

Roman ZACPÁLEK

Design lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky

Bakalářská práce

Ostrava 2024



Roman ZACPÁLEK

Design lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky

The Design of the Sleeper Coupe of an Electric Rail Unit

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
MgA. Petr Nenička

Ostrava 2024

Bibliografický záznam

Autor: Roman ZACPÁLEK, ZAC0087

Název práce: Design lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky

Studijní program: B0212A270003 - Průmyslový design

Vedoucí práce: MgA. Petr Nenička

Akademický rok: 2024/2025

Počet stran: 48

Klíčová slova: design, kupé, vůz, návrh, vizualizace,

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá návrhem lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky. V úvodu se zaměřuje na rešerši elektrických jednotek, především jejich konstrukci, design a ergonomii. V další části práce se zabývá lůžkovými vozy a jejich konstrukci, designem a ergonomií. Poté se zaměřuje na samotný návrh. V počátku zpracovávám dodané podklady firmou *Škoda Transport*. Následuje skicováním a modelováním ve virtuálním prostoru. Na závěr návrhu jsou prováděny vizualizace finálního návrhu. V samotném závěru byla provedena somatografická studie.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

The bachelor thesis deals with the design of a sleeper coupe of an electric rail unit. In the introduction it focuses on the research of electric units, especially their construction, design and ergonomics. The next part of the thesis deals with sleeper cars and their construction, design and ergonomics. It then focuses on the design itself. In the beginning I process the documents supplied by *Škoda Transport*. This is followed by sketching and modelling in virtual space. At the end of the design process, visualizations of the final design are made. At the very end a somatographic study is carried out.

CITACE

ZACPÁLEK, Roman. *Design lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky*: Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra aplikované mechaniky, 2025, 54 stran. Vedoucí práce: MgA. Petr Nenička.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Popis
3D	Trojdimenzionální
Rhino	Rhinoceros 7

OBSAH

Úvod	1
1 Rešerše současných elektrických jednotek	2
1.1 Konstrukce	3
1.2 Design současných elektrických jednotek	5
1.3 Ergonomie.....	7
2 Rešerše lůžkových vozů	8
2.1 Konstrukce	9
2.2 Design	10
2.3 Ergonomie.....	13
3 Bezpečnostní prvky v hromadné dopravě.....	14
4 Udržitelné materiály.....	16
5 Navrhování lůžkového kupé	17
5.1 Získané podklady a jejich zpracování.....	17
5.2 Kresebné studie a modely lůžkového kupé	19
5.3 Skici a 3D model finálního návrhu	31
5.4 Vizualizace finálního návrhu lůžkového kupé pro elektrické jednotky	37
6 Somatografická studie lůžkového kupé.....	41
7 Závěr	44
Seznam použitých zdrojů	46
Seznam použitých programů.....	49
Seznam příloh.....	49

Úvod

Bakalářská práce se bude zabývat návrhem lůžkového kupé elektrické kolejové jednotky s důrazem na funkční design, ergonomii a využití udržitelných materiálů. Výsledný koncept je navržen jako modulární a prostorově úsporné řešení určené především pro noční spoje a nízkonákladovou železniční dopravu. Práce vznikla ve spolupráci s firmou Škoda Transport.

V teoretické části práce se budu zabývat rešerší současných elektrických jednotek a lůžkových vozů, zaměřená na jejich konstrukční, designérské a ergonomické vlastnosti. Následující část bude věnována samotnému návrhu kupé. V počátku se budu věnovat hledání základních tvarů a nápadů pomocí skicování. Po rozkreslení základních návrhů přejdu na převádění návrhů do virtuálního prostoru. Nakonec bych chtěl za pomoci somatografické studie ověřit můj návrh a vytvořit vizualizace finálního řešení.

1 REŠERŠE SOUČASNÝCH ELEKTRICKÝCH JEDNOTEK

Tato část rešerše se zaměříme na elektrické kolejové jednotky (viz obrázek 1), které představují klíčový prostředek regionální železniční dopravy. Hlavními výhodami těchto jednotek jsou vysoká rychlost, pohodlnost a efektivní přeprava cestujících. Elektrické jednotky lze definovat jako „ucelené soupravy tvořené elektrickými vozy“, které fungují jako celek.

Jedním z hlavních rozdílů oproti klasickým vlakovým soupravám tažených lokomotivou je fakt, že u elektrických jednotek nelze libovolně upravovat počet vozů v soupravě. Výhodou je však možnost snadného obousměrného (vratného) provozu, jelikož kabina strojvedoucího se nachází na obou koncích jednotky. V každé zemi se používá jiný typ elektrických jednotek. V české zemi je nejrozšířenější jednotkou RegioPanter, který je hlavní flotilou Českých drah.



Obrázek 1 - Elektrická jednotka RegioPanter po dualizaci ¹

¹ ČESKÉ DRÁHY. *Elektrická jednotka RegioPanter po dualizaci* [online]. 2021 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: [České dráhy převzaly první RegioPanter po dualizaci - Zdopravy.cz](https://www.zdopravy.cz/ceske-drahy-prevzaly-prvni-regiopanter-po-dualizaci)

1.1 Konstrukce

Moderní elektrické jednotky jsou navrhovány jako nízkopodlažní s důrazem na bezbariérový přístup. Podle uspořádání mohou být jednopodlažní (viz obrázek 2 – Vlevo) nebo dvoupodlažní (viz obrázek 2 – Vpravo). „Soupravy jsou většinou dvou vozové nebo tří vozové. Jednotky jsou konstruovány pro rychlost až 160 Km/h. Vlaky jsou v dnešní době také vybaveny bezpečnostním systémem ETCS pro větší bezpečí“.²



Obrázek 2 - Elektrické jednotky – Vlevo: Jednopodlažní elektrická jednotka³ - Vpravo: Dvoupodlažní elektrická jednotka⁴

V konstrukci elektrické jednotky lze rozlišit několik základních prvků: rám vozidla, pojezdové ústrojí, nástavbu, tažné a narážející ústrojí, brzdový systém a hnací zařízení. Rám představuje hlavní nosnou část vozidla, na kterou jsou navazovány ostatní konstrukční celky. Je tvořen ocelovými nosníky svařenými do tzv svařence a přenáší veškeré síly mezi komponenty a okolním prostředím. Pojezd vozidla je důležitý z důvod vedení rámu a vozidla v koleji, ze které přenáší mezi rámem a koleji brzdovou a tažnou sílu. Prostor pro cestující je označován jako nástavbu vozidla. Hnací zařízení je zpravidla umístěno v čelních vozech u kabiny strojvedoucího a zajišťuje trakční výkon. Vše musí splňovat přísné normy (viz tabulka 1).⁵

Důležitým konstrukčním omezením jsou tzv průjezdné profily. Průjezdné profily „jsou obrysem prostoru, kterým prochází drážní souprava při provozu včetně bezpečnostních přírážek a přírážek pro zohledňování dynamiky jízdy. Tento prostor nesmí být z důvodu udržení bezpečnosti provozu narušen. Průjezdné profily se odvozují od vztažných kinematických obrysů

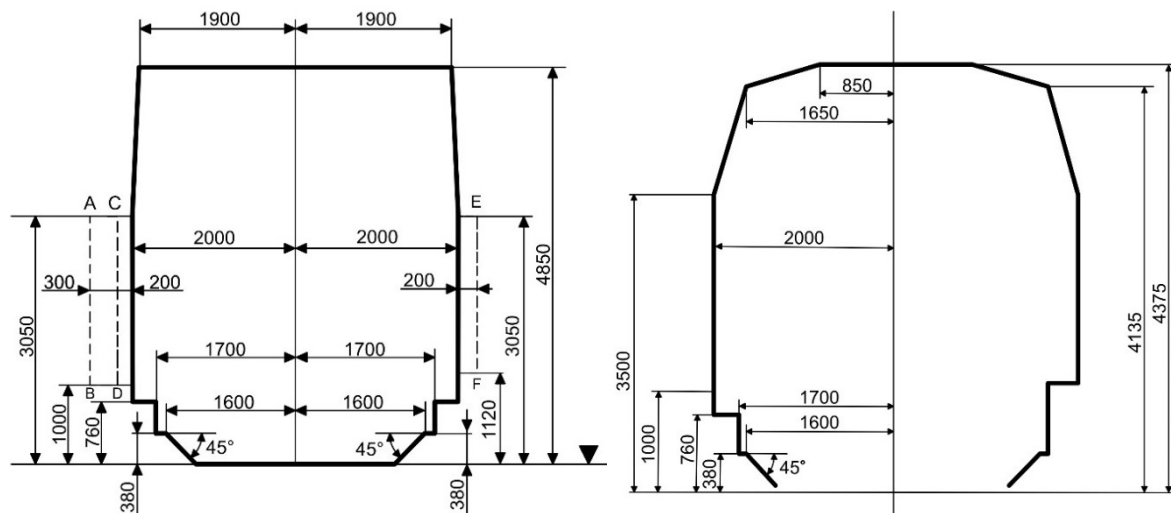
² MINISTERSTVO DOPRAVY. České dráhy oficiálně předaly do provozu nové jednotky [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 9.6.2023 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ceske-drahy-oficialne-predaly-do-provozu-nove-jedn>

³ ŠKODA TRANSPORTATION. RegioPanter [online]. 2019 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://dopravacek.eu/2019/12/14/nove-elektricke-jednotky-pro-jihomoravsky-kraj-doda-skoda-transportation/>

⁴ MAŠTALÍŘ, David. Jednotka 471.060 v barvách PID [online]. 2022 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nejvetsi-soutez-v-historii-ceskych-drah-shani-dvoupodlazni-jednotky-za-42-miliard-korun-132771/>

⁵ DÖRFL, Michal. Konstrukce elektrické jednotky. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2010. Dostupné z: https://issuu.com/michdor/docs/m10_text

vozidel GB, GC a GČD a jsou podle normy ČSN 73 6320 platné do provozních rychlostí 200 km/h.”⁶ Například průjezdný profil s označením Z-GC (viz obrázek 3 – Vlevo). Profil Z-GC obsahuje minimální rozměry pro infrastrukturu na vlakových tratích budoucích kategorií I. a bývá navrhován pro trati největšího využívání. Oproti průjezdnému profilu Z-GB, který je průjezdným profilem s minimálními rozměry pro dnešní tratě první a druhé třídy.⁷



Obrázek 3 – Průjezdné profily – Vlevo: Z-GC – Vpravo: Z-GB. Překresleno ze zdroje: Zlámal, 2012⁸

Tabulka 1 – Přehled technických norem vztahujících se ke konstrukci elektrických jednotek

Norma	Definice
ČSN EN 15227	Železniční aplikace- Požadavky na kolizní odolnost kolejových vozidel
ČSN EN 13749+A1	Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Metoda specifikování pevnostních požadavků na rámy podvozků.
ČSN EN 50155 ED.5	Drážní zařízení – Elektronická zařízení drážních vozidel
ČSN EN 45545	Drážní aplikace – Protipožární ochrana drážních vozidel – Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí
ČSN EN 16586-1	Konstrukce pro osoby se sníženou schopností pohybu a orientace

⁶ ZLÁMAL, Martin. Odstraňování vegetace ohrožující bezpečnost železničního provozu v ochranném pásmu dráhy. Online, Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/94766>. [cit. 2025-05-01].

⁷ ZLÁMAL, Martin. Viz reference 8

⁸ ZLÁMAL, Martin. Viz reference 8

1.2 Design současných elektrických jednotek

Design současných elektrických jednotek je zaměřen na kombinaci efektivity, estetiky a cestovního pohodlí. Z důvodu technických omezení daných průjezdnými profily se největší pozornost při návrhu soustředí na čelo a interiér vozidla. I přesto se však platí přísná pravidla pro konkrétní prvky, jako je výška světlometů nebo velikost čelního skla. V České republice nejvíce podílí výrobce Škoda Transport. Mezi aktuální elektrické jednotky na českých kolejích patří RegioPanter (viz Obrázek 4 – Vlevo), RegioShark (viz obrázek 4 – Vpravo), které patří pod správu Českých drah.



Obrázek 4 – Vlevo: Nová třífázová jednotka RegioPanter⁹ - Vpravo: RegioShark¹⁰

Na trhu také působí soukromí dopravci, například Leo Express (viz obrázek 5 – Vlevo) a RegioJet (viz obrázek 6 – Vlevo). Leo Express navíc dorazí letos i s novou generací vozů z Číny (viz obrázek 5 – Vpravo), ve které pozměnily tvar čela a nárazníku. Každý dopravce volí jiný přístup k designu – zejména ve tvaru čela, spřáhel, nárazníků i barevném provedení. U Českých drah (viz obrázek 4) se jedná o modré a bílé barvy. U vozů Leo Express je typická černá barva s oranžovými pruhy a doplňky. U vozů RegioJet je to naopak barva žlutá.



Obrázek 5 – Vlevo: Leo Express¹¹ - Vpravo: Nové vozy Leo Express¹²

⁹ ARCHIV ČD. Nová třífázová jednotka RegioPanter v Olomouckém kraji [online]. 23. 6. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [V Olomouckém kraji vyjely první třívozové jednotky RegioPanter druhé generace | České dráhy, a.s.](https://www.cd.cz/nase-vlaky/regionalni-vlak-cd/regioshark/-25562/)

¹⁰ ARCHIV ČD. RegioShark [online]. [online]. © České dráhy, a.s., [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/nase-vlaky/regionalni-vlak-cd/regioshark/-25562/>

¹¹ LEO EXPRESS. Elektrická jednotka Leo Express [online]. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Jízdenky 2024 již v prodeji | Leo Express™](#)

¹² E15. Výroba souprav pro Leo Express u největšího vlakového výrobce na světě CRRC [online]. 2021 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [GALERIE: Leo Express ukázal své nové vlaky z Číny. Do Česka dorazí v polovině roku | FOTO 2 | e15.cz](#)

Na obrázku 6 – Vpravo je zachycen vlak Pendolino, jehož vozová skříň využívá naklápění od výrobce Fiat Ferroviaria (nyní součást Alstom). Díky tomuto systému mohou jednotky projíždět oblouky až o 30% vyšší rychlostí než běžné regionální vlaky. Prodloužený tvar čela přispívá k lepší aerodynamice a vyšší rychlost, která dosahuje až 250 km/h.¹³ Pendolino a další italské vlaky jsou obvykle provedeny v červené barvě.



Obrázek 6 – Vlevo: Elektrická jednotka RegioJet¹⁴ – Vpravo: Elektrická jednotka Pendolino¹⁵

Zajímavým příkladem moderního přístupu k designu interiéru je návrh japonského studia Nendo pro francouzské vlaky (viz obrázek 7). Interiér se vyznačuje zaoblenými tvary a výraznými barevnými prvky. Sedadla (viz obrázek 7 – vpravo) mají elegantní oválné křivky, členěné do tří částí upevněných na základní konstrukci, což přispívá k vizuálnímu i funkčnímu komfortu.



Obrázek 7 – Interiér TGV¹⁶ – Vlevo: Prostor jídelního vozu – Vpravo: Sedadla

¹³ SCHENK, Helen. Rail Europe [online]. 26. 4. 2024 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Migliora la tua vacanza con i viaggi Frecciarossa di Trenitalia](#)

¹⁴ REGIOJET. Elektrická jednotka RegioJet [online]. 5. 3. 2021 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Přetahovaná o cestující pokračuje. Který vlak zvítězí? - Aktuálně.cz](#)

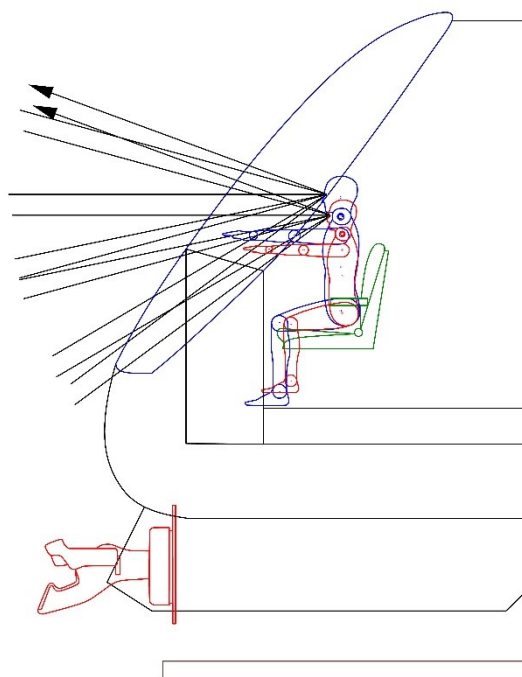
¹⁵ SCHENK, Helen. Viz reference 13

¹⁶ SNCF VOYAGEURS. Interiér TGV M. [online]. 11. 3. 2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Dvoupodlažní bistro a 399 dalších změn. Jak bude vypadat interiér nového rychlovlaku TGV - Zdopravy.cz](#)

1.3 Ergonomie

Pro správné problematiky je vhodné si nejprve definovat pojem ergonomie. Podle normy ČSN EN ISO 6358 „*ergonomie (z řeckého ergon – práce a nomos – zákon) je vědní obor, který se zabývá naukou o vztazích mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovními prostředky*“.¹⁷ V prostředí elektrických jednotek se uplatňuje řada ergonomických parametrů, na které je potřeba si dát pozor. Tyto parametry jsou zjišťovány pomocí somatografických studií, které vychází z údajů z antropometrie. Antropometrie lze definovat „*jako vědu, zabývající se vztahy mezi člověkem a prostředím. Užívají tělesných rozměrů jedinců (tj dětí, dospělých, zemědělců, letců apod.) Pomocí těchto údajů se poté v ergonomických studiích ověřují a navrhují pracovní prostředí, rukojeti, sedadla a spoustu dalších produktů.*“¹⁸

V elektrických jednotkách se nachází mnoho komponent, které vyžadují ergonomické posouzení. Jedním z klíčových příkladů je kabina strojvedoucího (viz obrázek 8). Tyto rozměry nám určuje norma ČSN EN 16186-1+A1. Tato norma mimo jiné specifikuje horizontální vzdálenost očí strojvedoucího od čelního skla, které musí být v rozmezí 500 až 1715 mm.¹⁹ O ergonomii interiéru elektrické jednotek pojednává norma UIC 560. Norma pojednává ergonomii dveří, nástupních plošinách, oken, schodech, madel a zábradlí. Norma UIC 563-3²⁰ nám zase udává ergonomii vozů pro cestující s invalidní vozíčkem.



Obrázek 8 - Kabina strojvedoucího. Zdroj: Archiv autora.

¹⁷ ŠMÍD, Miroslav. *Ergonomické parametry*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977

¹⁸ ŠMÍD, Miroslav. Viz reference 17

¹⁹ UIC. *Special design and fittings features of vehicles accepted for use in international passenger night traffic* [online]. 3. vyd. Paris: UIC, 2003 [cit. 10. 5. 2025]. Dostupné z: <https://es.scribd.com/document/658770893/UIC-565-1Special-design-and-fittings-features-of-vehicles>

²⁰ UIC. UIC 565-3 OR: Coach layout for disabled passengers with wheelchairs. [online]. Paris: International Union of Railways, [cit. 11. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/658770897/UIC-565-3-OR-Coach-Layout-for-Disabled-Passengers-with-Wh-1>

2 REŠERŠE LŮŽKOVÝCH VOZŮ

Tato část rešerše je zaměřena na lůžkové vozy (viz obrázek 9), konkrétně na jejich konstrukci, design – zejména provedení lůžkových kupé a ergonomii. Hlavním cílem těchto vozů je zajistit pohodlí cestujících při nočních a dlouhých cestách. Klíčové designové prvky se nacházejí především v interiéru, konkrétně v samotných lůžkových kupé. Ty obsahují pouze nezbytné vybavení pro klidný a funkční pobyt cestujících během jízdy. Na rozdíl od elektrických jednotek nemají lůžkové vozy vlastní pohon. Jedná se o vagóny tažené lokomotivou. To s sebou přináší určité provozní výhody, zejména snadnější manipulaci se soupravou a flexibilnější úpravu počtu vozů dle potřeby dopravce nebo vytíženosti spoje.



Obrázek 9 – Lůžkové vozy Nightjet²¹

²¹ ÖBB. Vlák Nightjet pod Alpami [online]. 16. 5. 2019 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://life.forbes.cz/hotely-na-kolejich-kam-vyrazit-luzkovymi-vlaky-z-ceska/>

2.1 Konstrukce

Lůžkové vozy (viz obrázek 9) jsou specializovaná vozidla pro noční a dálkové spoje, jejichž hlavním cílem je poskytnout cestujícím komfortní prostor pro spánek a odpočinek. Noční vlaky lze definovat jako osobní vlaky provozované v nočních hodinách, které umožňují cestujícím překonat delší vzdálenosti během spánku. Na rozdíl od elektrických jednotek nemají lůžkové vozy vlastní pohon, a proto se jedná o tzv. netrakovní vozidla tažená lokomotivou. Typický lůžkový vůz se skládá z jednotlivých oddílů (kupé) a hygienického zázemí – zpravidla koupelny nebo společných toaletních prostor. Lůžkové kupé bývají navržena pro jednu, dvě nebo čtyři osoby. Obsahují základní vybavení jako je lůžko, úložné prostory a ovládací prvky pro regulaci osvětlení, teploty a hlasitosti. Z hlediska bezpečnosti musí konstrukce a interiér lůžkových vozů splňovat požadavky normy ČSN EN 45545-2, která specifikuje požární odolnost a vlastnosti materiálů používaných v drážních vozidlech. Stejně jako u elektrických jednotek je nutné, aby lůžkové vozy vyhovovaly platným normám pro průjezdné profily.

Konstrukce skříní osobních vozů jsou rozděleny do tří částí: hrubou stavbu, vnitřní obložení a vybavení interiéru. Hrubá stavba označovaná také jako diferenciální, vyplývá z rozdílných funkcí jednotlivých prvků konstrukce. Definovat ji lze takto: „každý stavební díl vzniká spojováním jednotlivých elementů“.²² Konstrukci skříně lze dále rozdělit na tři základní části – spodek vozu, bočnice a střecha. Spodek tvoří podélníky, mezi nimiž je vložena podlaha a příčníky, které jsou k sobě svařené. Bočnice bývá tvořena svislými sloupky a podélnými výztuhami, které nesou například sedadla a vytápěcí kanály. Střecha je složena z rámové kostry a oplechování. Kostru tvoří dvě vaznice a řada střešních oblouků. Celková konstrukce skříně musí splňovat požadavky dle normy ČSN EN 12663-1 pro konstrukci vozidel, přesněji pevnostní požadavky skříně vozidel. Také interiér vozů musí odpovídat požadavkům a normám, která se vztahuje na strukturální integritu vozidel (viz tabulka 2).²³

Tabulka 2 - Normy potřebné pro konstrukce lůžkových vozů

Norma	Definice
ČSN EN 13272-2	Železniční zařízení – Osvětlení – Část 2: Interiér vozidel osobní dopravy
ČSN EN 50155	Elektronické zařízení v železničních vozidlech normy pro elektrické systémy (napájení osvětlení, USB zásuvky atd.).
ČSN 73 0035	Rozměry lidského těla – <i>antropometrické údaje</i> slouží jako podklad pro návrh velikosti lůžka, výšky madel, dosah rukou, pohodlí při vstupu/výstupu
ČSN EN 16585-1	Přístupnost železničních vozidel pro osoby s omezenou schopností pohybu
ČSN EN 13129-1	Komfort cestujících – Větrání, vytápění, chlazení zajištění mikroklimatu v lůžkovém kupé

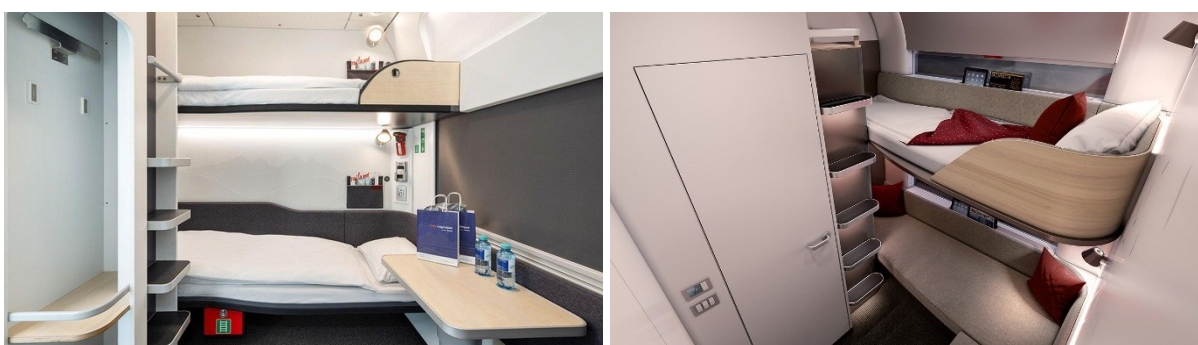
²² HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. *Kolejová vozidla II*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.

²³ HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. Viz reference 22

2.2 Design

V současnosti na evropském železničním trhu pohybují různé typy lůžkových vozů (viz obrázek 9), které nabízejí kupé pro 1, 2 nebo 4 osoby. Stále častěji se prosazuje modulární přístup, který umožňuje flexibilní přestavbu sedadel, lůžek a dalších interiérových prvků. Moderní vozy tak postupně nahrazují starší typy s jednoduchým rozvržením elegantnějšími a variabilnějšími řešeními.

Během rešerše jsem analyzoval například vozy Nighjet od firmy Siemens pro rakouské dráhy ÖBB. Tyto vozy nabízí moderní lůžkové ubytování pro 1 – 2 osoby kupé comfort (viz obrázek 10 – Vpravo) a Comfort Plus (viz obrázek 10 – Vlevo). Rozdíl mezi těmito kupé je v rozměrech a pohodlím. Při comfort plus je pohodlí zpríjemněno o sedák navíc a rozšíření o koupelnu která nezasahuje do pokoje viz Obr. (Schovaná za dveřmi).



Obrázek 10 – Lůžková kupé²⁴ – Vlevo: Lůžkové kupé comfort plus – Vpravo: Lůžkové kupé Comfort

Při variantě pro 4 osoby nabízí pokoj se čtyřmi pevně uloženými posteli, kde se vždy uprostřed mezi posteli stoleček a ve spodní části o sklopný podsedák s výklopným stolem (viz obrázek 11 – Vlevo). Kupé jako každé jiné obsahuje zásuvky a po stranách úložný vak na věci. Schůdky pro vstup na horní patro jsou situovány na dveřích (viz obrázek 11 – Vpravo). Kupé má hezky tvarované okraje postelí a také krásné plynulé přechody opěrek a různých sedacích prvků v dolní části.



Obrázek 11 - Couchette comfort²⁵ – Vlevo: Pohled na kupé – Vpravo: Výstup do horního patra

²⁴ SMITH, Mark. Nighjet sleeper train [online]. [s.d.] [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [A guide to the new generation Nightjet sleeper trains](#)

²⁵ SMITH, Mark. Viz reference 24

Ve zotech se také nachází kupé pro jednu osobu s názvem Mini Cabin (viz obrázek 12). Jedná se o typ lůžkové kupé ve stylu spací buňky. Díky této modulárnosti kupé se do vagónů vleze více lidí, ale za cenu menšího komfortu. Design je dobrý z důvodu trendu Low-cost cestování převážně mezi mladou generací, které nevdají ušetřit peníze a mít méně již zmíněného komfortu.



Obrázek 12 - Mini Cabins²⁶ - Vlevo: Detailní pohled na kupé - Vpravo: Skládání kupé ve vozech

Kupé je vybaveno lůžkem, opěradly, dostatečným prostorem na sednutí, zásuvkami, výklopný stolek a zrcadlem. Night jet také poskytuje propojení se svým partnerem/partnerkou pomocí zásuvných dvířek v blízkosti hlavy. Úschovný systém na zavazadla je řešen dvěma způsoby. Jeden je uchovat své zavazadlo do skříněk, které jsou maskovány schody (viz obrázek 13 – Vlevo) a druhou možností je uchovávání zavazadel pod lůžkem přímo v kupé (viz obrázek 13 – Vpravo).



Obrázek 13 - Úložný prostor²⁷ – Vlevo: Úložný prostor ve schodech – Vpravo: Úložný prostor pod lůžkem

²⁶ SMITH, Mark. Viz reference 24

²⁷ SMITH, Mark. Viz reference 24

V roce 2024 představila Škoda Group inovativní řešení pro noční cestování vlakem – “Sleep in Motion” (viz obrázek 14). Jedná se o koncept buňku pro jednu osobu, která má rozměry výšky kupé 90 centimetrů. Koncept mě zaujal svým neobvyklým tvarem. Díky natočení matrace, tak vznikne pro cestujícího prostorná matrace 80 x 200 centimetrů. Zároveň díky malým rozměrům umožňuje levnější cestování, tedy většímu počtu lůžek na palubě vozu.



Obrázek 14 - Sleep in Motion²⁸ - Vlevo: Detail lůžkového kupé - Vpravo: Kupé ve voze

Podobný koncept s názvem Yolochka využívá záclony místo dveří a alternativní tvar lůžkového prostoru. Zajímavostí je využití schůdků jako opěradel, což umožňuje krátkodobou změnu polohy ze lehu do sedu (viz obr. 15). Považuji tento prvek za velmi chytré využití prostoru v úzkém kupé.



Obrázek 15 – Yolochka²⁹ – Vlevo: Tvar lůžkového prostoru – Vpravo: Využití žebříku na sednutí

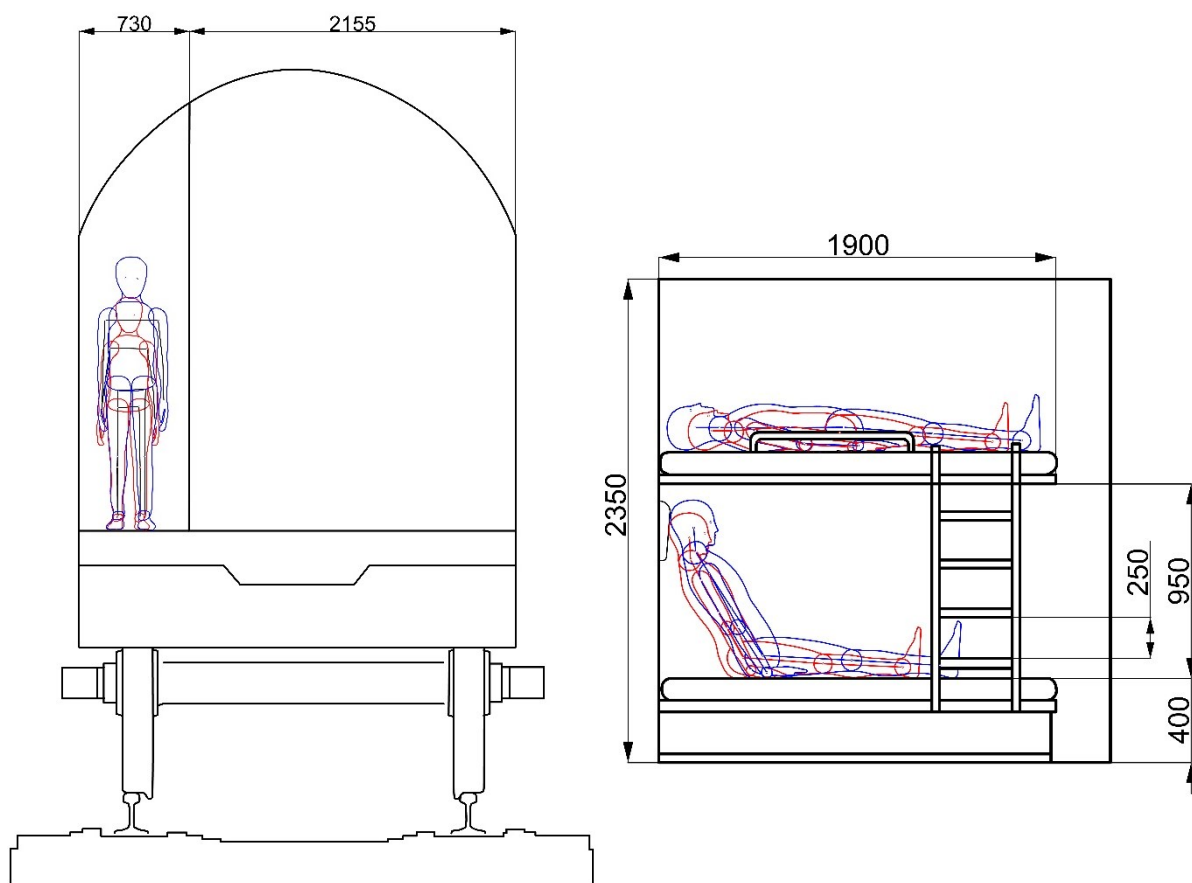
²⁸ ŠKODA GROUP. Koncept Sleep in Motion [online]. 3. 11. 2024 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/takhle-budeme-cestovat-v-nocnich-vlakich-koncept-sleep-in-motion-od-skody-je-jako-hotel-na-kolejich-1419733>

²⁹ 2025 LAB. Vizualizace interiéru noční jednotky Yolochka [online]. 28. 3. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [An Innovative Design for Overnight Train Sleeper Car Cabins - Core77](#)

2.3 Ergonomie

Definice pojmů ergonomie a antropometrie již byla uvedena v kapitole věnované elektrické jednotkám a platí shodně i pro oblast lůžkových vozů. Přesto se v případě lůžkových vozů uplatňují specifické požadavky, které se liší od těch, jež jsou kladeny na vozidla pro denní provoz. Na obrázku 16 - Vlevo lze vidět postavy znázorněné v prostoru uličky a lůžkového oddílu. Z výkresu vyplývá, že prostor uličky je přibližně v poměru 1:3 vůči prostoru kupé. Šířka samotné uličky činí 730 mm, což je dle ergonomických standardů normy UIC 567.

Na obrázku 16 – Vpravo je zachycena studie pro rozměry v lůžkovém kupé. V lůžkovém kupé se zkoumají rozměry lůžek, jejich šířka, výška nad hlavou a rozměry kupé. Tyto rozměry vycházejí z normy UIC 565-1. Norma se zabývá konstrukcí a rozměry železničních vozidel. Dle normy by vozidla měla mít rozměry lůžek rozměr 1900 mm, šířku lůžka 700 mm a volný prostor mezi sedadly 600 mm. Zároveň by spodní lůžka neměla být používání jako denní posezení. Materiály by měly být prodyšné. Rozměry kupé by dle normy měli mít rozměry délky 1900 mm, šířky 700 mm a volný prostor nad hlavou 600 mm.³⁰



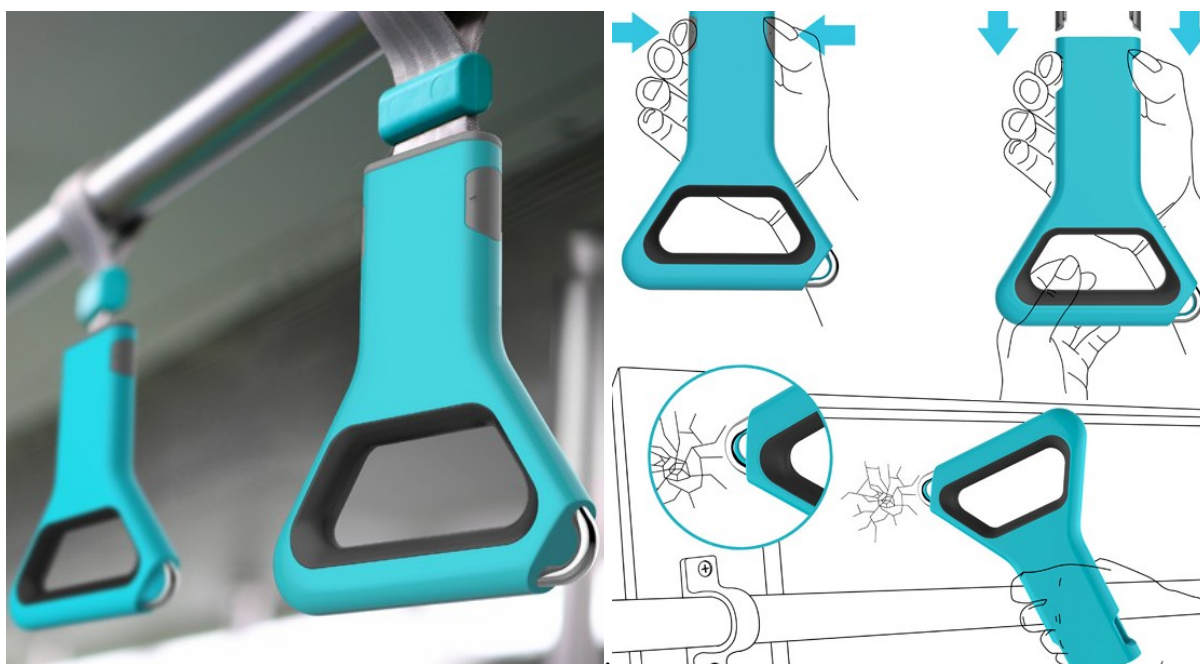
Obrázek 16 – Vlevo: Ergonomie uličky lůžkového vozu – Vpravo: Ergonomie kupé. Zdroj: Archiv autora.

³⁰ UIC. UIC 565-1: Special design and fittings features of vehicles. [online]. Paris: International Union of Railways, [cit. 11. 5. 2025]. Dostupné z: <https://es.scribd.com/document/658770893/UIC-565-1Special-design-and-fittings-features-of-vehicles>

3 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY V HROMADNÉ DOPRAVĚ

Bezpečnostní prvky je spojení vycházející ze slov bezpečnost a prvek. U bezpečnostních prvků nám jde hlavně o zlepšení bezpečí a pohodlí cestujících v případě nebezpečí. Slovo bezpečnost bychom mohli definovat jako: „*Stav, kdy jsou na nejnížší možnou míru eliminovány hrozby pro referenční objekt a jeho zájmy. Referenční objekt bezpečnosti je takový, který vnímá určitou hrozbu jako hrozbu svému samotnému přežití.*“³¹ Bezpečnostní prvek jako takový bychom mohli definovat takto: „*Bezpečnostní prvek je každý prvek nebo skupina prvků nebo přístroje v zařízení nebo kompletní sestava pro zajištění bezpečnostní funkce. Bezpečnostních prvků v hromadné dopravě nalezneme mnoho. Většinou se jedná o prvky, které cestující využívají v případě nebezpečí nebo o prvky, které chrání cestující před nárazem a podobným nebezpečím. Může se jednat o prvky, které zajišťují bezpečí v případě požárů, v případě nutnosti nouzového opuštění vozidla, komunikace mezi cestujícím a řidičem a další.*“³²

Většinou se jedná o prvky, které chrání cestující před nárazem a podobným nebezpečím. Může se jednat o prvky, které zajišťují bezpečí v případě požárů, nutnosti nouzového opuštění vozidla, komunikace mezi cestujícím a řidičem a další. Nejčastějším prvkem v hromadné dopravě jsou bezpečnostní kladívka (viz obrázek 17). Kladívka slouží k nouzovým únikům z vozidel. Kladívka mívají tělo vytvořené z odolného ABS plastu. Kladívka také disponují integrovanými řezači pásu v případě potřeby. Většinou mývají červenou barvu pro lepší viditelnost.



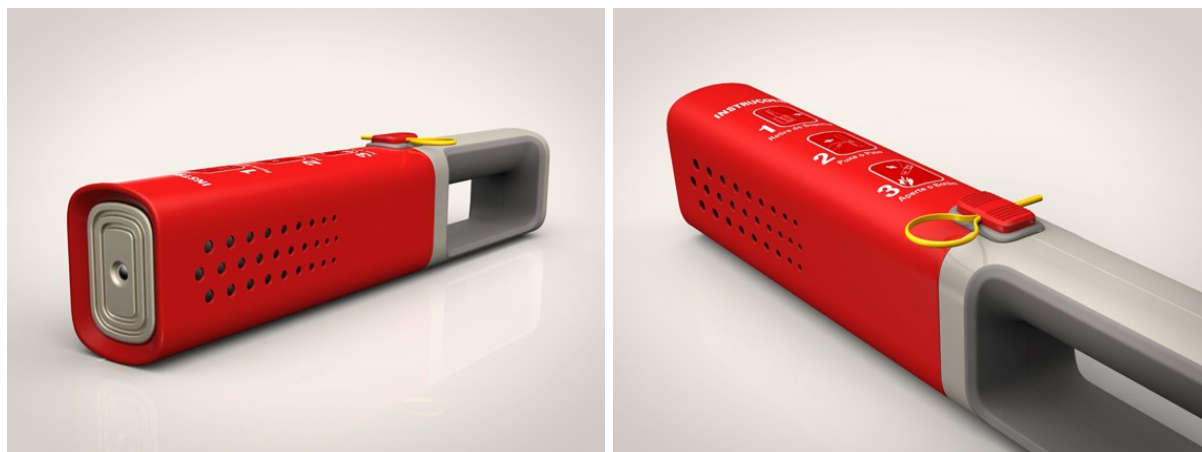
Obrázek 17 – Bezpečnostní kladívko³³

³¹ CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU. *Bezpečnost dopravy* [online]. 2017 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/letaky/4.pdf>

³² Nařízení vlády č. 70/2002 Sb., Nařízení vlády o technických požadavcích na zařízení pro dopravu osob [online]. 2002 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/print/cs/2002-70/zneni-20040501.htm?sil=1>

³³ QIANG, Shi. This hammer will hurt them [online]. 4. 12. 2013 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [This Hammer Will Hurt 'Em - Yanko Design](#)

Mezi další velmi užívané protipožární prvky. Mezi nejpoužívanější patří hasící přístroje (viz obrázek 18). Ty se v hromadné dopravě nachází dva druhy, práškové a sněhové. Sněhové hasící přístroje jsou založeny na rychlém vyprázdnění obsahu oxidu uhličitýho, jenž zabraňuje šíření kyslíku čímž zabraňuje šíření ohně. Práškové hasící přístroje mají oproti sněhovým výhodu žádných možných omrzlin při hašení.³⁴



Obrázek 18 – FIRE AWAY³⁵

Při rešerši jsem také narazil na protipožární prototyp SUB-RESK (viz obrázek 19). Masky je navržena pro prostory hromadné dopravy. Jedná se o integrovanou masku v držadle se zásobníkem vzduchu pro dýchání v případě požárů. Konstrukce držadla (viz obrázek 19 – Vpravo) se skládá z držícího rámu, držadla, zásobníku vzduchu, masky, a krytu masky z obou stran držadla.



Obrázek 19 - SUB-RESK³⁶

³⁴ HASTEX & HASPR s.r.o. Hasící přístroje všech druhů [online]. [cit. 2025-05-15]. Dostupné z: <https://www.hastex.cz/kategorie/hasici-pristroje>

³⁵ HANSEN Moises. FIRE AWAY! [online]. 12. 8. 2013 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Fire Away! - Yanko Design](#)

³⁶ SANG-EON Lee & Yeong-ho Yoon. BREATHE EASY [online]. 28. 9. 2011 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Breathe Easy - Yanko Design](#)

4 UDRŽITELNÉ MATERIÁLY

Udržitelné materiály³⁷ bychom mohli definovat jako takové materiály, které splňují vysoké technické požadavky a jeho použití představuje menší zátěž na životní prostředí. Výrobky z těchto materiálů jsou pak znovu využitelné, obnovitelné, recyklovatelné nebo alespoň energeticky využitelné. Materiály musí splňovat požadavky dle normy ČSN EN 45545-2. V hromadné dopravě se využívají kovy, plasty, kompozity a jiné. Při specifikaci na vozy hromadné dopravy můžeme materiály specifikovat konstrukční na konstrukční materiály, interiérové panely, čalounění, podlahy, izolace a další. V dnešní době se nachází v hromadné dopravě například tyto materiály:

Kompaktní HPL³⁸

Materiál je vyráběn lisováním několika vrstev speciálního papíru, které jsou napuštěny pryskyřicemi, pod vysokým tlakem a teplotou. Desky se vyznačují výbornou odolností pro poškrábání, otěru, chemikáliím, a dokonce i vysokým teplotám. Zároveň je snadno odolný proti bakteriím a plísním. Bývá využit na stěny lůžkových kupé.

Basotect³⁹

Jedná se o pružnou pěnu s otevřenými buňkami vyrobená z melaminové pryskyřice – duroplastického syntetického materiálu. Materiál má výborné zvukově absorpční vlastnosti, nízkou hmotnost, vysokou teplotní odolnost a nízkou hořlavost. Ve vlacích bývá právě využívána jako výborná izolace.

Altro Transflor⁴⁰

Altro Transflor je akrylátová bezpečnostní podlaha užívaná v hromadné dopravě. Materiál je velmi lehký a pružný což usnadňuje jeho pokládku. Výrobek obsahuje křemenné kamenivo, díky kterému výrobek zajišťuje protiskluznost a také zvýšenou pružnost a trvanlivost.

Trevira CS Eco⁴¹

Trevira CS je materiál s nehořlavými vlákny, které splňují protipožární normy. Materiál je minimálně z 50 % obsahu recyklované polyesterové vlákno z průmyslového odpadu. Materiály mají výhodu oproti jiným materiálům, že pro svou protipožární ochranu nepotřebují další jiné speciální úpravy. Při požáru uvolňují vlákna velmi nízké toxické zplodiny oproti jiným materiálům. Ve vlacích je užívám v čalounění.

³⁷ BLUE STANDARD. *What Are Sustainable Materials and Their Characteristics* [online]. 6. 2. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://bluestandardinc.com/blogs/news/what-are-sustainable-materials-and-its-characteristics>

³⁸ FTP PLASTICS. HPL desky. [online]. [s. d.] [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: HPL desky | FTP Plastics

³⁹ BASF. Basotect [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: Basotect

⁴⁰ ANVI TRADE. *Altro Transflor Figura* [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.anvitrade.cz/katalog/domacnosti/podlahoviny/pvc/altro-transflor-figura-ev>

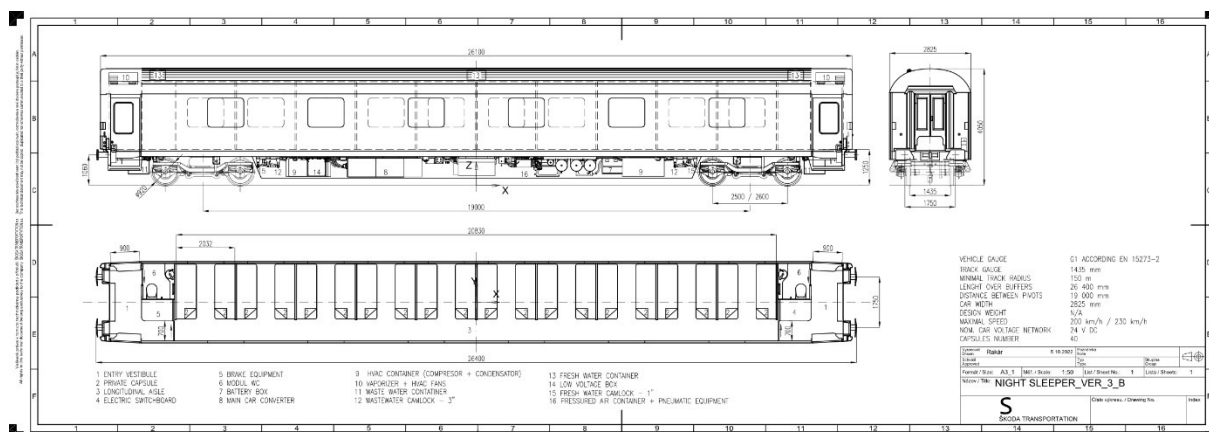
⁴¹ INDORAMA VENTURES. *How Trevira cs works* [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [How Trevira CS works](#)

5 NAVRHOVÁNÍ LŮŽKOVÉHO KUPÉ

Tato část práce je věnována návrhu moderního lůžkového kupé s cílem optimalizovat prostorové uspořádání, zohlednit požadavky na ergonomii a bezpečnost. Návrhový proces byl rozdělen do několika fází. V první fázi byly zpracovány podklady poskytnuté firmou Škoda Transport, které sloužili jako výchozí základ pro návrh. Následně bylo přistoupeno ke skicování různých variant řešení. K těmto návrhům byly také vytvořeny základní 3D modely pro lepší pochopení. Na základě těchto návrhů byla vybrána nejvhodnější varianta, která byla následně podrobně zpracována do detailního modelu. V závěrečné fázi návrhu byly vytvořeny vizualizace v realistickém prostředí, které slouží k prezentaci návrhu v kontextu interiéru kolejového vozidla.

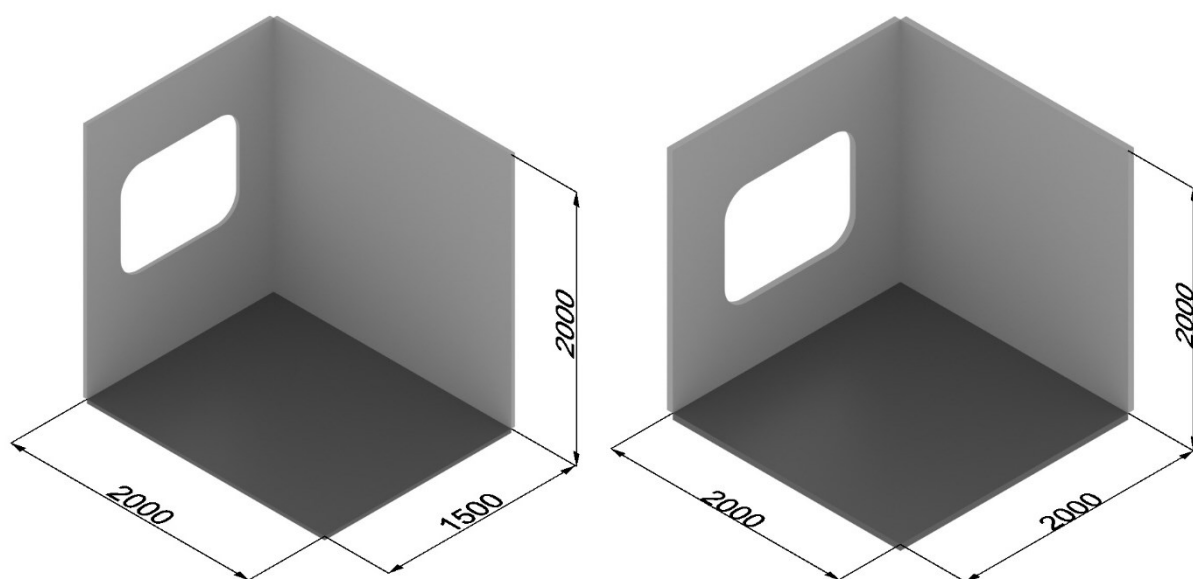
5.1 Získané podklady a jejich zpracování

Primárním podkladem pro mou práci byly technické výkresy (viz obrázek 20), které mi byly poskytnuty ve spolupráce s firmou Škoda Transport a.s. Tyto výkresy jsem v úvodní fázi práce použil prvně jako orientační zdroj pro porozumění rozměrům uliček, prostorovému uspořádání a proporcím stávajících lůžkových kupé. Na základě těchto podkladů jsem následně vytvořil pomocí rozměrů z výkresů modely kupé ze křivek. Vytvořil jsem dvě varianty. Kupé s minimálními rozměry (viz obrázek 21 – Vlevo) a ideálními rozměry (viz obrázek 21 – Vpravo). Tyto předlohy jsem následně využil do kreslicího programu Procreate pro usnadnění skicování variant návrhů. Zároveň jsem si také díky rozměrům vytvořil imitaci vlaku z důvodu finálních renderů návrhu. Všechny tyto úpravy a modelace proběhly za pomoci programu Rhinoceros 7.



Obrázek 20 - Výkres lůžkového vozu⁴²

⁴² ŠKODA TRANSPORTATION a.s. *Technický výkres lůžkového vozu – European Sleeper, verze 3.* Plzeň: Škoda Transportation, 2022. Interní dokumentace. Nezveřejněno.

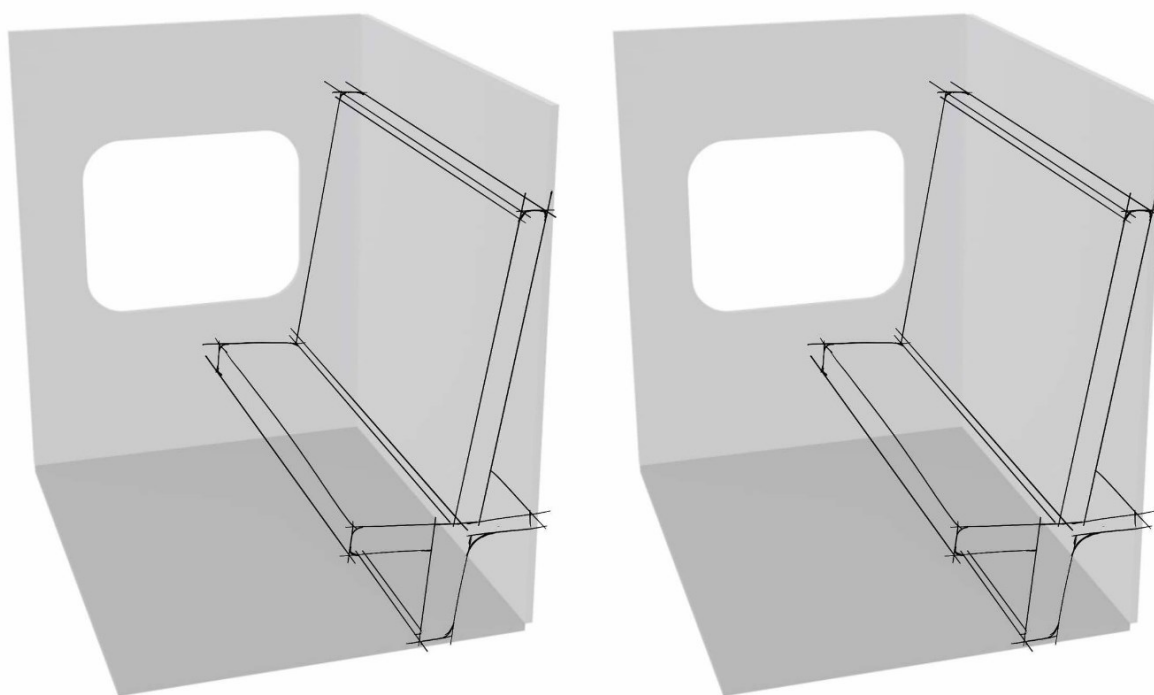


Obrázek 21 - Předlohy pro skicování – Vlevo: Kupé s minimálními rozměry – Vpravo: Kupé s ideálními rozměry. Zdroj: Archiv autora.

5.2 Kresebné studie a modely lůžkového kupé

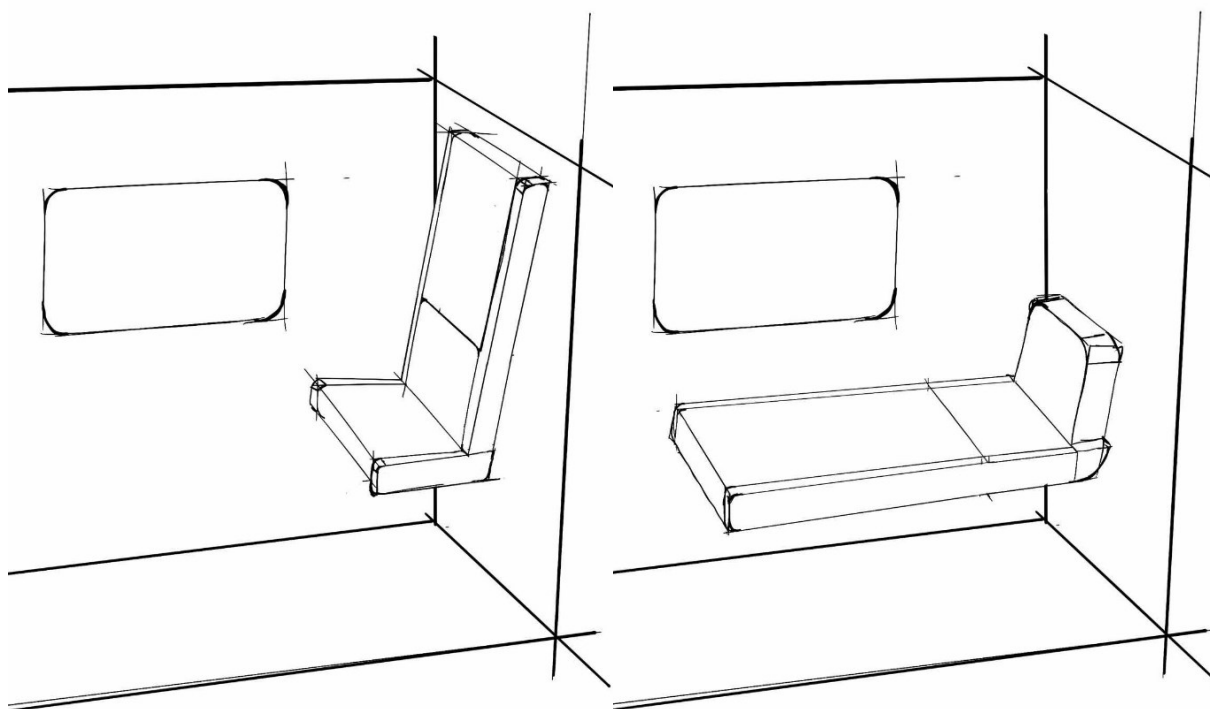
Před samotným 3D modelováním konceptů předcházela proces skicování různých řešení. Skicováním jsem rozvíjel své nápady, tvary a celkovou logiku návrhu. Hlavní inspirací byl rostoucí trend low-cost cestování, který se v posledních letech velice rozšířil mezi mladší generací. Cílem mého navrhování bylo navrhnout kupé a lůžko, s co nejmenší možnými rozměry, které však budou stále odpovídat ergonomickým normám a zároveň stále zachovají základní komfort.

První návrh jsem soustředil na sklápěcí lůžko tvořené sedadlem a sklápěcím opěradlem pro zvětšení rozměrů lůžka (viz obrázek 22 - Vlevo). Lůžko by mělo podsedák dle potřebných ergonomických rozměrů, a opěradlo by bylo zvětšené. V případě že by si cestující chtěl rozprostřít lůžko a jít spát, mohl by podsedák stačit dolů a následně si opěradlo sklopit a přejít do spánku (viz obrázek 22 – Vpravo).



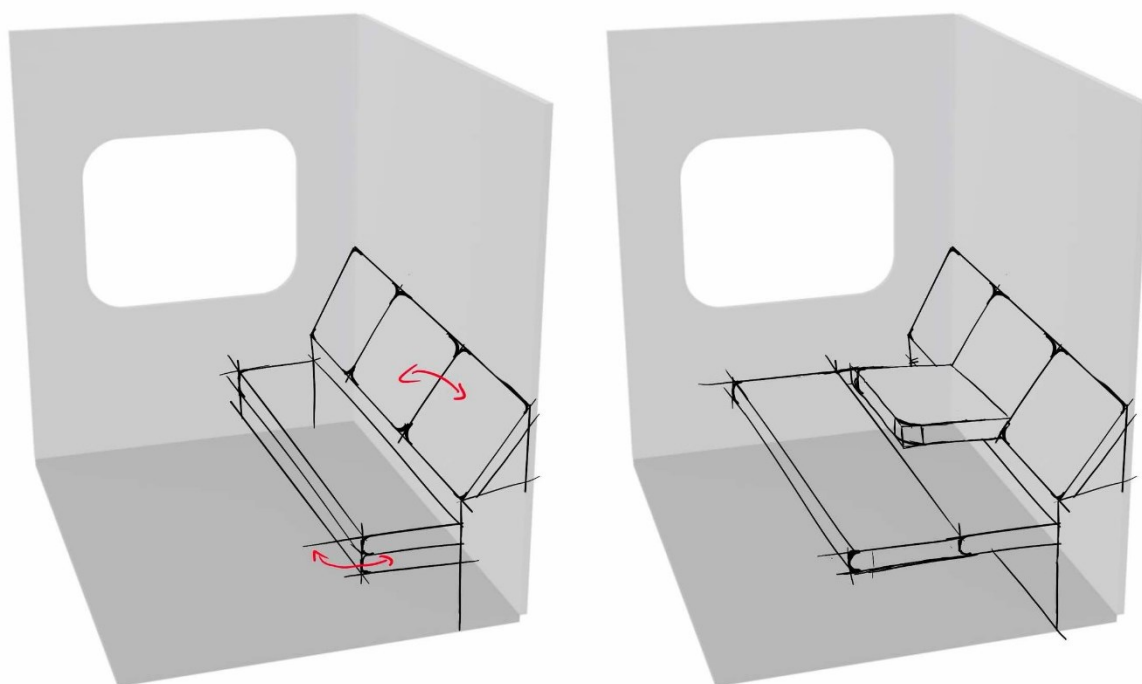
Obrázek 22 - Sklápěcí lůžko - Vlevo: Lůžko pro posed - Vpravo: Lůžko po sklopení. Zdroj: Archiv autora.

Při navrhování jsem se také zaměřil na sklápěcí lůžko pouze pro jednu osobu, které by mělo šířku sedadla zvětšenou na rozměry standardního lůžka. V sedací poloze (viz obrázek 23 – Vlevo) je návrh stejný jako u předešlých skic, však s jinou šířkou. Po sklopení (viz obrázek 23 – Vpravo) však vzniká rozdíl s vyklopením pouze horní části a zůstatkem části opěradla, která má stejné rozměry jako podsedák. V tom návrhu jsem se snažil využít co nejvíce užitečného materiálu a zamezit tak sklápění podsedáku, kde vzniká hluchý prostor a 100 % nevyužití podsedáku. Zároveň jsem zamýšlel změnu kupé ze svislého na podélné ve směru jízdy, čímž by se změnilo orientování kupé oproti stávajícím řešením.



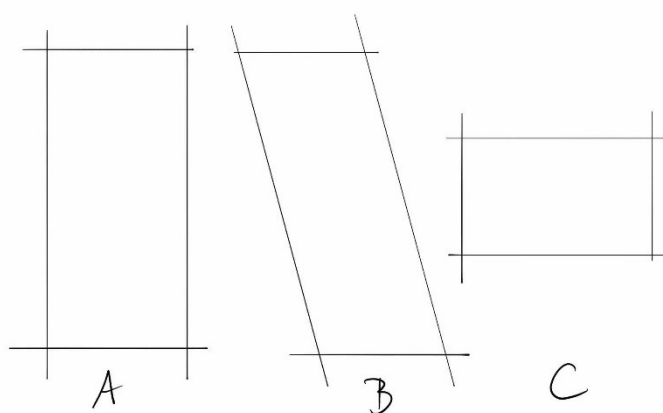
Obrázek 23 - Sklápěcí lůžko pro jednu osobu - Vlevo: Lůžko pro sezení - Vpravo: Lůžko po sklopení. Zdroj: Archiv autora.

V návrzích třetí varianty jsem se zaměřil na rozšíření lůžka pomocí výsuvné matrace ve spodní části (viz obrázek 24 – Vlevo). Hloubky matrace jsou rozměry dle ergonomie. Vysunutí by probíhalo pomocí táhnutí za táhlo, či ručku. V tomto návrhu jsem se inspiroval vysouvacími pohovkami. Zároveň díky vysunutí (viz obrázek 24 – Vpravo) by bylo možné upravovat kupé pro jednu nebo dvě osoby. V návrhu jsem se zároveň také zaměřil na opěradla, která by mohla být sklopná (viz obrázek 24 – Vpravo). Díky sklopení části opěradla by mohl vzniknout stolek, či odkládací prostor uvnitř po sklopení, kde by se mohlo nacházet snížení na batoh či jiné věci.



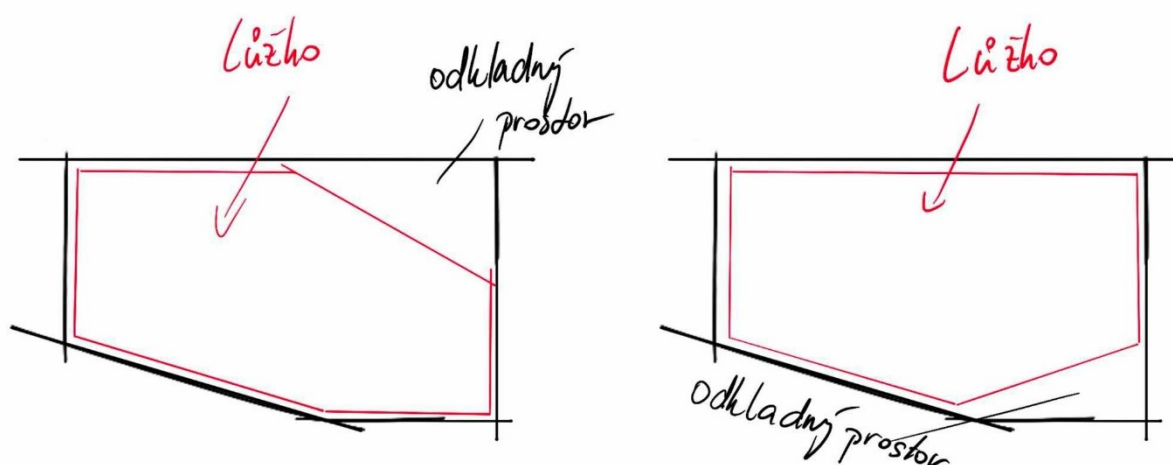
Obrázek 24 - Rozšiřování lůžka – Vlevo: Lůžko pro posed – Vpravo: Lůžko po rozšíření pro ležení. Zdroj: Archiv autora.

V průběhu navrhování proběhla schůze s designéry Škody Transport, kterým jsem ukázal všechny své návrhy a v návaznosti byl vybrán koncept lůžkových boxů. Záměrem při navrhování je jít cestou nízkonákladového cestování. V lůžkových boxech je mým záměrem mít v kupé co nejmenší možné rozměry pro lůžko, odkladný prostor včetně USB portů a regulací teploty a světla, a úložný prostor pro zavazadla. V první krocích jsem začal základními půdorysy (viz obrázek 25). U půdorysu jsem se nejprve zaměřil na možnostech orientování kupé.



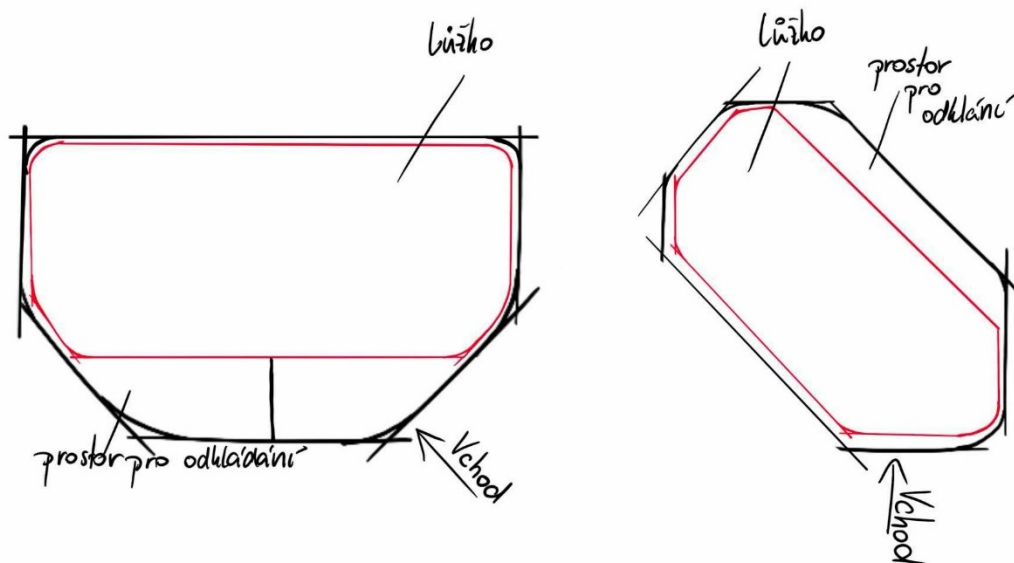
Obrázek 25 - Základní tvarová orientace půdorysů. Zdroj: Archiv autora.

V dalším kroku jsem se zaměřil na rozkreslování určitých návrhů a zpracování jejich modelů. Skicování započalo tvarem dle orientace A (viz obrázek 25). U tohoto návrhu bylo mým záměrem orientovat lůžka podélně délky vagónů. Nejprve jsem se snažil pomocí skicování nalézt různé tvary kupé. V návrhu 1 (viz obrázek 26) bylo záměrem naklonění jedné z rovin obdélníku. Záměrem tvaru bylo odebrání přebytečného materiálu, který by zde vznikl při ponechání základního tvaru. Díky naklonění roviny zde také vznikla možnost dvou variant lůžek. První varianta je klasické podélné lůžko (viz obrázek 26 – Vpravo) a druhou variantou nakloněné lůžko (viz obrázek 26 – Vlevo). Zároveň díky naklonění lůžka vznikne větší ochrana pro zařízení odložené pro nabíjení v odkládacím rohu, jelikož jsou chráněny celým tělem.



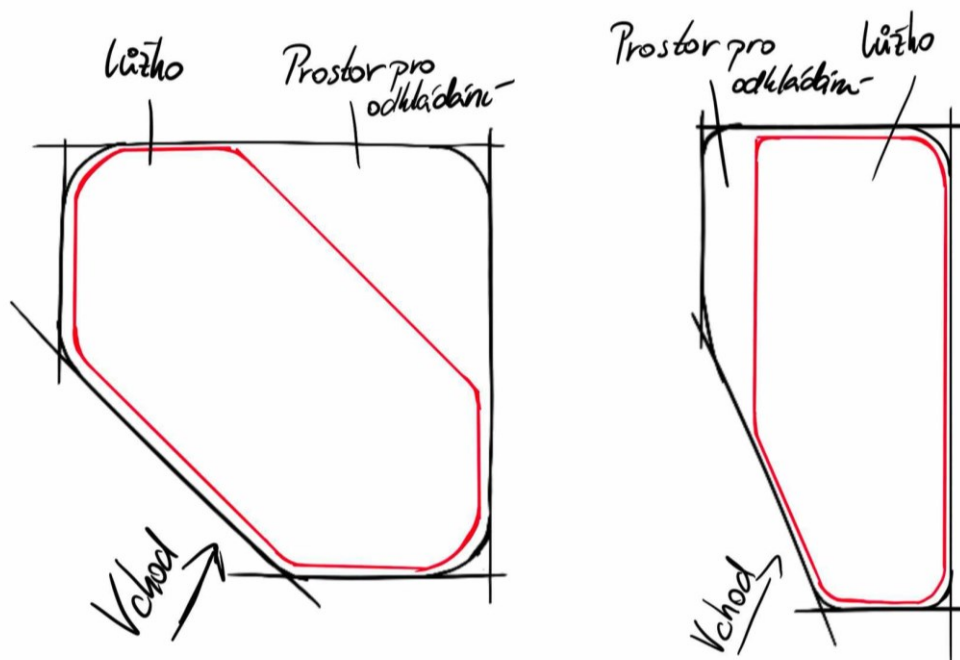
Obrázek 26 - Návrh 1 - Vlevo: Nakloněné lůžko - Vpravo: Podélné lůžko. Zdroj: Archiv autora.

Návrh 2 (viz obrázek 27 – Vlevo) je situováno podobně jako u Návrhu 1 ve směru jízdy a zkosené výstupky ve stylu pyramid nabízí velký prostor pro odkládání. Díky zkosení nám v uličce vznikne více prostoru pro procházení a manipulaci s větším prostorem. Při dalším navrhování jsem se zaměřil na navrhování tvaru B (viz obrázek 25). Návrh 3 jsem zaměřil na navrhování kupé pod úhlem. Záměrem bylo zkusit navrhnout kupé, které by celou konstrukci mělo pod úhlem 20° – 30° . Inspirace vycházela z náklonu lůžka z návrhu 1 (viz obrázek 27 – Vpravo).



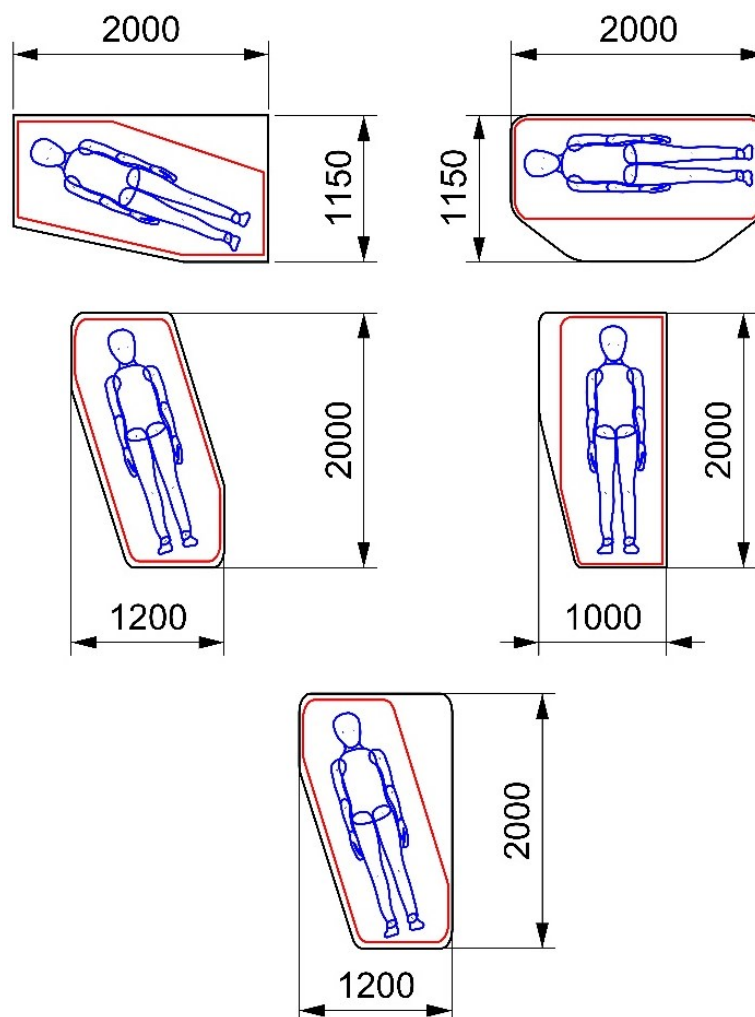
Obrázek 27 – Vlevo: Návrh 2 – Vpravo: Návrh 3. Zdroj: Archiv autora.

Při návrhu 4 jsem se zaměřil na podobný design jako při návrhu 3 (viz obrázek 27 – Vpravo). Prostor kupé (viz obrázek 28 – Vlevo) jsem zamýšlel mírné rozšíření v zadní části, kde by byl možný vznik hluchého místa. Zároveň by bylo možné u návrhu mírně rozšířit rozměry a uskutečnit tento design kupé pro dvě osoby. Při návrhu 5 (viz obrázek 28 – Vpravo) pro variantu C jsem se zaměřoval na lůžko ve směru šířky vlaku jako u nynějších kupé. Jedná se o skoro stejný tvar jako je při návrhu 1 (viz obrázek 25), ale otočený o 90°.



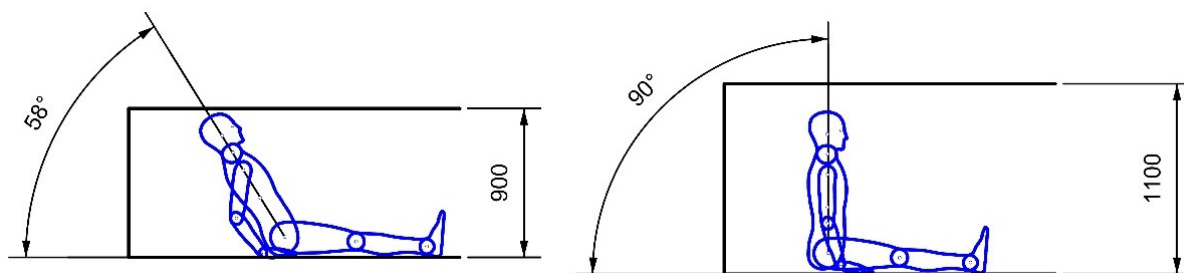
Obrázek 28 – Vlevo: Návrh 4 – Vpravo: Návrh 5. Zdroj: Archiv autora.

V následujícím kroku jsem si v programu Rhinoceros 7 vytvořil modely kupé v rozměrech, které jsem si ověřil pomocí somatografické studie. Postavu člověka jsem si obkreslil z podkladového obrázku ergonomické figury od Henryho Dreyfusse. U návrhů jsem vždy nastavil jiné rozměry, které můžeme vidět na obrázku 29.



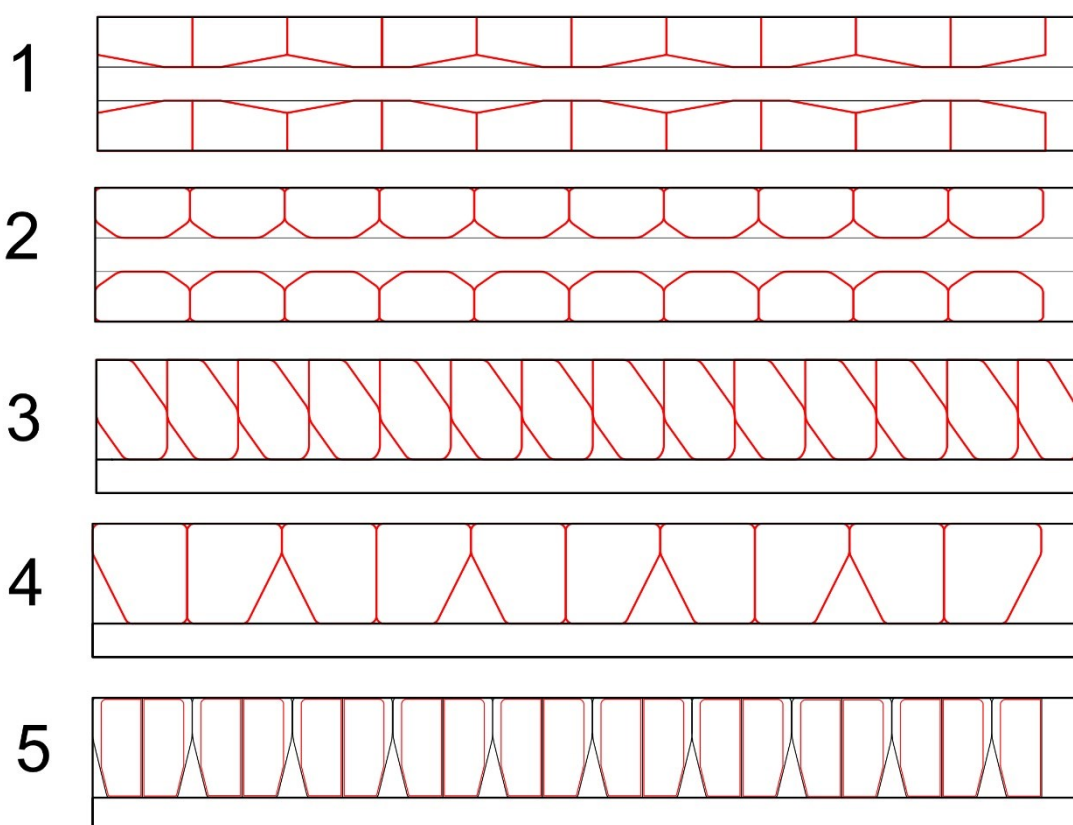
Obrázek 29 - Ergonomická studie pro zjištění minimálních rozměrů v měřítku 1:30. Zdroj: Archiv autora.

U všech návrhů byl mým cílem návrh pro cenově dostupné cestování při minimálních prostorových nárocích. Z tohoto jsem provedl také somatografickou studii zaměřenou na výšku kupé. Stejně jako u přechozí studie jsem použil figuru od Henryho Dreyfusse z bočního pohledu. Ze studie jsem vyšel se dvěma rozměry. Minimální výšky (viz obrázek 30 – Vlevo) a ideální výšky (viz obrázek 30 – Vpravo). Po provedení studie jsem se rozhodl pro použití výšky 1100 mm. Vycházel jsem také z technického výkresu vozu, dle kterého jsem si vypočítal možné proporce a tím si použití výšky 1100 mm potvrdil.



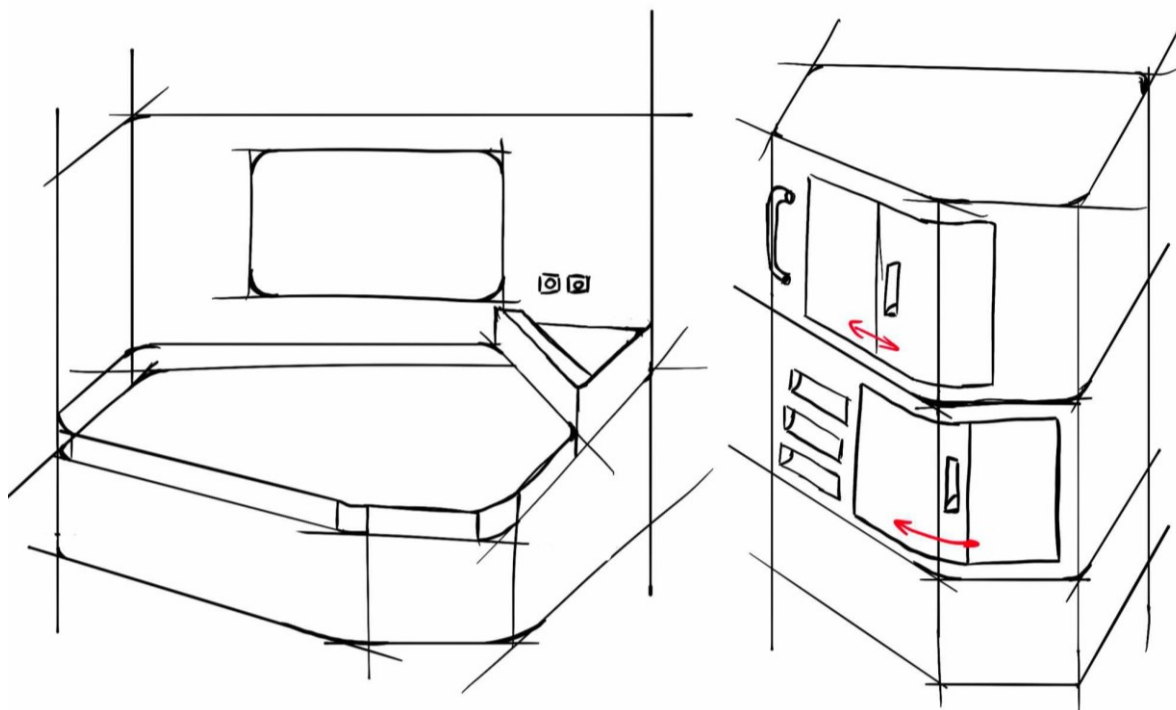
Obrázek 30 – Kupé v měřítku 1:40 – Vlevo: Minimální výška kupé - Vpravo: Ideální výška kupé. Zdroj: Archiv autora.

Po provedení somatografických studií jsem provedl pro vybrání nejlepších variant rozpoložení kupé ve vozech. Varianty jsem vybíral podle největší počtu kupé. Jako předlohu pro zjištění mi sloužila mnou vytvořená silueta lůžkového prostoru vycházející z technického výkresu (viz obrázek 20). Všechny varianty (viz obrázek 31) jsem spočítal a vynásobil dvěma z důvodu záměru pro skupení kupé na sebe. U varianty 1,2 by bylo možné do kupé vměstnat 40 kupé. U varianty 5 by bylo možné 38 kupé. U varianty 3 by se kvůli tvaru vlezlo z důvodu tvaru pouze 28 kupé. U varianty 4 by bylo možné mít také 20 kupé, avšak kupé je pro dvě osoby, takže míst by bylo 40 míst.

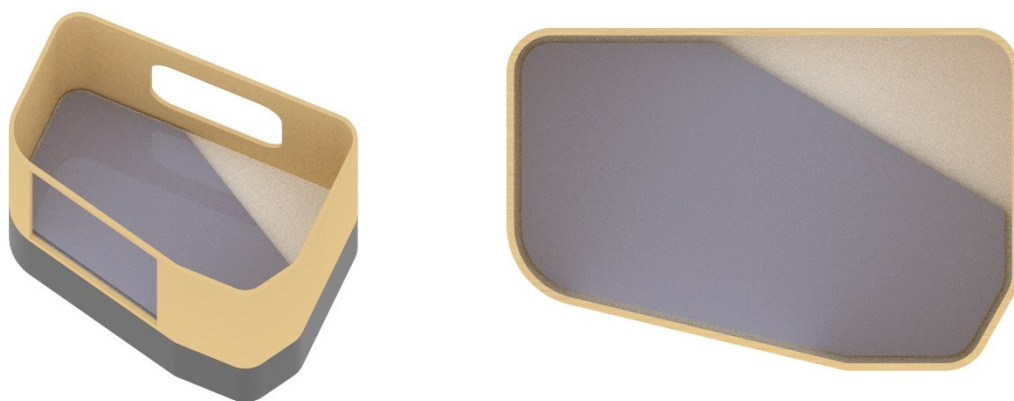


Obrázek 31 - Studie pro zjištění možného počtu lůžek. Zdroj: Archiv autora.

V další fázi jsem se zaměřil na detailnější skici a tvorbu základních 3D modelů jednotlivých návrhů. Při návrzích kupé jsem se snažil do kupé vměstnat jen nejnútnejší prvky pro cestování. Mezi nejnútnejší prvky jsem zařadil lůžko, úložný prostor, nabíjecí porty, osvětlení, a prostor pro odkládání v kupé. Na obrázku 32 – Vlevo můžeme vidět návrh 1 ve skicovém provedení a na obrázku 32 – Vpravo jeho možné skládání na sebe. A základní 3D modely kupé na obrázku 33. U návrhu jsem také vytvořil poskládání dle rozměrů kupé pro lepší vidění tvaru v prostoru vlaku.

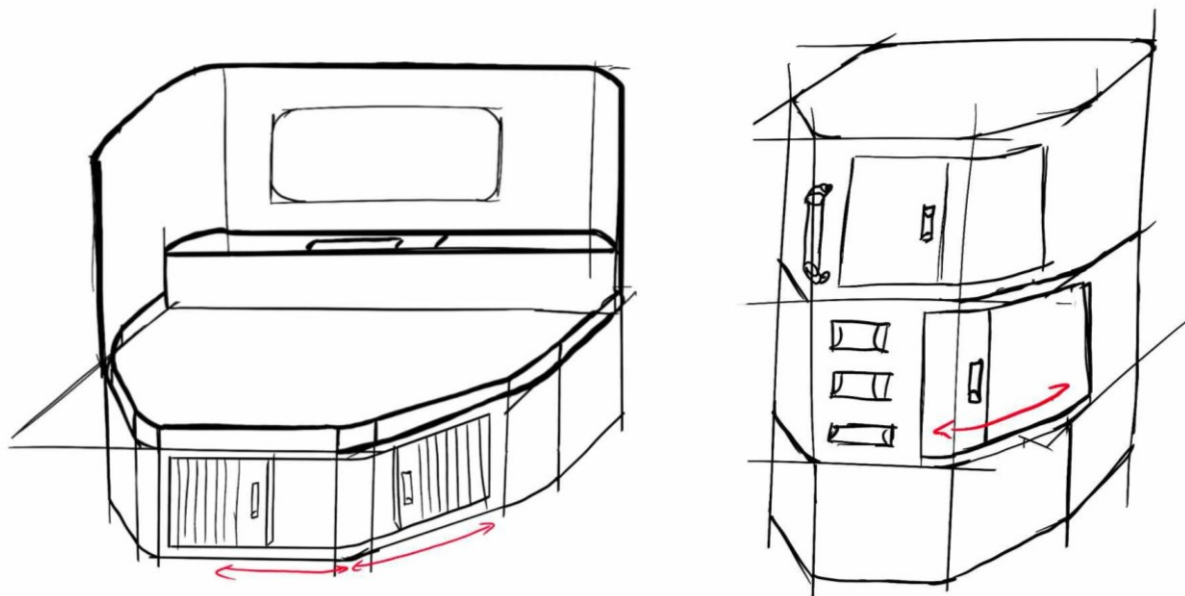


Obrázek 32 - Návrh 1 - Vlevo: Návrh kupé - Vpravo: Možnost skupení kupé. Zdroj: Archiv autora.

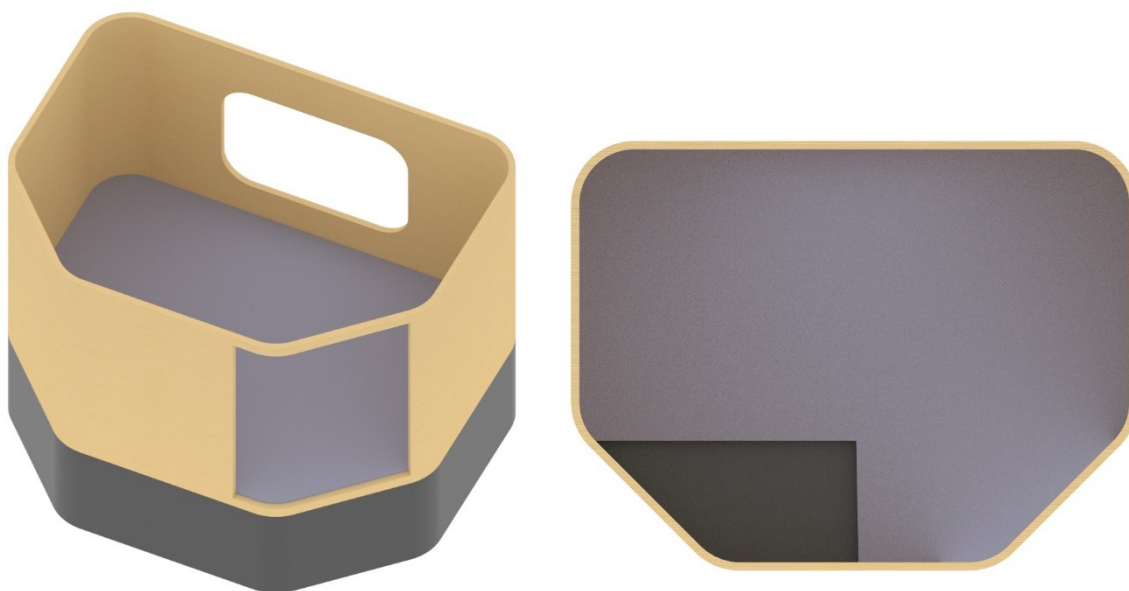


Obrázek 33 - Vlevo: Render v axonometrii - Vpravo: Render v půdorysu. Zdroj: Archiv autora.

V návrhu 2 (viz obrázek 34) jsem se zaměřil při skicování na lepší znázornění prostoru. Nakreslil jsem jednoduchý návrh a následné možnosti skládání kupé na sebe. Pro lepší porozumění návrhu jsem také vytvořil jak u prvního návrhu rendery (viz obrázek 35). Lůžko u tohoto návrhu je situováno rozdílně od návrhu jedna, a to podélně ve směru jízdy. Úložný prostor by byl také uložen do spodní části jako u návrhu 1.

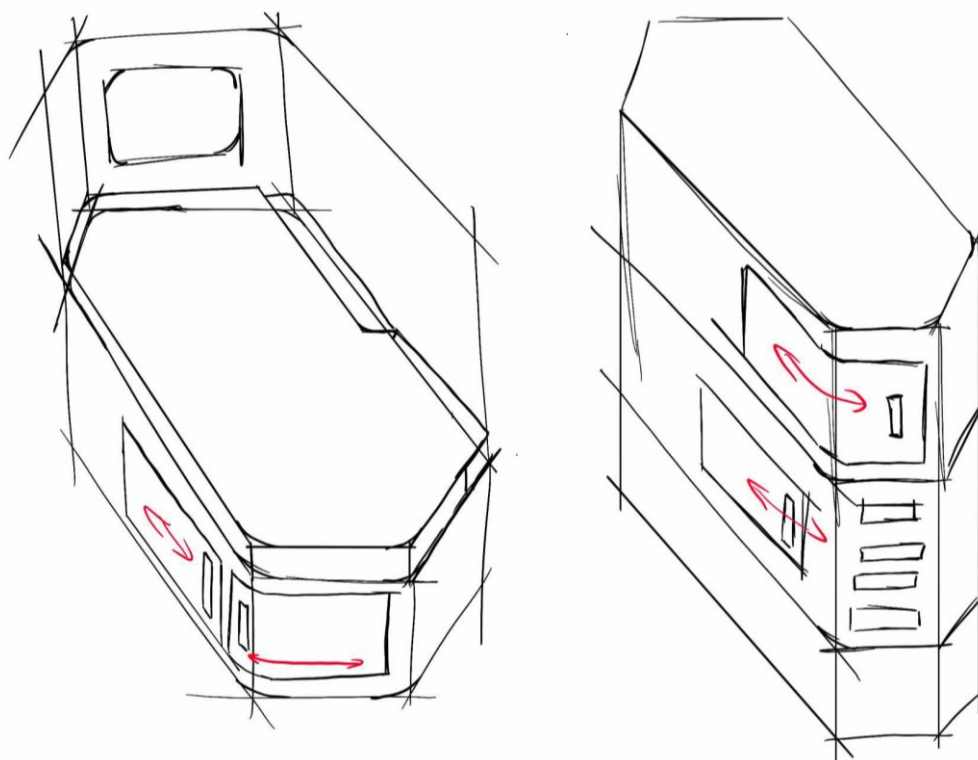


Obrázek 34 - Skici návrhu 2 - Vlevo: Návrh v perspektivě - Vpravo: Možné skládání. Zdroj: Archiv autora.

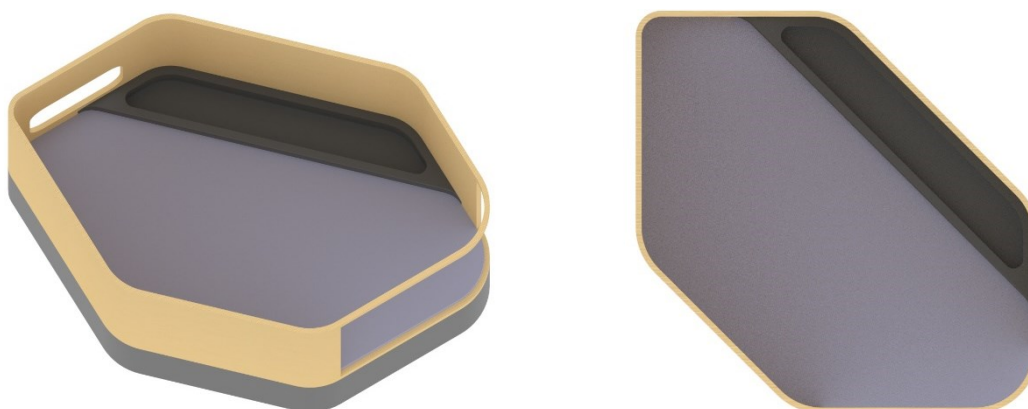


Obrázek 35 – Rendery návrhu 2 – Vlevo: V axonometrii – Vpravo: V půdorysu. Zdroj: Archiv autora.

Návrh 3 (viz obrázek 36) je jiný svým nakloněním roviny. U návrhu jsem se snažil situovat spaní pod úhlem. Vchodový prostor jsem situoval do boční části a u horního do přední částí, kdy ve přední části spodního lůžka by se nacházel vstup nahoru. Úložný prostor jako u ostatních návrhů bude ve spodní části. Kupé jsem naklonil za záměrem, aby spaní ve vozech bylo ojedinělé. Tvar jsem si také ověřil pomocí základního modelu (viz obrázek 37).

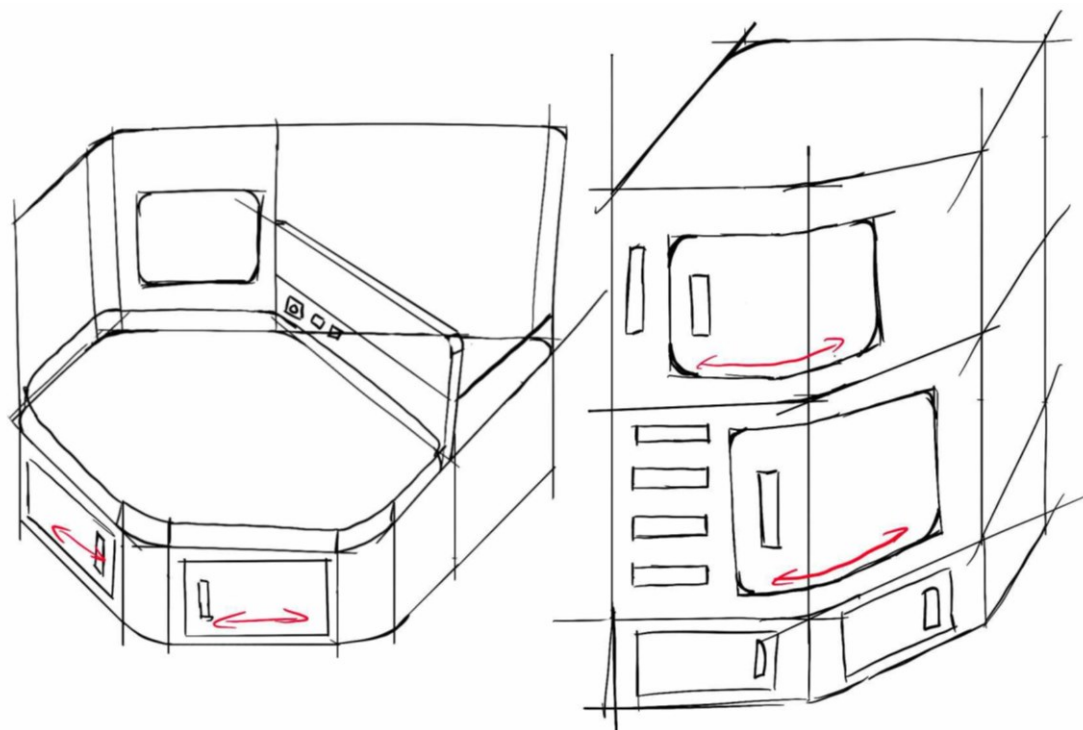


Obrázek 36 – Návrh 3 – Vlevo: Návrh v respektivě – Vpravo možnost skládnání na sebe.
Zdroj: Archiv autora.



Obrázek 37 – Rendery – Vlevo: V perspektivě – Vpravo: Půdorysu. Zdroj: Archiv autora.

U návrhu 4 (viz obr. 38) jsem dále rozvíjel koncept z návrhu 3. V zadní části jsem prodloužil tvarové křivky, čímž jsem eliminoval vznik hluchého místa. Vstupy i úložný prostor zůstaly zachovány. Díky rozšíření prostoru je návrh použitelný také ve variantě pro dvě osoby. Pro ověření jsem opět vytvořil základní model (viz obr. 39).

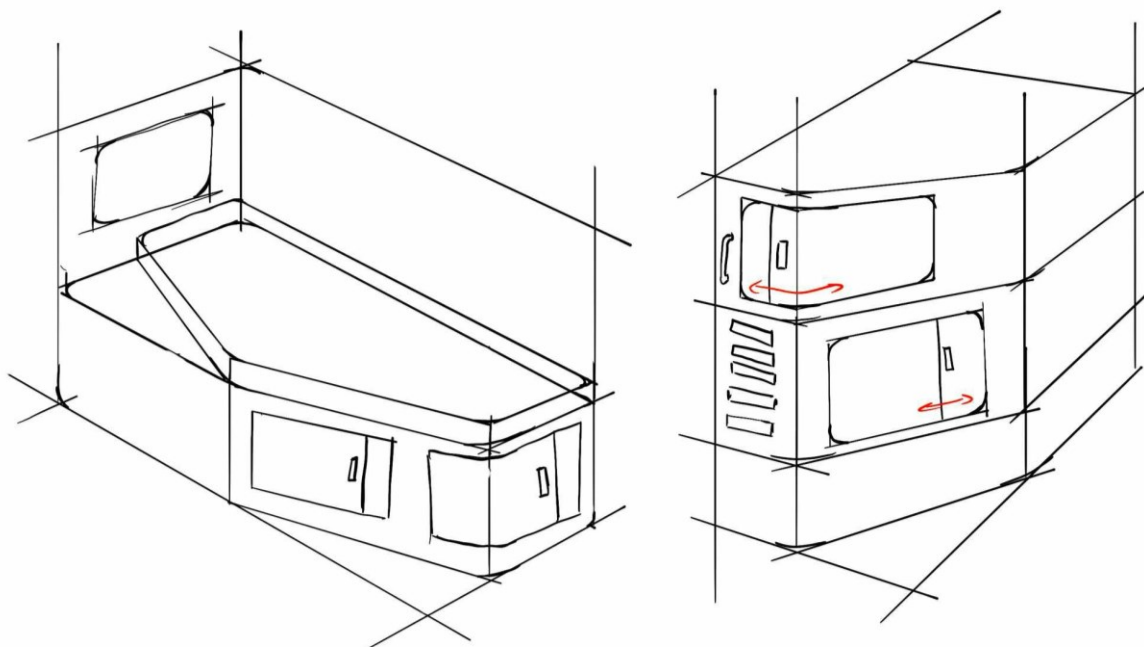


Obrázek 38 – Návrh 4 – Vlevo: Návrh v perspektivě – Vpravo: Možnosti skládání na sebe.
Zdroj: Archiv autora

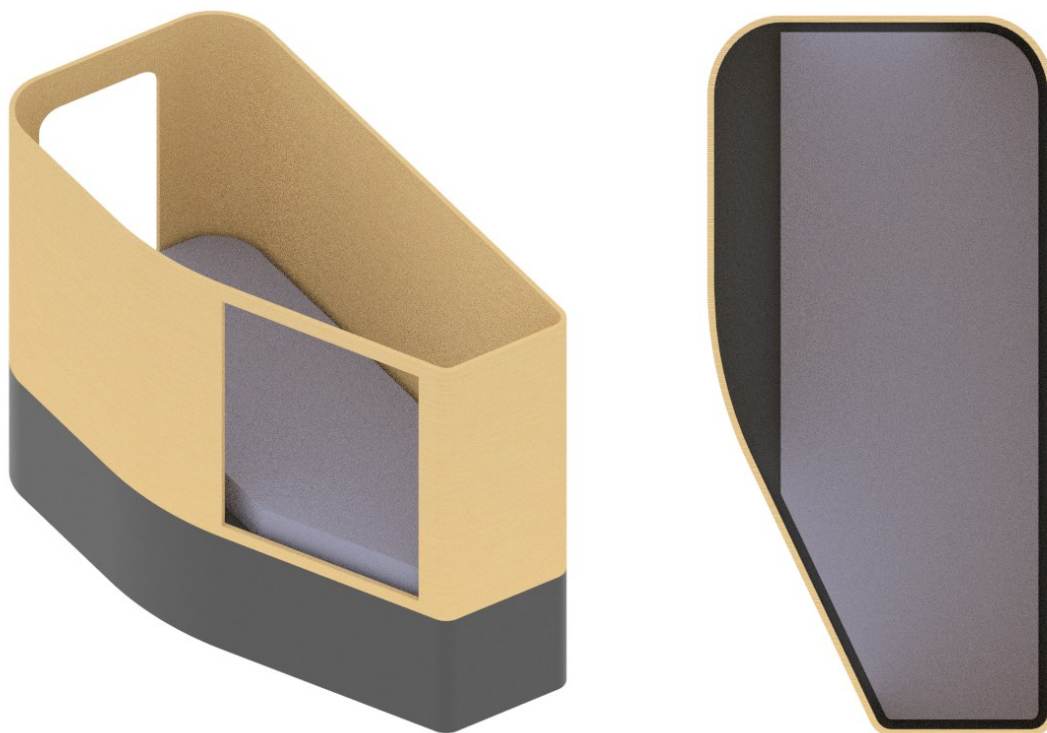


Obrázek 39 – Rendery – Vlevo: V perspektivě – Vpravo: V půdorysu. Zdroj: Archiv autora.

Návrh 5 (viz obrázek 40) je inspirován návrhem 4, ale zaměřuje se na menší rozměry a odlišné prostorové řešení lůžka. Tvar jsem ověřil pomocí renderů (viz obrázek 41). Odkládací prostor je umístěn blíže k boční stěně vozu, aby měl uživatel lepší pocit bezpečí u osobních věcí. Vchod do horního patra i úložný prostor zůstaly zachovány jako v předchozích variantách.



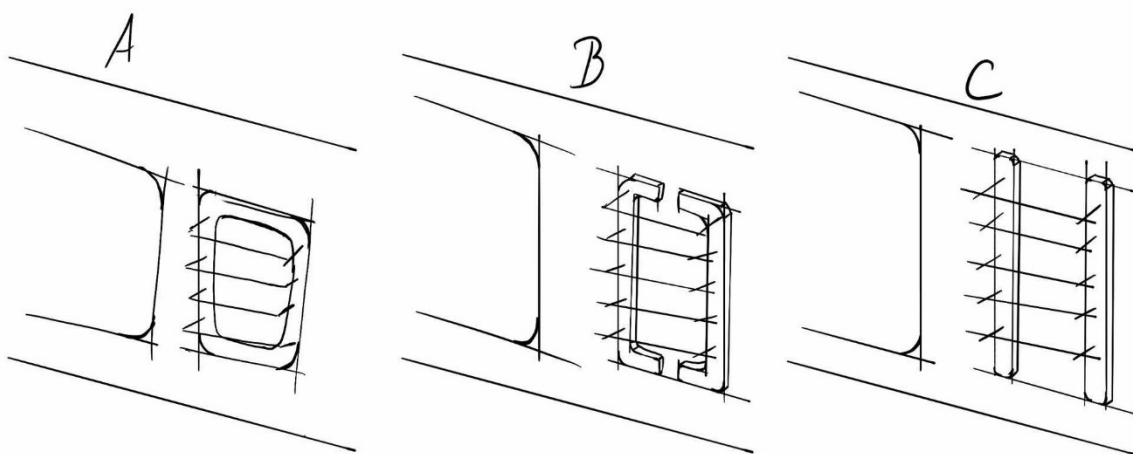
Obrázek 40 – Vlevo: Návrh v perspektivě – Vpravo: Možnosti skládání. Zdroj: Archiv autora.



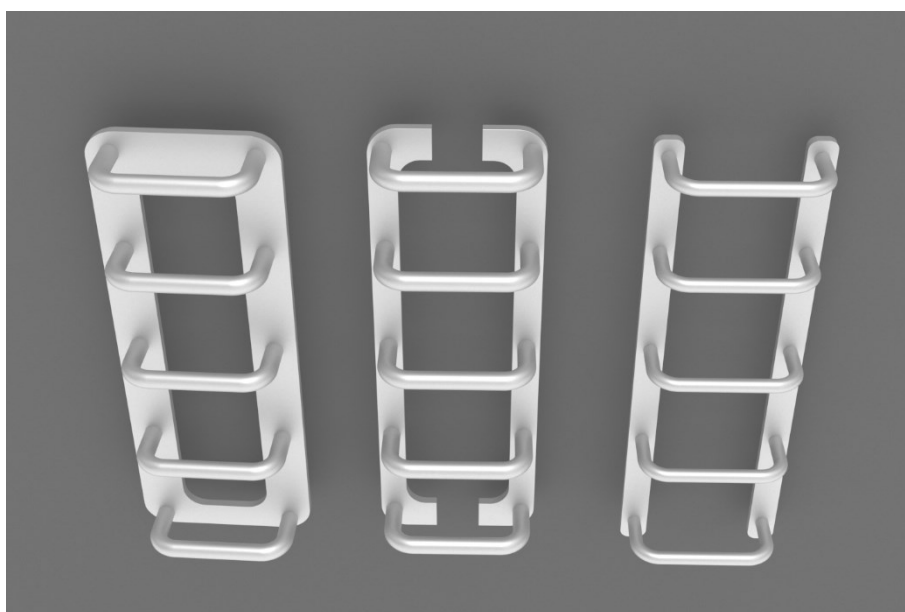
Obrázek 41 – Rendery – Vlevo: V perspektivě – Vpravo: V půdoryse. Zdroj: Archiv autora

5.3 Skici a 3D model finálního návrhu

Po konzultacích návrhů jsem se rozhodl jít cestou návrhu 1 (viz obrázek 32). Hlavním záměrem při návrhu toho kupé bylo držet se probíhajícího trendu low-cost cestování. Záměrem při navrhování bylo dát kupé takový tvar, aby se do vozu vlezlo co nejvíce těchto kupé. Po zvolení finálního návrhu jsem se v dalších krocích zaměřil na podrobnější skici specifikované na detaily. Při skicování jsem začal věnovat pozornost na žebříky pro výstup do horního patra. Nejprve jsem v podobě skici udělal 3 návrhy (viz obrázek 42). Žebřík je tvořen ohýbanými trubkami kotvenými do stěny pomocí podložky. Tvar podložky jsem ve všech třech variantách směřoval do oválného profilu, který vizuálně odpovídá tvaru vstupního výřezu kupé. U varianty A jsem obdélníkový tvar se zaoblenými rohy nechal po celém obvodu s výřezem uvnitř těla. U varianty B jsem tvar ze středové části rozpůlil a nechal výstupky do středu tvaru. A v posledním návrhu C jsem nechal po stranách trubek pouze dva oválové panely. Pro lepší pochopení tvarů a vzhledu jsem vytvořil 3D modely a udělal základní rendery (viz obrázek 43). Následně po konzultacích jsme zvolili návrh C z důvodu úspory materiálu a minimalistického tvaru.

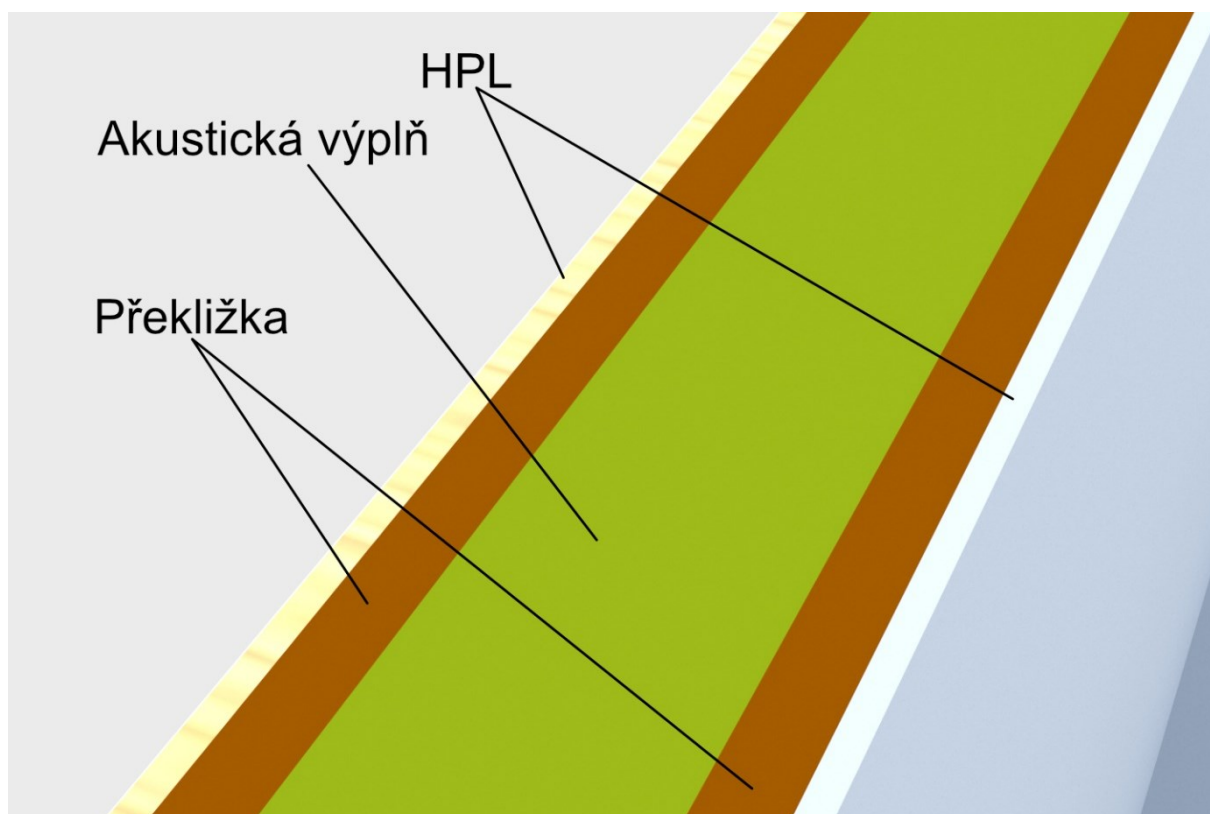


Obrázek 42 - Návrh žebříku. Zdroj: Archiv autora.



Obrázek 43 -Rendery žebříků. Zdroj: Archiv autora.

V další fázi jsem se zaměřil na strukturu stěn kupé. Stěny kupé jsou tvořeny z několika vrstev (viz obrázek 44). Přesněji se jedná o 3 vrstvy. Středovým základem je protihluková vrstva pro lepší akustiku a pohodlí při cestování. Na tuto vrstvu z obou stran je přidělena překližka jako podpůrná deska pro HPL desky s fólií. Z vnější strany kupé jsem zamýšlel fólii s imitací dřeva, a z interiérové části čistě bílou nebo světle modrou barvu pro klidné barvy. Materiály jsem volil s ohledem na ekologii a udržitelnost. Při rešerši jsem narazil akustickou výplň Basotect, která již bývá v železniční dopravě využívána. HPL fólie jsem volil díky jejich povrchovým vlastnostem. Desky jsou díky své výrobě dobré proti poškrábání, a jsou dobré pro udržování hygieny.

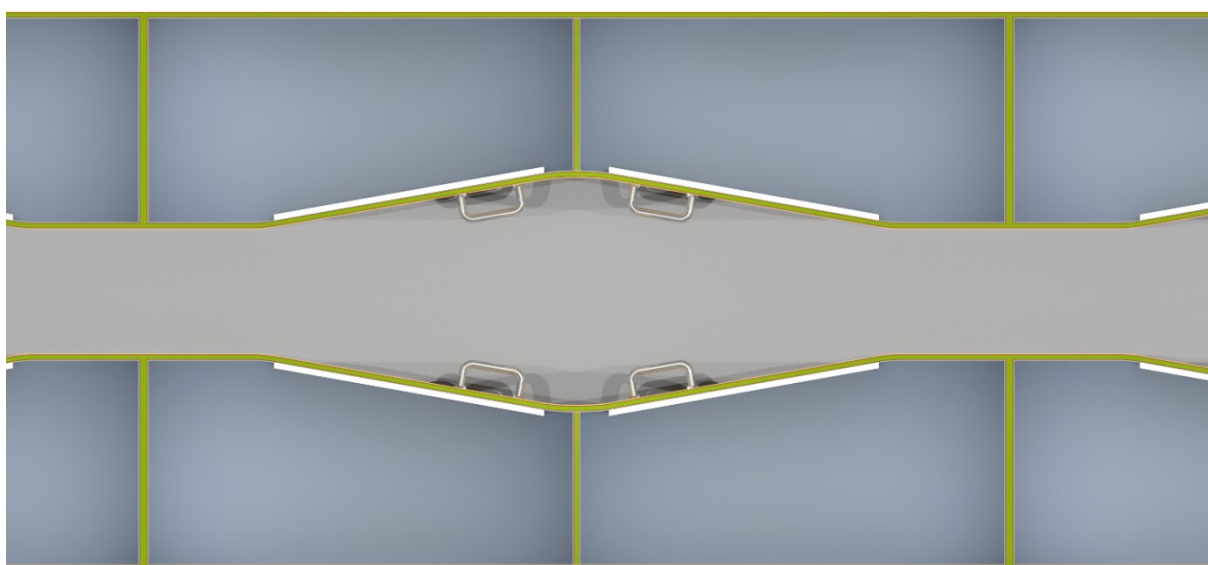


Obrázek 44 – Struktura stěny materiálů. Zdroj: Archiv autora.

Pro návrh tvaru kupé jsem vycházel ze základního obdélníkového půdorysu, který jsem natočil ve směru jízdy vlaku, čímž vznikla možnost rozmístit kupé na obě strany vozu a vytvořit mezi nimi ústřední uličku. Pro zajištění lepší průchodnosti a manipulace se zavazadly jsem jednu ze stran každého kupé zkosil pod úhlem. Vzniklý tvar jsem poté zrcadlil, což umožnilo vytvoření širšího prostoru pro pohyb cestujících. Tímto způsobem vznikl tvar kosočtverce, který zároveň přispívá k lepší organizaci prostoru. Přechody mezi skloněnými a kolmými stěnami kupé jsem následně propojil plynulým zaoblením (viz obrázek 45), které nejen zvyšuje estetickou kvalitu návrhu, ale také usnadňuje údržbu a čištění ploch (viz obrázek 46).

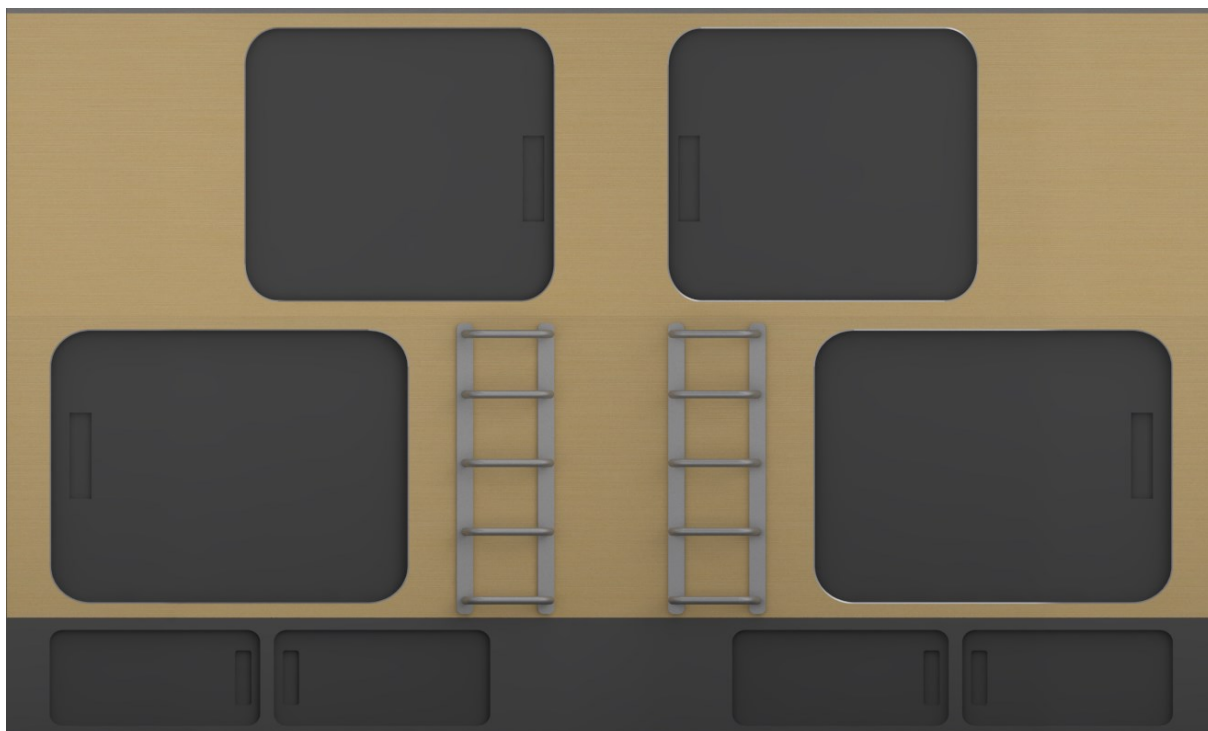


Obrázek 45 - Návaznost ploch kupé v půdoryse. Zdroj: Archiv autora

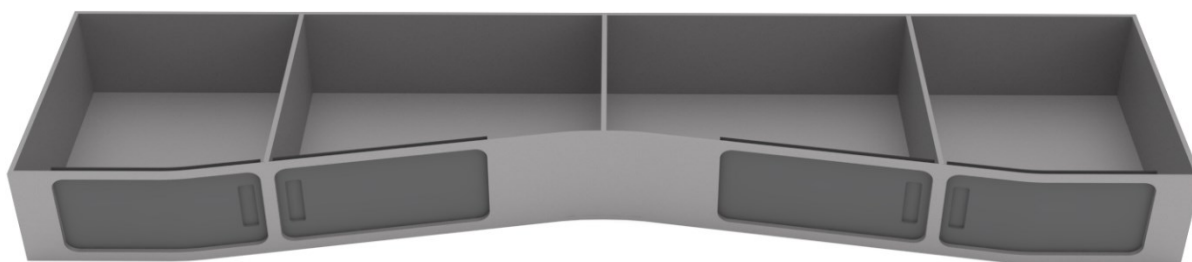


Obrázek 46 – Pudorys kupé v řezu s uličkou. Zdroj: Archiv autora.

Jelikož jsem u kupé zamýšlel na low-cost cestování, zaměřil jsem kupé na minimální rozměry. Díky tomu jsem kupé v jedné délce do výšky rozdělil do tří částí (viz obrázek 47). Úložný prostor nacházející se ve spodní části, spodní lůžko a horní lůžko. Úložný prostor má dvě přihrádky se zásuvnými dvířky pro větší cestovní zavadla (viz obrázek 48).



Obrázek 47 – Přední pohled kupé. Zdroj: Archiv autora.

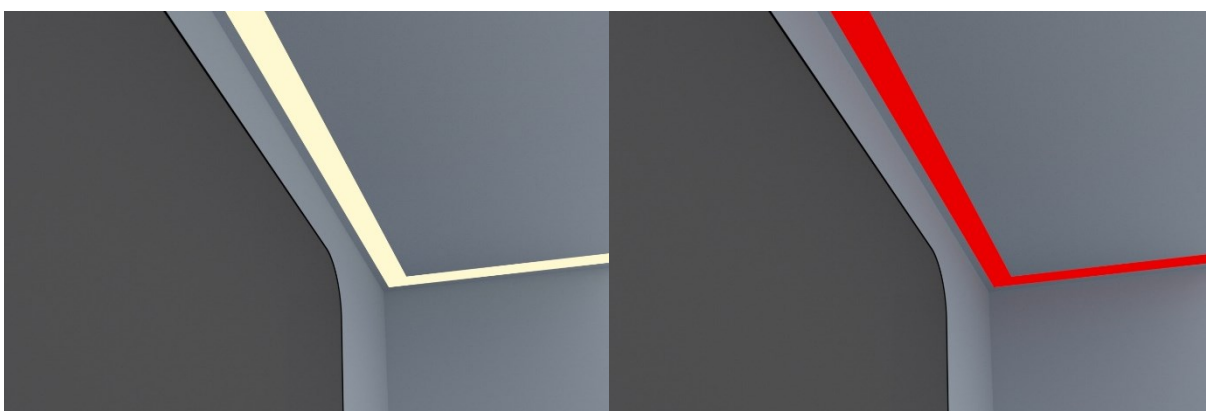


Obrázek 48 – Patro pro úložný prostor. Zdroj: Archiv autora.

Interiér kupé jsem řešil s ohledem na co nejméně možný vybavený interiér. Rozměrům kupé jsem dal také minimální rozměry z důvodu úspory místa (viz obrázek 49). V kupé se nachází jen to nejnútnejší. Nachází se zde lůžko, zásuvky a prostor pro odkládání. Prostor odkládání jsem designoval se záměrem do zadní části za tělo člověka pro větší pocit bezpečnosti proti odcizení. Osvětlení kupé jsem navrhoval se záměrem použití led pásků po obvodu kupé (viz obrázek 50) s možností změny barvy dle vlastních potřeb cestujících.



Obrázek 49 – Řez skrze kupé. Zdroj: Archiv autora



Obrázek 50 - Led osvětlení – Vlevo: Obyčejné osvětlení – Vpravo: Barevné osvětlení. Zdroj: Archiv autora.

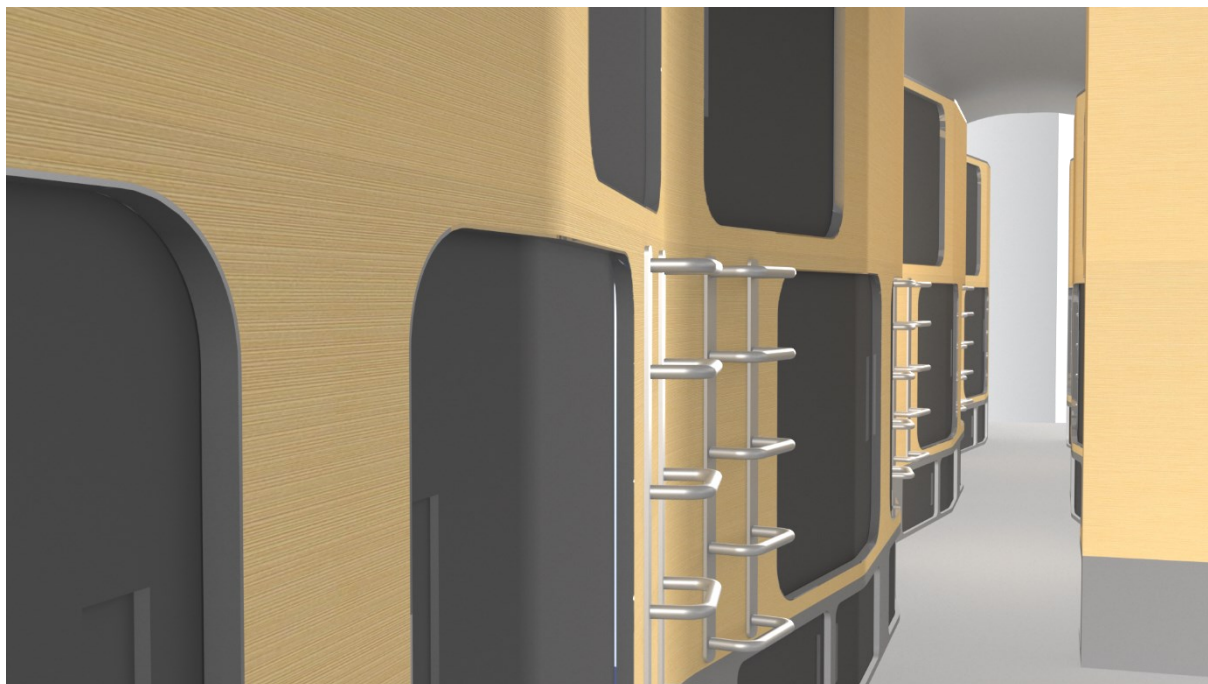
Soukromí v kupé jsem zamýšlel pomocí posuvných dveří (viz obrázek 51). Systém by byl nainstalovaný z vnitřní strany kupé. V designu jsem zamýšlel dva druhy zásuvných dveří. Posuvnými nebo harmonikovými. Po zkoumání možností jsem se rozhodl pro použití posuvných dveří. Rozhodl jsem se z důvodu lepšího mechanismu a zbytečného zabírání prostoru z důvodu harmonického tvaru. Zároveň zásuvné dveře působí na první pohled jako lepší estetický prvek a bude s nimi lepší manipulace.



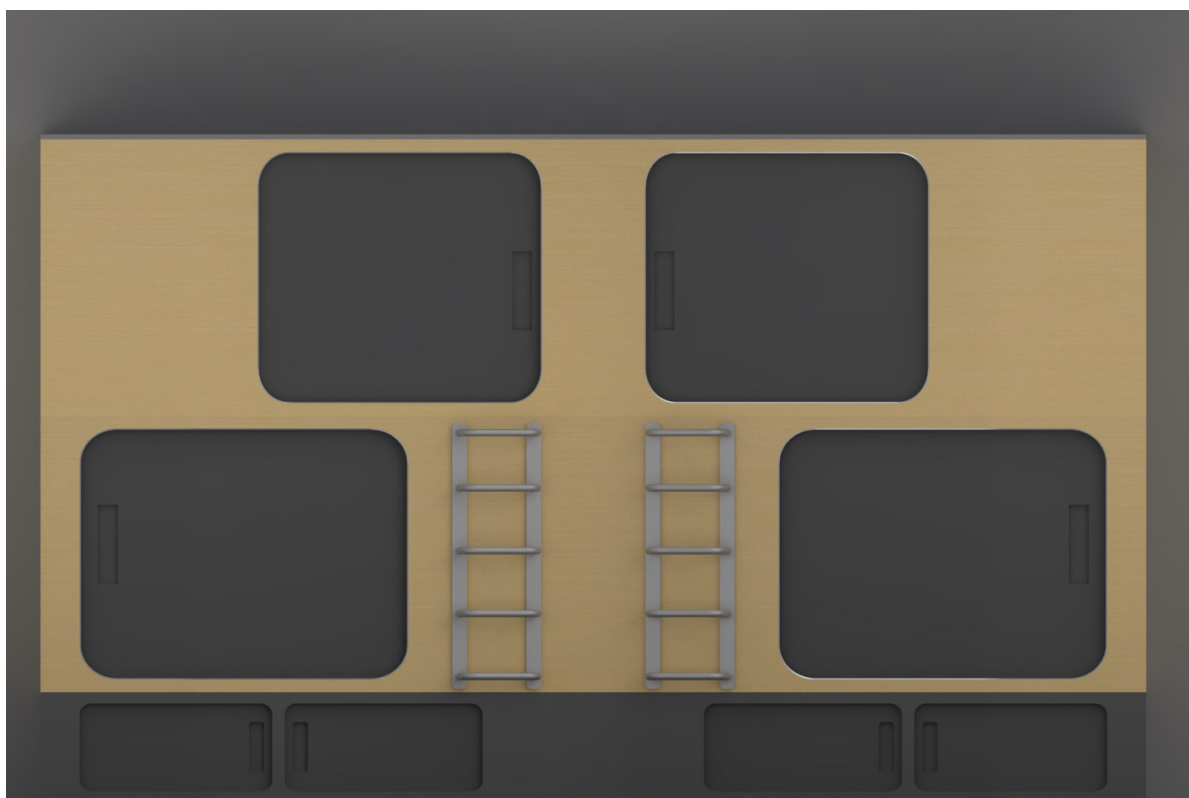
Obrázek 51 - Posuvné dveře. Zdroj: Archiv autora.

5.4 Vizualizace finálního návrhu lůžkového kupé pro elektrické jednotky

Pro vizualizace finálního návrhu jsem využil přídatné modulu V-ray pro Rhino. Výstupní kvalitu obrazu jsem nastavil na 1920 x 1080 Full HD. Zároveň jsem nastavil kvalitu obrazu na Super + pro co nejlepší prokreslení textur a vyniknutí návrhu. Po provedení renderu jsem před uložením obrázku zvolil možnost pro odebrání šumu. Při nastavování jsem využíval základní Generic a Emissive material. Následně pro každou část kupé zvolil jiné specifikace materiálu. Při nastavování jsem si hrál s transparentní a reflektivní vrstvou daného materiálu.



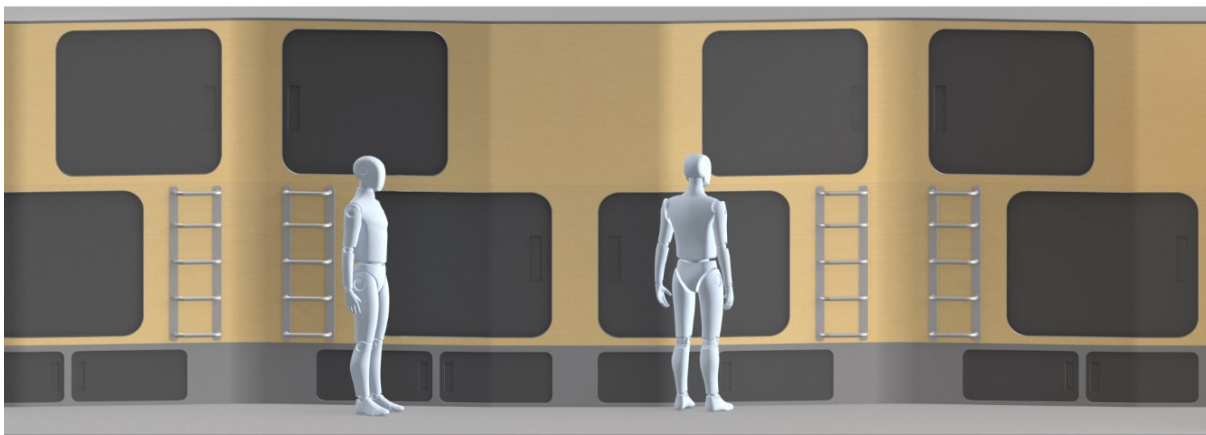
Obrázek 52 – Finální vizualizace: Ukázka kupé v prostoru. Zdroj: Archiv autora.



Obrázek 53 – Přední pohled na kupé. Zdroj: Archiv autora.



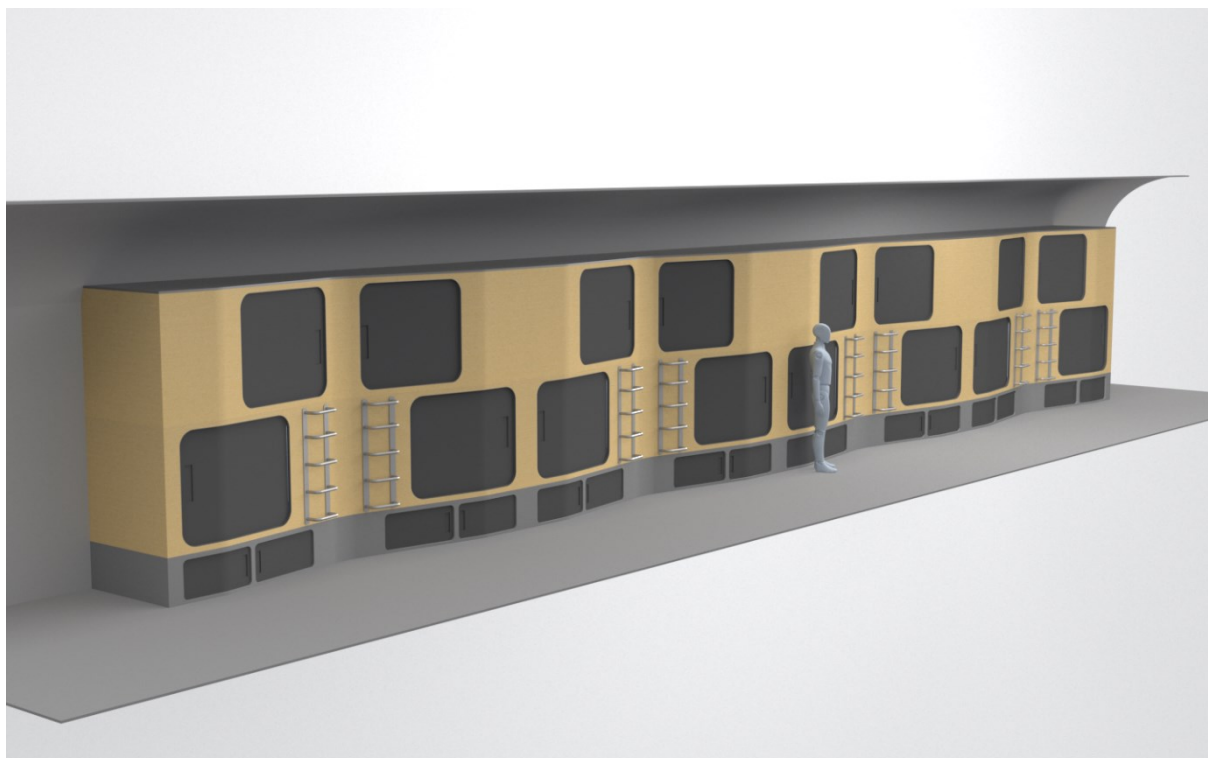
Obrázek 54 - Půdorys kupé v řezu. Zdroj: Archiv autora.



Obrázek 55 - Kupé v perspektivě s postavou. Zdroj. Archiv autora.



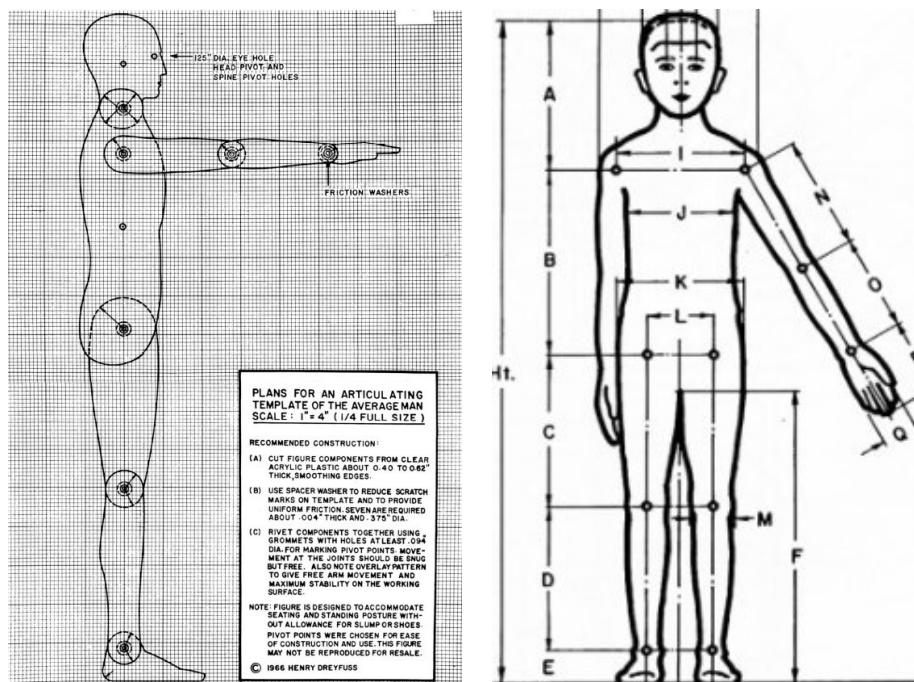
Obrázek 56 - Render prostoru kupé s barevným osvětlením. Zdroj: Archiv autora.



Obrázek 57 - Finální render: Pohled z dálky. Zdroj: Archiv autora

6 SOMATOGRAFICKÁ STUDIE LŮŽKOVÉHO KUPÉ

V této části je provedena somatografická studie finálního návrhu lůžkového kupé s cílem ověřit, zda navržené rozměry odpovídají potřebným ergonomickým normám a jsou pro cestujícího během cesty pohodlné. Pro studii jsem si v programu Rhinoceros 7 vytvořil pomocí křivek postavy z podkladových obrázků od Henryho Dreyfusse. Použil jsem pro to dva pohledy na postavu. Z boku (viz obrázek 58 – Vlevo) a zepředu (viz obrázek 58 – Vpravo).

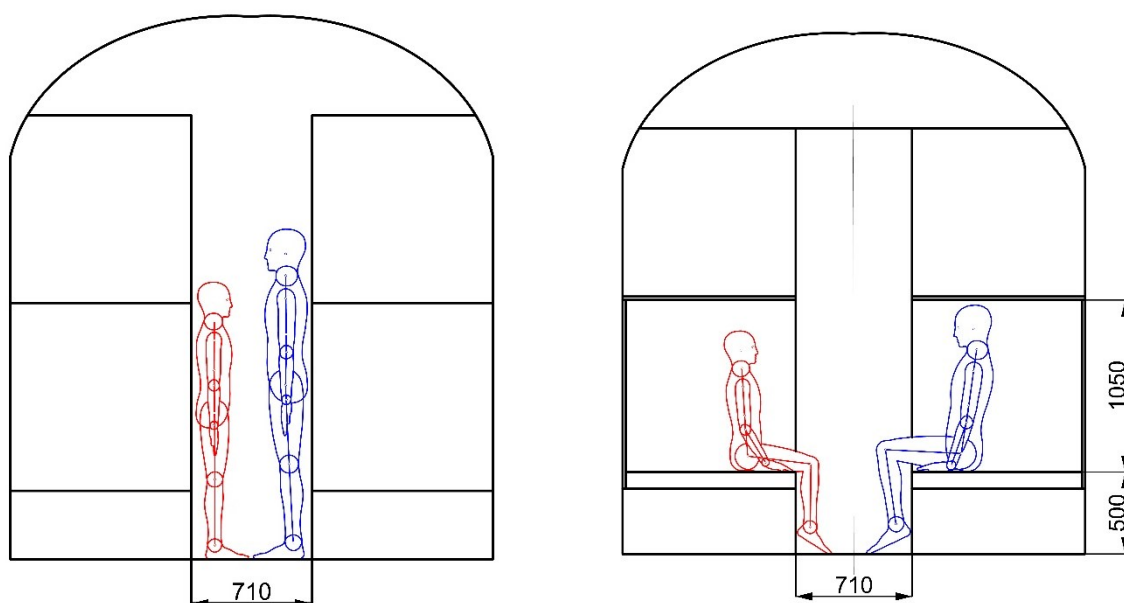


Obrázek 58 – Postavy Henryho Dreyfusse – Vlevo: Postava z boku⁴³ – Vpravo: Postava ze předu⁴⁴

V další části jsem si všechny potřebné zkoumané prvky rozkreslil ve křivkách a vložil postavy ve velikostech velkého muže a malé ženy. Jako první jsem zkoumal prostory uličky kupé (viz obrázek 59 – Vlevo). Ta by dle norem měla mít minimální rozměry 700 mm. V mém případě mi po designu kupé vyšel rozměr 710 mm. Při studii uličky jsem došel k závěru, že nejmenší rozměr uličky je vyhovující, aby se dva lidé v uličce jdoucí proti sobě vyhnuli. Dále jsem zkoumal výšku, ve které by se měla nacházet výška sedadla a prostor nad hlavou (viz obrázek 59 – Vpravo). Ze studie mi vyšly správné rozměry výšky sedu 500 mm a výšku prostoru 1050 mm.

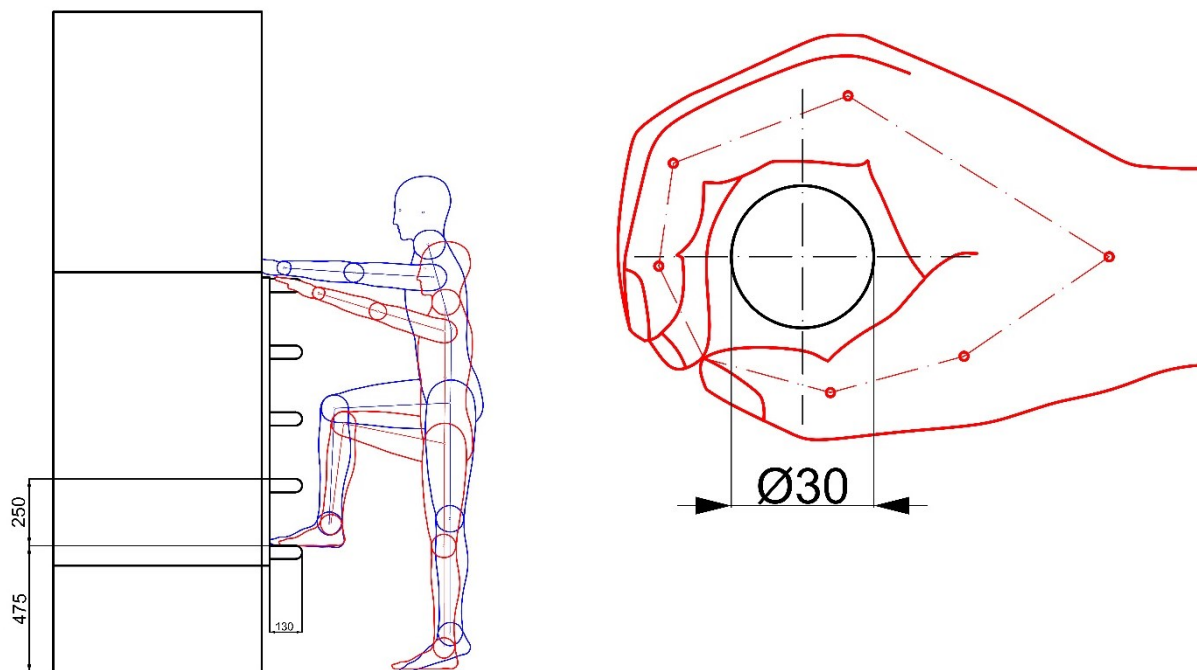
⁴³ Podkladový obrázek Dreyfuss - DREYFUSS, Henry. The Measure of Man: Human Factors in Design. Rev. and exp. 2nd ed. New York: Whitney Library of Design, 1967. ISBN 082307370X.

⁴⁴ WETZEL, J. Designer as Indian Chief and other visions of design legend Henry Dreyfuss [online]. [s.l.]: Medium, [b.r.], [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://medium.com/@jwetzell1/designer-as-indian-chief-and-other-visions-of-design-legend-henry-dreyfuss-6a969f00af73>



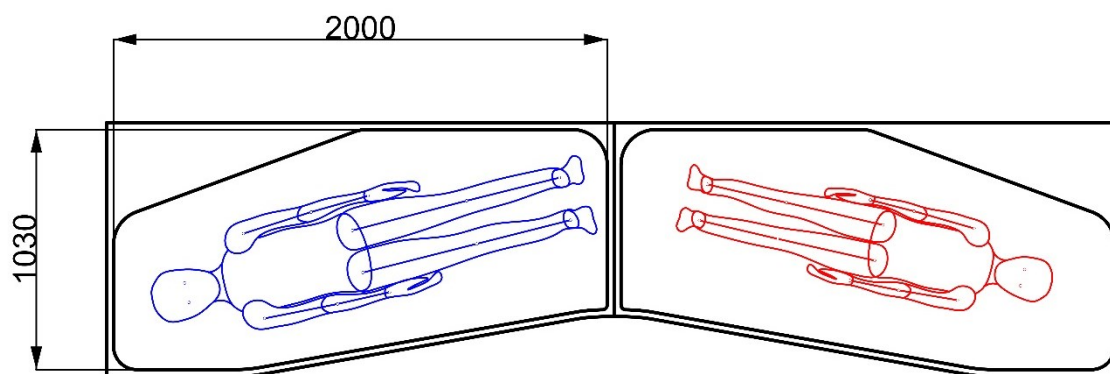
Obrázek 59 – Vlevo: Studie uličky – Vpravo: Studie posedu a výšku kupé. Zdroj: Archiv autora.

Dalším ověřovaným parametrem byly rozměry žebříku pro přístup do druhého patra (viz obrázek 60 – Vlevo). U návrhu jsem vycházel z ergonomických rozměrů dle zmíněných norem v předešlých kapitolách. Zkoumal jsem rozměry jako byly mezery určitými stupínky žebříku, hloubkou schůdku a průměr schůdků. Rozměry trubek jsem zkoumal z důvodu správného úchopu trubky (viz obrázek 60 – Vpravo).



Obrázek 60 – Vlevo: Studie žebříku – Vpravo: Studie úchopu ruky. Zdroj: Archiv autora.

A jako poslední jsem ověřoval rozměry lůžek v kupé. Zde jsem kladl rozměrové požadavky na šířku a délku lůžka. Po provedení studie jsem zjistil že jsou rozměry více než vyhovující a nijak moc neomezí komfort cestujících (viz obrázek 61).



Obrázek 61 – Studie lůžek v kupé. Zdroj: Archiv autora.

7 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabýval návrhem lůžkového kupé pro elektrické kolejové jednotky. Cílem návrhu bylo vytvořit řešení vhodné pro nízkonákladové cestování, s důrazem na funkční design, ergonomii a použití udržitelných materiálů. Pro zpracování návrhu jsem obdržel výkresy lůžkových vozů, které jsem využil jak při skicování, tak při následném modelování návrhu.

Pro lepší pochopení problematiky jsem nejprve provedl rešerši zaměřenou na elektrické kolejové jednotky a lůžkové vozy, se zvláštním důrazem na konstrukční řešení, design, ergonomii, bezpečnostní prvky a možnosti využití udržitelných materiálů v hromadné dopravě. Následně jsem přistoupil k samotnému návrhu. Vzhledem k požadavku na nízkonákladový provoz jsem se rozhodl pro řešení v podobě lůžkových boxů, které představují prostorově nejefektivnější variantu. Interiér těchto boxů zahrnuje pouze nezbytné prvky a je navržen s ohledem na maximální využití dostupného prostoru.

Úložné prostory jsou řešeny prostřednictvím vyvýšeného podlaží pod lůžky. Minimalizací rozměrů kupé bylo možné umístit dvě lůžka nad sebe, čímž došlo ke zvýšení kapacity kupé a snížení nákladů na jedno místo. Materiály použité v návrhu vycházejí z rešeršní části práce. Pro akustickou výplň jsem uvažoval s materiálem Basotect, který je obložen překližkou a doplněn HPL deskami s vysokou odolností vůči poškození a výbornými hygienickými vlastnostmi.

Ergonomické požadavky byly splněny díky provedení somatografické studie, která zajišťuje, že návrh odpovídá potřebným uživatelským podmínkám. Tvar kupé poskytuje funkční plochy a jejich uspořádání zohledňuje požadavky na údržbu a úklid. Zkosení jedné z ploch přispělo ke zvětšení vnitřního prostoru kupé. Navržené řešení může najít uplatnění například u dopravců, kteří hledají ekologickou a ekonomicky úspornou variantu pro noční vlakovou dopravu.

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své rodině, kolegům a přátelům, kteří mě v mém studiu podporovali a stáli při mně. Taktéž bych chtěl poděkovat panu Neničkovi a celé firmě Škoda Transport a.s., za umožnění zpracování daného tématu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

2025 LAB. Vizualizace interiéru noční jednotky Yolochka [online]. 28. 3. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [An Innovative Design for Overnight Train Sleeper Car Cabins - Core77](#)

ANVI TRADE. Altro Transflor Figura [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.anvitrade.cz/katalog/domacnosti/podlahoviny/pvc/altro-transflor-figura-ev>

ARCHIV ČD. Nová třífázová jednotka RegioPanter v Olomouckém kraji [online]. 23. 6. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.ceskedrahy.cz/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/v-olomouckem-kraji-vyjely-prvni-trivozove-jednotky-regiopanter-druhe>

ARCHIV ČD. RegioShark [online]. [online]. © České dráhy, a.s., [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/nase-vlaky/regionalni-vlak-cd/regioshark/-25562/>

BASF. Basotect [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Basotect](#)

BLUE STANDARD. What Are Sustainable Materials and Their Characteristics [online]. 6. 2. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://bluestandardinc.com/blogs/news/what-are-sustainable-materials-and-its-characteristics>

CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU. Bezpečnost dopravy [online]. 2017 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.czrso.cz/letaky/4.pdf>

ČESKÉ DRÁHY. Elektrická jednotka RegioPanter po dualizaci [online]. 2021 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/ceske-drahy-prevzaly-prvni-regiopanter-po-dualizaci-84054/>

DÖRFL, Michal. Konstrukce elektrické jednotky. Bakalářská práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, 2010. Dostupné z: https://issuu.com/michdor/docs/m10_text

E15. Výroba souprav pro Leo Express u největšího vlakového výrobce na světě CRRC [online]. 2021 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/galerie/byznys/doprava-a-logistika/187998/leo-express-ukazal-sve-nove-vlaky-z-ciny-do-ceska-dorazi-v-polovine-roku?foto=1>

FTP PLASTICS. HPL desky. [online]. [s. d.] [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: HPL desky | [HPL desky | FTP Plastics](#)

HELLER, Petr a Josef DOSTÁL. Kolejová vozidla II. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009. ISBN 978-80-7043-641-7.

INDORAMA VENTURES. How Trevira cs works [online]. ©2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [How Trevira CS works](#)

LEO EXPRESS. Elektrická jednotka Leo Express [online]. 2023 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.leoexpress.com/cs/jizdenky-2024-jiz-v-prodeji>

MAŠTALÍŘ, David. Jednotka 471.060 v barvách PID [online]. 2022 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://zdopravy.cz/nejvetsi-soutez-v-historii-ceskych-drah-shani-dvoupodlazni-jednotky-za-42-miliard-korun-132771/>

MINISTERSTVO DOPRAVY. České dráhy oficiálně předaly do provozu nové jednotky [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 9.6.2023 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://md.gov.cz/Media/Media-a-tiskove-zpravy/Ceske-drahy-oficialne-predaly-do-provozu-nove-jedn>

Nařízení vlády č. 70/2002 Sb., Nařízení vlády o technických požadavcích na zařízení pro dopravu osob [online]. 2002 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/print/cs/2002-70/zneni-20040501.htm?sil=1>

ÖBB. Vlak Nightjet pod Alpami [online]. 16. 5. 2019 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://life.forbes.cz/hotely-na-kolejich-kam-vyrazit-luzkovymi-vlaky-z-ceska/>

Podkladový obrázek Dreyfuss - DREYFUSS, Henry. The Measure of Man: Human Factors in Design. Rev. and exp. 2nd ed. New York: Whitney Library of Design, 1967. ISBN 082307370X.

QIANG, Shi. This hammer will hurt them [online]. 4. 12. 2013 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [This Hammer Will Hurt 'Em - Yanko Design](#)

REGIOJET. Elektrická jednotka RegioJet [online]. 5. 3. 2021 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Přetahovaná o cestující pokračuje. Který vlak zvítězí? - Aktuálně.cz](#)

SANG-EON Lee & Yeong-ho Yoon. BREATH EASY [online]. 28. 9. 2011 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Breathe Easy - Yanko Design](#)

SCHENK, Helen. Rail Europe [online]. 26. 4. 2024 [cit. 4.5 2025]. Dostupné z: [Migliora la tua vacanza con i viaggi Frecciarossa di Trenitalia](#)

SMITH, Mark. Nightjet sleeper train [online]. [s.d.] [cit.4. 5. 2025]. Dostupné z: [A guide to the new generation Nightjet sleeper trains](#)

SNCF VOYAGEURS. Interiér TGV M. [online]. 11. 3. 2025 [cit. 4. 5. 2025]. Dostupné z: [Dvoupodlažní bistro a 399 dalších změn. Jak bude vypadat interiér nového rychlovlaku TGV - Zdopravy.cz](#)

ŠKODA GROUP. Koncept Sleep in Motion [online]. 3. 11. 2024 [cit.4. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/takhle-budeme-cestovat-v-nocnich-vlakich-koncept-sleep-in-motion-od-skody-je-jako-hotel-na-kolejich-1419733>

ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Technický výkres lůžkového vozu – European Sleeper, verze 3. Plzeň: Škoda Transportation, 2022. Interní dokumentace. Nezveřejněno.

ŠKODA TRANSPORTATION. RegioPanter [online]. 2019 [cit. 1.5.2025]. Dostupné z: <https://dopravacek.eu/2019/12/14/nove-elektricke-jednotky-pro-jihomoravsky-kraj-doda-skoda-transportation/>

ŠMÍD, Miroslav. Ergonomické parametry. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977

UIC. Special design and fittings features of vehicles accepted for use in international passenger night traffic [online]. 3. vyd. Paris: UIC, 2003 [cit. 10. 5. 2025]. Dostupné z: <https://es.scribd.com/document/658770893/UIC-565-1Special-design-and-fittings-features-of-vehicles>

UIC. UIC 565-1: Special design and fittings features of vehicles. [online]. Paris: International Union of Railways, [cit. 11. 5. 2025]. Dostupné z: <https://es.scribd.com/document/658770893/UIC-565-1Special-design-and-fittings-features-of-vehicles>

UIC. UIC 565-3 OR: Coach layout for disabled passengers with wheelchairs. [online]. Paris: International Union of Railways, [cit. 11. 5. 2025]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/658770897/UIC-565-3-OR-Coach-Layout-for-Disabled-Passengers-with-Wh-1>

WETZEL, J. Designer as Indian Chief and other visions of design legend Henry Dreyfuss [online]. [s.l.]: Medium, [b.r.], [cit. 2025-05-11]. Dostupné z: <https://medium.com/@jwetz1/designer-as-indian-chief-and-other-visions-of-design-legend-henry-dreyfuss-6a969f00af73>

ZLÁMAL, Martin. Odstraňování vegetace ohrožující bezpečnost železničního provozu v ochranném pásmu dráhy. Online, Bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012 [cit. 2025-05-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/94766>.

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ PRO VYTVÁŘENÍ

Procreate

Rhinoceros 7

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Výkres sestavy.

Příloha B: Dílenský výkres.