



## **Středoškolská technika 2015**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **Historická tramvaj RINGHOFFER**

**Josef Rozsypal**

Střední průmyslová škola strojnická

Tř. 17.listopadu, 49, Olomouc

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (prameny, literaturu) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.*

*Dále prohlašuji, že tištěná a elektronická verze práce jsou totožné.*

V Olomouci dne ..... podpis: .....

## **Poděkování.**

Chtěl bych velmi poděkovat za vytrvalou a obětavou pomoc konzultantovi projektu panu Ondřeji "Mikimu" Píchovi-údržbáři historického vozu č. 223 a zaměstnanci DPMO, p. Ing. Miroslavovi Nedvědovi-vedoucímu údržby tramvají v DPMO a celému učitelskému kolektivu ze SPŠ Strojnické v Olomouci za podporu a obětavou pomoc.

Další poděkování za spolupráci a cenné informace patří kolektivu opravářů z vozovny Střešovice při dopravním podniku hl. města Prahy, za KOS- p. Ing. Miroslavu Ballayovi a p. Ing. Davidu Štaiglovi a za Technické muzeum v Brně panu Ing. Tomáši Kocmanovi

## **Anotace**

Tématem práce bylo zpracování repase historické tramvaje Ringhoffer olomouckého dopravního podniku. Repase byla popsána v jednotlivých kapitolách a vybrané úkony byly doplněny fotkami stavu vozidla před repasí a po ní. Každá část vozidla byla též porovnána s 3D modelem tramvaje, který plně odpovídá skutečnému vozu. Součástí práce je i návrh nové ozubené převodovky a přibližný rozpočet repase.

### **Klíčová slova:**

renovace, historická tramvaj, rám, nápravy, brzdy, pluhy, dokumentace, návrhy, vyrobit, montáž

## **Annotation**

The topic of my work is a reconstruction of the historical tram Ringhoffer from Olomouc public transport system. The reconstruction is described in individual parts of the work and chosen tasks include photographs presenting the historical tram before and after the reconstruction. Every part of the vehicle was compared with a realistic 3D model of the original tram. 3D model was made in Autodesk Inventor 2015. My work includes a calculation of a new gearbox and an approximate budget of the reconstruction.

### **Key words.**

renovation, historical tram, frame, axles, brakes, plows, draft, documentation, product, assembly

# Obsah

Obsah .....	6
1 Historie .....	9
1.1 Ringhofferovy závody .....	9
1.2 Historie tramvají Ringhoffer .....	10
1.3 Historie vozu č. 223 .....	11
2 Repase vozidla.....	12
2.1 Repase a kontrola rámu vozidla.....	12
2.2 Repase náprav .....	19
2.2.1 Základní části nápravy .....	20
2.2.2 Repase náprav .....	21
2.3 Repase odpružení vozidla .....	29
2.3.1 Odpružení historické tramvaje Ringhoffer .....	29
2.3.2 Repase pružin .....	32
2.4 Repase odporníků .....	34
2.4.1 Odporníky .....	34
2.4.2 Repase odporníků.....	37
2.5 Zabezpečovací zařízení.....	38
2.5.1 Smysl zabezpečovacích zařízení.....	38
2.5.2 Repase pluhu, čelní zábrany a táhel .....	38
2.6 Mechanické brzdy.....	43
2.6.1 Brzdy .....	43
2.6.2 Mechanické brzdy .....	44
2.6.3 Repase mechanických brzd.....	46
3 Návrh a výpočet nového čelního ozubení a pastorku.....	51
4 Ekonomická rozvaha opravy .....	53

Závěr .....	54
Seznam zdrojů .....	55
Seznam obrázků.....	56
Přílohy.....	58

## Slovo úvodem

Pro svoji práci jsem si vybral téma rekonstrukce historického vozu tramvaje Ringhoffer - konkrétně olomouckého historického vozu číslo 223. Tento vůz je trvale deponován v místní olomoucké vozovně a občas jej můžeme vidět na místní tramvajové trati při komerčních nebo i veřejných jízdách.

Důvodem zpracování této práce je můj dlouhodobý zájem o traťová vozidla, zejména o tramvajové vozy. Jedná se též o splnění mého osobního snu.

Cílem práce je zdokumentovat postup rekonstrukce a její výsledek zachytit na digitálním 3D modelu podvozku, zpracovaném v programu Autodesk Inventor 2015. Součástí práce bude fotodokumentace dokumentující samotnou rekonstrukci, stav vozidla před opravou a po opravě. Následuje návrh a výpočet nového ozubení převodovky, které nahradí stávající opotřeбенé, kontrola a repase nosných prvků vozu, repase mechanických brzd a repase rámu vozu včetně kontroly, zda není rám zdeformován.

V teoretické části práce jsem zdokumentoval a vytvořil 3D model rámu včetně náprav a dalších komponent. V praktické části se budu zabývat opravou samotné spodní části vozidla a popíši postup její repase. Součástí práce bude též i orientační ekonomický návrh opravy spodní části vozidla.



# 1 Historie

## 1.1 Ringhofferovy závody

Historie této firmy sahá až do poloviny 18. Století, kdy do Prahy přišel František Ringhoffer z Uher. Přišel chudý a jedna z mála věcí, kterou uměl, byla výroba kotlů. Proto také složil mistrovskou zkoušku z výroby varných kotlů a pronajal si malou dílnu na pražském Starém Městě. Zde vyráběl varné kotle, které byly určeny pro pivovary. v roce 1807 František Ringhoffer umírá a jeho následovníkem se stává jeho jediný syn – Josef. Ten během svého života rozšířil firmu i mimo Prahu. Tento krok mu umožnil rozšířit výrobu a od této chvíle vyráběl větší kotle pro cukrovary, lihovary a pivovary. Za kvalitu výrobků byl oceněn samotným císařem. Následovníkem Josefa se stal syn František (II.). Ten rozšířil výrobu a v roce 1848 dosáhl Zemského práva továrního, díky němuž mohl rozšířit výrobu a v roce 1852 zřídil továrnu na pražském Smíchově, kde vedle kovárny, kotlární a truhlárny od roku 1853 zde byla zřízena i slévárna a od 1855 i pivovarské oddělení. Avšak největší slávu přinesla ringhofferovým závodům výroba železničních vagonů. První vůz, který opustil závod, byl vyroben v roce 1854. Zajímavostí je, jak byl na dnešní Masarykovo nádraží dopraven. Bylo to pomocí speciálního valníku o šesti kolech s gumovou obručí a čtyřspřežím, které tvořilo osm statných valachů. Avšak problém nastal již při nakládání vozu, kdy čtyři až pět sehraných mužů pomocí klínů, sochorů a navijáků dostalo vůz na valník. Poté byl valník i s vagonem odtažen pražskými ulicemi až k samotnému nádraží, odkud již vedla železniční trať. v roce 1857 začaly závody vyrábět lokomotivní tendry a šest let poté byl vyroben i první osobní vůz. v této době také byl zřízen pro zaměstnance penzijní fond a nemocenská pokladna, což tehdy nenařizoval žádný zákon a nebývalo to ani příliš zvykem. Za toto vše byl majitel firmy vyznamenán rytířským řádem Františka Josefa I. a řádem železné koruny II. třídy. v této době firma zaměstnávala na 2200 lidí. po smrti majitele přebírá závody jeho syn František (IV.). v tomto období firma dále vzkvétala a ke konci 19. století zde bylo zaměstnáno přibližně 4 400 lidí. Jen během let 1874-1880 firma vyrobila 4 225 vagonů a díky tomu v tomto období patří ke světové špičce výrobců železničních vozů na světě. Zlomový okamžik nastal v roce 1897, kdy firma dodala pro Prahu první tramvaj. Od této doby se zde tramvaje vyráběly až do 90. let 20. století. Během první poloviny 20. století zde výroba probíhala v podobném stylu jako dříve. Bohužel, změna přišla po okupaci Československa v roce 1939, kdy se zde začal ve výrobě prosazovat zbrojní průmysl. To již držel otěže vedení firmy Hanuš Ringhoffer, který se nechal



i se svojí rodinou zapsat do NSDAP, i když jej během války vyloučily (čestný legionář spolupracující s nacisty jen kvůli udržení výroby v závodech). Bohužel, jak se již po válce ukázalo, tento krok byl zlomový a Hanuš byl donucen i s rodinou odejít z Prahy do Rakouska. Po roce 1948 byla firma přejmenována na Tatra n.p. závod Smíchov a v roce 1963 na ČKD Praha, závod Tatra Smíchov. Za zmínku také stojí, že se zde od 60. let 20. stol. vyráběli nejrozšířenější tramvaje na světě- vozy T3 včetně různých modifikací. Dalším mezníkem bylo zrušení závodů na Smíchově a jejich přesunutí na pražský Zličín. Bohužel, ani tento krok nezachránil firmu ČKD před bankrotem, který nastal po jejím vytunelování a následném nepovedeném prodeji. Tímto se přestala psát historie firmy, která se může chlubit statusem: "Největší výrobce tramvajů na světě".<sup>1</sup>

## 1.2 Historie tramvajů Ringhoffer

Historie výroby tramvajů v Ringhofferových závodech sahá do roku 1897, kdy byl vyroben první kus pro Pražské Olšanské dráhy. v této době byl vývoj a samotná výroba tramvajů v plenkách. Koncepce všech vozů byla velmi podobná, nanejvýš se lišila v uchycení náprav, popřípadě podvozku k rámu, tvaru kastle a uspořádání interiéru. Zajímavostí z této etapy vývoje je, že se tramvaje neoznačovaly typovými názvy, jako tomu bylo později (např. T1). U každého vozu byl znám výrobce a rok výroby. Většina vozidel vyrobených v této době byla stavěna jako obousměrná, protože na konečných nebyly točny, nýbrž úvratě a vratné trojúhelníky. Stavba točen započala až s příchodem jednosměrných vozů koncepce PCC, jež první zástupce byl značen T1.

První vůz, podobný olomouckému vozu č. 223, spatřil světlo světa v roce 1905. Architektem těchto vozů, určených primárně pro pražský provoz, byl brněnský rodák p. Kotěra, který design vozu navrhnul v secesním stylu. Tato podoba dodala těmto vozům charakteristické rysy, které ji, dle mého názoru, učinily velikánem mezi ostatními vozy, protože se zde kloubí skvělé technické zpracování s ještě lepším provedením. Mezi charakteristické rysy stojí za zmínku oblé tvary čelních partií s předním oknem, které je předsazené před poprsnici, nebo ozobení meziokenního prostoru, dveří a střechy. Nejvíce architektonicky povedená byla první série vozů, jež byla značena evidenčními čísly 178 až 347. Tato dodávka probíhala v letech 1905-1910. Další velké dodávky tohoto typu probíhaly okolo roku 1923 v počtu 30 kusů. Evidenčně označeny byly čísla 419-448.

---

<sup>1</sup> Ringhofferovy závody (ČKD Tatra Smíchov). *smichov.blok.cz*. [Online] 1. 1 2013. [Citace: 14. 1 2015.], Dostupné na URL: <http://smichov.blog.cz/0608/ringhofferovy-zavody-ckd-tatra-smichov>

Závěrečné dodávky mířily také do Prahy a probíhaly v letech 1927 až 1933. Tato série byla rozčleněna do několika početných etap. Byla označena ev. čísly 2051-2317. v této sérii byla vyrobena i naše historická tramvaj č. 223. Za zmínku též stojí, že některé vozy již byly opatřeny i elektromagnetickou kolejovou brzdou, která byla umístěna pod odporníky a napomáhala tak bezpečnosti v provozu. Touto zakázkou skončila i výroba těchto vozů. Psal se rok 1933.<sup>2</sup>

### 1.3 Historie vozu č. 223

Historie tramvajového vozu evidenčního čísla 223 sahá do roku 1930, kdy opustila brány závodu v pražském Smíchově a připojila se k rozsáhlé flotile těchto vozů, které již vlastnila Pražské Elektrické dráhy. Po pražských ulicích se elektrický motorový vůz ev.č. 2238 proháněl až do roku 1974, kdy byl vyřazen a předán do Olomouce. Původně náš vůz nesl evidenční číslo 2238, které dokládá jednak nejnovější serii dodávek do Prahy, ale také má spojitost s dnešním ev. číslem, jež vzniklo umazáním čísla 8 a vzniklo tak 223.

Od roku 1975 až do dlouhodobého odstavení v 80. letech čekala na vůz jedna z nejtěžších zkoušek-vůz byl předělán na služební vozidlo, což sebou přinášelo mnoho změn a zásahů. Mezi nejzásadnější patří odstranění přepážek v prostoru mezi řidičem a kabinou pro cestující, úprava osvětlení interiéru a instalace stojanů pro svařovací soupravu.

Doslova záchranou pro náš vůz byly oslavy 90. let provozu tramvají v Olomouci. Před nimi se rozhodlo o využití tramvaje jako historického vozidla. Následovaly kroky, během nichž tramvaj dostávala svůj původní ráz a ještě před samotnými oslavami vyjela na svoji 1. cestu v podobě historického vozidla. Doprovázel ji přitom vlečný vůz ev. č. 99.

V roce 1996 byla tramvaj vyhlášena kulturní památkou a o 13 roků později prošla generální opravou, jež zasáhla celý vůz včetně rámu, interiéru a náprav.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> **KOCMAN, Tomáš.** *Historická vozidla MHD ve sbírce Technického muzea v Brně.*, Brno : Technické muzeum, 2009. str. 150-151. 978-80-86413-60-0.

<sup>3</sup> **Pícha, Ondřej.** o tramvaji č.223. *Historická vozidla DPMO.* [Online] DPMO. [Citace: 17. 3 2015.] <http://dpmo.cz/default.asp?str=sbirka-tramvaj-223&str2=sbirka>

## 2 Repase vozidla

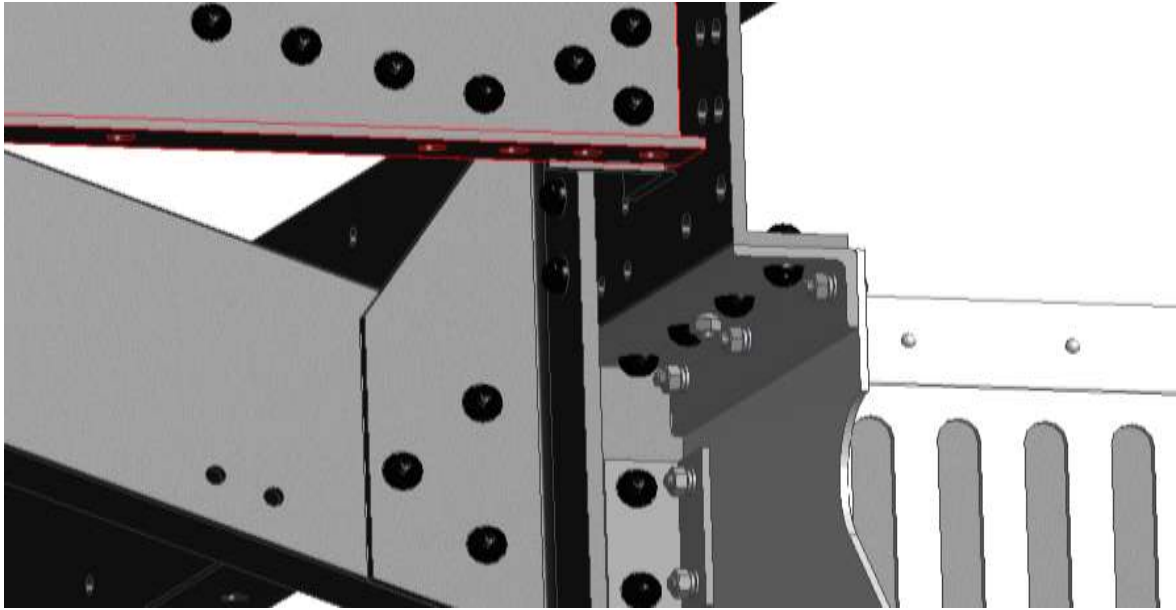
### 2.1 Repase a kontrola rámu vozidla

#### Konstrukce rámu

Spodní část vozidla je tvořena nosným rámem, který tvoří základní prvek celého vozu. Celý rám je tvořen profily různých typů a velikostí, které jsou k sobě přichyceny nýtovanými a šroubovými spoji. V dnešní době se používají svařované kostry z profilů, avšak v období výroby tramvaje Ringhoffer se tato metoda využívala velmi zřídka a také její úroveň se nacházela téměř v samotném počátku. Nýtovaný spoj je tvořen spojovanými součástmi a válcovým nýtem, který je zakončen kulovou hlavou. Nýtovat je možné dvěma druhy-přímým a nepřímým. Výhodami tohoto spojení je, že oblast spoje není tepelně ovlivněna jako při svařování. Nevýhodou spoje je pracnost spojení a cena. Pracnost spoje spočívá v nutnosti použít větší počet nýtů. U tohoto rámu byly nejdůležitější nýty instalovány za tepla- po nahřání na vysokou teplotu a následným rozklepáním. Po zchlazení materiálu nýty zmenšily svoji délku a „přitáhly“ profily větší silou k sobě.



Obrázek 1: Detail nýtovaného spoje skutečného rámu



Obrázek 2: Detail nýťovaného spoje v 3D modelu

V prostřední části rámu se nachází vodící kluzné lyžiny, mezi nimiž bude uchycena náprava. Lyžiny tak budou sloužit jako základ pro pružné upevnění vozu k nápravám. Tvoří je obdélníkové profily rozvětvené na dvě části a to proto, aby byl nosník zatížen na delší ploše a docházelo tak k menšímu namáhání spojů u rámu. Kromě několika výjimek je celý uzel nýťován.

Uprostřed rámu se nachází hlavní spojení, které je tvořeno L a U profily. Tyto profily jsou základem pro uchycení mechanických brzd. Tento uzel tvoří středový čep, který je nejvíce namáhanou součástí. Boční úchyt pro táhlo a dvojice podpor pro táhla jsou opatřeny pohyblivými rolíčkami. Uspořádání tohoto konstrukčního uzlu ukazují obrázky číslo 3. a 4.



Obrázek 3: Detail křížového spoje na 3D modelu



**Obrázek 4: Detail křížového spoje před repasí na skutečném vozidle**

Dále se zde nachází profily pro uchycení odporníků a také otvory pro uchycení koníků určených k uchycení pružin pro odpružení vozidla. Přes celou střední část jsou nataženy dvě kruhové tyče, které jsou v polovině rámu rozříznuty a ukončeny závitem. Staženy k sobě jsou závitovou spojkou a jejich hlavním úkolem je "předpínat" rám, aby nedošlo k jeho ohnutí.

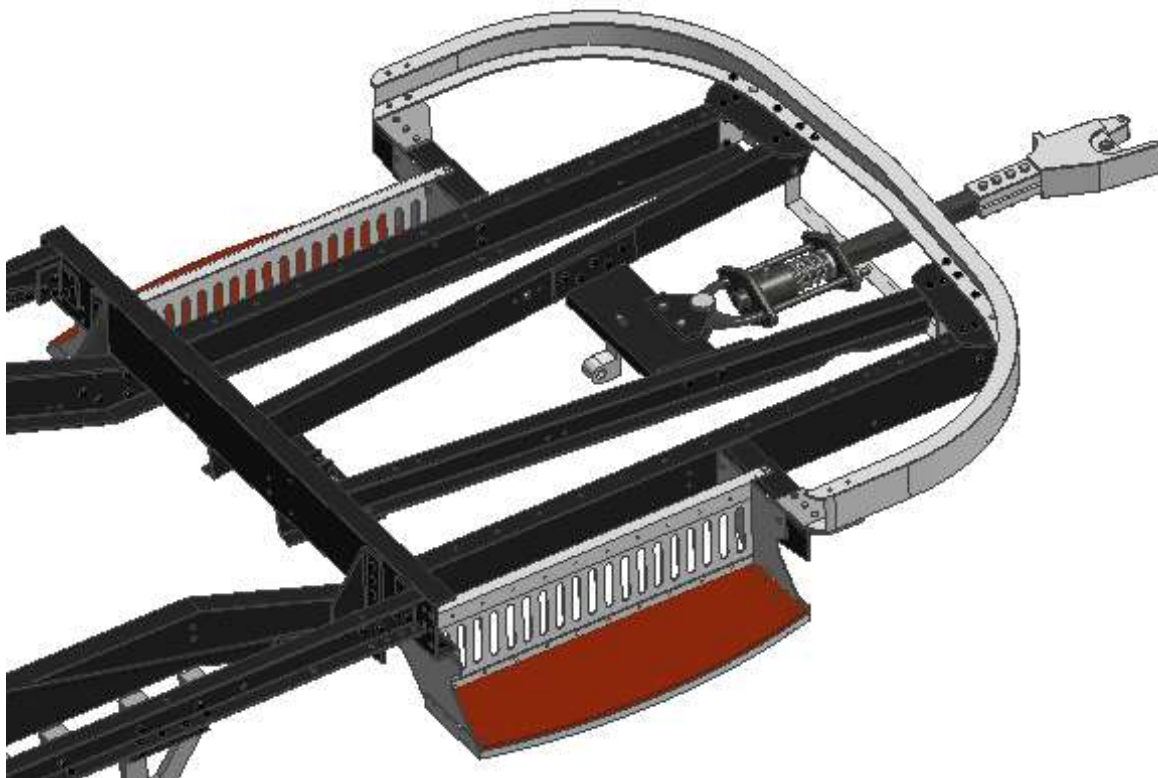


**Obrázek 5: Detail střední části rámu na 3D modelu**



Obrázek 6: stav rámu skutečného rámu po repasi

Okrajové části jsou předsunuty před nápravy a jsou uchyceny k hlavním "U" profilům. v této části nalezneme schody usnadňující nástup do vozidla, úchyty pro další komponenty a také rám pro uchycení tažného zařízení (lidově "spřáhla").



Obrázek 7: Krajní část rámu vozu ve 3D modelu

### Repase rámu

Rám vozu bylo zapotřebí nejprve zbavit nečistot, barvy a nánosů starých maziv. Pro tyto operace byla použita odmašťovadla a pískový tryskač. V dalším kroku proběhla kontrola rámu na zkřivení nosných konstrukcí (tramvaj byla poškozena během dopravní nehody) a rovinnost jednotlivých částí. Poté bylo zapotřebí zkontrolovat jednotlivé nýtové spoje a profily, zda některý z nich není zdeformován nebo porušen. V případě potřeby musel být nahrazen novým. Dalším prvkem, který musel projít kontrolou, byla rovnoběžnost a kolmost kluzných lyžin vůči celému nosnému rámu. Také se zde prováděla kontrola opotřebení kluzných lišt, protože patří k jednomu z nejvíce namáhaných dílců na voze.



**Obrázek 8: Oprava poškození profilu na skutečném rámu**

Po rozsáhlé kontrole a výměně poškozených dílů přichází na řadu moření rámu v lázni, díky níž připravíme povrch k nanášení povrchových nátěrů. Pro základní nátěr použijeme jednosložkovou barvu, která bude tvořit základní nátěr, jehož funkcí je ochránit kov před korozi. Pokud kvalita nevyhovuje nebo tloušťka nátěru je nedostatečná, musí se celý proces opakovat. Na základní nátěr přijde finální vrstva, která plní funkci estetickou a zároveň tvoří ochranný faktor před atmosférickými a chemickými vlivy, které na vozidlo v průběhu provozu působí.



**Obrázek 9: Spřáhlo ze skutečného vozu před repasí**

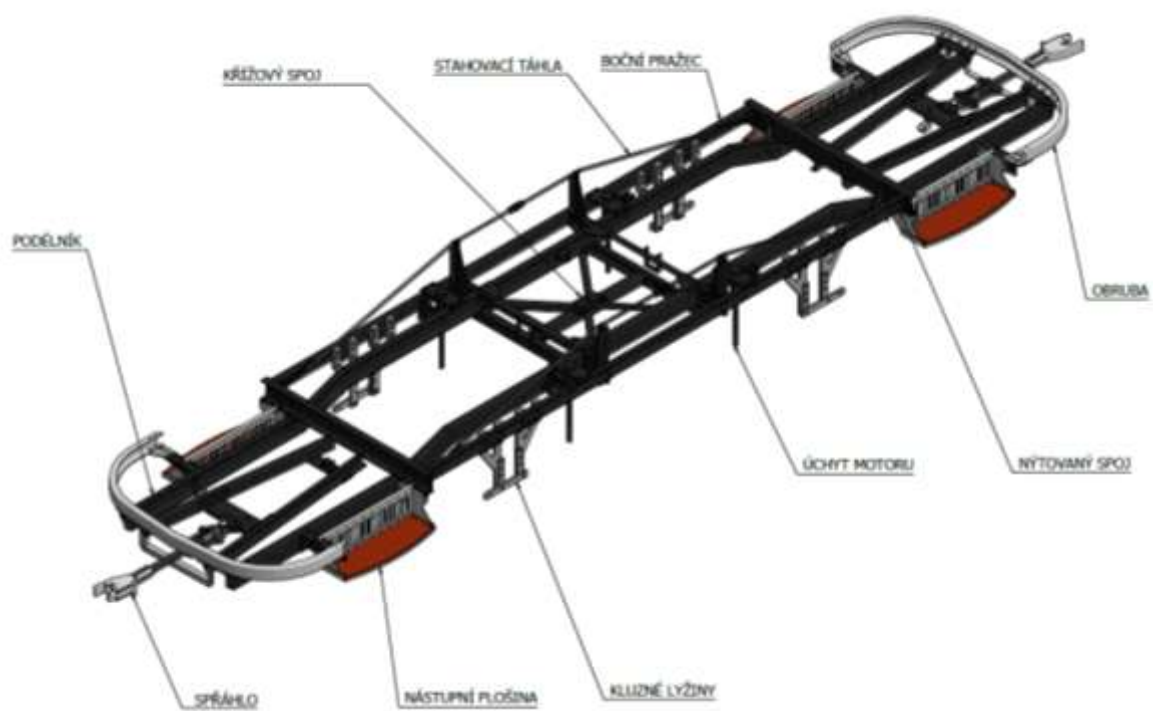


**Obrázek 10: Spřáhlo ve 3D modelu**





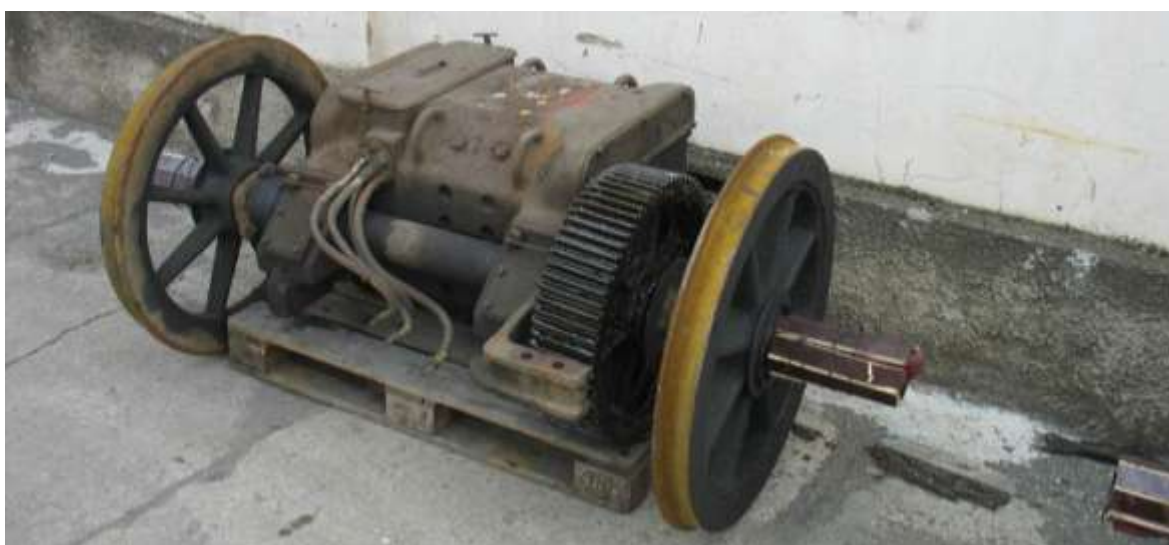
Obrázek 11: Spřáhlo po repasi během posunu na skutečném voze



Obrázek 12: Popis rámu historického vozu č. 223 ve 3D modelu

## 2.2 Repase náprav

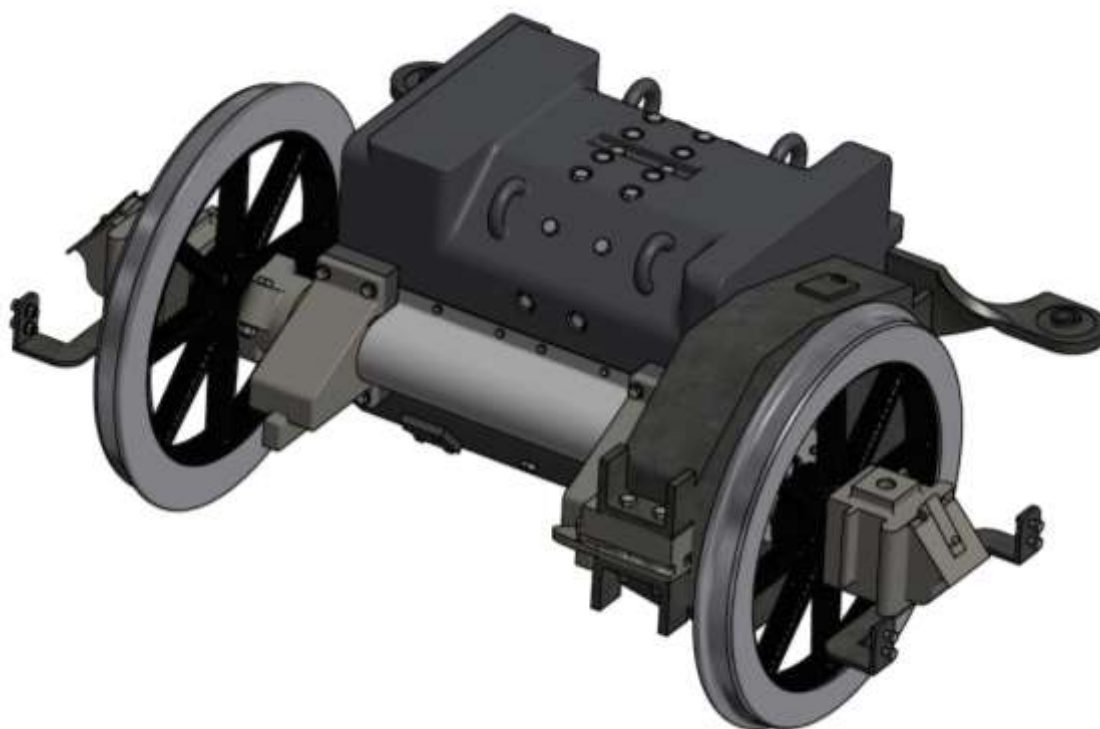
Náprava je základem hnacího ústrojí a tvoří hlavní spojení rámu s povrchem koleje. V dnešní době se tato metoda uchycení hnacího ústrojí nepoužívá. S nástupem vozů T1 začala éra vozů s podvozkem uloženým na pohyblivém čepu. Čep je vsunut do podvozku, konkrétně do nosného lože. Podvozek tak tvoří samostatnou jednotku. Výhodou této koncepce je pohodlnější a rychlejší průjezd zatáčkami a pohodlnější jízda po nerovnostech, a to díky sekundárnímu odpružení. Nevýhodou je větší počet kol (většinou 8) a také vyšší hmotnost. Uchycení podvozku historické tramvaje Ringhoffer je založeno na pružném zavěšení rámu na nápravě. Výhodou je menší počet kol a menší váha vozidla. Nevýhodou je špatné odpružení vozu a také složité oddělování rámu od nápravy při opravách.



Obrázek 13: Skutečná náprava před repasí



Obrázek 14: Stav skutečné nápravy po repasí



Obrázek 15: Náprava ve 3D modelu

### 2.2.1 Základní části nápravy

Náprava se skládá z několika částí. Nejvíce prostoru zaujímá motor, který má výkon 45 kW. Během postupných modernizací bývaly motory nahrazovány výkonnějšími s výkonem 60 kW, což se ale nedotklo tohoto vozu. Dále je na nápravě jednostupňová převodovka. Z počátku výroby byla tvořena přímým ozubením, avšak z důvodu neklidného rozjezdu a přílišného hluku byla časem vyměněna za ozubení s šikmými zuby. Převodovka je zakryta svařenými plechy, přičemž spodní část funguje jako olejová vana. Olej slouží k mazání ozubení tak, aby docházelo k co nejmenšímu tření a ozubení mělo delší životnost. Dále na nápravě nalezneme hnací hřídel s hřídelovými čepy pro uložení do ložisek, mazací bloky a dvojici kol o jmenovitém průměru 860 mm. Během provozu vozidla se vlivem opotřebení tento rozměr zmenšuje a hraniční rozměr pro kola je průměr 780 mm. Samotné kolo se skládá ze dvou částí-z náboje s loukotěmi a hnacím kruhem a obruče. Na hřídelové čepy jsou nasunuty ustavovací ložiskové domky, které se pohybují v kluzných lyžinách uchycených k rámu. Na opačné straně motoru je uchycena zkroucená ocelová deska, do které přijdou uchytit ustavovací šrouby pro motor a zároveň budou sloužit i jako vedení odpružení motoru.

## 2.2.2 Repase náprav

Po oddělení nápravy od rámu se nejprve sejmuly domky s kluznými ložisky a hřídelové čepy se očistily. Dalším krokem bylo sejmutí olejové vany z převodovky, abychom dostali volný přístup k ozubenému převodu. Poté se odšrouboval krycí plech a úchyty hřídele k motoru včetně kluzných ložisek. Na závěr následovalo oddělení motoru od ostatních částí nápravy.



Obrázek 16: Detail demontované nápravy v 3D modelu

Po oddělení a očištění motorů od nánosů starých maziv a nečistot byly motory odeslány na železničním vagonu do Nymburku u Prahy, kde proběhla jejich generální oprava. Proběhla zde výměna hnacích hřídelí včetně pastorků a převinutí stacionárních i pohyblivých cívek. Také byla provedena výměna ložisek.



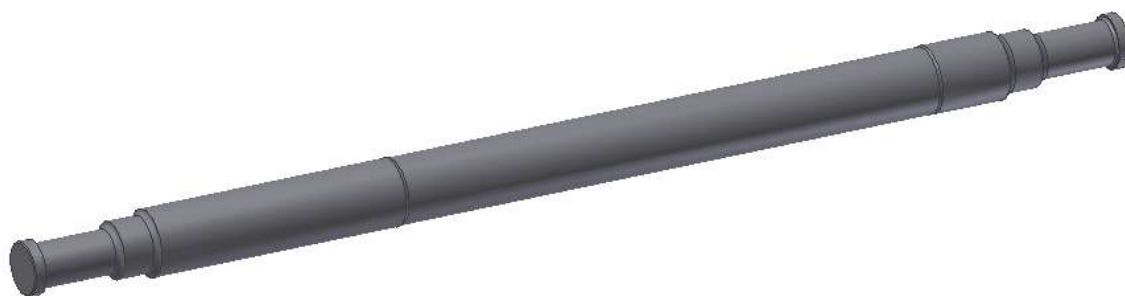
Obrázek 17: Rotor skutečného hnacího motoru

Ú=



Obrázek 18: Motor historické vozu ve 3D modelu

Po kompletním odstrojení hnaných částí (kola, ozubené kolo) následovala kontrola hřídelí. Kontrolovala se obvodová a čelní házivost, prohnutí hřídelí a případné poškození vlivem špatného mazání v kluzných ložiscích. Součástí kontroly byla i kontrola hřídele ultrazvukem, zda se v materiálu nenachází skryté trhliny nebo jiné porušení materiálu.



Obrázek 19: Hřídel nápravy ve 3D modelu



Ozubené kolo bylo z důvodu velkého opotřebení vyřazeno. Bylo nahrazeno novým, jehož výpočet a návrh je rovněž součástí této práce. Dalším dílcem, který prošel repasí, byly kola. Kola se skládají z nábojů a obručí. Obruče byly na náboje, respektive na unášivý kruh nalisovány s přesahem za tepla. Díky tomuto spoji bylo dosaženo velmi pevného spojení, které drží při sobě veliké třecí síly. Výhodou tohoto spojení je jednoduchost a rychlost. Nevýhodou této operace je náročnost ohřevu obruče na velmi vysokou teplotu a hluboké zmrazení opačného dílce-náboje. Během repase se nejprve rozřízla rozbrušovacím kotoučem obruč. Tu bylo zapotřebí z důvodu velkého opotřebení provozem vozidla vyrobit novou. Následně se provedla vizuální kontrola, kontrola kolmosti a obvodové a čelní házivosti. Celý dílec se očistil od nečistot a koroze a provedla se obnova povrchového nátěru. Na závěr se pak na loukoťovou část kola s nábojem za tepla nalisovala obruč.



Obrázek 20: Detail rozříznuté obruče kola ve skutečnosti



Obrázek 21: Detail nové obruče ve 3D modelu



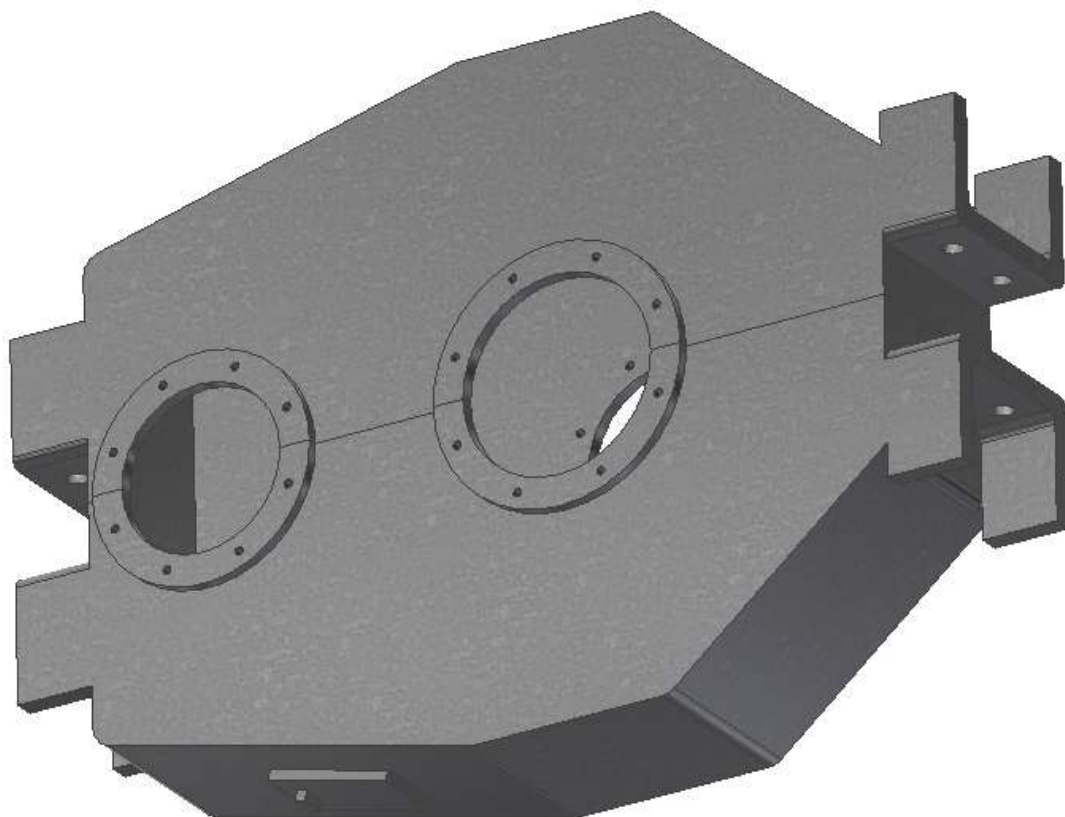
Obrázek 22: Kolo historického vozidla č. 223 ve 3D modelu



Obrázek 23: Detail starého ozubeného převodu na skutečném voze



Velmi podobná operace čekala na olejovou vanu převodovky. Očistila se od nečistot a z vnějšku byl nanesen povrchový nátěr. Tvořila jej základová barva a povrchový lak černé barvy. Pro mazání ozubení se používá mazací tuk LKP a převodový olej PP 90.



Obrázek 24: Skříň převodovky ve 3D modelu



Obrázek 25: Stav skutečné převodovkové skříně před repasí

Z důvodu velkého opotřebení bylo nutno vyměnit všechna kluzná ložiska na nápravách. První dvě dvojice se nacházejí v úchytech motoru. Jsou tvořeny dvěma rozříznutými půlkruhovými mosaznými vložkami a v kombinaci s mazivem zmenšují tření mezi hřídelí a statickou částí nápravy. Musí být vyrobeny z otěruvzdorného materiálu. Na tramvaji č. 223 byla použita mosaz. Již při výrobě byl v jedné ze dvou vložek vytvořen otvor pro mazací kartáče, které se dotýkají hřídele a pomáhají jí tím mazat. Kartáče jsou spolu s částí hřídele uloženy v olejové lázni. Úchyty k motoru jsou vyvločkované mosaznými pouzdry. Celkem jsou na voze č. 223 čtyři dvojice těchto typů úchytů.

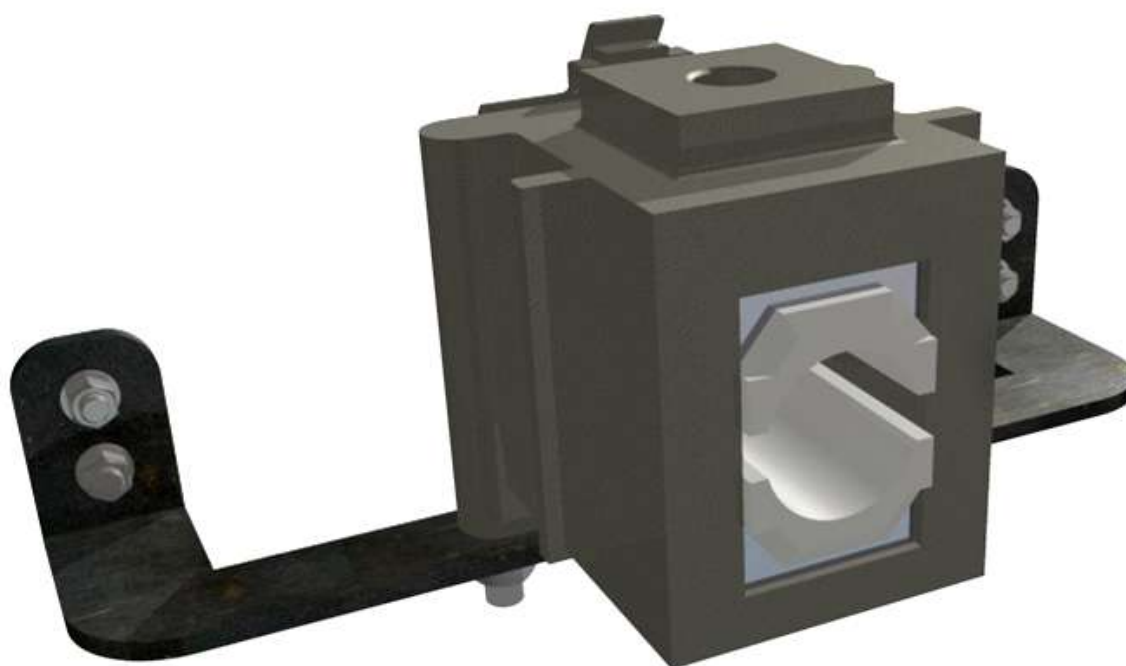
Další kluzná ložiska se nachází v domcích. Tvoří je dva „špalky“, do kterých jsou vytvořeny rádiusy, odpovídající poloměru hřídelového čepu. Ty jsou zasunuty do koníku. Koník je součástí přenášející zatížení z kluzného ložiska na stěny domku. Ty jsou vloženy proti sobě do obdélníkového otvoru v domku. Díky tomu jsou zachyceny všechny stupně volnosti. Protože mezi jednotlivými díly probíhá velké tření, musí být spoj důkladně mazán. U vozu č. 223 je to v domcích řešeno olejovou lázní, která smáčí spodní kluzný „špalek“ a část hřídele. Pro lepší mazací schopnost jsou do lázně instalovány kartáče, které se dotýkají hřídele a také zachytávají případné nečistoty na hřídeli. Pro mazání všech kluzných ložisek se dodnes používá tmavý olej s označením OD 3 nebo OD 8.



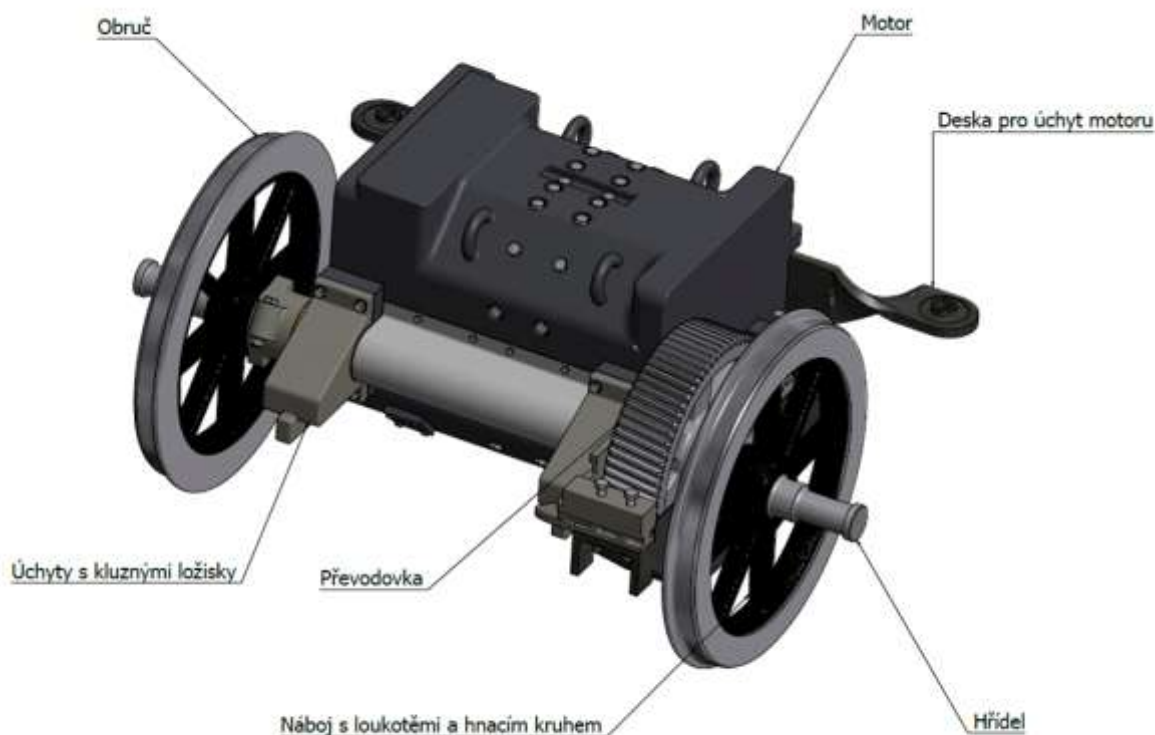
Obrázek 26: Detail domku zatíženého závažími před repasí na skutečném voze



Obrázek 27: Detail domku po repasi na skutečném vozidle



Obrázek 28: Detail domku s koníkem a ustavovacím špalkem ve 3D modelu



Obrázek 29: Popis nápravy ve 3D modelu

## 2.3 Repase odpružení vozidla

### Obecně o odpružení vozidel

Pružící systém je základním prvkem pro kvalitní a bezpečnou jízdu. Většinou je pružení tvořeno spirálovými pružinami, které vyrovnávají případné nerovnosti na svršku kolejnic. Dalším druhem pružin, který se používá, jsou listové. Jsou tvořeny na sebe naskládanými a svorkou k sobě staženými pružnými listy, které využívají odolnosti v ohybu. U moderních vozidel se dnes používá pružení hydraulicko-pneumatické nebo jen pneumatické, které zároveň slouží jako polohovadlo vozidla.

#### 2.3.1 Odpružení historické tramvaje Ringhoffer

Odpružení historického vozu č. 223 lze rozdělit do dvou částí – odpružení motoru a odpružení samotného rámu. Odpružení motoru je blíže ke středu řešeno pružným uchycením na rám. Tvoří jej ustavovací tyč, na kterou jsou nasunuty dvě pružiny a uchycovací deska motoru, která je ustavena mezi těmito pružinami. Na konci ustavovací tyče se nachází miska s podložkou a dvě matky. S jejich pomocí je možné

regulovat náklon motoru vůči vozovce a také upravovat tuhost pružin. Blíže k nápravám je motor uchycen kluznými ložisky k hnací hřídeli. Ta je uchycena v kluzných domečích.

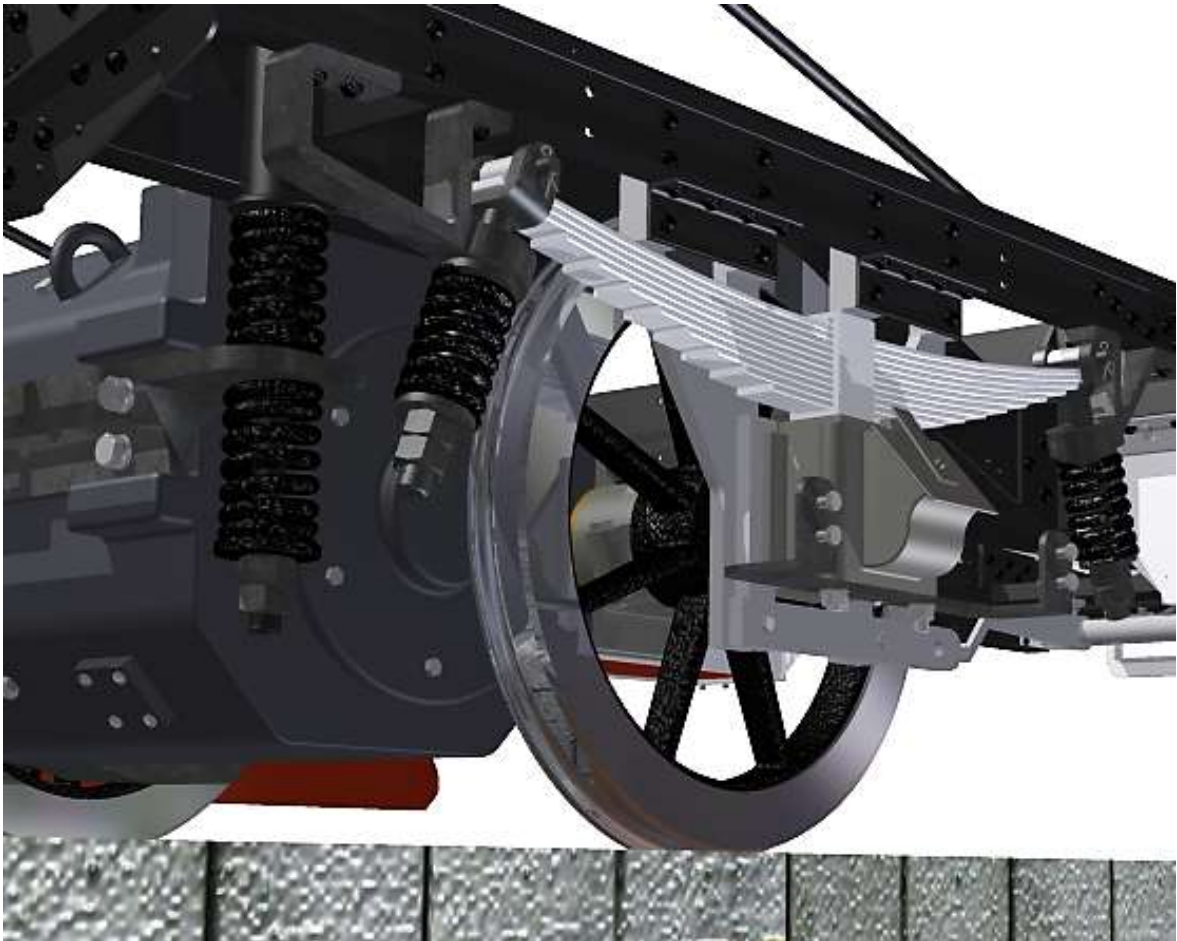
Odpružení historického vozidla je tvořeno čtyřmi uzly. v každém uzlu se nachází listové pružiny a ty jsou zavěšeny na pohyblivých upínkách a konících. Celkem je na vozidle 16 spirálových pružin a čtyři listové.



Obrázek 30: Stav spirálových pružin před repasí na skutečném vozidle



Obrázek 31: Spirálová pružina ve 3D modelu



Obrázek 32: Detail odpružení vozidla ve 3D modelu



Obrázek 33: Detail odpružení na skutečném vozidle č. 223



Obrázek 34: Stav listové pružiny před repasí na skutečném voze

### 2.3.2 Repase pružin

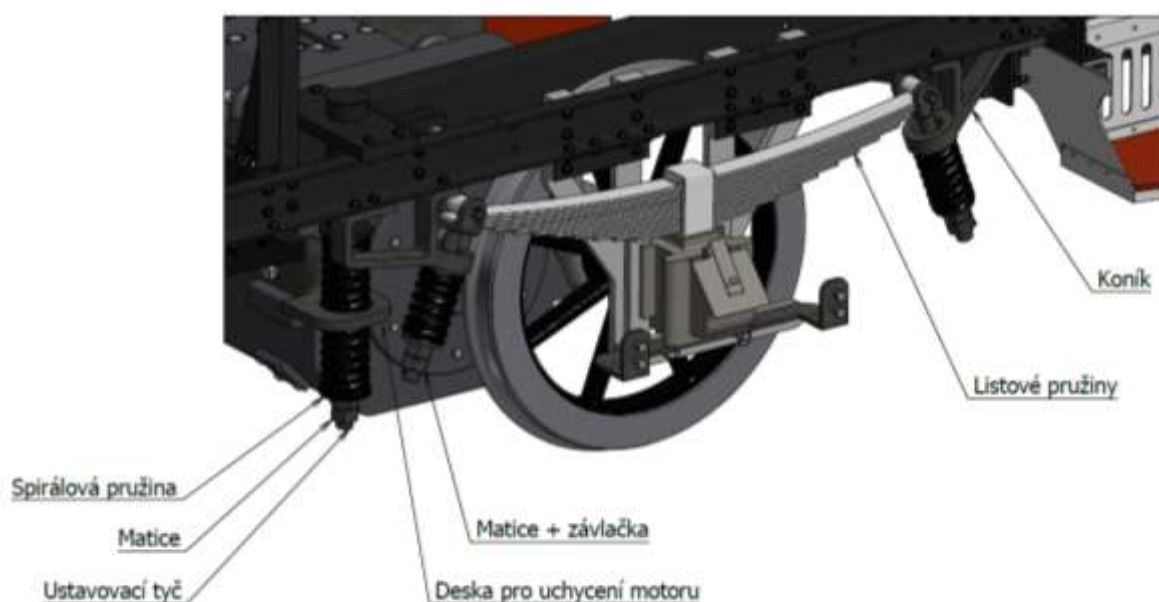
Během oddělování náprav od rámu byla nejprve odinstalována pružící soustava motorů. Po úplné demontáži náprav se oddělily jednotlivé pružící sestavy od rámu. Vzhledem k velkému znečištění byly nejprve očištěny odmašťovadly a připraveny pro další kontroly.

Jako první byly zkontrolovány spirálové pružiny. Protože tyto součásti byly během dlouhých let v provozu vystaveny extrémně těžkým podmínkám, bylo zapotřebí provést důkladnou kontrolu jejich deformace a hlavně jejich odolnost odolávat trvalému zatížení. Pokud došlo u některé i k malým výchytkám oproti ostatním spirálovým pružinám, musela být vyměněna a nahrazena novou. Nevýhodou nové pružiny byla náročnost výroby, protože musela mít stejné mechanické i rozměrové vlastnosti jako stará pružina. Případná výroba nových pružin by byla zadána jiné firmě. Následovala kontrola ultrazvukem, která odhalila případné poškození uvnitř materiálu. Nebyly zjištěny žádné vady, a tak po projednání s odborným personálem bylo rozhodnuto, že žádná z 16 pružin nemusí být vyměněna.

Následovala repase listových pružin. Na historickém voze č. 223 se nachází čtyři sestavy listových pružin. Tyto pružiny se pro odpružení vozidel používají od samotného počátku výroby vozů. Jejich výhodou je, na rozdíl od spirálových nebo zkrutných tyčí, jednoduchost výroby a výrobní technologie. Začátek opravy těchto dílců spočívala v kompletním rozebrání uzlů, odmaštění a odstranění koroze. Dále bylo potřebné provést stejné kontroly jako u spirálových pružin. Na závěr byly jednotlivé listy opatřeny novým základovým a povrchovým nátěrem. Následovalo složení do jednotlivých uzlů a příprava na montáž.



Obrázek 35: Detail odpružení rámu ve 3D modelu



Obrázek 36: Popis odpružení vozidla ve 3D modelu



## 2.4 Repase odporníků

### 2.4.1 Odporníky

Odporníky jsou zařízení zavěšené pod nosným rámem. Uvnitř odporníků jsou umístěny odporové plechy, které mají za úkol snižovat elektrickou energii přicházející k motorům. Je to založeno na přeměně elektrické energie v tepelnou. Tato metoda regulace elektrické energie se později použila i u tzv. „zrychlovače“, jehož koncept byl použit i u tramvají T1, T2 a T3. Rozdíl je pouze v uspořádání odborníkových plechů. Zrychlovač má odporníky do kruhu, historická tramvaj Ringhoffer je má umístěny ve čtyřech plechových bednách. Tento prvek je důležitý pro plynulý rozjezd a postupné brždění motorem.

Centrem ovládání je řídicí pult v kabině řidiče. Jedná se o zařízení s pákou na hřídeli, které v jednotlivých stupních řazení rychlosti zapíná a vypíná obvody na odpornících. Například v 1. stupni při jízdě dopředu se zařadí všechny odporové obvody a do motoru proudí minimální proud. Díky tomu se vozidlo rozjíždí velmi pomalu. Na 2,3, a 4. stupni se postupně vypínají jednotlivé části odporových obvodů a tím se zvyšuje elektrická energie přicházející k motorům. Tudiž tím roste i zrychlování vozidla. Dokud proudí el. energie přes odporníky, jsou motory zapojeny paralelně. Mezi 4. a 5. stupněm probíhá změna. Jsou odpojeny z velké části odporníky a motory od tohoto zapojení jsou již propojeny seriově. Nejvyššího výkonu dosahují motory při 7. stupni, kdy jsou motory napájeny přímo z trolejového vedení. Odporníky jsou kompletně odpojeny. Pro brždění je zapojení úplně stejné, pouze se magnetické pole v motorech snaží o opačný chod.



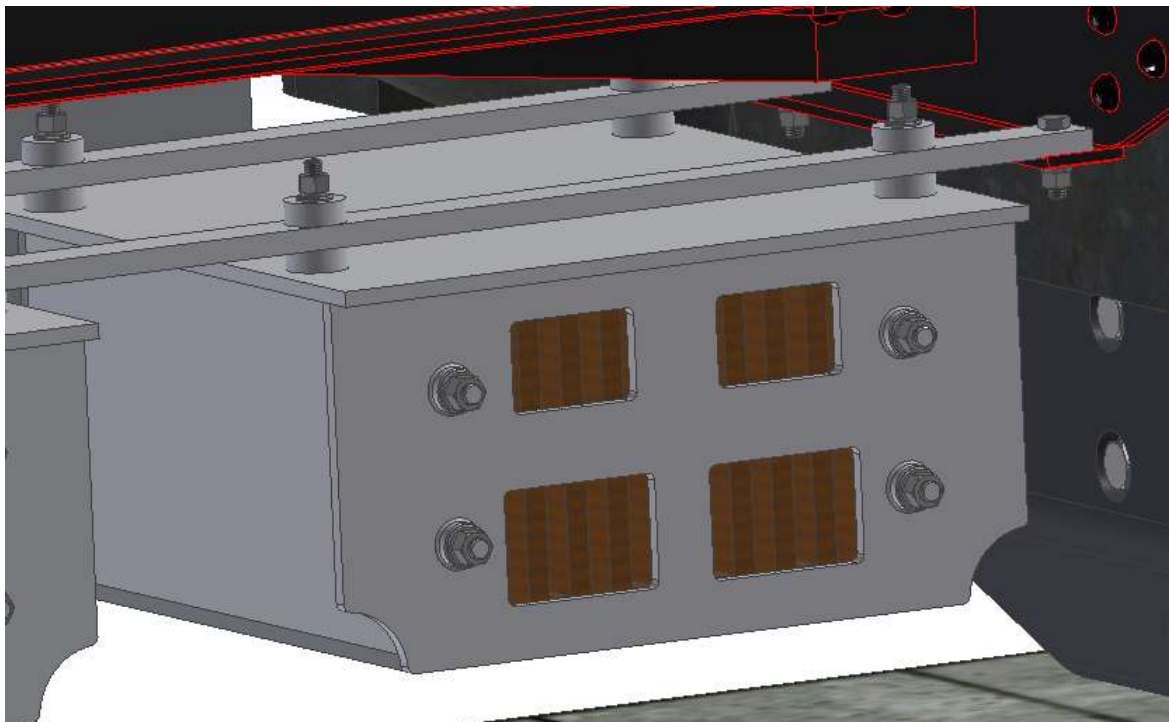
Obrázek 37: Řídicí pult v kabině řidiče u skutečného vozidla před repasí



Obrázek 38: Stav odporníků před repasí na skutečném voze



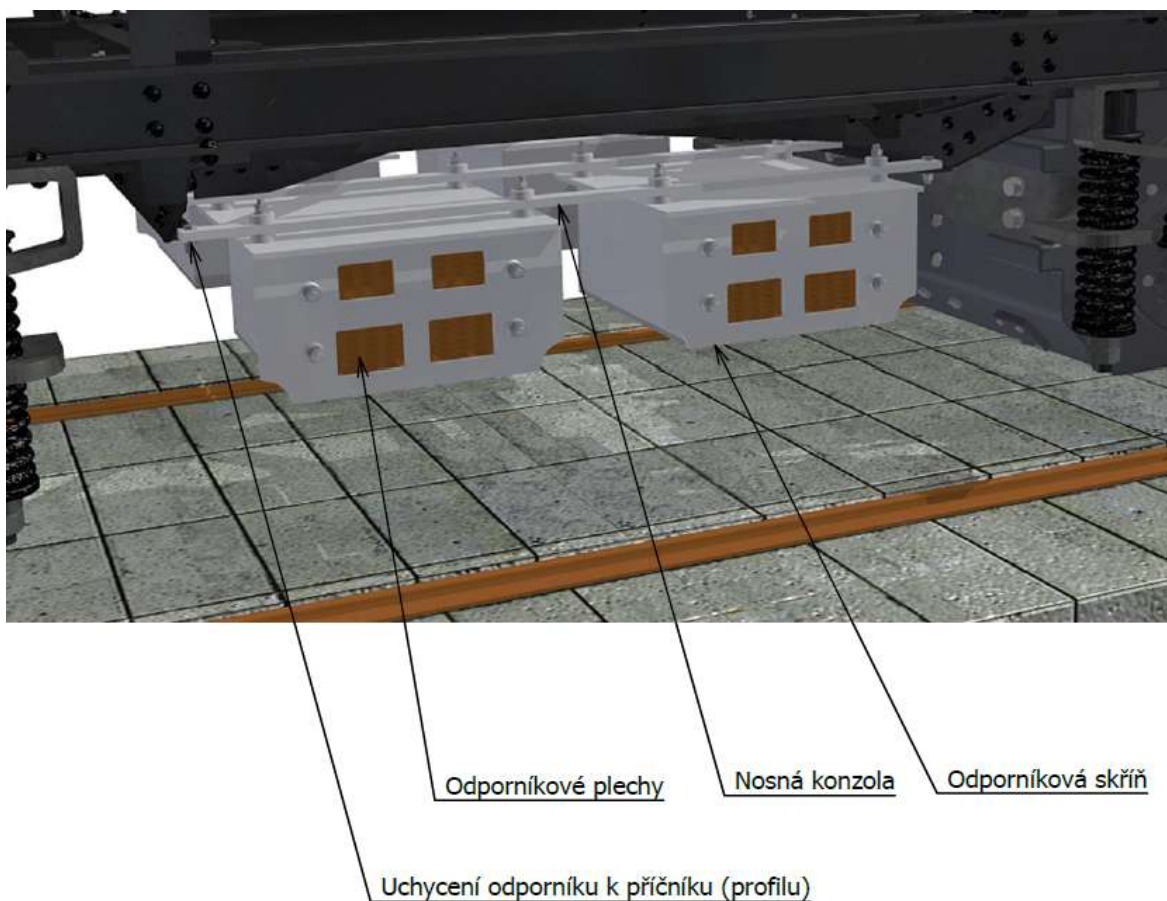
Obrázek 39: Stav odporníků po repasi umístěných na skutečném vozidle



Obrázek 40: Detail uchycení odporňkové skříně ve 3D modelu

## 2.4.2 Repase odporníků

Odporníky byly demontovány jako jedny z prvních, protože uchycení odporníků je řešeno zavěšením na profil, který je uchycen na rám. Během repase bylo zapotřebí kompletně rozebrat jednotlivé skříně, očistit je a odmastit. Následně bylo zapotřebí odstranit starý nátěr pomocí pískového tryskače. Potom proběhlo nanesení dvou vrstev povrchových nátěrů, aby nedocházelo ke korozi. Zároveň se tím zlepšila i estetická stránka skříní. Odporové plechy nebylo zapotřebí nijak upravovat. Pouze proběhla vizuální kontrola, zda nejsou poškozeny. Na závěr proběhlo kompletní složení všech čtyř odporových skříní včetně jejich pracovních částí. Pro uchycení skříní bylo použito nových šroubů, podložek a matic.



Obrázek 41: Popis odporníků ve 3D modelu

## **2.5 Zabezpečovací zařízení**

### **2.5.1 Smysl zabezpečovacích zařízení**

Zabezpečovací zařízení má za úkol ochránit vůz před najetím do překážky. Zároveň může člověku zachránit život, pokud by spadl pod tramvaj. Tvoří ji soustava táhel, pluh a čelní zábrana, která je zavěšena na čele vozidla pod spřáhlem. Celý mechanismus chrání tramvaj před najetím do překážky ležící na kolejích. Při najetí do překážky se čelní zábrana zlomí v čepech pod rám vozu. Přes táhla se tento pohyb přenesse na zobáček, který uvolní pluh. Pluh se okamžitě spustí do výšky několika málo centimetrů nad vozovku a je schopen posunout překážku mimo koleje. Spuštění pluhu je též možné provést přímo z kabiny řidiče. Pluh se vrátí zpět do vyzdvihnuté polohy zatažením za páku z kabiny řidiče. Tento systém ochrany je velmi originální. Vyniká jednak svojí propracovaností a také tvarem pluhu, který, na rozdíl od dnešních tramvajů, má šípový tvar. Dnešní tramvajová vozidla používají pevně uchycený pluh, který je celou svojí délkou směřován k jedné straně. Na tramvaji Ringhoffer se zabezpečovací zařízení nachází na obou stranách.

### **2.5.2 Repase pluhu, čelní zábrany a táhel**

Oprava pluhů započala demontáží nosných konzol a kola od zbytku tvarových plechů-shrabovadel. Jako první prošly repasí právě shrabovadla. Nejprve bylo zapotřebí oddělit plechy od sebe a vytáhnout pryž, která je mezi nimi vložena a vyčnívá ven. Celou tuto operaci komplikovala rozsáhlá koroze šroubů a ostatních součástí. Proto bylo přistoupeno k úplnému odstranění starých spojů rozřezáním rozbrušovacím kotoučem. Následně se provedlo očištění, odmaštění a také odstranění rozsáhlé povrchové koroze odrezovačem. Po těchto operacích byly jednotlivé dílce natřeny základním a povrchovým nátěrem bílé barvy. Pryž byla zakoupena nová, od externího dodavatele. Pryž se umístila mezi tvarové plechy a všechny části byly k sobě staženy novými šrouby, včetně matic, podložek a pružných podložek. Nosné konzoly včetně tlumící pružiny bylo též zapotřebí odmastit, očistit a odrezit. Po těchto úkonech přišla na řadu vizuální kontrola svarů a spojů. Pružiny byly odzkoušeny na mechanické zatížení nebo zda nejsou zdeformované. Bohužel, obě kolečka pluhu byla ve velmi opotřebovaném stavu a proto se rozhodlo o jejich nahrazení novými. Posledním úkonem na nosné konstrukci bylo opatřit povrchy povrchovými nátěry, které byly stejné jako u shrabovadla. Na závěr byly oba pluchy složeny a tím připraveny k montáži na rám tramvaje.



Obrázek 42: Ochranné zařízení ve 3D modelu



Obrázek 43: Pluh ve 3D modelu



Obrázek 44: Detail zadní části pluhu před repasí na skutečném vozidle



Obrázek 45: Stav skutečného pluhu před repasí



**Obrázek 46: Detail ochranného kola na pluhu po repasi**

Čelní zábranu bylo zapotřebí nejprve celou rozmontovat-oddělit ramena od dubových lišt a rozebrat čepové spoje. Dubové lišty byly nahrazeny novými. Staré lišty, mořené olejem přenechaly místo novým, opatřeným bílým nátěrem. Ramena bylo zapotřebí, stejně jako u jiných dílců, odmastit, očistit a odrezit. Následovalo natření bílou základní barvou a bílou, povrchovou barvou. Čepy byly použity staré, avšak všechny šrouby bylo zapotřebí vyměnit.

Poslední částí byla repase táhel, spojů a mechanismů. Každý dílec musel být pečlivě zkontrolován a opatřen novým nátěrem. Během montáže musely být všechny mechanismy řádně promaštěny, aby nedocházelo při provozu k jejich zadírání.



**Obrázek 47: Čelní zábrana na skutečném vozidle před repasí**

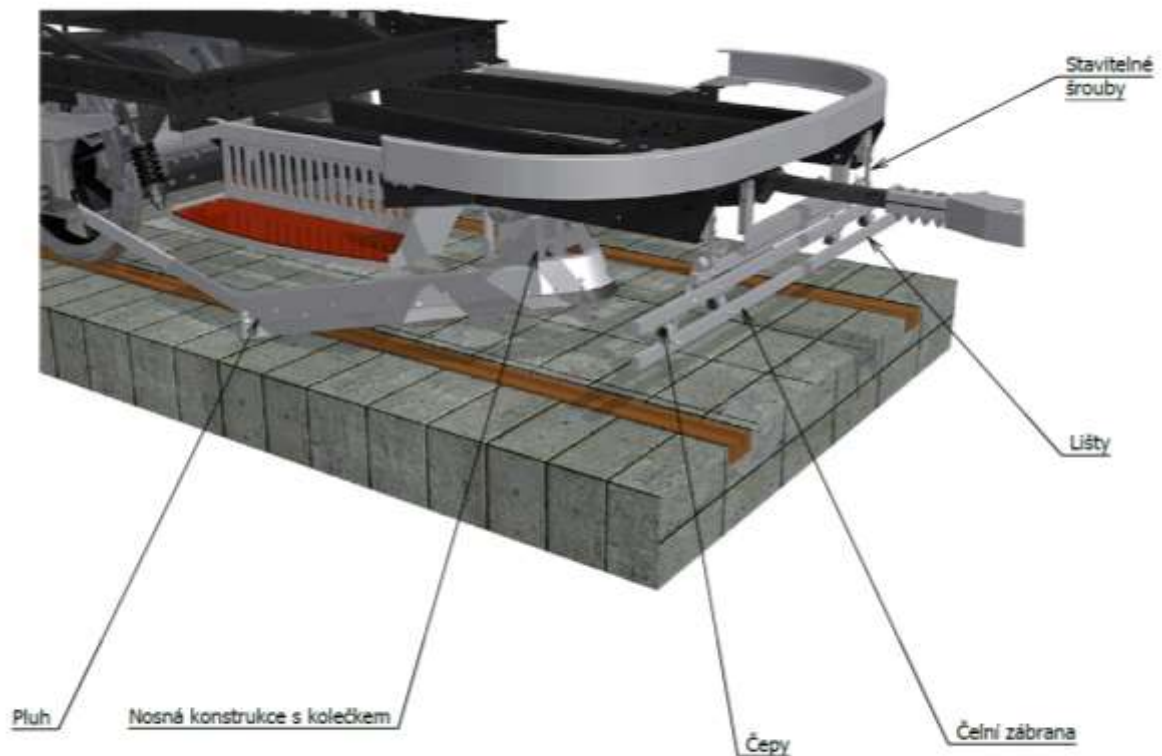




Obrázek 48: Čelní zábrana ve 3D modelu



Obrázek 49: Stav čelní zábrany po repasi na skutečném voze



Obrázek 50: Popis zabezpečovacích zařízení na 3D modelu

## 2.6 Mechanické brzdy

### 2.6.1 Brzdy

Brzdy jsou jedním z nejdůležitějších prvků na vozidle. Bez nich není možný bezpečný provoz vozu a bez nich je jízda života ohrožující nejen pro řidiče a pasažéry, ale také pro okolí. Ačkoliv se o tom příliš nemluví, musí být brzdy nejvýkonnějším mechanismem na vozidle, aby byly schopné překonávat svojí výkonností výkon motoru, setrvačnost i gravitaci. Toto je také vidět na rozvoji vozidel. Lidstvo bylo schopno vytvořit silný motor pro vozidla, avšak největším problémem byly brzdy. Většina brzd pracuje na principu tření dvou ploch o sebe. Čím je přitlačná síla větší, tím je brzdění účinnější. Avšak při brzdění vzniká třením také další podstatná složka-teplo. Čím více budou plochy o sebe třít a čím větší silou budou na sebe působit, tím větší teplo bude mezi plochami vznikat. Toto teplo přechází do ploch a v hraničním stadiu rozpálí plochy natolik, že plochy po sobě pouze "kloužou" a kladený odpor již nestačí k ubrzdění stroje. V tomto bodě dochází k neovladatelnosti vozidla. S postupným pokrokem vědy a vynalézáním nových materiálů mohly být brzdy inovovány a tím i schopny odolat většímu tlaku a tepelnému

zatížení. Pro příklad si uveďme některé typy brzd. Dělí se na: mechanické, pneumatické a hydraulické. Například u silničních vozidel nalezneme hojně zastoupení brzd hydraulických a mechanických. U tramvají typu T (T1, T2, T3, KT1) byly použity tři typy brzd. Každá má své přednosti a využití. Jsou to: elektromagnetická (kolejnicová), mechanická a dynamická (brždění motorem).

Tramvaje Ringhoffer používají od počátku mechanické a dynamické brzdy. Výjimku tvoří několik vozidel pražského dopravního podniku, kterým byla přidána navíc elektromagnetická-kolejnicová brzda. Olomoucká historická tramvaj č. 223 je vybavena pouze mechanickými a dynamickými brzdami. Dynamické brždění je prováděno motorem.



Obrázek 51: Detail uspořádání prostoru pod rámem u skutečného vozu č. 223



Obrázek 52: Prostor pod rámem včetně přidáné elektromagnetické brzdy u pražského vozu č. 2210

## 2.6.2 Mechanické brzdy

Mechanické brzdy jsou založeny na principu složitých a propracovaných mechanismů, které přenáší sílu na brzdící špalky pomocí táhel a řetězů. Samotný princip mechanických brzd je velmi unikátní. Přestože tato tramvaj byla vyráběna před 100 lety, propracovanost, přesnost a konstrukční uspořádání jednotlivých dílců je obdivuhodné.

Brzdy je možno řídit z obou stanovišť řidiče. Celkové uspořádání brzdových mechanismů má možnost spatřit pouze vybraný okruh lidí, kteří buďto se o vůz starají nebo na něm prováděli údržbu, popřípadě repasi. Hlavní skvosty mechanického ústrojí se totiž nachází pod podlahou.



**Obrázek 53: Detail hřídele namotávající řetěz**

Počáteční impuls pro brzdy vychází z páky u řidiče na stanovišti. Páka je spojena s hřídelí, na kterou se díky rotaci začne namotávat řetěz. Řetěz je propojen s táhlem. To je napojeno na pohybový kříž. Tato součást je srdcem celého brzdového systému. Jednak slouží jako upevnění celého brzdového mechanismu k rámu, ale také způsobuje rovnoměrné rozdělení brzdových sil na obě nápravy. Od kříže je dalšími táhly impuls přenesen na páku. Na páce jsou umístěny brzdové špalky a zároveň úchyty pro poslední dvojici rovnoběžných táhel. Táhla jsou spojena s brzdovými špalky na opačné straně kola a rozdělují brzdovou sílu na dvě stejné brzdící síly. Táhla zaručují rovnoměrné brzdění na všech osmi místech zároveň. Pokud by tato táhla byla vychýlena, docházelo by k nerovnoměrnému rozložení sil a tudíž i k různě velkému opotřebením brzdových špalků a kol vozidla.



Obrázek 54: Detail kříže ve 3D modelu

### 2.6.3 Repase mechanických brzd

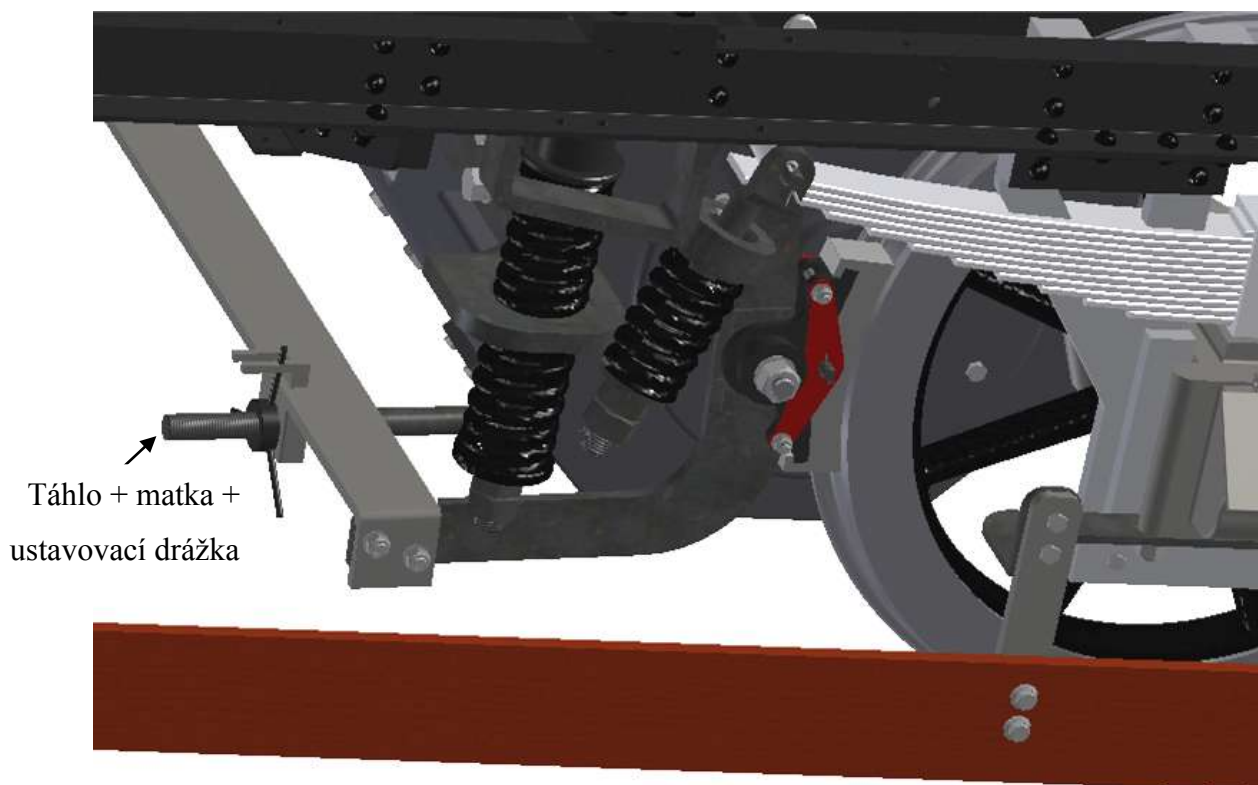
Provozní stav brzd patří mezi nejdůležitější stavy z hlediska bezpečnosti. Tramvaj sice prochází pravidelnými opravami a kontrolami, přesto se vždy najdou místa, která byla zanedbána, nebo jejich využití bylo tak velké, že bylo téměř nutností je nahradit. Z toho důvodu byla renovace brzd jednou z nejvíce rozsáhlých operací, které na vozidle probíhaly. Bylo to způsobeno těžkými provozními podmínkami, kterými tramvaj obzvláště v zimním období procházela. Dešťová voda se solí se velmi podepsaly na korozi. Oprava jednotlivých dílců byla různě náročná. Nejvíce poškozené součásti se nacházeli v místech, kde kola rozstříkují vodu se solí.

Jako první prošly repasí páky. Tyto důležité prvky, přenášející sílu do jiného místa, byly tvořeny samotnými dílci a kluznými pouzdry. Kluzná pouzdra zlepšují kluzné vlastnosti součásti a také jsou důležité při repasi. V momentě, kdy je pouzdro vyběhané, opravíme dílce tím, že pouzdro koupíme nové a vyměníme jej. Díky tomu mohla většina pák zůstat původních. Všechny páky musely být očištěny, odmaštěny a zkontrolovány na rovinnost, popřípadě na kruhovitost. Následovalo moření do odrezovače. Poté se části nechaly několik hodin usušit. Na konec etapy byl nanesen černý základový a povrchový lak. Po tomto zpracování musela být nalisována nová pouzdra. Proběhlo to

takto: páka se nahřála na vysokou teplotu a pouzdro se zamrazilo. Následně se pouzdro vložilo do roztaženého otvoru. V momentě, kdy součásti změnilly svoji teplotu na normální atmosférický stav, vzniklo mezi nimi napětí, které je udrží u sebe. Tento proces se nazývá nalisování zatepla.

Druhotným prvkem, který prošel repasí, ale zároveň je velmi nepostradatelný, jsou táhla. Tyto rotační součásti zakončené závitem nebo úchytovými oky přenáší brzdné síly mezi jednotlivými mechanickými členy. Na rozdíl od pák nejsou uchyceny v čepu. Repase spočívala nejprve v očištění, odmaštění a kompletním odrezení. Následně se zkontrolovala rovinnost a neporušenost jednotlivých dílů. Táhla dostala černý základní povrchový nátěr. Při lakování byly chráněny všechny závity. Závity se opravovaly zvláštním způsobem, a to kvůli tomu, že tvoří nejvíce choulostivý prvek ze všech, protože každá nerovnost nebo otřep může způsobit jejich deformaci a následné zničení celého táhla. Závity se nahrubo očistily ocelovým kartáčem. Ten odstranil všechny usazeniny v závitových drážkách. Následovalo odrezení a nanesení tenké vrstvy černého laku. Na závěr se závity řádně namazaly. Díky kombinaci maziva a povrchového nátěru došlo k zakonzervování závitů, které pak při pravidelném doplňování maziva nezrezaví.

Poslední částí repase prošly brzdové špalky, úchyty, čepy a šroubové spoje. Čepy a šroubové spoje byly nahrazeny stejnými novými díly. Výroba nenormalizovaných čepů byla zadána externí firmě. Normalizované součásti byly hromadně zakoupeny. Brzdové špalky musely být též nahrazeny novými, a to z důvodu velkého opotřebení. Úchyty byly očištěny a prošly kontrolou. Po kontrole bylo rozhodnuto o jejich dalším použití na vozidle.



Obrázek 55: Detail seřizovacího uzlu na 3D modelu

### Montáž součástí

Po repasi byly na hotový rám nainstalovány všechny prvky mechanických brzd. Největší potíže byly s instalací kříže, který se nachází v samotném středu rámu a také je v tomto místě obsaženo nejvíce pák a táhel. Následovala instalace táhel a propojení kříže s vnějšími součástmi. Poté proběhlo složité seřizování táhel a pák tak, aby všechny špalky tlačily na kola stejnou silou. Je to z důvodu rovnoměrného brždění vozidla. Pokud by některá brzda brzdila víc, přilehlé kolo by se více opotřebovávalo jak ostatní. Důsledkem toho by musela být všechna kola vyměněna. Je to způsobeno nerovnoměrným záběrem kol, který při různých průměrech kol zabírá různou silou. Vychází to z mechanických zákonů.



Obrázek 56: Stav brzdové páky a brzdového uzlu před repasí skutečného vozidla

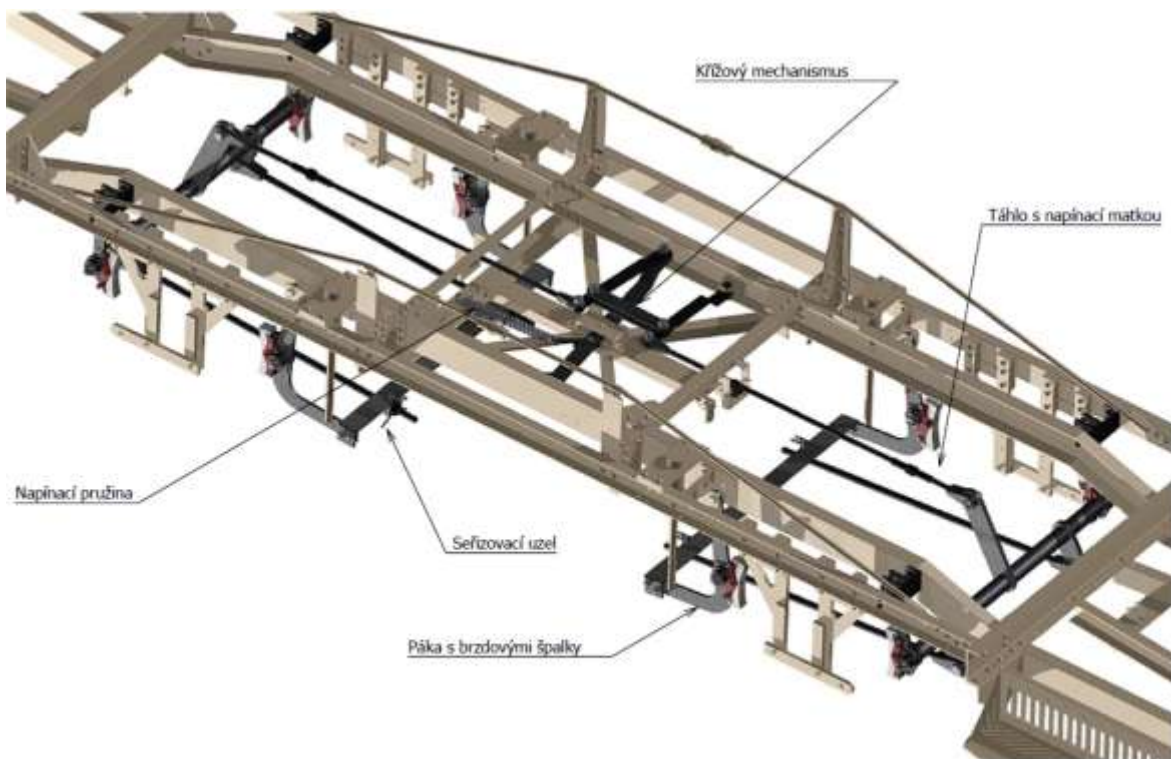


Obrázek 57: Stav části brzd po repasí a nalakování na skutečné tramvaji č. 223





Obrázek 58: Detail brzdového mechanismu ve 3D modelu

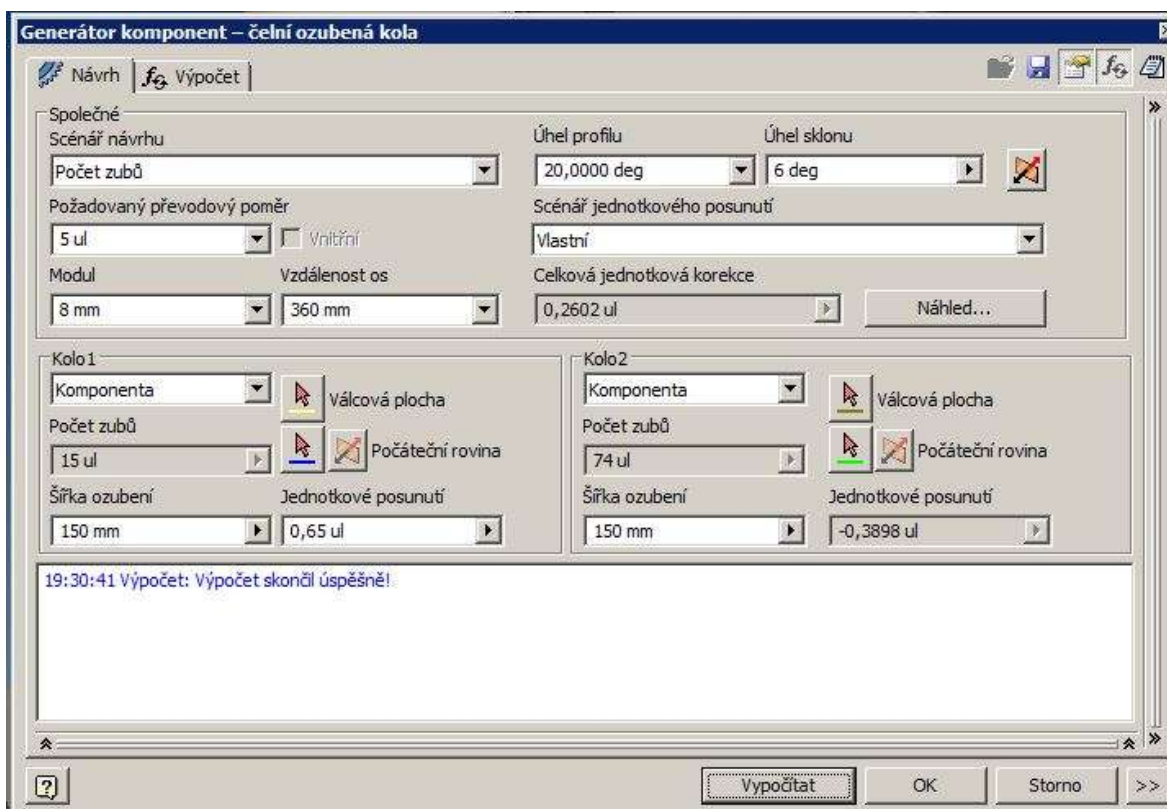


Obrázek 59: Popis brzd ve 3D modelu

### 3 Návrh a výpočet nového čelního ozubení a pastorku

Z důvodu velkého opotřebení bylo rozhodnuto o výrobě nového čelního ozubeného kola a pastorku včetně části hřídele. Tato operace byla zadána externí firmě, avšak my jsme museli provést návrh ozubení tak, aby přeneslo daný výkon a zároveň splňovalo vzdálenost os a převodový poměr. Všechny tyto parametry bylo zapotřebí propočítat. Od počátku jsme mohli pracovat s parametry, které jsme naměřili na starém ozubení, nebo které se nám podařilo sehnat ze samotné výrobní dokumentace těchto tramvajů z bývalé firmy ČKD Praha. Zjistili jsme, že: vzdálenost os musí být 360 mm, převodový poměr je 1:5 (z podělení počtu zubů pastorku a velkého ozubeného kola) a přenášený výkon 45 kW. Díky těmto informacím jsme mohli v programu Autodesk Inventor verze 2015 dopočítat ostatní parametry tak, aby to převodovka v provozu vydržela.

Prvním krokem bylo dosažení počtu zubů, úhel zešíkmení ozubení a zadání vzdálenosti os. Z toho jsme dopočítali potřebný průměr kol, modul, výšku zubů a také šířku ozubení.



Obrázek 60: Návrh ozubeného převodu v Autodesk Inventoru verze 2015

Ve druhé části jsme se zabývali návrhem potřebného materiálu pro ozubené kolo a pastorek. Jelikož pro každé kolo máme jiné požadavky, bylo nutné zvolit pro každé kolo jiný materiál. Na pastorek působí větší síly a díky tomu, že pastorek a hřídel jsou z jednoho materiálu, musel tento materiál vyhovovat jak na přenos výkonu na hřídeli, tak i pro dané zatížení při záběru s velkým ozubeným kolem. Byl zvolen materiál ČSN 14 140, který byl pro zlepšení vlastností cementován a povrchově zakalen. Pro ozubené kolo byl zvolen materiál ČSN 13 240, který byl též povrchově zakalen.

**Generátor komponent – čelní ozubená kola**

**Metoda pevnostního výpočtu**  
ISO 6336:1996

**Zatížení**

	Kolo 1	Kolo 2
Výkon	P 45	44,100 kW
Otáčky	n 1850 rpm	375,00 rpm
Krouticí moment	T 232,280 N m	1122,997 N m
Účinnost	η 0,980 ul	

**Materiálové hodnoty**

	Kolo 1	Kolo 2
Mez únavy v ohybu	$\sigma_{Flim}$ 605,0 MPa	493,0 MPa
Mez únavy v dotyku	$\sigma_{Hlim}$ 1140,0 MPa	658,0 MPa
Modul pružnosti	E 206000 MPa	206000 MPa
Poissonova konstanta	$\mu$ 0,300 ul	0,300 ul
Tepelné zpracování	4 ul	0 ul

Požadovaná životnost  $L_h$  10000 hr

**Výsledky**

$F_t$	3828,322 N
$F_r$	1467,267 N
$F_a$	402,373 N
$F_n$	4119,911 N
$v$	11,688 mps
$n_{E1}$	12330,413 rpm
<b>Kolo 1</b>	
$S_H$	2,367 ul
$S_F$	17,231 ul
$S_{Hst}$	5,233 ul
$S_{Fst}$	36,980 ul
<b>Kolo 2</b>	
$S_H$	1,366 ul
$S_F$	12,196 ul
$S_{Hst}$	3,876 ul
$S_{Fst}$	29,202 ul

18:52:38 Výpočet: Výpočet skončil úspěšně!

Vypočítat OK Storno >>

Obrázek 61: Návrh materiálu pro převodovku v Autodesk Inventoru verze 2015

## 4 Ekonomická rozvaha opravy

V této části se zaměřím na přibližný rozpočet opravy spodku historické tramvaje č. 223. Ceny, obsažené v této části, mají pouze informační charakter. Cenu nelze přesně stanovit, protože velké množství pracovních hodin bylo odpracováno nadšenci zcela zdarma. Díky jejich pomoci byla suma nižší, než při opravě provedené na zakázku ve specializované firmě. Z dostupných faktur a ostatních účetních dokladů všech zúčastněných subjektů bylo možno přibližně spočítat vynaložené náklady, které jsou zachyceny v následujícím shrnutí:<sup>4</sup>

1. Vozový rám s věšadlovou konstrukcí	750 000,- Kč
2. Ložiskové skříně (včetně kluzných výstelek a mazacích knotů)	60 000,- Kč
3. Páky, koníky, konzoly, táhla a pluhy	100 000,- Kč
4. Nápravy včetně kol, hřídelí a nového ozubení	300 000 Kč
5. Trakční motory	350 000,- Kč
6. Spřáhla	20 000,- Kč
7. Listové a závitové pružiny	200 000,- Kč
8. Mechanické brzdy	30 000,- Kč
9. Odporníky, kontroléry, nová kabeláž	600 000,- Kč
10. Povrchové úpravy + nátěry	300 000,- Kč

---

Celkem: 2 710 000,- Kč

Přestože celková suma je poměrně vysoká, určitě se jedná o velmi účelně vynaložené prostředky, které umožní zachovat tuto technickou památku funkční i pro další generace.

---

<sup>4</sup> Účetní doklady firem

## Závěr

Cílem této práce bylo zdokumentovat repasi spodní části olomoucké historické tramvaje č. 223 a jednotlivé úkony zachytit na 3D digitálním modelu, který plně odpovídá vozidlu ve skutečnosti. V tomto materiálu byl zachycen postup repase spodní části vozu a také do ní byla částečně zahrnuta obrazová dokumentace jednotlivých částí vozidla v průběhu prací. Tyto obrazové materiály dokumentují tramvaj před repasí, po ní a porovnávají ji s 3D digitálním modelem. Jednotlivé okruhy byly v této práci členěny do kapitol, ve kterých autor daný okruh součástí hlouběji rozebral a popsal. Cílem prvních kapitol bylo seznámit čtenáře s historií samotného vozu. V následujících podkapitolách byly představeny jednotlivé hlavní části vozidla. V rámci této práce byl vytvořen návrh a výpočet ozubené převodovky, která se vyráběla nová. Součástí je též ekonomický návrh rozpočtu opravy vozidla. Tento návrh je pouze orientační, protože velké množství prací provedli tramvajoví nadšenci ve svém volném čase.

## Seznam zdrojů

### Literární zdroje:

- **LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel.** *STROJNICKÉ TABULKY*. Úvaly : Albra - pedagogické nakladatelství, 2008. str. 914. ISBN 978-80-7361-051-7.
- **KOCMAN, Tomáš.** *Historická vozidla MHD ve sbírce Technického muzea v Brně*. Brno : Technické muzeum, 2009. str. 223. 978-80-86413-60-0.
- **KOS Krnov.** Dokumentace průběhu repase ve firmě. Krnov : autor neznámý, 2009.
- **DPMO a.s.** Dokumentace pořízená pro vnitřní potřeby podniku. Olomouc : autor neznámý.
- **Neznámý.** Účetní doklady firem.

### Internetové zdroje:

- **Ringhofferovy závody (ČKD Tatra Smíchov).** *smichov.blok.cz*. [Online] 1. 1 2013. [Citace: 14. 1 2015.] <http://smichov.blog.cz/0608/ringhofferovy-zavody-ckd-tatra-smichov>.
- **Pícha, Ondřej.** o tramvaji č.223. *Historická vozidla DPMO*. [Online] DPMO. [Citace: 17. 3 2015.] <http://dpmo.cz/default.asp?str=sbirka-tramvaj-223&str2=sbirka>.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Detail nýtovaného spoje skutečného rámu.....	12
Obrázek 2: Detail nýtovaného spoje v 3D modelu.....	13
Obrázek 3: Detail křížového spoje na 3D modelu.....	13
Obrázek 4: Detail křížového spoje před repasí na skutečném vozidle .....	14
Obrázek 5: Detail střední části rámu na 3D modelu.....	14
Obrázek 6: stav rámu skutečného rámu po repasí .....	15
Obrázek 7: Krajní část rámu vozu ve 3D modelu.....	16
Obrázek 8: Oprava poškození profilu na skutečném rámu.....	17
Obrázek 9: Spřáhlo ze skutečného vozu před repasí .....	17
Obrázek 10: Spřáhlo ve 3D modelu.....	17
Obrázek 11: Spřáhlo po repasí během posunu na skutečném voze .....	18
Obrázek 12: Popis rámu historického vozu č. 223 ve 3D modelu.....	18
Obrázek 13: Skutečná náprava před repasí.....	19
Obrázek 14: Stav skutečné nápravy po repasí .....	19
Obrázek 15: Náprava ve 3D modelu .....	20
Obrázek 16: Detail demontované nápravy v 3D modelu.....	21
Obrázek 17: Rotor skutečného hnacího motoru .....	21
Obrázek 18: Motor historické vozu ve 3D modelu .....	22
Obrázek 19: Hřídel nápravy ve 3D modelu .....	22
Obrázek 20: Detail rozříznuté obruče kola ve skutečnosti .....	24
Obrázek 21: Detail nové obruče ve 3D modelu.....	24
Obrázek 22: Kolo historického vozidla č. 223 ve 3D modelu.....	25
Obrázek 23: Detail starého ozubeného převodu na skutečném voze .....	25
Obrázek 24: Skříň převodovky ve 3D modelu .....	26
Obrázek 25: Stav skutečné převodovkové skříně před repasí .....	26
Obrázek 26: Detail domku zatíženého závažími před repasí na skutečném voze ...	27
Obrázek 27: Detail domku po repasí na skutečném vozidle.....	28
Obrázek 28: Detail domku s koníkem a ustavovacím špalkem ve 3D modelu .....	28
Obrázek 29: Popis nápravy ve 3D modelu .....	29
Obrázek 30: Stav spirálových pružin před repasí na skutečném vozidle .....	30
Obrázek 31: Spirálová pružina ve 3D modelu.....	30
Obrázek 32: Detail odpružení vozidla ve 3D modelu .....	31
Obrázek 33: Detail odpružení na skutečném vozidle č. 223 .....	31

Obrázek 34: Stav listové pružiny před repasí na skutečném voze.....	32
Obrázek 35: Detail odpružení rámu ve 3D modelu .....	33
Obrázek 36: Popis odpružení vozidla ve 3D modelu .....	33
Obrázek 37: Řídící pult v kabině řidiče u skutečného vozidla před repasí .....	35
Obrázek 38: Stav odporníků před repasí na skutečném voze .....	35
Obrázek 39: Stav odporníků po repasí umístěných na skutečném vozidle .....	36
Obrázek 40: Detail uchycení odporníkové skříně ve 3D modelu.....	36
Obrázek 41: Popis odporníků ve 3D modelu.....	37
Obrázek 42: Ochranné zařízení ve 3D modelu.....	39
Obrázek 43: Pluh ve 3D modelu.....	39
Obrázek 44: Detail zadní části pluhu před repasí na skutečném vozidle.....	40
Obrázek 45: Stav skutečného pluhu před repasí.....	40
Obrázek 46: Detail ochranného kola na pluhu po repasí.....	41
Obrázek 47: Čelní zábrana na skutečném vozidle před repasí .....	41
Obrázek 48: Čelní zábrana ve 3D modelu .....	42
Obrázek 49: Stav čelní zábrany po repasí na skutečném voze .....	42
Obrázek 50: Popis zabezpečovacích zařízení na 3D modelu .....	43
Obrázek 51: Detail uspořádání prostoru pod rámem u skutečného vozu č. 223 .....	44
Obrázek 52: Prostor pod rámem včetně přidané elektromagnetické brzdy u pražského vozu č. 2210 .....	44
Obrázek 53: Detail hřídele namotávající řetěz .....	45
Obrázek 54: Detail kříže ve 3D modelu .....	46
Obrázek 55: Detail seřizovacího uzlu na 3D modelu .....	48
Obrázek 56: Stav brzdové páky a brzdového uzlu před repasí skutečného vozidla	49
Obrázek 57: Stav části brzd po repasí a nalakování na skutečné tramvaji č. 223 ...	49
Obrázek 58: Detail brzdového mechanismu ve 3D modelu .....	50
Obrázek 59: Popis brzd ve 3D modelu .....	50
Obrázek 60: Návrh ozubeného převodu v Autodesk Inventoru verze 2015.....	51
Obrázek 61: Návrh materiálu pro převodovku v Autodesk Inventoru verze 2015..	52



## Přílohy

V příloze přikládám fotodokumentaci zachycující práce na karoserii tramvaje, jejíž repase není popisována v předešlém textu.

### Doplňující fotografie k repasi karoserie tramvaje



Poslední komerční jízda před repasí



Přeprava tramvaje proběhla na železničním vagonu



Skládání vozidla na pohyblivou plošinu



Kostra kabiny při rozebírání v dílnách



Montáž pantografu by se dala přirovnat ke kaskadérskému kousku



Vnitřní pohled na kabinu před repasí



Tramvaj krátce po nanesení laku



Montáž kostry kabiny v dílnách



Důkaz oblíbenosti vozidla - kdo by nechtěl fotografii při práci na tomto skvostu?



Zde bude kontrolér pro ovládání celého vozu



Počátek montáže kabiny na zrenovovaný rám tramvaje



Typový štítek motoru



Nápravy po repasi



Nápravy připravené k montáži na vozidlo



Kabina pro cestující během montážních prací



Snad tam bude ten sběrač pasovat ...



Poslední metry jízdy v areálu dílen





Nakládání na přívěs a loučení s dílnami



Vítej doma ...