

Škoda ForFuture

Martin Kuchta

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací
Ateliér Průmyslový design

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Kuchta**
Osobní číslo: **K17108**
Studijní program: **B8206 Výtvarná umění**
Studijní obor: **Multimédia a design – Průmyslový design**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Design dopravního prostředku**

Zásady pro vypracování

1. Analýza řešené problematiky
2. Variantní designérské návrhy
3. Finální designérské řešení
4. Ergonomická studie
5. Technická dokumentace
6. Fyzický model
7. Shrnutí přínosů práce



Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**
Jazyk zpracování: **Slovenština**

Seznam doporučené literatury:

- CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- KNOBLOCH, Iva a Radim VONDRÁČEK, ed. *Design v českých zemích 1900–2000: instituce moderního designu*. V Praze: Academia, 2016. ISBN 978-80-200-2612-5.
- KOLESÁR, Zdeno. *Nové kapitoly z dějin dizajnu*. 2. dopln. vyd. Bratislava: Slovenské centrum dizajnu, 2009. ISBN 978-80-970173-1-6.
- MEADOWS, Jordan. *Vehicle design: aesthetic principles in transportation design*. New York, NY: Routledge, 2018. ISBN 978-1138685604.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. MgA. Martin Surman, ArtD.**
Ateliér Průmyslový design

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2020**



doc. Mgr. Irena Armutidisová
děkanka

doc. MgA. Martin Surman, ArtD.
vedoucí ateliéru

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ / DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské/diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že:

- jsem na bakalářské/diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně dne: 16. 6. 2020

Jméno a příjmení studenta: Mardin Kuchla

ABSTRAKT

Cieľom tejto práce je spracovať tému dynamickej električkovej dopravy. Vytvoriť tak vlastnú víziu budúcnosti a v tejto oblasti vytvorením svojho riešenia vlastného konceptu a dizajnu vozidla. Problém je riešený za pomoci analýzy histórie, dnešnej produkcie a konceptov budúcnosti. Následne postupne navrhovanie a vývoj vozidla.

Výsledkom tejto práce je koncept vozidla s podporou firmy Škoda Transportation s názvom „ForFuture“, ktoré ma predstavovať riešenie takejto problematiky. Vozidlo tak vytvára kapacitnú flexibilitu a otvára tak nový pohľad na dynamickú dopravu. Prínosom tejto práce je nové spracovanie a nový spôsob riešenia. Okrem toho vozidlo poskytuje bohaté variantné možnosti a univerzálny dizajn interiérovej časti. Práca tak vie ovplyvniť ďalší vývoj dynamickej dopravy, prípadne môže byť v budúcnosti využitý koncepčný návrh vozidla.

Kľúčové slova: Škoda, Dizajn, Električka, Tramvaj

ABSTRACT

The aim of this work is to process the topic of dynamic tram transport. Creating my own vision of the future in this section by creating my own vehicle concept and design. The problem is solved with the help of analysis of history, today's production and concepts of the future. Next goal was the gradual design and the development of the vehicle.

The result of this work is a concept of a vehicle with the support of the company Škoda Transportation called "ForFuture", which represents a solution to this problem. The vehicle creates capacity flexibility and opens up a new perspective on dynamic transport. The benefit of this work is a new processing and a new way of the solution. In addition, the vehicle provides rich variants and a universal interior design. The work can influence the further development of dynamic transport, or the conceptual design of the vehicle can be used in the future.

Keywords: Transport, Design, Tram, Light rail

Ďakujem pánovi doc. MgA. Martinovi Surmanovi, ArtD. za vedenie tejto práce, za všetky profesionálne podnety, či pripomienky pri konzultáciách, ktoré si veľmi vážim.

Ďakujem firme Škoda Transportation za podporu a pomoc pri tvorbe tejto práce. Menovite patri veľké ďakujem pánovi Ing. Jířimu Vokounovi za príjemne konzultácie a odpovede aj na tie najzložitejšie otázky.

Ďakujem Firme Fillamentum, pánovi Jozefovi Dolečekovi za pomoc pri realizácii modelu.

Prehlasujem, že odovzdané verzia bakalárskej práce a elektronická verzia nahraná do IS/STAG je totožná.

V Zlíne 20.7.2020

Martin Kuchta

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 ANALÝZA RIEŠENEJ PROBLEMATIKY	11
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ	11
1.1.1 Vznik električkovej dopravy	11
1.1.2 Vývoj električkovej dopravy v 19. storočí	11
1.1.3 Vývoj električkovej dopravy v 20. storočí	13
1.1.4 Koncept vozidla PCC	13
1.1.5 ČKD Tatra	14
1.1.6 Koncept vozidla ULF	14
1.1.7 Škoda Transportation	15
1.1.8 Škoda ForCity	16
1.2 SÚČASNÝ VÝVOJ	18
1.2.1 Škoda ForCity Smart	18
1.2.2 Bombardier Flexity 2	19
1.2.3 Alstom Citadis X05	19
1.2.4 CAF Luxembourg tram	20
1.2.5 Siemens Avenio	21
1.2.6 Iní výrobcovia	21
1.3 TECHNICKÁ ANALÝZA ELEKTRIČKOVEJ DOPRAVY	22
1.3.1 Koncepty vozidiel	22
1.3.2 Technické obmedzenia	25
1.3.3 Podvozky	27
1.3.4 Pohon a napájanie	29
1.4 ZÁVER TEORETICKEJ ČASTI	31
1.4.1 Zhrnutie problematiky a budúcnosť	31
1.4.2 Cieľ práce	32
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
2 DIZAJNÉRSKE NÁVRHY	34
2.1 PRVÉ PREDSTAVY A INŠPIRÁCIA	34
2.2 TVORENIE KONCEPTU	35
2.2.1 0. verzia	35
2.2.2 1. verzia	37
2.2.3 2. verzia	38
3 FINÁLNE DIZAJNERSKE RIEŠENIE	39
3.1.1 3. verzia	39
3.2 POPIS FINÁLNEHO RIEŠENIA	40
3.3 VIZUALIZÁCIE FINÁLNEJ VERZIE	41
3.4 TECHNICKÉ KOMPONENTY	43

3.4.1	Spojovací mechanizmus.....	43
3.4.2	Podvozky.....	43
3.4.3	Pohon a napájanie	44
3.5	DIZAJN EXTERIÉR	44
3.5.1	Osvetlenie.....	45
3.5.2	Dvere	47
3.5.3	Variantné návrhy	49
3.6	DIZAJN INTERIÉR	52
3.6.1	Rozmiestnenie interiéru	53
3.6.2	Miesta na sedenie a priestor pre invalidný vozík	54
4	ERGONOMICKÁ ŠTÚDIA	55
5	TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA	56
6	ZHRNUTIE PRÍNOSOV PRÁCE	57
	ZÁVER	58
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	59
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	61
	ZOZNAM OBRÁZKOV	62
	ZOZNAM PRÍLOH.....	65

ÚVOD

V dobe, kedy sa každým rokom zvyšuje počet aut v uliciach miest, má mestská doprava dôležitú úlohu a to vytvoriť efektívnu alternatívu prepravy v meste pre ľudí. V tomto ohľade má najväčší potenciál koľajová doprava, ktorá využíva vlastne oddelene komunikácie a teda nie je natoľko zasiahnutá trendom upchatých cestných komunikácií.

Mojím cieľom je preto vytvoriť univerzálne autonómne a modulárne koľajové vozidlo s cieľom maximálne využiť potenciál kapacity vozidla. Vozidlo by vedelo zvyšovať či znižovať vlastnú kapacitu spájaním sa s inými a tak zároveň znižovať náklady na prepravu.

Úlohou tejto práce je vysporiadať sa s limitujúcimi faktormi v rámci električkovej dopravy, ktoré limitujú rozmery a iné parametre vozidla. Vytvoriť tak návrh prezentujúci môj pohľad na budúcnosť dopravy, ktorý by pridal nový pohľad na inovácie a problematiku v tejto oblasti a tak v budúcnosti aj inšpiroval ďalší vývoj.

Hlavnými bodmi tejto práce bude samotná analýza problematiky, priebeh histórie, sledovanie rôznych konkurenčných výrobcov, či miest, bašty električiek a zároveň aj najväčší zákazníci týchto výrobcov. Štúdium a sledovanie nových električiek, konceptov a trendov. Následne sa táto práca prenesie do praktickej časti kde je možné tieto poznatky zhodnotiť a vytvoriť nové dizajnérske riešenie s rôznymi variantnými riešeniami, ergonomickou štúdiou a technickou dokumentáciou. Ďalším bodom je na záver zhodnotiť celkový prínos tejto práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ANALÝZA RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Historický vývoj

1.1.1 Vznik električkovej dopravy

Začiatkom 19. storočia v meste Swansea vo Veľkej Británii, na pôvodne nákladnej železničnej trati, schválil parlament prepravu cestujúcich cez mesto.. Vznikla tak prvá mestská osobná koľajová doprava. Dnes známa ako aj električková doprava. Prevádzkovaná bola koľajovým vozom ťahaným koňom. Následne v prvej polovici 19. storočia, vznikali prvé električkové trate v mnohých veľkých mestách naprieč Európou či USA. Ďalší rýchly vývoj mestskej hromadnej dopravy a električkovej dopravy podporil v týchto rokoch aj vznik mestských dopravných podnikov. [1][2]



Obr. 1. Prvé mestské koľajové vozidlo.

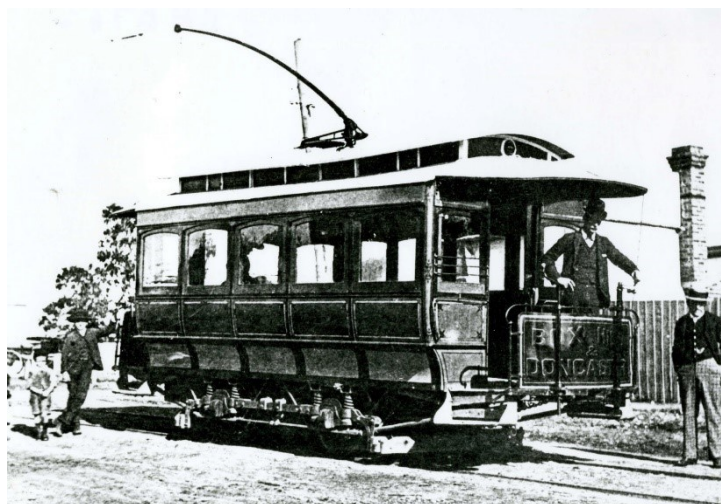
1.1.2 Vývoj električkovej dopravy v 19. storočí

Po mnohých obvineniach zo zlého zaobchádzania a preťažovania koňov v kombinácii s ďalšími problémami spojenými s ustajnením a chovaním, boli dopravné podniky nútené hľadať lepšie alternatívy pohonu električiek. Dnes je už konský pohon využívaný len v zopár destináciách, zväčša ako turistická atrakcia. Jednou z alternatív bol parný pohon. Do prevádzky sa dostal od druhej polovici 19. storočia. Boli to prvé mechanické električky, parné rušne, za ktoré sa pripájali skoro totožné osobné vozne, ako pri konskom záprahu. S väčším výkonom prišla aj možnosť spájať tieto vozne za sebou. Vznikali tak prvé viac

kapacitné súpravy. Druhou alternatívou bol pohon na ťažných lanách po celej dĺžke trate. Toto riešenie malo však vysoké náklady na budovanie infraštruktúry, uchytilo sa iba v mestách v kopcovitom teréne. Príkladom je San Francisco, v ktorom sa tento systém zachoval do dnes. Okrem toho vznikli rôzne alternatívy s použitím plynu, benzínu či nafty. No žiadna z týchto alternatív sa neujala aj z dôvodu pravidelného nedostatku ropy. V druhej polovici 19. storočia sa začalo experimentovať aj s elektrickým pohonom. Prvá takáto električka bola vypravená v Berlíne. Používala napájanie z koľajníc, no po pravidelných elektrických výbojoch, ktoré zranili ťažné kone bolo vytvorené elektrické vedenie nad úrovňou vozňa. Koncom 19. storočia tak vznikla koncepcia električkovej dopravy akú poznáme dodnes v našich podmienkach. [3]



Obr. 2. Parná električka z 19. storočia.



Obr. 3. Električka z konca 19. storočia.

1.1.3 Vývoj električkové dopravy v 20. století

Velký úpadek električkové dopravy nastal v mezivojnovom a povojnovom období. Mnohé mestá začali rušiť rozsiahle siete električkových tratí a nahrádzať ich autobusmi. Pomohol tomu rýchly rozvoj spaľovacích motorov počas 2. svetovej vojny a fakt, že autobus nepotrebuje žiadnu vlastnú infraštruktúru. K tomuto trendu sa pripojili mnohé mesta v USA, Veľkej Británii, Francúzsku a pod. Pre lepšiu schopnosť konkurovať autobusom vznikol v USA koncept električky PCC (Presidents Conference Committee). Aj vďaka licenciám k výrobe tohto konceptu sa naopak električková doprava v niektorých mestách naďalej rozvíjala. Hlavne v krajinách Sovietskeho bloku, Japonsku, Rakúsku, Švajčiarsku a ďalších. [4][5]

1.1.4 Koncept vozidla PCC

Tento koncept priniesol nový dizajn vozidla s uzavretou skriňou. Skriňa je položená na dvoch otočných dvojnápravových podvozkoch. Vytvorilo sa uzavreté stanovisko pre vodiča, zväčšila sa kapacita vozidla, znížila sa hlučnosť. Vozidlá boli plne oplechované, bez použitia dreva. Dizajn sa niesol v štýle streamlinu, čo prinieslo lepší dynamický vzhľad a taktiež zakrytie podvozkových častí. Môžeme ho považovať aj za prvý moderný koncept súčasných vozidiel. Pri potrebe väčšej kapacity sa vozidlá spájali do súprav „dvojičiek“, alebo „trojičiek“. Začiatkom 21. storočia, aj napriek prestavbám na čiastočne nízkopodlažné vozidlá boli tieto električky vytlačené modernými plne nízkopodlažnými ULF (Ultra Low Floor) súpravami. [4][5]



Obr. 4. Americký koncept PCC.

1.1.5 ČKD Tatra

Licenciu k výrobe PCC získala aj Československá ČKD Tatra, ktorá predstavila v polovici 20. storočia svoj prototyp T1, následne T2 a napokon v 70. rokoch vyšla z dielne Antonína Honzíka ikonická električka T3. Tento úspešný prototyp využíval nové materiály ako plasty či sklolaminát, čo viedlo k zníženiu hmotnosti vozidla. Využívali sa dva rady sedadiel, neskôr aj ikonické sedadla od dizajnéra Miroslava Navrátila. V kombinácii s moderným dizajnom sa stal tento model synonymom ku slovu električka na niekoľko desiatok rokov. Vyrobito sa viac ako 14 tisíc kusov tohto modelu. V budúcnosti vznikli ďalšie vylepšené novostavby tejto električky, ako napríklad Vario LF, alebo hranatá prestavba Tatra K6. V 80. rokoch vznikol ďalší ikonický model KT8D5, trojčlánková, obojstranná električka, ktorá mala nahradiť vtedy stále vyrábanú električku T3 v rámci miest v Československu. [6]

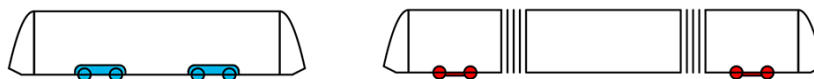


Obr. 5. a 6. ČKD Tatra T3, KT8D5 a sedadlo Miroslava Navrátila.

1.1.6 Koncept vozidla ULF

V 90 rokoch 20. storočia, začal vznikať koncept ULF vozidla. Výhodou týchto 100% nízkopodlažných vozidiel bol jednoduchší, bezpečný a hlavne rýchlejší nástup a výstup, ale aj ideálne riešenie pre hendikepované osoby, alebo cestovanie s kočiarom. Rozdelením električky na viac menších článkov vzniklo úplne nové konštrukčné riešenie, vďaka čomu bolo možné použiť neotočné podvozky a závesné skrine. Pomohli tomu aj nové technológie, ktoré dovolili premiestniť množstvo systémov na strechu. Vytvorili sa tak lepšie dispozičné

riešenia a v konečnom dôsledku aj celkové zvýšenie kapacity. Okrem iných výhod, to prinieslo dopravným podnikom možnosť objednať si električky s 3, 5 alebo 7 článkami a vybrať si tak kapacitne električku na mieru pre konkrétne mesto či linku. [7]



Obr. 7. Porovnanie konceptov PCC a ULF.

1.1.7 Škoda Transportation

V 20. storočí sa električkám začala venovať aj Škoda. Spočiatku vyrábala iba elektrické komponenty „škodovky“ pre iných výrobcov. To sa však zmenilo na konci storočia, kedy bola za účelom vlastnej výroby električiek založená dcérska firma Škoda Dopravní technika (neskôr v roku 2004 premenovaná na Škoda Transportation). Spočiatku modernizovala staré Tatry T3 pod označením 01T a 02T. V roku 1998 predstavila svoj prvý vlastný prototyp a to električku 03T, ktorá využívala už moderné nízkopodlažné ULF riešenie električky.

V nasledujúcich rokoch zožal úspech prototyp 05T a jeho vylepšené verzie, ktoré boli skupinovo označené ako „Škoda Elektra“. Ide o 100% nízkopodlažné vozidlo s neotočnými podvozkami. Tieto modely dostali čelo s novým dizajnom od firmy Porsche design group. Električka tak získala nadčasový dynamický vzhľad. Čelo však získalo aj množstvo kritiky, z dôvodu, že vizuálne nenadväzuje na zbytok pôvodne veľmi statickej električky. Tento problém sa snažili vyriešiť v nasledujúcich verziách zmenou farebnosti vozidla. [8]



Obr. 8. a 9. Škoda Elektra.

1.1.8 Škoda ForCity

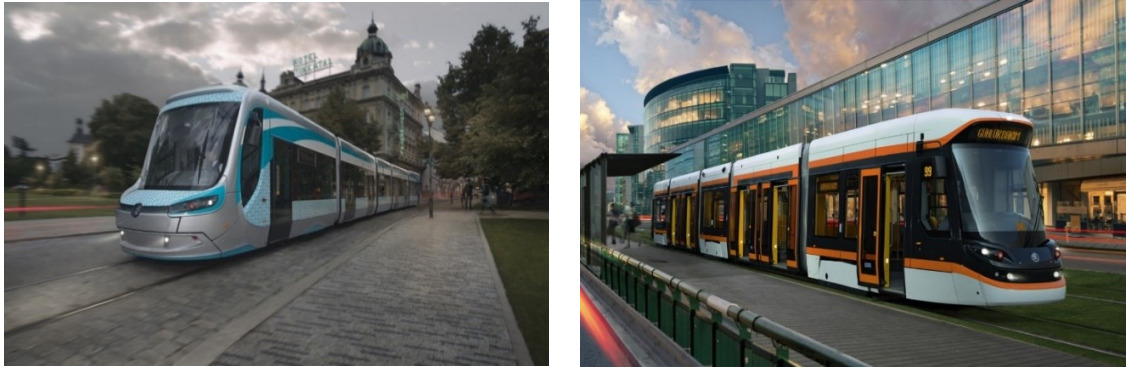
V nasledujúcich rokoch sa začalo experimentovať s rôznymi podvozkami, konštrukciami a spôsobom ukladania článkov. Vznikli tak nové koncepty vozidiel úplne novej koncepcie. Táto skupina sa nazvala pod obchodným názvom „Škoda ForCity“ a je vyvíjaná dodnes.

V roku 2008 vznikol prvý prototyp tohto druhu pod označením „Škoda ForCity Alfa“. Električku navrhoval Pražský architekt Patrik Kotas. Ide o prvú 100% nízkopodlažnú električku s otočnými podvozkami medzi článkami, vďaka čomu má nižšiu hlučnosť. Električka pôsobí pomerne staticky a mohutne, taktiež je vidieť priznané otočné podvozky zvýraznené krytovaním. Na druhú stranu interiér je veľmi priestranný s použitím veľmi príjemných drevených sedačiek. Jediné miesto zúženia uličky je v prechode medzi článkami kvôli podvozku. Okrem toho vznikla pre vodiča priestranná a veľmi komfortná kabína s veľkým čelným sklom, ktoré zabezpečuje veľmi dobrý výhľad. [8][9]



Obr. 10. a 11. Škoda ForCity Alfa a interiér.

Nasledujúci prototyp získal názov „Škoda ForCity Classic“. Táto električka vychádza z predchádzajúcej konštrukcie, zmena je však v použití neotočných podvozkov. Niektoré verzie boli vybavené prídavným batériovým napájaním pre prechod historickým centrom bez trolejového vedenia. Električky majú pre každé mesto rôzny face-lift čela, ktoré navrhovalo dizajnové štúdio Aufeer design. Električka tak získala dynamicky a moderný vzhľad oproti predošlej veľmi statickej verzii. [8][9][10]



Obr. 12. a 13. Škoda ForCity Classic.

Ďalším prototypom pod označením „Škoda ForCity Plus“ sú čiastočne nízkopodlažné električky s kombinovaním otočných a neotočných podvozkov určené pre Bratislavu. Dôvodom pre zmenu podvozkov, boli konkrétne špecifikácie pre mesto s úzkym rozchodom. Napriek úzkemu rozchodu si električka zachovala priestrannú konštrukciu z predchádzajúceho modelu. O dizajn sa znovu postaralo štúdio Aufeer design. Dizajn čela sa snaží aj napriek mierne agresívnym svetlám navodiť výraz úsmevu, čo pôsobí veľmi priateľsky, kabína sa však z bočnej strany vizuálne oddeľuje od zbytku električky. [8][9][10]



Obr. 14. Škoda ForCity Plus.

1.2 Súčasný vývoj

1.2.1 Škoda ForCity Smart

Najnovší počín s pomenovaním „Škoda ForCity Smart“ sa nesie smerom k zlepšovaniu jazdných a prevádzkových vlastností vozidla. Je to už kompletne nízko podlažné vozidlo. Všetky podvozky boli nahradené za otočné, čo vedie k menšiemu treniu vozidla a koľají. Dĺžka skriň bola maximalizovaná, naopak použitie prechodových mečov, bolo minimalizované a vytvára tak výbornú tepelnú izoláciu vozidla. Tieto vozidlá sú často vyrábané práve do severnej Európy, kde teploty pravidelne klesajú k bodu mrazu. Vzniká množstvo verzii a face-liftov tohto konceptu, pre každé mesto, kultúru, je konkrétne vozidlo originálne svojim vzhľadom. Na obrázku je možné vidieť verziu pre Ostravu, s minimalistickým grafickým dizajnom s typickými Ostravskými výkričníkmi. Vozidlo si zachováva pomerne moderný vzhľad s peknými detailmi, ako je logo dopravného podniku na prednej časti karosérie. Taktiež je použité farebné zvýraznenie dverí, čo vedie k rýchlejšiemu zorientovaniu cestujúcich a tým sa zrýchľuje nástup a výstup. V konečnom dôsledku aj celkovú spotrebu energie za kúrenie či klimatizáciu. [8][9][10]



Obr. 15. Škoda ForCity Smart.

1.2.2 Bombardier Flexity 2

V rámci konkurenčných firiem, pôsobí na trhu firma Bombardier, ktorá sa venuje výrobe lietadiel a vozidlám koľajovej dopravy. Aktuálna rada električiek z ich výroby nesie názov „Flexity 2“. Ide o koncept 100% nízko podlažného vozidla s neotočnými podvozkami podobný „Škoda ForCity Classic“. Najnovší facelift tohto vozidla na obrázku je určený pre Čínske mesto Nanjing. Dizajn sa snaží o moderný vzhľad. Nesie sa v čistom dizajne s prvkami blízkymi pre Čínske vozidlá. Návrh je obohatený jemným prírodným vzorom v grafickom dizajne a celkovo toto vozidlo po svojich nie veľmi dizajnovo zaujímavých predchodcoch z rodiny „Flexity 2“ pôsobí pomerne pozitívne. [11]



Obr. 16. Bombardier Flexity 2.

1.2.3 Alstom Citadis X05

Alstom ako jeden z popredných výrobcov koľajových vozidiel, dodáva električky už niekoľko desaťročí do celého sveta. Vozidla sú veľmi ikonické svojou dynamicky zošikmenou čelnou stranou. Väčšina vozidiel z ich dielne napreduje práve svojim moderným dizajnom a inováciami vo vizuálnej časti ich vozidiel. Jedno z najnovších je vozidlo „X05“. Kombinácia čiernej a bielej farby so zaujímavým grafickým prechodom po boku vozidla, ktorý bielu farbu postupne vytráca do stratena a pôsobí veľmi efektne. Celé vozidlo pôsobí jednotne aj vďaka využitiu krytovania na podvozkoch. To je umožnené použitím práve neotočných podvozkov ako u predošlého výrobcu. Na úkor toho však vzniká nevýhoda toho, že dvere splývajú s celou karosériou a sú tak ťažko rozpoznateľné. [12]



Obr. 17. Alstom Citadis X05.

1.2.4 CAF Luxembourg tram

Ďalším z popredných výrobcov koľajových vozidiel je firma CAF. Jeden z popredných modelov je vozidlo Luxembourg tram. Ide o 100% nízko podlažnú električku s moderným vzhľadom a taktiež technológiami. Ide znova o technicky veľmi podobný koncept vozidla ako u predchádzajúcich výrobcov s použitím neotočných podvozkov. Vozidlo má vysokú kapacitu pri využití až 7 skriň. Električka získala moderný systém proti otrasom a taktiež môže využívať elektrické nabíjanie zo zeme cez indukčné napájanie. Dizajn využíva neutrálnu kombináciu striebornej metalízy a čiernej farby, ktorá v kombinácii s tvarom predného čela evokuje vzhľad električky budúcnosti. Ďalším pre cestujúcich zaujímavým prvkom je nasvietenie dverí do rôznych farieb, čo upútava pohľad a vedie k dobrej orientácii. [13]



Obr. 18. CAF Luxembourg tram.

1.2.5 Siemens Avenio

Úplne iný prístup zvolila firma Siemens, ktorá si vyvinula vlastný koncept vozidla s názvom „Avenio“. Ide o nízko podlažné vozidlo s vlastnými podvozkami. Originálne podvozky, ktoré majú vlastný rozsah otočenia umožňujú prevádzkovať vozidlo s odlišným konceptom, než konkurencia. Dôsledkom toho, že má každá skriňa svoj vlastný podvozok, vznikol tak veľmi dobrý modulárny systém pre zákazníka. Električka je zostavovaná z ľubovoľného počtu skriň. Zákazník si tak vie veľmi dobre určiť kapacitu vozidla v objednávke. Opakom toho môže byť koncept s pevnými podvozkami, kde je potrebné pridať vždy minimálne 2 skrine, aby bola električka schopná prevádzky. Nevýhodou tohto konceptu, môže byť práve použitie väčšieho počtu podvozkov, čo vedie k obmedzeniu priestoru v interiéri a tak nie je možná veľká variácia interiéru. [14]



Obr. 19. Siemens Avenio.

1.2.6 Iní výrobcovia

U iných výrobcov je zase vidieť využívanie konceptu s využitím kombinácií podvozkov otočných a pevných podobne ako u „Škoda ForCity Plus“. Na obrázku je možné vidieť tento koncept spracovaný v električke od firmy Stadler s názvom Tramlink, alebo aj spracovanie firmou PKTS, ktorá je popredný výrobca električiek v rámci východnej Európy a Ruska.

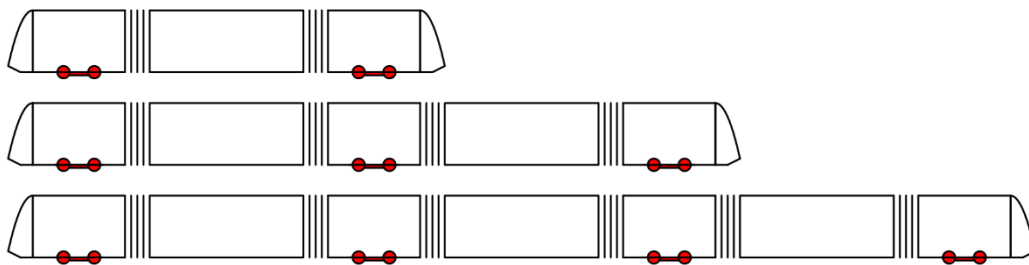


Obr. 20. a 21. PKTS a Stadler Tramlink.

1.3 Technická analýza električkovej dopravy

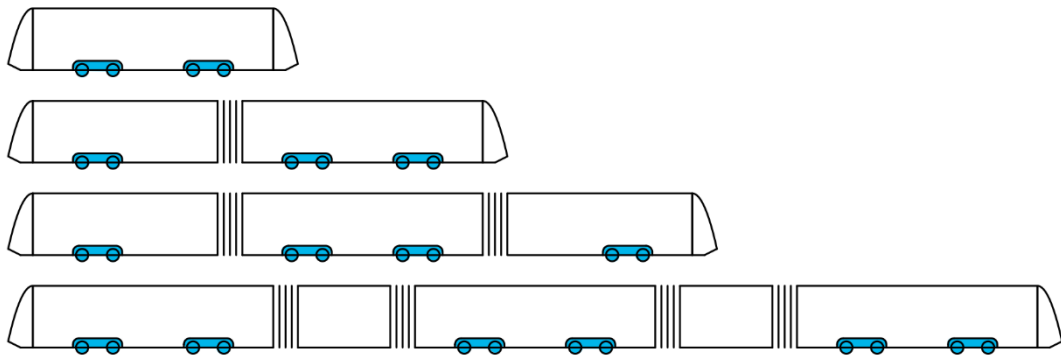
1.3.1 Koncepty vozidiel

Najrozšírenejší koncept pre električky v dnešnej dobe využíva neotočné podvozky (červené). Dnes ide o električky s 100% nízko podlažnosťou. Využíva ho mnoho výrobcov. Jeho veľkou výhodou je modularita priestoru v interiéri, keďže neotočné podvozky len málo zasahujú do interiéru, okrem toho sú využívané v kombinácii s veľkými závesnými skriňami, ktoré nemajú vlastný podvozok a tak sa v nich maximalizuje kapacita osôb. Koncept funguje na princípe pridávania ku skrini s vodičom vždy 2 skrine, jednu závesnú a ďalšiu s podvozkom. Takto si vie zákazník pomerne dobre modulárne vyskladať kapacitu podľa svojej potreby. Bočná karoséria, môže byť u týchto električiek ucelená, bez krytov na podvozkoch. Koncept sa odporúča prevažne na rovných tratiach bez malých oblúkov z dôvodu, že majú tieto podvozky v týchto úsekoch veľké opotrebovanie a hlučnosť. [8][10]

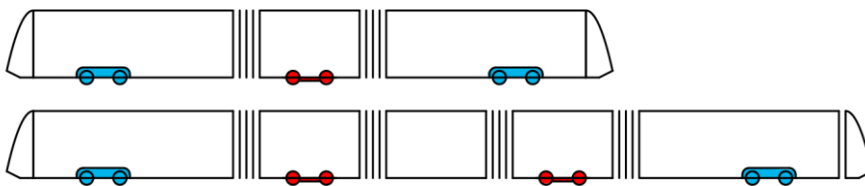


Obr. 22. Koncept s pevnými podvozkami.

Druhý najpoužívanější koncept a jeho modifikácie, využíva otočné podvozky (modré). Tieto električky majú hlbokú históriu už od PCC konceptu. Ich výhoda je práve nižšie opotrebovanie podvozkov pri prejazdoch v malých oblúkoch, taktiež nižšia hlučnosť. Okrem toho, pri rovnakej dĺžke ako predošlý koncept využíva menej mečov a tak vytvára lepšiu tepelnú izoláciu. Tento koncept nemá pravidelnú modularitu a musí sa podľa svojej dĺžky upravovať na mieru, no rovnako ako u predošlého konceptu sa dajú po modifikácií vytvárať rôzne dĺžky vozidla. Vozidlá v minulosti neboli nízko podlažné, no postupom času sa v podvozkoch nápravy zbavili stredovej osi, čo viedlo k vytvoreniu aspoň úzkej nízko podlažnej uličky medzi sedadlami. Vo všeobecnosti majú tieto podvozky nevýhodu z dôvodu veľkého zásahu do interiéru. Nad podvozkom sa tak najčastejšie využíva nad podvozkové hniezdo s 8 sedadlami. Tento problém sa po novom snaží vyriešiť práve skriňa, ktorá funguje ako vozík. V tomto priestore sa tak lepšie hľadá miesto pre invalidne vozíky či detské kočiare, taktiež sa v týchto miestach dá maximalizovať počet stojacích cestujúcich a zvýšiť tak maximálna kapacita vozidla. Škoda sa vracia k tomuto konceptu pri najnovšej rade „Škoda ForCity Smart“. Okrem toho vznikol aj koncept s kombinovanými podvozkami, ktorý sa snaží využiť vlastnosti z predošlých dvoch konceptov. [8][10]

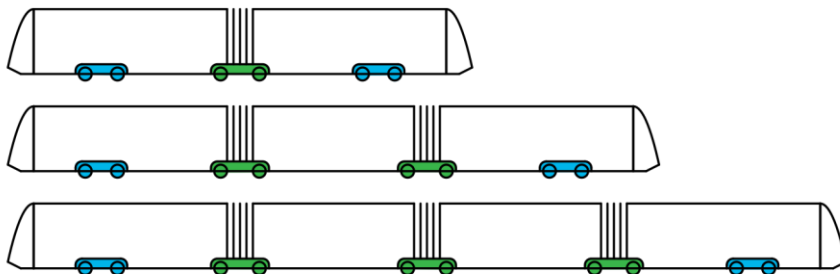


Obr. 23. Koncept s otočnými podvozkami.

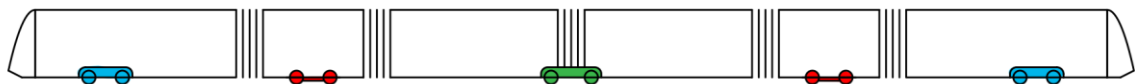


Obr. 24. Koncept s kombináciou pevných a otočných podvozkov.

Ďalší kombinovaný koncept, ktorý je jeden z častejšie využívaných, kombinuje otočné podvozky so špeciálnymi Jakobsovovými podvozkami (zelené), ktoré sa nachádzajú pod mechmi. Výhodou takého konceptu je, že maximalizuje priestor v skrini vďaka podvozkom umiestneným na okrajoch. Jakobsové podvozky zasahujú do priestoru iba v prechodovej časti, kde je dôsledkom toho zúžená ulička, na niekedy až šírku jedného človeka. V histórii sa začiatkom 21. storočia využíval napríklad pri rade „Škoda ForCity Alfa“. Predné otočné podvozky boli umiestnené čo najviac vpredu, pod kabínou vodiča. Vznikla tak prvá, pre cestujúceho plne nízko podlažná električka. Okrem toho vznikajú rôzne ďalšie koncepty, ktoré kombinujú rôznym spôsobom tieto tri typy podvozkov. [8][10]

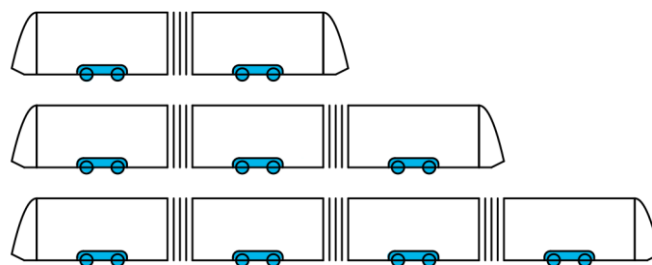


Obr. 25. Koncept s kombináciou otočných a Jakobsových podvozkov.



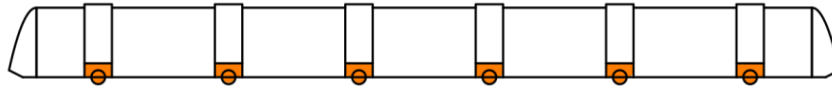
Obr. 26. Koncept s kombináciou podvozkov.

Kapitola sama o sebe je koncept od firmy Siemens s názvom Avenio. Zameriava sa práve na modularitu električky. Zákazník si tak vie presne určiť akú kapacitu potrebuje.



Obr. 27. Koncept Avenio od výrobcu Siemens

V minulosti Siemens taktiež využíval vlastný koncept s jedno nápravovými podvozkami.



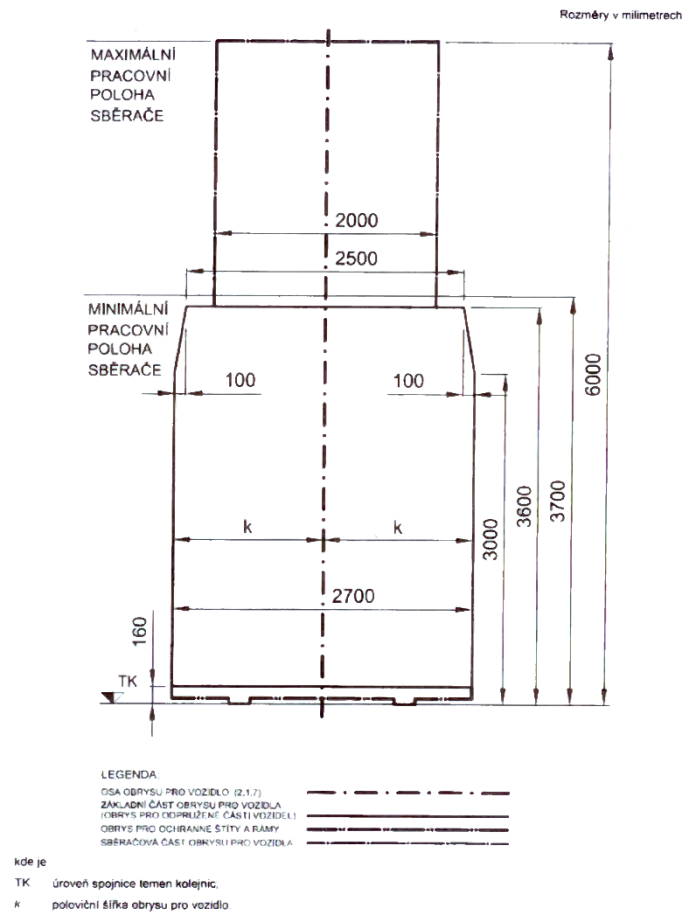
Obr. 28. Koncept ULF od výrobcu Siemens

Výrobcovia už od vzniku električkovej dopravy až do dnes experimentujú s rôznymi konceptami a hľadajú ten ideálny. Ide zároveň aj o konkurenčný boj. Z toho dôvodu vzniklo nespočetne veľa ďalších konceptov s rôznymi variáciami, či už v minulosti, ktoré sa postupom času vytratili, alebo nové, ktoré v budúcnosti možno nahradia tie súčasne.

1.3.2 Technické obmedzenia

Električky obmedzujú v každom štáte na svete rôzne legislatívy a normy, ktoré určujú základné obmedzenia pre električkovú dopravu. Pri návrhu električky je limitujúci najmä povolený prejazdový prierez električkových tratí a obrys vozidla prevádzkovaného na električkových tratí. Tieto obmedzenia sú pre každé mesto špecifické a vo všeobecnosti sú dané historickým vývojom a stavbou trati na konkrétnom území. V Česku sa zastrešujú tieto obmedzenia pod normou ČSN 28 0318. Ekvivalent tejto normy je na Slovensku prierez noriem STN 28 0318, STN 28 0337 a STN 73 6405. Táto norma definuje obrys koľajových vozidiel, ktoré sú alebo majú byť prevádzkované na električkových tratiach a zároveň vymedzuje prejazdový prierez električkových tratí s prívodom prúdu z vrchného trakčného vedenia pri rozchode normálnom 1435mm a úzkom 1000mm na území Českej republiky. Vo väčšine miest v našich podmienkach sa využíva rozchod 1435 mm. Príkladom úzkorozchodných tratí je napríklad Bratislava.

Ďalej táto norma obmedzuje maximálne rozmery vozidla. Maximálna šírka vozidla je 2650mm. V rámci výnimky však môžu z maximálnej šírky vozidla presahovať spätné zrkadla, ktoré majú presne špecifikované umiestnenie, smerové svetlá a bezpečnostné kamery, ktoré môžu presiahnuť maximálne 60mm mimo obrys vozidla. Maximálna výška vozidla je obmedzená na 3700 mm vrátane spodnej polohy zberača. Horná poloha zberača je obmedzená na maximálnu výšku 6000mm. [15]



Obr. 29. Nákres maximálneho obrysu v ČSN. [15]

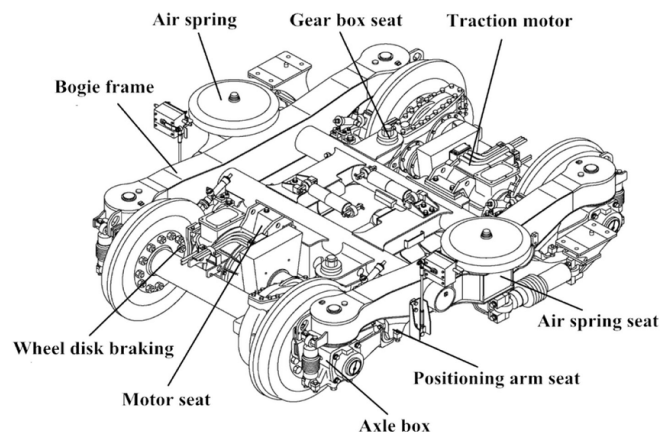
Norma tiež definuje presne rozširovanie obrysu v malých oblúkoch až do najmenšieho povoleného oblúka s polomerom 18° , ktorý je však používaný iba vo výnimočných prípadoch na tratiach v priestoroch vozovne, alebo na obrátkach, kde električka nie je v prevádzke s cestujúcimi. Najmenší povolený oblúk pre prejazd s cestujúcimi je 20° .

Okrem toho norma v kombinácii s ďalšími definuje ďalšie dáta a vzájomné vzťahy potrebné pri výstavbe infraštruktúry električkových trati, napríklad šírky koľajových pasov, výšky nástupíšť, ostrovčekov a podobne.

Každé vozidlo určené na prevádzku sa následne schvaľuje podľa tejto normy. Ku schváleniu musí výrobca, alebo prevádzkovateľ doložiť výsledky z kontroly vozidla. Kontroluje sa obrys vozidla, hodnota vôle posunov v čapoch, maximálne hodnoty naklonenia vozidla, hodnoty pruženia vozidla, maximálne rozmery presahujúcich častí obrysu, výška spodnej polohy zberača a prierezy v rôznych oblúkoch, či zmenách krivosti električkovej trate. [15]

1.3.3 Podvozky

Typ podvozkov, alebo ich kombinácia je zvolená podľa konkrétnych potrieb mesta, alebo trate. Samotné podvozky sú najdôležitejšiou konštrukčnou súčasťou vozidla. Ovpływujú celkový chod vozidla. Po správnom zvolení podvozku umožňujú vytvárať rôzne nové koncepty. V konečnom dôsledku správny výber podvozku ovplyvňuje aj do značnej miery ich opotrebovanie či ekonomické aspekty vozidla. Podvozok je jedna z častí električky, ktorá sa neustále vyvíja. V poslednom desaťročí prešli najväčšou zmenou pri prechode na nízko podlažné vozidlá. Vytvorili sa beznápravové podvozky, ktoré umožňujú nízko podlažné uličky bez prevýšenia podlahy v interiéri. Podvozky sa všeobecne rozdeľujú do dvoch základných skupín - otočných a neotočných. V rámci tohto delenia existujú aj hybridné podvozky, ktoré sa s menšou či väčšou mierou otočia. Jakobsnové podvozky, ktoré sa používajú ako dvojkĺbové otočne podvozky v prechodovom priestore medzi dvoma skriňami. [10][16]



Obr. 30. Nákres neotočného podvozku.

Pevné podvozky sú pevnou konštrukčnou súčasťou samotnej skrine vozidla. Je ich preto možné využívať iba pri člankových vozidlách, ktoré umožňujú pohyb vozidla v oblúkoch. Nevýhodou takýchto podvozkov zvykne byť presah mimo koľajového pásu prednej, alebo zadnej časti vozidla. Podvozok sa umiestňuje v priestore skrine, zväčša v strede, čo prispieva k väčšiemu zásahu do rozmiestnenia interiéru a celkovom zúžení plochy uličky, či potreby pridania sedadiel na výstupky vo vozidle. Ďalšia nevýhoda vzniká pri prejazdoch v oblúkoch s nízkym polomerom kde dochádza k vyššiemu opotrebovaniu koľají a kolies, prípadne vysokej hlučnosti. Z toho dôvodu sa tento typ podvozku využíva vhodnejšie v rovnejších

tratiach s väčšími polomermi oblúkov, alebo pri vysokorýchlostnej prevádzke než v hustej mestskej zástavbe s mnohými oblúkmi. Výhodou takýchto podvozkov môže byť samotné členenie a dizajn vozidla. Samotné vozidlá nepotrebujú vlastné krytovanie a tak môže byť celý dizajn vozidla celistvejší, bez rôznych výčnelkov v tejto oblasti. [10][16]

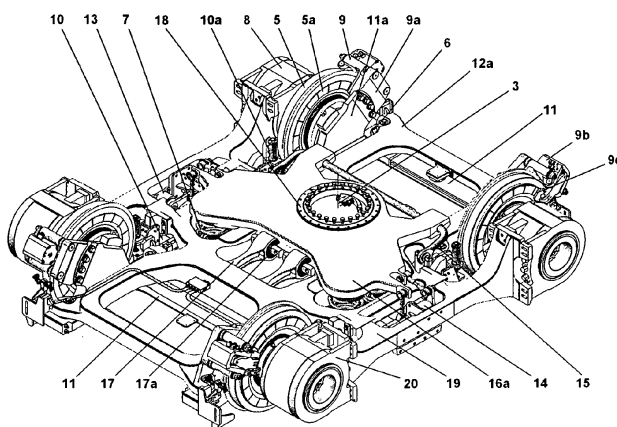


Fig. 4

Obr. 31. Nákres otočného podvozku.

Otočné podvozky sú k skrine pripojené za pomoci otočného čapu. Podvozky sa upevňujú v širokom spektre miest v oblasti skrine od úplného okraja vozidla až po oblasť medzi skriňovým prechodovým priestorom. Vďaka tomuto riešeniu sa dá pomerne dobre využívať plocha v interiéri. Svojimi jazdnými vlastnosťami sa lepšie hodí do husto zastavanej mestskej premávky z dôvodu nižšej hlučnosti a opotrebovaniu pri prejazde malými oblúkmi. Nevýhodou takýchto podvozkov, je veľký zásah do interiéru v mieste nad podvozkami. Z tohto dôvodu sa tieto podvozky používajú na konci vozidla, kde je nad podvozkom umiestnená kabína vodiča. V priestore električky sa takýto zásah rieši nadpodvozkovým hniezdom s 16 miestami na sedenie. Ďalším problémom je veľmi úzka ulička v tomto priestore čo neumožňuje prechod invalidného vozíka či detského kočíka. [10][16]

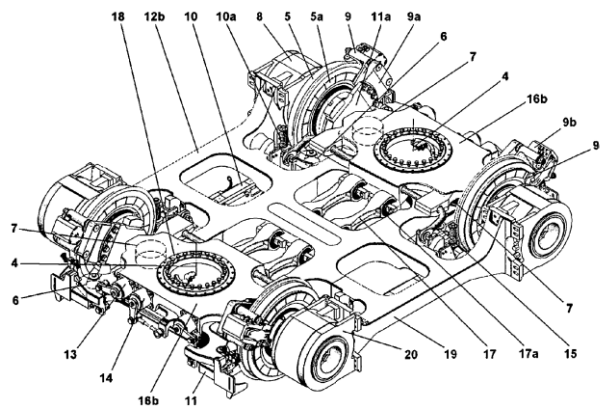


Fig. 5

Obr. 32. Nákres Jakobsnovho podvozku.

Špeciálnym druhom otočného podvozku je takzvaný Jakobsnov podvozok. Tento podvozok sa používa medzi skriňami vozidla, ako spoj medzi jednotlivými skriňami. Každá skriňa je umiestená na svojom čape, tým pádom tento podvozok vytvára dvojkĺbový spoj vo vozidle a umožňuje tak otáčanie v oblúkoch skriň bez vlastných podvozkov, ktoré sú zavesené iba na okrajoch takýchto podvozkov. Výhodou je zúženie priestoru iba v prechodovej časti, čo vedie k maximálnej nožnej modifikácii interiéru. [10][16]

1.3.4 Pohon a napájanie

Pohon vozidla je veľmi dôležitou súčasťou električkovej dopravy. Od jej výberu sa odvodzujú všetky náklady a investícia do infraštruktúry. Dnes je preto dôraz na vývoj. Výsledkom by malo byť odbúranie potreby veľkej investície pri zavádzaní električkovej dopravy. Potenciál javia alternatívy s vodíkovým pohonom, či plne batériové napájanie.

V dnešnej dobe je jedným z najrozšírejších možností napájania električkovej dopravy napojenie cez pantograf z trolejového vedenia. Jeho rozšírené využitie je práve spojené s historickým vývojom takejto dopravy. Nevýhodou takéhoto napájania, je vizuálne znečistenie mesta trolejovými vedeniami a taktiež vozidlá, ktoré nesú na streche rôzne zariadenia a samotný pantograf. [17]



Obr. 33. Dnešné elektrčikové trolejové vedenie.

Napájanie z tretej koľaje je alternatívou pohonu z trolejového vedenia. V minulosti sa práve upustilo od napájania z dolu z dôvodu elektrických výbojov. Dnes je však situácia iná a vzhľadom k bezpečnosti sa dajú takéto koľaje odpájať od elektrického prúdu v prípade nečinnosti. Koľaje sa spustia po rádiovom signáli a po prekrytí úseku vozidlom. Výhodou takéhoto napájania je zníženie vizuálneho smogu, nevýhodou môže byť znova pomerne vysoká investícia do infraštruktúry.

Indukčné napájanie je bezpečnejšou alternatívou tretej koľaji. Indukčné panely sa umiestňujú na miesta, kde vozidlo stojí dlhší čas. Príkladom môžu byť zastávky, či depa. Druhým využitím sú dlhšie úseky napájania, kde sa vozidlo vie nabiť pri prejazde. Podobne ako u predošlej technológie je úsek rozdelený na segmenty, ktoré sa spúšťajú pri prejazde električky. V tomto prípade vzhľadom k vzdialenosti indukčných panelov nehrozí ohrozenie života. Takýto systém sa buduje na mieru vozidla a je v týchto rokoch vyvíjané rôznymi firmami. Napájanie z batérii je spôsob ako by sa mohli vyriešiť problémy v budúcnosti s vysokými investíciami. Problémom je však v dnešnej dobe pomerne nedostačujúca technológia batérii. Dnes sa takýto pohon využíva na úsekoch v historickom meste, kde sú odstránené trolejové vedenia. Vozidlo sa tak hybridne napája počas cesty rôznymi spôsobmi. Druhým spôsobom je využitie na dobíjanie práve predošlú technológiu indukčných panelov, ktoré môžu takúto batériu dobiť počas niekoľkých desiatok sekúnd, ktoré vydržia na prechod k ďalšej zastávke. [17][18]

1.4 Závěr teoretickej časti

1.4.1 Zhrnutie problematiky a budúcnosť

Problematika celej električkovej dopravy a jej budúcnosti je o financiách. Dnes je vidieť pár desiatok firiem, ktoré sa venujú práve takejto doprave. Ide predovšetkým o problém s pomerne dlhou životnosťou takýchto vozidiel v kombinácii s historickým využitím električkovej dopravy v pomerne malom počte miest. Vzniká výsledok, že v rámci celého sveta je vo všeobecnosti pomerne malý dopyt po takejto doprave. Trh ovládajú preto hlavne veľké strojárnske skupiny, ktoré sa venujú širokej škále dopravných prostriedkov a rôznym dopravám. Týmto spôsobom vedia aj pri malom dopyte v električkovej doprave investovať nemalé milióny do vývoja nových technológií a materiálov. To im pomáha sa na trhu udržať a prinášať vždy niečo nové na trh. Ďalším problémom tejto dopravy je vysoká cena a preto v dnešných časoch nie je veľmi populárne vytvoriť v meste električkovú sieť. Mestá skôr volia cestu autobusov, alebo trolejbusov, ktoré nemajú tak obrovskú investíciu do infraštruktúry, či pomerne drahých koľajových vozidiel.

Na druhú stranu električková doprava má veľký potenciál v historických mestách, kde nie sú ulice stavané na masívny nárast obyvateľov a s tým spojených aj osobných áut. Či už mesto má, alebo si vybuduje novú električkovú sieť, v tejto oblasti hlavne európskych metropol sa bude držať podľa prognóz ako popredná a najefektívnejšia doprava. Výhodou je predovšetkým v bezpečnosti a kapacite takejto dopravy. Ďalšou úlohou do budúcnosti bude mať samotný vývoj technológií a materiálov. Samotné komponenty vozidla sa budú naďalej znižovať a tak samotná konštrukcia vozidla bude môcť byť upravovaná a lepšie využiteľná. Jednou z diskutovaných tém je samotná autonómna doprava. Pri električkovej doprave by sa takáto technológia mohla ujať pomerne skoro z dôvodu, že koľajové vozidlá majú pevný smer jazdy, čo vedie k pomerne jednoduchosti ovládania a tak aj dobrým výsledkom autonómnej technológií. Na druhú stranu je tu zodpovednosť za cestujúcich a samotná technológia musí byť dôsledne testovaná aby sa predošlo rôznym chybám či zlyháním. Ďalším aspektom je samotná dôvera k takémuto stroju od cestujúcich a zákazníkov. To by mohlo odstrániť chyby spôsobené ľudským faktorom a zrýchliť samotnú dopravu dynamickými intervalmi a samotnou jazdou. Ďalším bodom, kde sa električková doprava bude vyvíjať sú materiály. Postupne vznikajú novšie a lepšie, ktoré sú pevnejšie a bezpečnejšie, či transformujúce, ktoré by vedeli bezpečne absorbovať náraz, alebo kolíziu s človekom bez ujmy na zdraví či majetku na oboch stranách.

1.4.2 Ciel' práce

Výsledkom tejto práce by mala byť vízia vozidla a celého systému dopravy v budúcnosti. Práca sa bude zameriavať na blízku budúcnosť niekoľko desiatok rokov, kde sa predpokladá nástup automatizovanej (autonómnej) dopravy. Vízia, ako by mohla električková doprava budúcnosti a všeobecne mestská či prímestská hromadná doprava fungovať v kombinácii s veľmi diskutovanou témou a to dynamicky riadenou prevádzkou. Znamená to, že samotná doprava by mala reagovať na okamžité prepravné potreby v meste a jeho častiach, okamžite reagovať na komplikácie v doprave a podobne. Dnes je doprava plánovaná podľa potrieb mesta, aby čo najviac odpovedala na životný štýl v meste. Mesto a samotný cestujúci sa tak následne držia tejto dopravy a prispôsobujú sa jej. Dynamická doprava umožňuje prispôbiť sa novým trendom v meste a tak vytvárať v meste väčšiu flexibilitu života. Príkladom by mohlo ísť o rozloženie ranných nástupných časoch do práce či škôl, alebo aj podpora života, či práce v noci. Takýto systém bude potrebovať novú konfiguráciu a úplne nové technické riešenie vozidiel . Tu vzniká nová cesta a potenciál pre nové návrhy pre mnoho odborníkov či dizajnérov v tomto odbore.

Prvotnou myšlienkou tejto práce je vytvoriť vozidlo s najmenšou možnou dĺžkou , ktoré by sa malo vedieť spájať a rozpájať počas prevádzky na základe aktuálnych potrieb cestujúcich. Zvyšovaním a znižovaním kapacity vozidla by sa tak mohol dopriať komfort a samotné ekonomické šetrenie na energiách samotnej prevádzky.

Pre takéto vozidlo využijeme štandardizovaný európsky „normálny“ rozchod 1435mm a štandardnú šírku vozidla 2500mm. Napájanie vozidla by malo reflektovať budúcnosť rozvoja batérii, preto vozidlo nebude disponovať samotným pantografom na streche.

Ďalším cieľom tejto práce je priblížiť ľuďom takéto vozidlo a pokúsiť sa vyriešiť diskutovaný problém s autonómnou technológiou, či ľudia budú dôverovať takýmto vozidlám.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

2 DIZAJNÉRSKE NÁVRHY

2.1 Prvé predstavy a inšpirácia

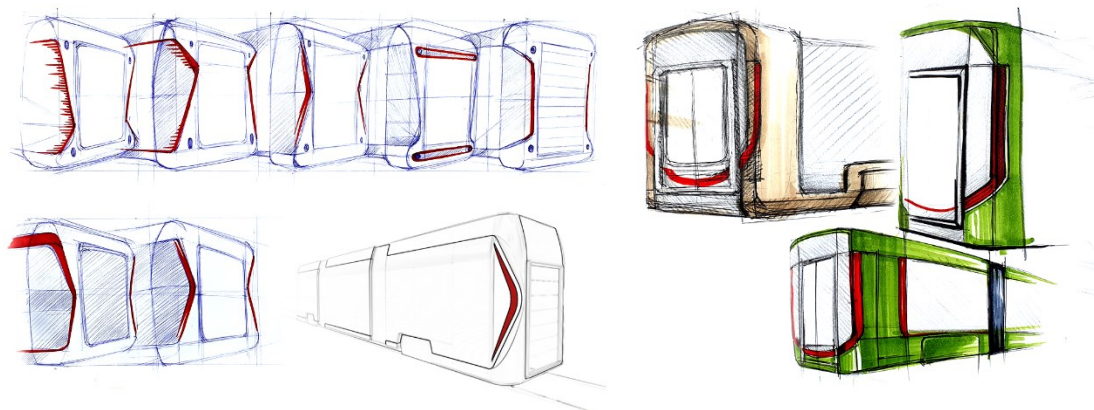
Nápad, ktorý toto všetko odštartoval vznikol sledovaním nových trendov, či konceptov v mestskej hromadnej doprave. Vždy ma fascinovala verejná doprava ako rozsiahly systém, ktorý ovplyvňuje do značnej miery každodenný život v meste. Je tu priestor pre ekológiu, zároveň vytvára príležitosti pre stretávanie a sociálny život, či v neposlednom rade aj o samotnú podstatu dopravy a to lepšiu efektívnosť a rýchlosť pri presune z bodu A do bodu B. V mnohých mestách zaliatymi tisíckami aut majú najväčší potenciál práve električky. Vozidlo s vlastným dopravným pruhom pre ktoré platia zvýhodnene obmedzenia v rámci rýchlosti, či prednosti v jazde. V modernejších mestách je možné vidieť aj uprednostňovanie vozidiel na križovatkách. Toto všetko vytvára ďalší potenciál pre električkovú dopravu do budúcnosti. Medzi novými trendami vznikajú projekty na prepojenie predmestia električkami, či hybridnou električkovo-vlakovou dopravou, ktorá by vedela spájať viaceré blízke mestá. Okrem toho vzniká mnoho ďalších projektov, ktoré sa snažia zlepšiť samotné vozidlo či celkovo systém dopravy. Mojmým nápadom bolo vytvoriť kapacitnú modularitu. V každom meste po svete vyzerá električka inak, využívajú sa rôzne rozchody, rôzne koncepty, rôzne pohony. Samotný vozový park je v mnohých prípadoch veľmi rozmanitý, vozidla od rôznych výrobcov, či z rôznych rokov vytvárajú neucelený koncept dopravy.

Mojou otázkou bolo, či môže vzniknúť nový systém s vozidlom, ktoré bude modulárne a všeobecné. Vozidlo ktoré bude možné využiť v ktoromkoľvek meste. Je možné túto dopravu štandardizovať tak, ako to viac-menej poznáme z vlakovej dopravy? Modernu dopravu vnímam ako niečo dynamické, organické čo sa vie prispôbovať podmienkam na život. Mala by tak zhlukovať vozidlá, zamestnancov a cestujúcich do dokonalej symbiózy. Cestujúci dnes zoberie mobil a zistí si najefektívnejšiu trasu, či čas odjazdu. Potenciál vidím vo využívaní týchto dát v budúcnosti. Verejná doprava by mala vedieť reagovať v aktuálnom čase na tisícky takýchto vyhľadávaní. Mojmým postrehom bola otázka prečo mnoho z konceptov, ktoré uväzovali o dynamickej doprave nevytvorili práve kapacitne modulárne vozidlo. Videl som v tom zásadný bod, ktorý by vedel vytvoriť ďalšie veľmi dobre možnosti v rámci takejto dopravy.

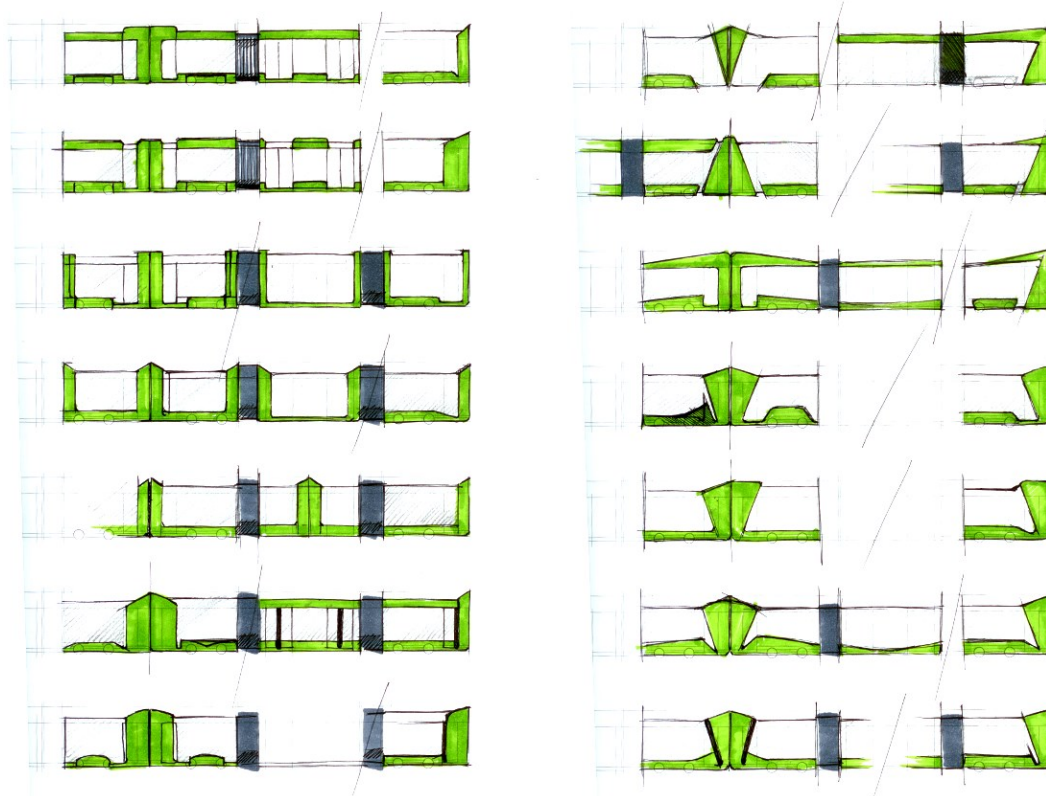
2.2 Tvorenie konceptu

2.2.1 0. verzia

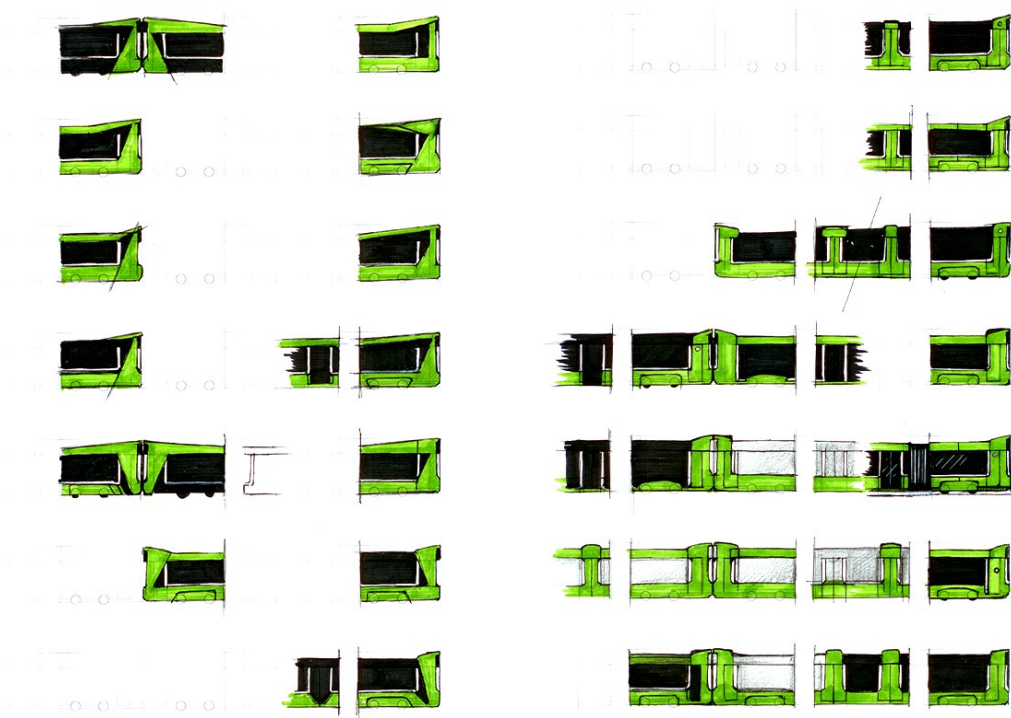
Vytvoril som tak prvotný koncept vozidla. Bola to moja prvotná myšlienka, ako by takéto vozidlo mohlo fungovať. Samotne navrhovanie nového konceptu sa nesie prevažne v riešení mnohých problémov. Zároveň je potrebné vzdelanie a odbornosť v tejto oblasti. Potreba odpovedí na moje konkrétnej otázky ma priviedli k osloveniu firmy Škoda Transportation. Získal som tak veľmi cenný pohľad odborníkov z praxe, ktorý sa dlhé roky orientujú v tejto problematike. Predstava o koncepte s dvoma podvozkami, v strede predeleným ohybným mechom, ktorý by sa vedel spájať do nekonečne dlhého radu sa po odbornej konzultáciách značne skomplikoval pochopením celej problematiky a nespočtým počtom rôznych problémov už so samotnými chodom takéhoto vozidla. Zároveň problémy s otáčaním a otáznymi vlastnosťami pri menení rôznych dĺžok boli až príliš zložité. V jednoduchosti zistenie, že dnešné technológie nie sú úplne pripravené na niečo také, viedlo k potrebe tento koncept prepracovať. Navrhnuť niečo iba na papieri a spoliehať sa nato, že niekedy v budúcnosti nato možno dozrie technológia je neuspokojivé a tak vznikol s prvotným vzdelaním a pochopením tejto problematiky aj základný cieľ práce, ktorý je opísaný vyššie. Vývoj nového konceptu je závisle na dimenzovaní rozmerov, delenia samotného vozidla a výberu podvozkov. Späťne je to kontrolované výpočtami, či vizualizovaním prejazdov v oblúkoch. V rámci tohto procesu vzniklo niekoľko stoviek rôznych návrhov, ktoré označujem ako nulté koncepty. Výsledkom bolo nájdenie konceptu, ktorý nemal značne problémy s chodovými vlastnosťami, či prejazdami v oblúkoch s malým polomerom.



Obr. 34. a 35. Ukážka kresieb z postupného vývoja dizajnu konceptov.



Obr. 36. Ukážka kresieb z hľadania variantných návrhov.



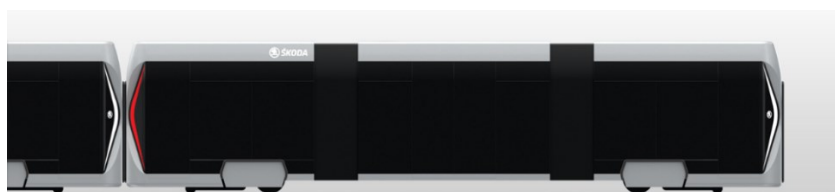
Obr. 37. Ukážka kresieb z hľadania finálnych variantných návrhov.

2.2.2 1. verzia



Obr. 38. Vizualizácia 1. verzie konceptu.

Ide skôr o prvotné nahodenie takéhoto konceptu do priestoru. Samotný návrh ma značne nedostatky v chodových vlastnostiach. Pri navrhovaní tohto vozidla som sa spoliehal na vlastné, zmenšené podvozky, ktoré však pri takomto type vozidla nevedeli plniť svoju úlohu. Vozidlo bolo vďaka tomu dimenzované do najkratších možných rozmerov. Na vozidle mali byť dominantné svetlá v organickom tvare, ktoré by udávali tvár vozidlu. Ďalšou z myšlienok bolo zakomponovanie veľkých sklenených panelov ako náhrada za bočné steny vozidla. Stretol som sa však s problémami v oblasti bezpečnosti a noriem. Ďalšou inováciou malo byť implementovanie roletových dverí. Išlo by tak o šetrenia priestorom a zároveň by umožňovali bezpečný prechod medzi jednotlivými vozidlami. Je to spôsob, ako vyriešiť spomínanú modularitu vozidla. Ďalším z problémov bola celková statickosť návrhu. Pri takomto koncepte nie je možné využiť dynamiku a zošíkmenie čelnej časti a preto je potrebné hľadať iné spôsoby v dizajne ako takéto vozidlo viac dynamizovať.



Obr. 39. Vizualizácia spájania 1. verzie konceptu.

2.2.3 2. verzia



Obr. 40. Vizuálizácia 2. verzie konceptu.

V rámci ďalšieho vývoja som upravil problémové súčasti vozidla, veľkosť podvozkov bola štandardizovaná a tak sa vozidlo predĺžilo. Zameral som sa na vytvorenie línie, ktorá by neutralizovala kolmé čelo a tak bolo vozidlo vizuálne viac v pohybe. Vlnovitá čiara mala za úlohu vizuálne zoceliť viac spojených vozidiel, čo pri predošlom návrhu chýbalo. Okrem toho som začal riešiť otázku ohľadne výrazu vozidla, kde som usúdil, že by malo pôsobiť viac priateľsky a pozitívne. Ďalšou z myšlienok bolo využiť obrysové svetlá bočných dverí, ako smerové svietidlá. Jedným z problémov tohto návrhu bolo umiestnenie spájajúceho mechanizmu čo vytvorilo širokú kolmú plochu, ktorú som sa snažil zdynamizovať skosením v hornej časti. Pri spojení, však vozidlo už vytváralo srdcovitý tvar a zároveň informačná tabuľa bola nie veľmi prakticky vytočená do neba. Z dizajnerskeho hľadiska takýto návrh nevyhovoval svojim veľmi špecifickým vzhl'adom, ktorý nespĺňal podmienku všeobecného využitia vozidla. Tak isto to aj komplikovalo využitie rôzneho grafického vizuálu miest.



Obr. 41. Vizuálizácia spájania 2. verzie konceptu.

3 FINÁLNE DIZAJNERSKE RIEŠENIE

3.1.1 3. verzia



Obr. 42. Vizuálizácia 3. verzie konceptu.

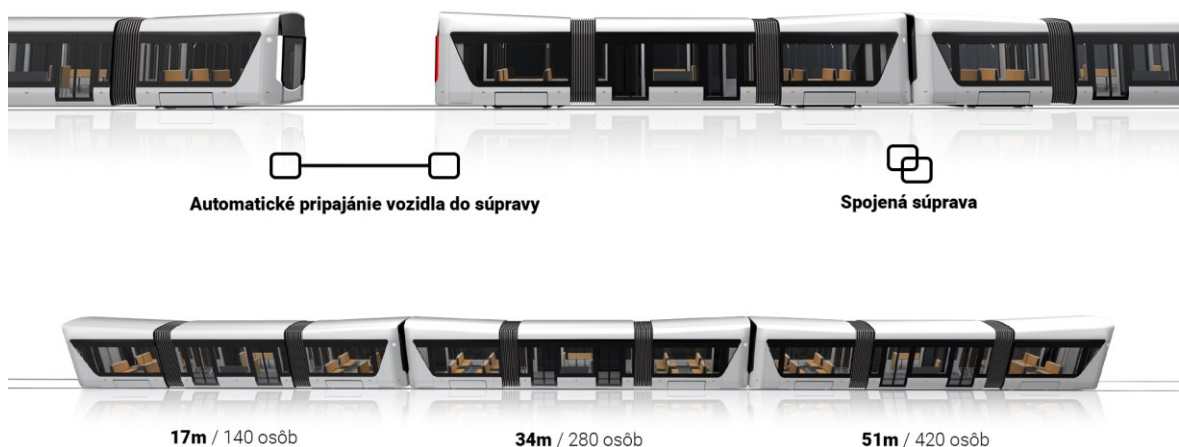
V rámci mnohých konzultácií a ďalšej štandardizovaním rozmerov, priblíženiu sa ČSN norme a využitie pozitívnych prvkov z predošlých návrhoch a ich vylepšením, som napokon vytvoril návrh, ktorý by mal predstavovať finálnu variantu vozidla takéhoto konceptu. Upustil som od využitia vlnovitej línie. Pohyb a dynamiku vozidla som zvýraznil inými prvkami, vznikla tak mierne zošikmená strecha, ktorá vizuálne podporuje pohyb vozidla. Svetla v tvare „U“ získali novší modernejší a štíhlejší dizajn. Svetla sa presunuli znova na bočné hrany vozidla. Zlepšilo sa zároveň aj rozmiestnenie komponentov na čelnej stene. Roletové dvere boli nahradené za štandardizované „autobusové“. Po ďalších prepočtoch sa zlepšilo aj celkove delenie vozidla. Otočné mechy sa tak skrátili, vďaka čomu sa rozšírila stredná závesná skriňa. Vznikol tak priestor pre vytvorenie dvoch dvojkridlových dverí. Pre dobrý chod vozidla v oblúkoch, bolo však potrebné vozidlo ešte mierne predĺžiť.



Obr. 43. Vizuálizácia spájania 3. verzie konceptu

3.2 Popis finálneho riešenia

Vytvoril som 17m vozidlo, ktoré je schopné spájať sa a zvyšovať tak svoju kapacitu. Mesta sú dnes prispôsobené na najviac súpravu spojenú z troch takýchto vozidiel. V prímestských električkách to môže byť aj viac. Kapacitne som vychádzal z rovnice 4 osôb na každý voľný m² v interiéri. Jedno vozidlo tak zvládne previesť približne 140 osôb. Vozidla sa spájajú automaticky za pomoci podporných systémov, ktoré zabezpečia presné priblíženie vozidiel bez nárazu. Vozidla takýmto spôsobom vedia ušetriť energiu pri využití spoločného úseku trate, zrýchliť prestup medzi vozidlami, ktorý by bol možný aj popri jazde medzi zastávkami.



Obr. 44. Finálne dizajnérske riešenie.

3.3 Vizualizácie finálnej verzie





Obr. 45. Vizualizácie finálneho návrhu.

3.4 Technické Komponenty

3.4.1 Spojovací mechanizmus

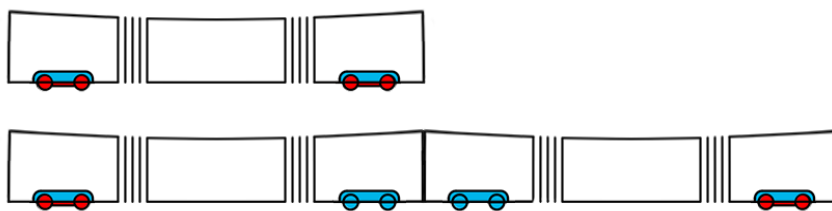
To čím je originálny tento koncept je práve odlišné spájanie od svojich predchodcov, ktorý sa snažili o vozidlo do dynamickej dopravy. Myšlienkou bolo spraviť to inak. Použiť spojenie pevných častí vozidla, bolo pre tento koncept riešenie. Na konci vozidla sú umiestnené tlmiace pasy, ktoré by mali eliminovať trenie a zabrániť stretu pevných častí. Na bokoch a nad touto obrubou sú zakrytované navádzacie čapy a konektory, ktoré sa v prípade priblíženia vozidla navzájom vysunú a spoja vozidlá na pevno do jednej súpravy.

3.4.2 Podvozky

Z dôvodu funkčnosti takéhoto konceptu je potrebné vyrobiť nový typ podvozku. Ide o otočný podvozok, ktorý by sa v prípade potreby vedel uzamknúť v statickej polohe a vytvoriť tak neotočný podvozok. Je to spôsobené zmenami v konfigurácii vozidla pri spojení. Je potrebná zmena podvozkov pri každom spojení a rozpojení vozidiel. Pri samostatnom chode jedného vozidla sa využíva zamknutý podvozok, akonáhle sa vozidlá spoja sú stredné podvozky odomknuté a vozidlo tak vie bezproblémovo prejsť oblúkmi. Na podvozku sú použité vytlačacie krytovania, ktoré sa v prípade potreby vytlačia a umožnia tak podvozkom bezproblémové otáčanie.



Obr. 46. Vizualizácia detailu na vysunuté krytovanie podvozku.



Obr. 47. Koncept vozidla (červené – uzamknuté/neotočné, modré – otočné)

3.4.3 Pohon a napájanie

Elektrická energia ma najväčší potenciál a doslova ovládla električkovú dopravu. Preto si myslím, že bude dôležitá aj do budúcnosti. Problémom dnešného spôsobu napájania elektriny je vo vizuálnom smogu. Je potreba využiť infraštruktúru, postaviť nespočetne veľa stĺpov natiahnúť kilometre trolejového vedenia, ktoré nie sú nijak vizuálne atraktívne. Nové trendy sa preto snažia nahradiť tento starý štýl dodávania energie do vozidla. S vývojom batérii by sa takto mohlo ušetriť na budovaní infraštruktúry. Potenciál vidím predovšetkým dobíjaním vozidiel na konečných staniách či priebežne pravidelne na každej zastávke. Automatickým dopĺňovaním by sa na konečných staniách doplnil takýmto spôsobom aj piesok na brzdenie.

3.5 Dizajn exteriér

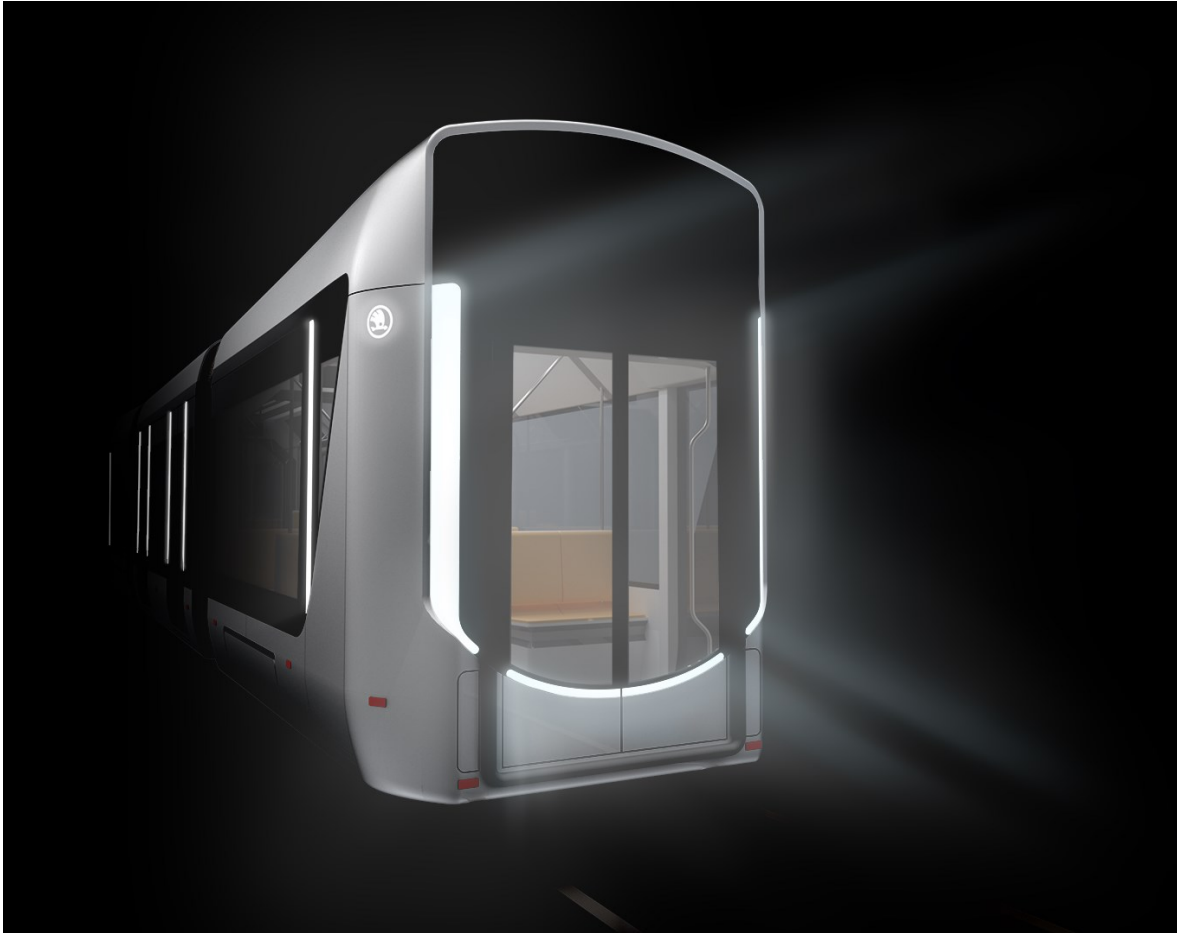
Finálny návrh prezentuje nové myšlienky v tejto problematike. V tejto práci nešlo iba o hľadanie dizajnu ale o rozsiahlejšie zamyslenie. Finálny dizajn je preto iba taký vrchol ľadovca tejto práce. Tento návrh ma prezentovať všetky ciele, ktoré som si stanovil na začiatku. Ide preto o neutrálnu električku, ktorá by sa dala jednoducho faceliftovať a modifikovať pre rôzne mestá. Vlastnú identitu a nezameniteľnosť vytvárajú svetlá, ktoré by predstavovali spojitost medzi rôznymi faceliftovanými verziami. Problémom pri tomto koncepte je kolmé čelo s ktorým sa treba dizajnérsky vysporiadať. Vďaka odstráneniu pantografu som využil v prospech strechu, ktorú som mierne naklonil a vytvoril tak pocit perspektívy alebo aj vizuálny pohyb. Taktiež som vo finálnej verzii odstránil rušivé prvky, ako napríklad tlmiacu obrubu predných dverí. Predelením a vyrobením vo farbe laku by tak mohla vytvoriť nevýrazný prvok. Ďalším z prvkov, ktorý sa snaží skryť vo vizuále vozidla je krytovanie, ktoré je potrebné z dôvodu otočných podvozkov no v budúcnosti by sa mohlo nahradiť modernými pevnými materiálmi, ktoré by sa vedeli elasticky vytláčať do priestoru podľa potreby.



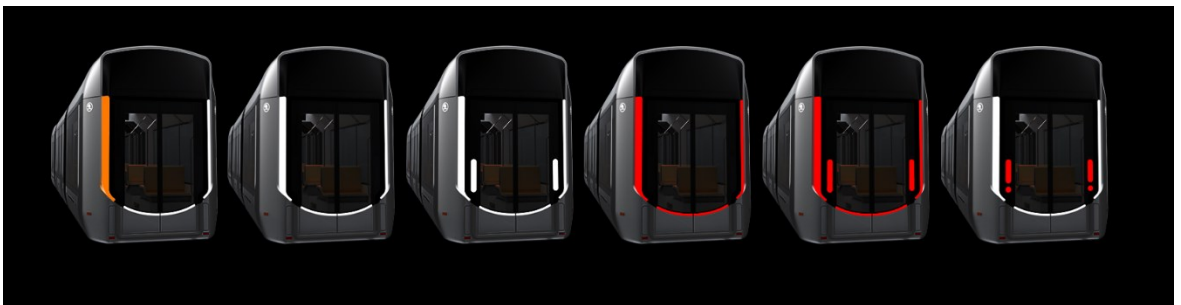
Obr. 48. Vizualizácia exteriéru.

3.5.1 Osvetlenie

Osvetlenie tohto vozidla vzniklo ako reakcia na otázku ohľadom autonómnym vozidlám. Budú ľudia dôverovať takýmto vozidlám? Zamýšľal som sa nad týmto problémom, či už psychologicky alebo aj dizajnérsky. Hľadal som riešenie k tomu, ako sa v budúcnosti zbaviť kabíny s vodičom, respektíve presunúť vodiča mimo vozidlo do budovy centrálného riadenia a nestratiť pri tom dôveru u ľudí zo samostatného stroja, ktoré “nikto” neriadi. V kombinácii s rôznymi štúdiami som prišiel k záveru, že zmena musí prísť postupne. Podľa môjho názoru by sa vodičovi mala postupne odobrať činnosť vo vozidle, samozrejme za predpokladu, že na to technológia dozreje. Až do bodu, kedy bude vodič prítomný, no bude kontrolovať iba chod vozidla, v tomto momente by kabína ako taká, mohla byť odstránená. Po samotnom odstránení, podľa mnohých štúdií, bude hrať najväčšiu rolu v tom, ako bude vozidlo pôsobiť na ľudí práve dizajn. Hlavným aspektom bude podľa mňa “pozitívne” osvetlenie.



Obr. 49. Vizualizácia osvetlenia.



Obr. 50. Vizualizácia variácie osvetlenia.

Vytvoril som preto samotný koncept osvetlenia, ktorý reflektuje štúdie o dôvere k autonómnym vozidlám. Osvetlenie tak vytvára škálu rôznych gest, či interakcií s okolitým svetom. Či už neutrálne vertikálne svetlá v kombinácii s priateľským “úsmevom” alebo aj rôzne varovné signály, ktoré by mohli komunikovať s vodičmi za alebo pred vozidlom, alebo aj samotnými chodcami.

3.5.2 Dvere

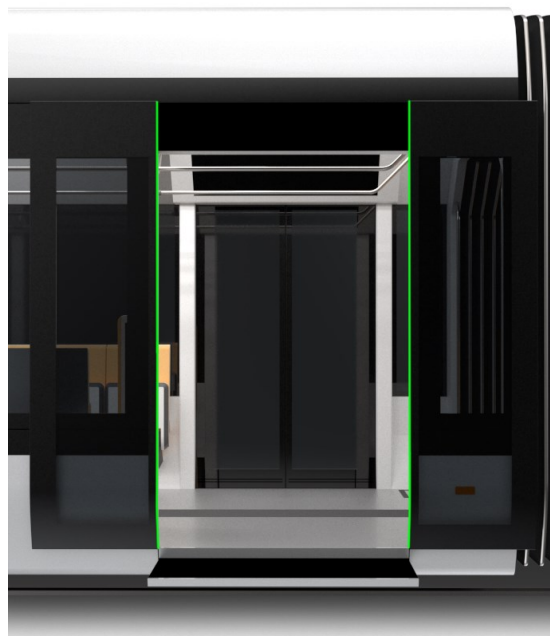
Električka je obojstranná, pri navrhovaní som využil štandardizované rozmer dvojkrídlových dverí a to 1,3 m. Na krajných skriniach sa nachádzajú jednokrídlové dvere. V strednej časti zase 2-krídlové dvere. Na čele vozidla sú umiestnené z dôvodu nedostatku priestoru „autobusové“ dvere, ktoré sa sú špecifické zaťahovaním dovnútra k stene. V budúcnosti, by mohlo prísť aj k prepracovaniu zastávok. Potenciál vidím vo využití dverí na oboch stranách vozidla, respektíve aj čelných prestupných dverí medzi rôznymi vozidlami. Príkladom môže byť nástup z jednej strany a výstup z druhej čo bude nákladne na infraštruktúru, no čas prestupov by sa tak mohol dramaticky zlepšiť. Na zastávke sa rozsvetujú svetlá na stranách dverí. Tieto svetelné panely, ak by to legislatíva dovolila, by sa vedeli využiť ako smerové svetlá. Výhodou je dobrá viditeľnosť takýchto svetiel. Dnes sú problémom práve strety s električkou, ktorá odbáča do jazdného pruhu. Takéto svetlá, by mohli upútať pozornosť vodičov a predísť tak množstvu kolízií. Dvere okrem toho disponujú svetelnou signalizáciou nástupu na vnútornom boku dverí, ktorá značí zelenou a červenou farbou ukončenie nástupu a zatváranie dverí. Pod dverami sa nachádza vysúvací nástupný schod, ktorý umožňuje jednoduchý nástup a výstup pre cestujúcich na invalidnom vozíku.



Obr. 51. Vizualizácia smerových svetiel na dverách.



Obr. 52. Vizualizácia zavretých dverí.



Obr. 53. Vizualizácia otvorených dverí.

3.5.3 Variantné návrhy

Jedným zo základných pilierov cieľa, bolo vytvoriť vozidlo vhodné pre ktorékoľvek mesto. Vytvoril som tak koncept vozidla s veľmi jednoduchým variantným dizajnom. Ide o využitie niekoľkých striech a predných dverí, ktoré v kombinácii s vizuálnym štýlom miest menia veľmi dobre celkový dojem z vozidla a tak vzniká pri každej takejto kombinácii originálne vozidlo. Zároveň si vozidlo zachováva svoju tvar vďaka rovnakému čelu. Ako ukážku takéhoto kombinovania som využil grafický vizuálny štýl miest v rámci Česka a Slovenska.







Obr. 54. Vizualizácie vo farbách Českých a Slovenských miest.

3.6 Dizajn interiér

Mojim cieľom bolo zjednotiť vnútorný priestor električky, ktorý je mnohokrát veľmi rušivý rôznymi elementami. Vybudovať tak príjemný, moderný a presvetlený priestor, v ktorom by sa mal cestujúci cítiť dobre. Interiér sa nesie v neutrálnej bielej a odtieňoch šedej s farebným akcentom na sedacích miestach. Veľké digitálne informačné tabule nad dverami podporujú rýchlu orientáciu vo vozidle, v zastávkach a prestupoch.



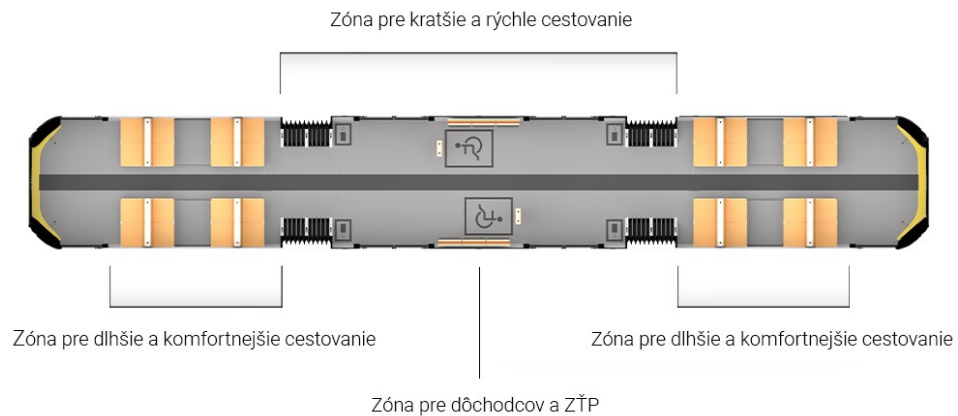
Obr. 55. Vizualizácia Interiéru.



Obr. 56. Vizualizácia detailu v interiéri.

3.6.1 Rozmiestnenie interiéru

Interiér je rozdelený do 2 častí, jednou z nich je takzvaná komfortná zóna, sú to nad podvozkové hniezda, ktoré tvorí 16 miest na sedenie určených na dlhodobjšie cestovanie. Opakom toho je stredná časť vozidla, kde sa nachádza zóna rýchleho cestovania, ktorá sa vyznačuje rýchlymi prestupmi a maximalizovaním miest pre stojacích cestujúcich. Táto časť je obohatená o 4 miesta pre zabezpečenie batožiny a 2 miest pre zabezpečenie invalidného vozíka. V prípade potreby je možné využiť aj 6 rezervných miest na sedenie.



Obr. 57. Rozdelenie interiéru.

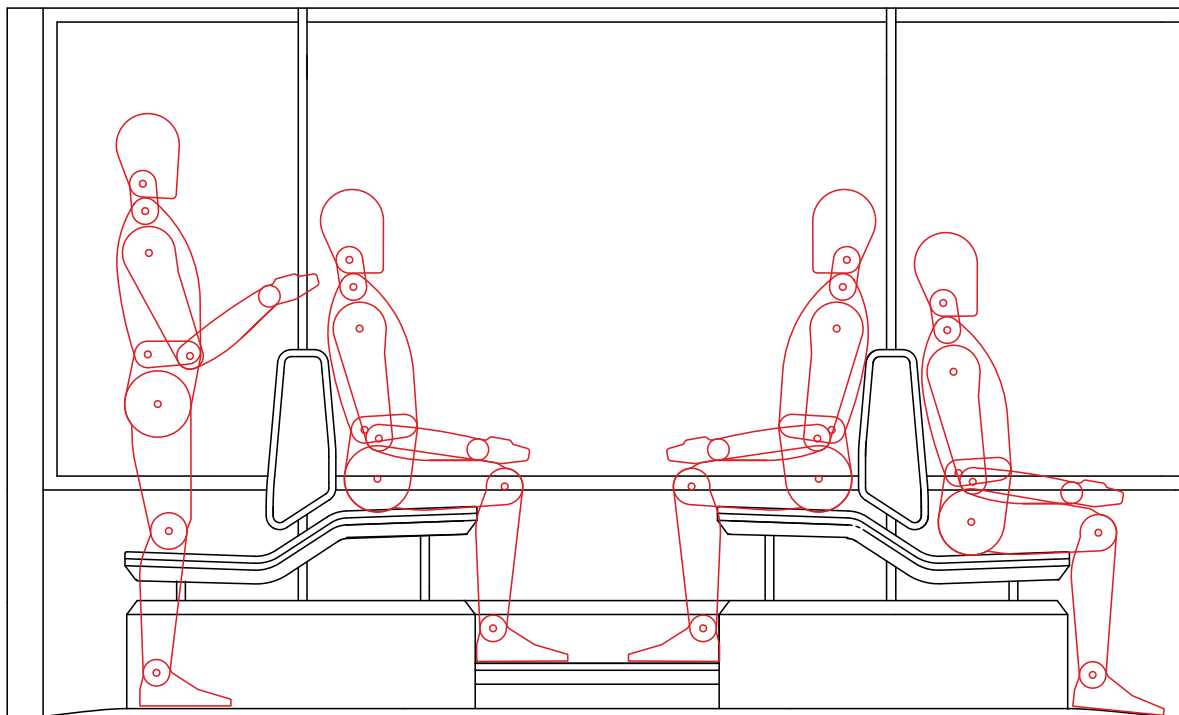
3.6.2 Miesta na sedenie a priestor pre invalidný vozík

Ako odozvu mojej inšpiráciou u Tatry T3 a jej sedadiel od Miroslava Navrátila som v priebehu navrhovania usúdil, že priestor električky je vhodný aj na prezentovania dizajnu, či umenia. Práve Tatra T3 sa stala ikonickou aj vďaka svojim sedadlám, ktoré boli jedinečnou súčasťou iba tohto typu vozidiel. Výsledkom tohto uvažovania bolo vytvorenia vlastných sedadiel, ktoré by reagovali na tento interiér. Upútať pozornosť a spríjemniť priestor cestujúcim príjemným dizajnom bolo pre mňa výzvou. Vytvoril som tak vlastné, originálne sedadla nad podvozkami. Podobný princíp uvažovania som využil aj pri navrhovaní stropného osvetlenia. V štýle týchto sedadiel sa nesie celý interiér. V strednej časti sú to sklápacie sedadla, či operadlo pre invalidné vozíky. Okrem to aj priestor pre batožinu, ktorý je tak ako operadlo pre invalidné vozíky zabezpečené zapínacími pásmi.

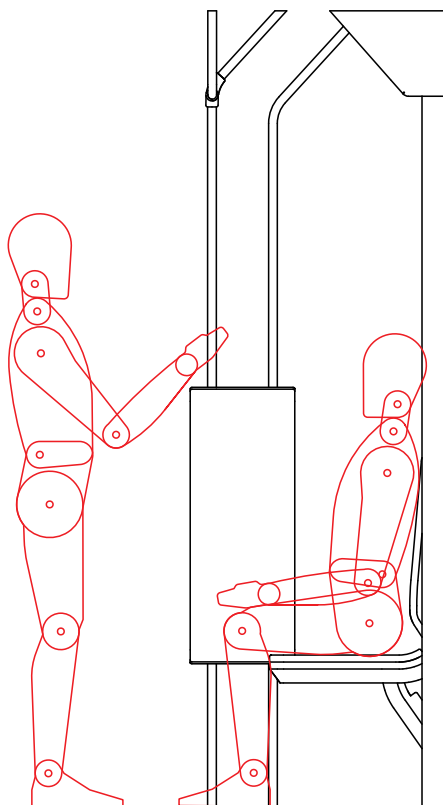


Obr. 58. Vizualizácie miest na sedenie.

4 ERGONOMICKÁ ŠTÚDIA

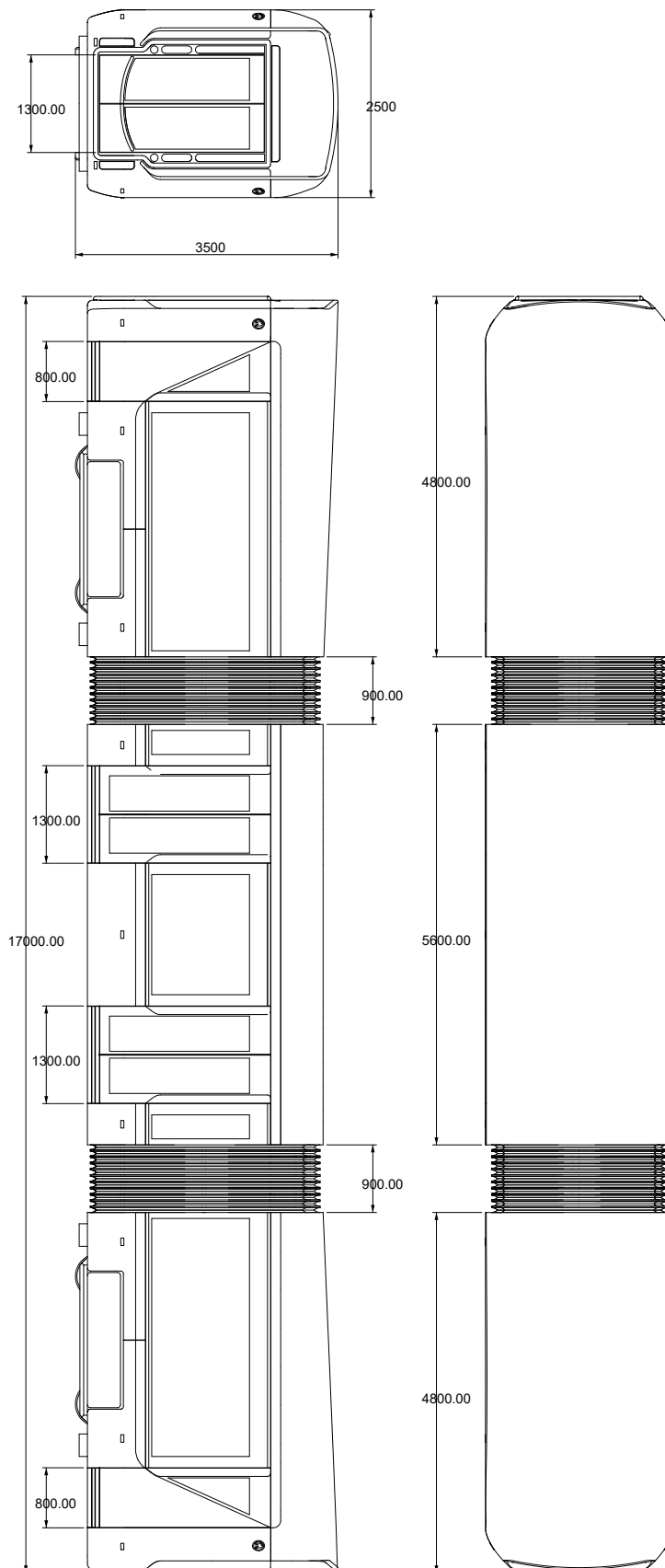


Obr. 59. Ergonomické modely človeka s výškou 170cm v nadpovozkovom hniezde.



Obr. 60. Ergonomické modely človeka s výškou 170cm na sklopnom sedadle.

5 TECHNICKÁ DOKUMENTÁCIA



Obr. 61. Základný technický výkres.

6 ZHRNUTIE PRÍNOSOV PRÁCE

V rámci dizajnerského procesu som prešiel od prvotnej myšlienky, prvotných skíc cez rôzne rešerše až po hľadania odpovedí na zložité otázky. V rámci tejto práce bolo podstatné riešiť aj rôzne filozofické otázky, na zamyslenie ako vlastne bude taká budúcnosť vyzerat'. Hlavnou myšlienkou tejto práce je vytvoriť diskusiu, alebo vtiahnuť do problematiky ďalších rôznych odborníkov, či laikov nadšencov, ktorí by svojimi vlastnými víziami či pripomienkami posúvali budúcnosť o krok bližšie. Každá takáto práca vie ovplyvniť ďalší vývoj v tejto oblasti. Téma dynamickej dopravy je veľmi atraktívna, aktuálna a zároveň nadčasová. Je otázkou času, hlavne vývoja materiálov, či technológie, kedy by mohli byť využité rôzne poznatky z takejto práce. Preto si myslím, že táto práca ma do budúcnosti zmysel.

Prínosom môže byť ukážka odlišného riešenia takejto problematiky v podobe môjho vlastného spôsobu spájania vozidiel, či nové technologické úpravy. Napríklad hybridné podvozky, ktoré otvárajú ďalšie možnosti v navrhovaní nových konceptov. Ďalším prínosom tejto práce je inšpirácia v interiéri a ukážka ako jednoducho, minimalisticky a príjemne by mohli vyzerat' veľa krát nie veľmi vizuálne atraktívne interiéry v dopravných prostriedkoch. Myslím si, že takéto vozidlo nesie množstvo ďalších pozitívnych ekologických, ekonomických, etických a sociálnych aspektov, ktoré je však potrebné ešte overiť, či prepočítať. Myslím si, že takéto vozidlo by mohlo v budúcnosti pomôcť ku zníženiu nehodovosti električiek alebo v jednoduchosti znižovať náklady na prepravu, zlepšovať život a efektivitu života v meste a mnoho ďalšieho.

V rámci výsledkov tejto práce, ak by som to mal zhodnotiť, tak som viac menej spokojný. Je to veľmi rozsiahla problematika, preto si myslím, že táto téma a jej vývoj nie je na konci a vzhľadom ku rozsiahlosti je potrebné ďalšie skúmanie, ktoré povedie k ďalším výsledkom. Pozitívom tejto práce je, že som sa dopracoval k ako takým výsledkom vďaka modifikácii pôvodného konceptu. Som rád, že sa táto práca približuje niečomu reálnemu a nie je len obyčajnou sci-fi fantáziou budúcnosti. Okrem toho som spokojný s interiérovou časťou. V exteriéri a celkovo dizajne vozidla vidím s odstupom času niekoľko nedostatkov, ktoré by som sa snažil ešte zmeniť. Hlavným negatívom vnímam to, že sa mi nepodarilo nijakým spôsobom spojzduť prvotnú predstavu konceptu, ktorý je podľa mňa do budúcnosti veľmi atraktívny. Práve táto predstava budúcnosti ma motivovala a tak verím, že sa nájde spôsob alebo vznikne technológia, ktorá niečo také umožní.

ZÁVER

Výsledkom tejto práce vznikol nový návrh konceptu vozidla do dynamickej električkovej dopravy. Po dlhej ceste od prvej myšlienky kapacitne flexibilného vozidla, po množstvách problémov a komplikácii sa mi podarilo vyvinúť niečo čo sa do istej miery podoba prvotnej vízii. S prichádzajúcimi problémami sa však všetko zmenilo a tak finálna verzia konštrukčne nezodpovedá tej pôvodnej. Hlavné a pozitívne je, že sa zachovala myšlienka spájania vozidiel prakticky v totožnej verzii. Bolo to umožnene aj práve zmenou konštrukcie vozidla. Práve tento nový spôsob uvažovania môže ovplyvniť ďalší vývoj v električkovej doprave, prípadne môže byť v budúcnosti využitý celý koncepčný návrh vozidla. Okrem toho vozidlo poskytuje bohaté variantné možnosti a univerzálny dizajn interiérovej časti.

Až táto práca mi ukázala aké náročne je pracovať na takýchto rozsiahlych projektoch. Vďaka podpore firmy Škoda Transportation som však získal lepší pohľad na túto problematiku a tak som sa vedel držať so svojimi nápadmi pri zemi. Snaha o vytvorenie niečoho reálneho boli počas celej práce na prvom mieste. To či táto práca mala nejaký zmysel, či bude mať aj nejaké výsledky ukáže až čas a budúcnosť.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY

- [1] Swansea and Mumbles Railway. British Tramway Company Uniforms and Insignia [online]. Birch, 2020 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <http://www.tramwaybadgesandbuttons.com/page148/page152/styled-106/page528.html>
- [2] Tram - History and Different Types of Trams. Train History [online]. Train History [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <http://www.trainhistory.net/railway-history/tram/>
- [3] "The Mumbles Train" - Swansea & Mumbles Railway, Wales the world's first railway service. Welcome to Swansea - Wales' Golden Coastal City! [online] 2005 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: http://www.welshwales.co.uk/mumbles_railway_swansea.htm
- [4] KASHIN, Seymour a Harre W. DEMORO. An American Original: The PCC Car. Interurban Press, 1986. ISBN 0-916374-73-4.
- [5] CARLSON, Stephen P. a Fred W. SCHNEIDER. PCC--the Car that Fought Back. Interurban Press, 1980. ISBN 978-0-916374-41-9.
- [6] MARA, Robert. Tatra T3 1960-2000: 40 let tramvají Tatra T 3. Praha: K-Report, 2001. ISBN 80-903-0120-7.
- [7] ADtranz low floor tram. Wikipedia [online]. 2020 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/ADtranz_low_floor_tram
- [8] Škoda [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.skoda.cz/>
- [9] Škoda Transportation. Imhd.sk [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://imhd.sk/ba/galeria/2440/%C5%A0koda-Transportation>
- [10] VOKOUN, Jiří. Škoda Transportation - Actual tramcars products.
- [11] Bombardier [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.bombardier.com>
- [12] Citadis range: The reference in urban and suburban transport. Alstom [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/our-solutions/rolling-stock/citadis-range-reference-urban-and-suburban-transport>
- [13] LUXEMBOURG TRAM. CAF [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.caf.net/en/productos-servicios/proyectos/proyecto-detalle.php?p=278>
- [14] Avenio – fits your city. Made for where you live. Siemens [online]. 2016 [cit. 2020-07-20]. Dostupné z:

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1493208502.d1fed4ef81c352bbba80a914e25e88e3156a07d8.avenio-image-brochure-en.pdf>

[15] ČSN 28 0318. Průjezdne průřezy tramvajových tratí.

[16] OKAMOTO, Isao, WAKO, Kanji, ed. How Bogies works. Railway Technology Today [online]. (5) [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: http://www.ejrcf.or.jp/jrtr/jrtr18/pdf/f52_technology.pdf

[17] LESLEY, Lewis. Light Rail Developers' Handbook. J. Ross Publishing, 2011. ISBN 978-1604270488.

[18] APS: Service-proven catenary-free tramway operations. Alstom [online]. [cit. 2020-07-20]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/our-solutions/infrastructure/aps-service-proven-catenary-free-tramway-operations>

[19] CHUNDELA, Lubor. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.

[20] KNOBLOCH, Iva a Radim VONDRÁČEK, ed. Design v českých zemích 1900-2000: instituce moderního designu. V Praze: Academia, 2016. ISBN 978-80-200-2612-5.

[21] KOLESÁR, Zdeno. Nové kapitoly z dejín dizajnu. 2. dopln. vyd. Bratislava: Slovenské centrum dizajnu, 2009. ISBN 978-80-970173-1-6.

[22] MEADOWS, Jordan. Vehicle design: aesthetic principles in transportation design. New York, NY: Routledge, 2018. ISBN 978-1138685604.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Obr. Obrázok / Obrázky

mm Milimetre

m Metre

m² Metre štvorcové

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Prvé mestské koľajové vozidlo.....	11
<i>http://www.tramwaybadgesandbuttons.com/page148/page152/styled-106/files/swansea-0026-mumbles---5002818650029.jpg</i>	
Obr. 2. Parná električka z 19. storočia.....	12
<i>https://live.staticflickr.com/5499/10766142994_85c2e6853b_b.jpg</i>	
Obr. 3. Električka z konca 19. storočia.....	12
<i>https://2.bp.blogspot.com/-Fa2ogkj1ufE/W1e6pbpFejI/AAAAAAAAWZQ/ffNwKzmps3wqSm_NBSg_cfp6uXXEsaO6QCLcBGAs/s1600/dp0762a.jpg</i>	
Obr. 4. Americký koncept PCC.....	14
<i>https://pbs.twimg.com/media/EFLsjKUYAU12Mf2.jpg</i>	
Obr. 5. a 6. ČKD Tatra T3, KT8D5 a sedadlo Miroslava Navrátila.....	14
<i>https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/61/Tramsx.jpg/1200px-Tramsx.jpg</i> <i>http://www.moravska-galerie.cz/media/1364705/01%20b.jpg</i>	
Obr. 7. Porovnanie konceptov PCC a ULF.....	15
Obr. 8. a 9. Škoda Elektra.....	15
<i>https://img15.rajce.idnes.cz/d1503/12/12711/12711325_7c8bd1784d652bb0c3a4c510f32217d5/images/Tram_13T_Brno1.jpg?ver=0</i> <i>https://www.skoda.cz/photo-el-431-1200-.jpg</i>	
Obr. 10. a 11. Škoda ForCity Alfa a interiér.....	16
<i>https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a0/Karlovo_n%C3%A1m%C4%9Bst%C3%AD%2C_%C5%A0koda_15T.jpg/1920px-Karlovo_n%C3%A1m%C4%9Bst%C3%AD%2C_%C5%A0koda_15T.jpg</i> <i>https://www.skoda.cz/photo-a-623---.jpg</i>	
Obr. 12. a 13. Škoda ForCity Classic.....	17
<i>https://www.skoda.cz/photo-pg-425-1200-.jpg</i> <i>https://www.skoda.cz/photo-ct-3951-1200-.jpg</i>	
Obr. 14. Škoda ForCity Plus.....	17
<i>https://i.ytimg.com/vi/3hDv7HHpIqI/maxresdefault.jpg</i>	
Obr. 15. Škoda ForCity Smart.....	18
<i>https://www.skoda.cz/photo-ct-4853-1200-.jpg</i>	
Obr. 16. Bombardier Flexity 2.....	19
<i>https://www.veicolielettricinews.it/files/2013/07/6-Bombardier_Flexity2.jpg</i>	
Obr. 17. Alstom Citadis X05.....	20
<i>https://www.sustainable-bus.com/wp-content/uploads/2019/07/20190320_111150_%C2%A9Alstom-2-1024x576.jpg</i>	

Obr. 18. CAF Luxembourg tram.	20
<i>https://www.cityshopping.lu/wp-content/uploads/2019/06/Vue-de-jour-Kirchberg-Luxtram2-620x330.jpg</i>	
Obr. 19. Siemens Avenio.	21
<i>https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:dc02262e-80a0-4e1b-87bc-062267d2e6b5/im2015010307mo_300dpi.jpg</i>	
Obr. 20. a 21. PKTS a Stadler Tramlink.	22
<i>https://www.atm.it/it/AtmNews/Comunicati/PublishingImages/rendering%20tram%20estero.PNG</i> <i>https://scienews.com/images/2019/02/5340d2a015caac777661709fd5e7a374.jpg</i>	
Obr. 22. Koncept s pevnými podvozkami.	22
Obr. 23. Koncept s otočnými podvozkami.	23
Obr. 24. Koncept s kombináciou pevných a otočných podvozkov.	23
Obr. 25. Koncept s kombináciou otočných a Jakobsových podvozkov.	24
Obr. 26. Koncept s kombináciou podvozkov.	24
Obr. 27. Koncept Avenio od výrobcu Siemens	24
Obr. 28. Koncept ULF od výrobcu Siemens	25
Obr. 29. Nákres maximálneho obrysu v ČSN. [15].....	26
Obr. 30. Nákres neotočného podvozku.	27
<i>https://www.researchgate.net/profile/Yaohui_Lu/publication/323449420/figure/fig2/AS:631587641249823@1527593636480/Schematic-diagram-of-a-bogie-frame.png</i>	
Obr. 31. Nákres otočného podvozku.	28
<i>https://patentimages.storage.googleapis.com/EP2020355A1/imgf0002.png</i>	
Obr. 32. Nákres Jakobsnovho podvozku.	29
<i>https://patentimages.storage.googleapis.com/EP2020355A1/imgf0002.png</i>	
Obr. 33. Dnešné elektrčikové trolejové vedenie.	30
<i>https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/45/Tramway_graz03.jpg/1280px-Tramway_graz03.jpg</i>	
Obr. 34. a 35. Ukážka kresieb z postupného vývoja dizajnu konceptov.	35
Obr. 36. Ukážka kresieb z hľadania variantných návrhov.	36
Obr. 37. Ukážka kresieb z hľadania finálnych variantných návrhov.	36
Obr. 38. Vizualizácia 1. verzie konceptu.	37
Obr. 39. Vizualizácia spájania 1. verzie konceptu.	37
Obr. 40. Vizualizácia 2. verzie konceptu.	38
Obr. 41. Vizualizácia spájania 2. verzie konceptu.	38
Obr. 42. Vizualizácia 3. verzie konceptu.	39
Obr. 43. Vizualizácia spájania 3. verzie konceptu.	40

Obr. 44. Finálne dizajnérske riešenie.....	40
Obr. 45. Vizualizácie finálneho návrhu.	42
Obr. 46. Vizualizácia detailu na vysunuté krytovanie podvozku.	43
Obr. 47. Koncept vozidla (červené – uzamknuté/neotočné, modré – otočné).....	44
Obr. 48. Vizualizácia exteriéru.	45
Obr. 49. Vizualizácia osvetlenia.	46
Obr. 50. Vizualizácia variácie osvetlenia.	46
Obr. 51. Vizualizácia smerových svetiel na dverách.....	47
Obr. 52. Vizualizácia zavretých dverí.	48
Obr. 53. Vizualizácia otvorených dverí.	48
Obr. 54. Vizualizácie vo farbách Českých a Slovenských miest.....	51
Obr. 55. Vizualizácia Interiéru.	52
Obr. 56. Vizualizácia detailu v interiéri.....	53
Obr. 57. Rozdelenie interiéru.....	54
Obr. 58. Vizualizácie miest na sedenie.....	54
Obr. 59. Ergonomické modely človeka s výškou 170cm v nadpovozkovom hniezde.	55
Obr. 60. Ergonomické modely človeka s výškou 170cm na sklopnom sedadle.....	55
Obr. 61. Základný technický výkres.	56

ZOZNAM PRÍLOH

Nosič CD-ROM

