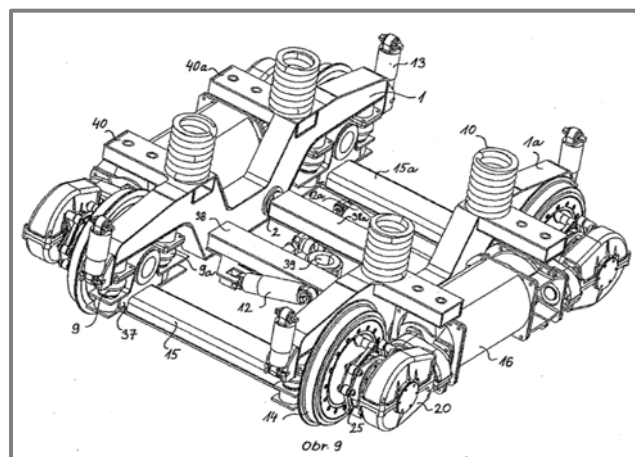
Dále je možné dělit podvozky podle toho, zda jsou hnané nebo hnací, jakým způsobem je uchycen motor, zda je využito převodovky nebo přímého pohonu a zda jsou kola spojeny nápravou nebo jsou bez náprav a umožňují zachování stejné výšky podlahy v celém voze.

#### Pevné podvozky

Tento typ řešení spojuje pevně podvozky s konstrukcí skříně vozu a z toho důvodu je využití možné pouze u článkových vozů. Nevýhodou je způsob uchycení, které neumožňuje umístění mezi články vozu. Tím vzniká ve voze více míst, kde dochází k zúžení užité plochy.

Problémy vznikají také při průjezdech oblouků s nízkým poloměrem, kdy dochází k vyššímu opotřebení kolejí a zvyšuje se hlučnost.[28] Proto je tento typ podvozků vhodnější spíše pro přímé trati, nebo rychlodrážní provoz, než do husté městské zástavby.

Výhodou pro návrh může být jednodušší řešení členění bočnic vozu, kdy se nemusí uvažovat s vyklápěním podvozku do stran. Díky tomu lze dosáhnout kompaktnějšího vzhledu.

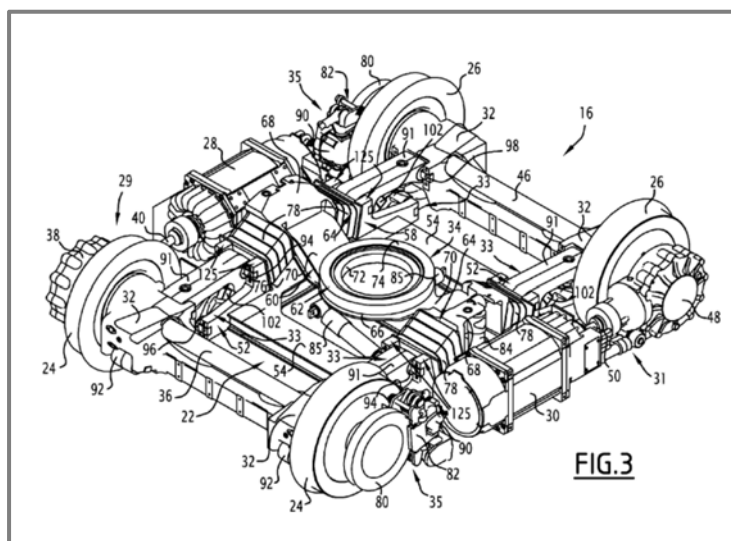


Obr. 2-20 Schéma pevného nízkopodlažního podvozku [29]

### 2.3.2.1 Otočné podvozky

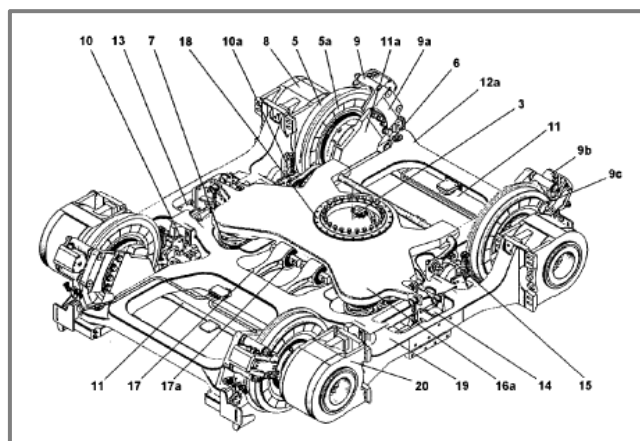
Tento typ řešení spojuje kabinu vozu s podvozky otočným čepem. Podvozek se může nacházet na kraji vozu nebo čepy spojovat jednotlivé články vozu a tím redukovat zúžení do jednoho místa. Díky tomu lze lépe využívat plochu vozu a například zjednodušit mechanické čištění podlahy. Svými jízdními vlastnostmi se lépe hodí do městského provozu, z důvodů nižší hlučnosti a menšího opotřebení kolejnic při průjezdu oblouky.[7]

Koncepce hnaných podvozků se může lišit podle použití typu motoru. Běžnějším je podélné uložení motoru mezi koly a přenosu síly pomocí převodovky. Kola jsou většinou spojena nápravou a pro pohon podvozku jsou potřeba dva motory. Podobné řešení lze vidět u patentu firmy Alstom[30]



Obr. 2-21 Schéma otočného podvozku s motory s převodovkou [30]

Nový typ podvozku vyvinula Škoda ve spolupráci s Výzkumným ústavem kolejových vozidel. Z konstrukce je vynechána náprava a převodovka, každé kolo je tak přímo poháněno motorem. Toto řešení redukuje další zdroj hluku na vozidle a přináší lepší kontrolu nad adhezí kol.[31]



Obr. 2-22 Schéma otočného podvozku s motory bez převodovky [31]

### 2.3.3 Napájení

System jakým je vozu dodávána elektrická energie, ovlivňuje nejen formu samotného produktu, ale z důvodu potřebné infrastruktury také výrazně zasahuje do veřejného prostoru.

#### 2.3.3.1 Napájení z pantografu

Tento způsob patří mezi nejrozšířenější možnosti napájení vozu. Jeho současné využití je spojeno s dlouhou historií používání a omezení nákladů nutných na výstavbu nové infrastruktury.

Nevýhodou je vizuální znečištění veřejného prostoru a nutnost viditelně zastavit střechu výzbrojí. Tento problém částečně řeší například Škoda v tureckém městě Konya. Úsek trati, který vede historickým centrem je bez trolejí a tramvaj využívá energii s baterií, které se dobíjejí během cesty v úsecích s trolejí.[9 ]



Obr. 2-23 Škoda Elektra Konya [9 ]

#### 2.3.3.2 Napájení ze třetí koleje

Méně invazivním způsobem pro napájení je využití třetí koleje. S ohledem na bezpečnost provozu musí být zajištěno odpojení koleje od elektrické sítě v době, kdy je kolejiště přístupné pro okolí. V současnosti je tato technologie použita například firmou Alstom ve francouzském Tours. Bezpečnost je zajištěna rozdělením koleje na více úseků, které jsou řízeny rádiovým signálem a jsou aktivní pouze v případě, že tramvaj zakrývá daný úsek.[32]



Obr. 2-24 Alstom Citadis 420 Tours, třetí kolej [32]

### 2.3.3.3 Indukční napájení

Dalším posunem ve zvýšení bezpečnosti provozu a snížení dopadu na vzhled infrastruktury je provoz na indukční napájení. V současnosti je technologie vyvíjena a testována firmou Bombardier. Podobně jako v případě napájení ze třetí koleje, je trať rozdělena do více úseků, které jsou řízeny rádiem a spouštěny pouze při průjezdu tramvaje. I když při indukci úraz elektrickým proudem nehrozí, omezí se zbytečnému vysílání elektromagnetického vlnění.[33]



Obr. 2-25 Schéma indukčního napájení Primove [33]

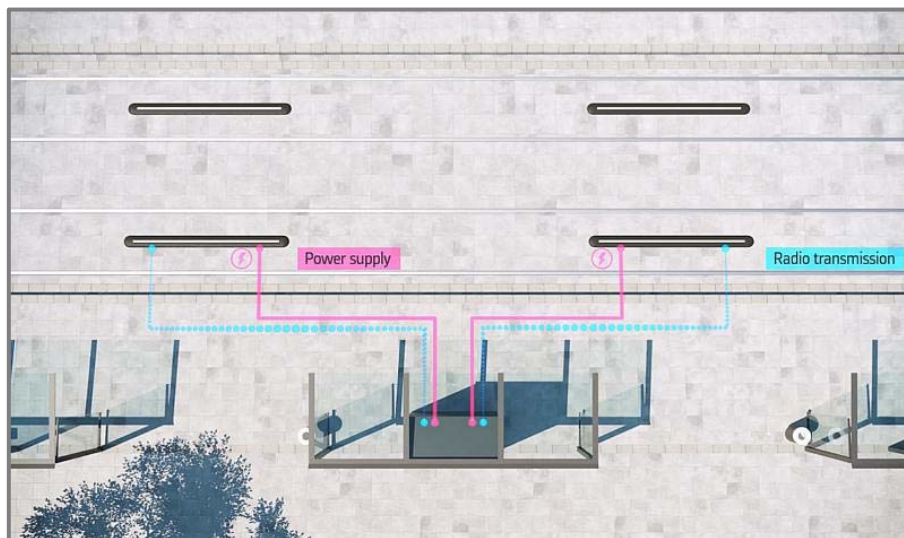
### 2.3.3.4 Bateriový provoz

Další alternativou je využití baterií, jak pro pokrytí krátkého úseku, podobně jako v případě výše zmíněného řešení od firmy Škoda, tak pro pokrytí celé tratě.

Řešení pro pokrytí celé tratě vyvinula firma Alstom. V zastávkách jsou v trati integrované krátké plochy, namísto třetí koleje, které jsou aktivní pouze v případě zakrytí vozem. K přenosu elektrické energie dochází vyklopením kontaktů



z podvozku vozu. Baterie jsou plně nabity během 20s, tedy doby, kterou vůz stráví na zastávce během výměny cestujících.[34]



Obr. 2-26 Schéma zastávkového napájení Alstom [34]

Obdobné řešení nabízí i firma Bombardier se svým indukčním napájením. Statické napájení v zastávkách kombinuje s dynamickým dobíjením v kritických místech trati. Toto řešení snižuje nutné investice do infrastruktury. [35]

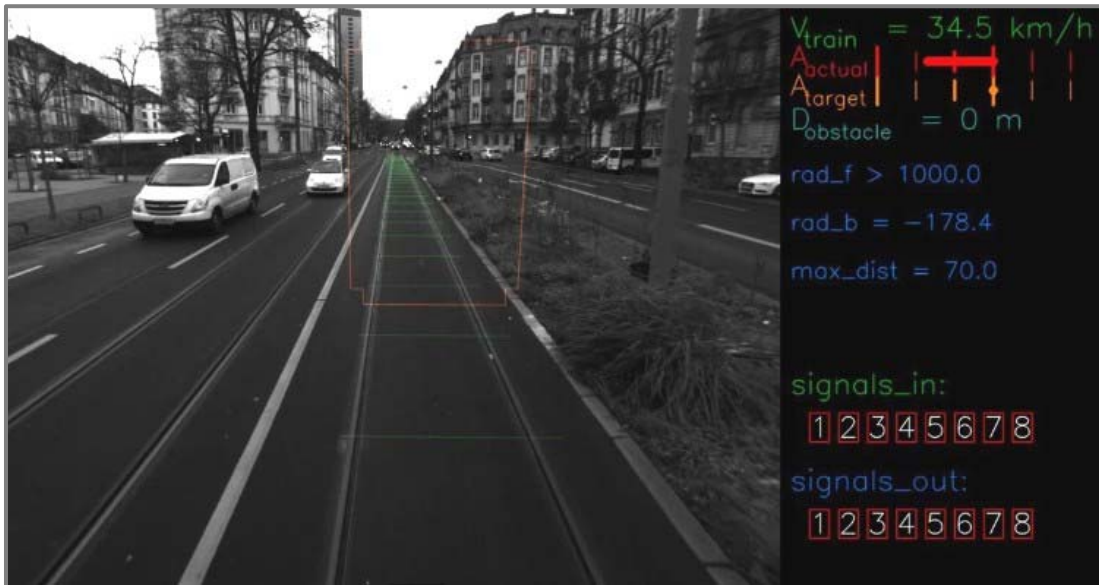
### 2.3.4 Autonomní provoz

Jedním z trendů v dopravě je integrování systémů, které hlídají okolí a zvyšují bezpečnost provozu na komunikacích. Dalším logickým krokem je vytvoření autonomního provozu, který by eliminoval lidský faktor. Ten má například na svědomí 94% dopravních nehod způsobených na území U.S.A..[36]

Mezi známé integrace autonomních vozidel do běžného provozu patří projekt od firmy Google. Systém je vyvíjen od roku 2009 a v současnosti dokázali vozy v plně autonomním režimu ujet přes 1,6 milionu km bez nehody.[37]

V rámci kolejové dopravy je běžné využití autonomního provozu v metru, kde je riziko nehody nižší než na veřejných komunikacích. Vozy bez řidiče se využívají i v meziměstské vlakové dopravě. V těchto provozech se využívá řídicího systému CBTC, který rozděluje trať do bloků. Díky dělení lze lépe kontrolovat přesnou polohu vozu, udržovat bezpečné vzdálenosti a zvýšit efektivitu provozu.[38]

U tramvají se prozatím autonomní provoz netestuje. Pravděpodobně z důvodů kombinace fyzikálních vlastností vozů, jako je například dlouhá brzdná dráha, a hustého a nevyzpytatelného městského provozu. Za posun lze považovat nový asistenční systém DAS od firmy Bombardier. Díky kamerám, které hlídají nečekané překážky na trati, dostává řidič včas upozornění v případě nebezpečí. Systém dokáže vyhodnotit i kritickou situaci a tramvaj nouzově zabrzdí bez zásahu řidiče.[39]



Obr. 2-27 Pohled kamer na trať [39]

Výhodou těchto technologií je, že konstrukčně neovlivňují samotnou formu produktu a dají se implementovat do současných vozů, které nebyly navrhovány pro autonomní provoz. Případnou změnou je absence kabiny řidiče a možnost změny tvarování čel, které se nemusí řídit ergonomickými zásady pro dobrý výhled.

### 3 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Z provedené rešerše je patrný vývoj tramvají k nízkopodlažním modulárním vozům. Výsledky jsou ovšem rozdílné a ovlivněné zejména volbou konstrukce podvozků. Ty ovlivňují vzhled zvenčí, kdy u pevných podvozků je možnost je zcela skrýt, zatímco u otočných se nelze vyhnout jejich přiznání.

Vliv mají také na rozložení interiéru, kdy musí být interiér zúžen nejen v místě spojení článků vozu, ale také v místě podvozků. V případě pevných podvozků se zúžení děje na více místech, ale vizuálně horní polovina prostoru je otevřenější. U otočných podvozků, které se umisťují mezi jednotlivé články je zúžení koncentrováno do jednoho místa, proto je výraznější, ale dává více prostoru v jednotlivých člancích.

U všech modelů lze pozorovat logické členění v horizontálním směru. Ne vždy je ovšem řešen prostor dveří, který by měl být vizuálně výrazný pro jednoduchou orientaci cestujících. Toho lze dosáhnout narušením plochy vertikálním prvkem.

Dalším problémovým místem je napojení kabiny na zbytek vozu. Zde lze vidět vliv města, které chce vytvořit unikátní vůz. Protože kabina vozu, je místem, kde lze udělat vizuálně největší změny v rámci jinak modulární koncepce. Výsledkem je často spojení dvou částí, které spolu nekorespondují. Možností je vytvořit jedno neutrální řešení, kde prostor pro změny bude již pouze v detailech nebo grafice vozu.

Při návrhů interiéru je pravděpodobný vliv města, pro které je primární počet cestujících, kteří si mohou sednout. Jako výstup v číslech to může znít dobře, výsledkem je ovšem prostor, který je přeplněný a nenabízí moc místa k pohybu. S ohledem na četnost tramvajových zastávek, délky jedné cesty a množství cestujících, kteří se během jedné zastávky vymění je primární více prostoru k pohybu než množství sedících pasažérů.

#### 3.1 Cíl práce

Podstatou diplomové práce bude návrh nízkopodlažní autonomní tramvaje, tedy tramvaje, která bude schopna samostatného provozu ve městské zástavbě. Vozy budou mít nižší kapacitu a budou reagovat na vytížení provozu pro lepší využití jednotek.

Z důvodů předpokládaného vytvoření krátkých samostatných vozů je nutné jako technologické řešení podvozku zvolit otočné podvozky. Ze způsobů napájení se jeví jako nejvhodnější bateriový pohon s dobíjením na zastávkách. Toto řešení přispěje k vizuálnímu vyčištění města od trolejí a nepřinese náročné změny infrastruktury.

Z důvodu absence kabiny bude v interiéru vůz působit na cestující jinak, než běžná tramvaj. Z exteriéru může tramvaj vizuálně navázat na současnou produkci a tím nezpůsobit až přílišnou změnu, kterou by již uživatelé nemuseli přijmout. Odvážnější přístup, by mohl změnit i výraz čela kabiny a reagovat na využitou autonomní technologii.

Návrh by ale především měl respektovat uživatele, proto je potřeba zpočátku, bez ohledu na vybraný koncept, se více zaměřit na rozložení interiéru, umístění dveří



a volbu podvozků, které mají výrazný vliv na ergonomii interiéru a také na celkový vzhled.

Následně je možné řešit samotnou formu produktu. Ta musí taktéž zohledňovat umístění technologie pro bezpečný autonomní provoz. Dalším aspektem je vytvoření přehledného informačního systému, který bude cestující uvnitř i vně vozu informovat o čase, zastávkách, lince tramvaje apod.

Předpokládané rozměry:

- Výška: 3,5 m
- Šířka: 2,5m
- Délka: 10-15 m
- Rozchod: normální 1435 mm

## 4 VARIANTNÍ STUDIE DESIGNU

Největším omezením pro návrh jsou rozměry, které definuje norma. I v případě návrhu vozů se dvěma podvozky stále vzniká obdélníkový tvar, který je výrazně delší než rozměry v jeho průřezu. Také je potřeba co nejlépe využít plochu, kterou může vůz zastavět.

Z důvodů využití otočných podvozků je potřeba uvažovat s výrazným prvkem při pohledu z boku. Zároveň je potřeba vyzkoušet jak budou působit změny proporcí při posunutí podvozků blíže ke kraji vozu a rozdílné délky vozu. Dalším faktorem, který ovlivní výraz vozu je počet dveří, jejich umístění a případné vizuální zvýraznění.

Dalším výrazným prvkem je čelo vozu a jeho spojení se zbytkem vozu. Vzhledem ke koncepci autonomních vozů jeho řešení nepodléhá ergonomickým požadavkům na výhled řidiče. Proto lze pracovat s variantami, které výrazně mění výhled z vozu a jeho výraz.

Počátek navrhování spočíval ve vytvoření rozměrového modelu s umístěním podvozků. Díky tomu se skici a varianty mohli držet měřítka, které je dáno konstrukčním základem. Na hmotových studiích se zároveň mohlo vyzkoušet grafické členění vozu, které dále mění výraz.

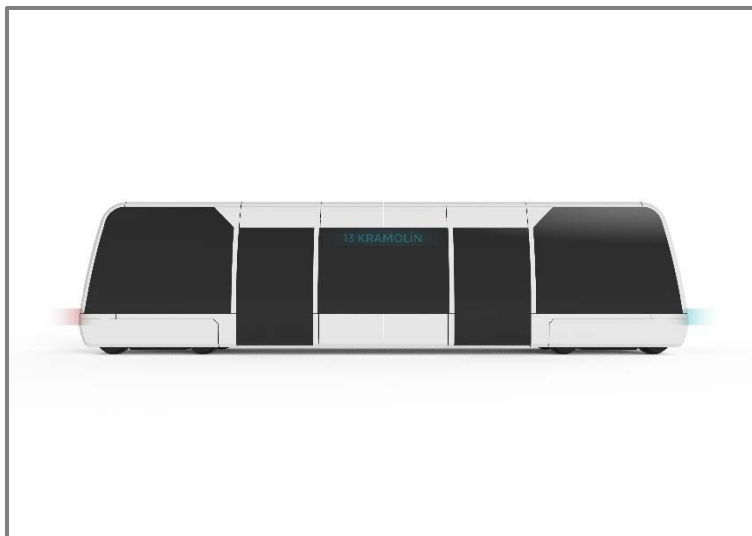
### 4.1 Varianta 1

První varianta svým výrazem připomíná běžnou tramvaj. Hlavním výrazovým prvkem jsou velká okna na krajích vozů. Ty jsou doplněna o panoramatické čelní sklo, které končí na střeše vozu. Snížení střechy uprostřed vozu vizuálně ukazuje místo, kde se nachází dveře. Zkosení zároveň slouží k vizuálnímu propojení dvou horizontálních linií oken.



Obr. 4-1 Vizualizace první varianty, perspektiva [autor]

Spodní část vozu má statický charakter a zklidňuje celý vůz. Podvozky jsou umístěny v krajích vozu a jejich kryt je součástí předního nárazníku. Pro nástup slouží dvojice dveří, která je vizuálně oddělena vhodným členěním opláštění.



Obr. 4-2 Vizualizace první varianty, boční pohled [autor]

## 4.2 Varianta 2

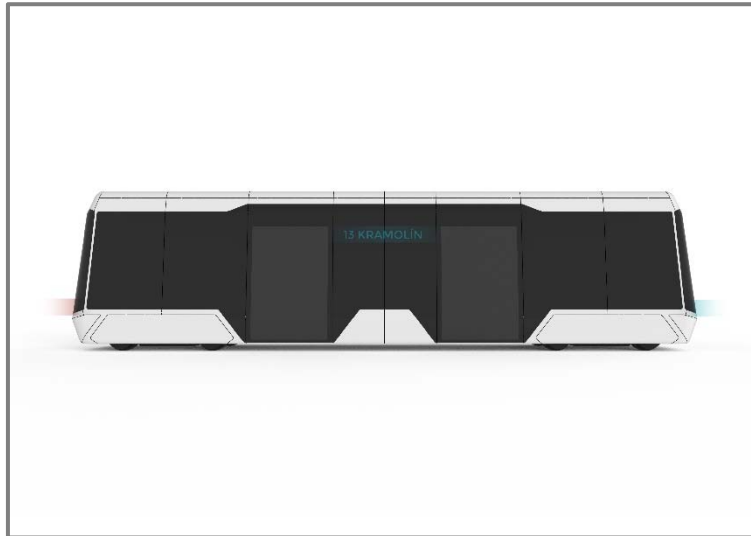
4.2

Druhá varianta svojí hmotou stále připomíná klasické tvarování tramvají. Oproti předešlé variantě se mění napojení čelních a bočních oken, které nyní probíhá v horizontálním směru.



Obr. 4-3 Vizualizace druhé varianty, perspektiva [autor]

Rozdílem jsou okna, která nepracují s podobnou velkorysostí na krajích vozu, jako předešlá varianta, ale k jejich rozšíření dochází v místě dveří. Výrazově má napojení podobný geometrický průběh.



Obr. 4-4 Vizualizace druhé varianty, boční pohled [autor]

Změnou je rozdělení krytu podvozku a krytu ojnice na dva samostatné díly. U čelního skla je voleno netypické dělení diagonálou. Tím vůz dostává prvek, který není běžný u vozidel ovládaných člověkem a naznačuje svoje autonomní vlastnosti.

### 4.3 Varianta 3

Poslední varianta plně přiznává absenci řidiče. Vůz je kratší než předešlé varianty a má pouze jeden pár širších dveří pro vstup a výstup. Prosklené části v plynulých křivkách přecházejí do čelní části, kde symetricky vystupuje výrazný prvek informačního panelu a světel.



Obr. 4-5 Vizualizace třetí varianty, perspektiva [autor]

Z tramvaje je zajištěn zajímavý výhled, díky prosklené kulové střeše. Při bočním pohledu jsou zachovány organické linie, které lehce zakrývá střechu. Ta tímto vytváří další výrazný prvek návrhu a svým tvarováním naviguje uživatele ke dveřím vozu.



**Obr. 4-6** Vizualizace třetí varianty, boční pohled [autor]

I když je tato varianta nejbližší pravděpodobnému finálnímu řešení, problémem je nesourodé členění krytu podvozků a zbytku vozu. Proto bude potřeba tento úsek znovu přepracovat a dále hledat možnosti grafického dělení.

## 5 TVAROVÉ ŘEŠENÍ

Finální řešení technologickým rozložením a měkkým tvarováním vychází z varianty číslo 3, ale základní tvarové rysy přebírá i z dalších návrhů. S ohledem na autonomní provoz, zde chybí některé prvky typické pro běžné tramvaje, nebo jsou přepracovány, například světlomety.

Tramvaj je symetrická ve dvou osách. To je způsobené předpokládaným obousměrným provozem a umístěním jednoho páru velkých dveří na je každé straně vozu.

Vzhledem ke způsobu využití a rozměrům vozu a omezení normami tvoří základní tvar kvádr, který se v půdorysu směrem k čelům mírně zužuje. K dalšímu mírnému zúžení dochází na spodní hraně, tak aby tramvaj nepůsobila příliš těžkopádně a staticky. K narušení rovných ploch dochází i v oblasti střechy, kde bylo nutné vypnutím plochy zajistit odtok vody.



Obr. 5-1 Vizualizace finálního řešení

Základními výrazovými rysy vozu jsou jednoduché vodorovné linie, které dodávají vozu potřebnou dynamiku evokující pohyb. Zároveň vhodně člení poměrně vysokou hmotu na více segmentů. Vodorovné linie jsou v důležitých uzlech narušeny snížením a plynulým napojením. Tyto výrazové prvky dodávají vozu osobitý charakter a zároveň zastupují důležité funkce, které budou popsány dále. Dalším výrazným prvkem je využití a přiznání voštinové konstrukce namísto běžného nosného rámu.

## 5.1 Čelo vozu

Jakým způsobem je tvarováno čelo, patří mezi primární úkoly designéra, protože právě zde dochází často k prvnímu vizuálnímu kontaktu mezi vozem a osobou čekající na zastávce. Vzhledem k povaze vozidla, které jezdí pouze ve městě a je určené široké cílové skupině, nabízí se využití jednoduchých linií, které mají pozvolný průběh a vytváří vřelý a přátelský dojem.



Obr. 5-2 Vizualizace čela tramvaje

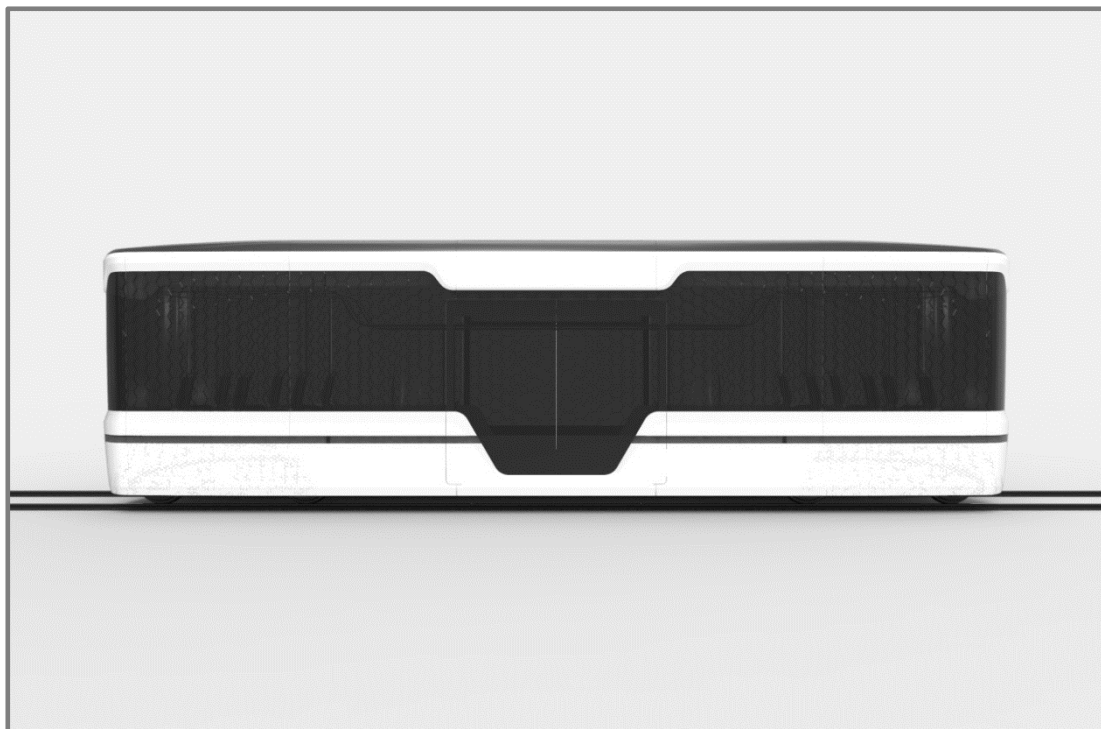
Ve spodní části je průběžná tenká linie výrazně rozšířena. Vizuálně tak vytváří úsměv tramvaje a zároveň poskytuje prostor pro umístění kamer, které hlídají prostor před vozem. Vertikální členění masky má technický význam a slouží, jako odnímatelný kryt složeného spřáhla vozu.

V horní části k obdobnému snížení průběžného pásu. Zde slouží jako vizuální upozornění na informační displej a zároveň zvětšuje jeho užitnou plochu. Vertikální členění má opět technologické opodstatnění a rozdělují plochu displeje a karoserii.

## 5.2 Vstupní prostor

Při pohledu z boku může najít podobné prvky jako v případě čela vozu. Rozšíření horního pásu opět slouží k upozornění a zvětšení užité plochy informačního displeje. Stejná situace se také opakuje u technologického členění.

Ve spodní části k dochází k výraznějšímu snížení horizontální linie než v případě čela. Důvodem je rozdílná funkce daného prvku. Dochází zde k vizuálnímu upozornění na vstupní prostor, které zjednodušuje orientaci osobu na zastávce.



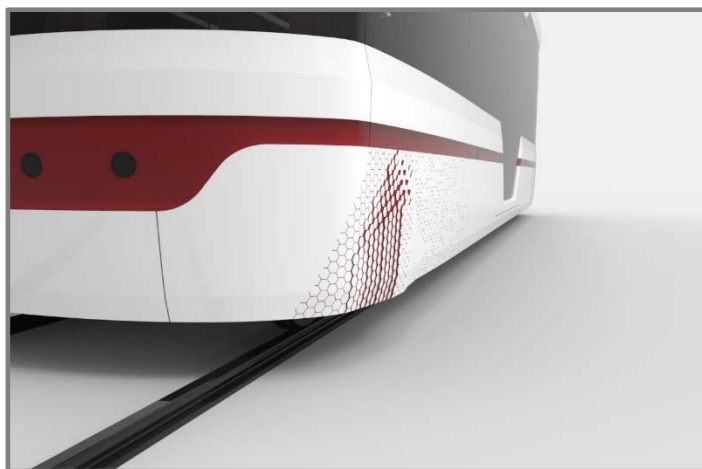
Obr. 5-3 Vizualizace bočnice tramvaje

Samotné technologické členění plochy dveří nenavazuje na průběžné linie a drží se pravoúhlého členění. Důvodem je zachování užité plochy vstupního prostoru, tak aby nedocházelo k jeho zúžení směrem k nástupní hraně.

---

### 5.3 Kryty podvozků

Boční kryty podvozků jsou výrazným a netradičním prvkem. Jsou tvořeny malými hexagonálními segmenty, které se mohou vůči sobě v určitém rozmezí horizontálně posouvat. Díky tomu mohla vzniknout nepatrně členěná plocha, která při jízdě po rovné trati vizuálně téměř nenarušuje průběh bočnic. Při průjezdu obloukem dochází k vysunutí jednotlivých prvků, které reagují na otočení podvozku.

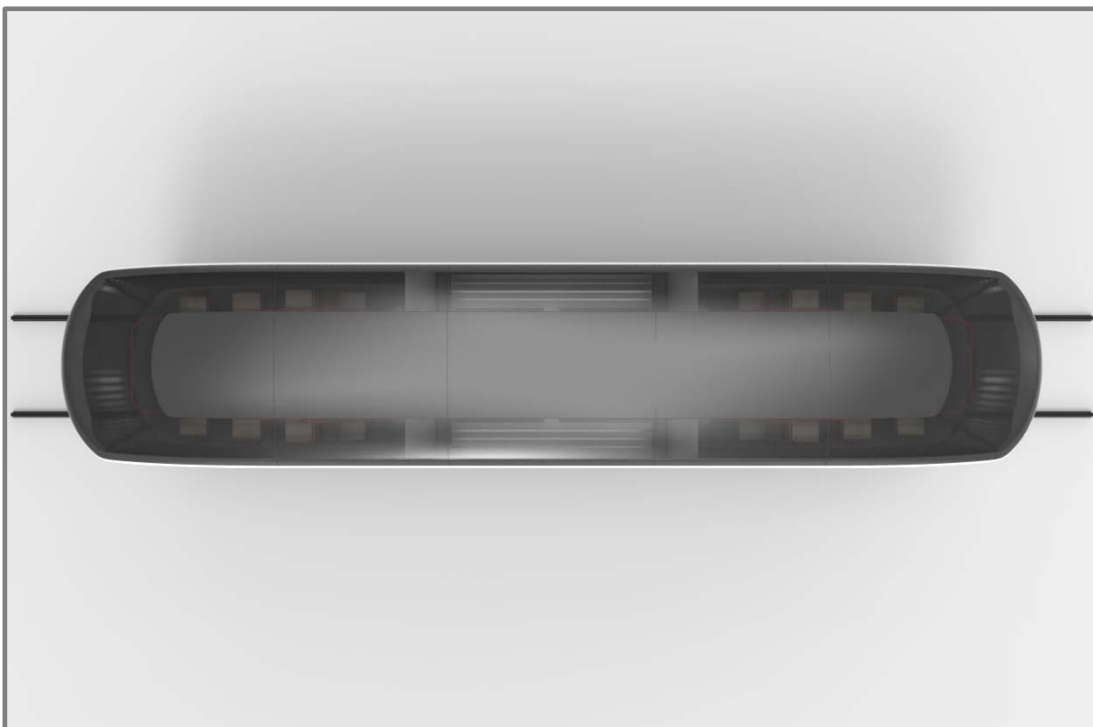


Obr. 5-4 Vizualizace krytů podvozků



## 5.4 Střecha

Z Důvodu využití alternativního bateriového pohonu a indukčního dobíjení není na střechě umístěn pantograf. Výrobci tramvaji nechávají odkrytou elektrickou výzbroj na střechě. Toto řešení nezohledňuje fakt, že se vůz pohybuje po městě, kde lidé pohybují ve vyšších patrech budov. Zakrytím elektrické výzbroje vzniká komplexně řešený produkt. Dalším netradičním prvkem je využití střešních oken, které umožňují nový výhled cestujících na město.



Obr. 5-5 Vizualizace střechy

Základní tvarové členění vychází z půdorysného obrysu vozu a vytváří obvodový prstenec a centrální plochu. Obvodový prstenec tvoří skleněné panely, které umožňují průhled v místech zvýšení podlahy. V nízkopodlažní části není průhled možný z důvodu umístění technologie pro otevírání dveří. Zde panely slouží pouze jako výdechy elektrické výzbroje, která je umístěna pod centrálními panely, které slouží jako servisní přístup.

## 5.5 Interiér

Primárním řešením bylo vytvoření exteriéru tramvaje. Interiér proto vizuálně navazuje na tvarové prvky exteriéru a je zde primárně řešeno rozložení sedaček a umístění zádržného systému. Kromě rozdělení na tři samostatné plochy k dalšímu výraznému členění nedochází. Díky voštinové konstrukci není interiér členěn sloupky rámu a je umožnit vytvořit rovné plochy i v rámci stěn. Výška stropu vůči podlaze zůstává zachována, proto v nízkopodlažní části dochází ke snížení a napojení na kryty mechaniky dveří.

## 6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ A ERGONOMICKÉ ŘEŠENÍ

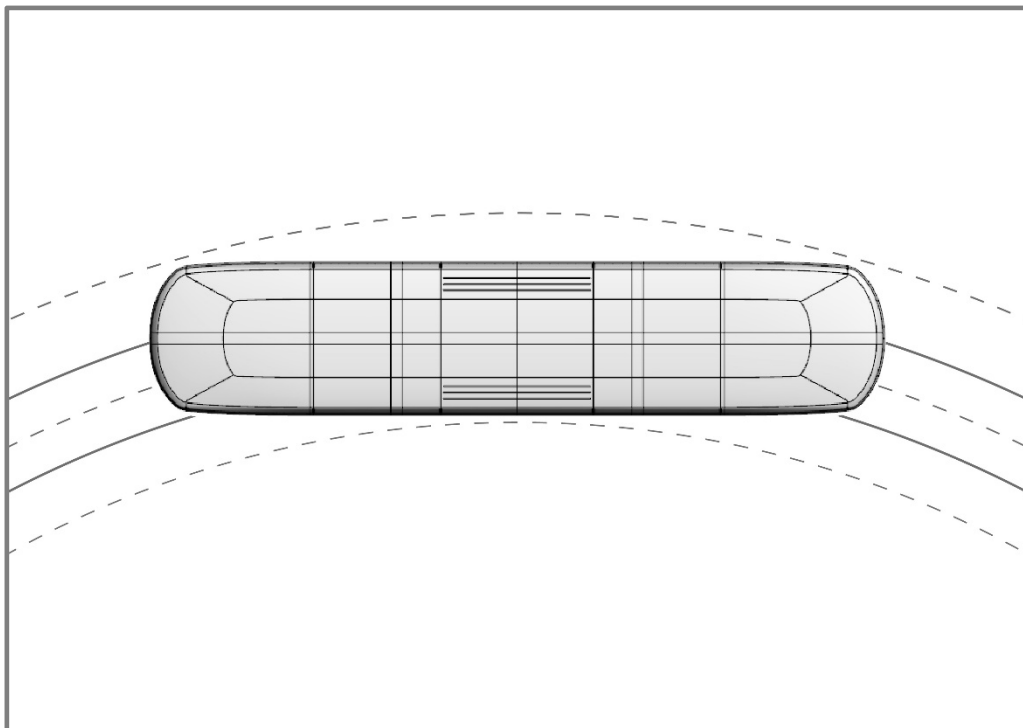
### 6.1 Technické řešení

Základem tramvaje jsou dva otočné podvozky umístěné v krajních částech vozu. S rámem vozu jsou spojeny kloubovým spojem. Rám je z většiny tvořen voštinovou konstrukcí, která je doplněna ocelovými profily. Na rámu je umístěno opláštění vozu, které je tvořeno skleněnými okny a plechovými nebo kompozitními částmi karoserie. Tramvaj je vybavena systémem kamer a čidel pro autonomní provoz, které zajišťují bezpečnost provozu. Napájení je řešeno pomocí superkapacitorů a indukčního dobíjení při zastavení vozu.

#### 6.1.1 Základní rozměry

Největším rozměrem je délka tramvaje, která činí 12 metrů, v nejširším místě má vůz 2,5 metrů a výška střechy od temene kolejnice činí 3,5 metrů. Při průjezdu obloukem dochází k rozšíření tramvaje maximálně o 10 cm v místě krytu podvozku

Rozměry tramvaje byly voleny s ohledem na normu, která definuje největší možné vybočení při průjezdu obloukem a vnější rozměry v průřezu. Na obrázku je vůz v nejmenším dovoleném poloměru oblouku, který činí 20 metrů. V běžném provozu se tramvajové tratě staví s minimálním obloukem 22 metrů.

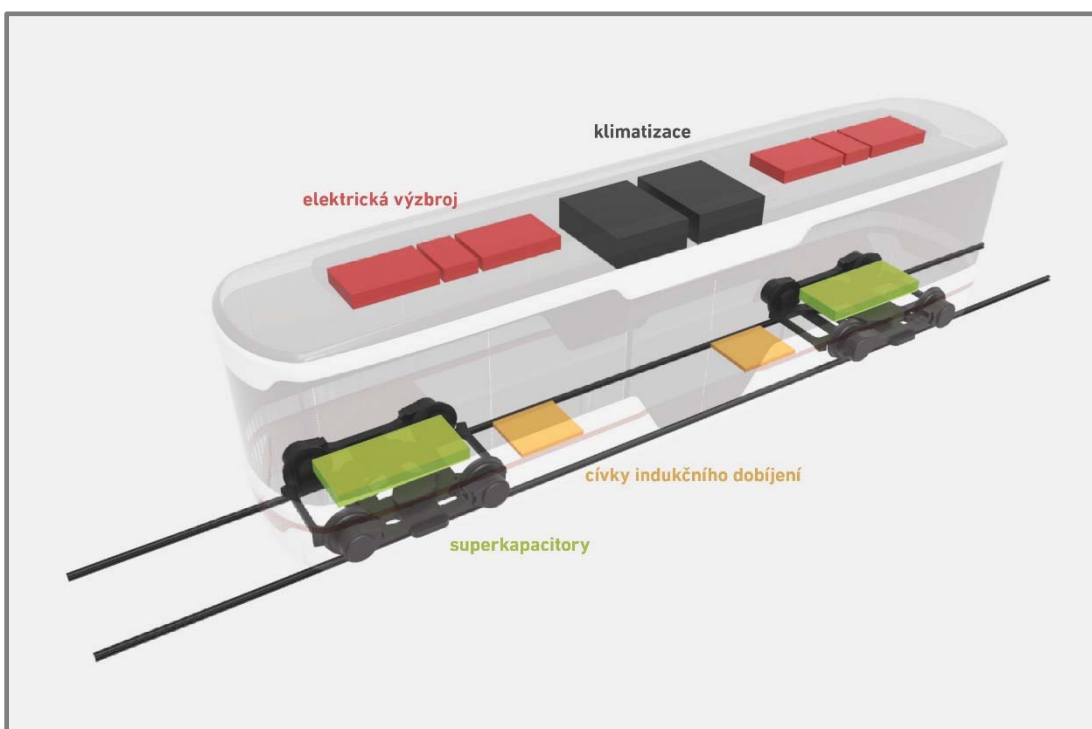


Obr. 6-1 Půdorys vozu v nejmenším dovoleném poloměru 20 m

### 6.1.2 Konstrukční uspořádání

Základem rámu vozu jsou bočnice tvořené voštinovou konstrukcí, která slouží jako nosný prvek pro umístění skel, karoserie vozu a vybavení interiéru. Propojením za pomoci konzol horní a spodní části vozu, vznikne základní rám vozu.

Technické prostory na střeše vozu slouží k umístění potřebné elektrické výzbroje vozu, řídicí jednotky a klimatizace. Ve spodní části vozu jsou umístěny superkapacitory, cívky pro indukční nabíjení a spojení rámu s podvozkem.



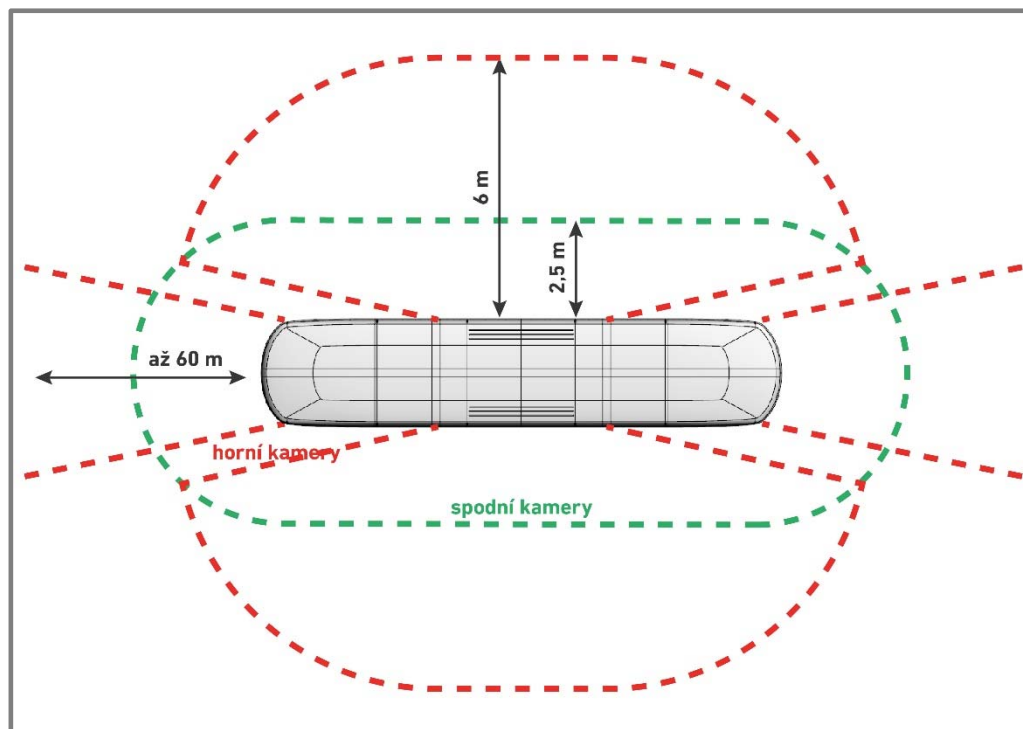
Obr. 6-2 Vizualizace uspořádání technického vybavení

### 6.1.3 Systém autonomního provozu

Autonomní vozidla v současnosti zažívají prudký rozvoj a technologie natolik pokročila, že největším nebezpečím provozu je stále lidský faktor. Pro zajištění bezpečnosti v provozu je nutné vhodně zvolit rozmístění bezpečnostních kamer a čidel, tak aby bylo zajištěno pokrytí prostou v okolí vozu.

Pro lepší pokrytí okolí, jsou kamery umístěny ve dvou výškových úrovních. Ve spodní části jsou umístěny v průběžném pásu, který obíhá kolem celého vozu. Tyto čidla slouží k zajištění bezpečnosti v bezprostřední blízkosti vozu. V místech rozšíření jsou doplněny o kamerové systémy.

V horní části jsou kamery umístěny do prostorů voštinové konstrukce. Jejich umístění slouží především k pokrytí většího okolí vozu, tramvajové trati a dveřních prostor.



Obr. 6-3 Pokrytí kamerového systému

#### 6.1.4 Systém napájení

Pro výsledný bylo zvolen systém provozu za pomoci superkacitorů, které se indukčně dobíjejí na zastávce, během výměny cestujících. Výhodou zvoleného řešení je možnost zakrytování elektrické výzbroje na střeše vozu z důvodu absence pantografu. Dalším pozitivním aspektem je vizuální vyčištění města od trolejového vedení.

Samotné konstrukční řešení částečně nízkopodlažní tramvaje řeší běžný problém s umístěním těžkých superkapacitorů na střeše vozidla, kdy dochází ke zvýšenému namáhání rámu. Využitím nízkopodlažních podvozků a zvýšené rovné podlahy vzniknul prostor vhodný pro umístění potřebné technologie. Díky tomu je podstatná váha umístěna přímo nad podvozky a minimalizuje se zatížení nosného rámu.

Samotné dobíjení probíhá za pomoci cívky umístěné v podlaze vozu. Pro zvýšení efektivity přenosu se může panel s cívkou vysunout a blíže k vozovce kde je umístěna druhá cívka. Ta může být umístěná pod samotnou vozovkou a tím se stávají koleje jediným vizuálním zásahem do města.

#### 6.1.5 Podvozky

Z důvodu krátké konstrukce vozu a využití dvou podvozků je nutné použít otočné podvozky. Výsledné řešení využívá podvozků, které vycházejí z koncepce tramvaje Škoda Forcity Alpha pro Prahu. Otočné podvozky jsou také méně hlučné a neopotřebovávají koleje, tak jako pevné podvozky.

Výhodou podvozků je umístění trakčních motorů přímo na osu kola a z toho vyplývající absence převodovky. Každé kolo je poháněné vlastním motorem, to zajišťuje 100% adhezi kol, lepší jízdní podmínky a lepší kontrolu nad výkonem

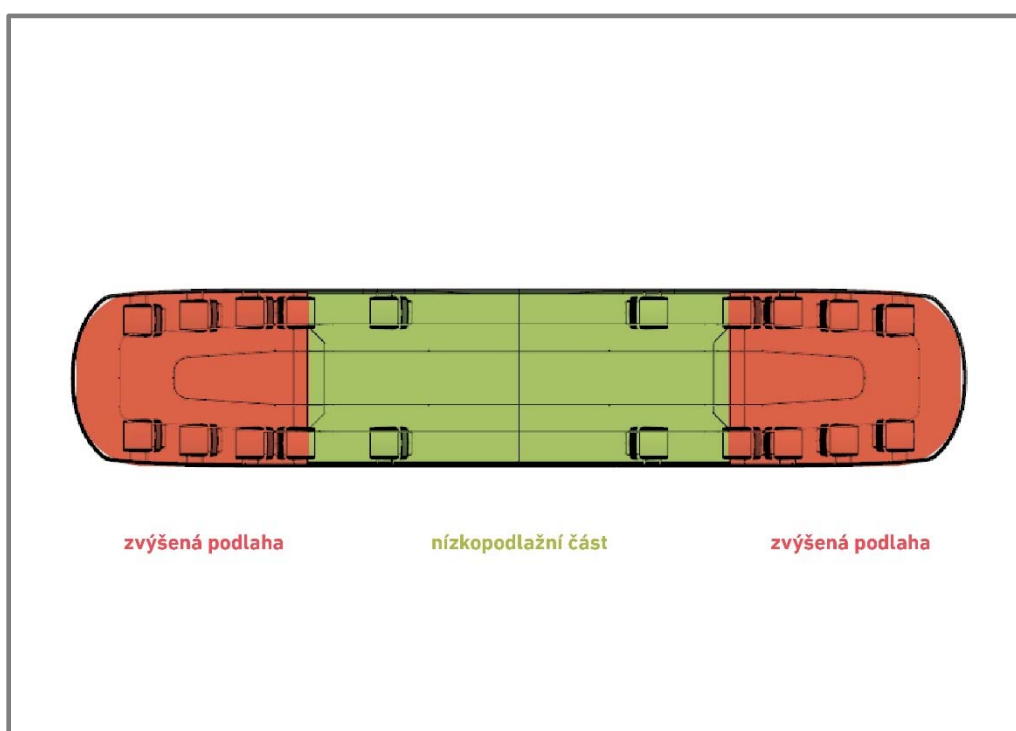
jednotlivých motorů. Minimalizace pohyblivých dílů snižuje nároky na údržbu a hluk. To zvyšuje komfort nejen cestujících ale všech obyvatel města.

## 6.2 Ergonomické řešení

6.1

V případě autonomní tramvaje, díky absenci řidiče není nutné jeho kabinu a její ergonomické aspekty.

Tramvaj je nízkopodlažní a bezbariérová v 50% plochy, která je ve výšce 300 mm na temenem kolejnice. Druhá polovina plochy, která je symetricky rozdělená do krajů vozu, se nachází ve výšce 750 mm nad temenem kolejnice. Papírově méně atraktivní řešení vytváří tři samostatné podlahy, které nejsou dále zbytečně členěny. Výhodou je komfortnější pohyb cestujících po vozu, který narušují pouze schody snižující výškový rozdíl, a zároveň se zjednodušuje mechanické čištění podlahy.



Obr. 6-4 Rozložení plochy interiéru,

### 6.2.1 Rozložení interiéru

6.2.1

V praxi má velký vliv na rozložení interiéru samotné zadání od investora a technické řešení vozu. Výsledkem není vždy řešení, které respektuje především samotné cestující.

Ve voze dochází k časté výměně cestujících, kterým je nutné zajistit dostatečný prostor pro komfortní pohyb. Proto jsou sedačky primárně rozmístěny v jedné řadě na každé straně. V nízkopodlažní části je prostor pro 8 sedících a 45 stojících osob a ve vyvýšené části vozu pro 12 sedících a 30 stojících osob (obsazenost 5os./m<sup>2</sup>). Celková kapacita vozu je 95 osob (obsazenost 5os./m<sup>2</sup>) a maximální až 140 osob (obsazenost 8os./m<sup>2</sup>). Jako plocha pro vozíčkáře a kočárky slouží prostor v okolí dveří, které jsou na levé straně ve směru jízdy a nejsou v danou chvíli využívány pro výměnu cestujících na

zastávce. Tato plocha je součástí výpočtu kapacity, proto se v případě přítomnosti vozíčkáře nebo kočárku ve voze se reálná kapacita snižuje. Pro zvýšení komfortu nastupování je vůz vybaven výsuvnou plošinou umístěnou pod dveřmi.

### 6.2.2 Sedačky

Součástí návrhu je i koncept jednoduchých sedaček, které mohou být vyrobeny z plastu nebo ohýbaného dřeva. Vybrané materiály jsou oproti textilním sedačkám jednodušší na údržbu. V případě využití dřeva je do vozu umístěn přírodní prvek, který pozitivně působí na lidskou psychiku. Další výhodou dřeva je zvýšení tepelné pohody v chladnějších měsících. U plastových sedaček lze tento nedostatek kompenzovat výměnnými textilními potahy, které lze snadno vyměnit za čisté.



Obr. 6-5 Vizualizace sedačky

Sedák i opěradlo sedačky jsou mírně prohnuté v jedné a mají zvýšené boční vedení, které zvyšuje komfort cestujícího při jízdě. Plocha sedáku je tvořena čtvercem o délce hrany 40 cm. Výška opěradla je 50 cm a šířka 40 cm. Přední hrana sedáku se zvedá o 2° a sklon opěradla činí 10°. V případě sedaček umístěných za sebou je velikost mezery pro kolena 30 cm, u sedaček umístěných naproti sobě 75 cm.

### 6.2.3 Záchytný systém

Podstatnou částí interiéru jsou také madla pro stojící osoby. Vodorovné tyče jsou umístěny 2000 mm nad podlahou a vedou ve čtyřech řadách celým interiérem se zakončením, které kopíruje tvar vozu. Pro zvýšení komfortu cestujících lze vodorovné tyče vybavit závěsnými madly.

Svislé tyče jsou součástí nosné konstrukce sedaček a jsou ve spodní části kotveny do stěny. Toto řešení ponechává podlahu bez rušivých prvků pro jednodušší úklid vozu. V horní části jsou uchyceny do mezery mezi pás osvětlení a strop.

#### 6.2.4 Informační systém

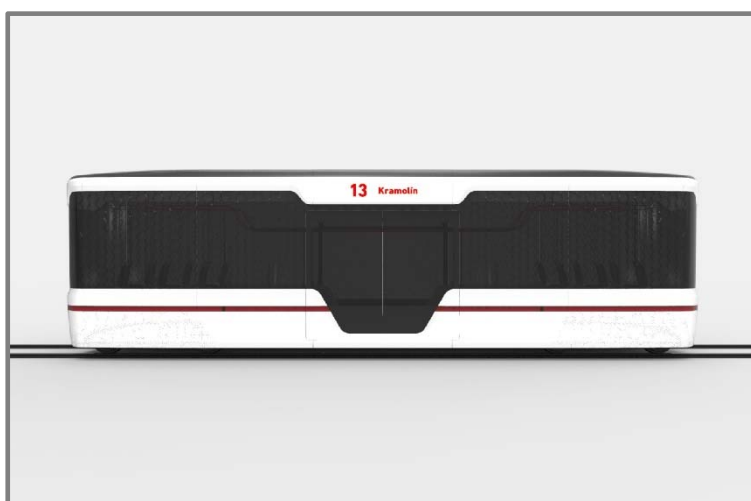
6.2.4

Vůz je z vnějšku vybaven čtyřmi displeji, které slouží pro zobrazení čísla linky a konečné zastávky. Plocha displeje je umístěna v přímém kontaktu s okolím. Dané řešení zlepšuje čitelnost oproti běžnému umístění za sklem v interiéru.

V interiéru je vůz primárně vybaven čtyřmi obrazovky, které slouží pro zobrazení informací o trase, sdělení dopravce nebo reklamy. Dvě jsou umístěny v krajních částech vozu na snížených prvcích konstrukce, která slouží jako displej i z vnější strany vozu. Další dvě obrazovky jsou umístěny ve středu vozu na krytech mechaniky otevírání dveří. Díky sklonu směrem k cestujícím jsou dobře čitelné i při daném umístění. Další případný prostor pro další dvě obrazovky je na šikmé ploše nad schody.



Obr. 6-7 Informační panel na čele vozu



Obr. 6-6 Informační panel nad dveřmi

## 7 BAREVNÉ A GRAFICKÉ ŘEŠENÍ

---

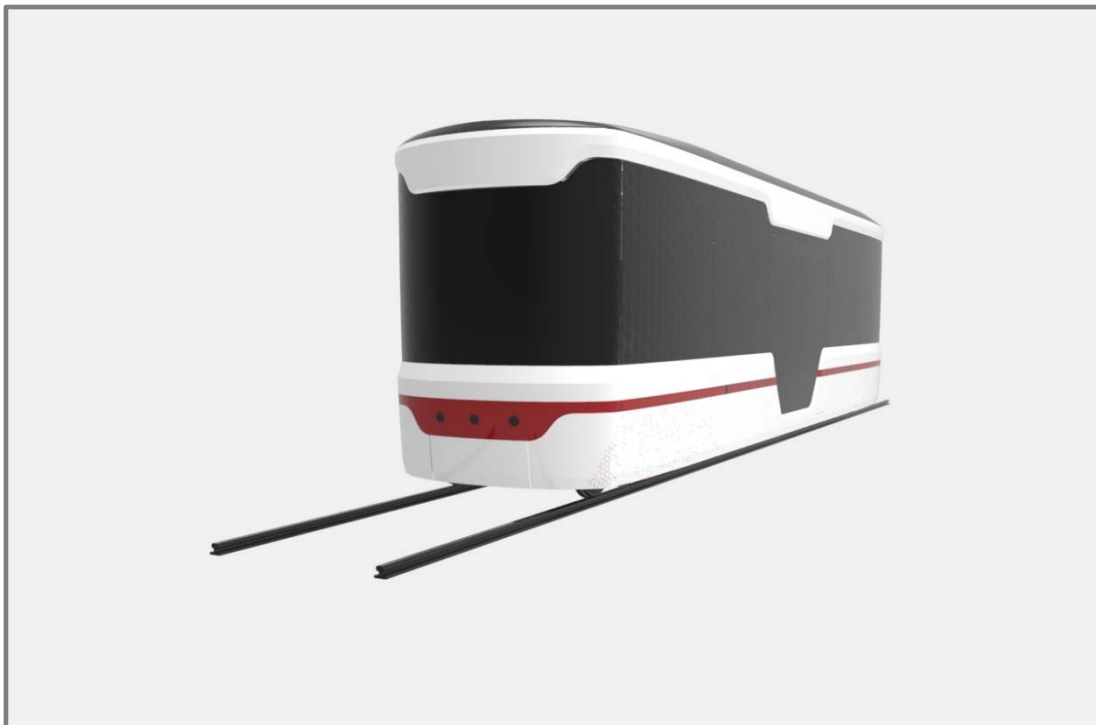
Barevné řešení je nedílnou součástí každého návrhu a pomáhá dotvářet výsledný produkt a jeho vizuální identitu. U vozů městské hromadné dopravy se barevnost řeší podle požadavků investora, který potřebuje dosáhnout sjednocení vozového parku a posílení postavení na trhu. Negativní dopad na výsledek mohou mít reklamní polepy, které se na dopravních prostředcích využívají. Jedním z mnoha úkolů designéra je kultivovat prostředí, a proto agresivní reklamní varianty nejsou v řešení uvažovány.

### 7.1 Základní členění

Díky výraznému členění v horizontálním směru je vhodné tuto koncepci dodržet i při využití barevného členění. Při dodržení těchto pravidel vzniká produkt, který si zachovává svoje kvality. V opačném případě by mohlo dojít vizuálnímu rozbití výsledného návrhu a poškodit tak celkový dojem z produktu.

### 7.2 Barevné varianty

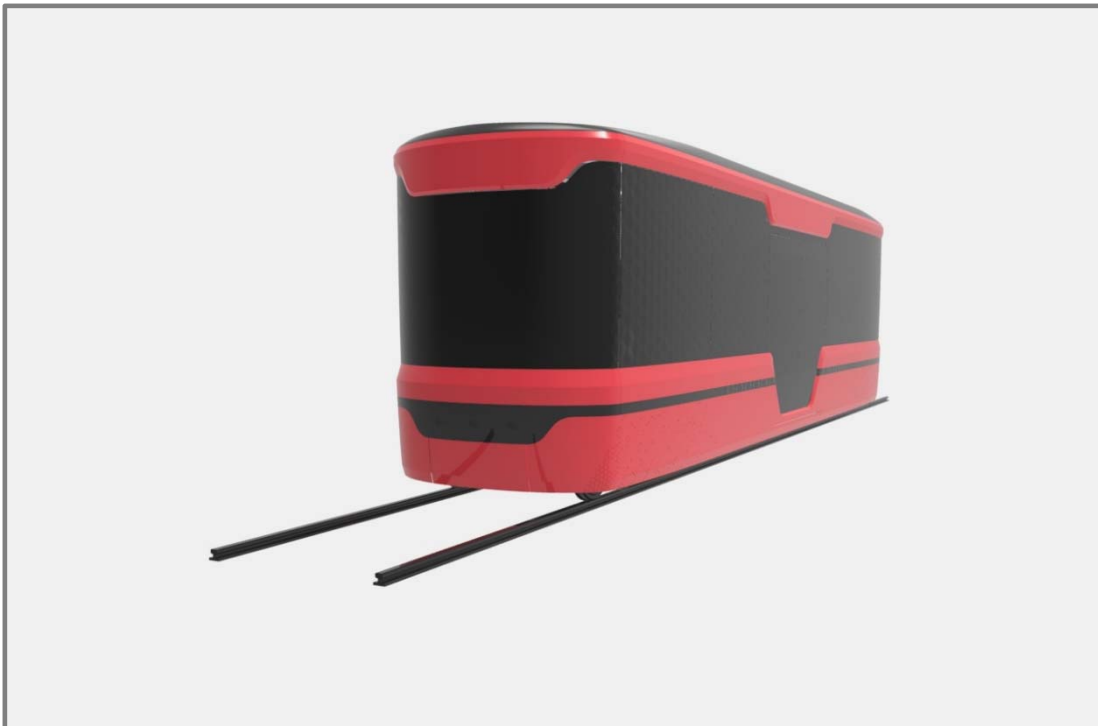
Základní presentační varianta pracuje se základními odstíny bílé a antracitové. Doplněna je o akcentovou červenou linii v průběžném pásu ve spodní části vozu a na výsuvných prvcích krytů podvozků. Toto barevné řešení především zdůrazňuje tvarové řešení tramvaje. Červená barva vizuálně posiluje výraz vozu a v případě krytů podvozků, funguje jako upozornění na případné rozšíření půdorysu vozu při průjezdu obloukem.



Obr. 7-1 Základní barevné členění

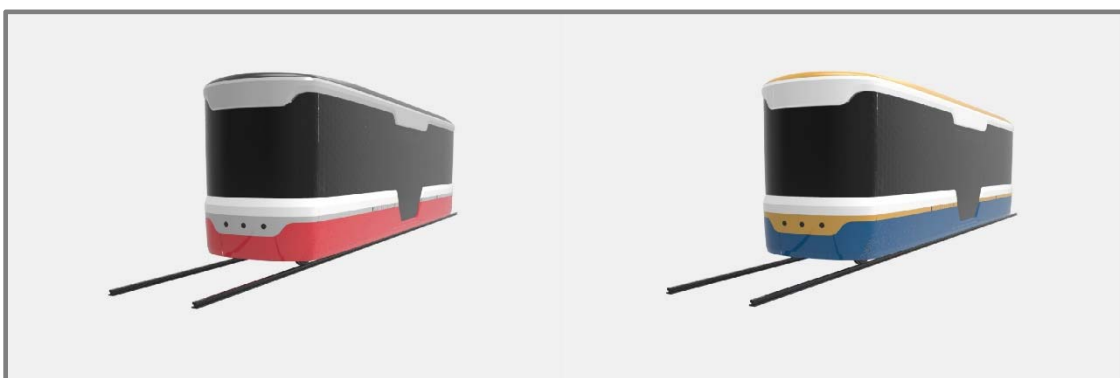


Další varianty jsou ukázkou jednobarevného provedení, kterého využívá například dopravní podnik v Bratislavě. V tomto případě si vůz zachovává způsob členění, ale využití barvy ve velké ploše může měnit celkový dojem.



Obr. 7-2 Barevné řešení pro Bratislavu

Poslední ukázkou jsou vícebarevné řešení dopravních podniků v Brně a Ostravě. V daném případě je technologické členění výrazně podpořeno. Výsledkem je vůz, který má silnou vizuální identitu dopravního podniku.



Obr. 7-3 Barevné řešení pro Brno a Ostravu

### 7.3 Informační panely

Vůz využívá dvou typů zobrazovacích zařízení. Na vnějších panelech je využito technologie LED diodových panelů. Zobrazené písmo má zblízka viditelný rastr, který je ale stále dobře čitelný. Výhodou je i vysoká svítivost diod a umístění panelů na svislé ploše, která zajišťuje dobrou čitelnost na přímém slunci.

Ve vnitřním prostoru je využito na krajích vozu stejné technologie jako na venkovních panelech z důvodu možného oslnění skrz střešní okna. Ve středu vozu je využito LED obrazovek, které umožňují zobrazení více informací.

### 7.4 Světelná signalizace

Díky kamerovému systému, který nepotřebuje osvětlení vozovky pro provoz v nočních hodinách, postačí řešení, které zohledňuje pouze nutnost, aby vůz byl viděn. K tomu slouží průběžný pás, který obsahuje v celém obvodu LED pásy, které jsou schopny měnit barvu a tím jednoduše komunikovat s okolním prostředím.



Obr. 7-4 Vizualizace signalizace na čele vozu

Pásy umístěné v masce vozu slouží jako obrysové světla a mohou podle směru jízdy měnit barvu z bílé na červenou. V případě odbočování mohou změnit barvu na oranžovou a postupným rozsvěcováním od středu vozu dostatečně upozorní široké okolí o prováděném úkonu.

V místě dveří světelné pásy slouží jako signalizace pohybu dveří. Při otevírání se pás rozsvítí zeleně a postupným rozsvěcováním naznačí směr pohybu dveří. Při zavírání se pás rozblíká červenou barvou, která upozorní na to, že se dveře budou v nejbližším

okamžiku zavírat. Následně postupným rozsvěcováním směrem ke středu vozu upozorňuje na zahájení pohybu pro zavření dveří.



**Obr. 7-5** Vizualizace signalizace na dveřích vozu

Tento způsob světelné signalizace pomáhá jednodušeji pochopit, jaký úkon se chystá tramvaj provést a zlepšuje se vztah mezi vozem a člověkem.

## 8 DISKUZE

### 8.1 Psychologická funkce

V transport designu se často využívá iracionálního tvarového řešení, které v lidech dokáže vyvolávat silné emoce. Otázkou je nakolik by měla tramvaj na sebe svým vzhledem upozorňovat, nebo zda by měla být nedílnou součástí města a plnit především svoji přepravní funkci.

Ve svém návrhu jsem se snažil o vytvoření prvků, které jsou upřímné a jsou opodstatněné danou funkcí. Díky tomu jsou užitečné pro cestující, ale zbytečně neobtěžují ostatní obyvatele města, kteří zrovna tramvaj nevyužívají. Vůz svým měkkým tvarováním by měl působit přátelským dojmem a vzbuzovat pocit důvěry v cestujících čekajících na zastávce.

Dalším aspektem je, jakým způsobem přistoupit k tvarosloví nových autonomních vozidel. Zda navázat na současnou produkci, nebo vytvořit zcela nové produkty, u kterých se neví, zda je společnost kladně přijme. Při návrhu se může zohlednit nová technologie a přímo na ni upozornit. Zároveň je potřeba brát v potaz délku životnosti tramvaje a možnost, že bude jezdit v době, kdy bude většina provozu tvořit autonomní vozidla. V takovém případě není potřeba na technologii agresivně poukazovat, protože obyvatelstvo bude zvyklé na autonomní provoz a bude ho považovat za samozřejmost. Tento přístup, zohledňující dlouhodobou životnost, jsem se snažil zpracovat ve výsledném návrhu.

### 8.2 Ekonomická funkce

Pokud budeme produkt vnímat pouze jako náklad, je velmi pravděpodobné, že jeho cena bude rámcově vyšší než u současné produkce. Náklady nutné na vývoj a zavedení nových technologií, vždy navyšují cenu. Také samotný vývoj systému, který by dokázal efektivně řídit vozy, sbírat data a pružně reagovat na dopravní situaci, patří mezi další položky, které by se promítly ve výsledné ceně produktu.

Ekonomickou hodnotu designu nelze chápat pouze ve vztahu k ceně produktu a příkladných nákladů na jeho vytvoření a provoz. Je potřeba přemýšlet v souvislostech a o produktu a designu přemýšlet jako o investici, konkurenční výhodě, možnostech rozšíření výroby, průniku na nové trhy nebo jejich vytvoření.

Samotné vytvoření nového produktu může pozitivně působit na vývoj společnosti, nebo inspirovat další výrobce a vytvořit zdravé konkurenční prostředí. Zároveň je potřeba zohlednit, že produkt pomáhá vytvářet nová pracovní místa a to nejen pouze přímo u výrobce, ale i u dodavatelů nebo ve službách, pro které je oblast páteřní tratě ve městě vždy atraktivnější z důvodu zvýšeného pohybu obyvatel.

### 8.3 Sociální funkce

Způsob jakým společnost vnímala městskou hromadnou dopravu se v současnosti mění. Dříve způsob dopravy pro chudší vrstvu obyvatelstva, která nemá možnost denně cestovat autem na moderní způsob dopravy po městě, který pomáhá snižovat lokální emise. Zároveň se stává prioritou provozu a zrychluje čas přepravy ve špičkách oproti automobilům.

Výhodou je vyšší počet cestujících na plochu, než u automobilů. Tím tramvaje a hromadná doprava obecně, pomáhají snižovat zatížení veřejných komunikací. Tyto fakta a trendy ve společnosti, by mohli mít za následek další rozšiřování páteřních tramvajových linek a zvýšení obliby městské hromadné dopravy.

Pokud mají lidé rádi využívat tramvaje, je důležité jim poskytnout řešení, které si žádají, jako je například více prostoru pro pohyb ve vozu na úkor míst pro sezení. Dále je potřeba zajistit tepelnou pohodu ve voze a brát klimatizaci jako samozřejmou součást vozu.

Tramvajový provoz má velký dopad i na lidi, kteří ho nevyužívají. Samozřejmostí by měla být snaha o co největší snížení hluku vydávaného tramvají. Další rušivým elementem je trolejové vedení, které vizuálně znečišťuje město. Díky novým technologiím se lze už částečně výstavbě trolejí vyhnout, minimálně v historických částech měst, tak aby se zachoval co nejpůvodnější ráz místa.

## 9 ZÁVĚR

Výsledkem diplomové práce je vytvoření vize tramvaje příštích desetiletí a možnosti vývoje tramvajové dopravy. Všechny využití technologie vycházejí ze současných produktů, které jsou již úspěšně v provozu nebo se testují a předpokládá se jejich využití.

Základem bylo zamyšlení se nad tramvajovou dopravou jako celkem a možnostech jakým způsobem my mohla fungovat v následujících letech. Výstupem byla vize integrovaného systému hromadné dopravy, který bude schopen reagovat na vytížení linek a dopravní situaci ve městě. Následkem by byla transformace jízdnicích řádů z podoby, jaké známe dnes na systém pružné změny intervalů mezi vozy. Následně vznikalo samotné zadání tramvajového vozu, který by byl schopen tento systém využívat.

Další součástí řešení byla analýza současného stavu jak z pohledu designérského tak i technického a marketingového. Výsledkem bylo pochopení tvarových prvků samotných tramvajů tak i transport designu obecně. Dále také definování technických prvků, které nejvíce zasahují do výsledného návrhu. Samotná koncepce vozu vznikala postupným hledáním prvků a vytvořením desítky tvarových řešení, které postupně definovali výsledný vzhled, který zohledňuje vytyčené požadavky.

Výsledné řešení přináší několik inovací jako například změnu koncepce městské hromadné dopravy a zavedení autonomního provozu. Dále výrazové prvky, které využívají svého tvarování ke sdělení nebo upozornění. Za zdařilé se také považovat vyřešení systému napájení, který využívá indukčního dobíjení baterií, umístěných nad podvozky, kde jsou nejmenší zátěže pro rám. Samotný rám také přináší nové řešení v podobě voštinové konstrukce, která zároveň vytváří další zajímavý prvek vozu. Ve spojení se střešním oknem umožňuje cestujícímu zažít nový pohled na město a jízdu tramvajů.

Důležité je si uvědomit, že tolik nových prvků by v reálné produkci nešlo ihned umístit do jednoho vozu, ale byla by nutná další konverzace s odborníky v daných oborech, kteří by dokázali lépe odhadnout potenciál inovace a zároveň její finanční náročnost. Proto je nutné práci chápat jako koncept možného směřování městské hromadné dopravy, než jako finální produkt schopný okamžitého provozu.

**10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1 ] ČUMA, Libor, Tomáš KOCMAN a Jiří MRKOS. *100 let elektrické pouliční dráhy v Brně 1900 – 2000*. Vyd. 1 . Praha: Pavel Malkus - dopravní vydavatelství, 2005, 291 s . ISBN 80-903-0126-6 .
- [2 ] *1000 kolejových vozidel*. Vyd. 1 . Praha: Knižní klub, 2009, 336 s . ISBN 978-80-242-2552-4 .
- [3 ] 10 - El. motorový vůz. *SAB DIGITAL* [online]. ©2013 [cit. 2015-05-22]. Dostupné z : <http://www.sabdigital.cz/expozicemhd/?akce=exponaty-tramvaje-brno-10-el-motorovy-vuz>
- [4 ] Historická tramvaj PCC v dopravním muzeu v Minnesotě. *Wikimedia Commons* [online]. 2005 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z : [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9b/TCRT\\_PCC\\_streetcar.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9b/TCRT_PCC_streetcar.jpg)
- [5 ] Tramvaje T3: V práci jsou 50 let, v důchodu však jen jednou nohou. *Česká Televize* [online]. 2012 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z : <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/regiony/203637-tramvaje-t3-v-praci-jsou-50-let-v-duchodu-vsak-jen-jednou-nohou/>
- [6 ] Tramvaj Elektra Brno. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/produkty/tramvaje/elektra/tramvaj-13-t/>
- [7 ] Tramvaj ForCity Alfa Praha. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/produkty/tramvaje/forcity/tramvaj-forcity-praha/>
- [8 ] Technologie. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-16]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/inovace/vyzkum-a-vyvoj/technologie/>
- [9 ] Tramvaj ForCity Classic Konya - Bateriová. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/produkty/tramvaje/forcity/bateriova-tramvaj-forcity-classic-konya/>
- [10 ] Tramvaj ForCity Plus Bratislava. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/produkty/tramvaje/forcity/tramvaj-29-t/>
- [11 ] Alstom's Citadis commissioned in Tours. *Alstom* [online]. ©2015 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/press-centre/2013/8/alstoms-citadis-commissioned-in-tours/>

- [12] Stockholm City Autonomous Tram by Vanessa Sattelle, Patrik Pettersson & Fredrik Nilsson. *Design Year Book* [online]. 2014 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z : <http://www.designyearbook.com/2009/08/stockholm-city-autonomous-tram-by.html>
- [13] Česká republika. Metodika hodnocení výsledků výzkumných organizací a hodnocení výsledků ukončených program. In: 04944/11-RVV. Praha, 2011, č . 340. Dostupné z : <http://www.vyzkum.cz/FrontClanek.aspx?idsekce=608098>
- [14] Hospodářské výsledky skupiny firem Škoda Transportation za rok 2014. *Škoda* [online]. Plzeň, ©2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/press-room/archiv-novinek/hospodarske-vysledky-skupiny-firem-skoda-transportation-za-rok-2014/>
- [15] Škoda Transportation má letos rekordní zakázky na tramvaje. *Škoda* [online]. ©2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/press-room/archiv-novinek/skoda-transportation-ma-letos-rekordni-zakazky-na-tramvaje/>
- [16] LEE, John. How Smart Cities Adapt to Growing Populations. *StateTech* [online]. ©2014 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.statetechmagazine.com/article/2014/04/how-smart-cities-adapt-growing-populations>
- [17] BROWN, Chris. CarSharing: State of the Market and Growth Potential. *AutoReantal News* [online]. ©2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.autorentalnews.com/channel/rental-operations/article/story/2015/03/carsharing-state-of-the-market-and-growth-potential.aspx>
- [18] TAGLIABUE, John. European Tram Makers to Gain From U .S . Streetcar Push. *The New York Times* [online]. 2008 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: [http://www.nytimes.com/2008/11/12/business/worldbusiness/12trams.html?pagewanted=all&\\_r=2&](http://www.nytimes.com/2008/11/12/business/worldbusiness/12trams.html?pagewanted=all&_r=2&)
- [19] Alstom Citadis tram technology debuts in China. *Alstom* [online]. ©2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/press-centre/2015/4 /alstom-citadis-tram-technology-debuts-in-china/>
- [20] Nejmodernější čínská tramvaj vychází z českého know-how. *Škoda* [online]. Plzeň, 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.skoda.cz/cs/press-room/tiskove-zpravy/nejmodernejsi-cinska-tramvaj-vychazi-z-ceskeho-know-how/>



- [21] GARRETT, Thomas A . The Costs and Benefits of Light Rail. *Federal Reserve Bank of St. Louis: Central to America's Economy* [online]. ©2004 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <https://www.stlouisfed.org/publications/central-banker/fall-2004/the-costs-and-benefits-of-light-rail>
- [22] Why are trams different from buses. *Trams for Bath* [online]. ©2006 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.bathtram.org/tfb/tQ24.htm>
- [23] RILEY, Geoff. Transport Economics: The Return of Trams - Benefits and Costs. *Tutor2u* [online]. 2014 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.tutor2u.net/economics/blog/transport-economics-the-return-of-trams-benefits-and-costs>
- [24] SPENCER, Sarah a Dan JERVIS-BARDY. Tram to Prospect would create 800 jobs, boost economy. *Messenger* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.adelaidenow.com.au/messenger/west-beaches/tram-to-prospect-would-create-800-jobs-boost-economy/news-story/2091aef7489953a109e3a46f5253d1dc?sv=13a604977736e3cdf6a45bc6b0af5130>
- [25] ČSN 28 0318. *Průjezdne průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [26] ČSN 28 1300. *Tramvajová vozidla - Technické požadavky a zkoušky*. Praha: Český normalizační institut, 1998.
- [27] HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla III*. 1 . vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011, 223 s . ISBN 978-80-261-0028-7 .
- [28] ČKD DOPRAVNÍ SYSTÉMY A . S ., *Dvouosý trakční podvozek nízkopodlažního kolejového vozidla s podélně uloženými nezávislými pohonnými jednotkami*. Patentový spis, CZ 286660. Uděleno 30. 3 . 2000. Dostupné z : <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/286/286660.pdf>
- [29] KOLINA, Josef. Nové Porsche ničí koleje. *Lidovky* [online]. 2007 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : [http://www.lidovky.cz/nove-porsche-nici-koleje-08o-zpravy-domov.aspx?c=A071010\\_083427\\_in\\_praha\\_fho](http://www.lidovky.cz/nove-porsche-nici-koleje-08o-zpravy-domov.aspx?c=A071010_083427_in_praha_fho)
- [30] ALSTOM TRANSPORT SA. *Railway vehicle comprising pivoting end bogies*. Patentový spis, US 8365675 B2. Uděleno 5 . 2 . 2013. Dostupné z : <http://www.google.com/patents/US8365675>
- [31] VÚKV A .S . *Low construction height bogie for low-floor rail vehicles especially trams*. Patentový spis, EP 2020355 A1. Uděleno 4 . 2 . 2009. Dostupné z : <http://www.google.com/patents/EP2020355B1>

- [32] APS – Ground-level power supply. *Alstom* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/Infrastructures/products/aps-ground-level-power-supply/>
- [33] PRIMOVE for trams. *Primove: true e -mobility* [online]. ©2016 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://primove.bombardier.com/applications/tram.html>
- [34] SRS: An innovative catenary-free solution. *Alstom* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/Infrastructures/products/srs-ground-based-static-charging-system/>
- [35] Fast opportunity charging for electric vehicles: Fast opportunity charging for trams. *Primove: true e -mobility* [online]. ©2016 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://primove.bombardier.com/products/charging.html>
- [36] QUAIN, John R . Self-Driving Car Accidents Will Make Us All Safer. *Tom's guide* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.tomsguide.com/us/self-driving-car-accidents,news-20917.html>
- [37] Where we've been. *Google Self-Driving Ccar Project* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <https://www.google.com/selfdrivingcar/where/>
- [38] Urbalis 400. *Alstom* [online]. 2015 [cit. 2016-01-26]. Dostupné z : <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/signalling/products/urbalis-400/>
- [39] Bombardier's Drivers Assistance System for Trams Receives Homologation. *Bombardier* [online]. 2015 [cit. 2016-01-20]. Dostupné z : <http://www.bombardier.com/en/media/newsList/details.bt-20150721--bombardiers-drivers-assistance-system-for-trams-rec.bombardiercom.html?filter-bu=transport&f-year=all&f-month=all&f-type=all&show-by-page=50&page=1 &f-min-year=2002>

**11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ****11**

Obr. 2-1 Elektrická tramvaj v Brně [3 ]	14
Obr. 2-2 Historická tramvaj PPC [4 ]	15
Obr. 2-2-3 Tatra T3	15
Obr. 2-4 Tatra T3 interiér	16
Obr. 2-5 Škoda Elektra Brno	17
Obr. 2-6 Škoda Elektra Brno interiér, původní rozložení	17
Obr. 2-2-7 Škoda Elektra Brno interiér, nové rozložení	18
Obr. 2-2-8 Škoda ForCity Alfa Praha [7 ]	18
Obr. 2-9 Škoda ForCity Alfa Praha, interiér [7 ]	19
Obr. 2-10 Škoda ForCity Plus Bratislava [10]	19
Obr. 2-11 Škoda ForCity Plus Bratislava [10]	20
Obr. 2-12 Alstom Citadis 420 Tours [11]	20
Obr. 2-13 Alstom Citadis 420 Tours [11]	21
Obr. 2-14 Alstom Citadis 420, interiér [11]	21
Obr. 2-15 Alstom Autonomous Tram Stockholm [12]	22
Obr. 2-16 Alstom Autonomous Tram Stockholm, interiér [12]	22
Obr. 2-17 Škoda ForCity 27T [20]	25
Obr. 2-18 Alstom Citadis pro Shanghai [19]	25
Obr. 2-19 Rozměrová omezení obrysu vozidla [autor]	29
Obr. 2-20 Schéma pevného nízkopodlažního podvozku [29]	30
Obr. 2-21 Schéma otočného podvozku s motory s převodovkou [30]	31
Obr. 2-22 Schéma otočného podvozku s motory bez převodovky [31]	31
Obr. 2-23 Škoda Elektra Konya [9 ]	32
Obr. 2-24 Alstom Citadis 420 Tours, třetí kolej [32]	33
Obr. 2-25 Schéma indukčního napájení Primove [33]	33
Obr. 2-26 Schéma zastávkového napájení Alstom [34]	34
Obr. 2-27 Pohled kamer na trať [39]	35
Obr. 4-1 Vizualizace první varianty, perspektiva [autor]	38
Obr. 4-2 Vizualizace první varianty, boční pohled [autor]	39
Obr. 4-3 Vizualizace druhé varianty, perspektiva [autor]	39
Obr. 4-4 Vizualizace druhé varianty, boční pohled [autor]	40
Obr. 4-5 Vizualizace třetí varianty, perspektiva [autor]	40
Obr. 4-6 Vizualizace třetí varianty, boční pohled [autor]	41
Obr. 5-1 Vizualizace finálního řešení	42
Obr. 5-2 Vizualizace čela tramvaje	43
Obr. 5-3 Vizualizace bočnice tramvaje	44
Obr. 5-4 Vizualizace krytů podvozků	44
Obr. 5-5 Vizualizace střechy	45
Obr. 6-1 Půdorys vozu v nejmenším dovoleném poloměru 20 m	46
Obr. 6-2 Vizualizace uspořádání technického vybavení	47
Obr. 6-3 Pokrytí kamerového systému	48
Obr. 6-4 Rozložení plochy interiéru,	49
Obr. 6-5 Vizualizace sedačky	50
Obr. 6-6 Informační panel nad dveřmi	51
Obr. 6-7 Informační panel na čele vozu	51
Obr. 7-1 Základní barevné členění	52

Obr. 7-2 Barevné řešení pro Bratislavu	53
Obr. 7-3 Barevné řešení pro Brno a Ostravu	53
Obr. 7-4 Vizualizace signalizace na čele vozu	54
Obr. 7-5 Vizualizace signalizace na dveřích vozu	55

## 12 SEZNAM PŘÍLOH

Náhled sumarizačního posteru (A4)  
Náhled designerského posteru (A4)  
Náhled technického posteru (A4)  
Náhled ergonomického posteru (A4)  
Fotodokumentace modelu

Sumarizační poster (A1)  
Sumarizační poster (A1)  
Sumarizační poster (A1)  
Sumarizační poster (A1)  
Fyzický model 1:20



# ATTA 42

design autonomní tramvaje  
#01 sumariční poster



zvýšená podlaha

750 mm nad TK

nízkopodlažní část

300 mm nad TK

zvýšená podlaha

750 mm nad TK

nástupní prostor  
s plošinou

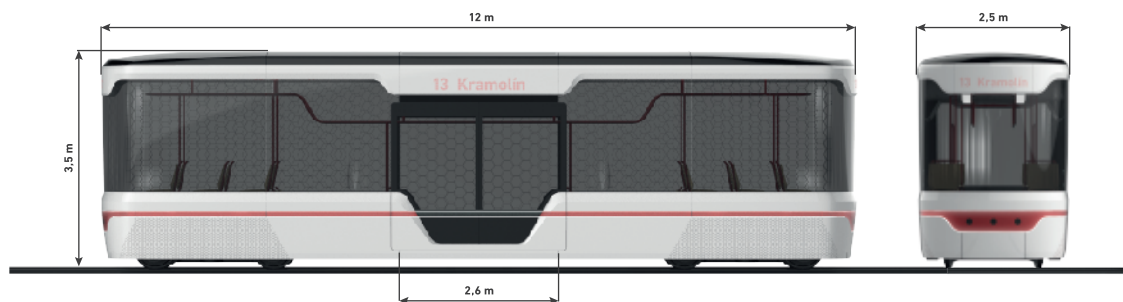
prostor  
pro vozíčkáře

průjezd obloukem  $r=20$  m

---- dovolené vybočení

celková kapacita

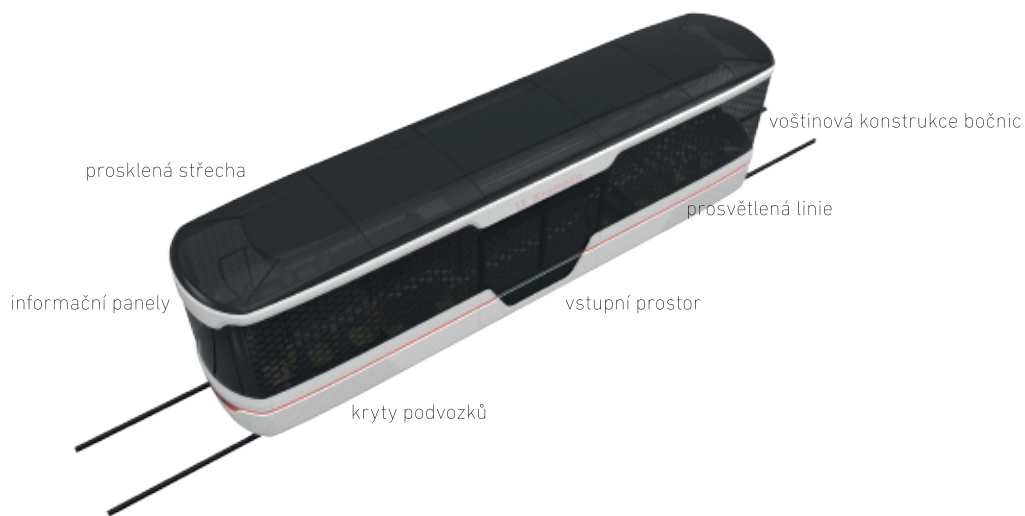
20 sed. + 75 stoj.





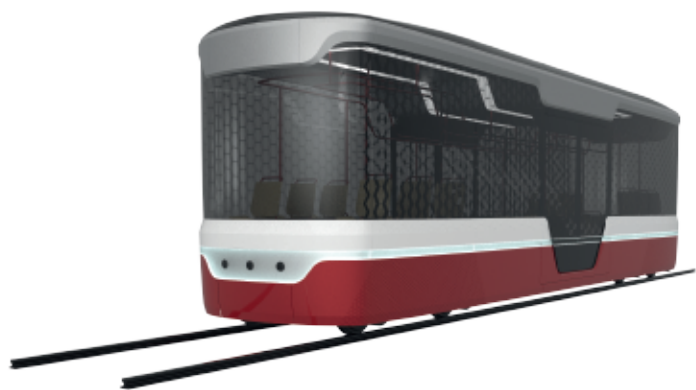
# ATTA 42

design autonomní tramvaje  
#02 designérský poster



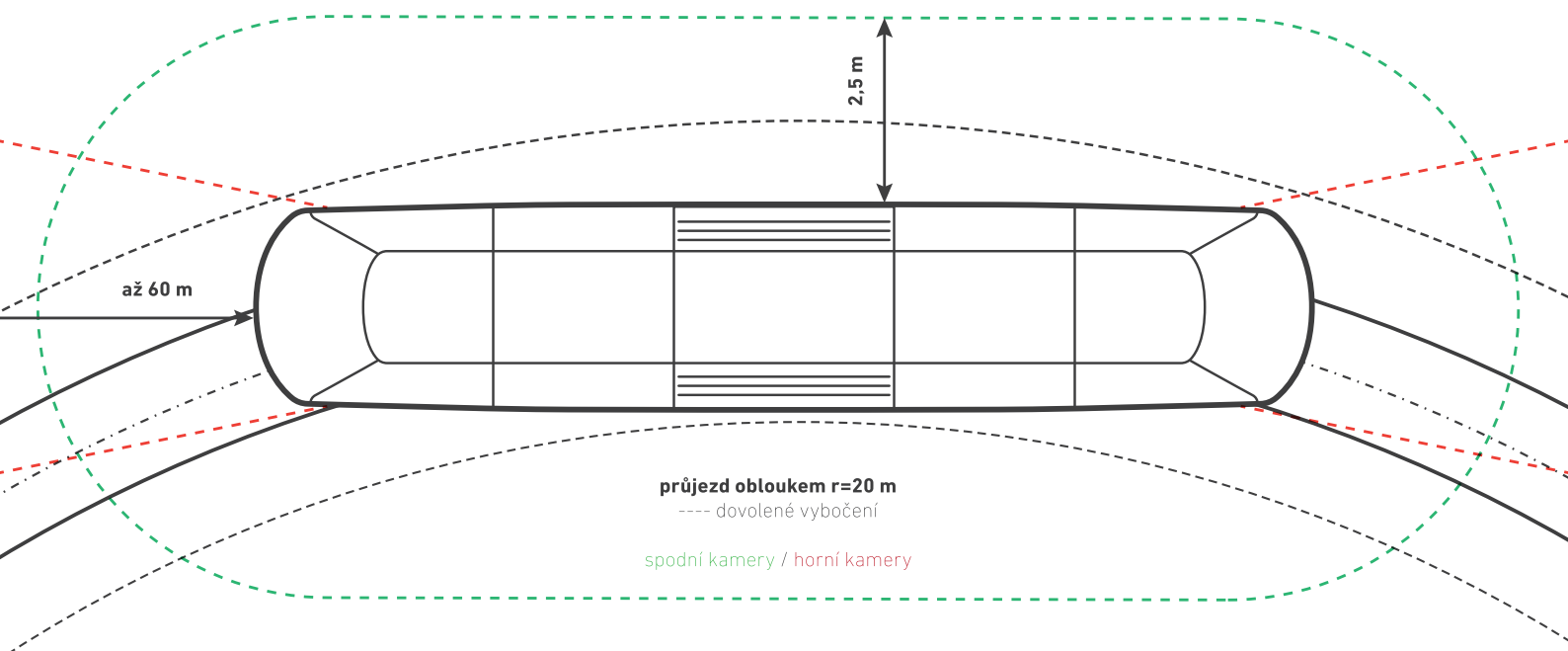
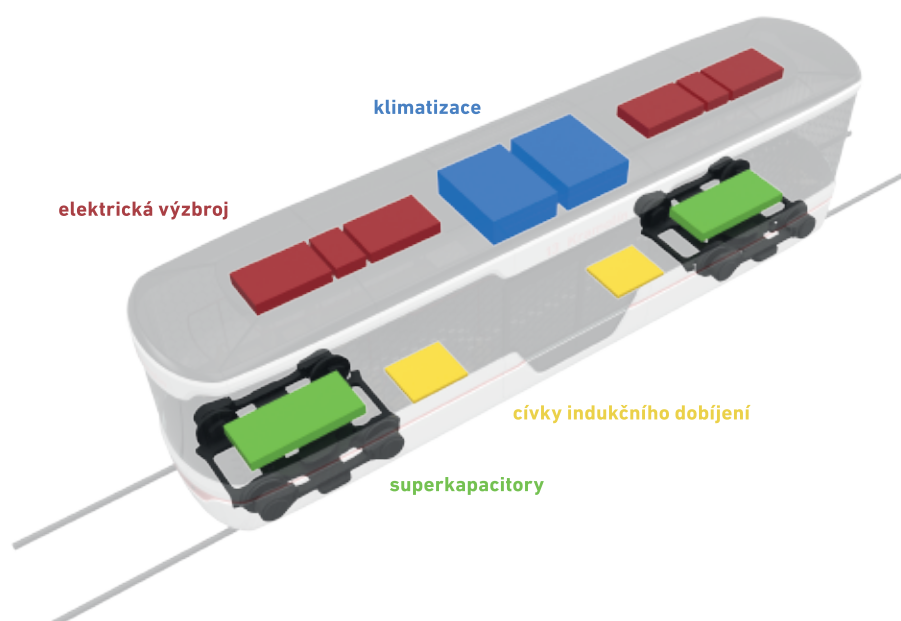
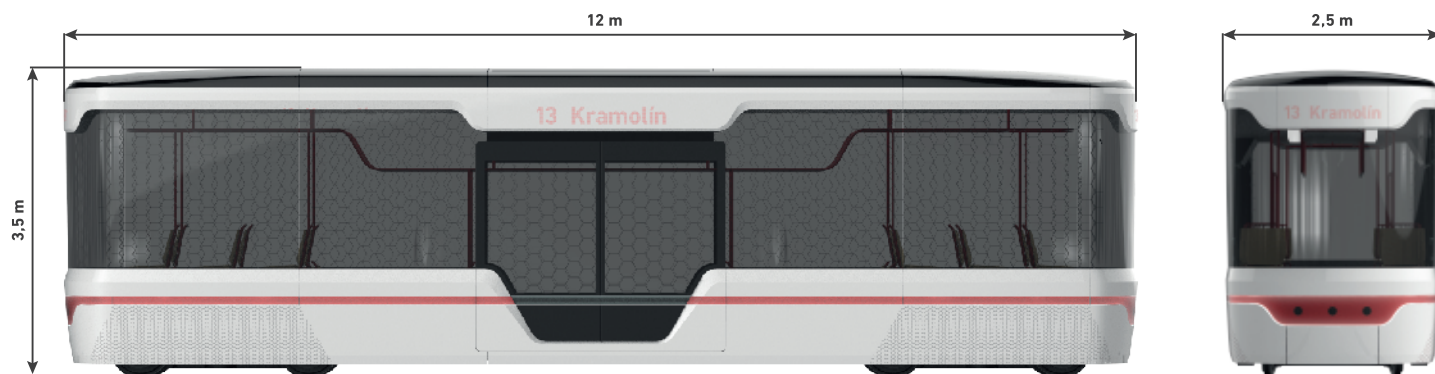
barevná varianta **Brno**

barevná varianta **Ostrava!!!**



# ATTA 42

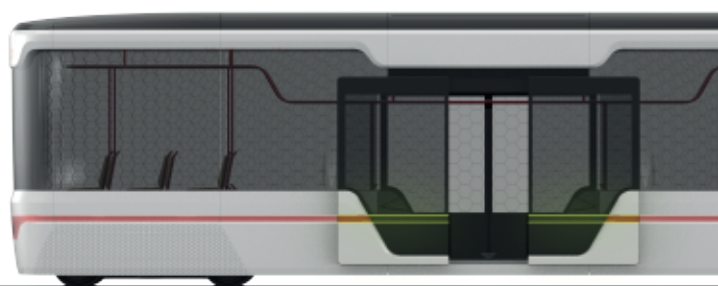
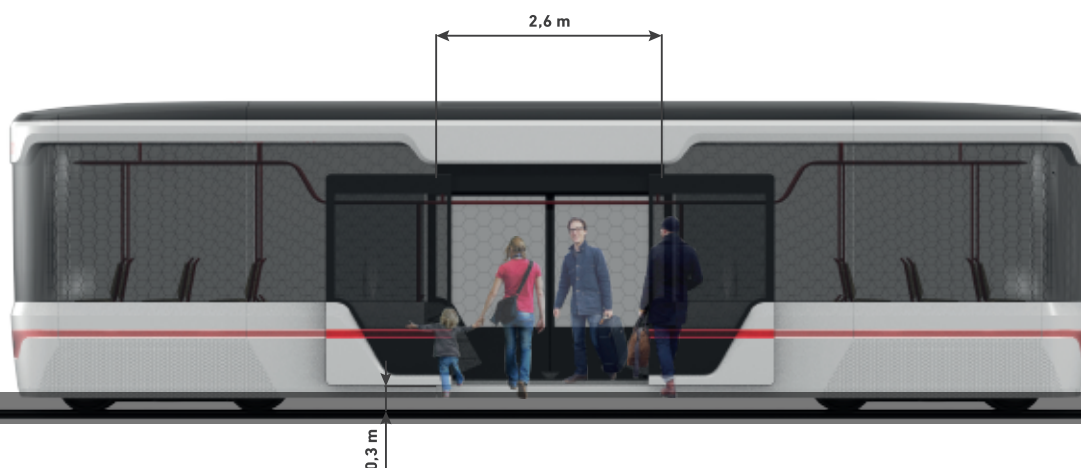
design autonomní tramvaje  
#03 konstrukční poster



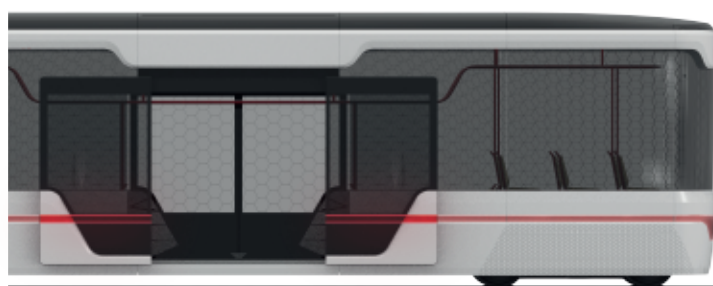


# ATTA 42

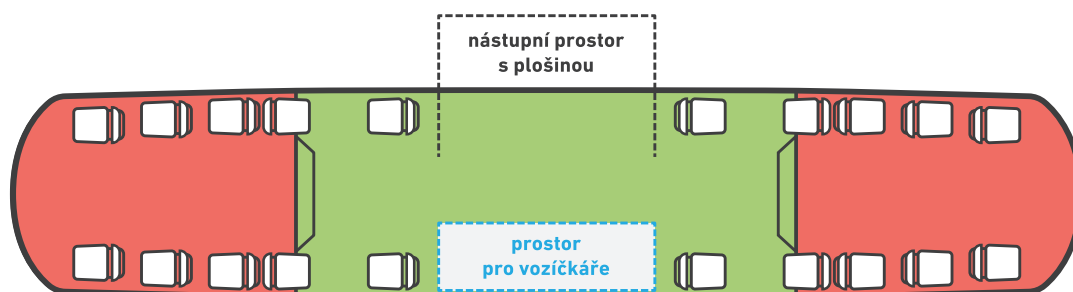
design autonomní tramvaje  
#04 ergonomický poster



signalizace otevírání dveří



signalizace zavírání dveří



zvýšená podlaha

750 mm nad TK

nízkopodlažní část

300 mm nad TK

zvýšená podlaha

750 mm nad TK

celková kapacita

20 sed. + 75 stoj.