



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 EXTERIÉRU ELEKTRICKÉ JEDNOTKY

EXTERIOR DESIGN OF EMU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Stráník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

BRNO 2026

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Bc. Jiří Stráník**
Studijní program: Průmyslový design ve strojírenství
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **akad. soch. Josef Sládek, ArtD.**
Akademický rok: 2025/26

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 exteriéru elektrické jednotky

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Elektrická jednotka je na rozdíl od klasické soupravy elektrického vlaku nedělitelná a obousměrná (s řídicí kabinou na obou čelech). EMU jsou využívány v příměstské i dálkové dopravě. Práce je zaměřena na návrh tvarování čela a celkového vizuálu vozidla s ohledem na technické, funkční a estetické požadavky, včetně kvality ploch, designu světlometů a dělení dílů.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je navrhnout design exteriéru elektrické jednotky, který splní technické a funkční požadavky a zároveň bude vizuálně atraktivní.

Dílčí cíle diplomové práce:

- analýza současných trendů v designu elektrických jednotek,
- vyhodnocení technických parametrů a bezpečnostních požadavků,
- vypracování konceptů zaměřených na kvalitu povrchů a integraci světlometů,
- realizace fyzického modelu ve zmenšeném měřítku.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

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

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<https://www.ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukoncení/>

Seznam doporučené literatury:

FIELL, Charlotte a Peter FIELL (eds.). Designing the 21st century: design des 21. Jahrhunderts Le design du 21 siècle. Köln: Taschen, c2001. ISBN 3-8228-5883-8.

LIDWELL, William. a Gerry. MANACSA. Deconstructing product design: exploring the form, function, usability, sustainability, and commercial success of 100 amazing products. Beverly, Mass.: Rockport Publishers, c2009. ISBN 1592533450.

NORMAN, Donald A. Emotional design: why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books, 2005. ISBN 0-465-05136-7.

THOMPSON, Rob. a Young Yun. KIM. Product and furniture design. New York: Thames & Hudson, 2011. Manufacturing guides. ISBN 0500289190.

DREYFUSS, Henry. Designing for people. New York: Allworth Press, 2003. ISBN 1581153120.

PELCL, Jiří. Design: od myšlenky k realizaci = from idea to realization. V Praze: Vysoká škola uměleckoprůmyslová v Praze, c2012. ISBN 978-80-86863-45-0.

KULA, Daniel, Elodie TERNAUX a Quentin HIRSINGER. c2012. Materiology: průvodce světem materiálů a technologií pro architekty a designéry. Praha: Happy Materials. ISBN 978-80-260-0538-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2025/26

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem exteriéru vlakové elektrické jednotky neboli EMU. Pozornost bude věnována především čelu, které je nasazeno na tvar skříně podle zadání Škoda Group, se která na této práci spolupracuje. Cílem je analyzovat evropský trh a následně pro něj navrhnout jednotku, která bude přijata napříč odlišnými vkusy států západní Evropy. Na tento problém v průběhu práce přichází odlišná řešení, která postupně vedou k jeho úspěšnému vyřešení. Práce čtenáři ukazuje proces a dokumentuje tvorbu až po finální návrh.

KLÍČOVÁ SLOVA

elektrická jednotka, regionální vlak, průmyslový design, transport design, čelo vozidla, design exteriéru, vizuální identita, Škoda Group, EMU

ABSTRACT

This master's thesis focuses on the exterior design of an Electric Multiple Unit (EMU). Primary attention is given to the front-end design, which is adapted to the carbody geometry specified by Škoda Group, the collaborating partner on this project. The objective is to analyze the European market and subsequently design a unit capable of appealing to the diverse aesthetic preferences across Western European countries. Throughout the thesis, various design approaches are explored, progressively leading to a successful resolution of this challenge. The work guides the reader through the entire design process, documenting the development from initial concepts to the final design.

KEYWORDS

electric multiple unit, regional train, industrial design, transport design, train front end, exterior design, visual identity, Skoda Group, EMU

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STRÁNÍK, Jiří. *Design exteriéru elektrické jednotky*. Brno, 2026. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí diplomové práce akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce za pečlivé vedení a důkladné konzultace. Dále panu magistru Tomáši Růžičkovi ze Škoda Group, za odbornou pomoc a vnesení nadhledu do tohoto projektu. V neposlední řadě také mé rodině a přátelům, za neustálou podporu, která tento proces velmi usnadnila.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením akad. soch. Josefa Sládka Art.D. Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

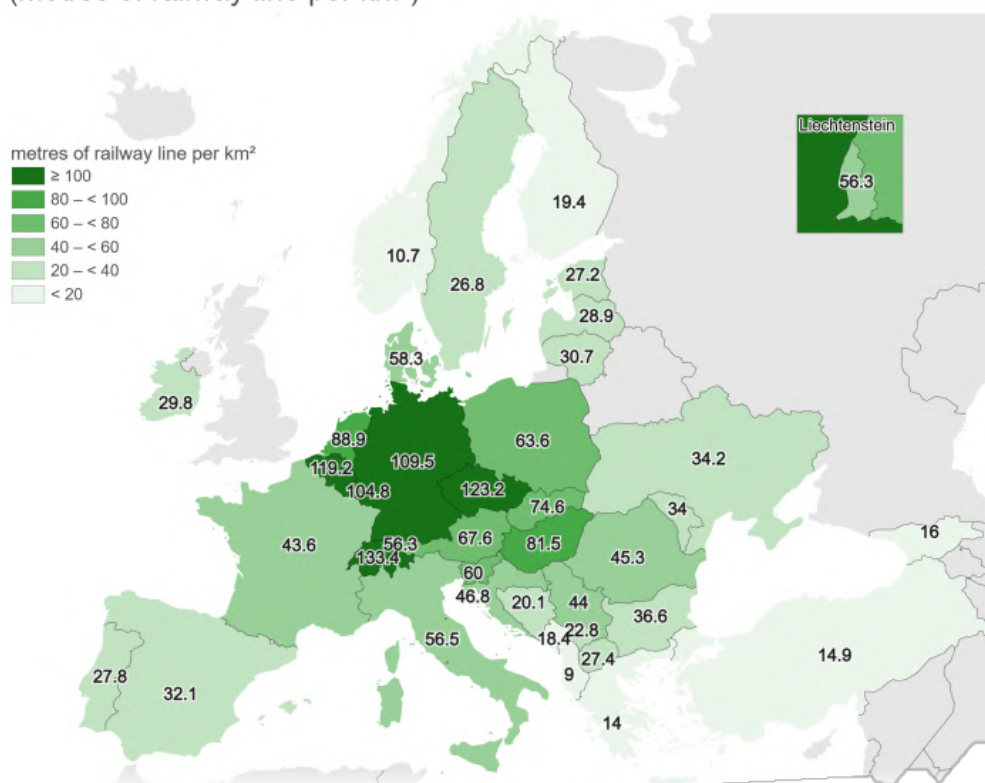
1	ÚVOD	14
2	PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	16
2.1	Rešeršní metody	16
2.2	Rešerše na stav techniky	17
2.2.1	Motivace	17
2.2.2	Designérská analýza	19
2.2.3	Technická analýza	35
2.2.4	Ergonomie	51
2.3	Shrnutí hlavních zjištění	57
2.4	Identifikace novosti a příležitostí	58
3	CÍLE PRÁCE	59
3.1	Vymezení problému	59
3.1.1	Název produktu a jeho klasifikace	59
3.1.2	Specifikace zákazníka	59
3.1.3	Specifikace spotřebitele	60
3.1.4	Specifikace primárního uživatele	60
3.1.5	Specifikace sekundárního uživatele	60
3.1.6	Specifikace terciárního uživatele	61
3.1.7	Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií	61
3.1.8	Vymezení problému	62
3.2	Cíle vývoje	64
3.2.1	Hlavní cíl	64
3.2.2	Dílčí cíle	64
4	KONCEPČNÍ NÁVRH	65
4.1	Analýza cílů a specifikace omezení	65
4.1.1	Specifikace cílů	65
4.1.2	Specifikace omezení	66
4.2	Technická funkční analýza	67
4.3	Návrh alternativních řešení	68
4.3.1	Varianta I	72
4.3.2	Varianta II	74
4.3.3	Varianta III	76
4.4	Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího	78

5	PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH	82
5.1	Určení tvarů, rozměrů a materiálů	82
5.1.1	Rozměry	82
5.1.2	Tvarování	83
6	DETAILNÍ NÁVRH	88
6.1	Tvarové řešení	88
6.1.1	Čelní pohled	88
6.1.2	Boční pohled	92
6.1.3	Volný pohled	94
6.1.4	Světlomety	96
6.2	Konstrukční a funkční návrh	98
6.2.1	Nosná konstrukce	99
6.2.2	Střešní výzbroj	100
6.2.3	Tažný a deformační modul	101
6.2.4	Členění karoserie	104
6.3	Rozměrové a ergonomické řešení	106
6.4	Grafické řešení	111
6.4.1	Logo	111
6.4.2	Grafické řešení	113
6.5	Udržitelnost produktu	119
6.6	Hodnocení klíčových parametrů	120
7	ZÁVĚR	122
8	VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV	124
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	125
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	133
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	135
12	SEZNAM TABULEK	140
13	SEZNAM PŘÍLOH	141
14	PŘÍLOHY	142

1 ÚVOD

Vlaková doprava je jedním z nejpohodlnějších, nejefektivnějších a nejekologičtějších možností současného transportu. Díky těmto kvalitám a také jedné z nejhustších sítí železnic na světě se kolejová doprava stala jedním z základních pilířů v Evropě. Na pomyslném vrcholu evropské železnice stojí Česká republika, která má druhou nejvyšší hustotu tratí v poměru s rozlohou státu. [1]

Density of the national railway networks, 2023
(metres of railway line per km²)



Obrázek 1-1 Hustota železničních tratí v Evropě [1]

Železniční průmysl je nejstarší formou přepravy, a tak i když je často označován i za jeden z nejkonzervativnějších, dokázal od svých počátků projít několika zásadními změnami. Od prvotních parních lokomotiv, přes jejich elektrifikaci až po současné řešení v podobě Elektrické jednotky. Tento typ vozidla se zkratkou „EMU“ stále nabírá na popularitě jak mezi cestujícími, tak dopravci.

Jelikož se jedná o nedělitelnou jednotku, je pro cestující výrazně příjemnější přesun mezi jednotlivými vagóny. Z venku působí ucelený vzhled lépe a vzbuzuje v člověku větší důvěru než soupravy s lokomotivou, která je často jiného, stylu, barvy a stáří. Podobně na tom mnohdy bývají i jednotlivé vozy, jež se nemusí shodovat v exteriéru, ani v interiéru. V neposlední řadě je potřeba vzpomenout i nízkopodlažní řešení, které elektrické jednotky oproti klasickým vlakům nabízejí. Pro například starší obyvatelstvo, nebo lidi s různými handicapy se jedná o velmi výraznou výhodu při nástupu a výstupu a je to jedním z hlavních faktorů pro rostoucí popularitu u cestujících.

Cílem této práce je navrhnout vlakovou jednotku pro menšího výrobce. Ten si nemůže dovolit upravovat své modely přesně na míru každému státu Evropy, jako to dělají drážní giganti. Místo toho bude navržen jeden design exteriéru regionálního vlaku, který má splňovat estetické a kulturní potřeby vícero zemí a bude sloužit jako univerzální platforma pro evropské železnice. Navíc se tento úkol bude potýkat s problémem, kterým je konzervativnost drážního průmyslu a přísné technické požadavky.

Práce postupuje od rešeršní designérské analýzy, která mapuje nejpopulárnější vlaky Evropy, přes ideové skici a zjednodušené variantní návrhy až po finální řešení, které vzniká kulminací celého dosavadního postupu. Výsledkem je univerzální regionální vlaková jednotka, která splňuje výchozí podmínky a dílčí cíle určené v průběhu práce.

2 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

2.1 Rešeršní metody

Rešerše je jedním ze základních stavebních kamenů diplomové práce a často i jedním z faktorů, které určí její výslednou kvalitu. Z toho důvodu je potřeba postupovat systematicky a efektivně. Snahou bylo věnovat se primárním informačním zdrojům, jako jsou webové stránky výrobců a provozovatelů, produktové katalogy, koncepční práce, patenty a příslušná legislativa. Velkou výhodou zde také byl i fakt, že tento dokument vzniká ve spolupráci se Škoda Group.

Před začátkem samotné rešerše bylo potřeba si stanovit základní otázky a následně sepsání klíčových slov, včetně synonym. Humorným problémem s hledáním zdrojů v cizím jazyce byla anglická zkratka EMU, kde často mezi nalezenými zdroji byla například stavba a rozbor stejnojmenného nelétavého ptáka a také s „Economic and monetary union“. Tuto duplicitu se však upravením hledaných pojmů podařilo rychle eliminovat.

Jelikož se jedná o stroj, jehož funkčnost a rozměry jsou vázány na koleje, není zde příliš prostoru pro experimentaci s novými formami a konstrukčními přístupy, které by náležely designérovi. Z toho důvodu se rešerše bude zabývat stavbou jednotky pouze do té míry, která je potřebná k plnému porozumění provozu a fungování vlaku bez nutnosti přijít s revolučním řešením v oblasti chodu soupravy. Větší pozornost, co se týče počtu zdrojů bude věnována designovým přístupům a formám, které se ne vždy musí projevit v textové podobě, ale spíše v procesu navrhování.

Mezi nejdůležitějšími zdroji pro tuto práci byly technické listy dodavatelů komponent, jako je například Dellner, dále databáze ScienceDirect, časopis Railvolution, kniha Rail Vehicle Technology a dále řízení normami příslušnými tomuto tématu.

Pro tuto práci však výzkum neprobíhal pouze teoreticky, ale i prakticky v podobě exkurze depa kolejových vozidel v Brně-Maloměřicích. Tam jsem v doprovodu pana inženýra Josefa Pince zkoumal fungování, ovládání a výhledy z kabin, ale také funkční prvky, střešní komponenty a konstrukci čela z pohledu bezpečnosti a krytovacích možností.

2.2 Rešerše na stav techniky

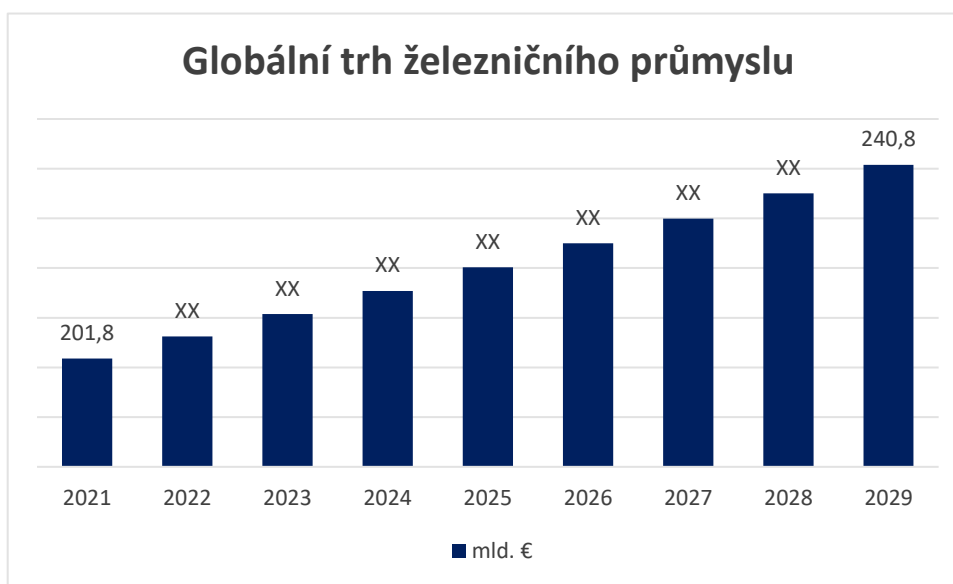
Před začátkem navrhovacího procesu bylo důležité provést analýzu trhu, která má odhalit s jakými problémy se stávající elektrické jednotky potýkají a určit kam směřují současné trendy. Tato podkapitola má z tohoto udělat jasné závěry, které budou sloužit jako podklad pro tvůrčí proces.

2.2.1 Motivace

Téma designu elektrické jednotky není zvoleno náhodně, ale reaguje na aktuální globální transformaci v oblasti mobility. Železniční doprava zažívá tichou renesanci, která je poháněna požadavky na dekarbonizaci a rostoucí poptávkou cestujících po komfortu a konektivitě. [2] Tato podkapitola analyzuje klíčové faktory, které poukazují na důležitost vývoje nových elektrických jednotek.

Průzkum trhu a růstový potenciál

Prvním a zcela zásadním motivátorem je rostoucí poptávka nových vozidel. Podle evropské asociace UNIFE vykazuje trh s kolejovými vozidly trvalý nárůst. V letech 2021-2023 rostl globální trh tempem 2,7 % ročně a dosáhl objemu přes 200 miliard EUR. [3] V tomto období byla však světová ekonomika oslabena pandemií, a tak je výhled do roku 2030 ještě optimističtější. Očekává se zvýšení okolo 3 % ročně, kde trh s elektrickými jednotkami je právě oním tahounem tohoto růstu. Zejména v Evropě a Asii, kde dochází k masivní náhradě starších dieselových souprav za elektrické v rámci snahy o bezemisní dopravu a trh například v západní Evropě roste až o 7 % ročně. [3][2]



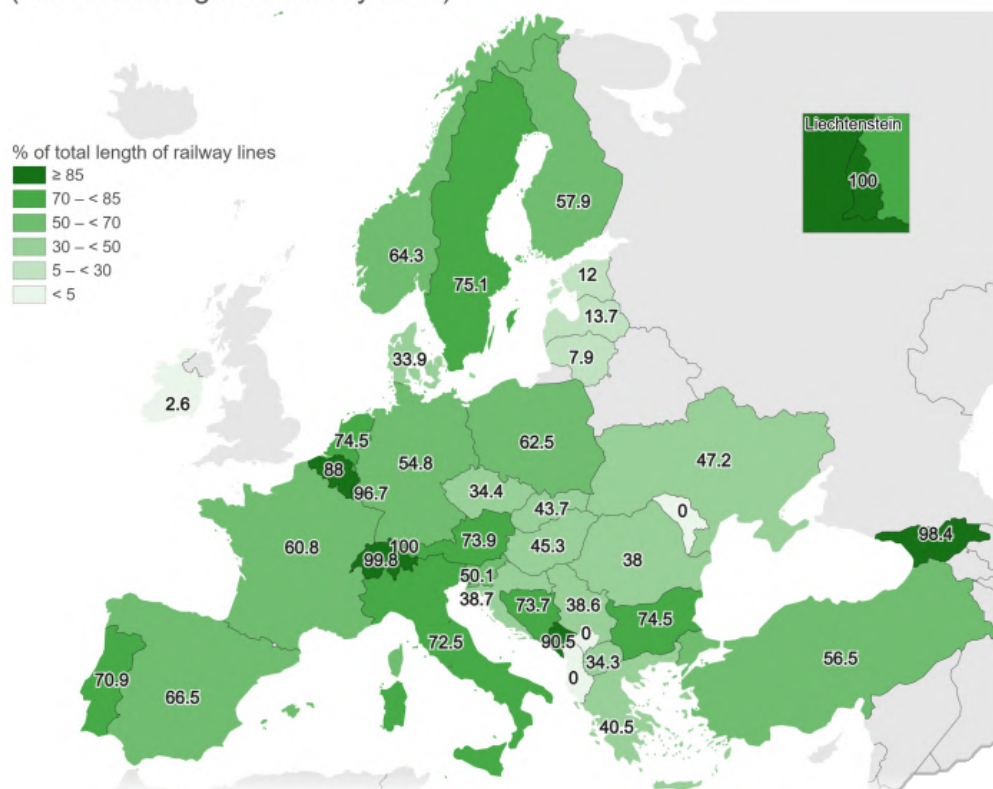
Obrázek 2-1 Globální trh železničního průmyslu podle dat UNIFE [3]

Ekologie a legislativní rámec

Silným impulsem pro vývoj a implementaci nových EMU je evropská environmentální politika. Strategie European Green Deal stanovuje ambiciózní cíle pro dopravní sektor, který je zodpovědný za čtvrtinu emisí skleníkových plynů v EU. Cílem je snížit emise z dopravy o 90 % do roku 2050, což je podle mnoha odborníků nedosažitelné. Hromadná doprava do 500 km má navíc být uhlíkově neutrální. [4]

Železnice je v tomto plánu klíčovým faktorem, protože produkuje výrazně méně emisí CO₂ za osobu na kilometr ve srovnání se silniční, nebo leteckou dopravou. První je však potřeba elektrifikovat železniční tratě. Zatím je tomu tak převážně u hlavních dopravních tratí mezi velkými městy, ale méně osídlené oblasti zde zaostávají. Ve výsledku není modernizace tratí ani zdaleka u konce, což platí dvojnásob především pro východní Evropu a bohužel i Českou republiku, které v tomto měřítku hustá síť železnic spíše škodí.

Electrified railway lines, 2023 (% of total length of railway lines)



Obrázek 2-2 Podíl elektrifikovaných tratí v Evropě [1]

Urbanizace

Třetím pilířem motivace je sociodemografický vývoj. S rostoucí urbanizací se města potýkají s neudržitelnou dopravní situací. Regionální a příměstské elektrické jednotky představují možnost zefektivnit přepravu velkého množství osob bez zatěžování center měst auty. Tento přechod mezi upřednostňovaným typem transportu se nazývá *Modal Shift*.

2.2.2 Designérská analýza

Pro definování správného směru nového návrhu je nezbytné důkladně zmapovat současný stav na trhu. Tato podkapitola se věnuje srovnávací analýze deseti vybraných elektrických jednotek, které reprezentují aktuální evropskou špičku a přímou konkurenci pro navrhovaný koncept.

Stadler FLIRT 160

Švýcarská společnost Stadler Rail se v posledních dekádách vypracovala na jednoho z technologických lídrů světového železničního trhu. Vlajkovou lodí jejího portfolia je platforma FLIRT (Fast Light Innovative Regional Train), do které spadá i analyzovaná jednotka. S více než 2 500 prodanými kusy ve více než 20 zemích světa se jedná o jeden z komerčně nejúspěšnějších modelů současnosti. Tento globální úspěch lze přisoudit především vysoké míře modularity, kde je výrobce ochoten flexibilně přizpůsobit vozidlo specifickým požadavkům zákazníka bez ztráty identity produktu. [5]

Současná generace (FLIRT 3 a novější) je charakteristická svým pragmatickým, funkčním designem. Ačkoliv může na první pohled působit konzervativním dojmem, podařilo se Stadleru vytvořit silnou vizuální identitu pomocí minimalistických prostředků. Dominantním prvkem je charakteristické zalomení spodní hrany čelního skla do tvaru připomínající písmeno V. Tento prvek švýcarské designové čistoty se tak jasně rozpoznatelným symbolem. Motiv je dále podtržen lemováním, které v horní části plynule integruje vrcholové světlo povinného návěštního trojúhelníku, přičemž přechod mezi prosklenou plochou a karoserií je řešen hladkým lícováním.



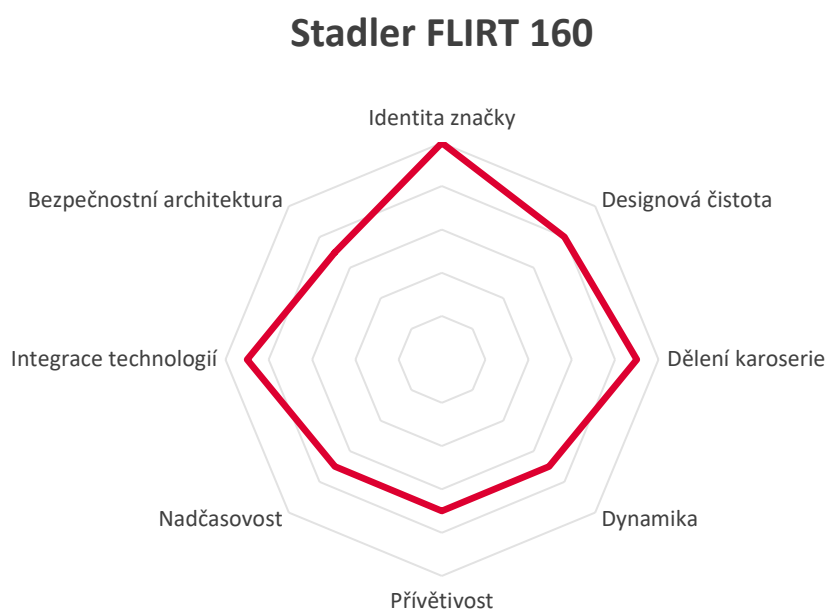
Obrázek 2-3 Stadler FLIRT 160 [50]

Světlomety jsou integrovány do jednoho kompaktního bloku s klasickým, avšak vysoce funkčním tvarováním. Designérská práce s liniemi je zde precizní. Horní hrana světelného modulu je rovnoběžná se spodní linkou čelního skla, což vytváří harmonický celek. Spodní hrana světla naopak vizuálně koresponduje s tvarem kapsy spřáhla. Funkčnost řešení podtrhuje i snadno demontovaný spodní kryt pod světlý, který usnadňuje servisní přístup.

Výrazným prvkem čela jsou přiznané deformační prvky (absorbéry). Ty působí jako samostatné objemy i díky specifickému umístění dělicích spár. Klíčová horizontální spára je umístěna v přesně definované vzdálenosti od středu nárazníku. Symetricky ke spodní hraně krytu. Tato spára není maskována barevným schématem, čímž se stává dominantní dělicí linií, která člení plochu okolo světel a dodává čelu technický výraz.

Významným tématem u regionálních jednotek je vizuální řešení střešní trakční výzbroje, protože se tyto vlaky nepohybují extrémní rychlostí, technika na střeše často zůstává obnažena kvůli chlazení a údržbě, což může působit rušivě. Stadler zde zvolil kompromisní esteticky zdařilé řešení. V přední části vozu je boční oplechování vytaženo výše a čelo je kompletně zakrytováno aerodynamickým krytem. Směrem dozadu se linie krytování snižuje, čímž bylo docíleno čisté siluety při čelním pohledu, aniž by byla omezena přístupnost komponent pro údržbu ve střední části vozu.

Celkově se jedná o velmi kvalitní provedení, oblíbené ve vícero zemích. Především pak Německu, Rakousku, Švýcarsku, ale také ve Skandinávii. [5]



Obrázek 2-4 Radarový graf Stadler FLIRT 160

Alstom Coradia Stream (Pop)

Alstom francouzský gigant železničního průmyslu upevnil v roce 2021 svou pozici akvizicí společnosti Bombardier Transportation čímž se stal 2 největším výrobcem kolejových vozidel na světě. [6] Společnost staví na silné designérské tradici, která v sobě snoubí francouzský cit pro eleganci s italským důrazem na emoce.

Model Coradia Stream představuje moderní platformu nízkopodlažních elektrických jednotek pro regionální a meziměstskou dopravu. Z designérského hlediska se jedná o vysoce variabilní produkt. Výrobce využívá modularitu karoserie k vytvoření personalizovaného designu pro konkrétní národní trhy. Ačkoliv všechny varianty sdílejí stejný technologický základ jejich exteriérové tvarosloví se liší do té míry, aby reflektovalo specifický vkus daného regionu.

Nejrozšířenější a designově nejvýraznější iterací je verze pro italského dopravce Trenitalia označována jako „Pop“. Na rozdíl od konkurenčních vozidel zde dominují měkké organické křivky, které plynule přecházejí do ostřejších linií na bočnicích. Zásadním rozdílem je celková silueta čela. Alstom zde pracuje s výraznějším sklonem, což v kombinaci s oblým lemováním čelního skla zvýrazňuje dynamiku a vizuální rychlost vozidla.

Nejkontroverznějším prvkem designu jsou světlomety. Jedná se o velké oválné moduly, které na první pohled postrádají přímou geometrickou vazbu na ostatní linky karoserie. Na základě toho působí vozidlo přátelsky a usměvavě. Daní za tento přístup je však určitá vizuální nahodilost, kdy světla působí jako samostatné prvky vložené do hmoty čela. Tuto roztržitost se výrobce snaží eliminovat pomocí výrazné grafiky, která opticky propojuje světla se zbytkem masky. Z hlediska údržby se však toto řešení jeví jako problematické, protože absence dělených servisních krytů může komplikovat opravy po drobných kolizích.



Obrázek 2-5 Alstom Stream Coradia Itálie [51]

Absorbéry jsou u verze Pop plně integrovány pod vnější plášť a narušení čistoty tvaru technickými prvky je zde minimální. Ačkoliv tento přístup prodražuje opravy i při střetech s menší zvěří, z estetického hlediska přispívá k přívětivému méně technickému vzhledu, který nevyvolává u cestujících respekt, ale spíše sympatii.



Obrázek 2-8 Coradia Stream [51]



Obrázek 2-9 Coradia Stream Nizozemí [51]



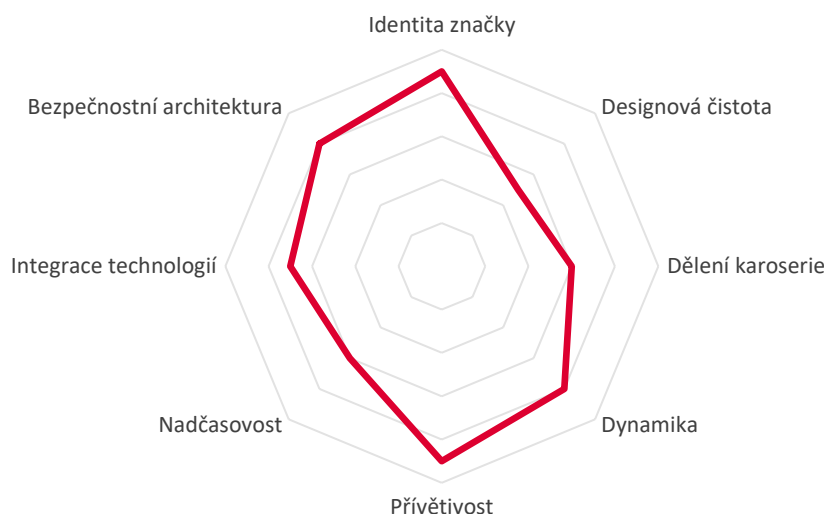
Obrázek 2-7 Coradia Stream Dánsko [52]



Obrázek 2-6 Coradia Stream Německo [51]

Platforma Coradia Stream je důkazem, že jeden technický základ může mít příliš mnoho tváří. Zatímco Pop cílí na emoce a hravost vítanou v jižní Evropě, varianty určené pro severní trhy sázejí na střízlivější, ostřeji řezané tvary. Při objektivním srovnání se severní verze jeví jako designově univerzálnější a perspektivnější, neboť jejich vizuální jazyk je přijatelný napříč Evropou, zatímco výrazně organická italská verze může v konzervativnějších regionech působit nemístně.

Alstom Coradia Stream Pop



Obrázek 2-10 Radarový graf Alstom Coradia Stream Pop

Siemens Mireo

Siemens Mobility je dlouhodobým technologickým rivalem francouzského Alstomu. Designová filozofie značky tradičně vychází z principů funkcionálního minimalismu a preciznosti. V posledních letech se však vývoj silně orientuje na redukcii hmotnosti a snižování energetické náročnosti, což se u nové platformy Mireo výrazně propsalo i do vnějšího tvarosloví. [7]

Design elektrické jednotky Mireo představuje v portfoliu značky určitou anomálii a je veřejností často vnímán jako kontroverzní. Odklání se od tradičních čistých ploch a je velmi expresivní. Dominantním prvkem je komplexní modelace čelní masky. Působí dojmem, jako by hmota světlometů vytlačovala okolní plochy vpřed. Toto řešení dodává vlaku agresivní výraz, avšak za cenu určité vizuální komplikovanosti. Problematickým důsledkem tohoto vtlačování hmoty je zúžení spodní části čelního skla. Tento designový zásah sice podporuje dynamický vzhled, ale potenciálně omezuje periferní výhled strojvedoucího směrem dolů a do stran.

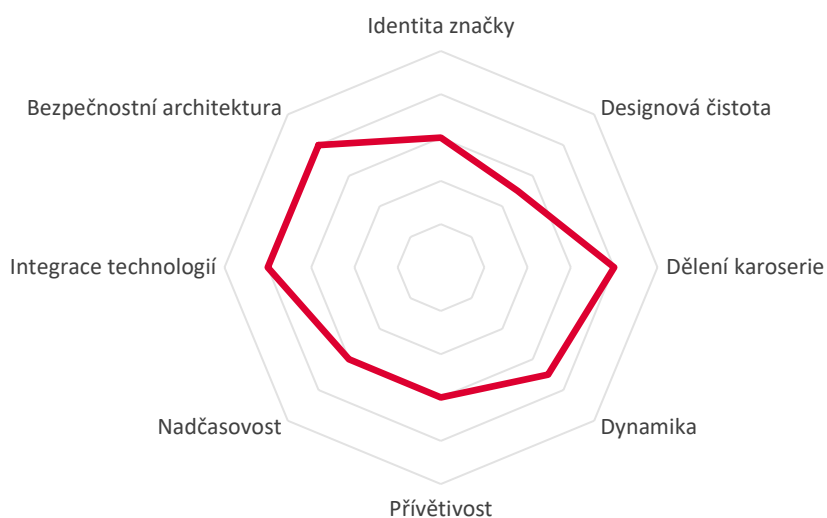
Samotné světlomety mají ostré, geometrické rysy, které korespondují s agresivním laděním masky a dodávají jednotce patřičnou vizuální dynamiku. Z hlediska provozního designu se však řešení jeví jako problematické. Světla jsou integrována do rozměrného kusu kompozitního opláštění, který sahá až dolů a plně překrývá deformační zóny. Tato absence segmentace karoserie znamená, že i při menším střetu s překážkou či zvířím bude nutné vyměnit celý velký díl masky. To představuje zbytečnou finanční i časovou zátěž pro provozovatele, což je v rozporu s jinak pragmatickým přístupem Siemensu.

Pozitivním prvkem je robustně řešený deflektor ve spodní části. Vzhledem k vizuálně velmi široké a otevřené kapse spráhla plní tento prvek důležitou estetickou funkci. Opticky uzemňuje čelo a dodává vlaku pocit stability a bezpečí. Při pohledu na zbytek vozidla se však vrací typická německá střídmost a preciznost. Zde narážíme na hlavní designový rozpor modelu Mireo. Kontrast mezi extrémně složitým čelem a zbytkem soupravy působí nekonzistentně. Vlak budí dojem, jako by designéři hledali kompromis mezi inovativním organickým přístupem a přísnou geometrií, aniž by se plně přiklonili k jednomu směru. I přes tuto stylistickou nejednoznačnost se však jedná o vozidlo, které je na kolejích nepřehlédnutelné a jasně identifikovatelné.



Obrázek 2-11 Siemens Mireo [53]

Siemens Mireo



Obrázek 2-12 Radarový graf Siemens Mireo

Siemens Desiro (Classic)

Tento model byl do výběru zařazen jako přímý kontrast k předchozímu zástupci téhož výrobce. Zatímco Siemens Mireo reprezentuje současný trend agresivity a fasetování, Desiro Classic je učebnicovým příkladem takzvaného *biodesignu*. Jeho tvarosloví je definováno měkkými, organickými křivkami, které evokují přírodní formy. Tento nadčasový a efektivní design definoval vzhled evropské regionální železnice na více než dvě desetiletí a mnozí odborníci jej dodnes považují za esteticky zdařilejší než novější generace.

Unikátním a dnes již málokdy vídaným prvkem je řešení čelní masky. Designéři zde aplikovali princip maximální integrace pod jedinou plochu. Přímo pod linií čelního skla se nachází prosklený segment, který pod společným polykarbonátovým krytem sdružuje světlometry a prvky vizuálního informačního systému. Toto řešení nemá v segmentu regionálních vlaků obdoby. Kromě estetické čistoty má i pragmatický funkční důvod. Vzhledem k výraznému sklonu čelního skla by umístění informačních panelů klasicky za sklo kabiny mohlo způsobovat nežádoucí odlesky nebo zhoršenou čitelnost. Vysunutí těchto prvků do samostatné vitríny pod hlavní okno tento problém elegantně eliminuje a zlepšuje čitelnost pro cestující na nástupišti.

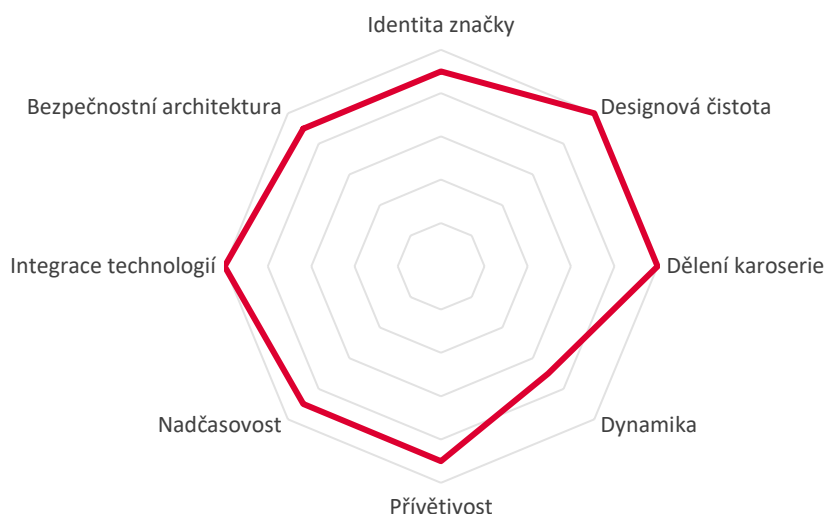
Spodní část čela plynule navazuje na prosklenou vrchní partii. Deformační prvky jsou zde zcela kryty pod hladkým opláštěním, což přispívá k jednolitému vzhledu. Za pozornost stojí řešení deflektoru pro ochranu podvozku. Na rozdíl od mnoha konkurentů, kde působí pluh, jako je dodatečně namontovaná radlice, je zde plně integrován do tvaru karoserie a tvoří její přirozené zakončení.

Celá jednotka je navržena tak, aby z obrysu vozidla vyčnívalo naprosté minimum prvků. Tento přístup je dnes standardem u vysokorychlostních jednotek kvůli aerodynamickému hluku, avšak Siemens ji aplikoval již před 20 lety u vlaku regionálního. Výsledkem je vozidlo, které působí kompaktně, logicky členitým dojmem a vyzařuje přívětivost a spolehlivost, aniž by se muselo k uchýlovat k agresivním vizuálním gestům.



Obrázek 2-13 Siemens Desiro (Classic) [54]

Siemens Desiro Classic



Obrázek 2-14 Radarový graf Siemens Desiro Classic

Škoda 7Ev (RegioPanter)

Tento výčet by nebyl kompletní bez zástupce domácího průmyslu. Škoda Group se ukázala jako silný středoevropský výrobce ucelených jednotek. Modelová rodina 7Ev známá pod obchodním názvem *RegioPanter*, představuje klíčový produkt, který odstartoval novou éru české regionální železnice a přinesl skokové zvýšení standardu cestování (nízkopodlažnost, klimatizace). Pro účely analýzy je zvolena nová verze, která je designově vyspělejší.

Při čelním pohledu upoutá pozornost specifické řešení přechodů mezi kabinou a střechou. Dominantním prvkem jsou masivní boční náběhy, které jsou pro zvýraznění barevně odlišeny od zbytku skříně. Tyto robustní díly plní důležitou psychologickou funkci. Dodávají čelu, vizuální hmotu a evokují pocit konstrukční pevnosti a pasivní bezpečnosti. Přechod těchto krytů do zbytku vozidla je řešen plynulou křivkou, která sjednocuje čelo s bočnicemi jedním tahem. Díky tomuto silnému prvku mohl zbytek karoserie zůstat tvarově střídmostý a čistý, aniž by celek působil nudně.

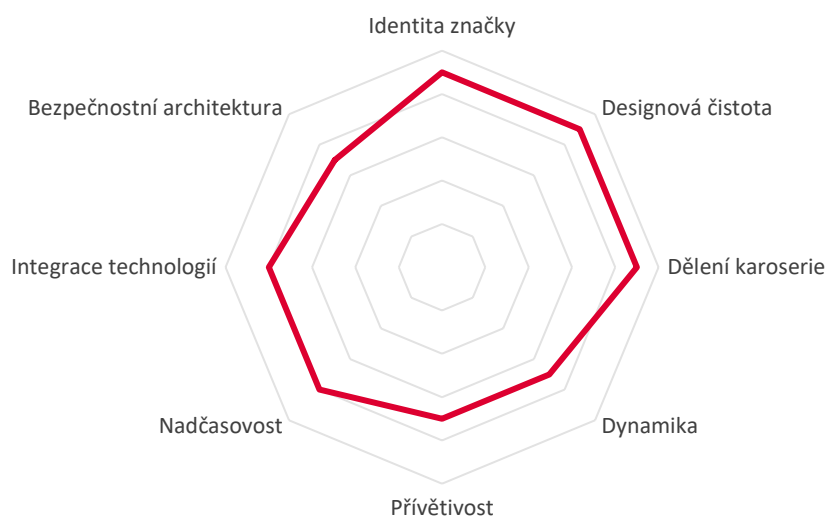
Původní kruhová světla, která působila poněkud nevýrazným dojmem, byla nahrazena moderními moduly. Nová světla jsou ohraničena ostře řezaným kosodelníkem. Tato změna, dodala tváři vlaku tolik potřebnou dynamiku a jasný sebevědomý výraz. Je to důkaz, jak i drobná změna v grafice světél dokáže proměnit vnímání celého vozidla.

Ve spodní části čela nalezneme nekrytované deformační prvky. Ačkoliv je v současnosti trendem tyto prvky schovávat, zde jejich technický vzhled koresponduje s celkovým robustním vyzněním vozidla a podtrhuje dojem spolehlivosti. Konstrukčním specifikem, které ovlivňuje i vnější dojem jednotky je koncepce podvozků. Na rozdíl od mnoha konkurentů, které využívají sdílené *Jakobsovy podvozky* mezi vozy, stojí každý vůz RegioPanteru na dvou vlastních.



Obrázek 2-15 Škoda 7Ev (facelift 2020) [13]

Škoda 7Ev (2020)



Obrázek 2-16 Radarový graf Škoda 7Ev (2020)

Bombardier Omneo (Regio 2N)

Tento vlak by vyvinut francouzským výrobcem Bombardier, který později odkoupil Alstom. Vznikl jako odpověď na extrémní zatížení příměstských tratí kolem Paříže a velkých měst. [8]

Unikátním rysem je hybridní architektura soupravy, nejedná se o klasický patrový vlak, ale o střídání jednopodlažních a dvoupodlažních vozů. Koncepce spočívá v tom, že krátké jednopodlažní vozy nesou na střeše veškerou těžkou trakční výzbroj a technické komponenty, zatímco vložené dvoupodlažní vozy jsou oprostěny od techniky a slouží čistě pro cestující. Výhodou tohoto řešení je zachování plynulé střešní linie. Toto efektivní uspořádání později adoptoval i konkurence například u modelu Siemens Desiro HC.

Designéři věnovali velkou pozornost detailům, které formulují „tvář“ vlaku. Zajímavým prvek je integrace zvukového výstražného systému, který je symetricky zakomponován po stranách horního návěstního světla, což je u kolejových vozidel netradiční řešení. Dominantním prvkem masky jsou však dva hlavní světlomety. Ty dodávají Omneu dynamický, až dravý výraz. Klíčová je zde jejich geometrická vazba na prolis, který definuje tvar čela. Bez této křivky by umístění a tvar světel působily nahodile, avšak takto tvoří promyšlený celek.

Ve spodní části čela jsou deformační prvky plně integrovány pod karoserii, což čistí siluetu a navádí zrak diváka směrem ke kapse spřáhla. Která je zvýrazněná tvarovým vybráním. Z estetického hlediska je však problematická přílišná segmentace karoserie. Čelo je složeno z velkého množství dílů, což vytváří hustou síť viditelných dělících spár. Tato vizuální roztržitost oslabuje údernost jinak čistého designu a může evokovat dojem robota nebo skládanky.



Obrázek 2-17 Bombardier Omneo [55]

Bombardier Omneo



Obrázek 2-18 Radarový graf Bombardier Omneo

Hitachi Caravaggio (Rock)

U tohoto vlaku dochází ke střetu dvou světů. Výrobce je Hitachi Rail, který vznikl, když Hitachi koupil italského výrobce AnsaldoBreda. [9] Výsledné vozidlo tak kombinuje japonský důraz na technologie a spolehlivost s italským citem pro expresivní design. Ačkoliv se jedná o dvoupodlažní jednotku, její design je natolik specifický a sportovní, že si zaslouží srovnání i v kontextu dynamických jednopodlažních vlaků.

Již na první pohled je zřejmé, že Hitachi volí zcela odlišný přístup než konkurence. Dominantním prvkem je striktní vizuální segmentace čela a boků vozidla. Boční stěny a střecha vytvářejí masivní rám, který přesahuje před samotnou čelní masku. Tento motiv lze vzdáleně přirovnat k českému RegioPanteru. Zásadní rozdíl je však provedení. Zatímco u Škody předchází boční náběhy do čela plynule u Hitachi je hrana ostrá, zvýrazněná a vytváří hluboké zapuštění masky. Díky tomuto řešení je však na kolejích naprosto nezaměnitelný.

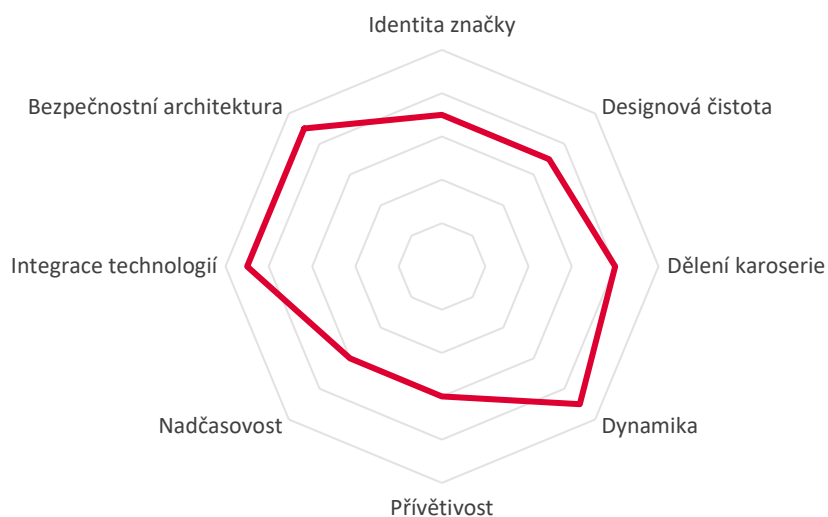
Samotná plocha čela uzavřená v tomto rámu působí velmi plochým, až dvourozměrným dojmem, jako by byla do rámu pouze vložena. Toto řešení evokuje masku sportovního automobilu, což podporuje dynamiku, ale nese s sebou funkční omezení. Světlomety jsou umístěny na vnitřní, zapuštěné straně tohoto rámu, ačkoliv jejich úzký tvar koresponduje s agresivním vizuálem, jejich utopená pozice je problematická z hlediska bezpečnosti. Při pohledu z boku je viditelnost světel omezena přečnívající tím rámem, což je u kolejových vozidel nežádoucí jev. Působí to dojmem, jako by pro světla nezbylo jinde místo a musela být vtěsnaná do stísněného prostoru v rozích.

Zatímco horní polovina čela se snaží o dokonalou hladkost a aerodynamiku, spodní část přiznává surovou techniku. Spřáhlo a absorbéry jsou zde prakticky plně obnažené. Výrobce se zde omezil pouze na náznak zakrytování v oblasti nárazníků, aby nenarušil ostrou klínovou siluetu přídě. Výsledkem je silný vizuální kontrast.



Obrázek 2-19 Hitachi Caravaggio [56]

Hitachi Caravaggio



Obrázek 2-20 Radarový graf Hitachi Caravaggio

Pesa Elf 2

Společnost Pesa Bydgoszcz je největším polským výrobcem kolejových vozidel a na trhu se profiluje velmi specifickým designovým jazykem. Na rozdíl od konzervativní německé či švýcarské školy se Pesa nebojí ostrých hran a expresivních tvarů, které dodávají vozidlům nezaměnitelnou tvář. Modelová řada Elf (Electric Low Floor) je určena pro regionální a meziregionální dopravu a její druhá generace tento dravý styl posouvá ještě dále.

Zatímco horní polovina kabiny vychází z poměrně standardních, logických tvarů, veškerou pozornost na sebe strhává spodní partie. Designéři zde zvolili odvážné řešení. Prostor pro spřáhlo a deformační prvky integrovali do jednoho masivního bloku, který je výrazně předsunut před zbytek čela. Vzniká tak dominantní objem připomínající masivní spodní čelist. Tento prvek nejenže kryje technické komponenty, ale definuje celou architekturu přídě. Aby tento vystouplý blok nepůsobil jako cizí těleso, je vizuálně propojen s čelním oknem pomocí černého lakování.

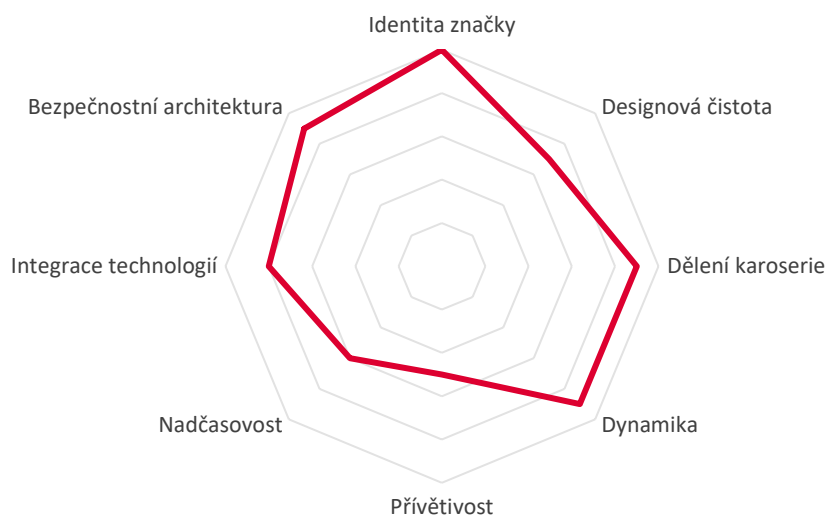
Světlomety jsou úzké, ostře řezané a protažené do boků. V kombinaci s masivními čelisti vytvářejí silný zoomorfní efekt. Vlak záměrně evokuje dravou šelmu. Tento přístup je pro Pesu typický. Cílem je vyvolat emoci a pocit dynamiky i u stojícího vozidla. Ačkoliv jde o riskantní strategii, která může polarizovat názory, zajišťuje vlaku okamžitou rozpoznatelnost na trhu.

Při pohledu z boku se ukazuje logická provázanost tvaru. Profil čela tvoří jeden plynulý rádius, kterému se podřizuje i grafika a výřezy kolem podvozku. Zajímavým detailem, je řešení deflektorů pro ochranu podvozku. Vzhledem k tomu, že krytování absorbérů zasahuje nízko, nezbylo pro pluh mnoho místa. Výrobce to vyřešil prvkem, který vybíhá zpod karoserie. Pluh tak plní svou ochrannou funkci, ale vizuálně nekonkuruje dominantnímu bloku spřáhla. Tím bylo zamezeno přesycení prostoru ve spodní části, která jinak by působila příliš těžce.



Obrázek 2-21 Pesa Elf2 [57]

Pesa Elf2



Obrázek 2-22 Radarový graf Pesa Elf2

CRRC Sirius

Čínský výrobce CRRC Zhuzhou Locomotive je bezkonkurenčně největším výrobcem kolejových vozidel na světě. Převážně se však jedná o domácí trh. Model Sirius byl navržen přímo pro Leo Express tak, aby splňoval přísné evropské normy a měl být pro CRRC vstupenkou na evropský trh. [10] Po dodání prvních tří jednotek však Leo Express smlouvu vypověděl a vlaky tak byly pronajaty RegioJetu. Ani ten nakonec vlaky neodkoupil, a tak už zde nejezdí. [11; 12] Z designového hlediska se jedná o velmi zajímavou studii asijského pohledu na evropský vlak.

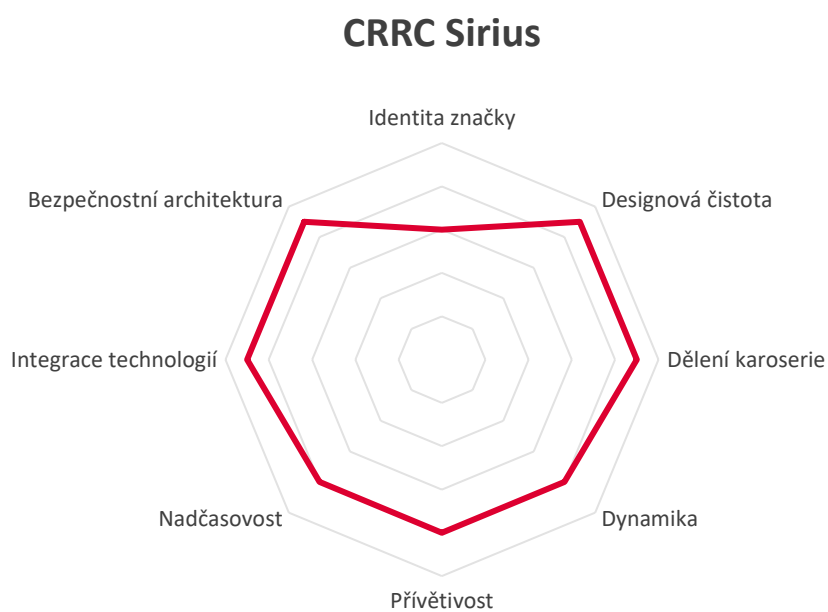
Exteriér zde sází na měkké tvarosloví. Celková silueta vychází z jednoduchého oblouku a působí univerzálním, nekonfliktním dojmem. Specifickým prvkem je řešení světlometů. Designéři použili klasické kruhové moduly. Ty ale nejsou skryty pod krycím sklem nýbrž jsou vsazeny do elipsovitého vybrání v karoserii. Toto řešení v kombinaci s organickým tvarem čelního okna dává vlaku retro-futuristický výraz, který funguje překvapivě harmonicky.

Nejvýraznějším prvkem je řešení špičky čela. Sirius disponuje plně zakrytovaným prostorem spřáhla a deformačních prvků. Jedná se o sofistikovaný systém s odsuvným krytem, který se při nutnosti spojení souprav zasune do karoserie. Tento přístup je typický spíše u vysokorychlostních jednotek. Jedná se tak o nadstandartní řešení, které výrazně eliminuje vizuální šum ve spodní části masky. Čelo díky tomu působí celistvě a elegantně.

Kvalitní zpracování exteriéru podtrhuje i řešení střechy, kde jsou technické komponenty zakryty bočními kapotážemi, což sjednocuje siluetu vozu. Deflektor je posunut více dozadu, aby nenarušoval dominantní oblouk čela. Celkově Sirius působí designově dospělým a solidním dojmem.



Obrázek 2-23 CRRC Sirius [58]



Obrázek 2-24 Radarový graf CRRC Sirius

Newag Impuls (1. generace)

Podobně jako konkurenční Pesa, i společnost Newag demonstruje odvahu polské designérské školy opouštět zaběhlé standardy. Zatímco západní produkce často směřuje k technické strohosti, polští designéři se nebojí emocí a inspirace v přírodě. První generace jednotky Impuls je toho důkazem. Její tvarosloví je organické, odvážné a nese silné zoomorfní rysy, které evokují plazi, či ještěři estetiku.

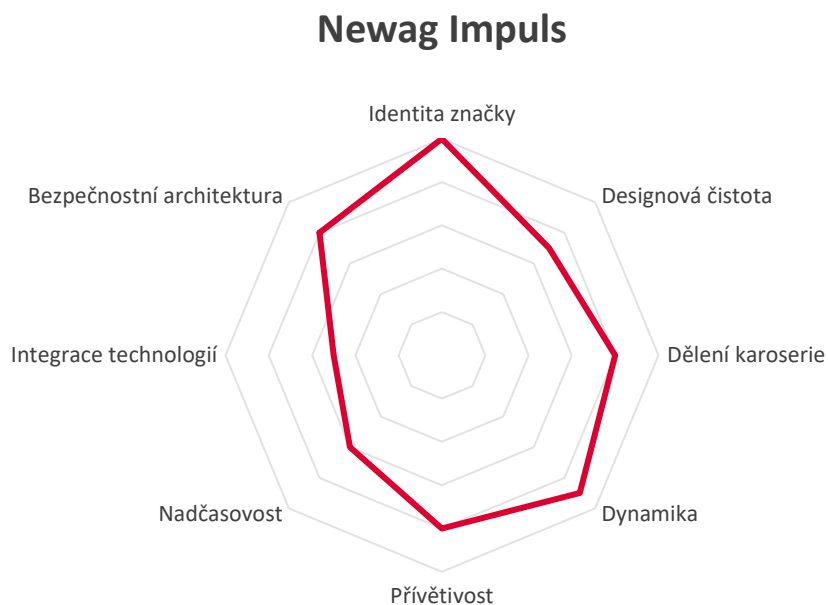
Nejvýraznějším prvkem přídě je specifická modelace spodní části. Kapsa spřáhla není pouze technickým otvorem, ale je stylizována do tvaru širokého oblouku, který připomíná úsměv. Samotné spřáhlo v tomto kontextu působí jako jazyk, což podtrhuje živočišný charakter designu. Deformační prvky jsou integrovány do objemu karoserie, avšak jejich pozice je na vnitřních stěnách spřáhlové kapsy příznána, což ukazuje, že pro tento tvar bylo nutno udělat pár kompromisů. Na hodní křivku zde plynule navazují hlavní světlomety. Ty jsou velmi úzké, protažené do boků a směrem vzad se dynamicky zvedají. Tím kompletují dravý, šelmovitý výraz masky.

Velké čelní sklo poskytuje strojvedoucímu nadstandartní periferní výhled. Designéři zde pracují s optickým klamem. Pomocí černé masky a krytování stěračů protahují prosklenou plochu níže, než kde reálně končí, čímž čelo odlehčují. Unikátním detailem je přechod A-sloupků do střechy. Po stranách vybíhají výrazné hřebeny, které plynule navádějí zrak na střechu a vytvářejí tak izolovaný ostrůvek pro horní návěstní světlo. Tento přístup je velmi netradiční. Zatímco konkurence se snaží horní světlo spíše potlačit, nebo zapustit, Newag jej hrdě vystavuje jako klenot.

Zajímavě je řešena také spodní hrana karoserie. Místo obvyklého technického výřezu pro podvozek výrobce zvolil plynulé snižování karoserie směrem k nosu. Toto kapotování podporuje aerodynamický a zvířecí vzhled, ačkoliv může opticky zvyšovat hmotu v přední části. Slabší stránkou je však řešení střechy. Narážíme zde na vizuální nesourodost střešních komponent, který narušuje jinak povedený designový celek.



Obrázek 2-25 Newag Impuls [59]



Obrázek 2-26 Radarový graf Newag Impuls

2.2.3 Technická analýza

Legislativní rozměry a mantinely

Návrh kolejového vozidla nevzniká na čistém papíru, ale je přísně determinován souborem fyzických a legislativních omezení, která definují maximální možný objem vozidla. Designér se tak pohybuje ve vymezeném prostoru, kde jakékoliv překročení hranic může vést ke kolizi s infrastrukturou (nástupiště, tunely...).

Základním prostorovým limitem je obrys pro vozidla. V evropském kontextu je tato problematika řešena normou ČSN EN 15273, která definuje referenční profily. Jsou zde zohledněny vertikální pružení, boční posuvy a náklony skříně vlivem odstředivých sil při průjezdu obloukem. Vozidlo musí být navrženo tak, aby ani při maximálním opotřebení kol a nejnepříznivějším zatížení nedošlo ke kontaktu s pevnými překážkami jako jsou nástupiště, či návěstidla. Nejčastěji využívanými profily jsou G1 a G2 s šířkou okolo 2 800 mm. Zde s šířkou 2 820 mm spadá také český RegioPanter. [13] Tato šířka je ideální, jelikož zde není tolik omezení jako u širších průjezdních profilů.

Kromě fyzických rozměrů je konstrukce řízena také Evropskou unií, konkrétně Technickými specifikacemi pro interoperabilitu (TSI). Z hlediska designu celé jednotky je nejvýznamnější předpis TSI PRM, který se zabývá přístupností pro osoby s omezenou schopností pohybu. Požadavek na bezbariérový přístup vynutil změnu koncepce regionálních vlaků směrem k nízkopodlažním.

Aby byla podlaha v úrovni nástupiště, musel být eliminován prostor pod rámem vozu, kam se v starších konstrukcích umísťovala většina technologií. Těžká zařízení, jako jsou trakční měniče, klimatizační jednotky, či transformátory, musela být přesunuta na střechu vozu, čímž byl zcela změněna silueta vlaku. Hlavním estetickým problémem této změny je, že pod vozem nemusely být komponenty krytovány, jelikož k nim nebyla vedena pozornost. Při současném umístění jsou velmi na očích a vynutily si tak alespoň částečné boční krytování.

Řízeny však nejsou jen celkové rozměry ale také poloha některých funkčních prvků. Například je určena výška osy spřáhla. Jeho nominální výška nad temenem kolejnice je 1025 mm s tolerancí +15 mm / -5 mm. [14] Tyto hodnoty jsou dány z historického středu nárazníků vlaků a tolerance se uvádí nejen kvůli výrobě, ale také, protože kola vlaku se provozem opotřebovávají a zmenšují tak svůj průměr. Poloha vrcholu spřáhla vůči rovině absorberů je také dána. Spřáhlo se v zatáčkách natáčí společně s podvozkem, a tak musí vyčnívat dostatečně na to, aby při průjezdu zatáčkou o poloměru 150 m nedošlo k jejich kontaktu. [15] Ve výsledku se jedná o úhel vybočení do 12°, avšak musí být dimenzovány na natočení až 25° z důvodu esovitého propojení výhybek v depu. Zároveň musí být kompenzovány konvexní a konkávní změny sklonu trati a dynamické pohyby vypružení. Vertikální náklony však nemají příliš vysoké požadavky a nebudou konstrukci čela výrazně omezovat, avšak výřez musí také umožňovat nejen natočení, ale i posuny spřáhla. A to ± 300 mm horizontálně a ± 150 mm vertikálně. [16]

Taktéž je předepsáno umístění postranních absorberů. Standardní rozteč středů je 1 750 mm a jejich výška nad temenem kolejnice musí být v rozmezí 940 a 1 065 mm za všech okolností. [17] Je to dáno umístěním nárazníků nákladních vozů z důvodu druhého scénáře crashové normy. Samotné rozměry desky bývají okolo 350 x 350 mm.

Konstrukce hrubé stavby a materiály

Návrh hrubé stavby elektrické jednotky a obecně vlaků je výsledkem hledání kompromisu mezi maximalizací tuhosti a minimalizací hmotnosti. Vše musí navíc podléhat národním a mezinárodním normám, jako jsou normy TSI LOC&PAS pro interoperabilitu. Zde je mimo jiné limitována maximální hmotnost na nápravu na 22,5 tuny, a to z důvodu menšího opotřebení kolejnice. [18] Druhým důvodem je energetická náročnost na provoz jednotky. Regionální vlaky obsluhují velké množství stanic, takže musí často akcelarovat. Zde hraje hmotnost soupravy extrémní roli, a tak i provozovatelé mají zájem o snížení celkové hmotnosti.

Významnou normou, která dále určuje konstrukci tzv. *carbody shell* je norma ČSN EN 12663-1+A2 zabývající se pevnostními požadavky skříní kolejových vozidel. Tato norma kategorizuje vozidla do pevnostních tříd. Jednotky pro regionální dopravu obvykle spadají do kategorie F-II (standartní vozidla pro pevnou formaci). Pro tuto kategorii musí skříň bez trvalé deformace přenést statické zatížení tlakové o síle 1 500 kN a tahové o síle 1 000 kN. [19] Konstrukce však musí počítat také s odolností proti nárazu, kterou předepisuje ČSN EN 15227+A1. Zde jsou předepsány čtyři scénáře kolize kolizí, které musí vozidlo zvládnout tak, aby byl zachován prostor pro přežití strojvedoucího a cestujících. [20]

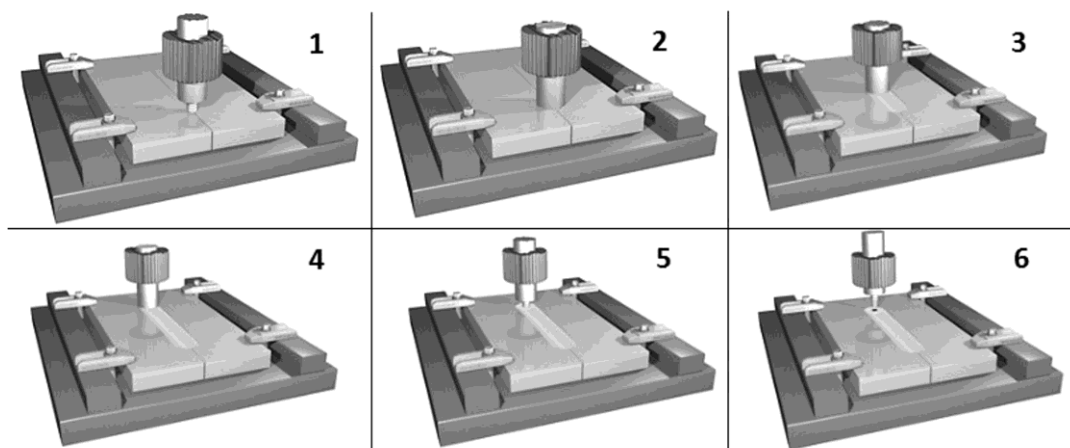
Velmi důležitým faktorem při konstrukci skříně je materiál. Ačkoli se kdysi jednalo o ocelové konstrukce, nyní moderní EMU využívají integrální hliníkové stavby. Technologicky využití hliníku umožnilo také rozšíření technologie extruze (vytlačování). Moderní jednotky, jako jsou Škoda RegioPanter nebo Siemens Mireo, využívají stavby, která je svařovaná z velkoplošných extrudovaných profilů (šířka až 800 mm). [21][22] Takové profily mohou obsahovat vzduchové kanály a c-drážky pro upevnění interiérových panelů, sedaček a technického vybavení. Také tato technologie umožňuje koncentraci materiálu pouze tam, kde je nezbytný, čímž dochází k proměnlivé tloušťce stěny. Výsledný efekt je až 30% úspora hmotnosti při zachování mechanických vlastností. Kostru většiny profilů bočnic, střechy a podlahy tvoří slitiny 6xxx (Al-Mg-Si), jako je například EN AW 6005 T6. [23] Výhodou je tepelná zpracovatelnost, dobrá svařitelnost a výborná extrudovatelnost.

Samotné spojování hliníkových profilů je proces, který definuje výslednou kvalitu a životnost skříně. Tradiční metodou je robotické svařování tavnou elektrodou v inertním plynu (MIG). Tato technologie je vysoce flexibilní a zvládá i složitou geometrii spojů, avšak nevýhodou je vznik široké tepelně ovlivněné oblasti, kde dochází k degradaci mechanických vlastností materiálu a tepelným deformacím plechů.

Na základě těchto nevýhod se rozvíjí nová technologie frikčního svařování promísením (FSW), kterou využívá i Škoda Group. Při této metodě se rotující nástroj zanoří do spáry mezi spojované materiály a svým otáčením a posunem generuje třecí teplo. Materiál se zahřeje do plastického stavu a je mechanicky promísen. Jedná se v podstatě o svařování v tuhém stavu. [24]

Mezi výhody patří:

- minimální deformace panelů
- svar bez pórů a trhlin
- svar je plochý
- neprodukují se škodlivé plyny ani záření

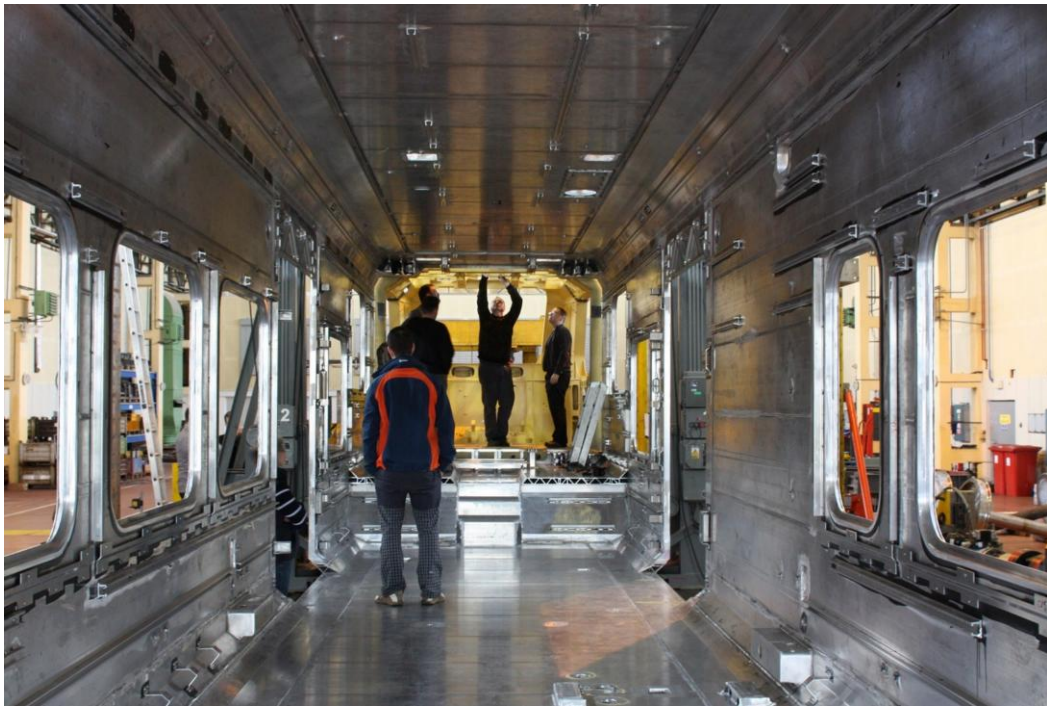


Obrázek 2-28 Technologie FSW [24]

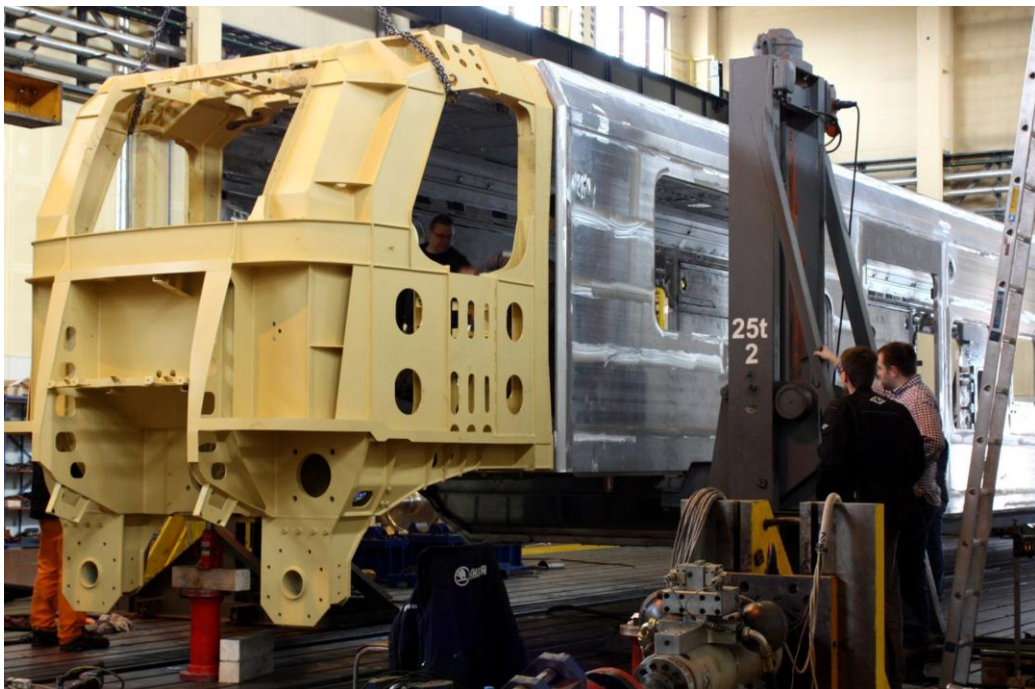
Po spojení hrubé stavby se skříň upne do obráběcího centra. Stroj pomocí dotykových sond zaměří reálnou polohu dílu, provede transformaci souřadného systému a následně s přesností na setiny milimetru obrobí dosedací plochy pro okna a dveře, montážní body pro interiér a podvozky a otvory pro kabeláž. V ostravském závodě je pro tyto účely nasazeno portálové obráběcí centrum. Jedná se o jedno z největších obráběcích center v Evropě, schopné pojmout obrobek s podstavou 39 x 4,5 metru. Stroj disponuje dvěma nezávislými pětiosými hlavami, které mohou simultánně pracovat. [25]



Obrázek 2-27 Hliníková skříň RegioPanteru [60]



Obrázek 2-30 Montáž kabiny RegioPanteru [60]



Obrázek 2-29 Vnitřek skříně RegioPanteru [60]

Zatímco většina vozu je hliníková, kabina strojvedoucího bývá často řešena jako samostatný modul z vysokopevnostní oceli. [26] Vzniká tak hybridní konstrukce. Spojení svarem by bylo velmi problematické, a tak se využívá šroubových spojů s izolačními podložkami, které předcházejí galvanické korozi. Toto propojení hliníkového tubusu s ocelovými moduly se řeší mechanickými spoji s izolačními vrstvami. Nejen, že se tak předchází problému

svařování odlišných materiálů, ale také je tím umožněna výměna pouze crash boxu v případě menší nehody. [27] U zahraničních generací se však Škoda snaží přecházet na celohliníkové řešení s využitím masivních kovaných, nebo obráběných dílů pro A-sloupky. [28]

Crash Management

Ačkoli se tato páce věnuje především designu, čelo je plně ovlivněno pasivní bezpečností (crashworthiness). Zatímco aktivní bezpečnost zahrnuje systémy, které mají nehodám předcházet, pasivní bezpečnosti představuje poslední linii v okamžiku, kdy je kolize nevyhnutelná. Jejím cílem je minimalizovat následky srážky.

V historii se při konstrukci železničních vozidel spoléhalo na maximální tuhost a předpokládalo se, že pevná konstrukce svou tuhostí cestující ochrání. Tuhá vozidla bohužel jen přenášejí přetížení přímo na cestující, jelikož se nedeformuje a zastaví okamžitě. Moderní přístup je založen na řízení nárazové energie a pracuje s obětí specifických částí vozidla. Čelo vlaku je navrženo jako série deformačních zón, které se hroutí předvídatelným způsobem a tím se prodlužuje dráha pro zastavení vozidla. Výsledkem je snížení maximální síly působící na pasažéry. [29]

Návrh čela všech kolejových vozidel je v EU striktně diktován normou ČSN EN 15227. Ta sjednotila národní předpisy a stanovuje kolizní scénáře, které musí vozidlo ustát. Zároveň zde existují čtyři kategorie podle způsobu provozu (C-I až C-IV). Regionální elektrické jednotky spadají do té nejpřísnější, C-I.

První scénář řeší čelní srážku dvou identických jednotek. Počítá se zde s kolizní rychlostí 36 km/h, kde musí oba vlaky být schopny pohltit svou vlastní kinetickou energii. Když bychom za příklad vzali třívozovou jednotku RegioPanter, která váží cca 150 tun, zjistili bychom, že každý vlak musí počítat s energií 7,5 MJ.

Druhý scénář se soustředí na náraz do nákladního vozu. Bere se v potaz jeho hmotnost 80 tun opět při rychlosti 36 km/h. Tento příklad je rozdílný, jelikož tyto vozy nemají v první linii spráhlo, a tak se počítá pouze s kontaktem nárazníků dvou vozidel.

Třetí scénář se zabývá nárazem do těžkého silničního vozidla na přejezdu. Norma pracuje s překážkou o hmotnosti 15 tun a rychlostí vlaku 110 km/h. Zde není hlavním rizikem nárazová energie, ale lokální penetrace kabiny. Překážky tohoto typu nejsou připraveny na nárazy z boku, a tak nemusí být místo nárazu vždy v předvídané výšce.

Poslední scénář řeší náraz do nízké překážky (osobní automobil, zvíře). V tomto případě není přesná hmotnost ani rychlost stanovena, ale uvažuje se o scénáři, který testuje především funkci odhrnovače. Cílem je zabránit tomu, aby se překážka dostala pod kola vlaku a způsobila tak jeho vykolejení. Tento prvek musí být dostatečně pevný na to, aby ustál statické zatížení 30 kN v ose a 15 kN na jeho krajích. Pro úspěšné splnění normy musí být současně splněno několik podmínek. Zachování prostoru pro přežití, omezení zpomalení pod hodnotu 5 g, nesmí dojít k tzv. nadjetí ani bočnímu vybočení. [20]

U moderních EMU je spřáhlo mnohem více než jen spojovací element. Tvoří také první stupeň systému řízení nárazové energie. V případě Škody je častým dodavatelem těchto částí švédská firma Dellner s hlavou typu 12. [30] Součástí hlavy je také elektrické spojení, které slouží pro ovládání dveří, přenos dat kamer a dalších dat při spojení vícero jednotek.



Obrázek 2-31 Automatické spřáhlo Dellner typu 12 [61]

Hlava spřáhla obsahuje západkový mechanismus, který má za úkol zajistit pevně spojení bez vůlí. Čelní deska musí přenášet tlakové síly přímo do dříku spřáhla. Na spodní straně se nachází elektrická a pneumatická hlava, která systém ovládá. Uvnitř dříku se nachází plynohydraulická vložka. Tlumič funguje na principu viskózního tření. Pravidelné nárazy při spojování vozidel probíhají při rychlostech do 5 km/h. Při nich píst vytlačuje olej tím stylem, že čím rychlejší je náraz, tím větší odpor tlumič klade.

Pokud energie náraz překročí kapacitu tlumiče, aktivuje se deformační trubka. Typicky se využívá princip rozšiřování trubky. Ocelová trubka je protlačována přes kuželový trn o větším průměru. Dochází k masivní plastické deformaci, kde se energie spotřebovává na přeměnu krystalické mřížky kovu na tření mezi oběma částmi.

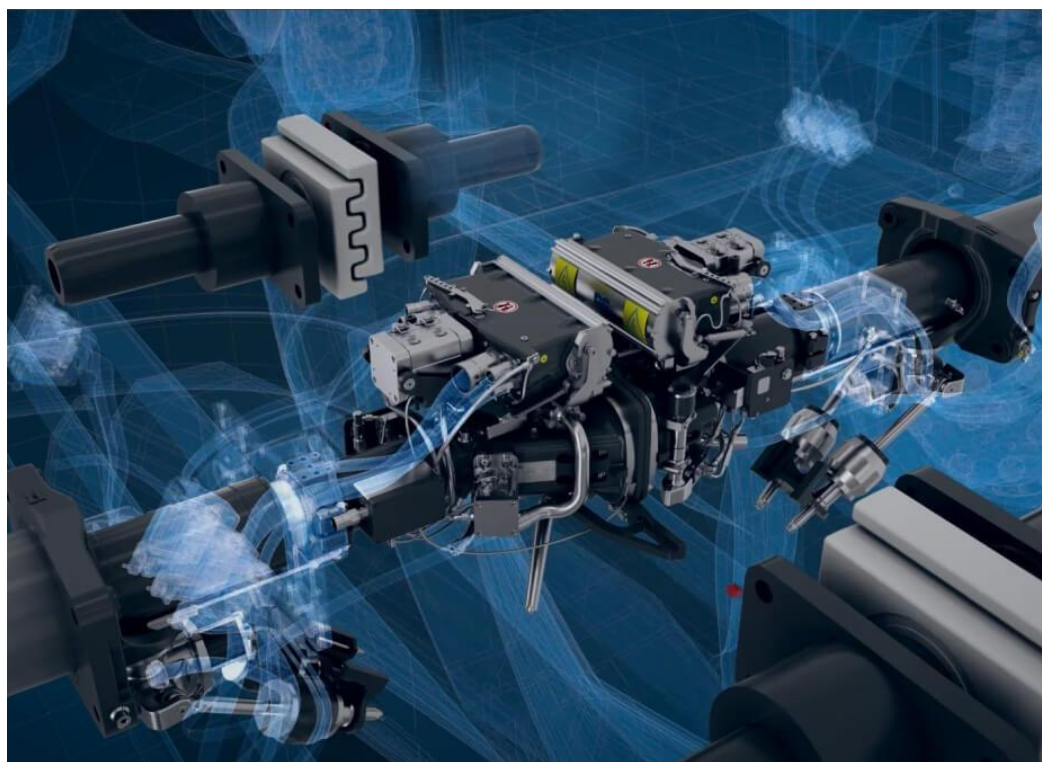


Obrázek 2-32 Rozšiřování deformační trubky [62]

Podstatným prvkem, který následuje při vyčerpání deformační kapacity trubky jsou střížné šrouby. Aby síla působící na cestující prudce nevzrostla, je ukotvení spráhla vybaveno střížnou pojistkou. Při dosažení kritické síly se kalibrované šrouby přestříhnou, celé spráhlo se uvolní a ustoupí z cesty překážce. Tím jsou do obranné linie posunuty absorbéry. [31]

Velkým nebezpečím při čelní srážce vlaků je tzv. nadjetí, kdy se jedno vozidlo nadzvedne a jeho podvozek projede měkkou nástavbou druhého vozu. Aby se tomuto předešlo, jsou boční deformační moduly integrovány tzv. *anticlimbery*. Škoda tyto součásti odebírá od německé firmy EST. [32] Jedná se o ocelové desky s výrazným žebrováním umístěným na čele absorbérů. Jejich funkcí je, že při kontaktu s absorbéry jiné jednotky do sebe tyto části zapadnou a vytvoří pevné vertikální spojení, které nadjetí zabrání a vozidla jsou tak nucena se deformovat. [33] Tento prvek je velmi důležitý a například u RegioPanteru není krytovaný. Pokud by ale krytován byl, design by musel zajistit, aby se při nárazu kryty v této oblasti okamžitě rozpadly, či odklopily, aby nebránili zaklesnutí.

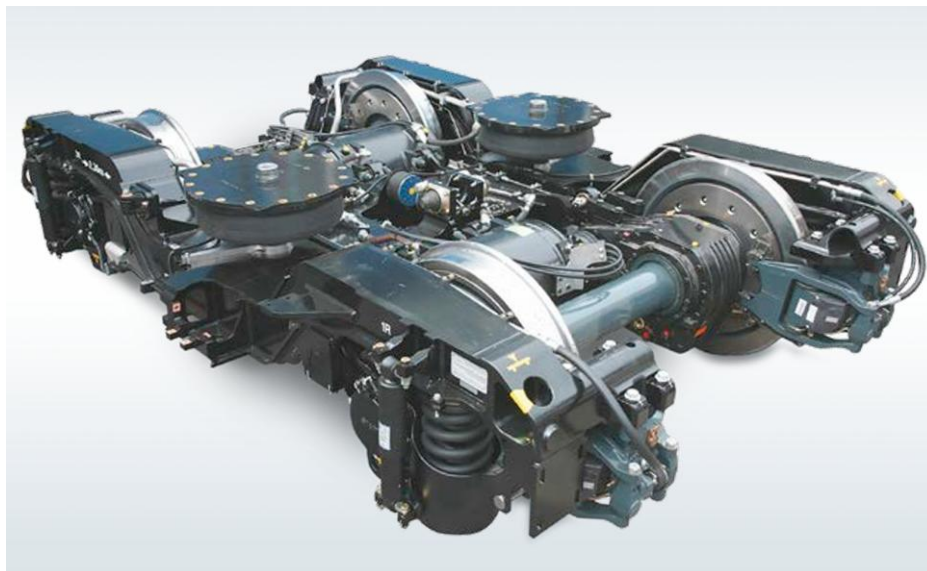
Absorber se skládá z vnitřní trubky a vnějšího pouzdra. Zatímco Dellner využívá rozšiřování trubky, EST využívá jejího loupání. Při nárazu je trubka tlačena proti loupacímu noži. Nástroj loupe vrstvu materiálu, čímž se brzdí.



Obrázek 2-33 Zaklesnutí dvou jednotek [63]

Pojezdový systém

Škoda Group využívá koncepci částečně nízkopodlažních jednotek, což je dáno klasickým uspořádáním podvozků. Jednotky mohou být sestavovány jako dvouvozové až pětivozové soupravy. Základním aspektem je, že každý vůz má dva své vlastní podvozky. Typické uspořádání náprav pro dvouvozovou jednotku je $Bo'2' + 2'Bo'$. To znamená, že se střídají motorové podvozky Bo' a vlečné $2'$. [34] Hnací podvozek obsahuje na rozdíl od běžného dva asynchronní trakční motory a převody.

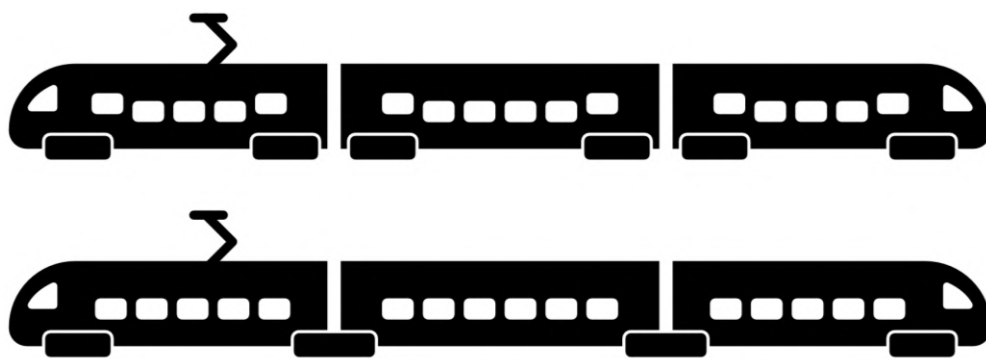


Obrázek 2-34 Hnací podvozek Siemens SF 6500 [64]

Základem podvozku je svařovaný ocelový rám ve tvaru dvojitého H, tvořený dvěma podélníky a dvěma příčnicí. Rám je dimenzován podle normy ČSN EN 13749, která definuje metody určování konstrukčních požadavků. [35] Standard, pro výrobu svařovaných rámců podvozků i u Alstomu je konstrukční ocel, často třídy S335J2+N. [36] Označení „J2“ garantuje vrubovou houževnatost až do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a „+N“ značí normalizační žíhání.

Systém vypružení je dvoustupňový. Primární zajišťuje kontakt s kolejnicí a prvotní filtraci nárazů. Toho je nejčastěji docíleno pomocí ocelových vinutých pružin v kombinaci s vertikálními hydraulickými tlumiči. Sekundární pružení nese hmotnost karoserie a cestujících. Sedí na nich přímo a v zatáčkách se deformují do stran, čímž umožňují zatočit i přes „pevné“ dvoubodové uchycení. Jedná se o pneumatické pružiny tvaru měchu o průměru cca 600 mm a pracují společně s horizontálními tlumiči vrtivých pohybů.

K zapojení podvozků existují dva přístupy. Klasický, který využívá Škoda, a poté využití Jacobsových podvozků. V takovém případě dochází ke sdílení jednoho podvozku dvěma vagony, což výrazně snižuje jejich celkový počet a také valivý odpor. Další výhodou je možnost celkového nízkopodlažního řešení. Problémem však může být příliš velká hmotnost na jednu nápravu a případná logistika při opravách.



Obrázek 2-35 Grafické porovnání odlišných rozmístění podvozků

Trakční systém

Jednotky typu RegioPanter jsou navrženy jako dvousystémové. S možností provozu na soustavách 3 kV DC a 25 kV 50 Hz AC. Tato univerzalita klade velké nároky na vstupní část trakčního řetězce a musí být obsloužena větším množstvím komponent.

Prvním styčným bodem, kde se odehrává přenos energie z infrastruktury je sběrač proudu. Využívají se moderní jednoramenné pantografy, které musí zajistit spolehlivý kontakt s trolejovým drátem při všech rychlostech. Skládá se ze základního rámu, spodního ramene, horního ramene a smykadla. Výška se přizpůsobuje pomocí pneumatického systému.



Obrázek 2-36 Pantograf od Faiveley Transport [65]

Další komponentou jsou bleskojistky. V běžném provozu se chovají jako izolant, ale při překročení prahového napětí se jejich odpor skokově sníží a svedou energii přepětí do kostry vozidla, která ji následně vede do země. Tento systém je extrémně důležitý pro ochranu další elektroniky.



Obrázek 2-37 Bleskojistka Faiveley Transport [66]

Vzhledem k dvousystémové povaze je střecha vybavena dvěma typy hlavních vypínačů. Vakuový vypínač VCB pro větev AC a pro větev DC je určen rychlovypínač HSCB. Jejich cílem je odpojit jednotku při poruchách sítě, podobně jako u bleskojistek. Bleskojistka však řeší napětí a hlavní vypínač řeší proud.

V režimu napájení střídavým proudem nachází uplatnění trakční transformátor a měnič. Jejich úkol je připravit stabilní stejnosměrné napětí pro meziobvod, který je společný pro oba systémy, a to nezávisle na kolísání napětí v troleji. Konstantní hodnota bývá okolo 3 000 V.

Součástí energetického managementu je brzdový odporník. Elektrická jednotka musí být schopna brzdit i v situaci, kdy trolejová síť není schopna přejmout rekuperovanou energii. Pokud při elektrodynamickém brždění stoupne napětí v meziobvodu nad bezpečnou mez, řídicí jednotka přeměruje energii do brzdových odporníků na střeše vozidla, kde je energie mařena. Odporníky jsou intenzivně chlazeny ventilátory, aby nedošlo k jejich poškození.

Následuje trakční střídač, což je zařízení, které převádí stejnosměrné napětí na třífázové střídavé napětí s proměnnou frekvencí a amplitudou pro napájení asynchronních motorů.

Koncovým bodem elektrické části řetězce je asynchronní trakční motor. U RegioPanterů je nasazen motor vlastní produkce Škoda ML 3942 o výkonu 340 kW. [37] Přenos točivého momentu je zajištěn mechanickým systémem, který musí zvládat nejen přenos sil, ale i vzájemné pohyby mezi odpruženým rámem podvozku a neodpruženým dvojkolím. Motor i převodovka jsou plně spojeny a zavěšeny na rámu podvozku. Hřídel však nepohání nápravu přímo. Místo toho prochází moment přes zubovou, nebo membránovou spojku a torzní hřídel.



Obrázek 2-38 Motor Škoda ML 3942 [67]

Převodovka je jednostupňová s čelním šikmým ozubením. Mazání je zajištěno broděním s kanálky přivádějícími olej ložiskům. Vzhledem k širokému rozsahu provozních teplot se využívají syntetické převodové oleje s vysokým viskózním indexem.

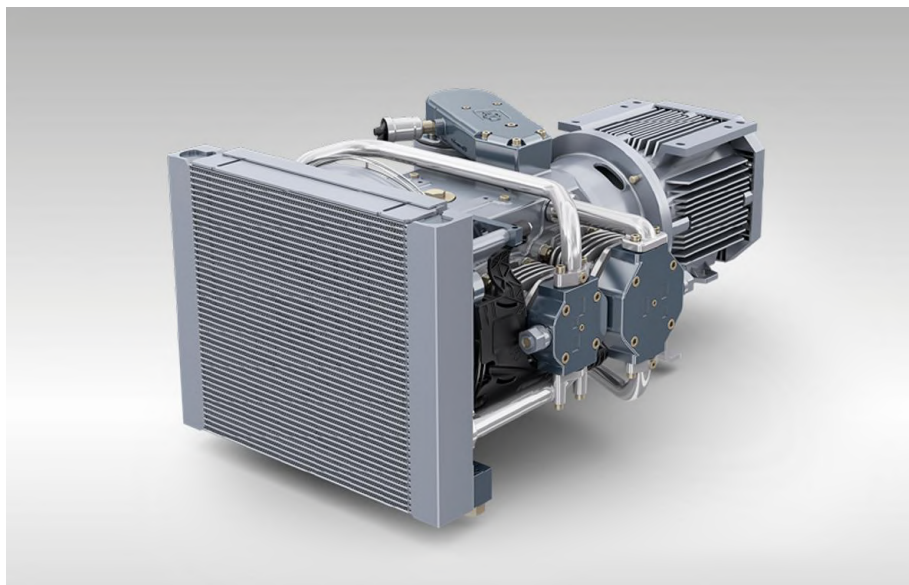
Brzdový systém a pneumatika

Brzdový systém vychází z požadavků vozidla na maximální rychlosti 160 km/h a následnou absorpci kinetické energie vlaku v krátkém čase. Podle norem mezinárodní železniční unie a EN norem musí vozidlo disponovat několika nezávislými brzdovými okruhy. Selhání jedné komponenty totiž nesmí vést k úplnému výpadku brždění. Brzdná vzdálenost z rychlosti 160 km/h musí být na stanovené dráze (cca 1 000 m) a opakované brždění nesmí vést ke snížení účinnosti. [38]

Zdrojem energie pro pneumatický brzdový systém, vypružení, ovládání dveří a další pomocné systémy je vzduch stlačený kompresorem. V prvním stupni je vytvořen tlak cca 2 bar, následně je vzduch ochlazen a stlačen ve druhém stupni na konečný tlak 10 bar. Stlačený vzduch je nasycen vodní parou s má vysokou teplotu. Pokud by vstoupil přímo do brzdového systému, došlo by při ochlazení ke kondenzaci vody, což by mohlo vést k totálnímu selhání brzd. Z toho důvodu se jednotky vybavují dochlazovačem a sušičkou.

Využívají se mechanické třecí brzdy kotoučového typu, které mají stabilní součinitel tření. Jejich umístění je odlišné na motorových a hnaných podvozcích je odlišné. Na hnacích není místo pro klasické brzdové kotouče, a tak jsou disky montovány přímo na disky kol. U tažených podvozků jsou namontovány brzdy přímo na hřídel nápravy.

Další součástí tohoto systému je elektrodynamická brzda. Využívá principu reverzibility elektrického stroje, kdy při brždění přecházejí trakční motory do režimu generátoru. Poslední záchrana je poté magnetická kolejnicová brzda. Využívá se jako záchranná brzda, nebo při rychločinném brždění.



Obrázek 2-39 Kompressor Knorr-Bremse [68]

Packaging

Při navrhování exteriéru nelze design oddělit od výrobní reality. Čelo vozidla je komplexní sestavou sklolaminátových díků, ocelových výztuh a optických systémů. Každá část přitom plní svou funkci a podléhá patřičným požadavkům.

Základním konstrukčním prvkem je elastické lepení. Přejít od mechanického spojování je zapříčiněn snížením hmotnosti a eliminací únavových trhlin v hliníkové konstrukci. Proces lepení se řídí normou ČSN EN 17460, která definuje lepení jako proces, jehož kvalitu nelze dobře ověřit nedestruktivním zkoušením. Z toho důvodu se vyžaduje absolutní kontrola procesu. Spoje se zde dělí do tří kategorií podle následků jejich selhání. Do třídy A1 s nejvyšším bezpečnostním rizikem se řadí ztráta čelního skla za jízdy, uvolnění střešního panelu a podobně. Do A2 se řadí například ztráta těsnosti bočního okna a do třídy A3 s nejnižším rizikem bychom mohli zařadit například odlepení dekorativní lišty. [39]

Okna se tedy lepí přímo na nalakovaný hliníkový rám, což s sebou nese pár problémů. Jelikož mají oba materiály výrazně odlišné rozdíly tepelné roztažnosti, musí lepidlo být schopno pracovat se smykovou deformací a musí tomu být také uzpůsobena také velikost vrstvy (cca 7 mm). [40]

Pro čelní masku se využívá kompozitních dílů z plastu vyztuženého skelnými vlákny (GRP). Tyto díly nejsou funkční z hlediska srážky, ale plní funkci estetickou, aerodynamickou a funkci nosiče světel. Výroba probíhá metodou ruční laminace, nebo vakuové infuze. Konstrukce je často sendvičová s pěnovým jádrem, což zvyšuje tuhost při zachování nízké hmotnosti. [41]

Montáž dílu na kovovou karoserii opět vyžaduje řešení rozdílné teplotní roztažnosti, vibrace a výrobní tolerance. Pro správné upevnění masky se využívá systému nastavitelných konzol, které se před dotažením dají přizpůsobit tak, aby vše sedělo. Oválné otvory umožňují posuv před dotažením. Mezi konzolou a laminátem jsou vloženy pryžové silentbloky, které chrání před vibracemi a částečně eliminují pnutí.



Obrázek 2-40 Nastavitelná sada pro uchycení čela [69]

Moderní jednotky využívají LED technologii osvětlení. Tyto moduly se nemontují do laminátu, ale jsou uchyceny přímo do konstrukce kabiny. Laminátová maska je vybavena pouze výřezy a těsněním.

Hliníková karoserie musí odolávat korozi a zachovat si dokonalý povrch po celou dobu provozu osobního vlaku, tedy přes 30 let. Tomu odpovídá i jejich povrchová úprava. Před lakováním prochází skříň mechanickým otryskáním, které sjednotí drsnost povrchu a dále chemickým čištěním. Následuje antikorozní epoxidová základ a poté proces vyrovnávání nerovností pomocí epoxidových tmelů. První se stěrkou nanáší hrubý tmel, který se později brousí excentrickými bruskami. Následuje jemný tmel sloužící k zaplnění pórů v hrubém tmelu, a nakonec stříkací tmel, který po jemném broušení vytvoří jednotlivou vrstvu. Poté je na řadě nátěr. Ten se skládá z primeru, plniče, báze a čírého laku. Poslední vrstva čírého laku slouží jako ochrana proti graffiti. [42]



Obrázek 2-42 Automatické lakovací centrum [42]



Obrázek 2-41 Manuální lakovací centrum [42]

Osvětlení

Meze vnějšího osvětlení vlaku určují opět dokumenty TSI, které zpracovává norma ČSN EN 15153-1. Čelní světlomety musí být tvořeny dvěma bílými světly na čele vlaku o teplotě cca 4 000 K. Jejich výška nad temenem kolejnice musí být v rozmezí 1 500 až 2 000 mm. Díky umístění v těchto hodnotách světla příliš neoslňují a konstrukčně vychází do oblasti pod čelním sklem. Rozteč mezi středy musí být minimálně 1 000 mm. V ose světlometu je při plné síle vyžadována svítivost v rozmezí 12 000 až 70 000 cd. Je však vhodné směřovat spíše k horní hranici, aby byla nasvícená vzdálenost co nejvyšší. Pro tlumená světla, využívána při míjení vlaků je rozsah snížen na 2 000 až 15 000 cd.

Celkově musí být obě čela označena světelným trojúhelníkem. Horní návětní světlo musí být umístěno centrálně nad čelním sklem, čímž se zbylými světly tento tvar vytvoří. Na rozdíl od světlometů, které mají spíše užší světelný kužel, u návětních světel je široký, aby byl vlak viditelný i z boku. Rozsah svítivosti je zde 300 až 700 cd.

Pro červená koncová světla jsou požadavky nejnižší. Musí být jasně viditelná, avšak ne jasná, aby nebyla zaměněna za traťový signál STOP. Rozmezí je 15 až 100 cd. Odstín odpovídající vlnové délce cca 630 nm. [43]

Často je aplikováno řešení sdružených svítidel, které má v sobě integrováno více funkcí. V sekci jedna je čelní světlomet využívající projektorovou čočku při maximální dosvit, který obstarává tzv. *full beam* i *dimmed beam*. Druhá sekce bývá tvořena LED diodami a obstarává bílé návětní světlo a koncové červené.

Materiál krycího skla světlometu bývá polykarbonát (PC). Ten musí být opatřen ještě ochrannou vrstvou, která jej chrání před abrazí z okolního prostředí, která by vedla ke zmatnění krytu a následnému rozptylu světla. Také je potřebná UV stabilizace, aby kryt nežloutl a neměnilo se tak vyzařované barevné spektrum.



Obrázek 2-43 Světlomet Pesa Elf [70]

2.2.4 Ergonomie

Výhled z kabiny

Ergonomie a lidský faktor jsou velmi důležité aspekty, na které se při návrhu exteriéru elektrických jednotek musí dbát. Funguje jako rozhraní mezi strojem a třemi skupinami uživatelů: strojvedoucím, personálem údržby a cestujícími.

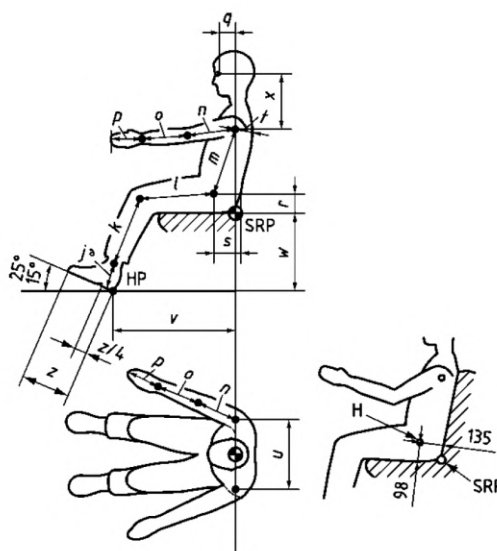
Jedním z nejdůležitějších aspektů čela je zajištění adekvátního výhledu pro strojvedoucího. Touto problematikou se zabývá norma ČSN EN 16186-1+A1, která definuje geometrické a optické požadavky na čelní skla. Základem ergonomické analýzy je definice referenčního bodu oka (ERP), který reprezentuje virtuální bod v prostoru a polohu očí strojvedoucího při zaujetí správné ergonomické polohy na sedadle. [44]

Rozměry v milimetrech

	Min.	Max.
j^a	107	126
k	353	457
l	377	473
m	411	498
n	257	312
o	223	266
p	170	221
q	78	90
r	75	101
s	105	121
t	104	131
u	295	387
v	450 až 550	600 až 700
w	390 až 405	470 až 510
x	232	261
z	220	290
^a Zahrnuje přídavek 30 mm pro boty.		

Legenda

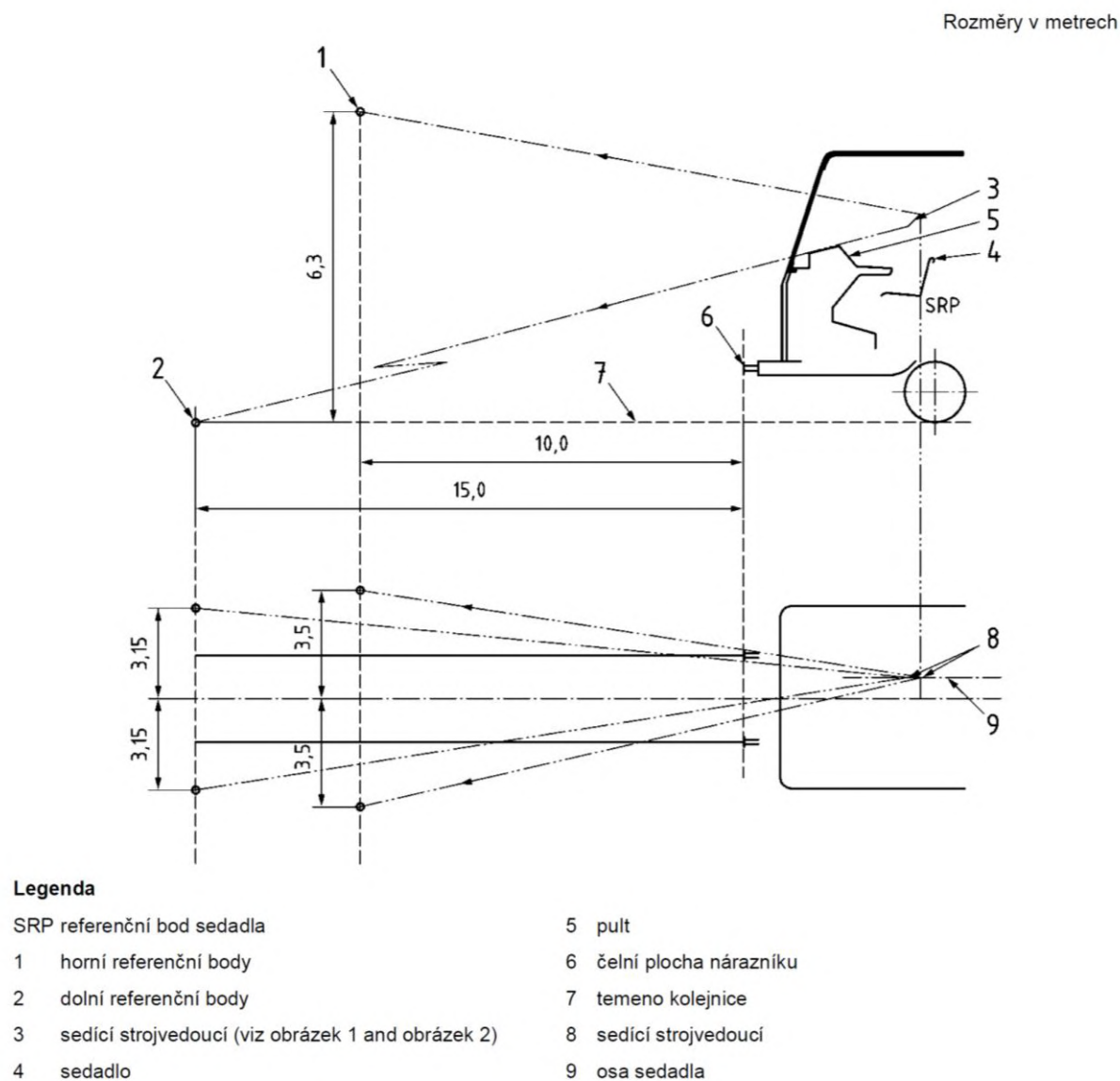
- H vztažný bod kyčle: ISO 20176:2011
- HP bod paty (nejnižší zadní bod paty)
- SRP referenční bod sedadla
- z/4 neohebná část podrážky



Obrázek 2-44 Sedací tělesné rozměry [44]

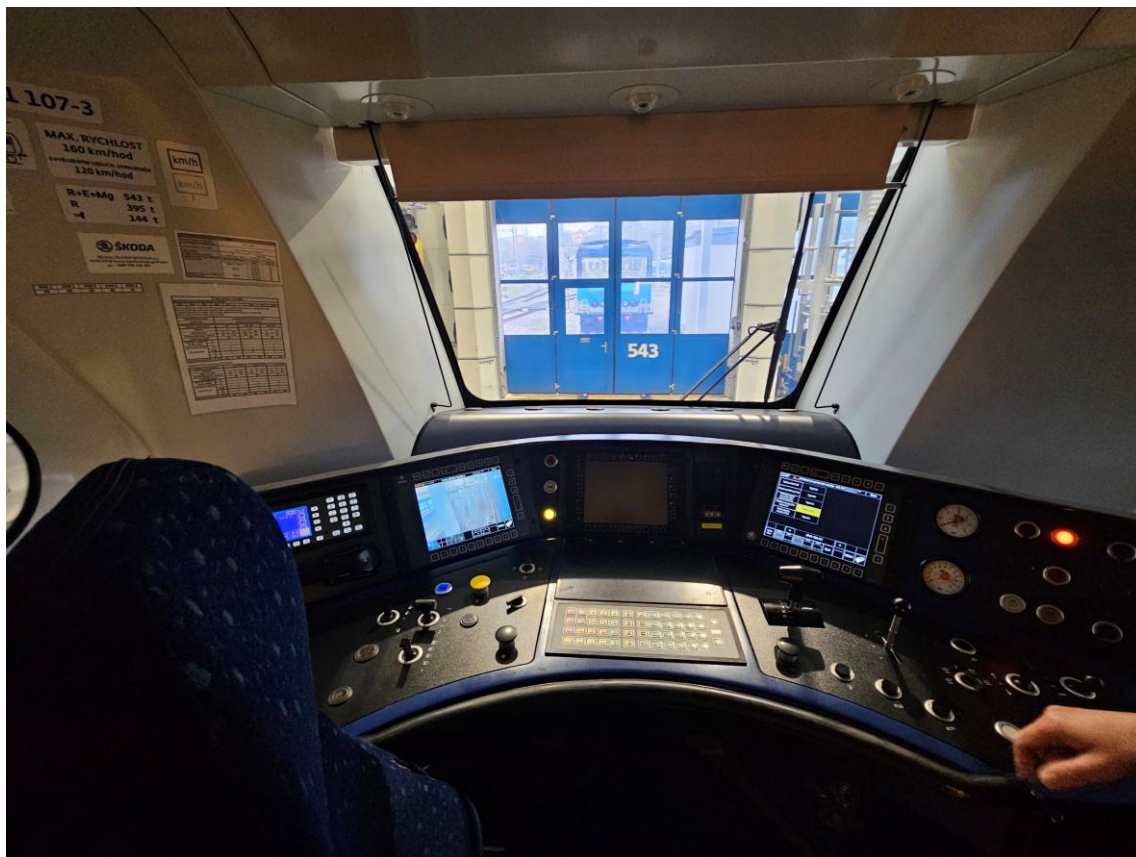
Poloha očí je definována vzhledem k referenčnímu bodu sedadla, tedy 635 mm nad ním. Norma počítá s binokulárním viděním a definuje tak dva body vzdálené od sebe 65 mm, symetricky rozmístěny kolem osy řidiče. Protože populace řidičů vykazuje značnou variabilitu, normy vyžadují, aby konstrukce kabiny umožňovala nastavení sedadla tak, aby se polohy očí dostaly osoby od 5. percentilu (malá žena) až do 95. percentilu (vysoký muž). V praxi tedy musí být čelní sklo navrženo tak, aby i malá žena viděla přes hranu pultu návěstidlo těsně před vozem a zároveň aby vysoký muž neměl výhled zakryt horní hranou okna.

Jelikož jsou skla vysoká, většinou je kritickým parametrem spodní tzv. *úhel odříznutí*. Ten nemusí ovlivňovat pouze velikost okna, ale také výška ovládacího pultu. Norma uvádí, že řidič musí být schopen vidět na zem před špičku vlaku ve vzdálenosti alespoň 15 metrů. V protipólu je potřeba vidět bod ve vzdálenosti 6,3 m ve vzdálenosti 10 m. [44]



Obrázek 2-45 Předepsaný výhled strojvedoucího [44]

Horizontální výhled je často omezen A-sloupky, které musí mít masivní konstrukci z důvodu splnění normy ČSN EN 15227. Kvůli tomu mohou vznikat tzv. *mrtvé úhly*. Viz. obrázek 2-46 je vidět, kolik venkovního prostoru tyto bezpečnostní prvky zakryjí.



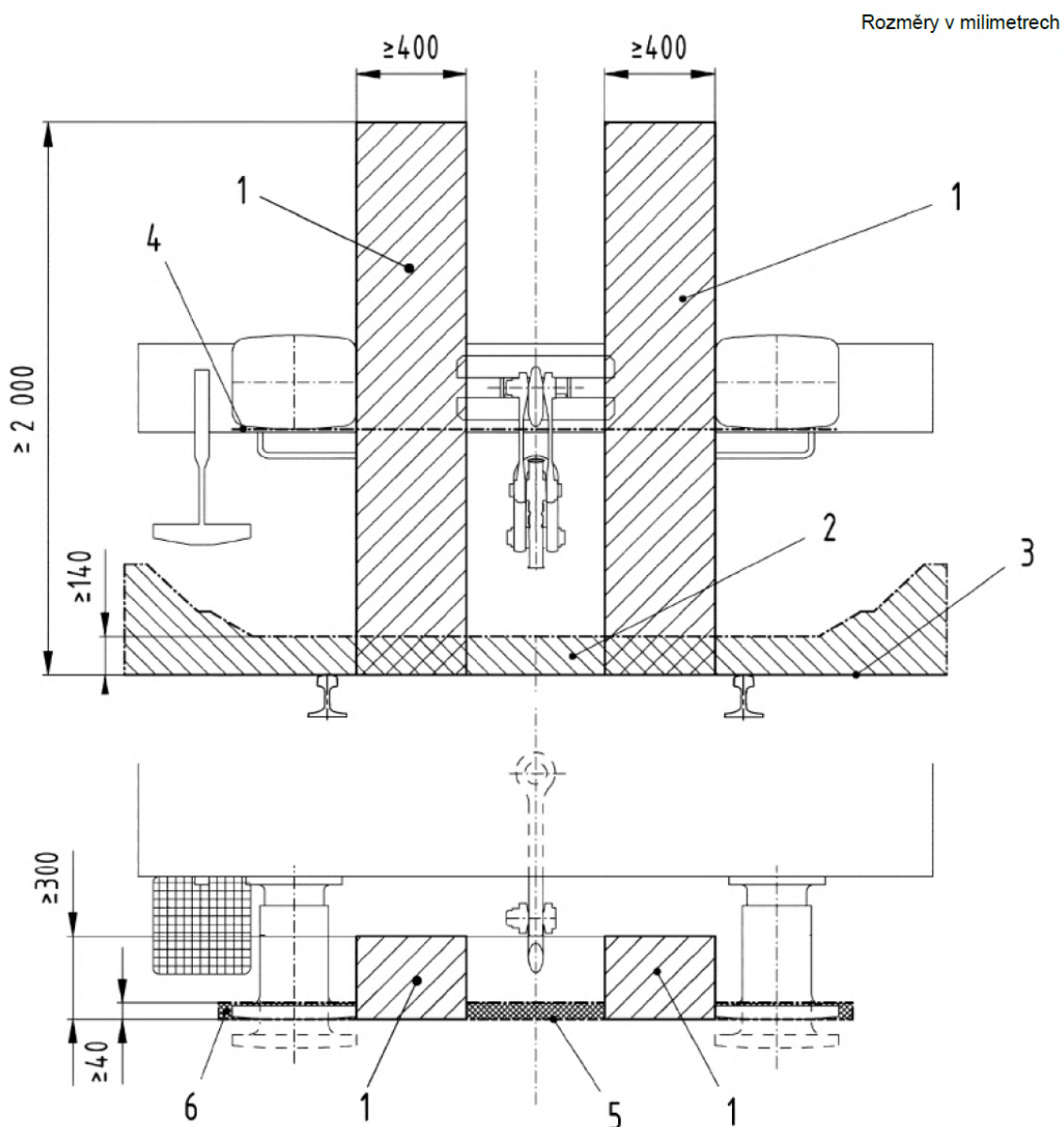
Obrázek 2-46 Vnitřek kabiny RegioPanteru

Pro zaručení dobrého výhledu tedy nejsou stanoveny pouze zorné úhly, ale také minimální rozměry skleněné plochy (šířka 800 a výška 600 mm). Také sklon čelního skla má vliv na kvalitu vidění. Zatímco z aerodynamického hlediska se preferuje plošší úhel, pro lepší optické vlastnosti je lepší kolmost. Vzdálenost očí strojvedoucího k čelnímu sklu musí být v rozmezí 500 až 1 715 mm s doporučeným maximem 1 500 mm. Kabiny musí mít také alespoň jedno boční otevírací okno na každé straně pro komunikaci s pozemním personálem. Jejich minimální rozměry jsou 200 x 300 mm. [44]

Údržba a manipulace

Zatímco ergonomie řidiče se řeší často, údržba exteriéru je také podstatný faktor, který může při správném designu snížit provozní náklady a zvýšit bezpečnost personálu. Vzhledem k výšce vozidla je obtížný přístup ze země. Často se tak na potřebná místa umisťují madla, či stupačky, které proces pravidelné údržby usnadňují a zrychlují.

Ve standartním provozu je potřeba dbát na bezpečnost především při posunu a spojování vícero jednotek. Tzv. *Bernský prostor* je volný prostor na čelech vozidel, který musí zůstat prázdný pro bezpečnou práci pracovníka. Tyto rozměry předepisuje norma ČSN EN 16839. Minimální vyžadované rozměry jsou šířka 400 mm na každou stranu od osy spřáhla, výška 2 000 mm a hloubka 300 mm. Zde nesmí být umístěna ani madla, či stupačky, aby na tomto místě mohl člověk bezpečně stát. [45]



Legenda

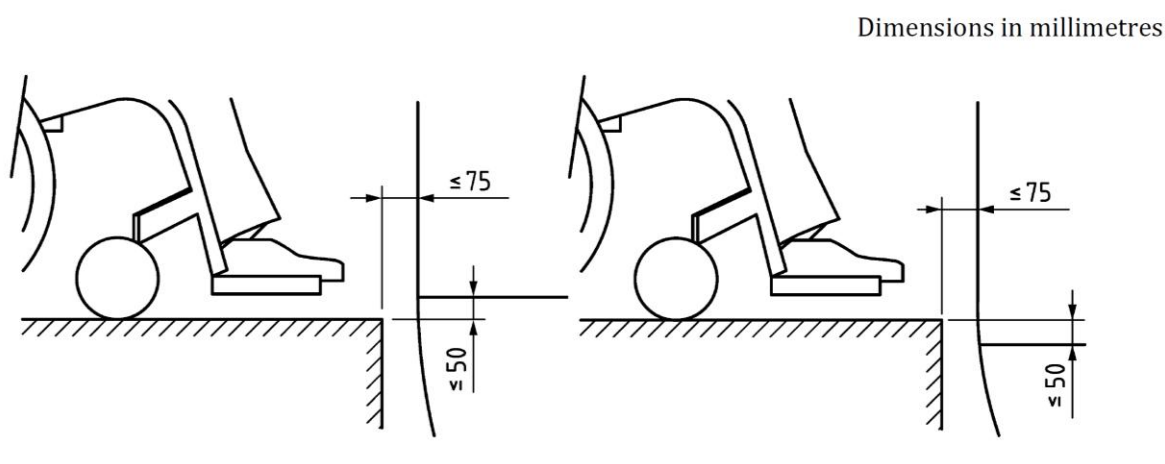
- 1 volný prostor pro posunovače (Bernský prostor)
- 2 volný prostor nad jízdní plochou bez pohyblivých dílů (např. šroubovky, spojky)
- 3 jízdní plocha
- 4 spodní hrana talíře nárazníku
- 5 kontaktní rovina plně pružně stlačeného nárazníku
- 6 volné plochy bez pevných zařízení za talířem nárazníku nad jeho spodní hranou

Obrázek 2-47 Povinné volné prostory na čele [45]

Přístupnost pro cestující

Jedním z nejdůležitějších předpisů pro jsou TSI PRM (Technical Specifications for Interoperability – Persons with Reduced Mobility). Ten zajišťuje, aby bylo vozidlo použitelné pro osoby na vozíku, nevidomé, starší osoby, či rodiče s kočárky. Podmínky pro splnění zpracovává normy. Pro tuto práci jsou relevantní ČSN EN 16584 a ČSN EN 16586-2.

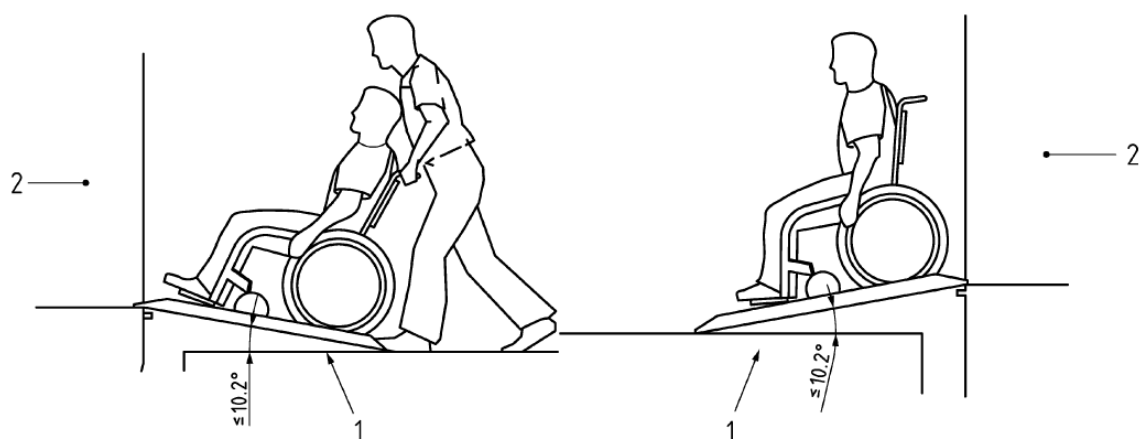
ČSN EN 16586 je rozdělena do několika částí. Její druhá část se zabývá mezerou mezi nástupištěm a vlakem, specifikuje zařízení, která tuto mezeru eliminují a určuje podmínky pro nástup. Prvním parametrem, který je zde určen jsou minimální rozměry hlavních dveří. Ty jsou stanoveny na výšku 1 950 mm a šířku 1 000 mm. Vzdálenost vlaku od nástupiště je stanovena na maximálně 75 mm v horizontální rovině a 50 mm ve vertikální. Na hranách jsou také často pryžové povlaky, aby neproklouzlo například kolečko vozíku. [46]



Obrázek 2-48 Maximální mezera pro nástup do vlaku [46]

V případech, kde nemůže být tato přístupnost zajištěna musí být poskytnuta pomoc v podobě výsuvného schodku nebo rampy. Pro nájezdové rampy platí, že musí být dodržena minimální šířka 800 mm s tím, že při šíři menší než 1 000 mm musí být opatřena o 50 mm vyvýšenými hranami bránícími pádu. Dále sklon nesmí překročit $10,2^\circ$, aby bylo zajištěno bezpečné používání. Rampa také musí být schopna unést zatížení 300 kg. Pokud podmínky nevyhovují ani využití rampy, musí být použit výtah. Všechny hrany musí být navíc označeny podle následující normy. [46]

Norma ČSN EN 16584 je také rozdělena do více částí. Ta první se zabývá kontrastem a bezpečnostním značením. Zaměřuje se na hodnotu odrazivosti světla LRV, jejíž teoretická stupnice je od 0 do 100. V reálném prostředí se samozřejmě nenachází povrchy, které by všechno světlo odrazily, či pohltily. Černé materiály se pohybují okolo hodnot odrazu 6, zatímco čistě bílá okolo 80. Tato norma tedy stanovuje minimální rozdíl hodnot LRV mezi předmětem a jeho pozadím podle tabulek v jejich přílohách. [47]

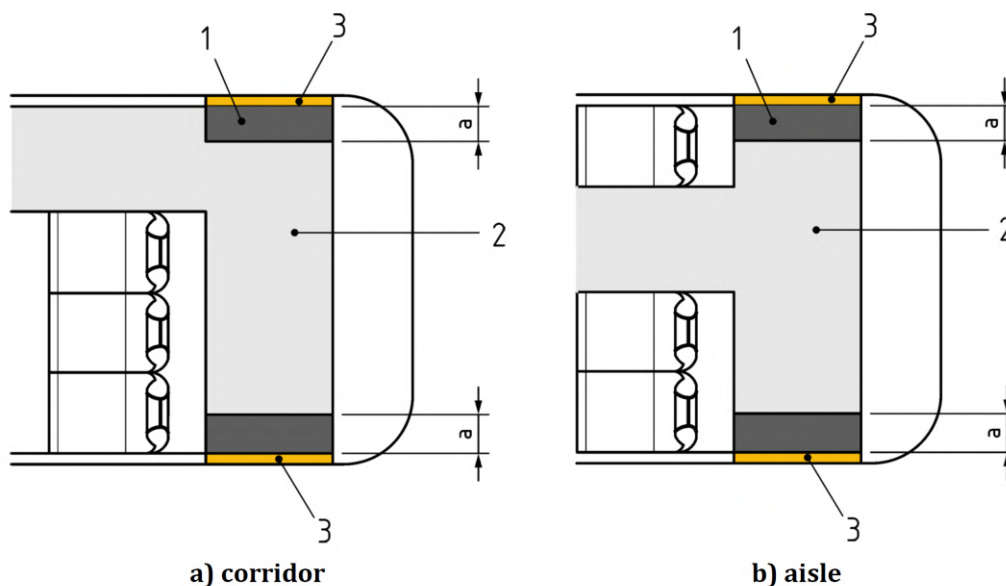


Key

- 1 platform
- 2 train

Obrázek 2-49 Maximální sklon rampy pro vozíčky [46]

Jsou zde také lemovány minimální rozměry lemování ovládacích tlačítek a kontrastní značení na podlaze u dveří. V případě, kde se jedná o nízkopodlažní přístup, stačí aby byly kontrastní pásy široké 45 až 55 mm doplněny o druhou úroveň kontrastu v podobě pásu o minimální šířce 200 mm. Pokud by se jednalo o případ jednotky, kde jsou pro nástup používány schody, musela by být přidána ještě další úroveň značení. [47]



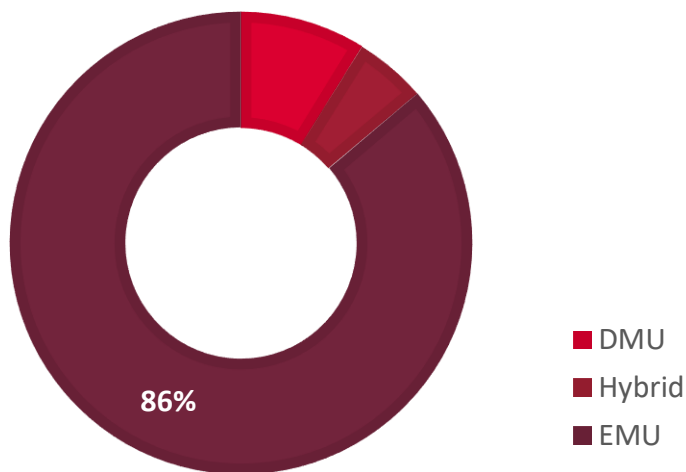
Key

- 1 contrasting floor area
- 2 rest of the flooring of the vehicle
- 3 contrasting band
- a 200 mm minimum

Obrázek 2-50 Minimální značení hrany dveří [47]

2.3 Shrnutí hlavních zjištění

Na závěr rešerše se patří poohlédnout a zhodnotit zjištěné informace a vyvodit závěry. Téma elektrické jednotky jako takové je velmi perspektivní. I když se nejedná o zcela novou technologii, získává stále větší využití a stoupá i zájem. Ukazuje to i celosvětově rostoucí trh s kolejovými vozidly, kde právě elektrické jednotky jsou oním tahounem. [48] Obzvláště v Evropě dochází k jejich rozvoji. Důvodem je tlak na snižování emisí a také normy TSI, které tlačí na inkluzivitu a s ní spojený nízkopodlažní nástup do vlaku.



Obrázek 2-51 Trh kolejových jednotek podle typu pohonu [48]

Při analýze evropských souprav vyplynul jednoznačný vzor designu pro jednotlivé výrobce a země. Výrobci jako Stadler a Siemens jdou nejčastěji stylem pragmatického minimalismu. Vlak nemá jasný výraz, což však nebrání jeho projevu a žádným způsobem mu to neškodí, spíše to vyzvedává funkčnost a čisté linie. Zároveň je například jednotka FLIRT 160 perfektním příkladem, že i málo stačí k tomu, aby bylo vozidlo okamžitě spojováno s výrobcem. Takové jednotky mají větší úspěch v zemích jako je Německo, či Švýcarsko a ukazuje to na fakt, že se zde preferuje efektivita nad zdobností.

Druhou stranou evropské designové mince představují výrobci typu Pesa či Newag. Ti se snaží v pozorovateli vyvolat emoce a dát vlaku jasně identifikovatelný výraz. Tento přístup je velmi populární například v Polsku, kde mají stejně jako v Itálii a Francii rádi dynamičtější jednotky a větší sklon čel. Bohužel se však v mnoha případech tohoto stylu může objevovat dražší, či pracnější údržba nebo menší důvěryhodnost, což brání většímu rozšíření.

Na pomyslné hraně se objevuje Alstom. Jakožto největší výrobce v Evropě si může dovolit postavit na jedné platformě vlaky s odlišnou karoserií a cílit tak na vícero zemí. Svůj model Coradia Stream, který původně zaznamenal s velmi organickým a expresivním tvarováním ohromný úspěch v Itálii, proměňuje do několika střidmějších a techničtějších variant. Díky tomuto přístupu se mu podařilo prodat některé jednotky i do Dánska, či Německa.

Samotný návrh už je velmi složitá záležitost. Výsledek totiž podléhá nespočtu vyhlášek a norem. Jsou řízeny nejen celkové rozměry, ale také mnoho pevných bodů čela. Příkladem je umístění a síla světel, poloha spřáhla a pozice absorberů. Vše musí navíc splňovat předpisy deformační, bezpečnostní a ergonomické jak pro strojvedoucího, tak údržbu. Celkově se tak jedná o složitou disciplínu, která kloubí dané body, s proveditelnou výrobou a proměnlivým vkusem cestujících v Evropě.

2.4 Identifikace novosti a příležitostí

Ačkoli z rešerše nevzešly jasné možnosti pro nové přístupy, nejedná se o špatnou zprávu. Drážní průmysl je velmi konzervativní a nemusel by tuto změnu přijmout. Neznamená to však, že na současném trhu neexistují příležitosti, kterých by se tento návrh mohl chopit.

Hlavní příležitostí je navrhnout elektrickou jednotku, která se pokusí splnit požadavky obou pólů evropského vkusu. Eliminovat roztržičnost expresivních čel a navrhnout je tak, aby působilo unifikovaně, s promyšleným rozmístěním dělicích spár. Zároveň musí být design dostatečně zajímavý pro vkus jižních států. Evokovat dynamiku a rychlost, stejně jako solidní konstrukci a spolehlivost pro země západu kontinentu.

Málo výrobců také experimentuje se světly. Samozřejmě, že jejich hrubá pozice je dána, ale forma ohraničení a zakomponování do karoserie už je poměrně volná. Jedná se přitom o podstatný aspekt čela a není vhodné, aby byl jeho vzhled konformní napříč výrobci a zeměmi. Bude se však jednat o hledání rovnováhy mezi klasikou a přehnaným experimentem, který můžeme pozorovat u jednotky Caravaggio.

Velkým prvkem, který bude potřeba zvládnout není jen čelo, ale také střešní bočnice, které z nástupiště udržují estetiku vlaku na úrovni a skrývají před cestujícími neestetické funkční komponenty na střeše. Jejich integrace bude klíčová pro dojem, který na stanici vlak zanechá, protože se jedná o stranu, ze které bude vlak vnímat velký počet lidí, kteří dobíhají na perón až po příjezdu jednotky.

3 CÍLE PRÁCE

Tato kapitola má za úkol definovat základní klasifikaci produktu, popsat zájmy a potřeby zákazníka a spotřebitele, definovat trh, cenu a výrobní technologie. Na základě předchozí kapitoly zde také bude vyvozen závěr z rešerše a výstupy ve formě hlavních a dílčích cílů, této práce. Jedná se o velmi důležitou kapitolu, která určuje směr, jakým se bude tvůrčí proces ubírat a také jaké problémy zde budou řešeny.

3.1 Vymezení problému

3.1.1 Název produktu a jeho klasifikace

Elektrická jednotka je kolejové vozidlo, fungující na elektřinu, využívané pro přepravu osob převážně v regionální a meziměstské dopravě. Jedná se o nedělitelnou soupravu vozů, která má adekvátní počet a rozmístění trakčních motorů. Ty jsou uloženy přímo v podvozku vlaku, čímž je maximalizován vnitřní prostor pro cestující. Čelo jednotky má jednu hlavní funkci a dvě vedlejší. Bezpečnost, která definuje hrubý vzhled jednotky a vnitřní konstrukci. A dále aerodynamická a estetická funkce.

Jedná se o investiční statek, který je určen pro dlouhodobé užívání. Konkrétněji o strojírenský produkt, který je předmětem B2B trhu a jehož vývoj podléhá přísným legislativním normám. Je taktéž předmětem strategických požadavků jednotlivých dopravců.

3.1.2 Specifikace zákazníka

Zákazníkem je dopravní společnost národního, regionálního, či soukromého charakteru, která se specializuje na veřejnou železniční dopravu na meziměstských linkách a aglomeracích. Jejím cílem je modernizace svého vozového parku a zvýšení konkurenceschopnosti. Prioritou je zde vysoká provozní spolehlivost.

Z hlediska designu exteriéru klade zákazník důraz na vizuální identitu. Ta zde nebývá často docílena odlišným modelem elektrické jednotky, ale spíše grafikou společnosti. Proto musí být krytování navrženo tak, aby bylo kompatibilní s vícero grafickými identitami různých dopravních společností.

Důležitá je také praktičnost řešení čela. Z hlediska proudění vzduchu zde u rychlostí do 160 km/h není příliš mnoho požadavků, avšak nesmí zde vznikat vzduchové kapsy. [49] Zároveň musí být umožněna snadná čistitelnost, minimalizace ploch, kde by mohly v zimních obdobích vznikat nánosy sněhu, a možnost rychlé výměny komponentů v případě běžných poškození, či střetů se zvěří.

3.1.3 Specifikace spotřebitele

Spotřebitelem je v tomto případě kraj, či různé dopravní společnosti. Elektrická jednotka pro ně představuje dlouhodobou strategickou investici. Klíčová je proto silná vizuální identita, která bude reprezentovat rozvoj regionu a také zvyšovat atraktivitu služby v očích veřejnosti.

Dále je kladen důraz na minimalizaci finančních nákladů na životní cyklus jednotky. Exteriér, a především čelo, jsou denně vystavovány intenzivnímu namáhání. Je tedy vyžadován design, který je nejen esteticky poutavý, ale především funkční. Ideálním výsledkem by tedy byl návrh, který najde nejlepší rovnováhu mezi atraktivním vzhledem, provozní efektivitou a robustností v provozu.

3.1.4 Specifikace primárního uživatele

Jako primární uživatel byl stanoven strojvedoucí. Pro něj je elektrická jednotka každodenním pracovištěm. Z hlediska designu čela je pro něj klíčový nezakreslený a široký výhled na trať a návěstidla, což by znamenalo minimalizaci šířky sloupků.

Kromě samotného řízení vlaku přichází primární uživatel do přímého fyzického kontaktu s exteriérem během předepsaných technických kontrol. Návrh tedy musí obsahovat i funkční prvky, jakými jsou skrytá madla a podobně. Dále pracovník od čela očekává, že bude plnit funkci ochranného štítu, který mu v případě kolize s jinou soupravou, či překážkou na trati poskytne maximální šanci na přežití.

3.1.5 Specifikace sekundárního uživatele

Sekundárním uživatelem je servisní technik a pracovník údržby. Jeho interakce s vozidlem je čistě pragmatická. Exteriér elektrické jednotky pro něj nepředstavuje estetický objekt, ale soubor technologií, které je nutné udržovat v bezchybném každodenním chodu. Hlavním cílem je zde provést potřebné kontroly a opravy v co nejmenším provozním čase, aby byla minimalizována doba odstávky v depu.

Pro tyto úkony je potřeba, aby se jim design do určité míry podřídil. Patří zde snadná výměna spotřebních dílů, jako jsou například moduly vnějšího osvětlení, doplňování kapalin, čištění kritických prvků a podobně.

Podstatným požadavkem sekundárního uživatele je jednoduchá demontovatelnost. Při poškození laminátových krytů, či nárazníků se očekává intuitivní dělení a systém uchycení, který nevyžaduje pro jednotlivé části jiné nářadí, nebo odlišné přístupy. Řešení designu spár tak přímo ovlivňuje náročnost a efektivitu práce technika. Na místě tedy bude ergonomické umístění stupaček a madel pro přístup k horním partiím karoserie.

3.1.6 Specifikace terciárního uživatele

Jako poslední, avšak neméně důležitý typ uživatele, byl stanoven cestující. Pro něj jednotka nepředstavuje pracovní nástroj, ale prostředek osobní dopravy. Je to právě on, kterého nejvíce ovlivní komfort a subjektivní vnímání kvality, což ve výsledku určuje ekonomický úspěch provozu. Jeho interakce s exteriérem vozu je čistě vizuální a komunikační. Jedná se pro něj o příslib kvality služby, která ho čeká uvnitř.

Uživatel při příjezdu vlaku, nebo příchodu na nástupiště podvědomě vozidlo hodnotí. Vzbuzuje to v něm určité emoce. A i když se pocity, které chtějí jednotlivé dopravní společnosti může lišit, na základech, jako je například bezpečnost, modernita a čistota se shodne drtivá většina. Ve výsledku tak tvarování čela a grafické řešení hrají zásadní roli ve vnímání konkrétního dopravce.

Nesmí také být opomíjeny požadavky cestujících se sníženou schopností pohybu a orientace. Jím by měl design jasně signalizovat bezbariérový přístup a navádět je ke vstupům do vozidla. Nástup do vlaku může být výsledkem různých okolností velmi hektický, a tak je důležité navigovat uživatele pomocí informačních tabulí přímo na boku vlaku, které mu mohou předat kritické informace.

3.1.7 Specifikace trhu, ceny a použitých výrobních technologií

Cílovým trhem navrhované elektrické jednotky je střední a západní Evropa. Jak již vyplynulo z rešerše, jedná se o trh velmi různorodý. V zemích, které mají své „národní“ výrobce vlakových souprav, bude ještě náročnější se prosadit, protože příslušné státy, ať už podvědomě nebo úmyslně, v otevřených tendrech upřednostňují právě tyto společnosti.

Na druhé straně fakt, že je poptávka po elektrických jednotkách akcelerována tlakem Evropské unie. Ta cílí na nízkoemisní mobilitu a zvyšování atraktivity hromadné dopravy. [4] Produkt necílí na segment vysokorychlostních vlaků, ale soustředí se na regionální a meziměstskou dopravu do rychlostí 160 km/h, která je páteří veřejného transportu.

S ohledem na velikost cílového trhu a dlouhou předpokládanou životností produktu byl optimisticky odhadnut celkový objem výroby na 150 kusů. Jedná se o přibližně polovinu doposud vyrobených jednotek RegioPanter od Škoda Transportation. Při tomto objemu už se dá mluvit o malosériové až středněsériové výrobě, což umožňuje investice do kvalitních forem. Pokud by však navržena elektrická jednotka slavila úspěch, může se konečný objem série velmi lišit. Pokud vezmeme v potaz bestseller, jakým je například řada FLIRT od Stadleru, tak ta dosáhla počtu vyrobených kusů přes 2700, [50] což ve výsledku náklady na výrobu ještě drasticky snižuje a vysoce zvedá zisk na jednom kusu.

Co se týče výroby exteriérových částí, v této chvíli není předpokládán žádný alternativní přístup. Nosná kostra kabiny bude svařována z ocelových profilů pro zajištění pevnosti a crash odolnosti. Vnější vrstva po bocích vlaku bude vyrobena z tažených a ohýbaných hliníkových plechů, které budou mezi sebou spojeny metodou FSW (friction stir welding). Na čelní masku se předpokládá využití kompozitních materiálů na bázi skelných vláken. Pro stanovenou velikost série se jeví jako ideální technologie vakuové infuze nebo RTM (resin transfer molding). Tyto metody umožňují dosáhnout i složitějších tvarů s vysokou přesností a kvalitou povrchu. Bonusem využití tohoto typu materiálů je navíc nízká hmotnost, která hraje zásadní roli při časté akceleraci vlaku. [49]

Stanovená cena je u těchto produktů velmi ovlivněna náklady na výrobu. Jelikož se jedná o stomilionové částky za jeden kus, nemá výrobce šanci požadovat marži v řádu několikanásobku výrobní ceny, jako je tomu například v jiných odvětvích byznysu. Navíc musí cenová politika reflektovat vysokou konkurenci na trhu. Očekávané výrobní náklady jsou předběžně stanoveny na 130 milionů korun. Pořizovací částka však není jediným rozhodujícím faktorem při výběru elektrické jednotky. Roli zde hraje i nákladnost na údržbu a provoz. Cílem je navrhnout produkt, jehož cena za sedadlo bude schopna konkurovat i velkosériovým platformám typu Stadler FLIRT, či Alstom Coradia. Pokud budou tyto základní požadavky splněny, bude pak jako rozhodující faktor design a provedení finálního produktu.

3.1.8 Vymezení problému

Při návrhu exteriéru kolejového vozidla čelí designér přímému rozporu tvůrčí svobody a technických požadavků. Prvním problémem je pevně dané vymezení prostoru, se kterým lze pracovat. Když k tomu připočteme také požadavky na crashovou bezpečnost, zjistíme, že designér zde netvoří volné dílo, ale v podstatě obléká pevně danou kostru plnou deformačních a funkčních členů. Každá odchylka vydobyta lepším vzhledem může být kontrována bojem o místo v kabině strojvedoucího.

Druhý rozměr problému je sociokulturní a estetický. Vzhledem k tomu, že je návrh mířen na trh střední a západní Evropy, musí výsledný vizuál počítat s velmi odlišnými preferencemi napříč jednotlivými státy. Zatímco německy mluvící země upřednostňují funkční, až strohý design, románské země preferují k fluidním a expresivním tvarům. Pro úspěšný návrh vozidla pro takto heterogenní trh bude potřeba vyřešit složitou rovnici mezi designem, který bude dostatečně zapamatovatelný, ale zároveň musí být atraktivní jak pro objednatele s konzervativnějším, tak progresivním vkusem.

Tabulka 3-1 Tabulka cílů, omezení, funkcí a prostředků

Charakteristika	C	O	F	P
Náprava přejatá z existujících jednotek		•		
Částečně nízkopodlažní konstrukce		•	•	
Dodržení vymezených rozměrů		•		
Dostatečné místo pro spřáhlo		•		•
Dobrý výhled strojvedoucího			•	
Splnění bezpečnostních norem pro kolize		•		
Ucelený vzhled	•			
Distinktivní design	•		•	
Návrh v rámci vizuálního jazyka Škoda Group		•		
Aerodynamické řešení odpovídající 160 km/h		•	•	
Jednoduchá výměna krytování		•	•	
Snadná údržba	•		•	
Osvětlení splňující normy		•		
Sdělovač informací pro cestující			•	•
Technologie výroby odpovídající 150 ks		•		
Aplikovatelnost různých barevných schémat	•	•		

3.2 Cíle vývoje

Tato podkapitola vytváří na základě analýzy trhu, zjištěných uživatelských potřeb a technických požadavků jasně definovaný hlavní a vedlejší cíle této práce. Na základě nich pak bude vytvářen designérský návrh.

3.2.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem této diplomové práce je navrhnout exteriér elektrické jednotky, který bude fungovat jako univerzální platforma pro železniční trh střední a západní Evropy. Vzhledem k tomu, že cílová skupina zahrnuje zákazníky s velmi variabilním souborem vkusů a preferencí, je prioritou vytvoření tzv. designové diplomacie.

Výsledný návrh by se neměl prezentovat vyhraněným stylem, který by mohl zavřít vrátka do některých oblastí. Spíše zde bude snaha o nalezení sofistikovaného, nadčasového designu, který umožňuje snadnou adaptaci pro konkrétního provozovatele. Návrh musí zůstat dostatečně charismatický a nepůsobit fádně a příliš „bez názoru,“ aby potenciální zákazníci upoutal a zůstal atraktivní po dobu životnosti vozidla přibližně třicet let.

3.2.2 Dílčí cíle

Pro usnadnění dosažení hlavního cíle byly stanoveny následující dílčí cíle, které obsahují požadavky funkční, estetické a technické:

- Vytvoření flexibilního vizuálního jazyka
- Vzhled v rámci mezí identity Škoda Transportation
- Aerodynamická optimalizace pro rychlosti do 160 km/h
- Nízká ekonomická náročnost na provoz a údržbu
- Integrace pasivní bezpečnosti
- Normovaný výhled a ergonomie exteriéru mířená na pasažéry
- Definice unikátního světelného podpisu
- Komunikace s cestujícími formou informačních systémů

4 KONCEPČNÍ NÁVRH

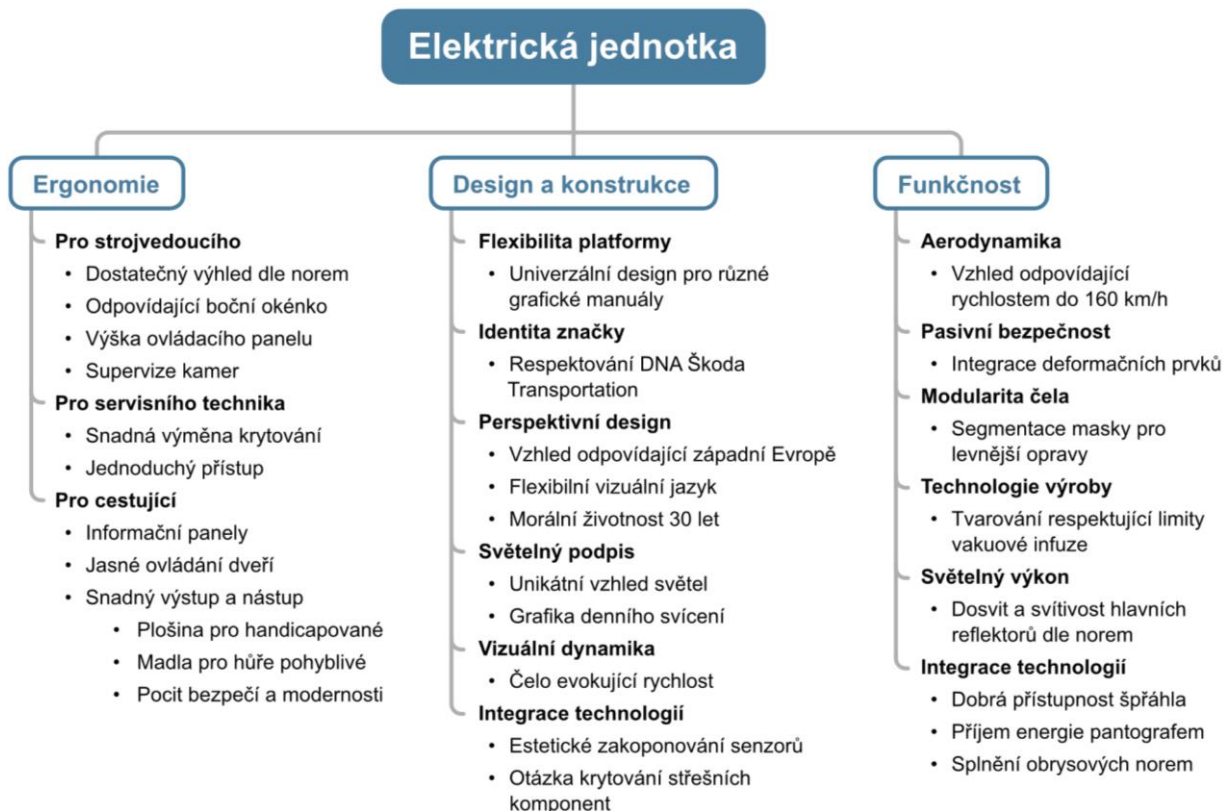
V této kapitole jsou přetransformována dosavadní teoretická východiska, stanovené cíle a technické požadavky do konkrétnějších vizuálních řešení. Proces postupuje přes rekapitulaci cílů a limitů až po tvorbu nápadů a vizuálů pro variantní návrhy. Cílem této kapitoly je prozkoumat různé přístupy k designu čela elektrické jednotky a následný výběr nejperspektivnějšího směru pomocí komparativní analýzy.

4.1 Analýza cílů a specifikace omezení

4.1.1 Specifikace cílů

Tato podkapitola slouží jako můstek mezi analytickou částí a praktickým navrhováním. Pro větší přehlednost byl vytvořen strom cílů. Ten vizualizuje již stanovené priority do formy nápomocné při fázi skicování. Cíle zde jsou logicky rozděleny do tří hlavních oblastí: Design a konstrukce, funkčnost a ergonomie.

Výsledný diagram slouží jako komplexní průvodce pro tvorbu a následné hodnocení variantních návrhů. Zajišťuje, aby žádný z klíčových aspektů nebyl opomenut.

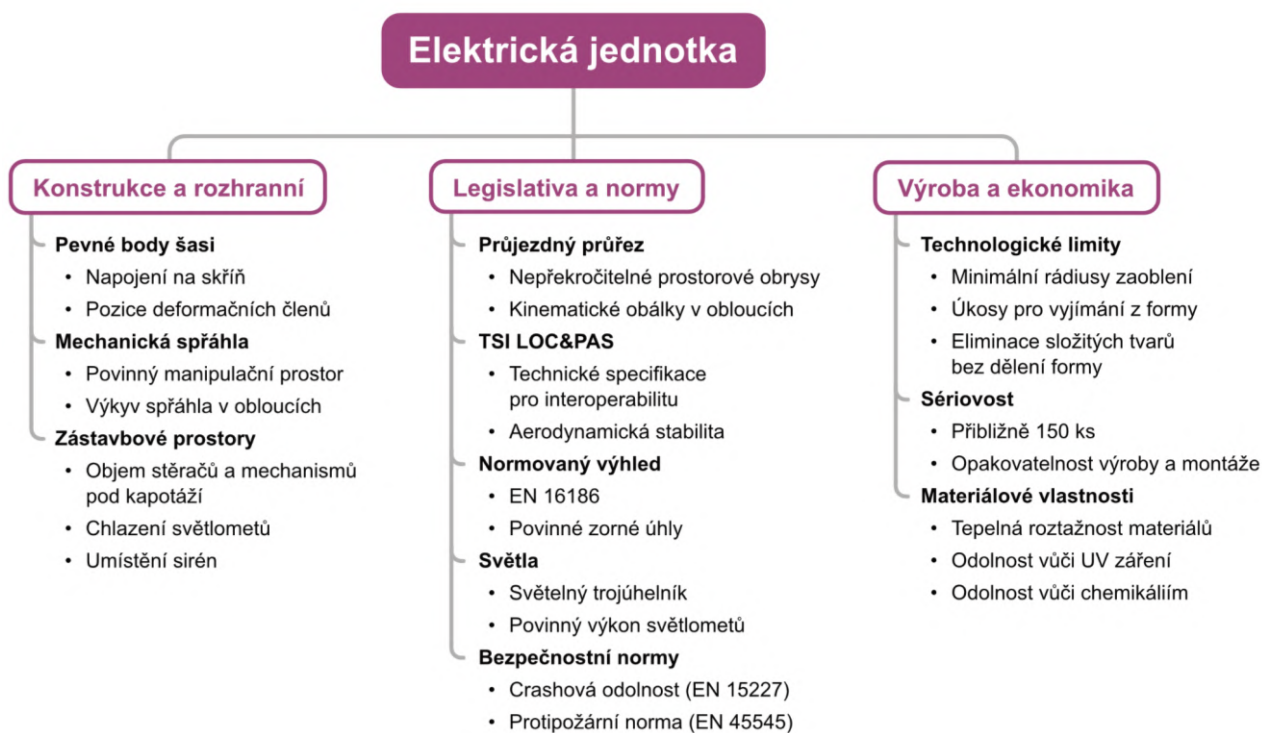


Obrázek 4-1 Strom cílů

4.1.2 Specifikace omezení

Zatímco předchozí podkapitola znázorňovala ambice projektu a ideální stav, zde jsou naopak vymezeny a vizualizovány nepřekročitelné hranice. V kontextu kolejových vozidel je tento soubor limitů daleko pevněji určen než například u automobilů. Je z velké části definován fyzikálními zákony, legislativou a výrobními možnostmi.

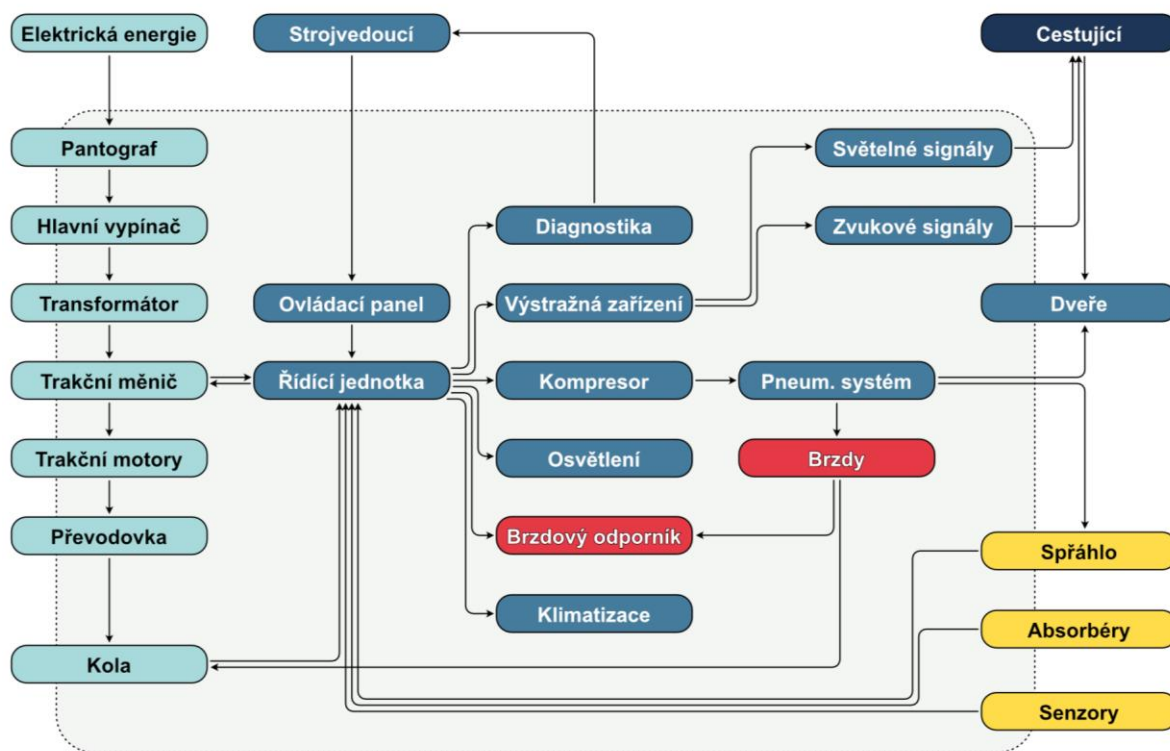
Nerespektování kteréhokoliv z těchto požadavků by vedlo k vytvoření produktu, který by byl neschopný homologace, nebo by byl ekonomicky, či výrobně nepřipustný. Pro přehlednost byl obdobně vytvořen strom omezení.



Obrázek 4-2 Strom omezení

4.2 Technická funkční analýza

V této části byly popsány a analyzovány jednotlivé funkční prvky a faktory působící na elektrickou jednotku. Hlavním účelem bylo znázornění jejich vztahů a vzájemných významů. Proto byl vytvořen schématický přehled, ve kterém byly komponenty systému rozmístěny tak, aby následovaly postup příkazů, ovládání a toku energie. Vznikly jednotlivé „proudy“, které se v určitých místech navzájem křížují a vytváří tak síť pomyslného funkčního produktu.



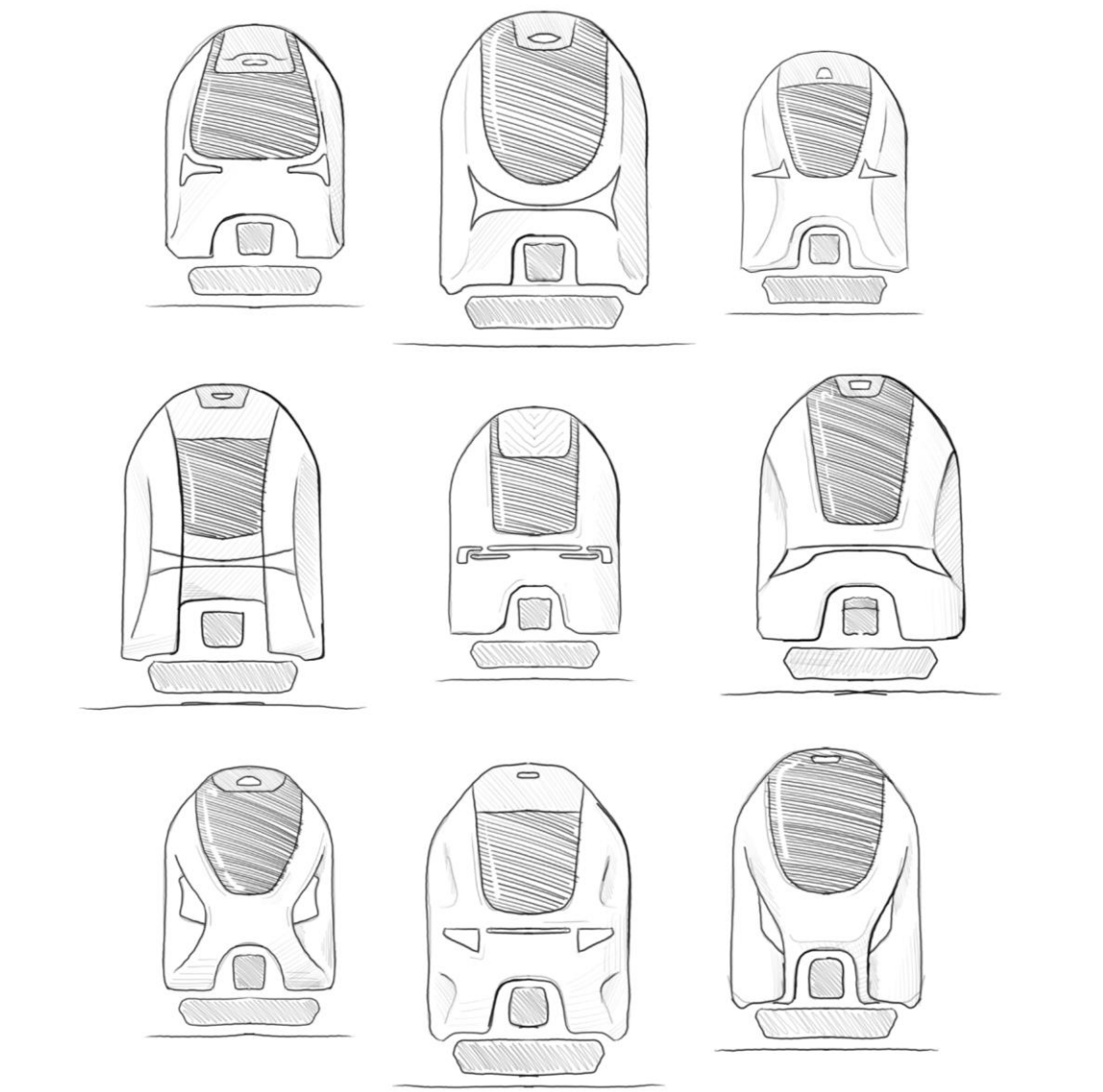
Obrázek 4-3 Glassbox

Jelikož není tato práce koncipována jako vize, jsou zde využívány současné postupy výroby, přístupy k potřebným komponentám a také jejich rozmístění. Spolupráce se Škoda Transportation je hlavním účelem vzniku tohoto projektu a objektivním cílem je pouze vytvořit nový designový přístup, který bude reprezentativním článkem českého výrobce na trhu západní Evropy. Designérovi zde nepřísluší přicházet s novými koncepty ve smyslu chodu elektrické jednotky.

4.3 Návrh alternativních řešení

Při procesu skicování byl zvolen malý experiment. Mezi některými designéry se často debatuje, zda lepší výsledky přináší ideace bez rešerše anebo s ní. Jedná se o klasický konflikt nesvázané kreativity a věcného navrhování.

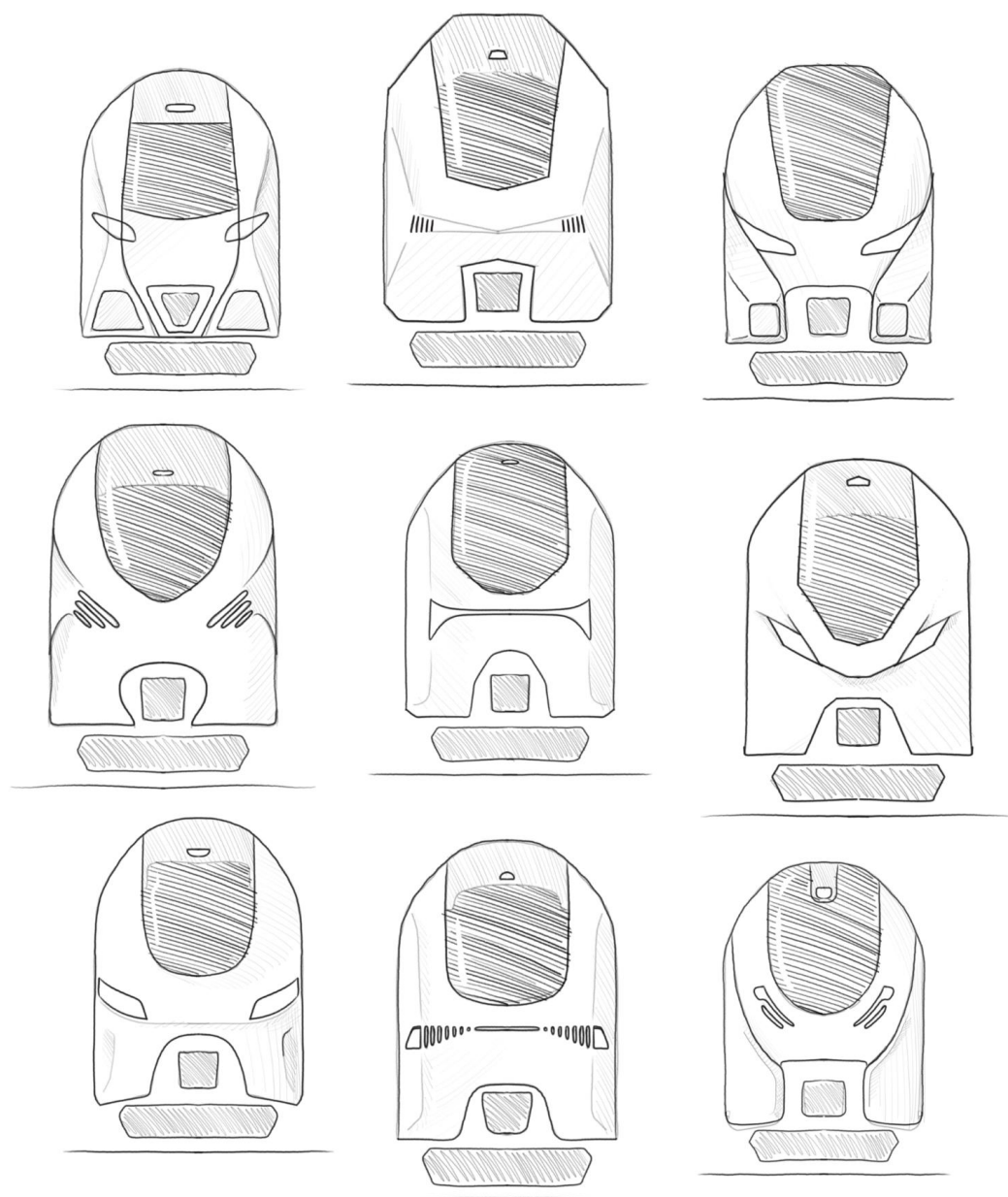
Zde byly tedy zvoleny oba postupy. Nejdříve nezátížený pohled na věc a jeho transformace na papír a po provedení rešerše přišlo na řadu účelné navrhování. Nutno podotknout, že v prvním případě byly skici více různorodé, avšak překvapením bylo jejich porovnání se skutečnými proporcemi čela, kde se strany se při představě vlaku jeví v jiném poměru, než skutečně jsou. Ačkoliv tato fáze přinesla spoustu prvků, které byly ve výsledku implementovány do následujících skic, po upravení proporcí nebyl žádný návrh vybrán jako perspektivní.



Obrázek 4-4 Skici č. 1

I tak byl ale tento postup velkým přínosem. Samotná úprava skic totiž podnítila vznik několika nových nápadů, které byly zakomponovány do porešeršové fáze skicování. Ta už probíhala mnohem svižněji, ale nápady přitom nebyly zvlášť podobné existujícím produktům.

Je však možné, že to nebylo pouhým výzkumem trhu, ale také uležením tématu a cvikem nabytým při počátečních fázích. Ve výsledku by se dal tento postup označit za velmi plodný a určitě dobrou volbou pro budoucí projekty.



Obrázek 4-5 Skici č. 2

Při navrhování byly elektrické jednotky pomyslně rozděleny na různé přístupy řešení čela. První možností bylo předsunutí celé čelní plochy na úroveň absorbérů, čímž vzniká jednolitá plocha, kde není potřeba se zabývat krytováním jednotlivých prvků. Takový přístup nabízí velkou volnost, avšak při potenciální kolizi by se musela měnit velká část karoserie.

Druhá možnost je přiznání nárazníků, ale v té míře, že jsou krytovány ve svém těsném okolí. Tato možnost působí nejvyspěleji a zdá se být hlavním adeptem na konečný přístup. Poslední možnost by se dala označit za čistě strojařský přístup. Čelo dopředu neposouvat a nechat absorbéry obnažené a pouze trčící ze zbytku nápravy. Kvůli tomu, že tento směr by mohl vypadat reprezentativně pouze v souvislosti s velmi organickým vzhledem, který není ideální volba pro čelo dopravního prostředku tohoto typu, nebude pravděpodobně vybrán mezi variantní návrhy.

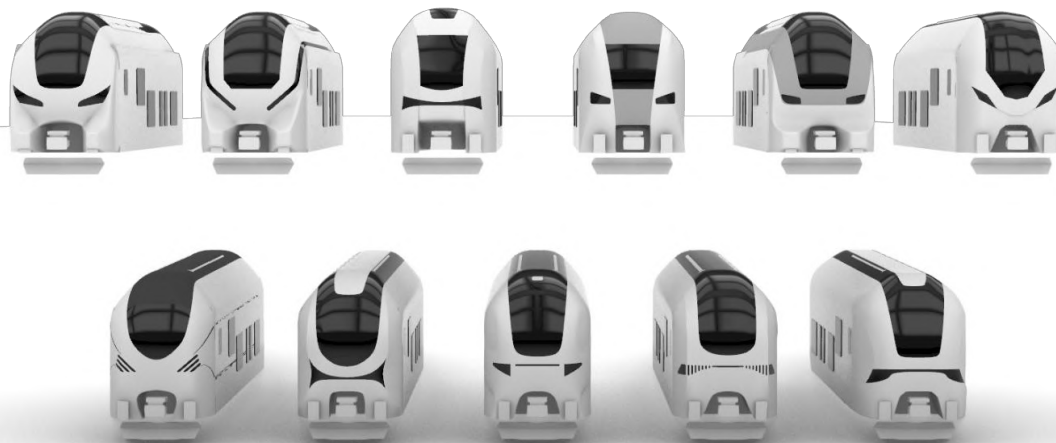


Obrázek 4-6 Skici č. 3

Prvkem, který všechny návrhy propojuje je spřáhlo. To bylo z ekonomických důvodů zvoleno nekrytované, a tak se jedná o středový bod mnoha zdejších skic. Společně s absorbéry tvoří dominantní dvojici, která udává směr vzhledu vlaku.

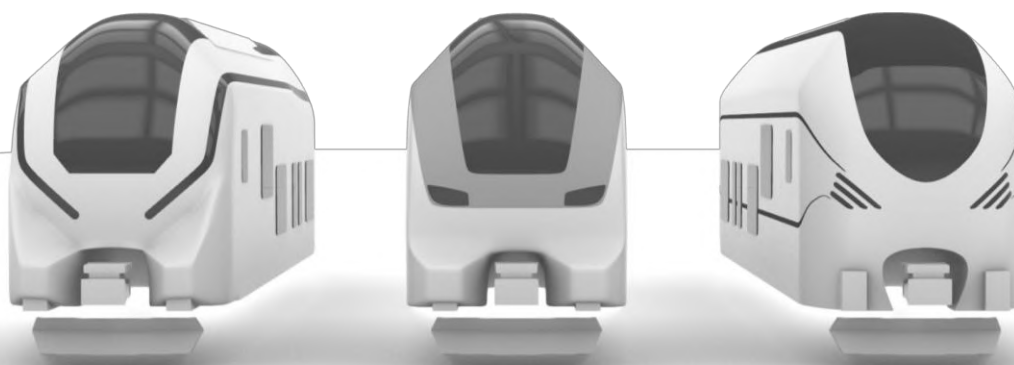
Na závěr byl, jako odměna, zvolen více experimentální přístup ke skicování. Dalo by se říct, že dávka prvotního volného pohybu tužky v už zažitých mezích. Ačkoli se jedná o uvolněné pokusy, jejich potenciál je díky proběhlému procesu zcela obstojný a dají se považovat za plnohodnotné konkurenty předešlým návrhům. V rámci skicování bylo vytvořeno okolo sedmdesáti perspektivních čel a nespočet zahozených nápadů. I to je faktor, který by měl zaručit kvalitní výstupy této práce a vést ke konečnému designu.

Z konečného počtu skic bylo vybráno dvacet nejlépe vypadajících přístupů, které byly pro snazší identifikaci dobrého návrhu přetvořeny do jednoduchého digitálního 3D modelu pomocí Subdivision Surfaces. Tento krok se ukázal klíčový pro identifikaci slabších návrhů a přispěl k jejich rychlejší eliminaci.



Obrázek 4-7 Předběžně vybrané návrhy

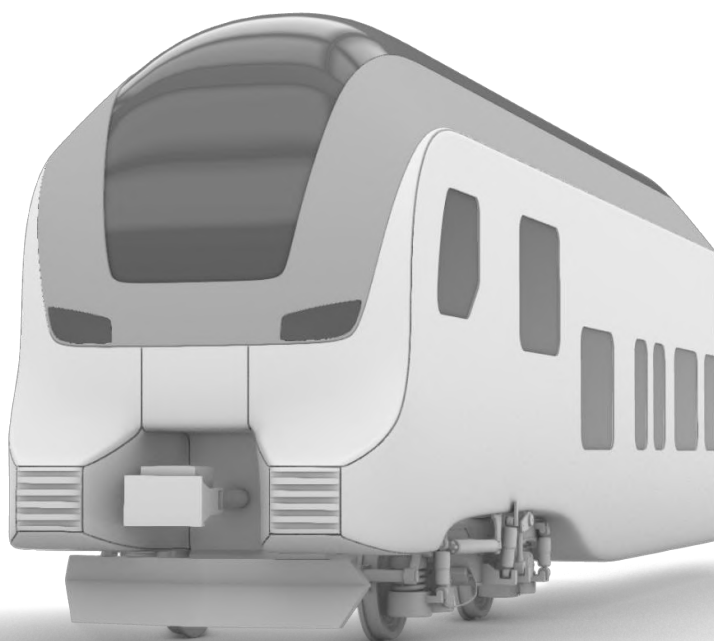
Prvotní třídění předběžných modelů postupovalo velmi rychle. Během pár minut byl soubor návrhů elektrických jednotek zredukován na pouhých šest. Poté už byl výběr mnohem těžší, avšak zvolené tři designy, které si vysloužily rozpracování do variantních návrhů, působí velmi slibně. Při finálním výběru byl brán v potaz také požadavek na to, aby se od sebe návrhy nelišily pouze v detailech. Vybraná trojice toto splňuje a přináší nejen odlišné estetické kvality, ale také jinou úroveň krytování nárazníků, což s sebou nese také jiné náklady na každodenní údržbu.



Obrázek 4-8 Tři vybrané varianty

4.3.1 Varianta I

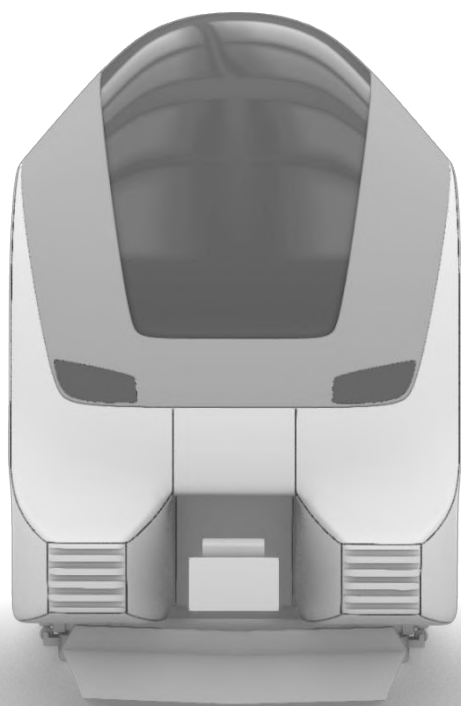
Pro první variantu byl vybrán návrh, který má kořeny v klasických designerských přístupech týkající se lokomotiv a vlaků obecně. Cílem zde bylo vytvořit jednotku, která nebude komplikovaná a bude cestujícímu navozovat pocit klidu a bezpečí. Tento design je jednoduchý a přímý. Hlavním prvkem je zde barevně odlišený profil, který lemuje čelní sklo a pokračuje dále po délce celého vlaku. Jsou do něj také v příslušných místech zakomponované světlomety, které po dvou svých stranách kopírují tento tvar. Horní strany světel se svažují směrem do středu čela, což je pro výsledný design klíčové.



Obrázek 4-9 Varianta 1

Ve spodní části přechází tělo jednotky plynule do krytování absorbérů. Mezi čelní a boční stranou vzniká hrana, která vede oko pozorujícího od vrchní části, na kterou se lidé většinou soustředí jako první, až k nárazové ploše absorbérů.

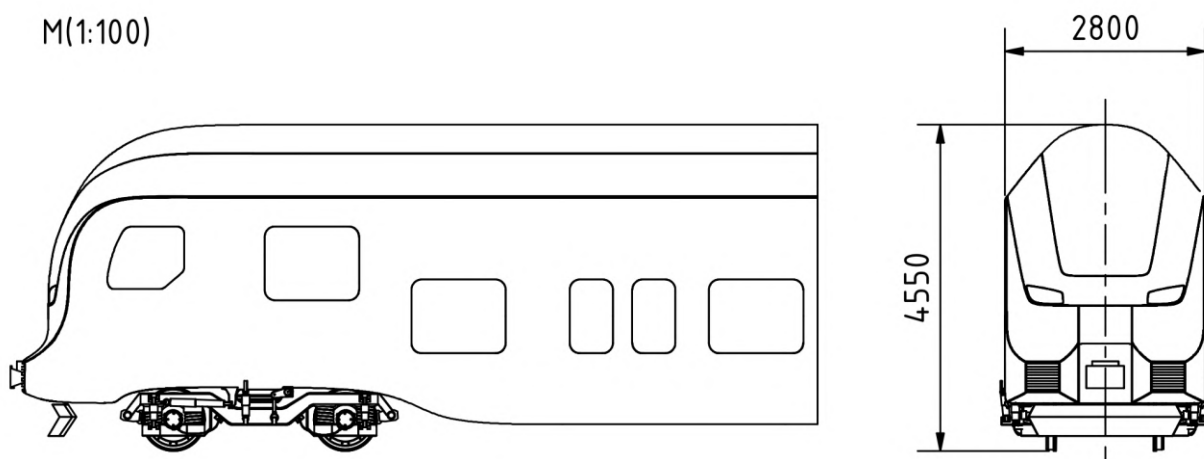
Jako celek působí díky málo členitému povrchu velmi stabilně a silně. Jako čekající býk. Je to důsledkem nenásilné kombinace jednoduchých tvarů, které člověka nezatěžují svou prezencí. Pozvolný náběh krytování nárazníků navíc evokuje rychlost a jasně definuje směr pohybu, což přidává tomuto návrhu kredibilitu a dosahuje cíleného pocitu, který má cestujícímu navozovat.



Obrázek 4-10 Varianta 1 - čelní pohled

Rozmístění spár karoserie je zde situováno především v hranách, aby nebyly čisté jednoduché tvary rušeny. Naopak jsou linie touto volbou zvýrazněny. Bez tohoto prvku by mohl výsledný design působit prázdně a nevýrazně. Na samotném čele nad prostorem pro spřáhlo jsou umístěny symetricky další dvě konstrukční spáry, které ideálně lemují prostor pro případné logo výrobce, či dopravce.

M(1:100)



Obrázek 4-11 Varianta 1 – ortografické pohledy

4.3.2 Varianta II

Druhá varianta se soustředí na hledání možností vizuálu čela bez zásahu do jednolitého tvaru a bez krytování absorbérů. V překladech limitace designu pouze na dělení ploch. Jelikož ideální výchozí tvar je zde velmi oblý, byly podle toho navrhovány i jednotlivé prvky. Jedním z hlavních prvků je čelní sklo. Jeho nenásilný průběh je hlavním faktorem, který dodává klid celé přední části.

Světla zde jsou rozdělena do tří částí, které však vizuálně díky své blízkosti a uniformnímu vzhledu stále působí uceleně. Sklon, mezery i seřiznutí jednotlivých linií napovídá směr jízdy a s čelním sklem jsou v jejich nejbližším místě také rovnoběžné. Ačkoliv se tak jedná o velmi odlišné prvky, je pozorovatel schopen je vnímat jako jeden celek.



Obrázek 4-12 Varianta 2

Nárazníky jsou zde tedy obnažené a společně se spřáhlem se starají o technicky vypadající strojní část. Právě toto může apelovat na nadšence klasických vlaků, u kterých by silně inovovaná horní část nemusela mít úspěch. I přes tento kontrast si navzájem tyto sektory nepřekáží.

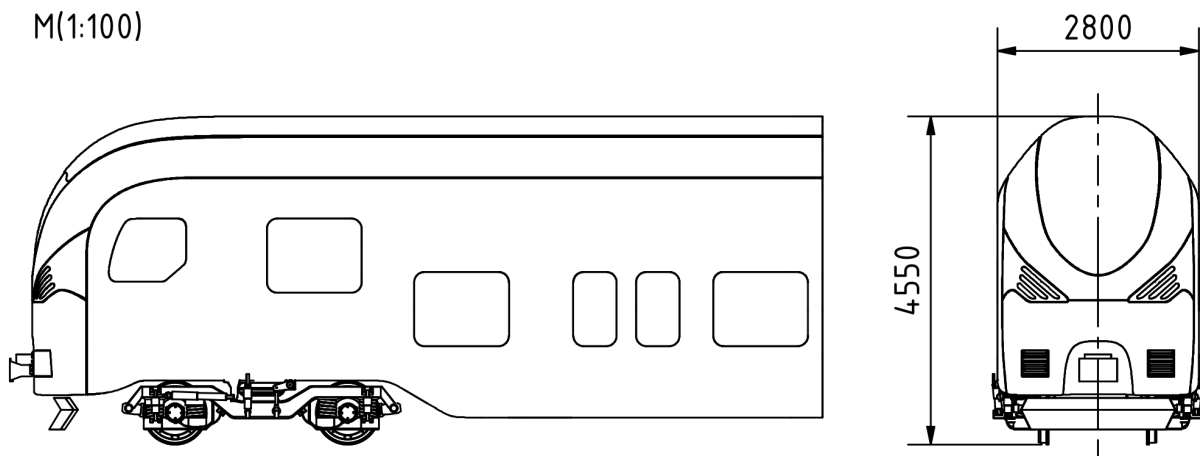
Celistvost čela této jednotky by se při pouhém popisu jednotky a bez znázornění na vizualizaci mohla zdát jako nemožná. Prvkem, který vše poutá dohromady je odlišný barevný profil navazující na světla jednotky. Nejen, že dodává vizuálně sílu světlometům, ale zároveň opticky plynule provazuje boční stranu s čelem. I bez tvarování povrchu tedy dosahuje pomyslného vzezření písmene „X“, o které bylo ve skicích vícekrát pokoušeno s neuspokojivými výsledky.



Obrázek 4-13 Varianta 2 - čelní pohled

Spáry hrají u této varianty velkou roli, ovšem zcela opačnou oproti předchozímu návrhu. Kvůli málo členitému výchozímu tvaru zde možnost umístění do hran nebyla, místo toho je dělení karoserie složitější a silně se podílí na utváření celkového vzezření. Především jejich rozmístění okolo světel podporuje jejich unikátnost a výrazně napomáhá navodit finální zamračený výraz této jednotky.

M(1:100)



Obrázek 4-14 Varianta 2 – ortografické pohledy

4.3.3 Varianta III

Třetí zvolená varianta přináší nejvíce distinktivní a také nejvíce inovativní přístup. Cílem této varianty je vytvořit dynamický vzhled, který je dán pevnými liniemi a který dodá cestujícímu pocit, že jede v prémiovém vlaku. Nastává zde návrat ke krytovaným absorbérům.

Čelní sklo je zde velmi pravidelné. Má tvar čtyřúhelníku se zkosenými rohy. S tímto úkosem korespondují světla, která se směrem dolů a do středu sbíhají. Vytváří podlouhlý profil, který ve tmě bude jasně definovat vzhled této elektrické jednotky. Na tento prvek pak navazuje odlišný barevný profil, který se potáhne po délce celého vlaku a bude tak vizuálně propojovat všechny vagóny.



Obrázek 4-15 Varianta 3

Krytování nárazníků zde není tak těsné jako u první varianty, ale o něco volnější, což umožňuje jej využít jako další prvek, který pomůže vést oko pozorovatele do středu čela jednotky. Tam může být umístěno logo výrobce, či dopravce, pro které se jedná o pozitivně hodnocený bonus. Tuto funkci však neobstarává pouze karoserie kolem absorbérů, ale podílí se na tom společně s úkosem čelního skla a sklonem světel.

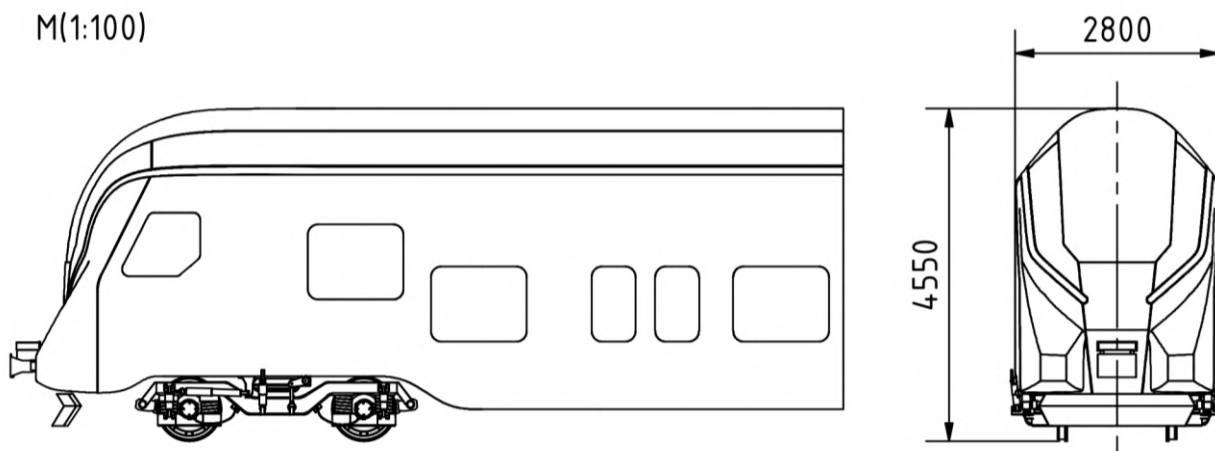
Ve výsledku se jedná o velmi netradiční vzhled jednotky, který kombinuje provázání čela se zbytkem těla v horní části, a naopak velmi definované oddělení ve spodní části. Tento kontrast napomáhá dynamice a pocitu netradičního, avšak pohodlného cestování, které má tato jednotka pro cestující navozovat.



Obrázek 4-17 Varianta 3 – čelní pohled

V případě této varianty opět nastává odlišná situace v porovnání s předchozími návrhy. Tvarování je zde velmi členité a dynamické, takže přílišné množství dělicích spár by způsobovalo vizuální přesycení. Z toho důvodu jsou umístěny do předělů mezi světlý a zbytkem karoserie a také jsou hrany bočních kusů protaženy až za samotné čelo, čímž je dosažena relativní vzdušnost kompozice.

M(1:100)



Obrázek 4-16 Varianta 3 – ortogonální pohledy

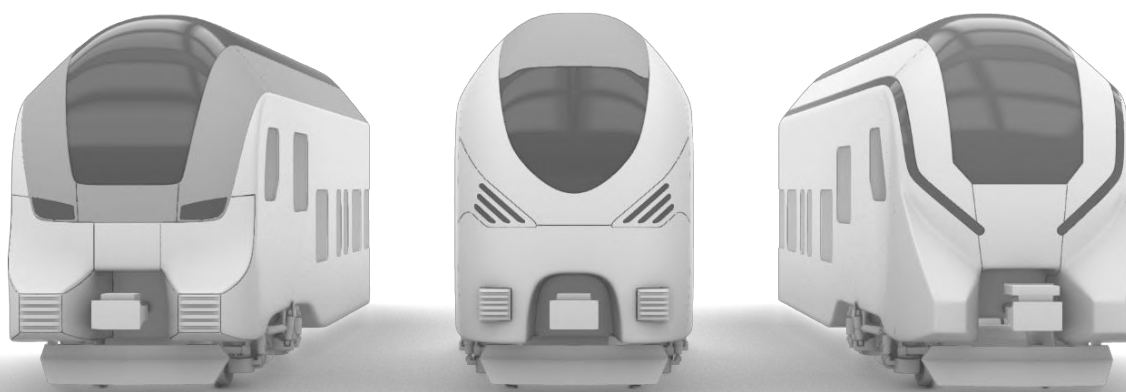
4.4 Analýza alternativních řešení a výběr nejlepšího

Tato podkapitola se věnuje zpětné analýze a porovnání jednotlivých variantních návrhů. Jelikož mají všechny tři svůj jedinečný přístup, je možné se v této fázi soustředit více na to, co jednotlivé směry přináší než na subjektivní dojmy. I tak je náročné, aby toto rozhodnutí nebylo do jisté míry podvědomě ovlivněno vlastními preferencemi.

Když se na tři rozpracované zástupce podíváme vedle sebe, (viz. obr. 4-18) zcela určitě nás na první pohled nezaujme varianta I. Působí klidně, stabilně a využívá tvary a řešení, které zapadají mezi existující vlaky. V tom může částečně ležet její síla. Pokud nebude příliš vystupovat od konkurence a nebude příliš výstřední, je zde menší riziko, že nebude výsledný design přijat a také nižší šance, že za dobu svého provozu cestující omrzí.

U varianty II je výchozí tvar ještě méně výrazný. Celek je však povýšen nad běžná řešení díky světlometům, které jsou rozděleny do tří částí. Jakožto větší celek už ve velké míře ovlivňují vzhled čela a zcela určitě se jedná o dominantní prvek tohoto vlaku. Z toho důvodu jim je podřízeno také řešení spár. Ty vycházejí z prvotního návrhu, kde byl zamýšlen barevně odlišený barevný profil pro zvýraznění světel. Tato náhrada se však ve výsledku ukázala jako lepší alternativa.

Poslední návrh je zcela určitě nejvýstřednější. Jak světla, tak zakomponování absorberů jsou velmi dravé, avšak dobře spolu s úkosem čelního skla korespondují. Design zde splňuje všechny stanovené parametry, které byly stanoveny v cílech práce. Je dynamický, ale zároveň přesný a naprosto jednoznačně se odlišuje od konkurence. Při výběru finálního řešení se však může jednat i o nevýhodu. Opačně, než u první varianty se právě originalita této varianty může po jisté době zdát jako příliš.

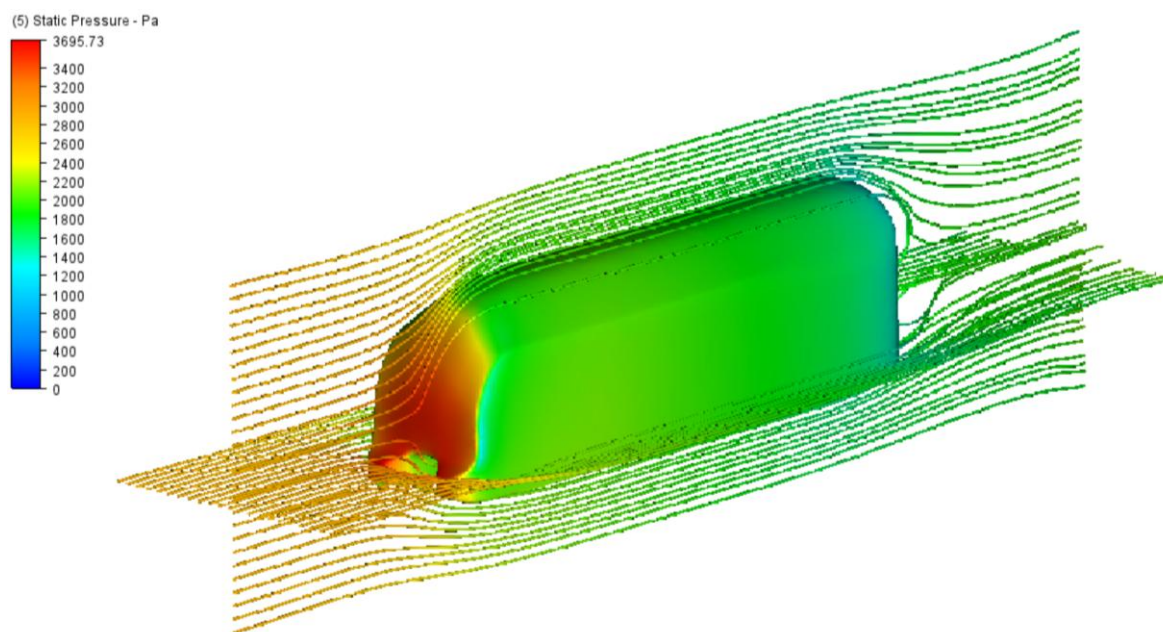


Obrázek 4-18 Tři rozpracované varianty

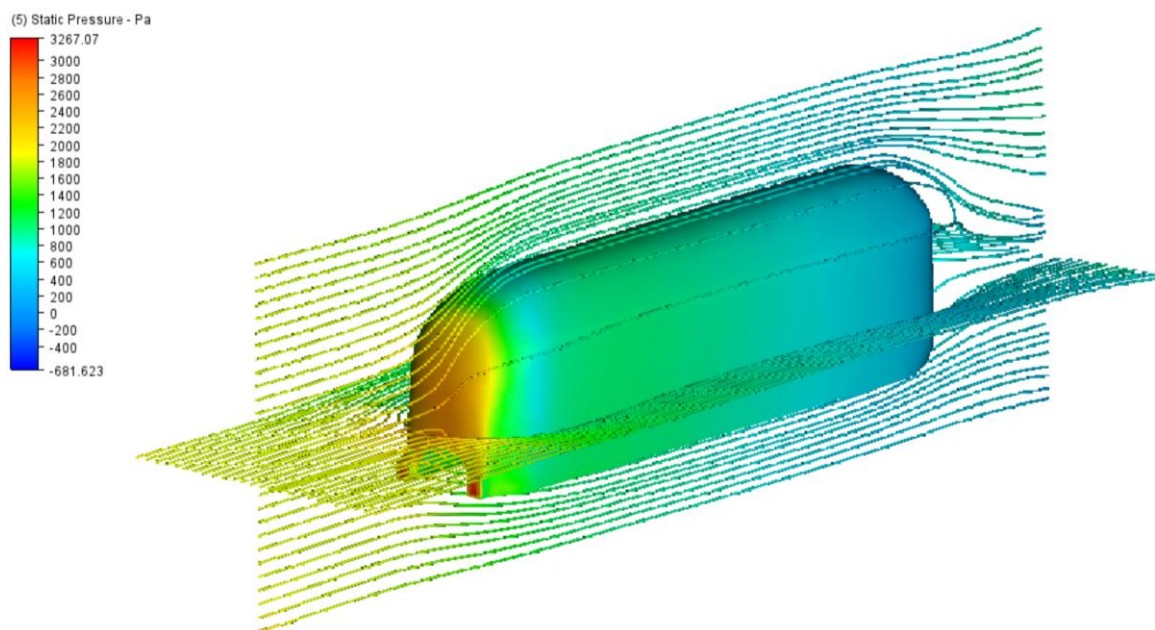
Je zcela samozřejmé, že vybraná jednotka musí projít ještě velkými úpravami. Nejen co se týče drobných iterací výchozího tvaru, ale také přejímání prvků z nevybraných variant, nebo dokonce z prvotních návrhů. Výsledná jednotka musí být totiž natolik univerzální, aby ji akceptovali napříč Evropou.

Než bude učiněn finální výběr, je u tohoto typu produktu vhodné podrobit výchozí tvary jednotlivých variantních návrhů aerodynamické analýze pro rychlost 120 km/h. Ta bude probíhat pomocí softwaru Autodesk CFD. Ačkoliv odpor vzduchu není pro regionální vlaky velkým problémem a pravděpodobně tento test nepovede k eliminaci jednotlivých variant, pomůže to identifikovat případné problémové partie, které budou muset být upraveny při rozpracování předběžného a finálního návrhu.

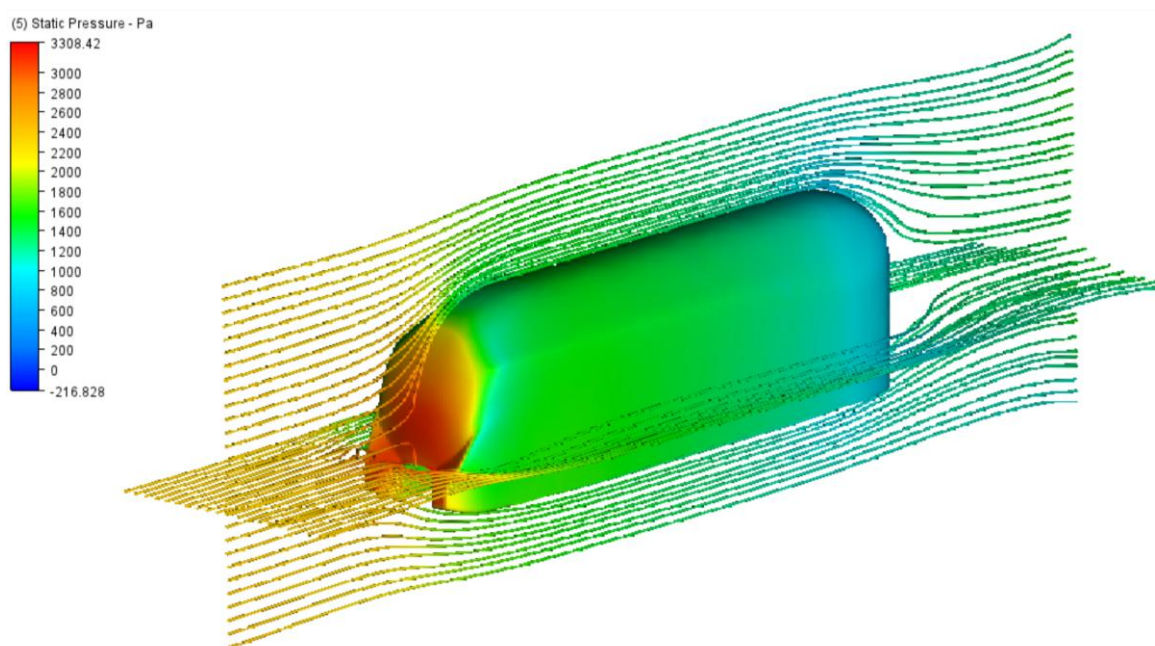
Když porovnáme první simulaci (viz. obr. 4-19) s druhou, (viz. obr. 4-20) je viditelné, že ostřejší boční hrana má velký vliv na celkový tlak působící na čelo jednotky. Ačkoliv dosahují podobné maximální hodnoty statického tlaku, u varianty II je toto maximum limitováno pouze na čelní plochy absorberů, zatímco u zbytku těla lze pozorovat rapidní pokles. Překvapující výsledek je možné pozorovat u analýzy třetí varianty, (viz. obr. 4-21) kde byly obavy, že ostrý zlom mezi krytváním absorberů a čelem kabiny bude způsobovat vznik vzduchové kapsy. Ukazuje se ale, že nejen, že celková maximální hodnota tlaku je nižší než u první varianty, ale také rozprostření hodnot více připomíná výsledky druhého návrhu. To může být způsobeno tím, že vzduch je od začátku kontaktu s čelem veden směrem nahoru, zatímco v případě prvního návrhu dochází k rychlé změně směru až do téměř kolmé roviny.



Obrázek 4-19 Aerodynamická simulace varianty 1



Obrázek 4-21 Aerodynamická simulace varianty 2



Obrázek 4-20 Aerodynamická simulace varianty 3

Dále byla vytvořena tabulka kritérií, které musí varianty splňovat. Těmto podmínkám byly přiřazeny odpovídající váha na základě jejich důležitosti. Každá kategorie pak byla obodována, aby byla určena objektivně nejperspektivnější varianta. Byly zde hodnoceny kategorie jako výhled z kabiny, práce s absorbery a spřáhlem, vizuální korespondence s identitou Škoda Transportation, originalita návrhu a další. (viz. tab. 4-1)

Ve výsledku je však nejdůležitějším faktorem to, jaké chceme, aby vzbuzoval výsledný návrh emoce u koncového zákazníka. Zatímco některé jednotky cílí na neutralitu, jiné na silný první dojem. Zde se jeví jako lepší volba spíše prvotní dojem. Hlavním důvodem je příliš zažitá spolupráce s firmami jako Stadler, či Siemens a německy mluvícími státy. Ta je navíc ještě umocněna sdílením jazyka a národních hodnot. Zato jižnější země nemají tak silného domácího výrobce, a tak je šance na uchycení na tamějším trhu vyšší.

I tak budou u finální varianty hrát velkou roli přesné křivky a pocit precizního provedení. To že ve druhotném rozdělení cílového trhu jsou zvoleny především jižní země neznamena, že bude na německy mluvící země zcela zanevřeno. Proto se jako nelepší možnost jeví varianta III, který bude v následující kapitole dále rozpracována. Výchozí tvar se může zdát poněkud netradiční, ale ukázalo se, že i experimentálnější designy typu Siemens Mireo si mohou získat svou popularitu.

Tabulka 4-1 Tabulka hodnocení variantních návrhů

Kritérium hodnocení	V1	V2	V3	Váha
Ergonomie a výhled z kabiny	8	7	9	8
Viditelnost a umístění světel	10	8	9	8
Aerodynamika čela	7	10	7	3
Integrace spřáhla a absorberů	8	5	9	9
Přístupnost servisních komponent	7	9	6	8
Snadné čištění	7	8	7	6
Vizuální identita Škoda Transportation	8	6	8	8
Aktuálnost do roku 2040	8	7	9	9
Originalita návrhu	7	8	10	10
Flexibilita designu	7	7	8	8
Estetická čistota	9	7	8	8
Kultivovanost	9	8	8	8
Dynamičnost	8	7	9	7
Soulad s cílovým trhem	7	6	8	10
Vnímání bezpečnosti a důvěry	9	7	8	8
Finanční náročnost po lehčí kolizi	6	9	5	5
Možnost personalizace pro dopravce	8	7	9	7
Výsledné hodnocení	7,88	7,24	8,22	

5 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

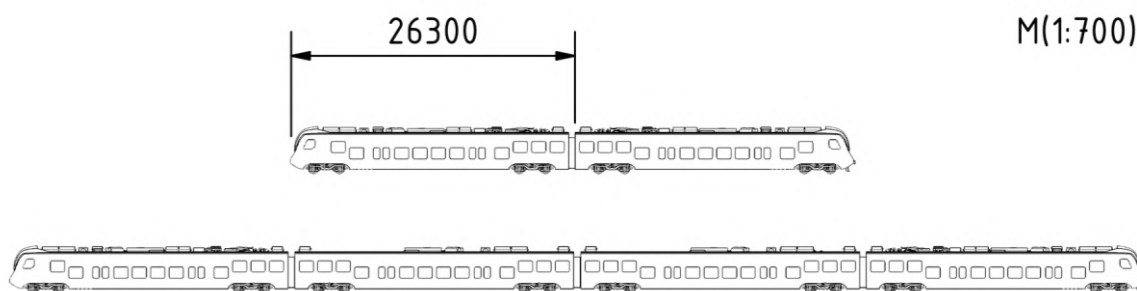
Tato kapitola se věnuje rozvíjení návrhu třetí varianty. V jejím rámci bude finalizován výchozí tvar, včetně alternace světlometů, krytování absorberů a uzpůsobení proveditelnosti jednotlivých částí, jako například čelní sklo, které nesmí vycházet z příliš sférického tvaru. Dále budou přesněji určeny použité materiály, výrobní náklady a předpokládaný objem výroby.

5.1 Určení tvarů, rozměrů a materiálů

5.1.1 Rozměry

Vzhledem k povaze tématu jsou celkové rozměry pevně dány a není možné je měnit. Rozchod kolejí je standartních 1 435 mm a zbylé rozměry jsou dány průjezdními profily G1/G2. Zde spadají i všechny představené varianty s šířkou vozu 2 800 mm a výškou okolo 4 500 mm. Návrh je stavěn na tvar skříně, který určila firma Škoda Group. Tento faktor značně limituje možnosti řešení, avšak dává tématu jasný rozměr a cíl.

Celková délka vlaku se bude odvíjet od počtu zapojených vozů. Jeden segment od Škoda Group má délku přibližně 26 000 mm. Tyto hodnoty se ale mohou lišit u jiných výrobců, kde například u Stadleru je tato délka jen okolo 17 000 mm. Jednotky se nabízí v konfiguracích od dvou do čtyř, až osmi vagonů, v závislosti na jejich rozměry a použité typy podvozků.



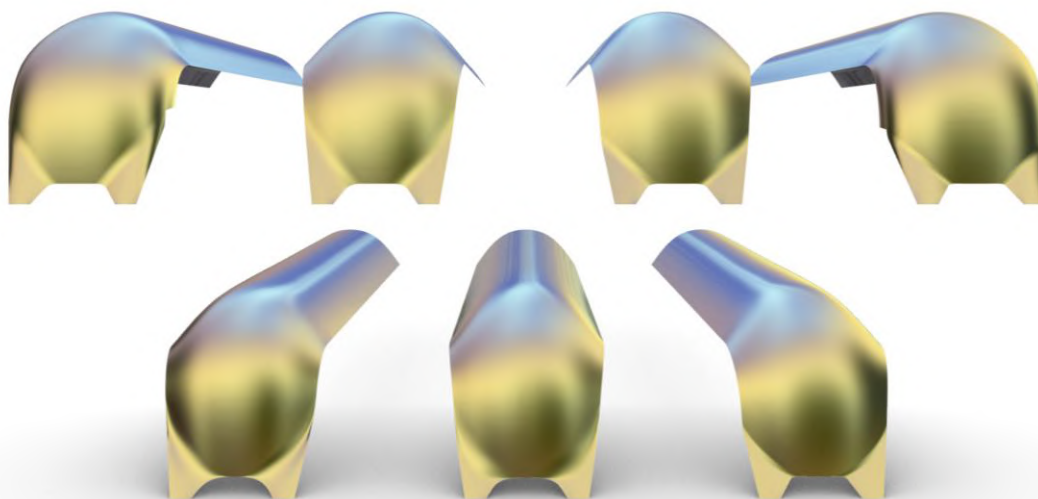
Obrázek 5-1 Profil dvouvozové a čtyřvozové jednotky

5.1.2 Tvarování

Výchozí plocha

Finalizace byla systematicky rozdělena do několika kroků. První bylo vytvořeno 84 variací čelní plochy, která konečný tvar nejlépe definuje. Mezi sledované rozdíly patří rozdílné sklony čel, jeho zakřivení ve spodní části, návaznost na boční stěny, úkos navazujícího krytování absorberů a plynulost jejich návaznosti. Pro zvýraznění rozdílů bylo při výběru průběžně měněno zobrazení mezi lesklým nátěrem a matnou EMapou.

Jelikož se jedná o vysoký počet, byla potřeba toto číslo zredukovat. Proces probíhal dvěma nezávislými směry. V jednom se navzájem eliminovaly návrhy se stejnými výchozími plochami a ve druhém se stejnými rádiusy. Tato volba byla učiněna za účelem ověření, zda se oba směry doberou stejnému výsledku. Pokud ano, jednalo by se o důkaz, že vybraná iterace je skutečně nejlepší. Při výběru byl brán ohled i na to, že čelo jednotky musí fungovat dobře nejen jako přední část, ale také jako zád', což se u nejužšího výběru ukázalo jako rozhodující faktor.

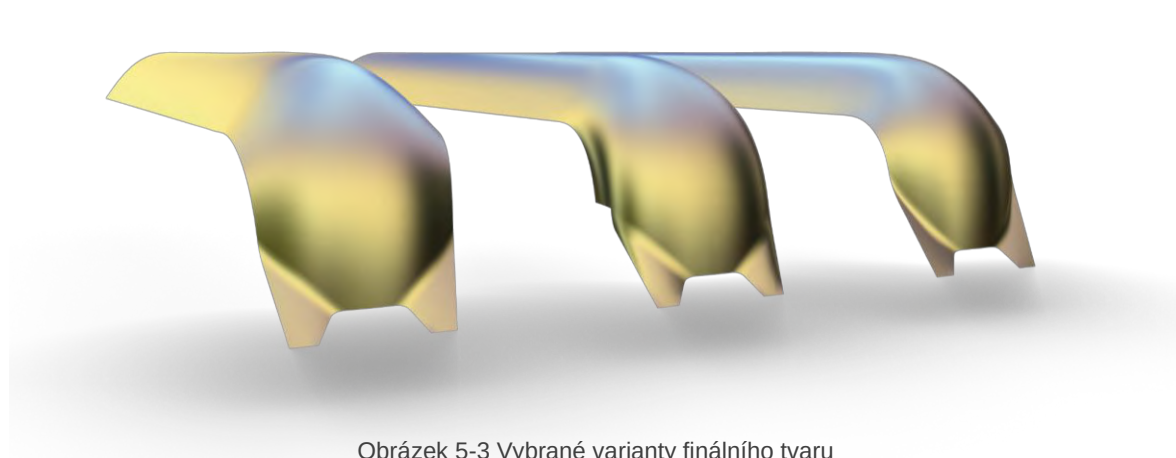


Obrázek 5-2 Zúžený výběr iterací hlavní plochy

Celkově se ukázalo, že návrhy s nejpříkřejší čelní plochou byly vizuálně nejlépe hodnoceny od přímého pohledu až do úhlu 45 stupňů. Jakmile však úhel překročil tuto hranici a blížil se k bočnímu profilu, nastal rapidní propad v jejich estetickém vnímání. Tento pokles byl natolik zásadní, že většina variant vycházejících z této geometrie neprošla ani prvním eliminačním kolem.

Zároveň iterace s velmi oblou výchozí geometrií a plynulejší návazností se také neukázaly jako vhodná cesta. Při velkém rádiu u napojení absorberů se stávala z návrhu velmi nevýrazná plocha, ve které se ztrácely původní tvary. Samo o sobě by se nejednalo o příliš negativní zjištění, pokud by si tyto návrhy zachovaly estetickou úroveň. K tomu však u velké části z nich nedošlo. Při porovnání finalistů obou eliminačních procesů se ukázalo, že ne všechny návrhy se zde shodují. Tento fakt neznamena automatické vyřazení zbylých variant, ale při nerozhodné situaci budou znevýhodněny.

Nebylo by však správné, aby byl finální výběr podvariant vybraného návrhu rozhodnut bez dokončeného tvaru. Proto byly po zúžení možností na tři zástupce nahozeny zbývající plochy, které dotvoří předběžné tělo.



Obrázek 5-3 Vybrané varianty finálního tvaru

Světla a čelní sklo

Dvě rozdílné části, které je však potřeba navrhovat a vybírat společně. Pro oba prvky platí, že stejně jako tělo vlaku vychází, nebo kombinuje návrhy z přechozích variant. V tomto případě bude tato inspirace přítomna spíše u čelního skla, zatímco světla jsou u zvolené třetí varianty velmi specifické pro návrh, a tudíž zde bude snaha pouze pro lehčí alternaci.

Při kombinování návrhů vzniklo celkem 267 možností, na které bylo jak při tvorbě, tak při následném třídění vynaloženo velké množství úsilí a času. Z prvotní ideje protažení profilu světel bylo v průběhu procesu upuštěno a byly navrhovány obdobná světla bez něj, což však nabízelo daleko více možností zakončení světlometů. To se později ukázalo jako vlivný faktor, který umožňoval daleko větší volnost návrhu a širší škálu drobných úprav ve výrazu čela.



Obrázek 5-4 Vybrané kombinace světel a čelního skla

Tento krok byl učiněn z důvodu přílišné stísněnosti prostoru čela a může být kdykoli nahrazen ve finálním řešení grafikou na karoserii, případně suplován umístěním dělicích pár. Pro finální řešení byl však vybrán návrh, kde jsou světla tohoto prvku zbavena.



Obrázek 5-5 Finální varianta světel a čelního skla

Světlomety

Finálním krokem pro dokončení návrhu je volba světel. Celkový tvar světelného modulu už byl vybrán na základě korespondence mezi čelní plochou a tvarem skla, a tak je tato část zaměřena především na světlomet doplněný o světelný podpis.

Zde je důležité zmínit, že veškeré návrhy mají osu hlavního světelného bodu umístěny ve spodní části z důvodu limitu maximální výšky tohoto zdroje stanovené příslušnými normami. I tak se zde ale nabízí několik možností, které jsou od sebe navzájem velmi odlišné. Skici viz. obr. 5-6 nám je ukazují.

Hlavní světelný bod může být doplněn o klasické kruhové světelné prvky, či případné světlovody lemující celkový obrys světel. Dalším přístupem je doplnění o menší bodové zdroje, které jsou vkusným a nenásilným doplňkem utvářející konečný vzhled vozu. Ve skicích jsou také vyobrazeny tzv. *infinity lights*, či světelné body s proměnlivým světelným výkonem, které jsou populárním řešením například v automotive.

V této fázi návrhu není vyobrazeno horní návěštní světlo. To bude doplněno až v konečném řešení tak, aby korespondovalo se zvoleným stylem hlavních světlometů. Jejich konečný výběr bude probíhat pomocí projekce na konečném tvarovém řešení, aby se zamezilo zkreslení skic.

6 DETAILNÍ NÁVRH

Výsledné řešení má jako hlavní předlohu třetí variantní návrh, avšak i tak má od něj svým vizuálem poměrně daleko. Velká část prvků byla vytvořena propojením s druhou variantou, což navodilo zcela nový směr, kterým se proces ubíral. Poté následoval iterační proces, který měl za cíl najít a nuance a ověřit, zda v daném směru byly vybrány ideální poměry stran, umístění světel a řešení vnitřních světlometů.

6.1 Tvarové řešení

Hlavním cílem bylo propojit vkusy států převážně západní Evropy do jednoho celku. Podmínkou však bylo napasovat čelo na výchozí tvar skříně, kterou vyrábí Škoda Group, což do značné míry tento proces limitovalo. Výsledný návrh je kulminací všech vnějších vstupů a vytváří jedinečnou kompozici propojující italskou organiku a německou přesnost do designu s jasně daným základem a jemným finišem.

6.1.1 Čelní pohled

Návrh čelní masky primárně vycházel z oblasti absorberů. Důležitým vizuálním prvkem je zde obnažená čelní plocha *antictimberů*. Ty byly v původním variantním návrhu plně krytovány, od čehož bylo ale nakonec především z ekonomických důvodů upuštěno. Ve výsledku tento krok pomohl také ukotvit celkovou kompozici a umocnit vizuálně sílu vlaku.

Integrace nárazníků do celkového objemu masky, tak to je řešeno tím způsobem je řešena plochou taženou od jejich horní hrany. Ta je vedena pod takovým úhlem, aby společně se zakřivením hlavního těla vytvářela lem ve tvaru písmene U. Pro dosažení přirozeného vzhledu je ve stykové oblasti aplikován plynulý přechod s křivostní kontinuitou G2.

Další klíčovou pasáží je spřáhlová komora. Její hrana směřuje proti průsečíku výše zmíněných částí karoserie. Právě v bodě dotyku těchto křivek je vedena horizontální linie směřující k ose vozidla. Tím vzniká jasně vymezený prostor pro samotné spřáhlo a také uzemněný základ, od kterého se odvíjí zbytek návrhu.

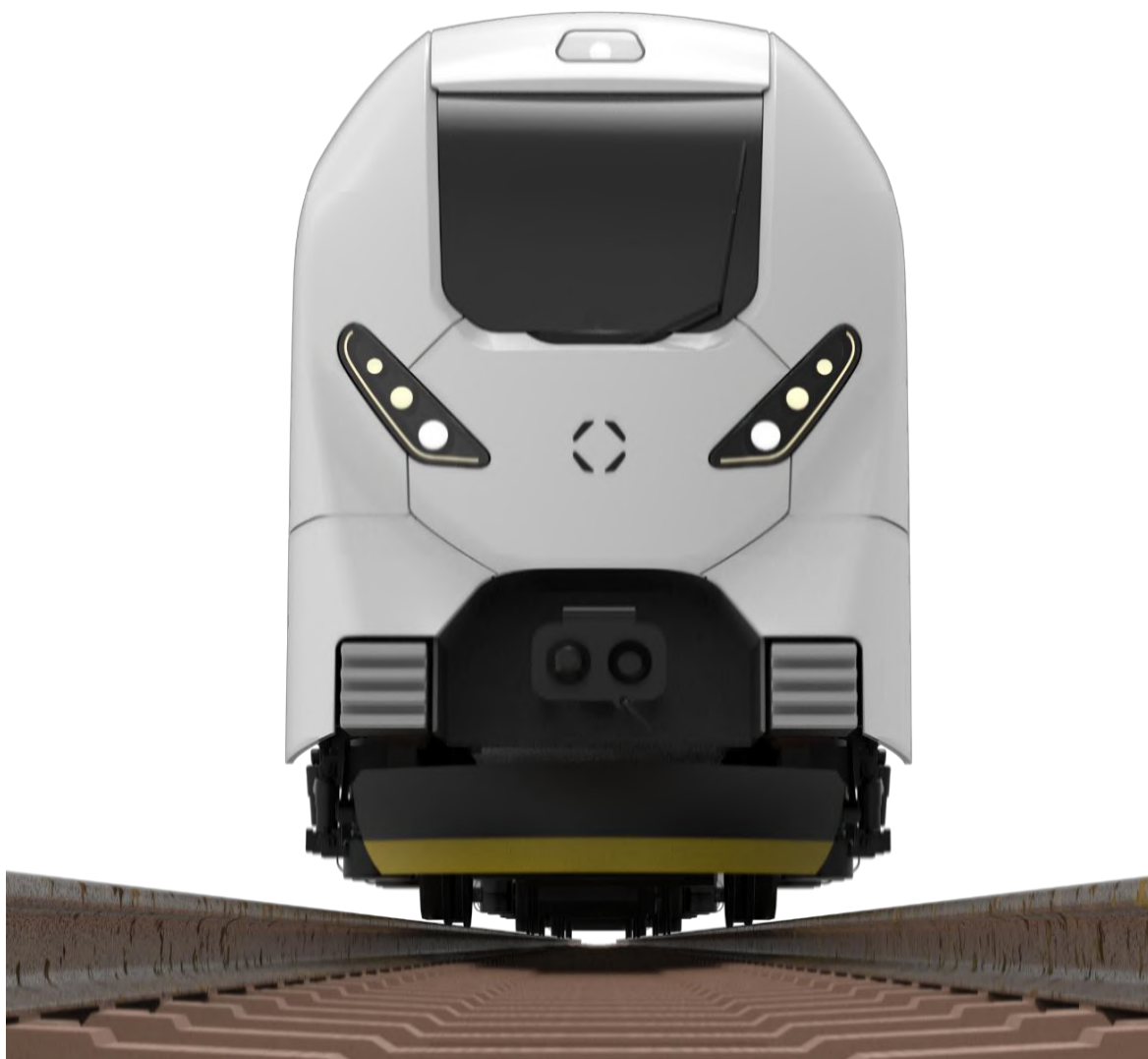
Tvar již zmíněného lemu kopíruje vnější hrana světel, která je nad něj mírně odsazena. Společně se zkosenou spodní hranou, směřující do osy vozidla a také předešlými zmíněnými prvky fungují jako optické ohnisko, který táhne oko pozorovatele právě na střed masky. Pokud se podíváme na celý tvar světel, zjistíme, že se směrem dolů rozšiřuje. Důvodem je, že hlavní světelný bod je umístěn ve spodní části, kde je na něj potřeba větší prostor. Zbytek je pak vyhrazen pro světelný podpis vozidla a nehraje zásadní roli v čelním světelném trojúhelníku.

Horní světlomet, vycházející z tvaru zaobleného rovnoramenného lichoběžníku, se směrem vzhůru zužuje. Tím vizuálně uzavírá pomyslné písmeno V, které svírají oba spodní světlomety. Tato trojice světél tak tvoří vyvážený a kompaktní celek s jasnou hierarchií.

Zrcadlově k vrchnímu světelnému bodu je tvarováno čelní sklo. Vychází z opačně orientovaného lichoběžníku, který je ve dvou spodních rozích zkosen, aby plynule navázal na spodní část. Povrch skla je trochu zapuštěn oproti zbytku povrchu. Tento rozdíl se směrem shora dolů zvětšuje, aby vytvořil dostatečný prostor pro stěrač, který vychází ze středového dílu karoserie. Aby to bylo možné, musel zde být vytvořen průraz. Ten je menším měřítkem spodní linie čelního skla, čímž je dosaženo toho, aby nepůsobil tolik rušivě.



Obrázek 6-1 Detailní návrh – čelní pohled 1



Obrázek 6-2 Detailní návrh – čelní pohled 2

Na cylindrickou plochu hlavního okna pak navazuje střešní kryt. V jeho styku s bočním krytem tak vzniká zlom, který je směrem dozadu lehce zmírněn díky pozvolnému přechodu z téměř válcového tvaru na více sférický. Jedná se o definitivně nejlepší řešení problému, který vzniká tím, že výchozí skříň nemá žádný zlom, kterého by se dalo chytit. Pokud bychom na střeše chtěli zachovat plynulou návaznost, získala by střecha velké množství nechtěného objemu a také výšky, která by ve výsledku samozřejmě zvýšila i odpor vzduchu.

Posledním kusem, který kompletuje čelní pohled je bezpečnostní pluh. I přes to, že se může zdát, že nemá přílišný vliv na celkový dojem, jedná se o část, která by svou nepřítomností dokázala výrazně změnit estetiku čela. Není zde příliš možností, avšak návaznost na hraniční křivky spodního bočního krytu, je finálním krokem k jednotnému vzhledu čela.

Neopominutelným prvkem je také dělení karoserie. Ve značné míře přispívá celkovému designu a dokáže celý návrh pozvednou ještě výše. I zde se objevuje značné funkční a výrobní omezení, které návrh spár komplikuje. Jasným řešením dělení střešní části je navázat na linku boční strany čelního skla a protáhnout ji dále. Usnadní se tím výroba a boční kryt tím opticky nabude ještě více na síle.



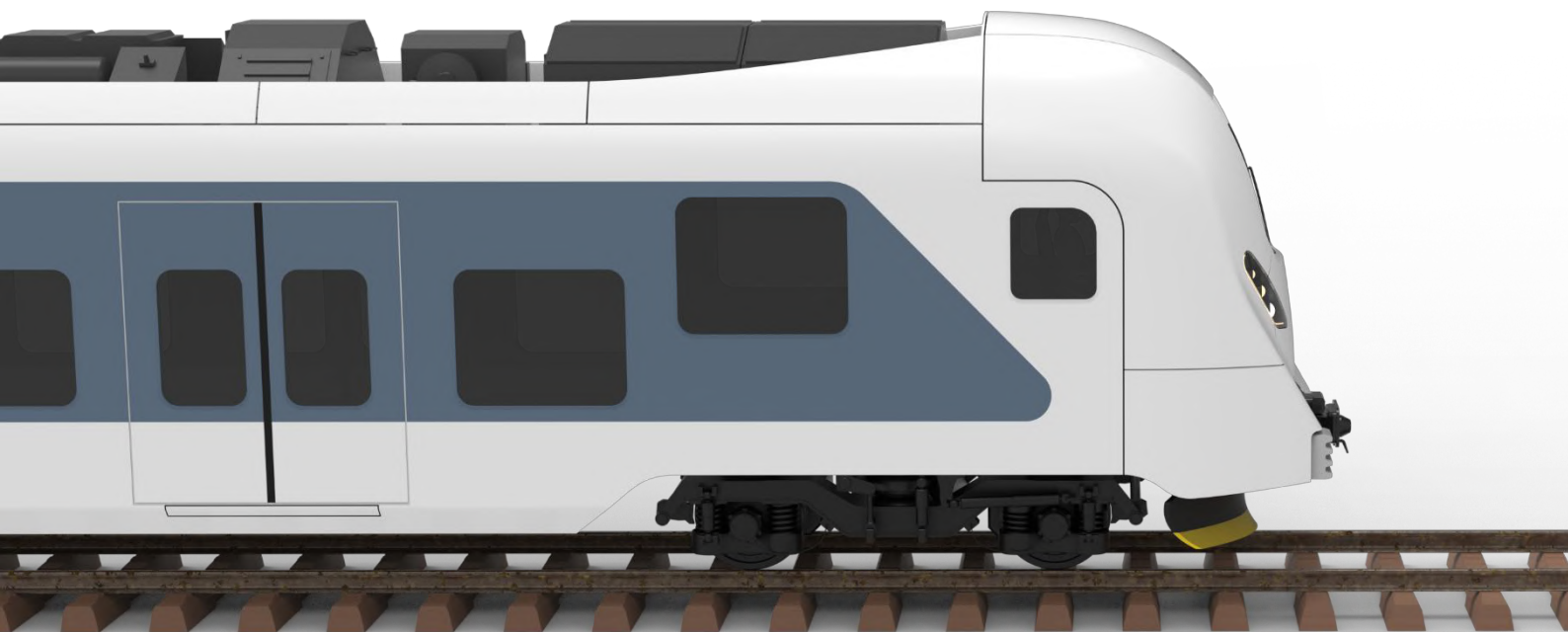
Obrázek 6-3 Detailní návrh – čelní pohled 3

U zbytku čela bylo hledání složitější, protože jsou zde části jako boční kryty absorberů, které se z důvodu srážek se zvěří, či podobných incidentů mění daleko častěji, a tak je důležité, aby byly správně odděleny od zbytku. Ve finálním řešení byla výchozí spára navržena tak, že kopíruje přechod mezi hlavním tělem a krytovaním nárazníků a poté se odklání a přebírá stejný sklon, jakým se rozevírá čelní sklo. Bod odklonu je stanoven tak, aby se spára potkala se světlometem v rádiu mezi jeho hranami. Na tuto linii pak navazuje nad světlem spára, která je kolmá k jeho tělu a také k hraně úkosu hlavního okna. Umístění tohoto předělu je stanoveno tak, aby i přes změnu směru a přerušení světlometem bylo jasné, že se jedná o pokračování spodní spáry.

V odklonu spodní spáry navazuje předěl oddělující boční kryt absorberů. I když je výchozí linie po celé délce horizontální, v bodě, kde se výchozí linie setkávají, je od vodorovného směru upuštěno a linka se stáčí lehce nahoru, aby nevznikala příliš ostrá hrana.

6.1.2 Boční pohled

Z bočního pohledu má designer ještě menší volnost než z čelního. O to více v tomto případě, kdy je dán tvar a rozměry skříně. Rozmístění oken a dveří tak bylo ponecháno podle osvědčených existujících standardů. I tak zde jsou ale problémy, které se dají řešit.

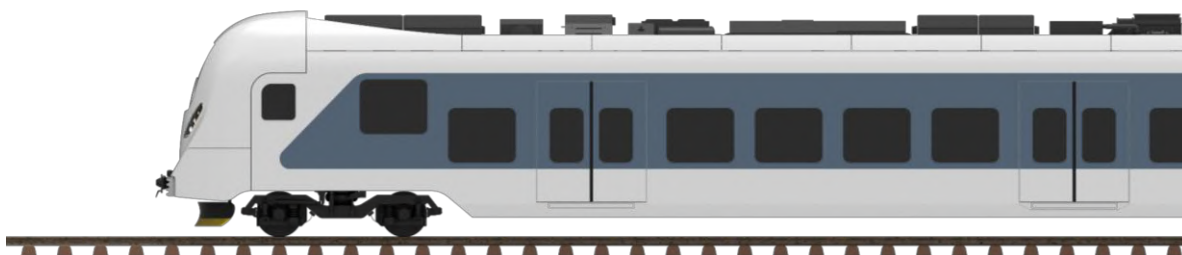


Obrázek 6-4 Detailní návrh – boční pohled 1

Tím hlavním je viditelnost střešních komponent. Jejich přítomnost silně narušuje celkový dojem z vlaku, a tak jsou zde implementovány střešní bočnice. I nízká bariéra velmi efektivně sjednocuje tubus a pouze vyčnívající střešní výzbroj není tak vizuálně agresivní. Dalším faktorem zde je i to, že pozorovatel bude vždy stát níže, než je střecha vlaku, a tak zde úhel pohledu hraje velkou roli i u menší bariéry. Výhodou malých bočnic je, že nemusí mít průduchy pro větrání, které by jinak některé komponenty potřebovaly.

Pro navázání na čelo musel být překován výškový deficit. To je dosaženo plynulým zvedáním bočnice až po G0 návaznost v úrovni střechy. Nabízela se zde i varianta plynulého prolnutí těchto dvou linií, ale výsledný segment působil příliš těžce a dodával celku zbytečný objem ve vrchní části, což je nežádoucí efekt.

Na opačném konci skříně hraje důležitou roli zase spodní hrana. Zde byl při návrhu problém najít správný způsob napojení na karoserii čela z důvodu artikulovaného krytí absorberů karoserií. Zatímco některé vlaky na tomto místě mají pouze protaženou hlavní plochu níže, v tomto případě je toto řešení neproveditelné. Vybíhající segmenty až příliš jasně definují bod, kde karoserie končí. Pokud by se tento přístup provedl, čelo by začalo vypadat více jako vodní plavidlo. Takováto asociace je zde velmi nevhodná a nechtěná.



Obrázek 6-5 Detailní návrh – boční pohled 2

Tělo tedy musí vpředu končit na spodní hraně nárazníků. Protože se jedná o velmi podobnou výšku, nabízí se zde vést linii rovnou na vrchní hranu prostoru pro podvozek jednotky. V takové situaci bohužel navozuje karoserie dojem, že je pouze položena na nápravě, a že zde není dobře vyřešený spoj. Řešením tedy je zopakovat sklon, kterým je prostor pro podvozek ohraničen a v průběhu odbočit volnou křivkou opět směrem nahoru až po spodní hranu absorberů. Výsledkem je ladný přechod, který skvěle ohraničuje skřín, podvozek i samotné čelo. Optický rozdíl mezi výškou spodní hrany skříně a čela je navíc zjemněn díky zkosení ve spodní části vozu.

Dělení karoserie je zde plně podřízeno funkci. Spára okolo bočního skla kabiny plně kopíruje jeho rádius. Pod oknem pokračuje dále, zatímco nad oknem je protažena pouze o vzdálenost mezi ní samotnou a sklem a poté uhýbá vertikálně nahoru, kde rozděluje střechu a první bočnici.

6.1.3 Volný pohled

Čelní a boční pohled jsou důležité pro vytvoření návazností. Ve skutečném světě však nenastávají, a tak je důležité, aby se jejich přístupy harmonicky potkaly i v běžné perspektivě. Proto bylo v průběhu návrhového procesu pravidelně kontrolováno, jak působí celek z vícero pohledových úhlů.



Obrázek 6-6 Detailní návrh – volný pohled 1

Výchozím objemem je vozová skříň, v jejíž horní části se neobjevuje žádný prolis, nebo zvláště výrazná hrana. Aby však celkový objem také nepůsobil příliš neutrálně, musela zde být vytvořena základní linie nesoucí tvar čela. Jejími ideálními výchozími body je vnější hrana absorberů a spára oddělující vozovou skříň a bočnice. V první části se hrana vytváří snadno, ale tělo vozu a kryty střešní výzbroje na sebe navazují plynule a se musí přechod mezi čelem a bokem vlaku postupně vytrácet. I přes toto spíše ideové napojení byla ponechána plynulá návaznost hrany na spáru.



Obrázek 6-7 Detailní návrh – volný pohled 2



Obrázek 6-8 Detailní návrh – volný pohled 3

6.1.4 Světlomety

Díky protáhlému profilu obrysu světlometu, je uvnitř prostor pro vytvoření unikátního světelného podpisu. V hlavních modulech je nejsilnější světelný zdroj umístěn do spodní části pro splnění normovaných požadavků. Ve zbytku těla jsou doplňující body, které se zmenšují, aby podléhaly zužujícímu se profilu. Všechny jsou poté provázány světelným pásem, který lemují vnější strany světlometů a dodává jim celistvost. Vrchní světlo svítí o málo nižší intenzitou a je také kruhového průřezu. Pro zadní čelo je ponechán koncept a pouze změněna barva svícení na červenou a vyřazen horní zdroj.



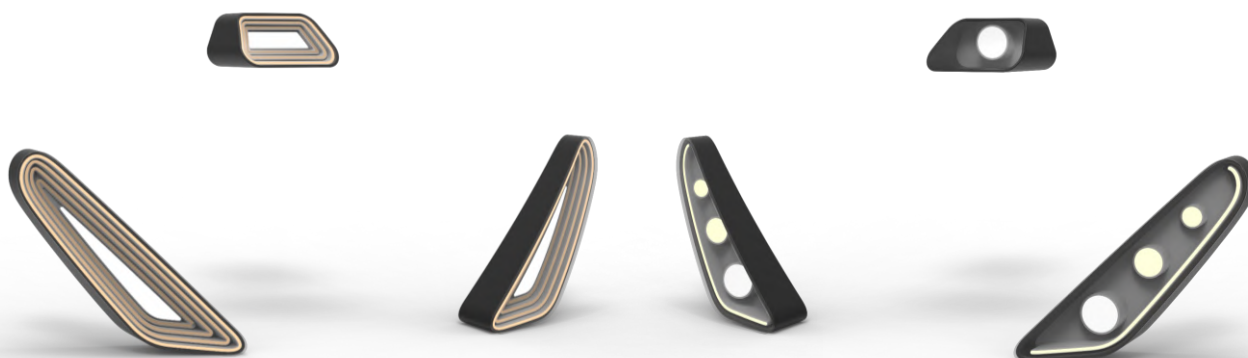
Obrázek 6-9 Přední a zadní světla

Vlak je koncipován pro menšího výrobce, který si nemůže dovolit dělat zásadní úpravy na svých vozech. Aby zde však byla jistá míra personalizace, byla navržena ještě druhá sada světel. Jedná se o případ, že by zákazník požadoval dravější výraz, který mu obyčejná kruhová světla nemohou poskytnout.

Původním konceptem druhé sady byly tzv. *infinity lights*. Bohužel je zde několik problémů. Hlavní plocha světelného krytu je zahnutá, a navíc by přítomnost polopropustného zrcadla bránila správnému dosahu světelného paprsku. Zde však přichází výhoda hluboké konstrukce světel, která umožňuje dosáhnout podobného efektu jiným způsobem. Po obvodu světlometu bude veden na vytaženém profilu světelný pásek. Obrys bude obsazen a zopakován na méně vysunutém profilu. Takto se vytvoří celkem 5 úrovní, z nichž každá je odsazena více dozadu a svítí s nižší intenzitou. Výjimkou je pátá část, která je ve formě světelné plochy vyplňující zbytek prostoru a slouží zde jako hlavní světelný zdroj. Obdobným přístupem je řešeno i vrchní světlo.



Obrázek 6-11 Alternativní sada světel



Obrázek 6-10 Porovnání světelných alternativ

6.2 Konstrukční a funkční návrh

Tato podkapitola představuje most mezi estetickou vizí a průmyslovou realitou. V kontextu transportního designu, a obzvláště při navrhování kolejových vozidel, je naprosto zásadní navázat vnější tvar na vnitřní konstrukci. Zdařilý průmyslový design proto nesmí končit pouze u vizuálně atraktivních vnějších ploch. Jeho hodnota spočívá v tom, že nabízí komplexní a výrobitelné řešení. Aby to bylo možné, je nutné předtím vlak dekonstruovat na menší funkční celky.

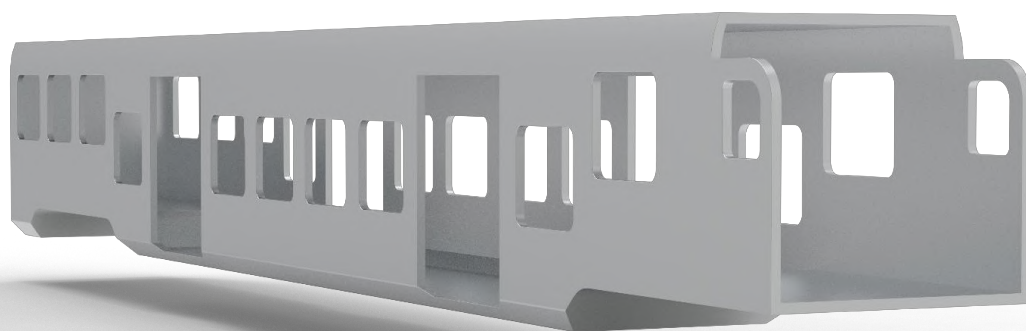


Obrázek 6-12 Technický rozpad

Následující podkapitoly proto detailně rozebírají stavbu jednotky. Přecházejí od definování pevného základu, přes znázornění funkčních komponentů až po členění karoserie. Cílem této části je prokázat, že navržený design nejen komunikuje dynamiku a moderní charakter vlaku, ale je také plně připraven obstát v reálném provozu.

6.2.1 Nosná konstrukce

Nosná konstrukce se skládá ze dvou základních částí. První je vozová skříň, jejíž tvar byl dán zadáním. Jedná se o velkou konstrukci v jednom celku, která je spojena z extrudovaných hliníkových profilů. Výhoda této technologie je možnost koncentrace materiálu v potřebných oblastech. Jednotlivých kusů bude provedeno svařováním. V ideálním případě technologií třetího svařování promíšením. Konkrétní zvolený materiál je slitina EN AW 6005 T6, který disponuje dobrou svařitelností a extrudovatelností. Po spojení se hrubá stavba upne do obráběcího centra, který zahladí případné nerovnosti, svary a obrobí dosedací plochy pro okna a dveře.



Obrázek 6-13 Hrubá stavba vozu

Druhou částí je samostatný modul kabiny strojvedoucího. Ten je z důvodu bezpečnosti tvořen vysokopevnostní ocelí, jejíž jednotlivé díly jsou svařeny do jednoho kusu připomínající klec. Pro možnost vedení kabeláže jsou navíc do určitých částí vytvořeny otvory. Hotový kus se nasadí na skříň. Protože se jedná o odlišné materiály a byl by problém provést svar, spojení bude provedeno šroubovanými spoji s izolačními podložkami. Toto řešení bude tlumit vibrace a zároveň se tím předchází galvanické korozi. Vzniklá spára se nakonec překryje těsnící gumou.

Celá konstrukce samozřejmě stojí na podvozcích, které jsou řešeny klasickým rozložením na začátku a na konci každého segmentu. Tímto stylem se nedá dosáhnout nízkopodlažnosti v celém voze jako u využití Jacobsových podvozků, ale na druhou stranu je mnohem snazší servis jednotky v případě, kde je potřeba vozy rozpojit.



Obrázek 6-14 Bezpečnostní kostra kabiny

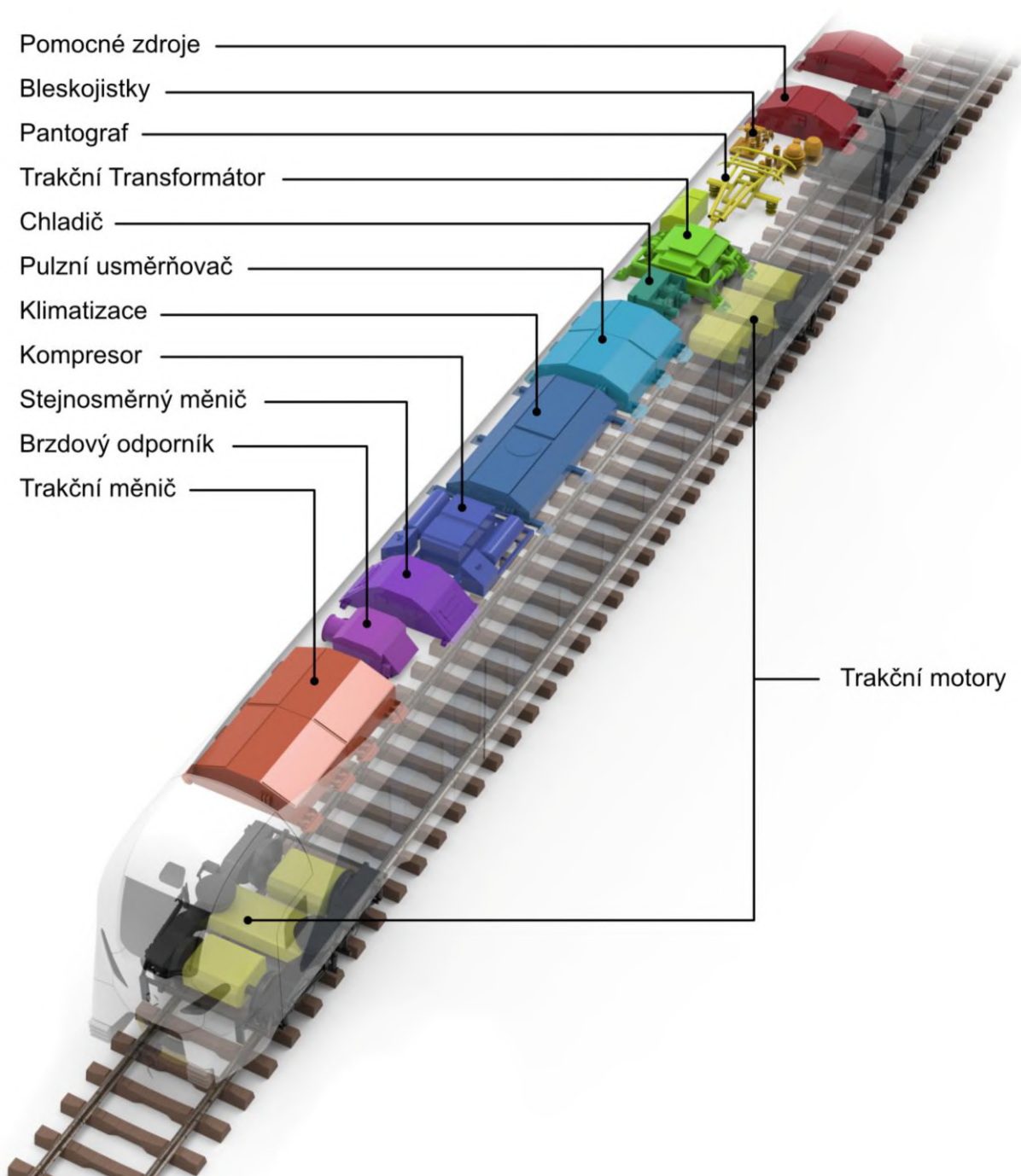
6.2.2 Střešní výzbroj

Elektrická jednotka je oproti většině průmyslových produktů specifická tím, že nemá funkční komponenty umístěny uvnitř, ale na střeše. Hlavním důvodem je zvětšení celkového prostoru pro cestující a požadavky na nízkopodlažní nástup. Pro střešní výzbroj je použita standartní sestava komponent. Úkolem zde nebylo tyto prvky přetvářet, ale zajistit jejich optimální zástavbu.

Jelikož se jedná o regionální jednotku, střešní komponenty nejsou plně zakrytované. Nejsou zde tak přísné požadavky na aerodynamiku z důvodu nižší průměrné rychlosti, a navíc není potřeba řešit otvory pro chlazení prvků s vysokou provozní teplotou. Příkladem jsou brzdové odporníky, trakční měniče a klimatizační jednotky.

Samozřejmě, že celková absence krytování výzbroje by však nebyla přívětivá pro celkový vzhled vlaku. Proto jsou na střechu umístěny bočnice o výšce okolo 300 mm, což odpovídá přibližně pozici hrany, ve které vnější strana kontejnerů s komponenty začíná uhýbat směrem k ose vozidla. Jedná se o tak střídmostou formu krytování, že není potřeba řešit průduchy chlazení, ale zároveň je docíleno sjednocení boční strany vlaku a estetické čistoty. Délka jednotlivých segmentů je 2 500 mm.

Mimo ovládací elektroniku v kabině strojvedoucího, jsou všechny komponenty podílející se na přeměně energie na pohyb umístěny na střeše. Výjimkou jsou samozřejmě trakční motory, které jsou umístěny v podvozcích.

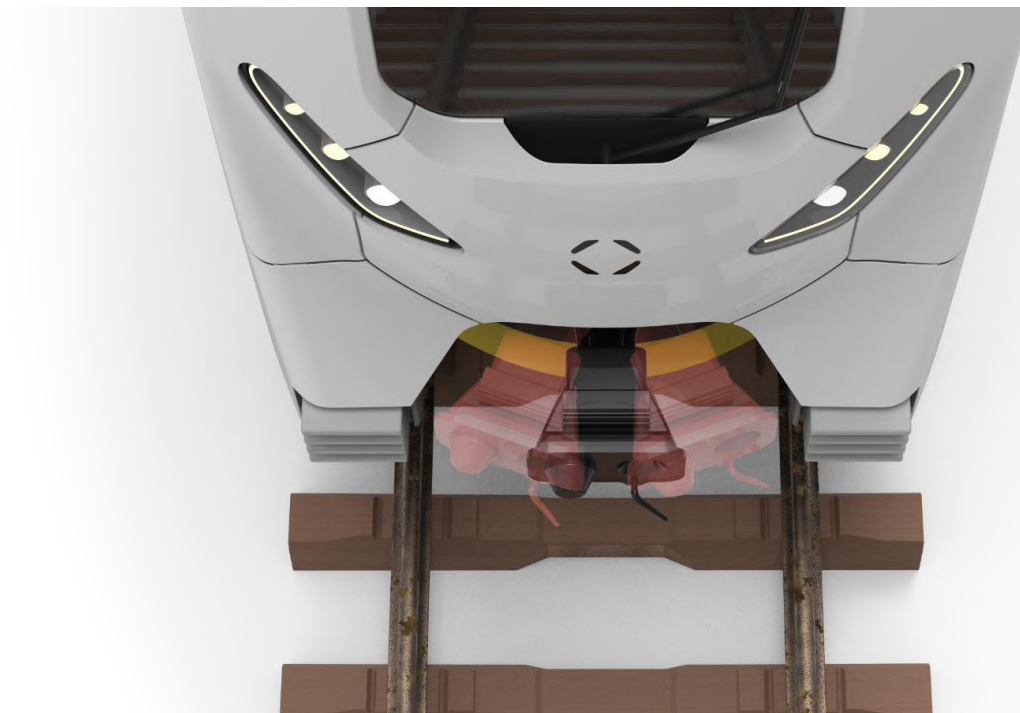


Obrázek 6-15 Funkční schéma

6.2.3 Tažný a deformační modul

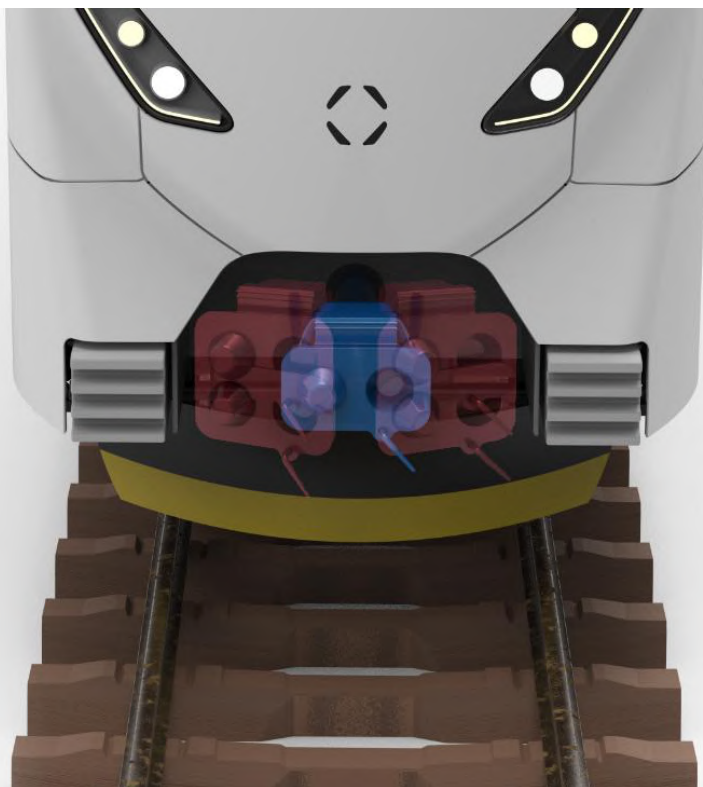
Charakteristická pasáž, kterou sdílí všichni zástupci tohoto typu kolejových vozidel. Tento prostor funguje jako rozhraní mezi esteticky čistým designem a mechanickou částí pro spojování jednotek, či krizovou zátěží během kolize. U výsledného návrhu tak nejde o volnou kreaci, ale o striktní podřízení prostorovým, kinematickým a bezpečnostním normám a následné hledání možností v jejich mezích.

Mechanismus spřáhla není jen statický prvek. Pro ideální možné spojení vícero jednotek se musí osa natáčet podle potřeb trati a vytváří tak tzv. kinematickou obálku. Ta definuje maximální prostor, který těleso při svém pohybu vyplní. Je zde nutné počítat i s extrémními stavy, jako je horizontální výkyv nutný pro průjezd ostrými oblouky a výhybkami v depech, kde se často dosahuje hodnot až 20° od podélné osy. Pro situace, kde vlak najíždí na kopec, či do dolíku, musí se osa hýbat také vertikálně až 6° od osy. I při limitních hodnotách obou os najednou nesmí dojít ke kolizi ocelového ramene s krytem karoserie.



Obrázek 6-16 Natočení spřáhla – horní pohled

Spřáhlo moderních jednotek už ale neplní pouze spojovací funkci. Je první v linii při nárazu s překážkou na ose trati. Proto má v sobě vlastní deformační trubku a trhací šrouby. Po vyčerpání jeho absorpčních možností začnou pohlcovat energii nárazníky. Na jejich čelních plochách jsou tzv. anticlimbery. Jejich úkolem je se zakousnout do překážky a zabránit tomu, aby jeden vlak najel na druhý, což by byla fatální situace nejen pro strojvedoucího, ale také cestující. Z toho důvodu je jejich přední plocha obnažena, aby nemohlo nastat, že by jejich účel nebyl splněn.



Obrázek 6-17 Kinematická obálka spřáhla

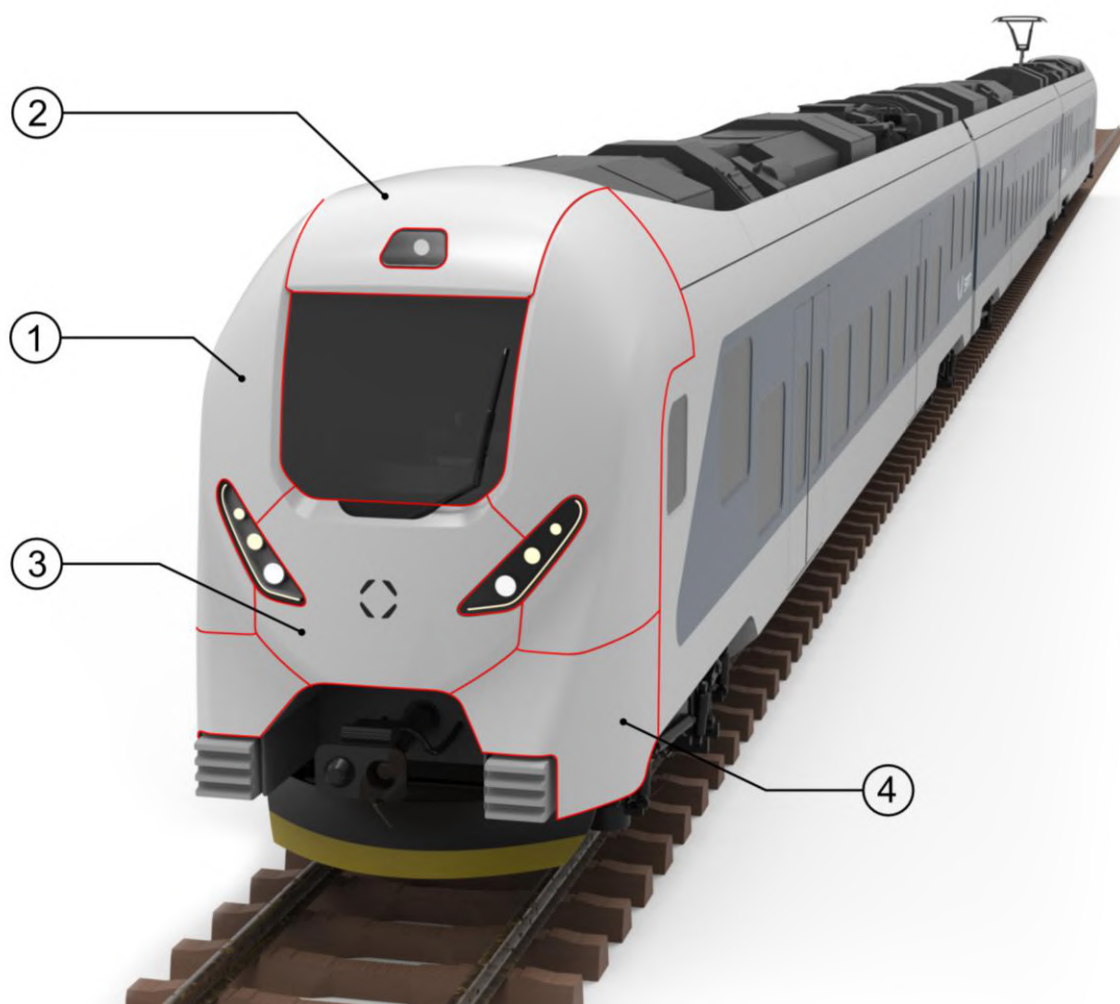


Obrázek 6-18 Spřáhlo a anticlimbery

6.2.4 Členění karoserie

Provedení dělení masky je nedílnou součástí navrhovacího procesu. Nejen, že by jako jeden celek bylo čelo velmi finančně a výrobně náročné, prodražil by se také provoz a byl by nákladnější servis. Navíc se jedná o nástroj, kterým lze design pozvednou ještě o úroveň výše. Při návrhu je potřeba myslet i na to, aby se dal díl vyrobít laminací do formy, a tudíž neměl žádné podkosení. I přes přísné požadavky se dá počet dílů, ze kterých se čelo skládá omezit tak, aby nebylo členění příliš rušivé.

Z provozního hlediska je nekritičtější umístění dělicích spár ve spodní části jednotky. Vzhledem k tomu, že i drobnější kolize mají nejčastěji za následek zničení předního bočního krytu, musela být tato část navržena jako samostatně odnímatelný segment. Zmíněný předěl vychází horizontálně ze spoje hrubé stavby a masky, obepíná prostor absorberu a končí ve zlomu spřáhlové komory.



Obrázek 6-19 Pořadí skládání dílů karoserie

Středový díl masky má základ v nepravidelném šestihranu. Do jeho objemu jsou prostorově zapuštěny hlavní světlomety, což čelu dává výraznější hloubku a sofistikovanost. Spodní hrana tohoto dílu kopíruje tvar spřáhlové komory. Na ni navazuje dělicí spára umístěna v místě prolnutí dvou hlavních objemů karoserie. Tato linie následně přebírá úhel rozevření čelního skla a stoupá vzhůru až k horní hraně světlometu, na kterou se napojuje kolmo.

Poslední významný předěl se nachází v přirozeném zlomu mezi střešní plochou a hlavním bočním profilem masky. Z čelního pohledu funguje spára jako přímé prodloužení hrany hlavního okna, což celému návrhu dodává vizuální čistotu a přímočarost. Ačkoliv tímto dělením vzniká plošně rozsáhlý boční díl, z hlediska údržby to nepředstavuje komplikaci. Díky jeho vysoké pozici nad kolejiemi je totiž riziko mechanického poškození provozem naprosto minimální.

Posledním kusem skládačky je navázání první střešní bočnice, která se od zbytku pozvolně zvedá nahoru a končí přesně v místě střešního zlomu, díky čemuž je dokonale provázáno čelo se zbytkem vlaku. Samotné bočnice pak mají předěl přibližně každých 2 500 mm. Všechny laminátové kusy jsou opatřeny minimálním rádiusem 4 mm, aby nenastávaly komplikace při jejich výrobě.

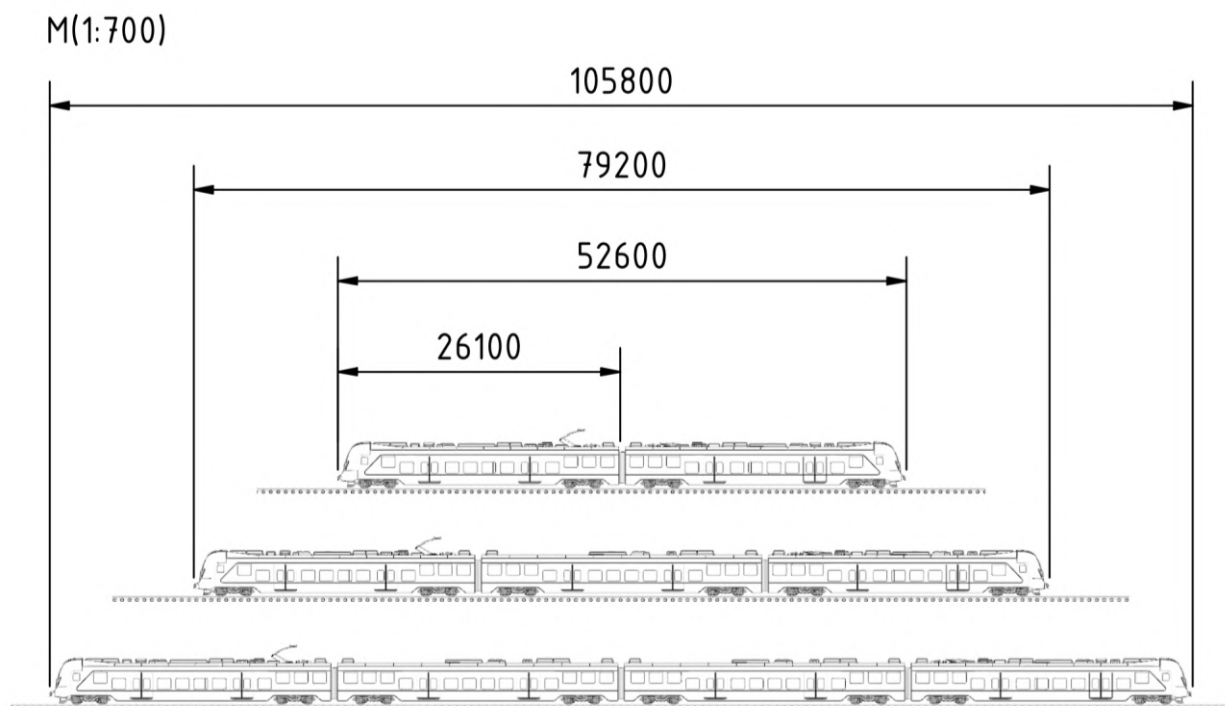
Jednotlivé laminátové díly do sebe zapadají podle logické návaznosti na pravděpodobnost výměny při srážce. V první linii je již zmíněný kryt absorberu, následuje centrální díl, střešní, a nakonec hlavní boční kus. Určení tohoto pořadí bylo podstatné pro vytvoření překrytých spár.



Obrázek 6-20 Detail přeplátovaného spoje

6.3 Rozměrové a ergonomické řešení

Obálkové rozměry vlaku jsou pevně stanovené hodnoty, které se mohou zásadně lišit jen v celkové délce. A to podle toho, zda se zapojí dva, tři, nebo čtyři vozy za sebe. Délka jednoho vozu je 26 100 mm, což při nejkratším možném spojení dává po připočtení přechodového mezikusu vychází na celkovou délku dvouvozové jednotky 52 600 mm.

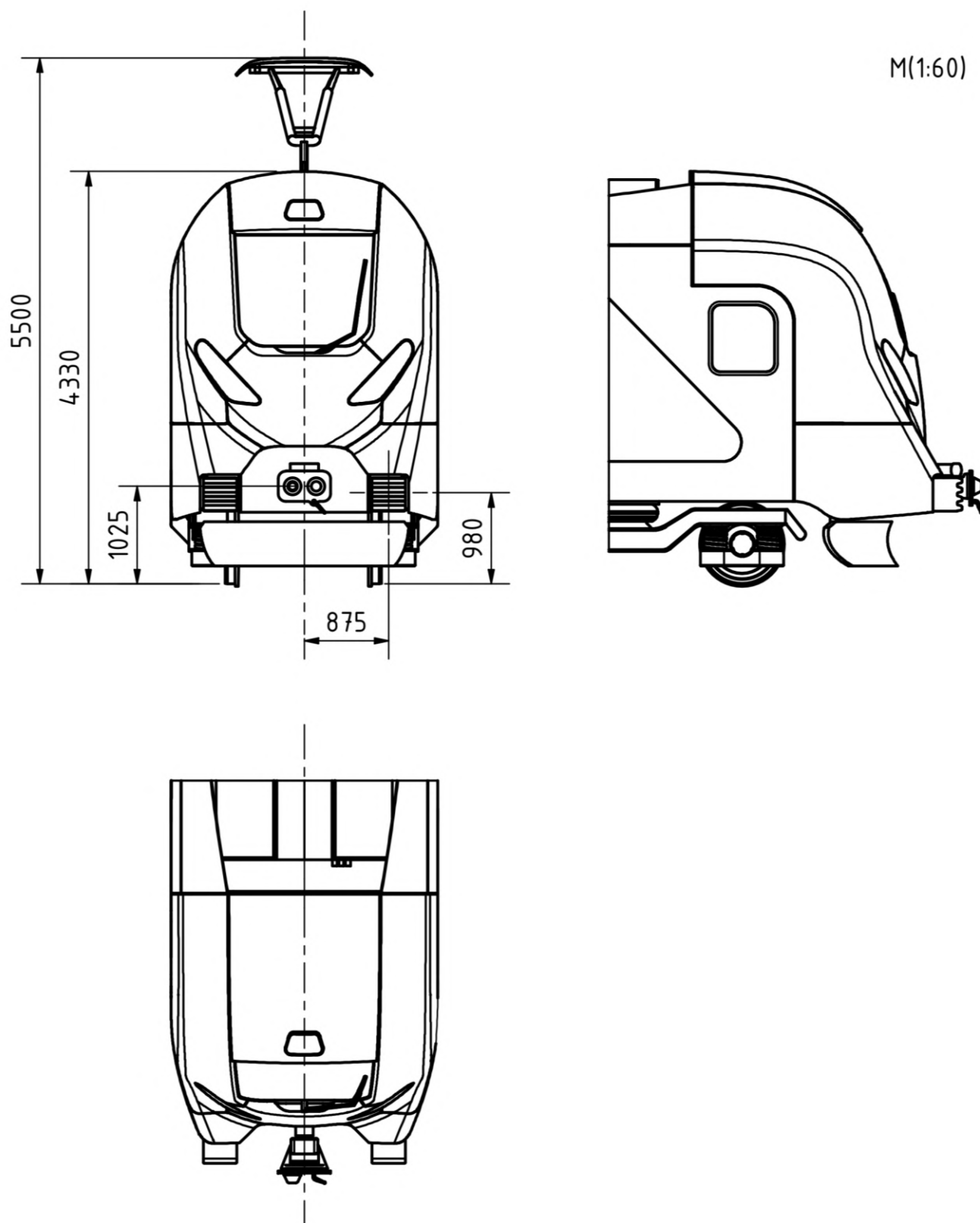


Obrázek 6-21 Délkové rozměry podle počtu zapojených vozů

Také další dva obálkové rozměry jsou zcela standartní. Výška jednotky je od temene kolejnice 4 330 mm a průměrná výška zvednutého pantografu je přibližně 5 500 mm. Na šířku má vlak 2 800 mm a je dimenzován na standartní evropskou rozteč kolejnic 1 435 mm. Samozřejmostí bylo také dodržení dílčích požadovaných rozměrů. Mezi hlavní patří výška osy spřáhla 1 025 mm, rozteč absorberů 875 mm a jejich poloha nad temenem kolejnice se také pohybuje v povoleném rozmezí, konkrétní hodnota je 980 mm.

Jejich dodržení bylo při návrhu do jisté míry omezující, ale na druhou stranu se jedná o důležitý aspekt, který celý vlak dává do jasných souvislostí. Je to jedním z důvodů, proč je obtížné přijít se zcela novým konceptem vlaku. U regionálních jednotek je velká část vzhledu zajištěna spřáhlem a absorberem, zatímco u dálkových, kde už jsou tyto komponenty kvůli odporu vzduchu kryté, je zase tvar kabiny a karoserie silně ovlivněn právě aerodynamickými požadavky.

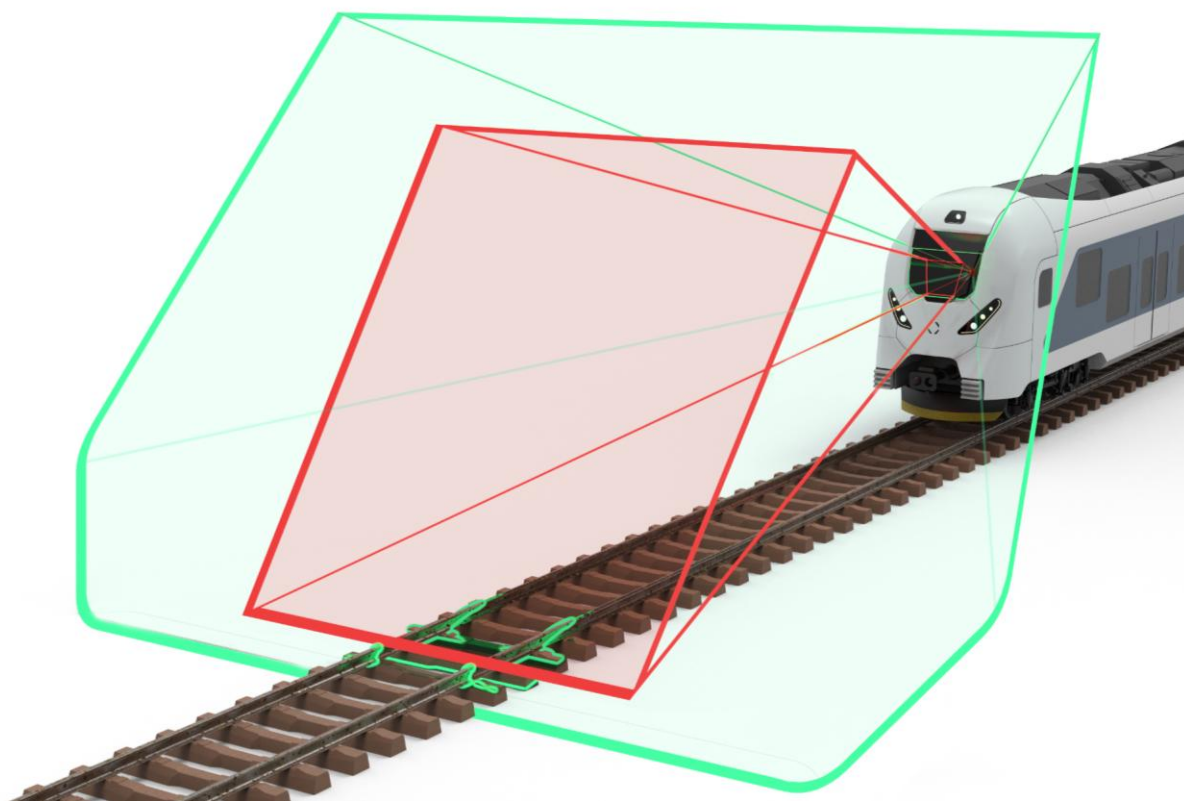
M(1:60)



Obrázek 6-22 Ortogonální pohledy čela

Mimo hlavní rozměry, které jsou předepsány pro interoperabilitu vozidla, jsou zásadní také části podléhající ergonomickým požadavkům. Zcela nejdůležitějším z nich je výhled strojvedoucího na dráhu. I zde jsou samozřejmě předpisy, které musí být dodrženy. Konkrétně musí být strojvedoucímu umožněno vidět objekty, které jsou ve vzdálenosti deseti metrů před plochou absorberů ve výšce 6,3 m a posunuty o tři a půl metru od osy kolejí. Na spodní straně musí vidět objekty ve výšce temene kolejnice ve vzdálenosti 15 m a posunuté 3,15 m od osy.

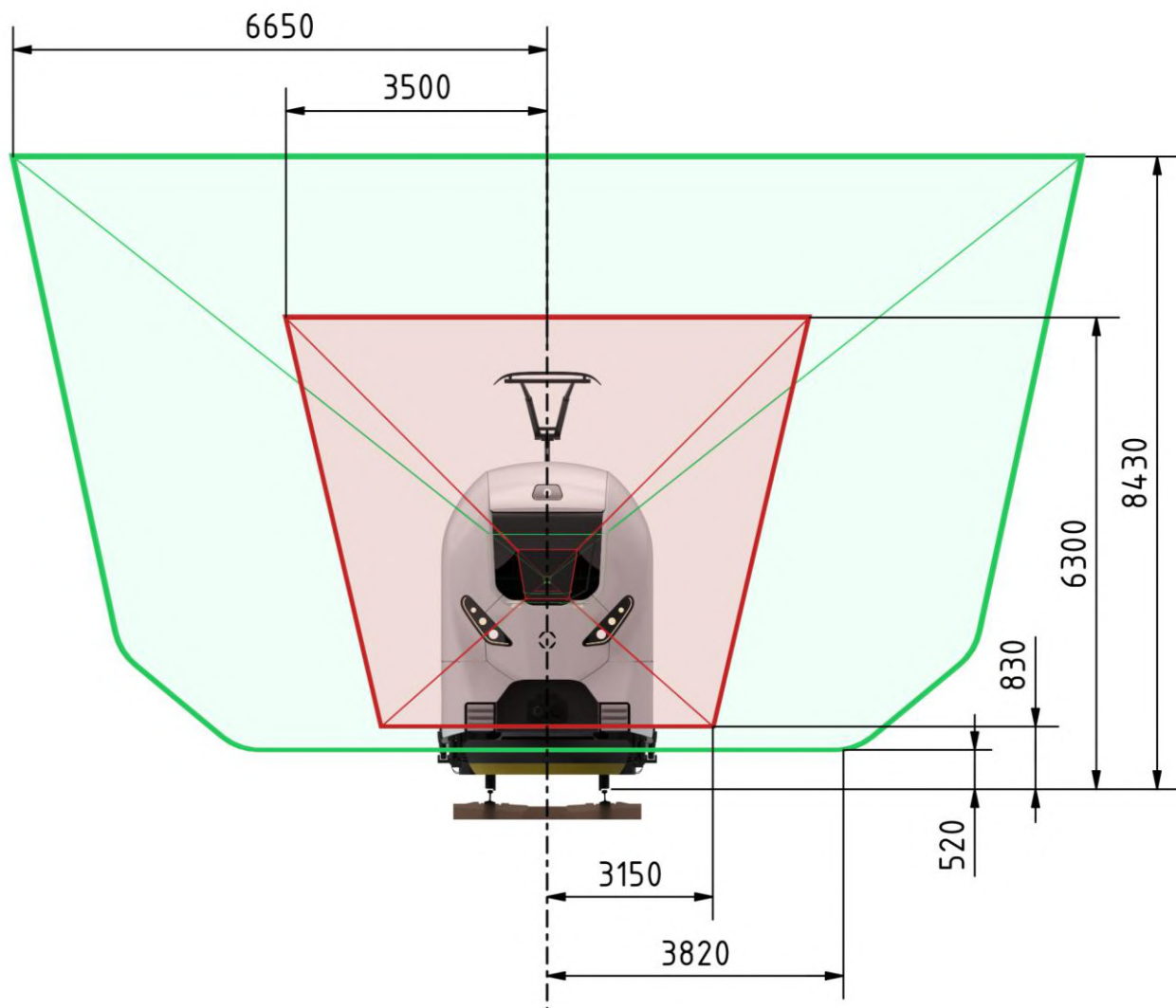
Na tyto požadavky bylo při návrhu myšleno. Nejen, že byly splněny, ale v některých směrech také výrazným rozdílem překonány. Obrázek 6-23 červenou barvou vizualizuje v prostoru plochu zorného pole, která je stanovena normou. Do roviny tvořené čtyřmi hraničními body je poté zelenou barvou promítnuta plocha konkrétního řešení, kterou je strojvedoucí schopen pozorovat. Lze zde vidět, oproti normovanému výhledu se zorné pole protíná s kolejemi o přibližně 2,3 metru dříve.



Obrázek 6-23 Zorné pole strojvedoucího ve 3D

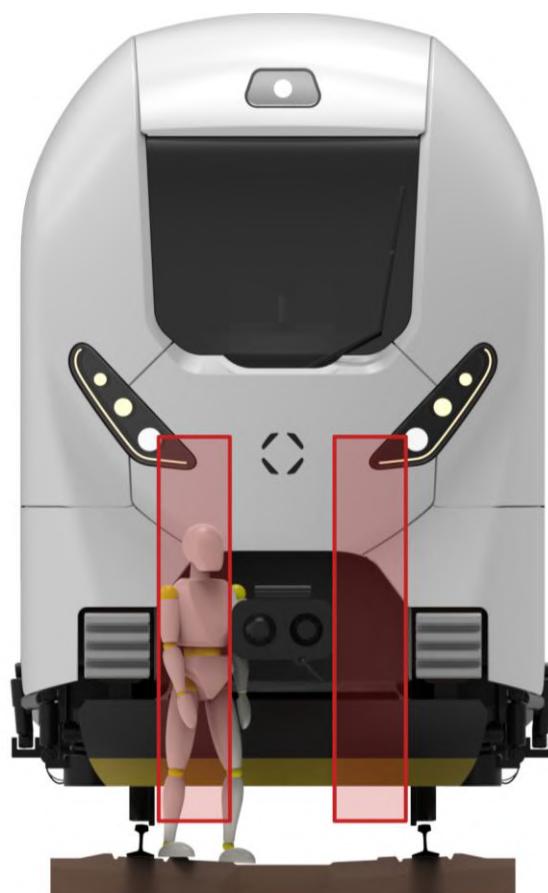
Samotný nejbližší bod, který lze na kolejích pozorovat nemá až tak velký vliv. Standartní regionální vlak totiž ze své maximální rychlosti zabrzdí na dráze jen o něco málo kratší než jeden kilometr. Mnohem důležitější, než splnění spodní hranice normy je tak rozšíření výhledu do stran. Získá se tím větší povědomí o trase před jednotkou a celkově může mít velmi pozitivní vliv na psychickou stránku strojvedoucího, který si nebude připadat tak stísněně.

Pro lepší představu o zorném poli strojvedoucího slouží obrázek 6-24. Na první jmenovaném je z čelního pohledu vyobrazena plocha obsáhlá výhledem z kabiny ve vzdálenosti deseti metrů před čelem absorberů. Výhled není rozšířen jen do boku ale i směrem nahoru, oddaluje poslední možný moment čtení informace z horního návěstidla.



Obrázek 6-24 Zorné pole ve vzdálenosti 10 metrů

Z ergonomického hlediska je na čele ještě jedna důležitá pasáž. Moderní vlaky jsou sice opatřeny spřáhly s automatickým napojením. Pokud však tento pokus selže, musí jít propojení provést pracovník. Z toho důvodu je vytyčen tzv. *Bernský prostor*, ve kterém musí být pro člověka vytyčeno dostatečně místa, ve kterém bude při spojování jednotek v bezpečí. Minimální objem mezi absorberů a spřáhlem je 400 x 300 x 2000 mm.



Obrázek 6-25 Ergonomie – Bernský prostor



Obrázek 6-26 Rozložení kabiny strojvedoucího

6.4 Grafické řešení

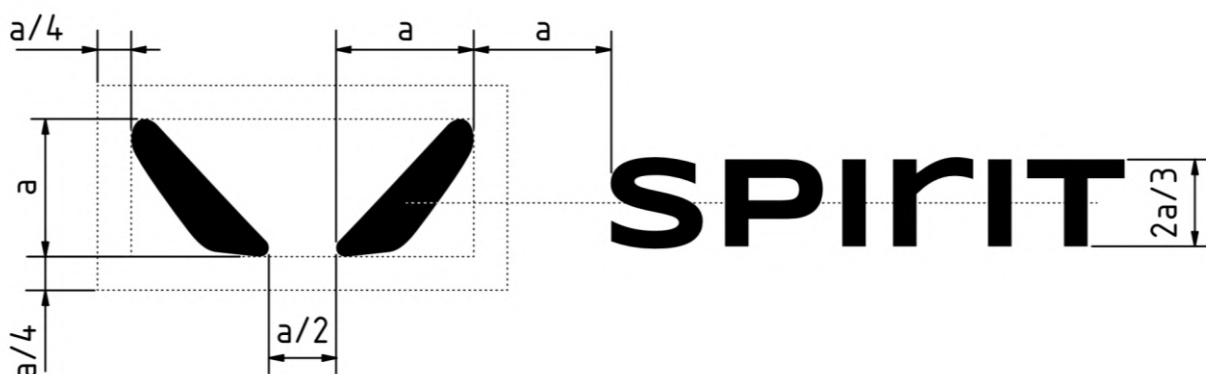
Kolejová vozidla jsou řešením loga výrobku a grafického zpracování poněkud specifické. Zatímco u většiny průmyslových produktů je design i s barevným dělením řešen výrobcem, u elektrických jednotek tomu tak není. Grafické provedení karoserie je navrženo čistě jen pro prezentační účely, ale ve skutečném provozu poté využíváno není. Místo toho se po uzavření zakázky na vlak aplikuje vizuální identita dopravce, který vlak kupuje a bude ho provozovat.

6.4.1 Logo

Jedním z mála grafických prvků, které na jednotce zůstanou je název modelu. Ten se obvykle umísťuje na bok vozu s klasickou velikostí přes jeden metr na délku. Pro tento vlak byly navrženy dvě pomyslné úrovně grafického označení.

Tou první je znak s logotypem. Znak vychází z obrysu navržených světel, která jsou posunuta blíže k sobě a přetransformována tak, aby měla jejich obrysová obálka tvar čtverce. Výsledný obrazec připomíná písmeno V, či případně oči rozhněvaného ducha. Na základě této podobnosti bylo dáno jednotce označení V43, obchodní název Spirit. Ten může být vykládán jako *spirit of Europe*, což je podstata této diplomové práce.

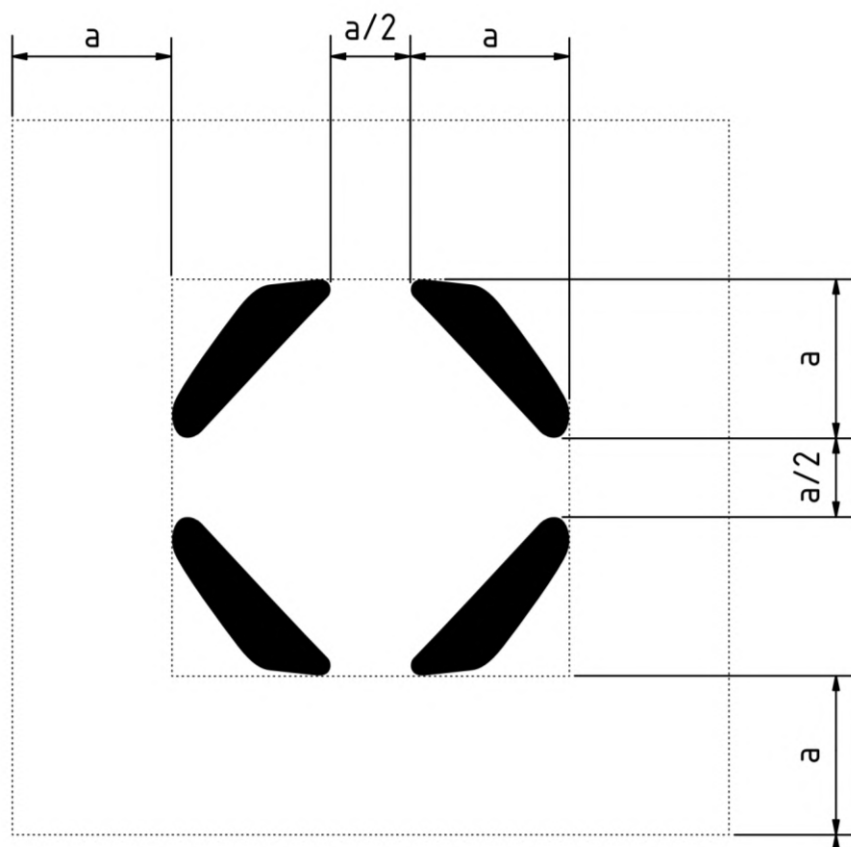
O šířku hlavního tělesa loga dále byl tedy posazen logotyp. Osa textu vychází z těžiště výchozí plochy a výška textu dosahuje dvou třetin této hodnoty. Pro samotný text byl použit font Syncopate bold.



Obrázek 6-27 Vodící linky loga

Druhou úrovní označení je čelní znak. Ten bude využíván pouze v koncepční a předváděcí fázi vývoje, protože jej v provozu nahrazuje logo dopravce, který si vlak zakoupí. Nenesete tedy nejvyšší prioritu, ale hlavně demonstruje kompoziční prostor pro jiné logo.

I tak ale funguje s finálním návrhem velmi dobře. Jedná se o osově souměrné logo podle dvou hlavních os. Je zde opět použit námět světlometu se čtvercovou obálkou. Kompozice až překvapivě dobře maskuje přímou souvislost s designem vlaku.



Obrázek 6-28 Čelní znak



Obrázek 6-29 Aplikace čelního znaku



Obrázek 6-30 Aplikace bočního loga

6.4.2 Grafické řešení

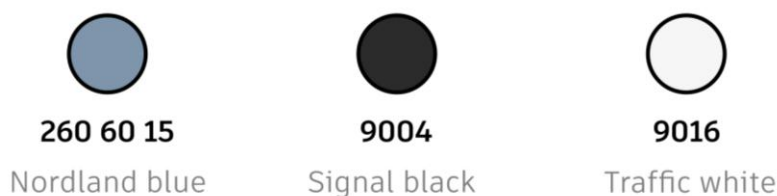
Jak již bylo naznačeno, klasické grafické provedení navržené výrobcem slouží především pro marketingové účely, tendry a podobně. Z toho důvodu byl pro tento design vytvořen pouze jeden návrh grafického zpracování. Bude však doplněn o aplikaci vizuálních identit tří evropských dopravců. Tento postup velmi tvrdým způsobem prověří reálnou aplikovatelnost navržené elektrické jednotky na trhu.

Originální navržená grafika sází na jednoduchost. Aby co nejvíce vyniklo tvarování, tak bylo jako hlavní barva využita bílá. Ta byla aplikována na celé čelo a většinu těla vlaku. Na zbytek byla použit odstín modré barvy, konkrétně RAL 260 60 15, který ideálním způsobem doplňuje hlavní bílou, černé doplňky a teplý odstín světel.

Oddělený barevný profil se táhne po délce celé jednotky. Z důvodu využití klasických podvozků je výška oken napříč soupravou skokově odlišná. Barevné rozdělení tento fakt vizuálně neguje a přímo kontruje jinak kompozičně nevhodnému rozdělení trupu. Zakončení je navrženo tak, aby jednoduchým způsobem rozdělilo mezeru mezi bočním okénkem kabiny a prvním oknem části pro cestující. Zvolený sklon je použit tak, aby navázal na spodní hranu kabiny. Rohy jsou zaobleny a pozicovány tak, aby rádius barevného rozdělení začínal ve stejném místě, jako zaoblení rohů oken vlaku. Celkově tento jednoduchý prvek dokázal dokonale provázat jednotku a dopomoci jí prodat své tvarové kvality.



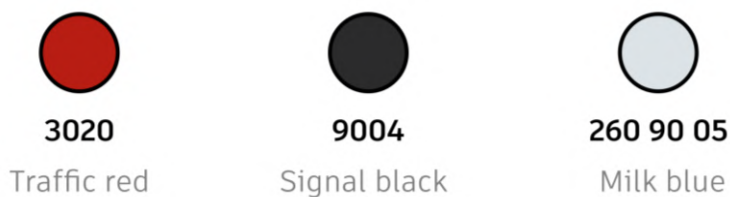
Obrázek 6-31 Návaznost grafického řešení na tvar



Obrázek 6-32 Navržené barevné řešení podle RAL

Pro aplikaci vizuální identity byli vybráni dopravci, kteří obsluhují západní, či střední Evropu a mají navzájem nejvíce odlišné barevné i grafické řešení. Po koupi vlaku se na konkrétním provedení grafiky vždy domlouvají výrobce společně s dopravcem a na základě toho, kde je dopravce schopen ustoupit pak vzniká finální návrh. V této práci je aplikace prováděna tak, aby byla pozměněna co nejméně.

Prvním zvoleným dopravcem, jehož barvy a plošné rozdělení na sebe V43 Spirit vezme je rakouský CityJet. Poznávacími znaky je červený spodní profil, který na čele ustupuje horní bílé. Ty jsou doplněny o černou střechu čela, lemování oken a dveří. Při této variantě návrh uspěl na výbornou. Důležitým faktorem je i to, že spodní často vyměňované díly nejsou tvořeny vícero barvami, což jejich výměnu opět o něco usnadňuje a zlevňuje.



Obrázek 6-33 CityJet barvy podle RAL



Obrázek 6-34 CityJet identita – vizualizace 1



Obrázek 6-35 CityJet identita – vizualizace 2

Pro druhou aplikaci firemních barev byl vybrán mezinárodní dopravce Leo Express. Na drtivou většinu všech povrchů je aplikována grafitově černá. Výjimkou je žlutooranžové lemování čelního skla, střecha a dveře. Mimo to se zde objevují pouze firemní loga a případné doplňkové informace. Jedná se o diametrálně odlišné grafické řešení od ostatních dopravců a o to důležitější je touto formou návrh otestovat.



Obrázek 6-36 Leo Express barvy podle RAL

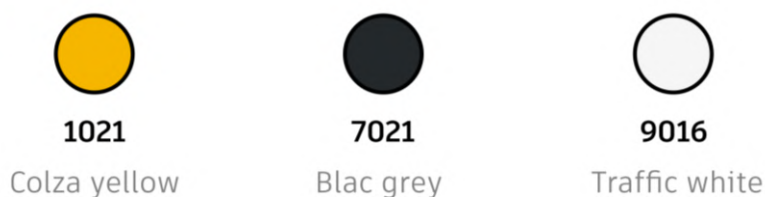


Obrázek 6-37 LeoExpress identita – vizualizace 2



Obrázek 6-39 Leo Express identita – vizualizace 2

Poslední dopravce, jehož vizuální identita zde bude aplikována je německý bwegt. Hlavními poznávacími znaky jsou černošedá střecha, lemování čelního skla a profily spojovací okna pro cestující. To je doplněno o žluté dveře a stejnobarevný lem, který je veden po horní straně těla, obepíná se okolo čelního skla a vytváří tak límec kabiny. Tato barva není ve vzorníku RAL, ale jedná se o barvu Pantone 116 C, která je v barevném RAL označení aproximována. Na zbytek těla je použita dopravní bílá. I zde tvarování čela a umístění dělicích spár velmi podporuje aplikované grafické řešení. Příkladem je využití střešních bočnic pro žlutý profil. Jedná se o další kusy, kde se nebude muset řešit složitá aplikace polepů, nebo je barevně rozdělovat. Spirit tak obstál v těchto testech a jeho design se tak dá označit jako zdařilý a přívětivý k různým grafickým aplikacím.



Obrázek 6-38 Bwegt barvy podle RAL



Obrázek 6-40 Bwegt identita – vizualizace 1



Obrázek 6-41 Bwegt identita – vizualizace 2

6.5 Udržitelnost produktu

Udržitelnost a snižování uhlíkové stopy představují jedno z formujících témat celosvětového průmyslu i dopravy. Z hlediska plošného dopadu na životní prostředí je podpora hromadné železniční dopravy tím nejefektivnějším řešením. Oproti individuální automobilové dopravě nabízí nejen zlomkovou spotřebu energie a emisí v přepočtu na jednoho cestujícího, ale zároveň aktivně přispívá k redukci dopravních kolon, které jsou primárním zdrojem neefektivně produkováných emisí ve městech.

Navržený koncept Spirit spadá do kategorie regionálních elektrických jednotek, které tvoří páteř příměstské dopravy. Z ekologického hlediska představuje absolutní špičku. Na rozdíl od dieselových souprav negeneruje žádné lokální emise a na rozdíl od moderních bateriových jednotek (BEMU) se vyhýbá nutnosti instalace masivních trakčních baterií, které představují obrovskou těžební a recyklační zátěž. Jedinou, avšak z ekologického hlediska akceptovatelnou nevýhodou, zůstává závislost vozidla na plně elektrifikované trati, což znevýhodňuje tento koncept v odlehlejších oblastech.

Z hlediska energetické náročnosti samotného provozu je nutné zohlednit profil regionálních tratí. Vzhledem k častým zastávkám, opakovaným rozjezdům a maximální konstrukční rychlosti 160 km/h není spotřeba elektrické energie primárně ovlivněna odporem vzduchu, ale celkovou hmotností vozidla. Z toho důvodu je návrh čelní masky koncipován racionálně, bez aplikace objemných aerodynamických krytů spřáhlové komory, či nárazových absorberů. Jejich přítomnost by vlaku nepřinesla výraznou energetickou úsporu, ale výrazně by prodražila opravy případných kolizí.

Hlavní obálka čela je tvořena kompozity ze skelných vláken, které mají jen velmi omezené možnosti recyklace. Tato počáteční environmentální zátěž je však částečně vykoupena extrémní životností dílů, která běžně přesahuje hranici třiceti let. Kompozitní materiály nabízejí absolutní odolnost vůči korozi a únavě materiálu. Tím zásadně překonávají ocel i běžné termoplasty a nevyžadují předčasné výměny v průběhu života vozidla. Samozřejmě za předpokladu, že nebudou mechanicky porušeny jiným způsobem.

S materiálovým řešením jde ruku v ruce servisní modularita. Z hlediska udržitelnosti je nejkritičtější faktorem prevence vzniku přebytečného odpadu při haváriích. Díky optimalizaci spárořezu a dělení karoserie do menších segmentů není nutné při drobných a častých kolizích se zvířaty měnit větší část čela. Ty jsou zachyceny pouze spodními snadno vyměnitelnými kryty. Toto řešení radikálně snižuje nejen množství produkováného odpadu, ale omezuje i uhlíkovou stopu spojenou s výrobou a lakováním.

6.6 Hodnocení klíčových parametrů

Závěrečné hodnocení klíčových parametrů ověřuje, nakolik navržený koncept regionální elektrické jednotky Spirit splňuje vytyčené požadavky z hlediska průmyslového designu, technologické proveditelnosti, norem a ekonomiky provozu. Návrh byl konfrontován s reálnými limity drážního průmyslu a jeho úspěšnost lze definovat v oblastech estetické hodnoty designu, výrobní proveditelnosti, pasivní bezpečnosti a ekonomiky provozu.

Hlavním klíčovým parametrem je bez pochyby výsledný navržený design a následná aplikovatelnost grafického zpracování dopravců. Výsledek se samozřejmě nedá hodnotit zcela objektivně, ale když se podíváme na cíl práce, její vystavění a konečný návrh, zcela určitě se to dá považovat za zdárný výsledek. Vlak i přes kulminaci různých podnětů z odlišných kultur působí jednotně, a ne jako mix nehodících se prvků. Zároveň se podařilo najít ideální poměr toho jakým způsobem zapadá a vystupuje na evropském železničním trhu.

Aby se dalo ale tento přínos považovat za skutečný, musí být návrh zcela vyrobitelný. Představený koncept plně respektuje specifika středněsériové výroby drážních vozidel. Z hlediska produkce hlavních sklolaminátových částí masky jsou veškeré pohledové plochy a navazující lemy navrženy s odpovídajícími úkosi. Díky tomuto došlo ke zjednodušení konstrukce forem a tím pádem i počátečních investičních nákladů. Ty jsou také limitovány díky využití mnoha předešle existujících částí jako jsou střešní komponenty, podvozky a vozová skříň. V detailu čelních světlometů byla z důvodu optimalizace výroby opuštěna idea vstřikovaných dílů. Návrh úspěšně implementuje využití standardizovaných homologovaných LED projektorů zasazených do jednoduše vyrobitelných lůžek, čímž je zaručena vysoká nákladová efektivita. Pokud by však měl zákazník zájem, je možné tyto světlomety nahradit i alternativními, které však nepracují se standardizovanými kruhovými zdroji.

Zásadním parametrem návrhu je kompatibilita karoserie s bezpečnostními předpisy, zejména s normou EN 15227 na požadavky odolnosti proti nárazu. Design masky byl od počátku koncipován tak, aby obálka nezasahovala do konstrukce hlavních deformačních členů, jako jsou absorbery a spřáhlo. Volba nepoužít celoplošně aerodynamické krytování spodní části se ukázala jako výhodná hned dvakrát. Eliminuje pravděpodobnost zalomení karoserie v anticlimberech, čímž by byla zcela vyřazena jejich funkce a také esteticky ukotvuje čelo.

Úspěchem je také udržení předpokládaných nákladů na údržbu v průběhu životního cyklu vozidla. Tohoto cíle bylo dosaženo racionálním rozdělením karoserie prostřednictvím logického rozmístění spár. Zejména v nejexponovanější spodní části čela byla vytvořen systém samostatně odnímatelných bočních krytů deformačních prvků. Při dobrých a v regionálním provozu častých nehodách, jako jsou střety se zvěří, tento postup umožňuje rychlou a nízkonákladovou výměnu pouze dotčeného segmentu bez nutnosti složité demontáže.

7 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat komplexní koncepční návrh exteriéru nové regionální elektrické jednotky. Návrh se zaměřoval na čelo a přejímal výchozí tvar vozové skříň. Hlavní ambicí tohoto projektu nebylo pouze vytvořit lokálně orientované vozidlo, ale definovat plnohodnotnou univerzální designovou platformu s celoevropským přesahem. Platformu, která obstojí v kontextu přísných technologických, bezpečnostních a ekonomických požadavků současného drážního průmyslu a stane se sebevědomým členem udržitelné hromadné dopravy.

Podstatou představeného designového řešení je propojení kontrastních evropských přístupů k transportnímu designu. Tvarosloví jednotky *Spirit* přímo vychází z rešerše a analýzy současných vozidel provozovaných napříč kontinentem. Návrh v sobě na jedné straně integruje přísnou racionalitu, inženýrskou čistotu a funkčnost, která je typická pro německé, či švýcarské výrobce. Na druhé straně tuto strohost obohacuje o dynamiku, eleganci a silný emoční náboj, jenž je charakteristický pro vlakové soupravy z jižních částí Evropy.

Výsledkem této vizuální a funkční fúze je design, který funguje jako dokonale adaptibilní základ. Karoserie je ale také navržena s myšlenkou využití potenciálními provozovateli. Racionální vedení dělicích spár zaručuje, že je tato platforma připravena na bezproblémovou aplikaci různých korporátních identit.

Během celého procesu navrhování bylo nutné neustále balancovat mezi touto vizuální koncepcí a neúprosnými limity. Koncept plně respektuje přísnou evropskou normu EN 15227 pro pasivní bezpečnost. Pragmatické rozhodnutí nenavrhovat celoplošné krytování spodní části masky zajistilo bezkolizní prostor pro automatické spřáhlo, garantovalo okamžitý přístup k absorpčním prvkům a eliminovalo s tím spojené provozní problémy. Integrace standardizovaných LED projektorů navíc prokazuje, že i přes zachování nižších nákladů lze docílit nestandartního designu za standartní cenu.

Stěžejní bylo také uzpůsobení servisní modularity. Zejména pak samostatně odnímatelné boční segmenty krytující absorbery, díky kterým se podařilo optimalizovat *life cycle cost*. Při frekventovaných nehodách, jakými jsou střety se zvěří na lokálních tratích, toto řešení umožňuje bleskovou výměnu pouze zničeného dílu. Minimalizuje se tak objem vznikajícího nerecyklovatelného kompozitního odpadu a zásadně se zkracují finančně nákladné odstávky vozidel v depech.

Zpracování této diplomové práce potvrdilo, že role průmyslového designéra nespočívá v pouhém povrchovém stylizování tvarů, ale v komplexním kompromisem mezi konstrukcí, technologií výroby, ekonomikou provozu a vnímáním konečného uživatele. Představený koncept regionální jednotky je toho důkazem. Demonstruje vyzrálou, technicky podloženou a vysoce adaptibilní vizi celoevropského vlaku, který je připraven plnit nároky udržitelné železniční dopravy 21. století.

8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Druh výsledku	Funkční vzorek
Název výsledku	Elektrická jednotka
Autor	Bc. Jiří Stráník
Místo uložení výsledku	VUT Brno

Tabulka 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] EUROSTAT. Characteristics of the railway network in Europe. *Eurostat* [online]. 2025 [cit. 2025-12-13]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Characteristics_of_the_railway_network_in_Europe#Developments_in_the_extent_and_density_of_the_national_railway_networks
- [2] Electric Multiple Units Market Size, Share | Growth [2032]. *Business Fortune Insights* [online]. 2024 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: <https://www.fortunebusinessinsights.com/electric-multiple-units-market-114167>
- [3] 2024 UNIFE World Rail Market Study. *UNIFE* [online]. 2024 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: https://www.unife.org/wp-content/uploads/2024/07/Abstract_UNIFE_World_Rail_Market_Study.pdf
- [4] Sustainable and Smart Mobility Strategy – putting European transport on track for the future. *European Union* [online]. 2021 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2021-04/2021-mobility-strategy-and-action-plan.pdf>
- [5] A landmark for Stadler: Over 2,500 FLIRTs sold worldwide. *Rail Target* [online]. 2021 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: <https://www.railtarget.cz/passenger/a-landmark-for-stadler-2500-flirts-sold-worldwide-5804.html>
- [6] Alstom completes Bombardier Transportation takeover. *International Railway Journal* [online]. 2021 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: <https://www.railjournal.com/financial/alstom-completes-bombardier-transportation-takeover/>
- [7] Commuter and regional trains from Siemens Mobility. *Siemens Global* [online]. 2026 [cit. 2026-01-05]. Dostupné z: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rolling-stock/commuter-and-regional-trains.html>
- [8] Bombardier OMNEO (Regio 2N) Double-Deck Train. *Railway Technology* [online]. 2026 [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: <https://www.railway-technology.com/projects/bombardier-omneo-regio-2n-double-deck-train/>

- [9] Hitachi agrees to buy Ansaldo STS and AnsaldoBreda. *Wayback Machine* [online]. 2026 [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20201101165012/https://www.railwaygazette.com/news/business/single-view/view/hitachi-agrees-to-buy-ansaldo-sts-and-ansaldobreda.html>
- [10] Leo Express doveze první vlaky z Číny v druhé polovině roku. Zakázka má hodnotu pět miliard. *IRozhlas* [online]. 2019 [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/ekonomika/leo-express-vlaky-cina_1904270821_cen
- [11] Leo Express vypověděl smlouvu na pořízení čínských jednotek Sirius. *Zdopravy* [online]. 2022 [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/leo-express-vypovedel-smlouvu-na-porizeni-cinskych-jednotek-sirius-112275/>
- [12] Čínské vlakové soupravy Sirius na Mělníku již neuvidíme, alespoň prozatím. *Doprava Mělník a okolí* [online]. 2024 [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: <https://www.domaok.cz/aktualne/cinske-vlakove-soupravy-sirius-na-melniku-jiz-neuvidime-alespon-prozatim/>
- [13] Jednopodlažní elektrické jednotky založené na platformě RegioPanter. *Škoda Group* [online]. 2026 [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: <https://www.skodagroup.com/cs/produkty-a-sluzby/jednopodlazni-elektricke-jednotky-zalozene-na-platforme-regiopanter>
- [14] TSI revision 2022 Digital Rail and Green Freight. *European Union Agency for Railways* [online]. 2014 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: <https://www.era.europa.eu/system/files/2022-10/Annex%204%20-%20TSI%20LOC%26PAS.pdf?t=1761181442>
- [15] Research on Simulation Calculation of the Safety of Tight-Lock Coupler Curve Coupling. *ResearchGate* [online]. 2021 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/The-maximum-swing-angle-of-the-coupler-under-S-curve-condition_tbl4_355504565
- [16] Development of a concept for the EU-wide migration to a digital automatic coupling system (DAC) for rail freight transportation. *BMV - Startsierte* [online]. 2026 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/technical-report-dac-technology.pdf?__blob=publicationFile
- [17] Narážecí ústrojí. *Vagóny* [online]. 2026 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: <https://www.vagony.cz/vagony/narazniky.html>

- [18] *PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2025/675 ze dne 4. dubna 2025, kterým se mění nařízení (EU) č. 1302/2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému kolejová vozidla – lokomotivy a kolejová vozidla pro přepravu osob železničního systému v Evropské unii a prováděcí rozhodnutí 2011/665/EU o evropském registru povolených typů železničních vozidel.* In: . 2025.
- [19] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ. *Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel - část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy).* 2024.
- [20] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace - Požadavky na kolizní odolnost kolejových vozidel.* 2025.
- [21] RegioPanter electric unit for Slovakia. *Škoda Group* [online]. 2026 [cit. 2026-01-27]. Dostupné z: <https://skodagroup-devel.dexter.brainz.cz/reference/regiopanter-electric-unit-for-slovakia>
- [22] SIEMENS. The Mireo - Intelligence on rails. *Siemens Mobility Global* [online]. 2016 [cit. 2026-01-27]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:33dda3d5-a6d5-4f6b-88dd-cfd914de1c6a/presentation-mireo-e.pdf>
- [23] CASCINO, Alessio, Enrico MELI a Andrea RINDI. Comparative Analysis and Dynamic Size Optimization of Aluminum and Carbon Fiber Thin-Walled Structures of a Railway Vehicle Car Body. *MDPI* [online]. 2025, **18**(7), 15 [cit. 2026-01-27]. Dostupné z: [doi:https://doi.org/10.3390/ma18071501](https://doi.org/10.3390/ma18071501)
- [24] PROGRESIVNÍ VÝROBNÍ TECHNOLOGIE INTEGRÁLNÍCH HRUBÝCH STAVEB KOLEJOVÝCH VOZIDEL ZE SLITIN HLINÍKU. *Současné problémy v kolejových vozidlech* [online]. 2021 [cit. 2026-01-29]. Dostupné z: <https://spkv.upce.cz/index.php/spkv/article/download/2721/2335>
- [25] Škoda Vagonka is opening the largest machining center in Europe. *PFF Group* [online]. 2021 [cit. 2026-01-29]. Dostupné z: <https://www.ppf.eu/en/press-release/skoda-vagonka-is-opening-the-largest-machining-center-in-europe>

- [26] RegioPanter Electric single-deck unit. *Vlaky.net* [online]. 2026 [cit. 2026-01-30]. Dostupné z: https://www.vlaky.net/upload/images/reports/005073/07%20SKODA%20VAGONKA%20-%20produktovy%20list_JPJ_RegioPanter_CZ.pdf
- [27] GREEN BUFFERS. New generation technology. *Green Buffers* [online]. 2026 [cit. 2026-01-27]. Dostupné z: <https://greenbuffers.com/new-generation-technology/>
- [28] Production Of Type 16Ev EMUs Is Moving Forward. *Railvolution* [online]. 2021 [cit. 2026-01-30]. Dostupné z: <https://www.railvolution.net/news/production-of-type-16ev-emus-is-moving-forward>
- [29] Development process of a side bumper crash device. *Global Railway Review* [online]. 2009 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.globalrailwayreview.com/article/3150/development-process-of-a-side-bumper-crash-device/>
- [30] Dellner in the central and eastern Europe. *Dellner* [online]. 2026 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.dellner.com/wp-content/uploads/2022/07/Dellner-in-the-CEE-markets-2024.pdf>
- [31] DANIELSSON, Roger. *A shear-off device for train couplers*. Rxd Research Exchange Development AB. EP4472876A1. Přihlášeno 2022. Dostupné také z: <https://patents.google.com/patent/EP4472876A1/en>
- [32] The EST CRASH BUFFER. *The EST Crash Buffer* [online]. 2016 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <http://www.crashbuffer.com/r38e.htm>
- [33] Anti Climbers. *OLEOinc* [online]. 2026 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.oleoinc.com/products/rail/anti-climbers>
- [34] Škoda 7Ev “RegioPanter” and “InterPanter.” *Loco-info* [online]. 2026 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: <https://loco-info.com/view.aspx?id=17421&t=type&cookies=decline>
- [35] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace - Dvojkolí a podvozky - Metoda specifikování pevnostních požadavků na rámy podvozků*. 2024.

- [36] REQUEST FOR PROPOSAL [RFP] [GOODS & SERVICES] FOR THE MACHINING OF 60MM AND 100 MM PRIMARY PARTS FOR TRANSNET ENGINEERING ALSTOM BOGIE FRAME PROJECT DURBAN MAIN CENTRE. *ETenders Portal* [online]. 2024 [cit. 2026-01-27]. Dostupné z: <https://www.etenders.gov.za/home/Download/?blobName=cdbd8899-cd29-4f35-b6be-27b357ccded7.pdf&downloadedFileName=RFP%20Template%20Machining%20of%2060mm%20and%20100mm%20Primary%20Steel%20-%2030-08-2024.pdf>
- [37] BURENIN. *Research, development, and evaluation of a control system for electric traction drives on railway applications*. Ruga, 2025. Dizertační. Riga Technical University.
- [38] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT. *Železniční aplikace - Brzdění - Brzdové systémy pro hromadnou dopravu*. 2004.
- [39] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace – Lepení na železničních vozidlech a jejich částech*. 2023.
- [40] General Guideline. *Sika Industry* [online]. 2024 [cit. 2026-02-03]. Dostupné z: <https://industry.sika.com/dam/dms/global-industry/d/general-guidelinewindowbondingsikasilwtadhesives.pdf>
- [41] Cab Mask. *EPP Composites* [online]. 2026 [cit. 2026-02-03]. Dostupné z: <https://www.eppcomposites.com/cab-mask.html>
- [42] BLASTING AND PAINT SPRAYING SYSTEMS FOR RAIL VEHICLE CONSTRUCTION. *SLF* [online]. 2026 [cit. 2026-02-03]. Dostupné z: https://www.slf.eu/assets/Download_Prospekte/Blasting_and_Paint_Spraying_Systems_for_Rail_Vehicle_Construction_EN.pdf
- [43] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace – Vnější výstražná světelná a zvuková zařízení – Část 1: Čelní světlomety, poziční a koncová světla pro železniční vozidla*. 2020.
- [44] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace - Kabina strojvedoucího - Část 1: Antropometrická data a výhledové poměry*. 2019.
- [45] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Železniční aplikace - Železniční vozidla - Uspořádání čelníku*. 2024.

- [46] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Drážní aplikace - Konstrukce pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace - Přístupnost vozidel se sníženou schopností pohybu a orientace - Část 2: Pomůcky pro nastupování*. 2026.
- [47] ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI. *Drážní aplikace - Konstrukce pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace - Obecné požadavky - Část 1: Kontrast*. 2026.
- [48] Railway Multiple Units Market Size, Share & Industry Analysis by Propulsion (DMUs, EMUs, and Hybrid), By Train Set (Up to 2 Cars, 3-6 Cars, and 7 Cars & Above), By Application (Rapid Transit/Metro, Suburban & Commuter Rail, and Intercity Rail), By Component (Propulsion & Power, Carbody & Structures, Bogies & Running Gear, Electrical & Control, Passenger Interior, Braking Systems, Doors & Access, Couplers & Gangways, and Auxiliaries), and Regional Forecast, 2026-2034. *Fortune Business Insights* [online]. 2026 [cit. 2026-02-07]. Dostupné z: <https://www.fortunebusinessinsights.com/railway-multiple-units-market-114214>
- [49] GONZÁLES-GIL, Arturo, Roberto PALACIN, P. BATTY a J. P. POWELL. A systems approach to reduce urban rail energy consumption. *Energy conversion and management*. 2014, **80**(7), 54.
- [50] FLIRT train - lightweight and flexible. *Stadler* [online]. 2025 [cit. 2026-01-04]. Dostupné z: <https://www.stadlerrail.com/en/solutions/rolling-stock/mainline-flirt>
- [51] Coradia Stream regional trains: High-performing operational efficiency. *Alstom* [online]. 2026 [cit. 2026-01-05]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/regional-trains/coradia-stream-regional-trains-high-performing-operational-efficiency>
- [52] Alstom in Denmark. *Alstom* [online]. 2026 [cit. 2026-01-05]. Dostupné z: <https://www.alstom.com/alstom-denmark>
- [53] Siemens Mobility dodá 75 jednotek Mireo pro Lipsko a okolí. *Tiskové centrum Siemens - tiskové zprávy* [online]. 2026 [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: <https://www.siemenspress.cz/siemens-mobility-doda-75-jednotek-mireo-pro-lipsko-a-okoli/>
- [54] Siemens Desiro. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Siemens_Desiro

- [55] Bombardier Omneo at Paris Gare de Lyon. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bombardier_Omneo_at_Paris_Gare_de_Lyon.jpg
- [56] 521 858 Hitachi Rail Italy Caravaggio operated by Trenitalia S.p.A. taken by NikiKaps. *RailRoadPics* [online]. 2008 [cit. 2026-01-10]. Dostupné z: https://www.railroadpics.net/photo/2008/Hitachi-Rail-Italy-Caravaggio_521-858
- [57] Elf2 - PESA. *PESA* [online]. 2026 [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: <https://pesa.pl/en/produkty/elektryczne-zespoly-trakcyjne/elf2/>
- [58] Na koleje vyjedou nové rychlejší vlaky. Svého potenciálu však nevyužijí. *IDNES* [online]. 2020 [cit. 2026-01-11]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ekonomika/domaci/zeleznice-vlak-souprava-ceske-drahy-arriva-leo-express-regiojet-premium-zpravodajstvi.A201214_162520_ekonomika_mato
- [59] Newag Impuls. *Wikipedia* [online]. 2026 [cit. 2026-01-12]. Dostupné z: https://de.wikipedia.org/wiki/Newag_Impuls
- [60] JANČAR, Rost'a. Dnes poprvé o kousek popojede nový český vlak ze Škodovky. *IDNES* [online]. 2011 [cit. 2026-01-30]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/sledovali-jsme-zrod-noveho-pantografu-z-plzne-regiopanter-je-hotovy.A110711_103602_tec_reportaze_rja
- [61] Automatic Coupler Type 12 For Regional & Inter-City, High-Speed Trains and Metros. *Dellner* [online]. 2026 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.dellner.com/products/automatic-couplers/automatic-coupler-type-12>
- [62] Deformation Units Crash Energy Management inside the coupler. *Dellner* [online]. 2026 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.dellner.com/products/crash-energy-management/deformation-units>
- [63] Crash Energy Management For Passenger Trains. *Dellner* [online]. 2026 [cit. 2026-01-31]. Dostupné z: <https://www.dellner.com/products/crash-energy-management>

- [64] SF 6500 Bogie-platform for electrical- and diesel multiple units. *Siemens Mobility Global* [online]. 2026 [cit. 2026-02-01]. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:63c7fb71-b621-4824-890c-b409eaa4118a/mobility-datasheet-bogies-sf6500-en.pdf>
- [65] Lokomotivy a elektrické jednotky. *Faiveley Transport Czech* [online]. 2026 [cit. 2026-02-02]. Dostupné z: <https://www.ftczech.cz/nase-vyrobky/pantografy/lokomotivy-a-elektricke-jednotky/>
- [66] Střešní odpojovače. *Faiveley Transport Czech* [online]. 2026 [cit. 2026-02-02]. Dostupné z: <https://www.ftczech.cz/nase-vyrobky/elektro-mechanicke-pristroje/stresni-odpojovace/>
- [67] Staré pantografy končí. Podívejte se, jak v Plzni staví nové. *IDNES* [online]. 2011 [cit. 2026-02-02]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/technet/technika/stare-pantografy-konci-podivejte-se-jak-v-plzni-stavi-nove.A110302_201439_tec_technika_rja/foto/RJA3984e7_Fotky_trakcniho_motoru_7Ev_1.jpg
- [68] PISTONSUPPLY ECO. *Knorr-Bremse* [online]. 2026 [cit. 2026-02-02]. Dostupné z: https://rail.knorr-bremse.com/media/2000_products/2900d_product_broschures/p-1262_pistonsupply_eco-2.pdf
- [69] SMFR Adjustable Front End Mount Kit. *Signature Metal Fab Racing* [online]. 2026 [cit. 2026-02-03]. Dostupné z: <https://www.signaturemetalfab.com/product-page/smfr-adjustable-front-end-mount-kit>
- [70] Combined halogen and LED front lighting of Pesa Elf EMU. *Lighting_Gallery* [online]. 2022 [cit. 2026-02-04]. Dostupné z: <https://www.lighting-gallery.net/gallery/displayimage.php?album=4353&pos=349&pid=213722>

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

AC	Alternating Current (střídavý elektrický proud)
CO ₂	Oxid uhličitý
ČSN EN	Česká technická norma přejímající evropskou normu
DC	Direct Current (stejnoseměrný elektrický proud)
EMU	Electric Multiple Unit (elektrická ucelená jednotka)
ERP	Eye reference Point (vztažný bod oka)
FSW	Friction Stir Welding (svařování třením s promísením)
HSCB	High Speed Circuit Breaker (stejnoseměrný rychlovypínač)
LED	Light-Emitting Diode (světlo emitující dioda)
LRV	Light Reflectance Value (hodnota odrazivosti světla)
MIG	Metal Inert Gas (obloukové svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu)
PC	Polykarbonát
RAL	Reichs-Ausschuss für Lieferbedingungen (mezinárodně uznávaný standardizovaný vzorník barev)
TSI	Technical Specifications for Interoperability (Technické specifikace pro interoperabilitu)
TSI LOC PAS	TSI for Locomotives and Passenger Carriages (TSI pro lokomotivy a kolejová vozidla pro osobní dopravu)
TSI PRM	TSI for Persons with Reduced Mobility (TSI pro osoby s omezenou schopností pohybu a orientace)
UNIFE	Union of European Railway Industries (Unie evropského železničního průmyslu)
UV	Ultraviolet (ultrafialové záření)
VCB	Vacuum Circuit Breaker (vakuový vypínač)

bar	Bar (jednotka tlaku; 1 bar = 100 000 Pa)
cd	Kandela (základní jednotka svítivosti)
Hz	Hertz (jednotka frekvence)
K	Kelvin (u osvětlení teplota chromatičnosti)
km	Kilometr (dílčí jednotka délky)
kN	Kilonewton (jednotka síly)
kV	Kilovolt (dílčí jednotka elektrického napětí)
kW	Kilowatt (dílčí jednotka výkonu)
m	Metr (základní jednotka délky)
MJ	Megajoule (dílčí jednotka energie a práce)
mm	Milimetr (dílčí jednotka délky)
nm	Nanometr (v optice vlnová délka světla)
Pa	Pascal (základní jednotka tlaku)
t	Tuna (metrická tuna, jednotka hmotnosti; 1 t = 1 000 kg)
V	Volt (základní jednotka elektrického napětí)
°	Úhlový stupeň
°C	Stupeň Celsia (jednotka teploty)

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obrázek 1-1 Hustota železničních tratí v Evropě [1]	14
Obrázek 2-1 Globální trh železničního průmyslu podle dat UNIFE [3]	17
Obrázek 2-2 Podíl elektrifikovaných tratí v Evropě [1]	18
Obrázek 2-3 Stadler FLIRT 160 [50].....	19
Obrázek 2-4 Radarový graf Stadler FLIRT 160	20
Obrázek 2-5 Alstom Stream Coradia Itálie [51].....	21
Obrázek 2-6 Coradia Stream Německo [51].....	22
Obrázek 2-7 Coradia Stream Dánsko [52].....	22
Obrázek 2-8 Coradia Stream [51]	22
Obrázek 2-9 Coradia Stream Nizozemí [51].....	22
Obrázek 2-10 Radarový graf Alstom Coradia Stream Pop	23
Obrázek 2-11 Siemens Mireo [53]	24
Obrázek 2-12 Radarový graf Siemens Mireo.....	24
Obrázek 2-13 Siemens Desiro (Classic) [54].....	25
Obrázek 2-14 Radarový graf Siemens Desiro Classic.....	26
Obrázek 2-15 Škoda 7Ev (facelift 2020) [13]	27
Obrázek 2-16 Radarový graf Škoda 7Ev (2020)	27
Obrázek 2-17 Bombardier Omneo [55]	28
Obrázek 2-18 Radarový graf Bombardier Omneo	29
Obrázek 2-19 Hitachi Caravaggio [56]	30
Obrázek 2-20 Radarový graf Hitachi Caravaggio	30
Obrázek 2-21 Pesa Elf2 [57]	31
Obrázek 2-22 Radarový graf Pesa Elf2	32
Obrázek 2-23 CRRC Sirius [58]	33
Obrázek 2-24 Radarový graf CRRC Sirius.....	33
Obrázek 2-25 Newag Impuls [59]	34
Obrázek 2-26 Radarový graf Newag Impuls	35
Obrázek 2-27 Hliníková skříň RegioPanteru [60]	38

Obrázek 2-28 Technologie FSW [24]	38
Obrázek 2-29 Vnitřek skříně RegioPanteru [60]	39
Obrázek 2-30 Montáž kabiny RegioPanteru [60]	39
Obrázek 2-31 Automatické spřáhlo Dellner typu 12 [61]	41
Obrázek 2-32 Rozšiřování deformační trubky [62]	41
Obrázek 2-33 Zaklesnutí dvou jednotek [63]	42
Obrázek 2-34 Hnací podvozek Siemens SF 6500 [64]	43
Obrázek 2-35 Grafické porovnání odlišných rozmístění podvozků	44
Obrázek 2-36 Pantgraf od Faiveley Transport [65].....	44
Obrázek 2-37 Bleskojiska Faiveley Transport [66].....	45
Obrázek 2-38 Motor Škoda ML 3942 [67]	46
Obrázek 2-39 Kompressor Knorr-Bremse [68]	47
Obrázek 2-40 Nastavitelná sada pro uchycení čela [69]	48
Obrázek 2-41 Manuální lakovací centrum [42]	49
Obrázek 2-42 Automatické lakovací centrum [42]	49
Obrázek 2-43 Světlomet Pesa Elf [70]	50
Obrázek 2-44 Sedací tělesné rozměry [44]	51
Obrázek 2-45 Předepsaný výhled strojvedoucího [44]	52
Obrázek 2-46 Vnitřek kabiny RegioPanteru	53
Obrázek 2-47 Povinné volné prostory na čele [45]	54
Obrázek 2-48 Maximální mezera pro nástup do vlaku [46]	55
Obrázek 2-49 Maximální sklon rampy pro vozíčky [46]	56
Obrázek 2-50 Minimální značení hrany dveří [47]	56
Obrázek 2-51 Trh kolejových jednotek podle typu pohonu [48]	57
Obrázek 4-1 Strom cílů	65
Obrázek 4-2 Strom omezení	66
Obrázek 4-3 Glassbox	67
Obrázek 4-4 Skici č. 1	68
Obrázek 4-5 Skici č. 2	69
Obrázek 4-6 Skici č. 3	70

Obrázek 4-7 Předběžně vybrané návrhy	71
Obrázek 4-8 Tři vybrané varianty	71
Obrázek 4-9 Varianta 1.....	72
Obrázek 4-10 Varianta 1 - čelní pohled	73
Obrázek 4-11 Varianta 1 – ortografické pohledy	73
Obrázek 4-12 Varianta 2.....	74
Obrázek 4-13 Varianta 2 - čelní pohled	75
Obrázek 4-14 Varianta 2 – ortografické pohledy	75
Obrázek 4-15 Varianta 3.....	76
Obrázek 4-16 Varianta 3 – ortogonální pohledy	77
Obrázek 4-17 Varianta 3 – čelní pohled.....	77
Obrázek 4-18 Tři rozpracované varianty.....	78
Obrázek 4-19 Aerodynamická simulace varianty 1	79
Obrázek 4-20 Aerodynamická simulace varianty 3	80
Obrázek 4-21 Aerodynamická simulace varianty 2	80
Obrázek 5-1 Profil dvouvozové a čtyřvozové jednotky.....	82
Obrázek 5-2 Zúžený výběr iterací hlavní plochy.....	83
Obrázek 5-3 Vybrané varianty finálního tvaru.....	84
Obrázek 5-4 Vybrané kombinace světel a čelního skla	85
Obrázek 5-5 Finální varianta světel a čelního skla	85
Obrázek 5-6 Skici světlometů.....	87
Obrázek 6-1 Detailní návrh – čelní pohled 1	89
Obrázek 6-2 Detailní návrh – čelní pohled 2	90
Obrázek 6-3 Detailní návrh – čelní pohled 3	91
Obrázek 6-4 Detailní návrh – boční pohled 1	92
Obrázek 6-5 Detailní návrh – boční pohled 2	93
Obrázek 6-6 Detailní návrh – volný pohled 1	94
Obrázek 6-7 Detailní návrh – volný pohled 2	95
Obrázek 6-8 Detailní návrh – volný pohled 3	95
Obrázek 6-9 Přední a zadní světla	96

Obrázek 6-10 Porovnání světelných alternativ	97
Obrázek 6-11 Alternativní sada světel	97
Obrázek 6-12 Technický rozpad	98
Obrázek 6-13 Hrubá stavba vozu	99
Obrázek 6-14 Bezpečnostní kostra kabiny.....	100
Obrázek 6-15 Funkční schéma.....	101
Obrázek 6-16 Natočení spřáhla – horní pohled	102
Obrázek 6-17 Kinematická obálka spřáhla	103
Obrázek 6-18 Spřáhlo a anticlimbery	103
Obrázek 6-19 Pořadí skládání dílů karoserie	104
Obrázek 6-20 Detail překlátovaného spoje	105
Obrázek 6-21 Délkové rozměry podle počtu zapojených vozů	106
Obrázek 6-22 Ortogonální pohledy čela.....	107
Obrázek 6-23 Zorné pole strojvedoucího ve 3D.....	108
Obrázek 6-24 Zorné pole ve vzdálenosti 10 metrů	109
Obrázek 6-25 Ergonomie – Bernský prostor.....	110
Obrázek 6-26 Rozložení kabiny strojvedoucího.....	110
Obrázek 6-27 Vodící linky loga	111
Obrázek 6-28 Čelní znak.....	112
Obrázek 6-29 Aplikace čelního znaku	112
Obrázek 6-30 Aplikace bočního loga.....	113
Obrázek 6-31 Návaznost grafického řešení na tvar.....	114
Obrázek 6-32 Navržené barevné řešení podle RAL	114
Obrázek 6-33 CityJet barvy podle RAL	114
Obrázek 6-34 CityJet identita – vizualizace 1	115
Obrázek 6-35 CityJet identita – vizualizace 2	115
Obrázek 6-36 Leo Express barvy podle RAL	116
Obrázek 6-37 LeoExpress identita – vizualizace 2	116
Obrázek 6-38 Leo Express identita – vizualizace 2	117
Obrázek 6-39 Bwegt barvy podle RAL.....	117

Obrázek 6-40 Bwegt identita – vizualizace 1.....	118
Obrázek 6-41 Bwegt identita – vizualizace 2.....	118

12 SEZNAM TABULEK

Tabulka 3-1 Tabulka cílů, omezení, funkcí a prostředků	63
Tabulka 4-1 Tabulka hodnocení variantních návrhů	81
Tabulka 8-1 Výsledek výzkumu podle RIV	124

13 SEZNAM PŘÍLOH

designerský poster B1

ergonomický poster A1

technický poster A1

sumarizační poster A1

14 PŘÍLOHY

Elektrická vlaková jednotka

2026

Jiří Stráník

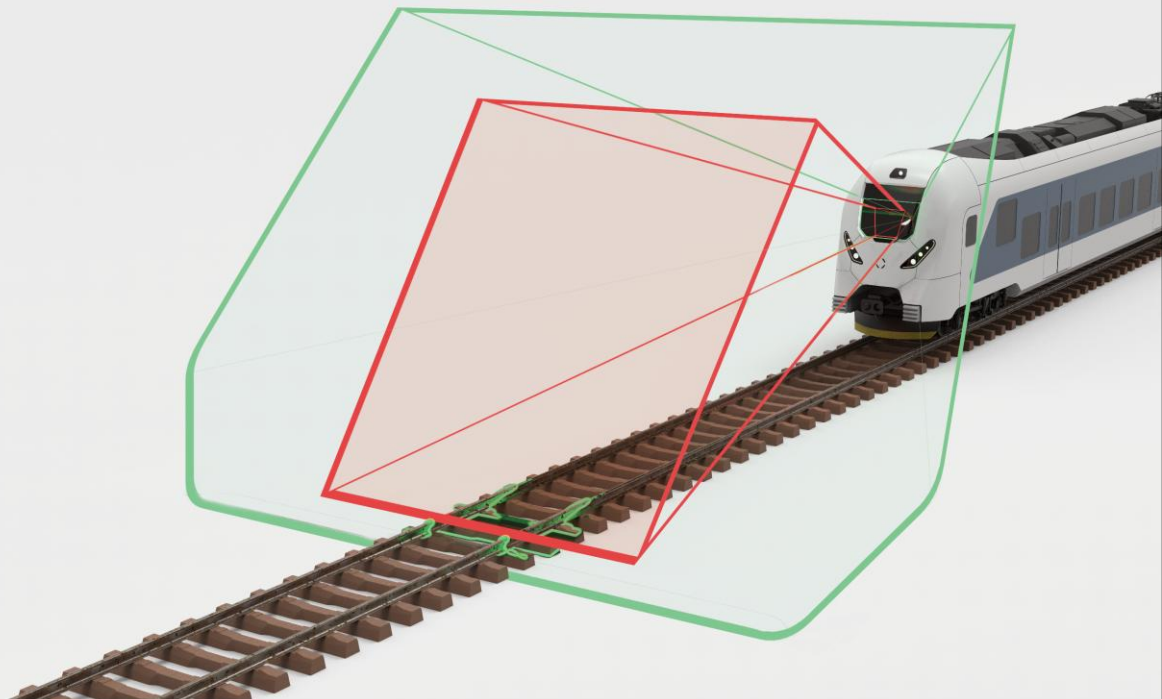
vedoucí: akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

Elektrická vlaková jednotka Spirit vznikla jako univerzální platforma, propojující estetické vkusy střední a západní Evropy. Jedná se o regionální vlakovou soupravu, která by měla najít uplatnění na celém cílovém trhu s co nejmenšími výjimkami. To vše muselo být dosaženo za podmínky zanechání výchozího tvarování vozové skříně. Konečný design klade důraz na zapracování absorberů a prostoru spřáhla co nejsložitějším způsobem bez omezení funkčnosti těchto klíčových prvků. Návrh byl koncipován tak, aby dělení karoserie odpovídalo četnosti pravděpodobných oprav, či náhradě dílů.

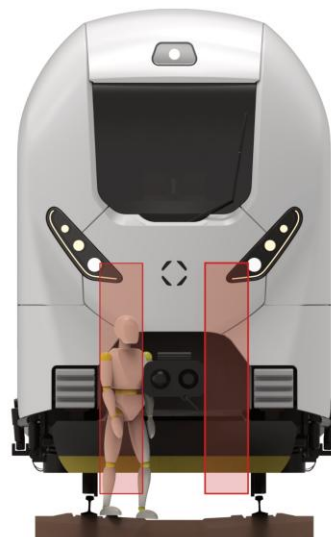
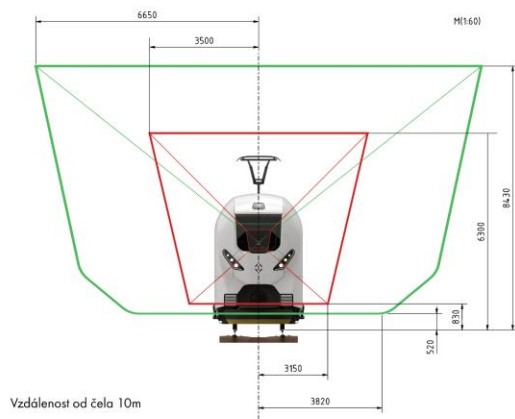


SPIRIT

ERGONOMICKÝ POSTER



Pro chod vlaku je z ergonomického hlediska zcela nejdůležitější výhled strojvedoucího na trať. Proto bylo zajištěno nadstandardní zorné pole (vyznačené zeleně), které ve všech směrech překonává normované požadavky (vyznačené červeně). Moderní jednotky jsou pro případ nutnosti spojení vybaveny spřáhlem s automatickým spojovacím mechanismem. Pokud však elektronika selže, je nucen tento úkon manuálně provést pracovník. Z toho důvodu musí být mezi spřáhlem a absorbery vytyčen prostor, kde mu nehrozí žádné nebezpečí.

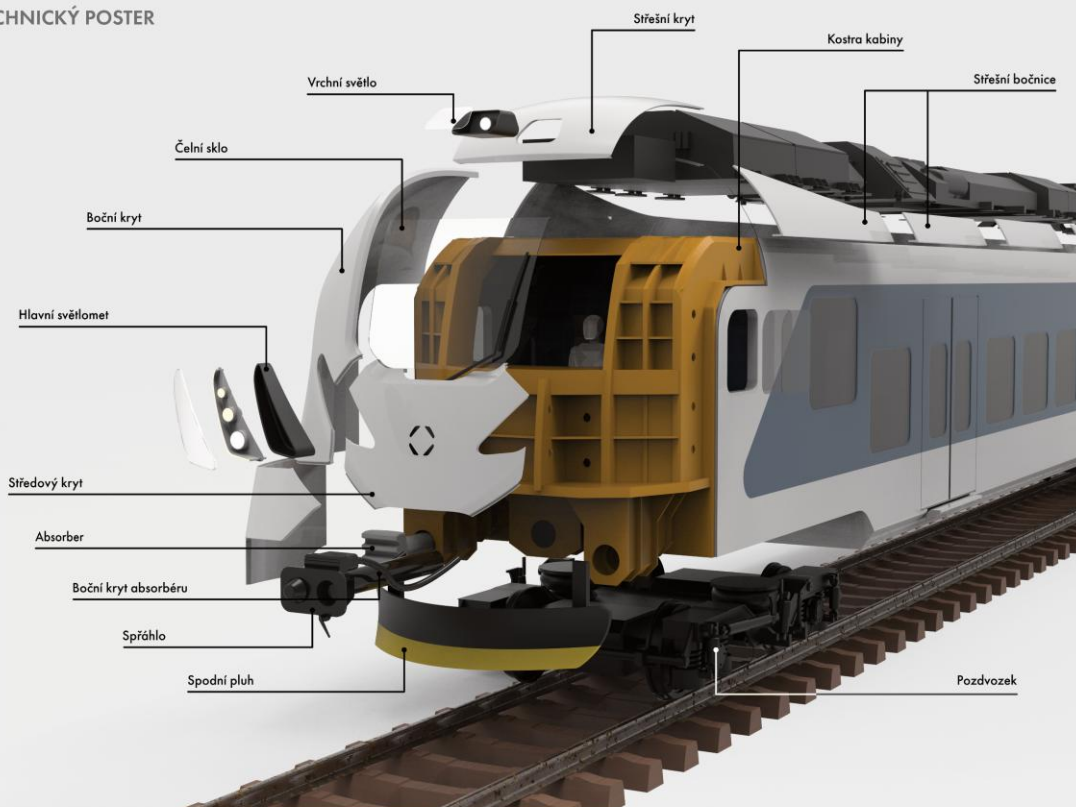


DESIGN EXTERIÉRU ELEKTRICKÉ JEDNOTKY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jiří Stránek / akad. Soch. Josef Sládek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025/26

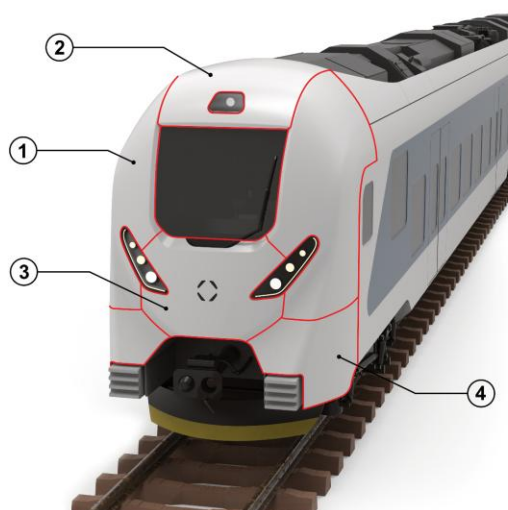
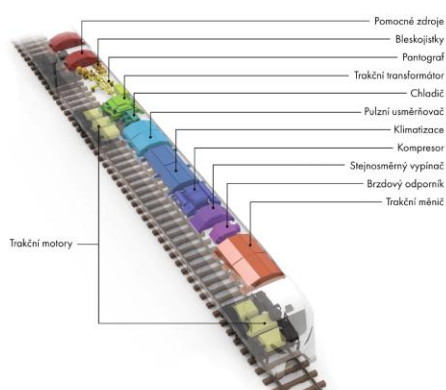


SPIRIT

TECHNICKÝ POSTER



Technické řešení návrhu stojí na podkladech klasického funkčního rozložení moderních jednotek. Všechny komponenty s výjimkou trakčních motorů jsou umístěny na střeše, čímž je dosažen nízkopodlažní nástup. Kusy karoserie se v délkách spárách překrývají a dodávají tak čelu celistvost. Kvůli této volbě však muselo být určeno pořadí, ve kterém jsou skládány na vnitřní kostru kabiny. To bylo způsobeno předpokládané pravidelnosti jejich výměny na základě častých kolizí se zvěří.



DESIGN EXTERIÉRU ELEKTRICKÉ JEDNOTKY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jiří Stránek / akad. Soch. Josef Sládek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025/26

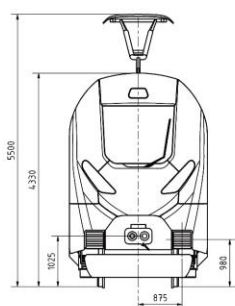


SPIRIT

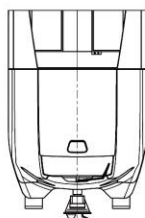
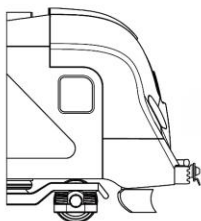
SUMARIZAČNÍ POSTER



V43 Spirit je elektrická vlaková jednotka určena pro regionální dopravu. Návrh je koncipován pro menšího výrobce, který cílí na trh střední a západní Evropy, ale nemůže si dovolit vytvářet výrazné změny na tvarování vlaku. Tomu odpovídal i přístup k designu, který se snažil propojit organičtější prvky s pevným základem. Pro otestování, zda je návrh připraven jít na trh, byly na něj aplikovány grafické identity tří evropských dopravců.



M(140)



DESIGN EXTERIÉRU ELEKTRICKÉ JEDNOTKY / DIPLOMOVÁ PRÁCE / Autor: Bc. Jiří Stránek / akad. Soch. Josef Sládek ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2025/26

