

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Analýza návrhu bezrámového cisternového vozu

Autor: ***Bc. Václav NOHEL***

Vedoucí práce: ***doc. Ing. Petr Heller, Csc.***

Akademický rok 2013/2014

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## Poděkování

Tímto bych chtěl velmi poděkovat firmě Legios a.s. Louny za poskytnuté informace a odborné zázemí. Především však chci poděkovat konzultantovi své diplomové práce Ing. Miloslavu Benešovi za jeho poskytnuté podklady a informace, ochotu a za jeho čas.

Rád bych také poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Petru Hellerovi, Csc., který mi poskytl dobré základy pro vypracování této práce. Z velké části ovlivnil můj výběr diplomové práce díky jeho zajímavým přednáškám a poznatkům, které mi během studia předal hned v několika pro mě zajímavých předmětech.

Dále chci velmi poděkovat své rodině za jejich podporu a zázemí, které mi po dobu studia poskytli. Velké díky též patří mé přítelkyni Bc. Šárce Drtinové, která mi byla velkou oporou a dokázala mě povzbudit i v těžkých chvílích mého studia.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Nohel	Jméno Václav		
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 „Dopravní a manipulační technika“			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Heller, Csc.	Jméno Petr		
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Analýza návrhu bezrámového cisternového vozu			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	80	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	43	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	37
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce obsahuje základní popis cisternových vozů. Podrobněji popisuje jejich základní konstrukci a jednotlivé dílčí sestavy. Praktická část se zabývá návrhem představku a celkovou dispozicí bezrámového cisternového vozu. Na závěr jsou provedeny některé pevnostní výpočty navrženého představku.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>železniční cisternový vůz, kotel, hlavní rám, představek, podvozek, příčník, čelník, podélník, středový tunel, rameno, výztuha, pevnostní požadavky, MKP analýza</p>



## SUMMARY OF DIPLOMA WORK

<b>AUTHOR</b>	Surname Nohel	Name Václav	
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 "Transport and handling machinery"		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Heller, Csc.	Name Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Analysis of the proposal frameless rail tank car		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	80	<b>TEXT PART</b>	43	<b>GRAPHICAL PART</b>	37
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis contents a basic description of rail tank car. It describes in more details their basic design and individual sub-assemblies. The practical part of this thesis deals a design of concept and overall layout of the frameless rail tank car. At the end are made some strength calculations of designed concept.
<b>KEY WORDS</b>	rail tank car, tank, main frame, concept, carriage, crossbeam, frontbeam, longitudinal, center tunnel, beam, reinforcement, strength requirements, MKP analysis

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav NOHEL**  
Osobní číslo: **S12N0023P**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Analýza návrhu bezrámového cisternového vozu**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Základní požadavky:

Navrhněte spodek bezrámového cisternového vozu, tzn. bez použití nosné páteře spojující představky. Provedte hmotnostní analýzu a pevnostní ověření metodou FEM a porovnejte návrh se současnými konstrukčními řešeními bezpáteřových cisternových vozů z hlediska smysluplnosti a přínosu. Provedte návrh samonosného zesílení spodní středové části cisterny a uchycení nádrže k předstávkům.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova diplomové práce:

1. Rešerše současných cisternových vozů
2. Návrh vlastního koncepčního řešení
3. Celková dispozice vozu
4. Pevnostní výpočet vybraného dílu
5. Výrobní výkres vybraného dílu

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**DOSTÁL, J., HELLER, P.** *Kolejová vozidla I.* Plzeň: ZČU, 2007

**HELLER, P., DOSTÁL, J.** *Kolejová vozidla II.* Plzeň: ZČU, 2009

**HELLER, P., DOSTÁL, J.** *Kolejová vozidla III.* Plzeň: ZČU, 2011

**LATA, M.** *Konstrukce kolejových vozidel II.* Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004


*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**  
Regionální technologický institut  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Miloslav Beneš**  
LEGIOS, a.s., Louny

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2013**  
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



  
Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. září 2013

## Obsah

Zkratky .....	9
Seznam použitých symbolů.....	10
1. Úvod .....	11
1.1. Cíl práce.....	11
1.2. Zadávající firma.....	11
2. Cisternové vozy .....	12
2.1. Základní koncepce.....	12
2.2. Podvozky .....	13
2.2.1.Podvozek Y25 Lsd.....	13
2.2.2.Podvozek Y25 Lss .....	14
2.2.3.Podvozek Diamond.....	15
2.2.4.Podvozek UIC 30.....	16
2.2.5.Podvozek DB BA 715 .....	17
2.3. Hlavní rámy .....	18
2.4. Kotle .....	19
2.5. Příslušenství.....	21
3. Současné vyráběné konstrukce.....	23
3.1. Cisternové vozy firmy LEGIOS.....	23
3.2. Cisternové vozy firmy ASTRA RAIL Industries.....	23
3.3. Cisternové vozy firmy TATRAVAGÓNKA.....	24
3.4. Cisternové vozy firmy WAGGONBAU GRAAFF.....	25
3.5. Cisternové vozy firmy URAL VAGON ZAVOD.....	26
3.6. Cisternové vozy firmy AMERICAN RAILCAR Industries .....	26
4. Návrh vlastního koncepčního řešení .....	28
4.1. Čelník .....	31
4.2. Středový tunel.....	33
4.3. Příčnick .....	35
4.4. Výztuha .....	37
4.5. Podélníky.....	39
4.6. Sedlo.....	41
4.7. Ramena.....	42
5. Celková dispozice vozu .....	44
6. Pevnostní výpočty vybraného dílu .....	51
6.1. Cíl výpočtů .....	51
6.2. Pevnostní požadavky .....	51
6.2.1.Statické pevnostní požadavky.....	51
6.2.2.Únavové pevnostní požadavky .....	55
6.3. Výpočtový model .....	56
6.4. Síť modelu.....	58
6.5. Materiál modelu.....	60
6.6. Okrajové podmínky.....	62

6.7. Zatěžující stavy.....	62
6.7.1. Vlastní hmotnost vozu .....	62
6.7.2. Tlaková síla na nárazníky .....	63
6.7.3. Tlaková síla působící na dorazy táhlového ústrojí „c“ .....	63
6.7.4. Tahová síla na uchycení spřáhla .....	64
6.7.5. Tahová síla na uchycení spřáhla působící na nárazky „b“ .....	65
6.8. Výsledky zatěžujících stavů .....	65
6.8.1. Tlaková síla na nárazníky + vlastní hmotnost vozu.....	66
6.8.2. Tlaková síla působící na dorazy táhlového ústrojí „c“ + vlastní hmotnost vozu.....	69
6.8.3. Tahová síla na uchycení spřáhla + vlastní hmotnost vozu .....	72
6.8.4. Tahová síla na uchycení spřáhla působící na nárazky „b“ + vlastní hmotnost vozu	74
7. Závěr.....	77
Seznam použité literatury .....	78
Seznam příloh.....	80

## Zkratky

ČSN	česká technická norma <sup>[1]</sup>
EN	evropská technická norma <sup>[1]</sup>
ISO	mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization) <sup>[1]</sup>
UIC	mezinárodní železniční unie (Union Internationale des Chemins de fer) <sup>[22]</sup>
TSI	technická specifikace pro interoperabilitu (Technical specification for Interoperability) <sup>[23]</sup>
RID	řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí (Regulations Concerning the International Transport of Dangerous Goods by Rail) <sup>[24]</sup>
DIN	německá průmyslová norma (Deutsche Industrie Norm) <sup>[25]</sup>
GOST	státní standart používaný v zemích bývalého Sovětského svazu <sup>[26]</sup>
AAR	asociace amerických železnic (Association of American Railroad) <sup>[27]</sup>
DOT	pohotovostní požadavky na přepravu ropy po železnici (Emergency Order Requiring State Notification of Large Crude Oil Shipments by Rail) <sup>[28]</sup>
ASTM	americká společnost pro testování a materiály (American Society for Testing and Materials) <sup>[29]</sup>

## Seznam použitých symbolů

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	gravitační zrychlení
$m_c$	[kg]	celková hmotnost prázdného vozu
$m_1$	[kg]	hmotnost skříně vozu (bez podvozků)
$m_2$	[kg]	hmotnost podvozku
$m_3$	[kg]	maximální hmotnost nákladu
$F_{pzmax}$	[N]	maximální provozní zatížení
$F_{zkv}$	[N]	zatížení při zvedání vozu na jednom konci
$F_{zcv}$	[N]	zatížení při zvedání celého vozu
$R_e$	[MPa]	mez kluzu materiálu
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti materiálu
$E$	[MPa]	Youngův modul pružnosti materiálu
$\mu$	[-]	Poissonovo číslo materiálu
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota materiálu
$\sigma_{max}$	[MPa]	mezní statické napětí
$\sigma_{maxlim}$	[MPa]	mezní únavové napětí
$K$	[-]	dynamický součinitel
$u_x$	[mm]	posuv v ose X
$u_y$	[mm]	posuv v ose Y
$u_z$	[mm]	posuv v ose Z

## 1. Úvod

V současné době jsou kladeny požadavky na snížení hmotnosti cisternových vozů při zachování, případně zvýšení jejich objemových kapacit a zároveň zvýšení konkurenceschopnosti vůči ostatním výrobcům cisternových vozů. Vše při dodržení platných norem a zajištění odpovídající bezpečnosti těchto výrobků. To má za následek vývoj a návrh nových typů konstrukcí a jejich zlepšování.

### 1.1. Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout a analyzovat koncepci bezrámového cisternového vozu. Nejedná se o nový typ konstrukce těchto vozů. Řada firem zabývajících se výrobou cisternových vozů již tyto typy vyrábí a úspěšně nabízí na celosvětových trzích. Každý stát má však vlastní normy, které tyto vozy musejí splňovat. Limitující podmínky jsou především průjezdný průřez, váha vozu, která plyne z maximálního zatížení na nápravu a typ kolejiště, na kterém bude vůz provozován. Závisí tedy na dané infrastruktuře (rozchod kolejí, poloměry oblouků, převýšení ad.).

### 1.2. Zadávající firma

Společnost LEGIOS a.s. je významným evropským strojírenským podnikem zaměřeným na výrobu a servis kolejových vozidel. V tomto oboru má již 140letou praxi. Vlastní čtyři závody po celé republice, čímž se řadí mezi největší výrobce a opravce železničních vozidel. Klíčovými prvky, kterými se firma zabývá, je výroba lokomotiv a vagonů, opravárenství, modernizace a renovace železničních vozů všech značek, včetně historických. Má též k dispozici velmi rozsáhlé vývojové a výzkumné zázemí.

Význam a kvalitu této firmy potvrzuje řada získaných certifikátů, např. certifikát ISO 9001:2000, EN ISO 3834-2, ČSN EN ISO 14001:2005 a spousty dalších. <sup>[5]</sup>



## 2. Cisternové vozy

První cisternové vozy se začaly používat již v roce 1865 v Pensylvánii pro dopravu ropy z ropných polí. Kotle byly tehdy vyráběny ze dřeva a zpevněné ocelovými pásy. Jejich přepravní objem nebyl příliš velký. Až v roce 1869 se začaly vyrábět kotle kompletně celooceľové. Další pokrok nastal v roce 1920, kdy nýtování dílů bylo nahrazeno svařováním.

Použití nacházejí tyto vozy u přepravy spousty druhů kapalin a plynů. Mohou být stavěny jako „tlakové“ či „netlakové“, izolované či neizolované a pro jedno nebo více přepravovaných médií. V evropských podmínkách musí vyhovovat normě EN 12 561. [6]

### 2.1. Základní koncepce

Koncepce cisternových vozů prodělala v průběhu let řadu změn. První vozy byly pouze dvounápravové bez podvozků s malým rozvorem a tedy i malou celkovou délkou. V dnešní době převažuje konstrukce se dvěma podvozky, převážně dvounápravovými, která umožňuje přepravovat větší množství látek při nízkých provozních nákladech.



Obr. 1 Nepodvozkový cisternový vůz [7]



Obr. 2 Podvozkový cisternový vůz [5]

Základní koncepce každého cisternového vozu sestává ze čtyř hlavních celků, kterými jsou:

- a) podvozek
- b) hlavní rám
- c) kotel
- d) příslušenství

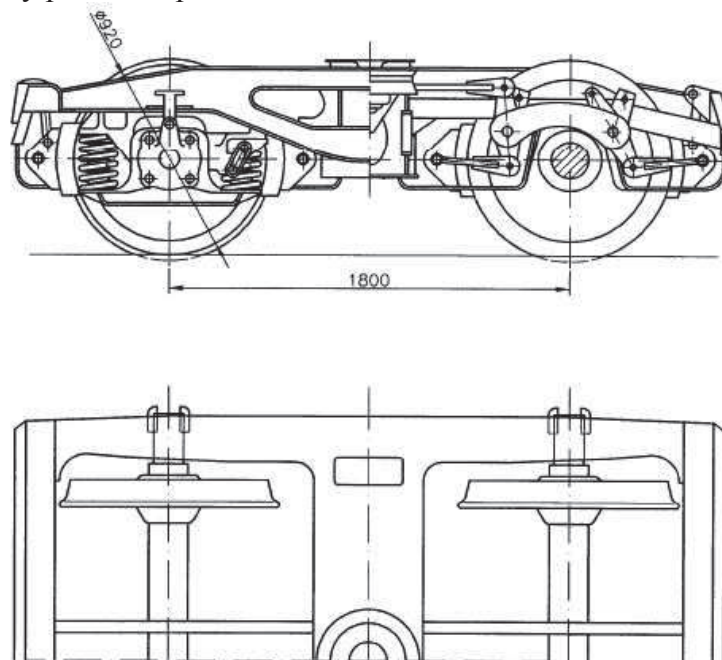
## 2.2. Podvozky

V této kapitole bude pojednáno o nejběžnějších současných podvozcích používaných na cisternových vozech.

### 2.2.1. Podvozek Y25 Lsd

Jedná se o běžný typ dvounápravového podvozku používaného obecně pro všechny druhy nákladních vagonů. Vyznačuje se jednoduchou konstrukcí, nízkou údržbou, nízkou hmotností a dobrou životností.

Základ podvozku tvoří uzavřený ocelový svařovaný rám, který je složen z jednoho příčnicku, dvou podélníků a dvou čelníků. Vedení dvojkolí je rozsochové pouze s primárním vypružením, které je tvořeno tlačnými šroubovitými pružinami s kruhovým průřezem drátu. Na každé kolo tohoto podvozku připadají dvě šroubovitě pružiny, celkově tedy 8 pružin. Tlumení je zajištěno pomocí jednoduché konstrukce, která sestává z třecí příložky a ovládací závěsky. Při propružení dojde prostřednictvím závěsky k přitlačení příložky na vodící plochu ložiskového domku nápravy a tím ke vzniku třecí (tlumící) síly. Dále je podvozek vybaven špalíkovými brzdami umístěnými po dvou pro každé kolo. Celý brzdový systém (brzdový válec, tyčové) je pak uložen na spodku rámu podvozku. Kluznice jsou obvykle odpružené, takže je zajištěn stálý přítlak na příčnick hlavního rámu vozu. [2, 8, 9]



Obr. 3 Podvozek Y25 Lsd - nákres [2]



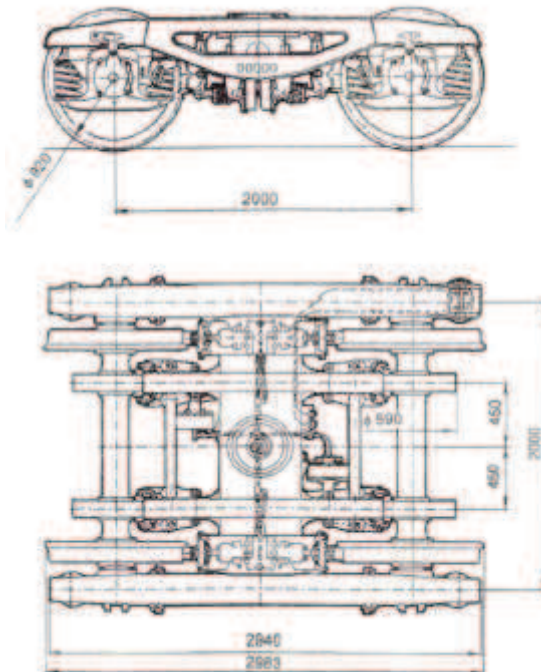
Obr. 4 Podvozek Y25 Lsd<sup>[2]</sup>

Parametry:

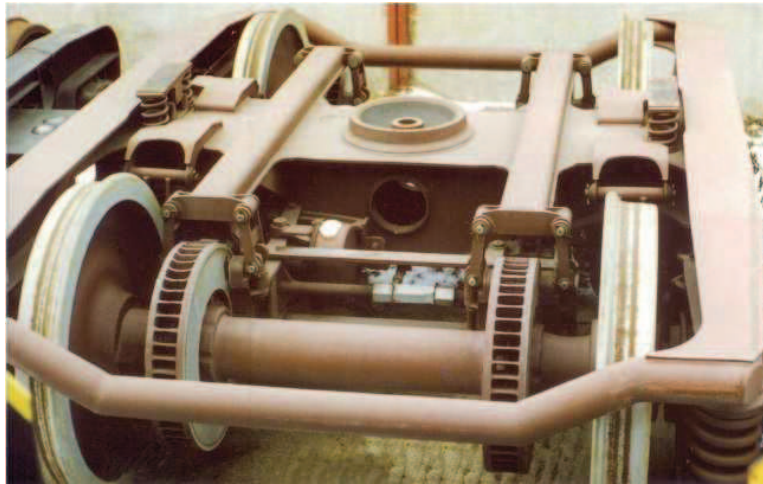
- max. hmotnost na nápravu	22,5 t
- max. provozní rychlost	120 km/h
- velikost příčných vřelí	2 x 10 mm
- průměr kol	920 mm
- rozvor	1 800 mm
- hmotnost	cca 4,6 t

### 2.2.2. Podvozek Y25 Lss

Tento podvozek vychází z konstrukce předchozího typu. Hlavním rozdílem je zvětšení rozvoru podvozku z 1 800 mm na 2 000 mm. K brzdění využívá kotoučové brzdy společně s jednostrannými špalíkovými brzdami. Často je též vyráběn bez čelníků.<sup>[2, 8, 9]</sup>



Obr. 5 Podvozek Y25 Lss – náčrtek<sup>[2]</sup>



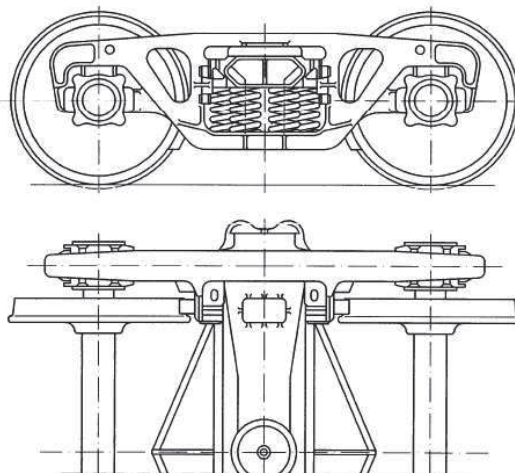
Obr. 6 Podvozek Y25 Lss<sup>[2]</sup>

Parametry:

- max. hmotnost na nápravu	22,5 t
- max. provozní rychlost	120 km/h
- velikost příčných vůlí	2 x 10 mm
- průměr kol	920 mm
- rozvor	2 000 mm
- hmotnost	cca 5,1 t

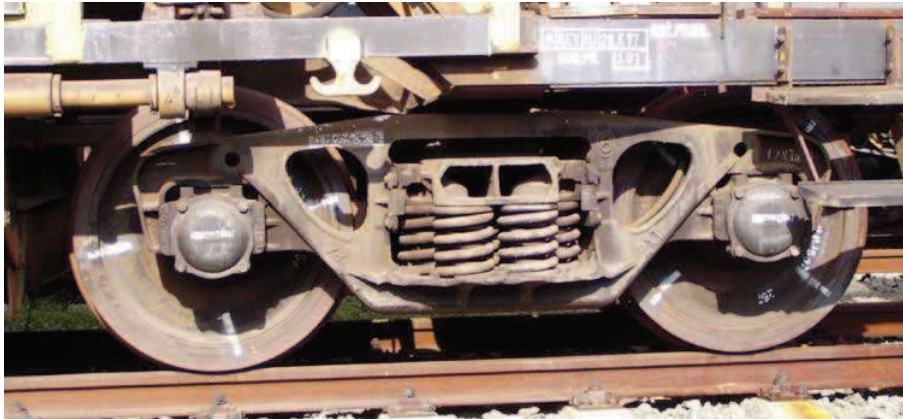
### 2.2.3. Podvozek Diamond

Podvozek typu Diamond tvoří vnější otevřený rám ve tvaru H. Hlavním znakem je absence primárního vypružení na nápravách. Skříň nápravových ložisek jsou pevně spojeny s podélníky rámu. Vypružený je až příčník, který spočívá zpravidla na 8 válcových tlačných šroubovitých pružinách, 4 z každé strany příčníku. Vedení samotného příčníku je řešeno vodícími otvory a čepy umístěnými ve střední části podélníků. V této části se též nachází i tlumení, které je zajištěno pomocí klínovité konstrukce umístěné nad pružinami a pod příčníkem. Podvozek je vybaven pouze jednostrannými špalíkovými brzdami. Výhodami tohoto typu podvozku jsou výrobní i montážní jednoduchost, nízká hmotnost a možnost příčníku vykonávat i příčné pohyby, čímž je umožněno větší příčné vypružení než u předchozích typů podvozků. Nevýhodou je velká hmotnost nevypružených hmot.<sup>[2, 9]</sup>



Obr. 7 Podvozek Diamond – nákres<sup>[2]</sup>





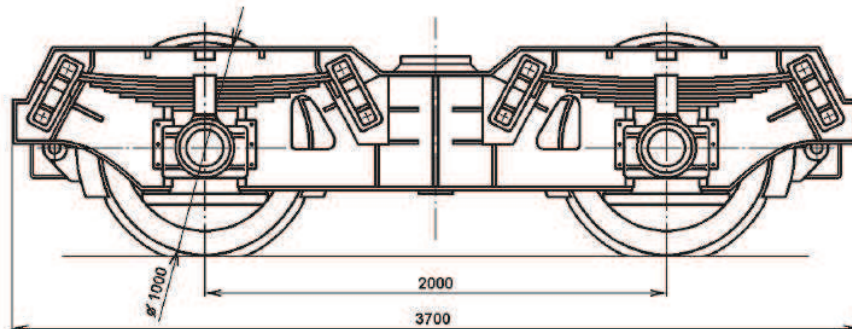
Obr. 8 Podvozek Diamond<sup>[8]</sup>

Parametry:

- max. hmotnost na nápravu	22,5 t
- max. provozní rychlost	120 km/h
- velikost příčných vůlí (vykývnutí příčnicku)	2 x 58 mm
- průměr kol	950 mm
- rozvor	1 850 mm
- hmotnost	cca 4,2 t

#### 2.2.4. Podvozek UIC 30

Rám podvozku je uzavřený, svařovaný v kombinaci s odlévanými díly. Má pouze primární vypružení, které je tvořené ocelovými pružnicemi. Ty jsou k rámu uchyceny pomocí závěsek a při pružení dochází mezi pružnicemi ke tření, což má za následek malé tlumení. Vedení dvojkolí je opět rozsochové. Brzdění zajišťují špalíkové brzdy umístěné z každé strany kola.<sup>[2, 9]</sup>



Obr. 9 Podvozek UIC 30 – náčrtek<sup>[2]</sup>



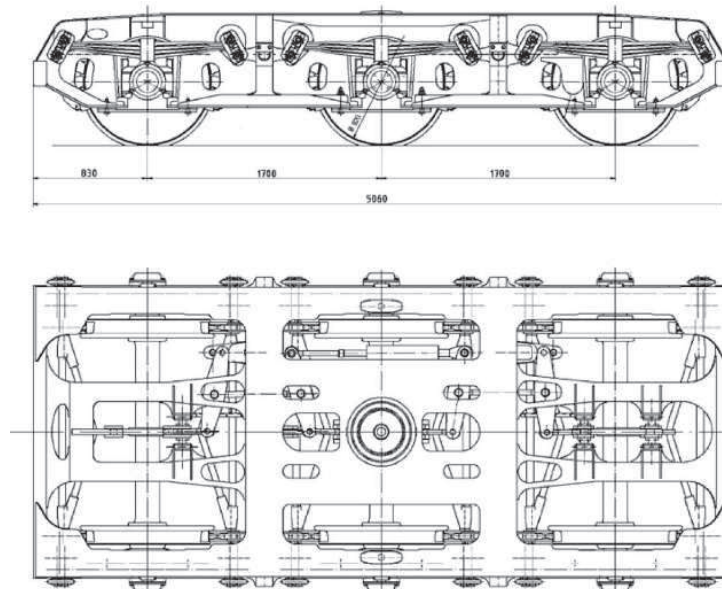
Obr. 10 Podvozek UIC 30<sup>[8]</sup>

Parametry:

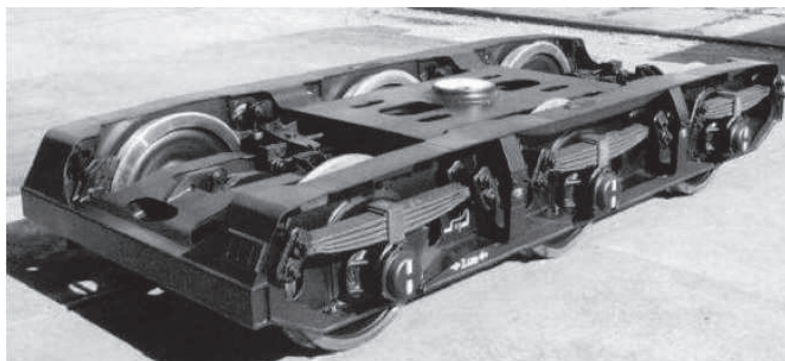
- max. hmotnost na nápravu	22,5 t
- max. provozní rychlost	120 km/h
- velikost příčných vůlí	2 x 20 mm
- průměr kol	1 000 mm
- rozvor	2 000 mm
- hmotnost	cca 4,9 t

### 2.2.5. Podvozek DB BA 715

Jedná se o třínápravový nákladní podvozek určený pro vyšší nákladové zatížení. Rám je vnější uzavřený, svařovaný. Primární vypružení je opět tvořeno ocelovými pružnicemi, které jsou k rámu uchyceny přes ploché závěsky. Pro rovnoměrné zatížení kol je použito provahadlování sousedních závěsek pružnic. Průjezdnost předepsaným minimálním obloukem je zajištěna zeslabenými okolky u prostředního dvojkolí. Ložiskové domky jsou opět vedeny pomocí rozsoch s většími příčnými vůlemi. K brzdění slouží špalíkové brzdy umístěné z obou stran každého kola. [2, 9]



Obr. 11 Podvozek DB BA 715 – nákres [9]



Obr. 12 Podvozek DB BA 715 [2]

Parametry:

- max. hmotnost na nápravu	22,5 t
- max. provozní rychlost	120 km/h
- velikost příčných vůlí	2 x 25 mm
- průměr kol	920 mm
- rozvor	2 x 1 700 mm
- hmotnost	cca 7,8 t

### 2.3. Hlavní rámy

Hlavní rámy slouží k nesení nákladu a všech částí na něm umístěných (kotel, nárazníky, spřáhla, pochozí plošiny, ad.). Přenášejí tlakové a tahové osově síly vyvolané při pohybu. Také pomáhají odvádět svislé zatížení směrem do představek a dále do podvozků. V českých podmínkách se jejich návrh řídí normou ČSN EN 12663-1, respektive ČSN EN 12663-2. Jsou vyráběny obvykle svařováním z ocelových profilů a kontrolovány na statickou a únavovou pevnost. <sup>[2]</sup>

Podle konstrukce se rozdělují na tři skupiny:

- vnější rám
- vnitřní páteřový rám s představky
- představky bez hlavního rámu

#### a) Vnější rám



Obr. 13 Cisterna s vnějším rámem <sup>[10]</sup>

Vnější rám, jak z názvu plyne, je tvořen podélníky umístěnými vně vozu, což dovoluje umístění kotle níže ke koleji, čímž se dosáhne nízkého těžiště. Vůz má pak lepší stabilitu při průjezdu obloukem. Výpusť je umístěna ve středu šířky vagonu.

## b) Vnitřní páteřový rám s představky



Obr. 14 Cisterna s páteřovým rámem [5]

Páteřový rám tvoří obvykle dva podélníky umístěné blíže, respektive uprostřed šířky vagonu a kotel je umístěn až nad tímto rámem. Těžiště se v tomto případě nachází výše nad kolejí, ale z důvodu absence vnějších podélníků je možno kotel rozšířit a zvětšit tak nákladní objem.

## c) Představky bez hlavního rámu



Obr. 15 Cisterna bez hlavního rámu [11]

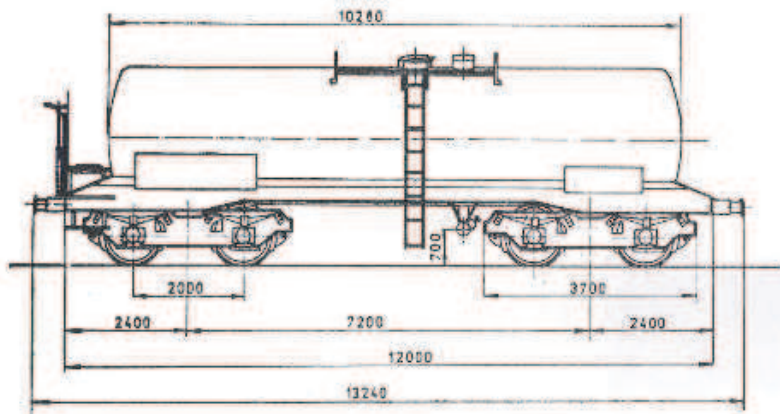
U cisternových vozů bez hlavního rámu jsou pouze představky umístěné nad podvozky. Tím je snížena hmotnost vozu o chybějící hlavní rám, avšak přenos tlakových a tahových sil při provozu je nutno přenést přes tělo kotle. Ten proto musí mít silnější tloušťku stěny nebo vhodné obvodové žebrování, čímž je váha vozu o toto naopak navýšena.

## 2.4. Kotle

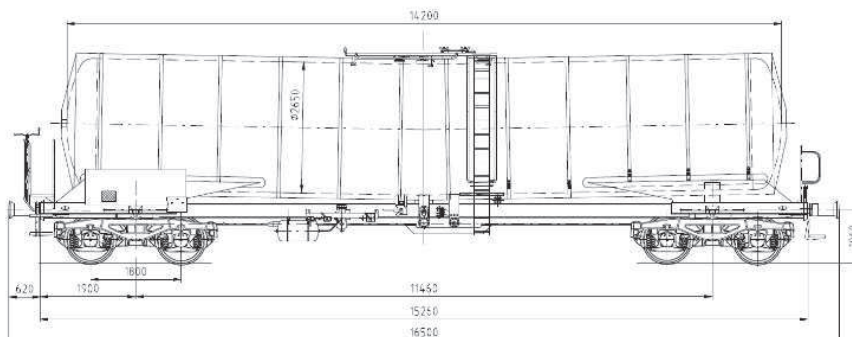
Tvoří přepravní prostor cisternového vozu. Slouží k přepravě kyselin a žíravých látek, stlačených nebo zkapalněných plynů, ropných derivátů a olejů. V českých podmínkách se jejich konstrukce řídí normami ČSN EN 14 025, ČSN EN 13 445, ČSN EN 13 094. Vyrábí se o různých objemech, od 18 m<sup>3</sup> až do 127 m<sup>3</sup>. Podle způsobu použití se kotle konstruují jako vyhřívané, nevyhřívané, tepelně izolované či neizolované, přetlakové, podtlakové, beztlakové, s vnitřním nátěrem, s nuceným odvětráváním vnitřního prostoru, lomené, nelomené



ad. Materiály používané na jejich výrobu jsou běžná ocel, pozinkovaná ocel, nerezová ocel nebo hliník.<sup>[10]</sup>



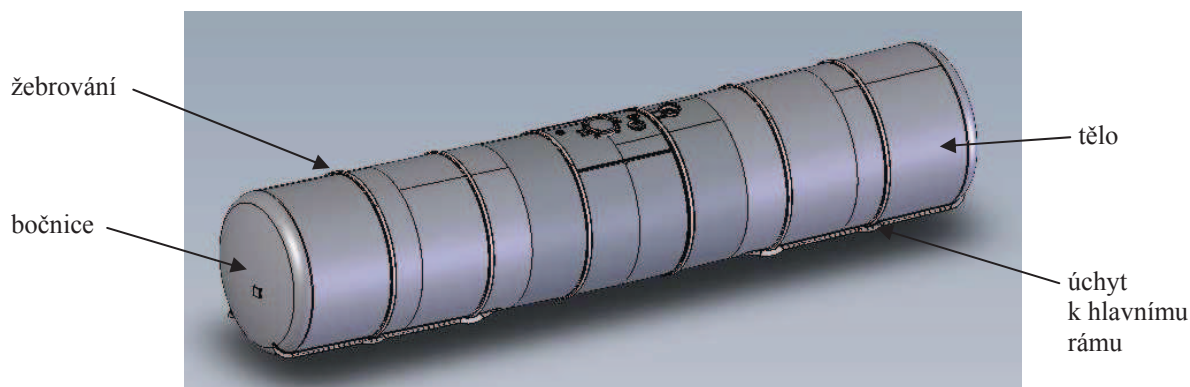
Obr. 16 Ukázka nelomeného kotle<sup>[12]</sup>



Obr. 17 Ukázka lomeného kotle<sup>[12]</sup>

Základní konstrukce sestává z těla, bočnic, žebrování a úchytů k hlavnímu rámu. Tělo je vyrobeno z plechu, který je skroužen do tvaru válce. Pokud se jedná o lomený kotel, sklon ke středu vozu bývá  $1^\circ$  až  $2^\circ$ . Bočnice mohou mít rovný nebo vypouklý tvar. Vypouklý tvar je výhodný z hlediska namáhání tlakem. Vyrábí se opět z plechu, který se vylisuje do potřebného tvaru. Žebrování je tvořeno plechy nebo válcovanými profily (tvar U, I). Vnitřní prostor kotle je možné opatřit ochrannými nátěry v tloušťce několika desítek  $\mu\text{m}$ , např. epoxidový nátěr – HEMPADUR 85671, FEIDAL ZD 52-0071, CHEMONIT 31, ad. Vnější povrch kotle je taktéž možné opatřit různými nátěry, např. zinkový základní nátěr. Izolační vrstvu tvoří materiály s nízkou tepelnou vodivostí, např. minerální vlna – ROTAFLEX SUPER. Tato vrstva může být tloušťky až 200 mm. Všechny komponenty se k sobě obvykle svařují, šroubují, nýtují nebo lepí. Pro výrobu v českých podmínkách musí být svařování provedeno v souladu s normou ČSN EN 15 085.<sup>[5]</sup>

Uchycení kotle k hlavnímu rámu nebo k předstávkům se provádí svařováním, šroubovými nebo nýtovanými spoji nebo svěrnou páskou. Svařování je nejjednodušší způsob uchycení. Jedná se však o nerozebíratelný spoj a neumožňuje žádné posuvy kotle vůči hlavnímu rámu, respektive předstávkům. Nerozebíratelný nýtový spoj umožňuje částečné malé posuvy, je však výrobně pracnější. Časově náročnější a pracnější je i šroubový spoj. Lze však velmi dobře nastavit předpětí ve spoji a je umožněna odnímatelnost kotle bez velkých úprav. Nevýhodou nýtovaných a šroubových spojů je koncentrace napětí v místech otvorů a možnost vzniku trhlin. Výhodnější spoj kotle k rámu nebo předstávkům je pomocí svěrné pásky. Ta obepíná celý kotel a umožňuje snadné dopínání. Dovoluje malé osově i rotační posuvy kotle a umožňuje rychlou a jednoduchou montáž i demontáž.<sup>[5, 11]</sup>



Obr. 18 Konstrukce kotle <sup>[5]</sup>

## 2.5. Příslušenství

Zde bude pojednáno pouze o příslušenství, týkajícího se samotného kotle, nikoliv příslušenství celého vozu. Stať je zaměřena na ventily, armatury, plnicí a výpustné otvory, poklopy, vyhřívání, zařízení pro nucené odvětrávání, ovládací zařízení, pochozí plošinu, žebřík aj.

Ventily a armatury se používají, jak pro plnění a vyprazdňování kotlů, tak také jako pojistné prvky proti přetlaku či podtlaku a též jako prvky měřící, které sledují např. teplotu přepravovaného nákladu. Některé se využívají k zajištění správného průtoku, čímž přispívají k optimálnímu vyprazdňování a úsporám vykládacích časů. <sup>[13]</sup>



Obr. 19 Ventily <sup>[13]</sup>

Otvory pro plnění se nacházejí obvykle na vrchní části kotle (pokud není kotle plněn tlakem zespoda). Slouží zároveň jako otvory ke vstupu do vnitřního prostoru kotle pro kontrolu a údržbu. Obvyklý průměr vstupního otvoru je 500 mm. Výpustné otvory se nacházejí na spodku kotle a mohou být potrubím vyvedeny směrem do kolejiště nebo k bokům vagonu. Opatřují se přírubami, ke kterým je možné přišroubovat potrubí, poklop nebo výpustný ventil. <sup>[13]</sup>



Obr. 20 Příruby, víka, uzávěry, ad. <sup>[13]</sup>

Vyhřívání kotle a zařízení pro nucené odvětrávání nejsou běžnou výbavou každého cisternového vozu. Vyhřívání slouží jednak k zajištění správné teploty přepravovaného média při nízkých venkovních teplotách, ale především se využívá ke zlepšení vyprazdňování kotle (olej, ropné deriváty), kdy se teplotou sníží viskozita a tedy i vnitřní tření přepravované kapaliny. Vyhřívány mohou být vnitřní nebo vnější povrch kotle, případně i příruba středového ventilu a výpustné potrubí. K tomu se používají např. parní topnice. Zařízení pro nucené odvětrávání zajišťuje odvod výparů, které mohou být vypouštěny přímo do atmosféry nebo přes filtry a kondenzátory vráceny zpět do cisterny. Ovládací zařízení, pochozí plošina a žebřík jsou nutné pro obsluhu vagonu. Pochozí plošina je umístěna na vrchní části vozu u plnicího otvoru. Měla by být opatřena zábradlím, ovšem z důvodu omezené výšky vagonu, dané průjezdným profilem, není někdy možné toto zábradlí zajistit, a tak se plošina opatřuje alespoň bočními madly. Nástupní žebřík se pak nachází, buď na čelech, nebo bocích cisternového vozu. <sup>[5, 13]</sup>

### 3. Současné vyráběné konstrukce

V této kapitole budou představeny současné druhy cisternových vozů od různých výrobců z celého světa.

#### 3.1. Cisternové vozy firmy LEGIOS

O firmě LEGIOS a.s. bylo pojednáno již v úvodu této práce. Jedná se o předního českého výrobce nákladních vozů. Specializuje se na výrobu podvozkových, přesněji čtyřnápravových cisternových vozů k přepravě kapalných i plyných látek.

Objemy vyráběných vozů se pohybují od 40 m<sup>3</sup> do 95 m<sup>3</sup>. Základní konstrukce sestává z dvounápravových podvozků, typy Y25 Lsd1 nebo Y25 Ls1-K, dále ze svařovaného páteřového rámu s představky a lomeného kotle z klasické nebo nerezové oceli, který je k předstávkám přišroubován. Běžný rozchod dvojkolí těchto vozů je 1 435 mm, maximální rychlost 120 km/h a maximální váha činí 90 000 kg. Vozy jsou konstruovány podle předpisů TSI, RID, UIC a norem ČSN, EN a ISO. [5]

Označení vyráběných typů cisternových vozů: Zacens, Zacns, Zaens, Zans

Zacens	40 m <sup>3</sup> , 50 m <sup>3</sup> , 56 m <sup>3</sup> , 64 m <sup>3</sup> , 70 m <sup>3</sup> , 75 m <sup>3</sup>
Zacns	62 m <sup>3</sup> , 85 m <sup>3</sup> , 95 m <sup>3</sup>
Zaens	40 m <sup>3</sup>
Zans	93 m <sup>3</sup>



Obr. 21 Cisternové vozy LEGIOS a.s. [5]

#### 3.2. Cisternové vozy firmy ASTRA RAIL Industries

Firma ASTRA RAIL Industries S.R.L. sídlí v Rumunsku. Vlastní tři výrobní továrny a má jedny z největších výrobních kapacit v Evropě. Na trhu se pohybuje již 130 let a je vybavena výzkumným a technologickým centrem.

Vyrábějí vozy s kapacitami v rozsahu od 79 m<sup>3</sup> do 122 m<sup>3</sup>. Všechny konstrukce jsou opatřeny vždy dvěma dvounápravovými podvozky: typy Y25 Ls1-K, Y25 Lsd-KP nebo Y25 Lsd-KP1. Nosnou část tvoří páteřový rám s představky. Kotle jsou lomené i nelomené a k hlavnímu rámu jsou uchyceny pomocí svarů. Základní rozchod je 1 435 mm, maximální rychlost 120 km/h a maximální hmotnost naloženého vagonu 90 000 kg. Konstrukce vozů je řízena podle předpisů TSI, RID, UIC a norem DIN a EN. [14]



Označení vyráběných typů cisternových vozů: Zacens, Zacns, Zans, Zags

Zacens	79 m <sup>3</sup>
Zacns	87 m <sup>3</sup> , 95 m <sup>3</sup> , 97 m <sup>3</sup>
Zans	85 m <sup>3</sup> , 87 m <sup>3</sup> , 95 m <sup>3</sup> , 97 m <sup>3</sup>
Zags	112 m <sup>3</sup> , 122 m <sup>3</sup>



Obr. 22 Cisternové vozy ASTRA RAIL Industries S.R.L. [14]

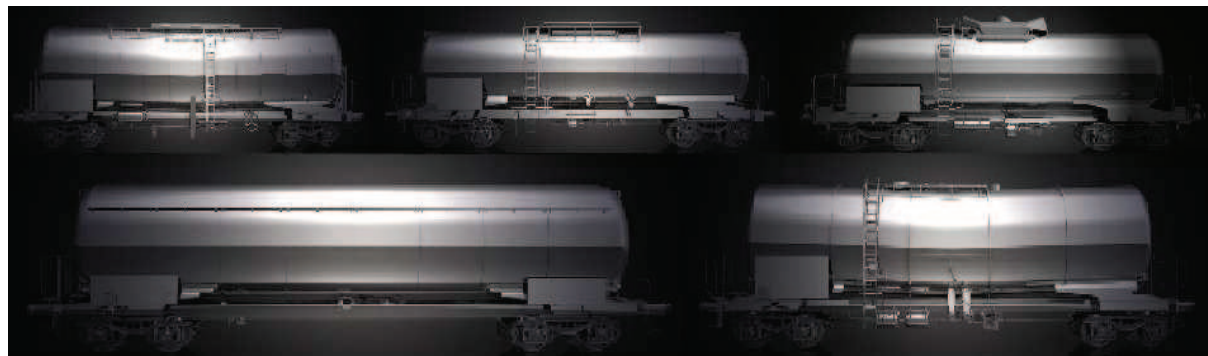
### 3.3. Cisternové vozy firmy TATRAVAGÓNKA

Společnost TATRAVAGÓNKA a.s. se nachází v Popradě na Slovensku. Řadí se mezi největší výrobce nákladních vozů v Evropě. Má více jak 90leté zkušenosti s vývojem a výrobou nákladních vagonů, které neustále zdokonaluje a modernizuje.

Objemy kotlů vyráběných cisternových vozů se pohybují od 38,5 m<sup>3</sup> do 137 m<sup>3</sup>. Používané podvozky jsou dvou nebo třínápravové: dvounápravové podvozky Y25 Lsd1, Y25 Ls1-K, třínápravový upravený podvozek vychází z konstrukce typu DB – BA 715. Rám je tvořen klasickou vnější konstrukcí nebo nosnou páteří s představky. Kotle jsou opět lomené i nelomené a k předstávkům se svařují nebo šroubují. Rozchod dvojkolí je 1 435 mm, maximální rychlost je 120 km/h a maximální hmotnost naloženého vagonu se dvěma dvounápravovými podvozky činí 90 000 kg, u plně naloženého vagonu se dvěma třínápravovými podvozky je maximální hmotnost až 150 000 kg. Návrh a vývoj těchto vozů probíhá podle předpisů TSI, RID a norem ISO a EN. [9]

Označení vyráběných typů cisternových vozů: Zacens, Zacns, Zagkks, Zagns, Zanss,  
Zans

Zacens	38,5 m <sup>3</sup> , 64 m <sup>3</sup> , 73 m <sup>3</sup> , 80 m <sup>3</sup>
Zacns	45 m <sup>3</sup> , 52 m <sup>3</sup> , 54 m <sup>3</sup> , 59 m <sup>3</sup> , 62 m <sup>3</sup> , 88 m <sup>3</sup>
Zagkks	108 m <sup>3</sup>
Zagns	52,5 m <sup>3</sup> , 54 m <sup>3</sup>
Zanss	137 m <sup>3</sup>
Zans	95 m <sup>3</sup>



Obr. 23 Cisternové vozy TATRAVAGÓNKA a.s. [9]

### 3.4. Cisternové vozy firmy WAGGONBAU GRAAFF

Další firmou, která se zabývá výrobou cisternových vozů, je německá společnost WAGGONBAU GRAAFF GmbH se sídlem v Elze. Oplývají 90letou zkušeností v oboru železniční dopravy. Své výrobky dodávají nejen do evropských zemí, ale i do celého světa.

Jelikož se firma zaměřuje na výrobu vagonů dle specifických požadavků zákazníka, mají ve své nabídce uvedeno pouze několik druhů cisternových vozů – pro minerální oleje, na přepravu chemikálií a pro přepravu plynů. Nabízené kapacity jsou od 18 m<sup>3</sup> do 122 m<sup>3</sup>. Konstrukce vagonu sestává ze dvou dvounápravových podvozků, typ Y25 bez dalšího označení, páteřového rámu s představky a lomených kotlů vyráběných převážně z nerezové oceli. Rozchod dvojkolí činí 1 435 mm, maximální rychlost 120 km/h a maximální hmotnost naloženého vagonu je 90 000 kg. Výroba je prováděna podle předpisů TSI, RID, UIC a norem DIN, ISO a EN. [15]

Označení vyráběných typů cisternových vozů: VTG (další značení neuváděno)

pro minerální oleje:	od 26 m <sup>3</sup> do 102 m <sup>3</sup>
pro chemikálie:	od 18 m <sup>3</sup> do 95 m <sup>3</sup>
pro plynné látky:	od 22 m <sup>3</sup> do 122 m <sup>3</sup>



Obr. 24 Cisternové vozy WAGGONBAU GRAAFF GmbH [15]

### 3.5. Cisternové vozy firmy URAL VAGON ZAVOD

Firma URAL VAGON ZAVOD se sídlem v Rusku se zaměřuje na výrobu spousty druhů techniky a jednou z nich je i výroba cisternových vozů.

Vyráběné kapacity cisteren jsou v rozmezí od 38 m<sup>3</sup> do 85 m<sup>3</sup>. Podvozky vozů jsou dvounápravové, typ DIAMOND. Nosnou část tvoří klasický vnější rám nebo bezrámový systém pouze s představky. Kotle jsou nelomené a jejich dosedací plochu tvoří dřevěné špalky. K nosné části jsou kotle uchyceny pomocí ocelových pásů. Rozchod dvojkolí je tzv. široký, tedy 1 520 mm, maximální rychlost vozů je 120 km/h a maximální hmotnost včetně nákladu činí 90 000 kg. Výroba se řídí normou GOST. <sup>[11]</sup>

Označení vyráběných typů cisternových vozů: 15 – 144, 15 – 150, 15 – 156, 15 – 157,  
15 – 195, 15 - 5103

15 - 144	74 m <sup>3</sup>
15 - 150	85 m <sup>3</sup>
15 - 156	72 m <sup>3</sup>
15 - 157	38 m <sup>3</sup> , 46 m <sup>3</sup>
15 - 195	neuveďeno
15 - 5103	neuveďeno



Obr. 25 Cisternové vozy URAL VAGON ZAVOD <sup>[11]</sup>

### 3.6. Cisternové vozy firmy AMERICAN RAILCAR Industries

AMERICAN RAILCAR Industries, Inc, jak sám název napovídá, jedná se o firmu sídlící v USA. Jejich první cisternové vozy měly kotle vyrobené z dřevěných sudů. Celková výrobní činnost této firmy se týká nejen výroby nákladních železničních vagonů, ale i tramvají a vozů metra.

Kapacity cisteren jsou v tomto případě uváděny v galonech. Velikosti objemů jsou od 15 800 galonů do 33 600 galonů (od 60 m<sup>3</sup> do 127 m<sup>3</sup>). Podvozky jsou opět dvounápravové, typ DIAMOND. Hlavním znakem těchto vozů je bezrámová nosná část, tvořená pouze představky. Vyráběné lomené i nelomené kotle jsou k předstávkům přivařeny. Rozchod dvojkolí je normální 1 435 mm a maximální rychlost vozů je 120 km/h. Výroba se řídí specifikací AAR, DOT a normou ASTM. <sup>[16]</sup>



Označení vyráběných typů cisternových vozů: AMFX

AMFX 15800	15 800 galonů (60 m <sup>3</sup> )
AMFX 20800	20 800 galonů (79 m <sup>3</sup> )
AMFX 23500	23 500 galonů (89 m <sup>3</sup> )
AMFX 25500	25 500 galonů (97 m <sup>3</sup> )
AMFX 29000	29 000 galonů (110 m <sup>3</sup> )
AMFX 31809	31 809 galonů (120 m <sup>3</sup> )
AMFX 33600	33 600 galonů (127 m <sup>3</sup> )



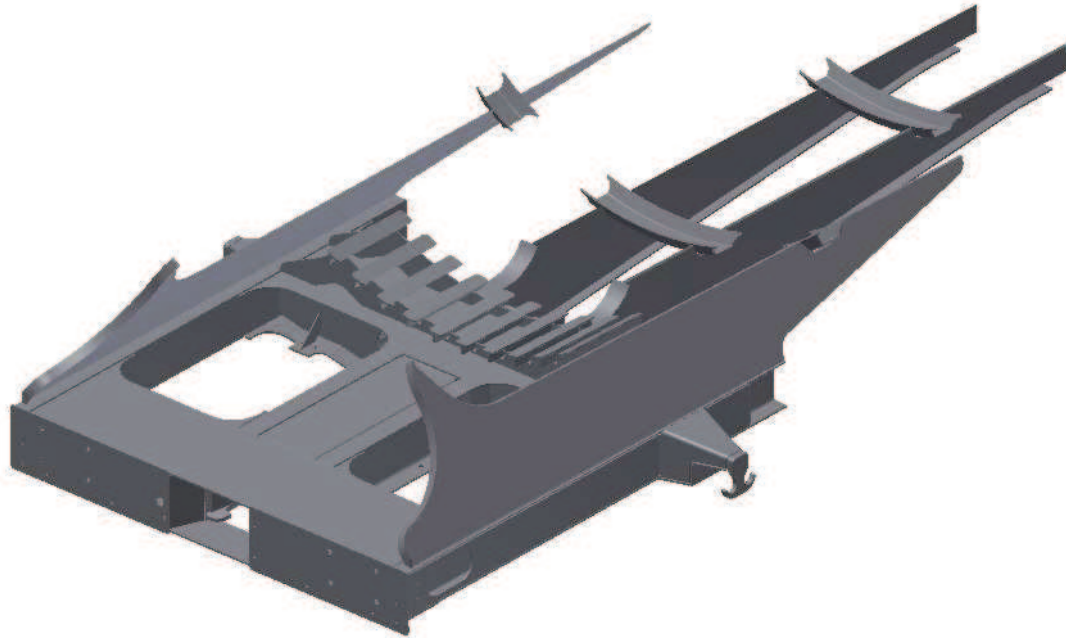
Obr. 26 Cisternové vozy AMERICAN RAILCAR Industries, Inc. <sup>[16]</sup>

Pozn.: Objemový přepočít galonů na kubické metry je určen dle převodu: 1 galon = cca 3,785 l. Uvedený přepočít je brán pro americký galon používaný pro objemy kapalin. <sup>[18]</sup>

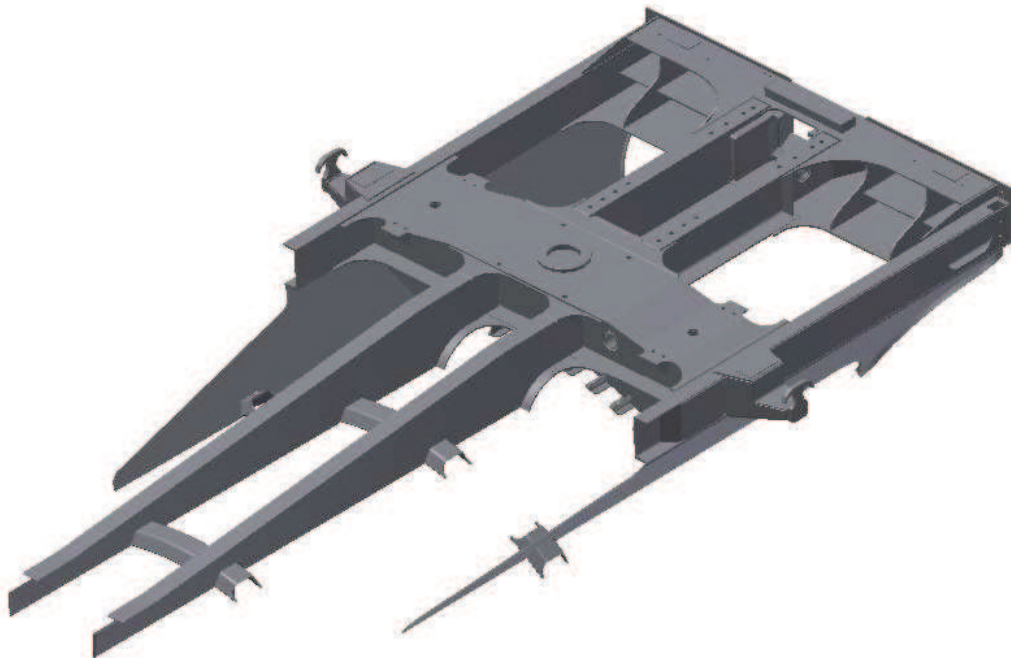


#### 4. Návrh vlastního koncepčního řešení

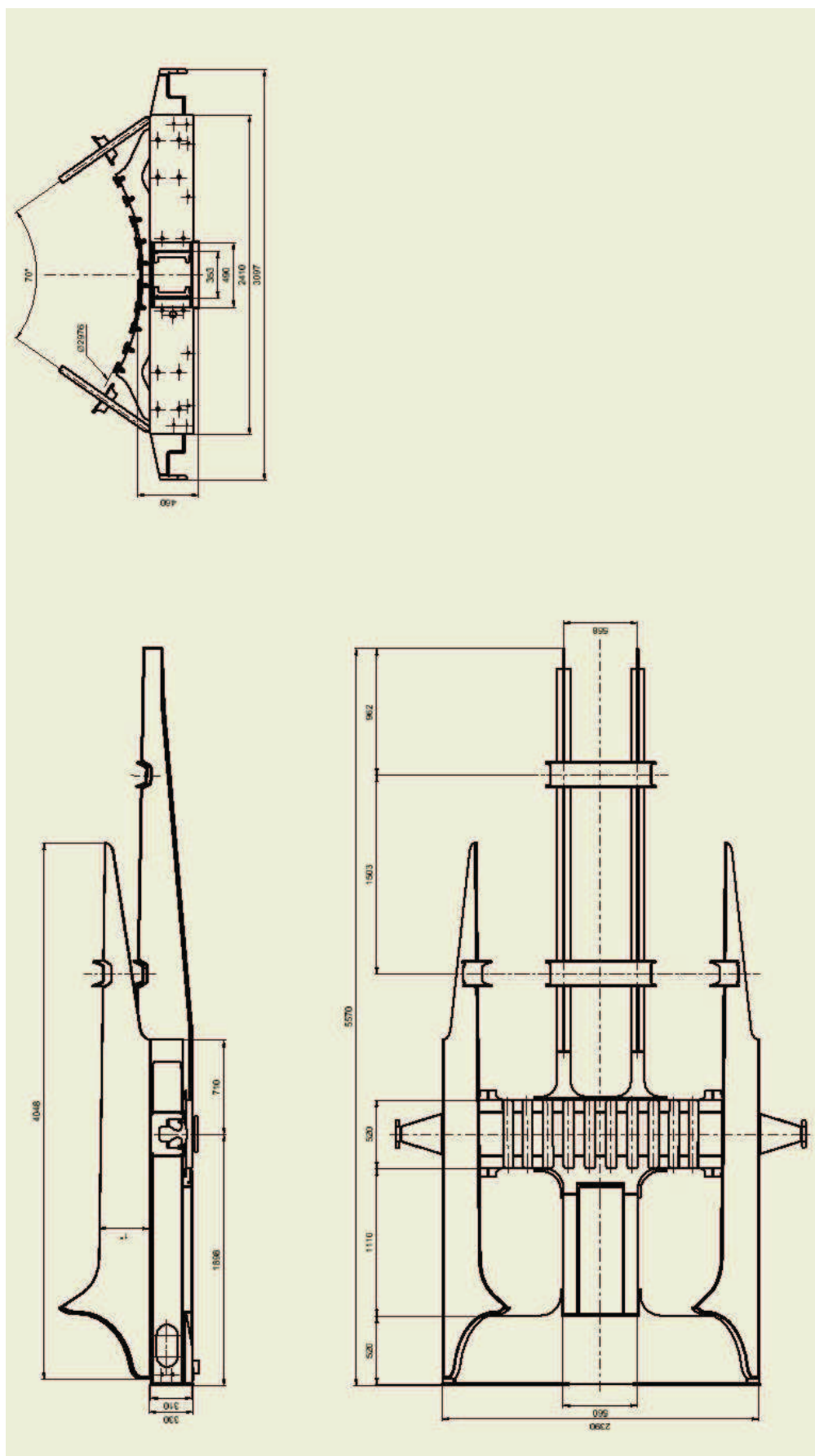
Cílem návrhu bylo vytvoření cisternového vozu, který nebude obsahovat páteřový rám. Pozornost byla zaměřena na konstrukci představek. Bylo potřeba též upravit tvar samotného kotle, který musí být schopen přenést síly, jež by u klasického vozu přenesl hlavní rám.



Obr. 27 Představek - pohled 1

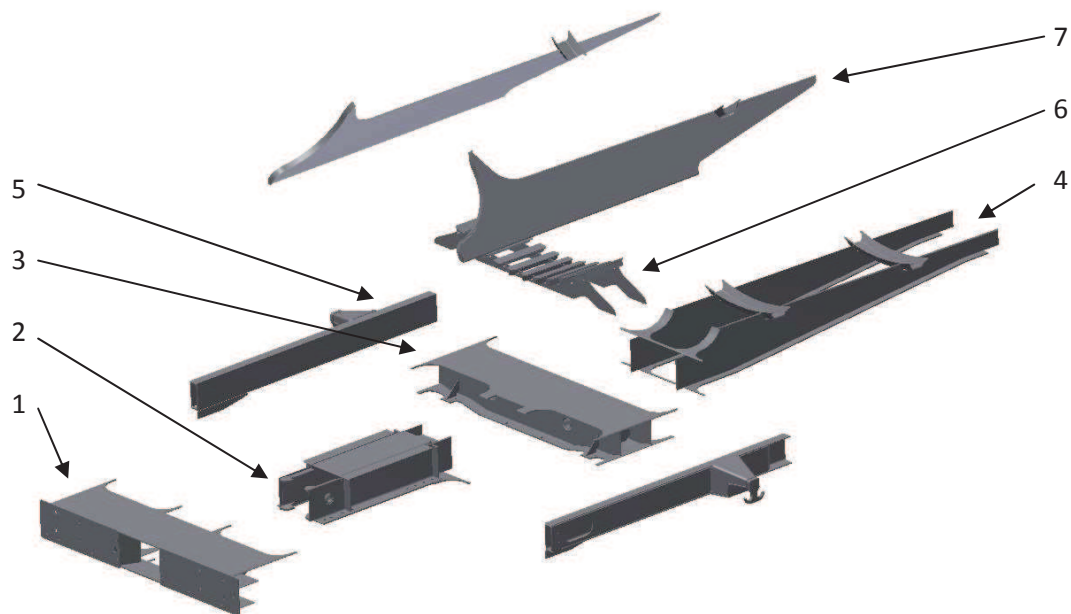


Obr. 28 Představek - pohled 2



Obr. 29 Základní rozměry navrženého představku

Představek byl navržen pro cisternový vůz o nákladovém objemu 85 m<sup>3</sup> a vnějším průměru kotle 2960 mm, který byl navíc skloněn ke středu vozu pod úhlem 1°.



Obr. 30 Základní sestavy představku

Konstrukce představku sestává z několika dílčích svařovaných podsestav. Tyto jednotlivé podsestavy jsou zobrazeny a očíslovány na obrázku výše.

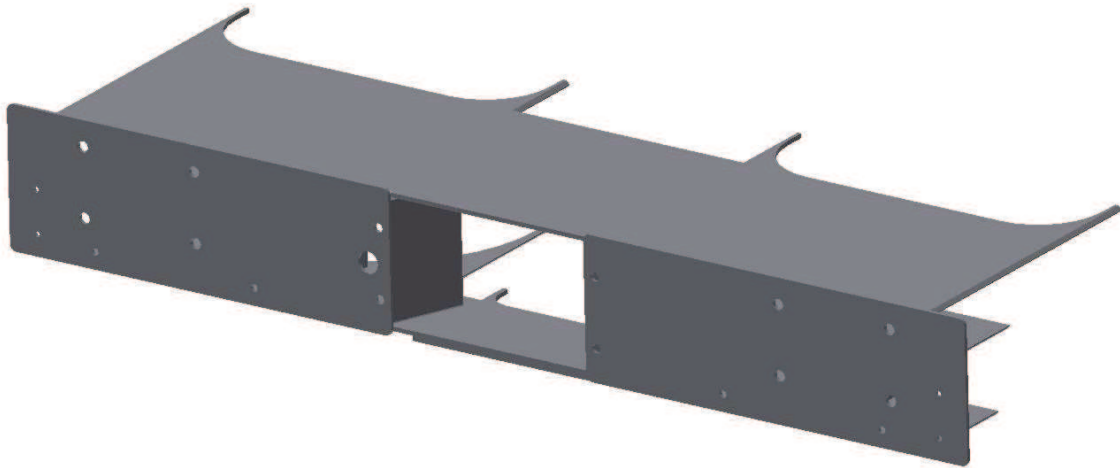
- Pozice:
- |   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 | čelník                   |
| 2 | středový tunel           |
| 3 | příčník                  |
| 4 | výztuha                  |
| 5 | podélníky (pravý a levý) |
| 6 | sedlo                    |
| 7 | ramena (pravé a levé)    |

Hlavní části tvoří čelník, středový tunel, příčník, výztuha, podélníky, sedlo a ramena. Na čelníku jsou uchyceny nárazníky, nástupní schůdky, závěsy a spojka hlavního brzdového potrubí. Ve středovém tunelu je vytvořen prostor pro umístění spřáhla. Na příčníku je umístěn ocelový prstenek, za který se vystředí celý představek vůči kulové torně na podvozku. Dále za příčníkem se nachází výztuha, která tvarem pozvolna přechází směrem ke kotli a přenáší na něj společně s rameny napětí od podélných sil a svislých sil. Ke kotli jsou výztuha a ramena pevně spojeny, takže vytváří jeden kompaktní celek. Dosedací plochu kotle pak tvoří sedlo složené z T profilů skloněných pod úhlem 1°. Boky představku jsou tvořeny podélníky, na nichž se nachází tažné háky, pomocí nichž je možné celý vůz posunovat bez nutnosti připojení lokomotivy.

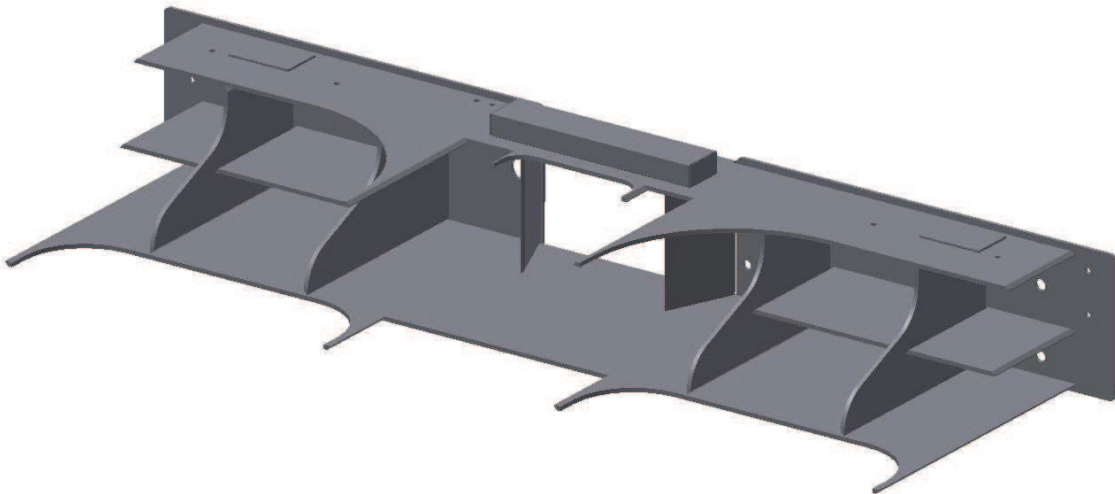
Základní rozměry navrženého představku jsou: délka 5 570 mm, šířka (bez tažných háků) 2 410 mm, šířka celková 3 097 mm, výška v úrovni sedla a ocelového prstence 460 mm. Ramena jsou vůči sobě skloněna pod úhlem 70°.

## 4.1. Čelník

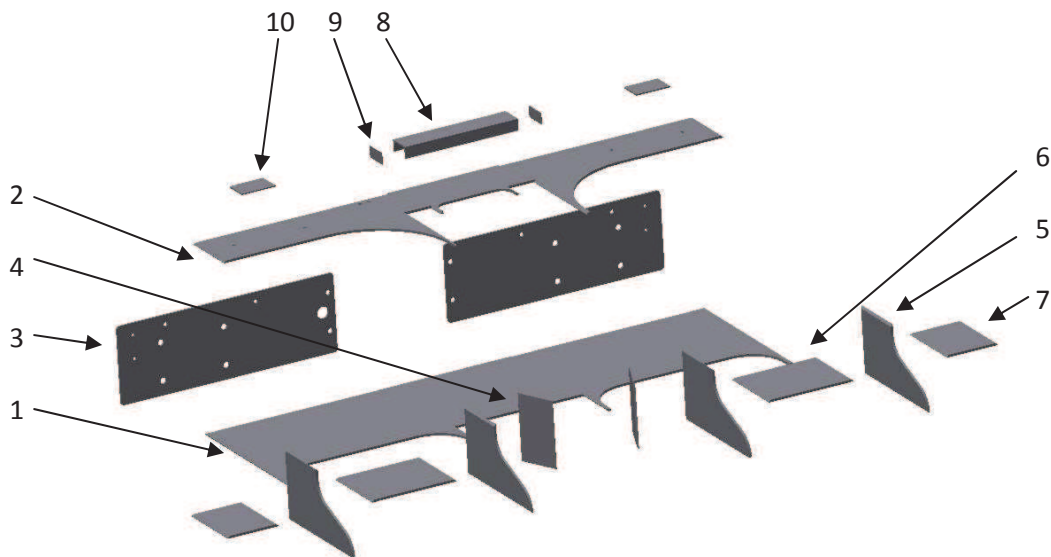
Přední část představku je tvořena čelníkem. Ten je vystaven především tlakovým silám od nárazníků a vzniklé napětí přenáší dále do středového tunelu a do podélníků. Dále je též vystaven silám vznikajících při zdvihání vozu při nakolejování.



Obr. 31 Čelník - pohled 1



Obr. 32 Čelník - pohled 2

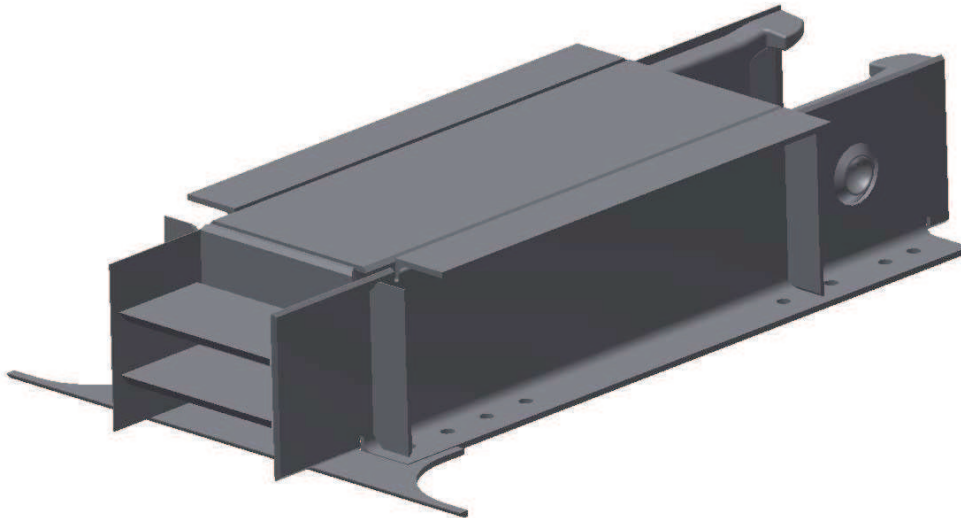


Obr. 33 Čelník - rozložení

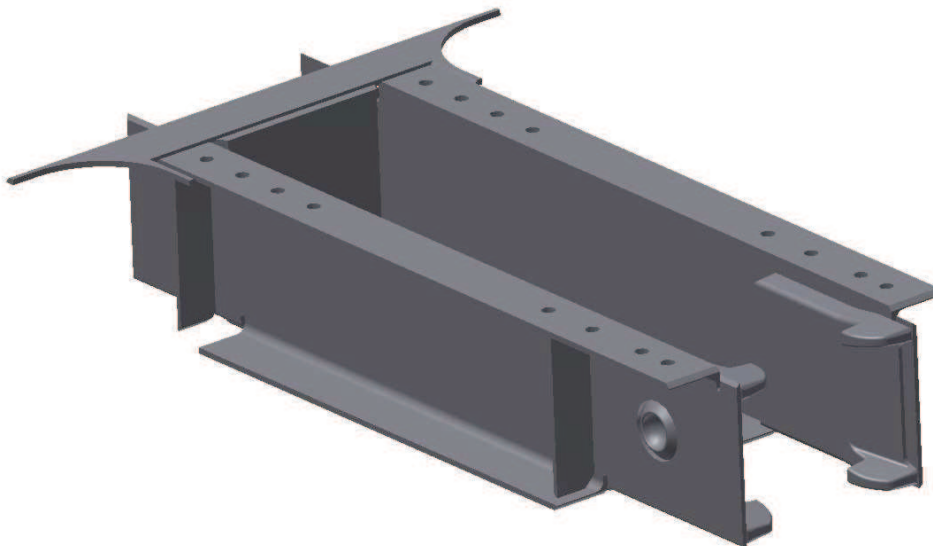
Základ čelníku tvoří čelní desky **3**, které jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 10 mm. Jsou opatřeny různými otvory pro šrouby, respektive průchod brzdového vzduchového potrubí. Vrchní a dolní část je tvořena plechovými výpalky o tloušťce 10 mm, horní deska **1**, spodní deska **2**. Přenos tlakových sil z čelních desek do středového tunelu je zajištěn pomocí žeber **4**. Žebra **5**, **6**, **7** vytváří vzpěru proti zmíněným silám a zpevňují čelní desky. Zabraňují jejich zborcení a zároveň převádí část napětí směrem do podélníků. Profil U **8** a zátky **9** zpevňují spodní desku. Žebrované plechy **10** slouží k vymezení míst, za které je možné zvedat vůz při nakolejování.

## 4.2. Středový tunel

Středový tunel je umístěn v podélné ose představku. Přenáší tlakové a tahové síly od spřáhla a část tlakových sil působících na nárazníky. Je též namáhán i na ohyb.

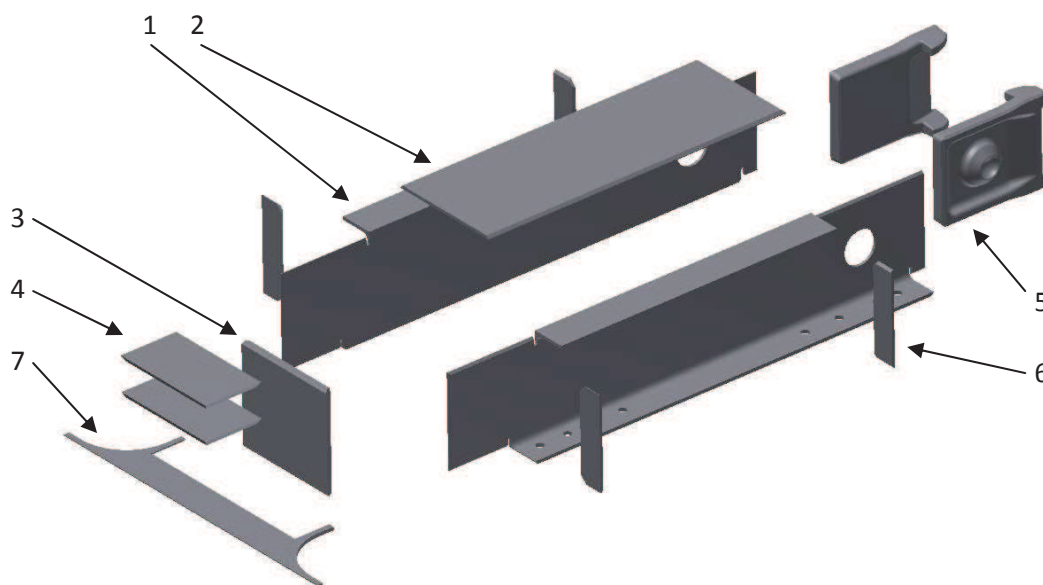


Obr. 34 Středový tunel - pohled 1



Obr. 35 Středový tunel - pohled 2

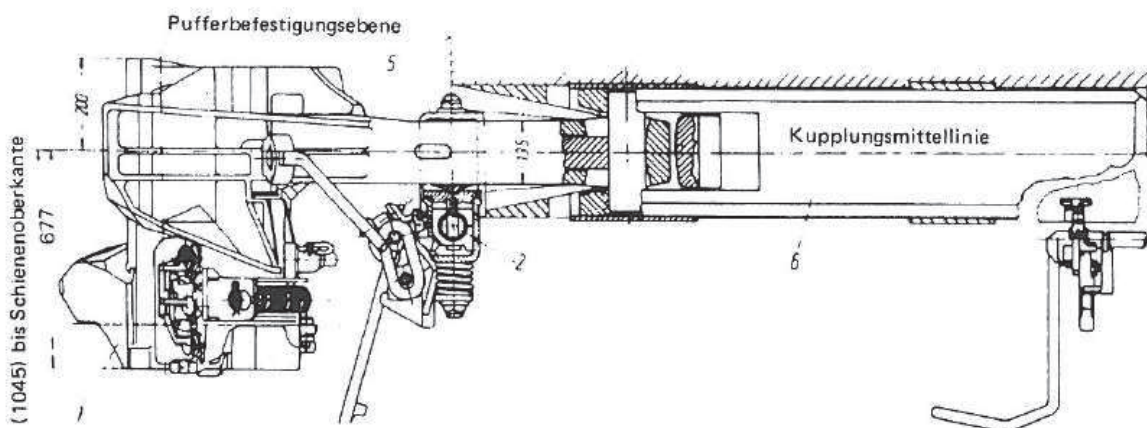




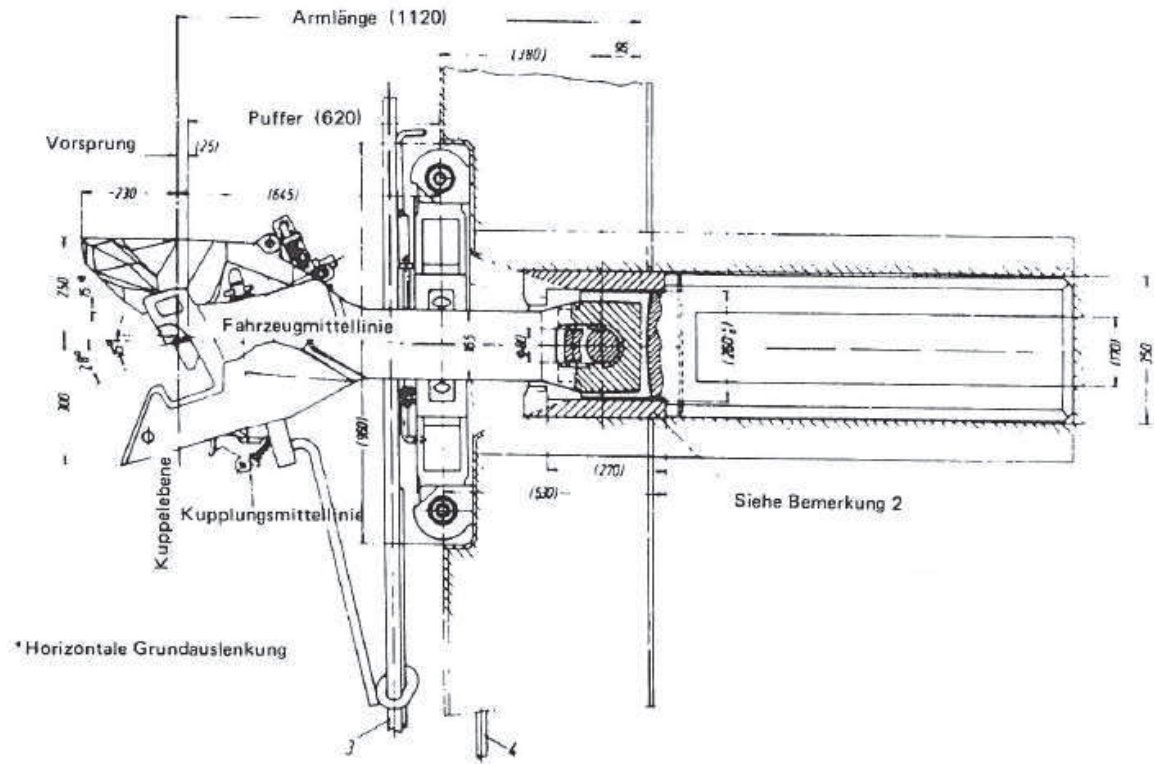
Obr. 36 Středový tunel – rozložení

Základ středového tunelu tvoří dvě bočnice **1** z válcovaného ocelového profilu s vyříznutými otvory. Velké otvory jsou vyvrtány pro možnost vložení a přivaření kovaných dorazů **5**. O plochy dorazů se pak opírá spráhlo. To je upevněno šrouby přes malé spodní otvory. V zadní části středového tunelu je opěrná deska **3** z plechu tloušťky 25 mm zpevněná dvěma žebry **4**, které tvoří plech tloušťky 16 mm. Bočnice jsou na vnějších stranách zpevněny vždy po dvou žebrech **6**. Vrchní přemostění je vytvořeno horní deskou **2** a ke spojení středového tunelu k příčnicku je ve spodní části vložena přechodová deska **7**.

Z důvodu použití normalizovaných spráhel různých typů jsou předepsány vnitřní rozměry středového tunelu. Pro možnost použití nejen klasických spráhel s táhlovým ústrojím a šroubovkou, ale i automatického spráhla (př. typ SA 3), musejí být dodrženy vnitřní rozměry dle vyhlášky UIC 530 – 1. <sup>[17]</sup>



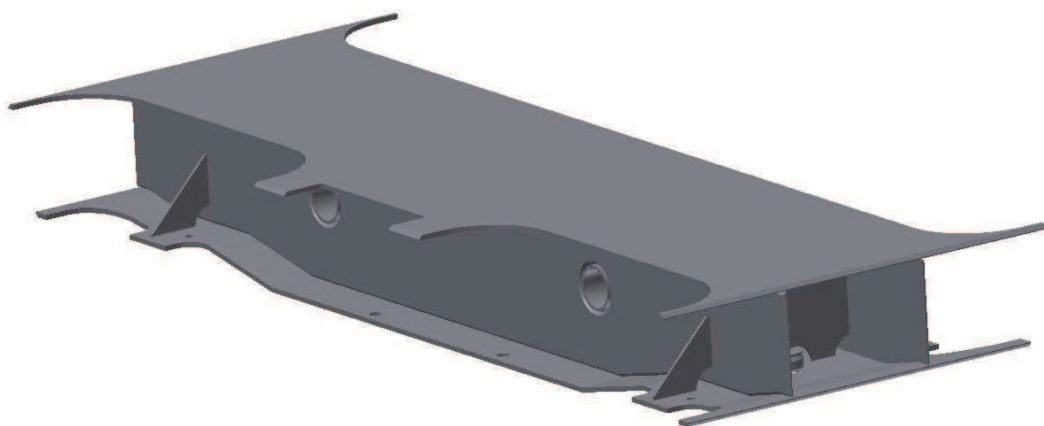
Obr. 37 Prostor pro automatické spráhlo – nárysny řez <sup>[17]</sup>



Obr. 38 Prostor pro automatické spřáhlo – půdorysný řez <sup>[17]</sup>

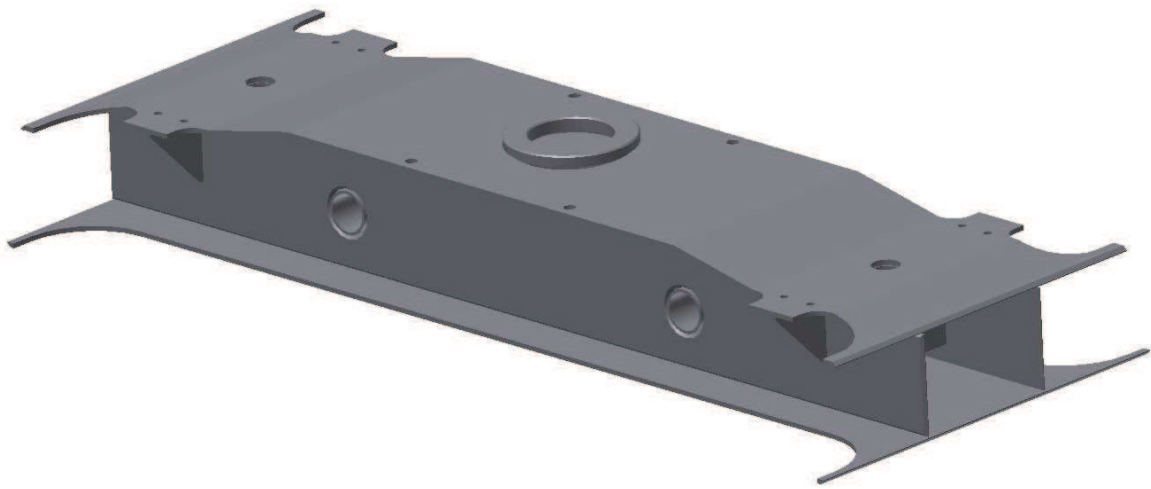
### 4.3. Příčnick

Hlavní částí představku je příčnick, na kterém se nachází uložení a propojení s kulovou tornou. Spojuje též oba podélníky. Je namáhán na podélné, příčné i svislé zatížení.

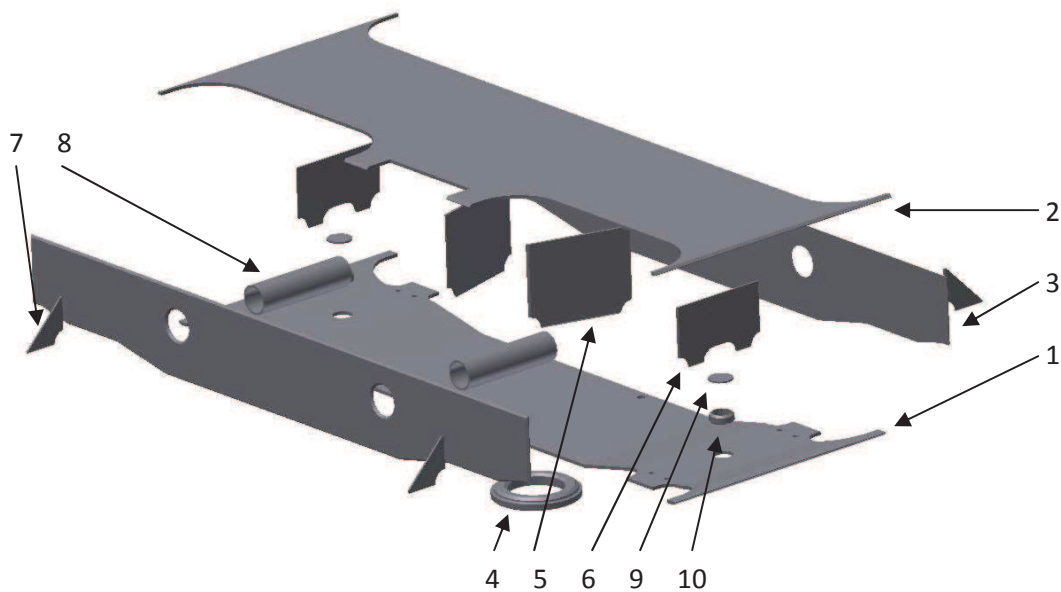


Obr. 39 Příčnick - pohled 1





Obr. 40 Příčník - pohled 2



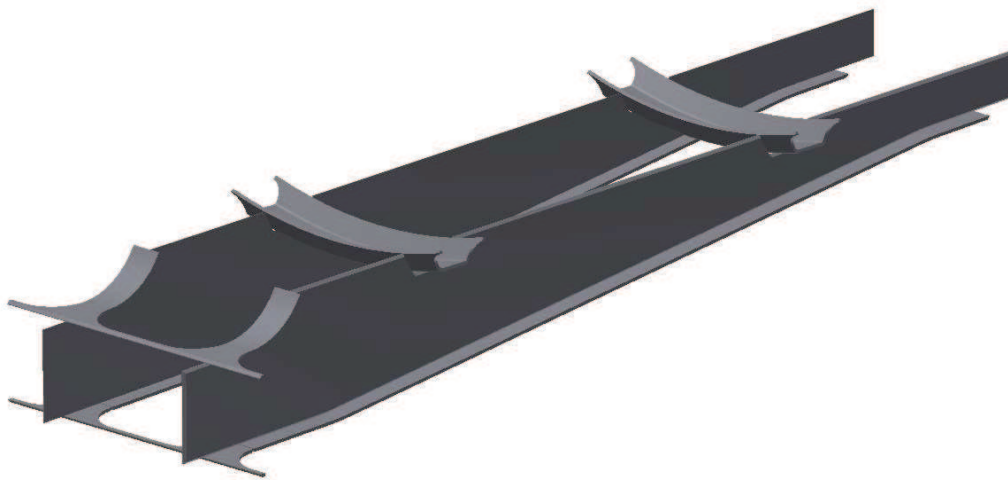
Obr. 41 Příčník – rozložení

Obrázek výše ukazuje složitost konstrukce navrženého příčníku. Hlavními částmi jsou dolní pásnice **1**, horní pásnice **2** a dvě stojny **3**. Horní pásnici tvoří přímý plech tloušťky 10 mm. Dolní pásnice je tvořena ohýbaným plechem o stejné tloušťce, který je opatřen otvory pro šrouby, za které se představek uchytili ke konzole od kulové torny na podvozku. Malé krajní otvory slouží k uchycení třecích podložek umístěných nad kluznicemi a velké otvory spolu s trubicou **10** a dnem **9** tvoří zásobárnu a výstup maziva ke kluznicím. Vnitřní a z části i vnější prostory jsou opatřeny žebry **5**, **6**, **7**. Žebra **5** převádí napětí od podélných sil z přední stojny příčníku na zadní stojnu a dále do výztuhy a samotného kotle. Dalším prvkem příčníku jsou dvě trubky **8**, které slouží pro vstup brzdového vzduchového potrubí od hlavní spojky

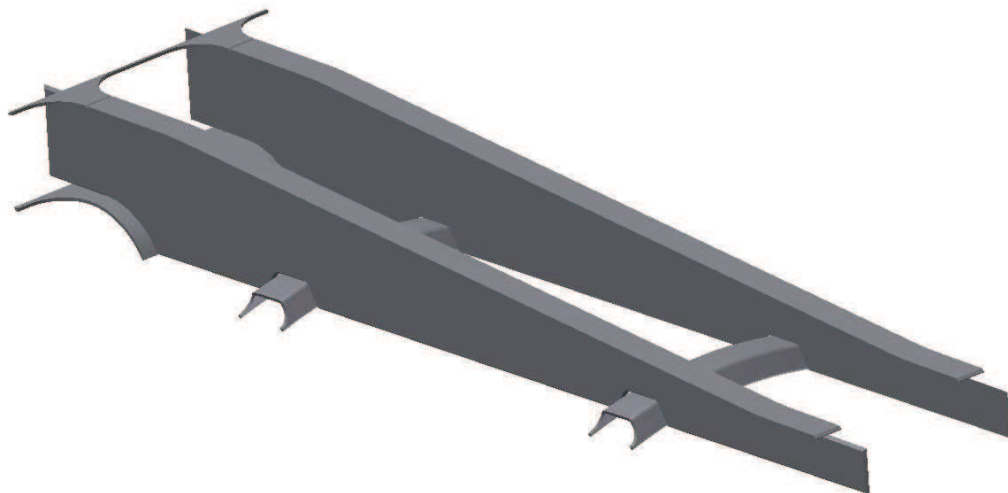
na čelníku směrem ke středu vozu a dále do vzduchojemu. Pro ustředění představku v kulové torně se na spodní straně příčnicku nachází ocelový prstenec 4.

#### 4.4. Výztuha

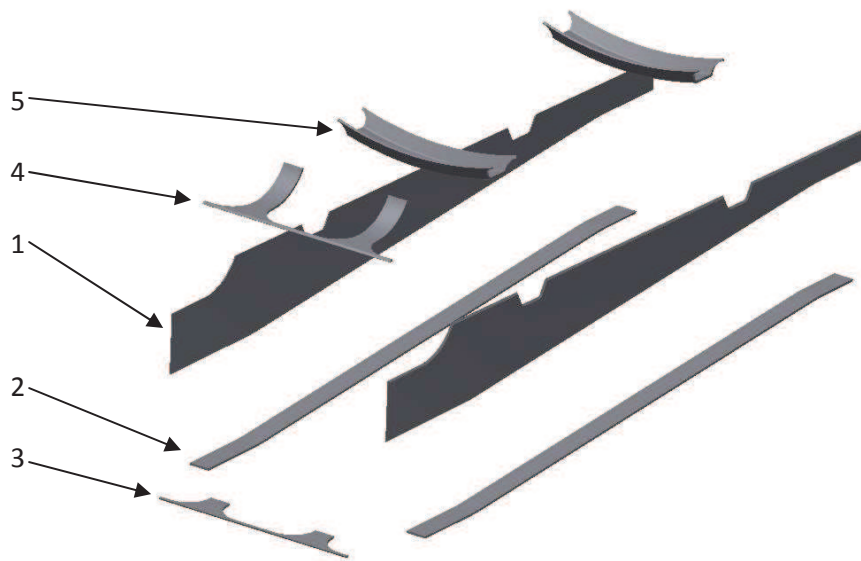
Výztuha přenáší napětí z příčnicku do těla kotle a zároveň kotel zpevňuje. Nahrazuje centrální páteř a navazuje dále na žebra kotle, čímž je minimalizována koncentrace napětí na koncích výztuhy.



Obr. 42 Výztuha - pohled 1



Obr. 43 Výztuha - pohled 2

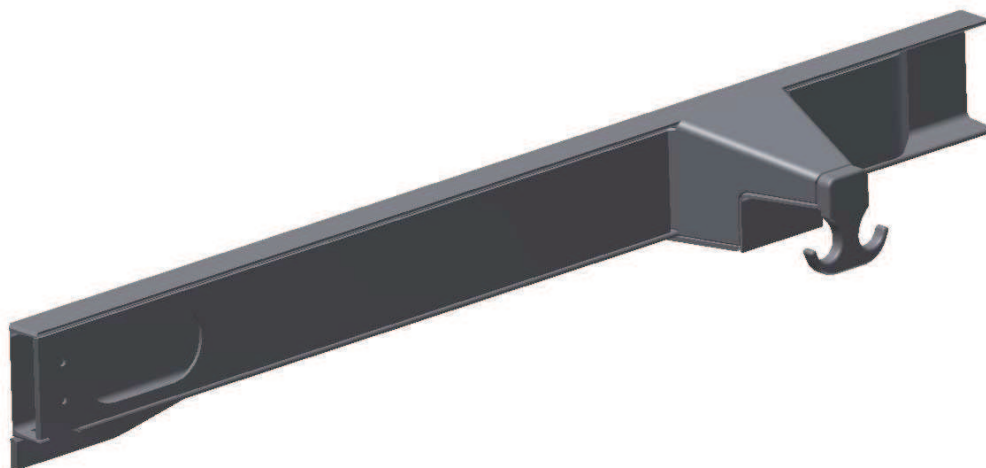


Obr. 44 Výztuha – rozložení

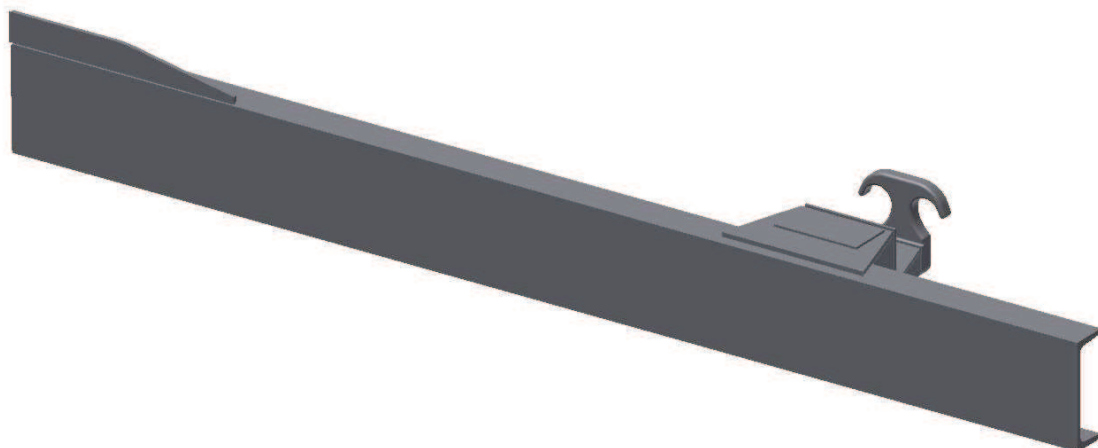
Konstrukce výztuhy sestává ze dvou stojen **1** vyrobených z plechu tloušťky 10 mm. Pro zpevnění okrajů jsou stojny opatřeny pásnicemi **2**, které se na koncích spojují do jednoho celku pomocí vložek **3** a **4**. Tyto vložky jsou následně přivařeny k příčnicku. Tělo kotle je z vnější části opatřeno žebry z profilu U, a proto jsou na výztuze vytvořeny prostory pro tato žebra. Lemy **5**, které slouží právě k vytvoření prostoru pro zmíněná žebra, navíc též zpevňují obě stojny a vytváří tak jeden tuhý celek.

## 4.5. Podélníky

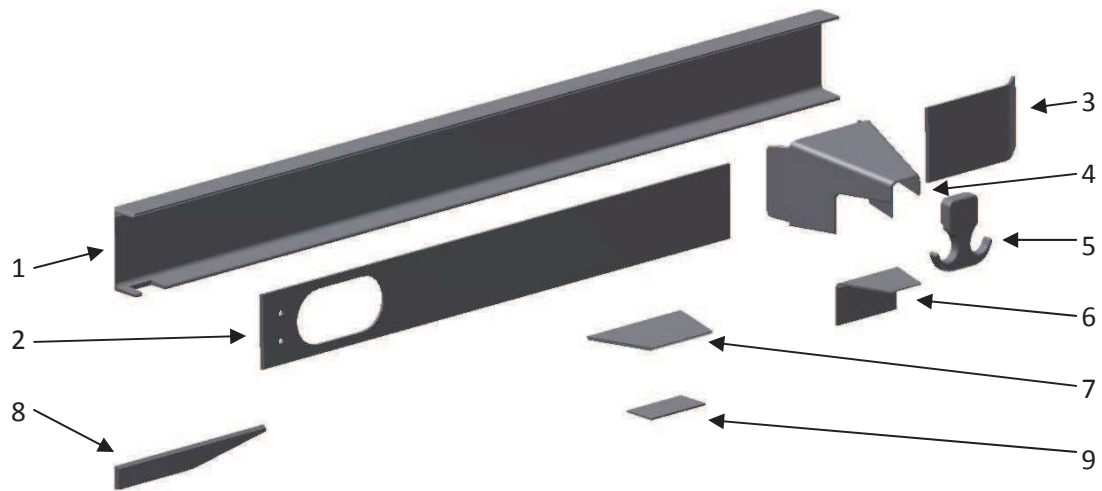
Podélníky slouží k torznímu zpevnění celého představku a podílí se částečně na přenosu napětí mezi čelníkem a příčnickem. Jejich tvar je zobrazen na následujících obrázcích.



Obr. 45 Podélník - pohled 1



Obr. 46 Podélník - pohled 2



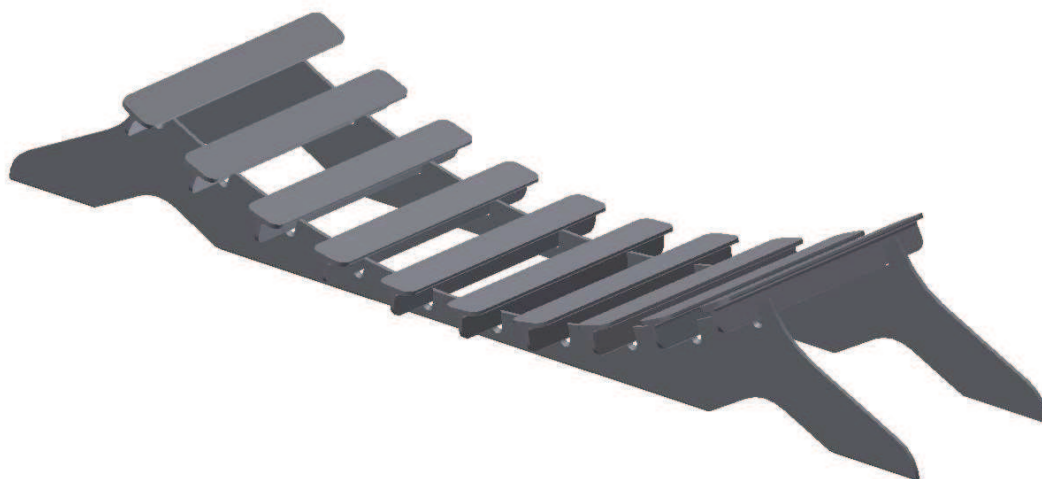
Obr. 47 Podélník – rozložení

Základním prvkem podélníku je válcovaný profil U **1** o rozměrech 240 x 90 mm. Má vytvořen výřez pro průchod sloupku bočních schůdků. K tomuto profilu jsou z vnější strany přivařeny krycí plechy **2** a **3**, které mění průřez podélníku z původního U na průřez obdélníkové trubky. Krycí plech **2** je opatřen dvěma otvory pro šrouby k připevnění bočních schůdků a dále obsahuje velký otvor pro možnost snadné montáže těchto schůdků. Důležitou součástí podélníku je také tažný hák **5**, jenž umožňuje posun vozu bez nutnosti připojení lokomotivy. Je umístěn v příčné ose ve středu kulové torny a vyveden vně představku. Na profil U je pak hák uchycen pomocí žeber **4**, **6** a **7**. Pod ním se též nachází další místo pro zdvihání vozu, které je vymezeno žebrovaným plechem **9**. K dosažení hladkého propojení podélníku s čelníkem (čelník má vyšší výšku než podélník) je na spodní část válcovaného profilu U přivařeno žebro **8**, které zmíněnou odchylku výšky kompenzuje.

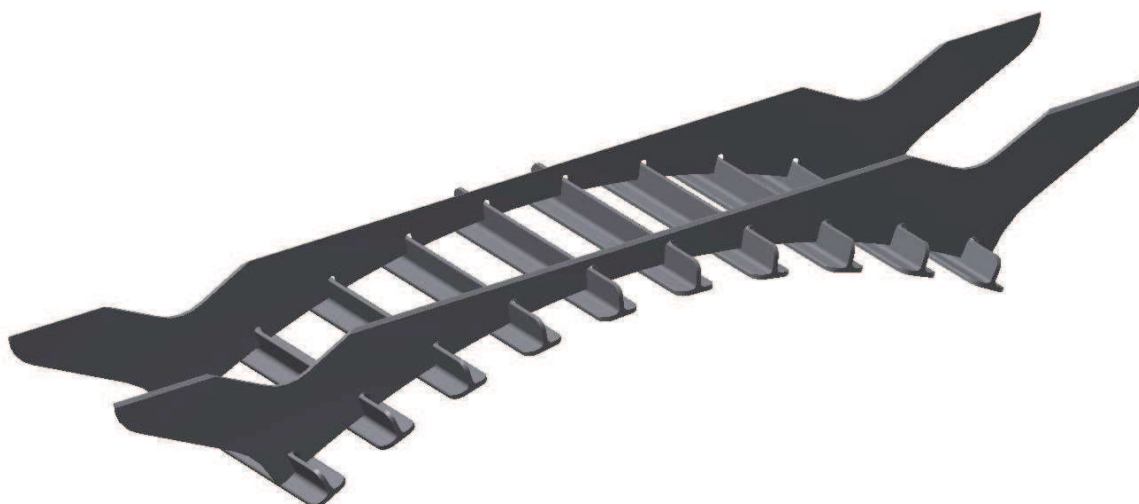


## 4.6. Sedlo

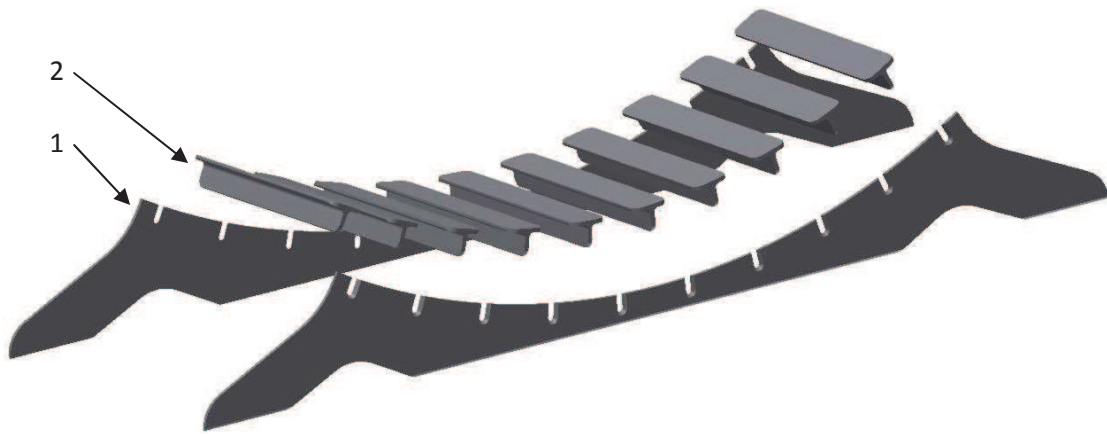
Sedlo zajišťuje dostatečnou došedací plochu pro kotel a přenáší převážnou část svislého zatížení na příčník a dále do podvozku.



Obr. 48 Sedlo - pohled 1



Obr. 49 Sedlo - pohled 2

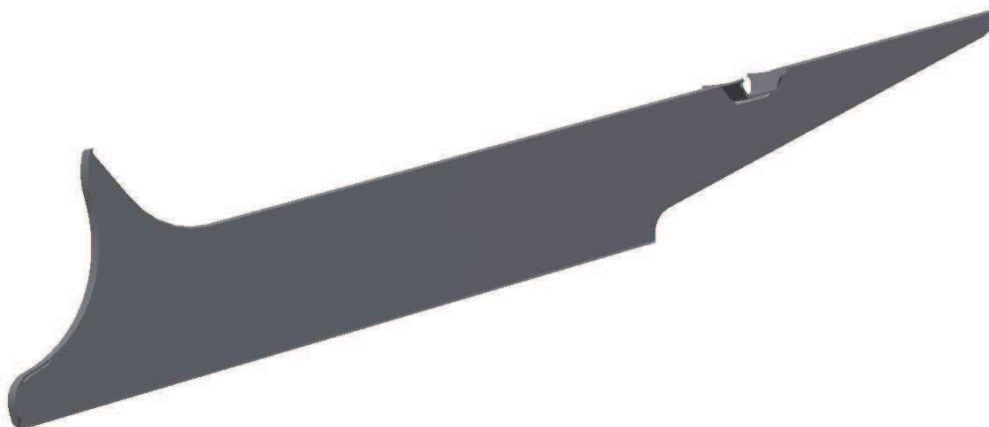


Obr. 50 Sedlo – rozložení

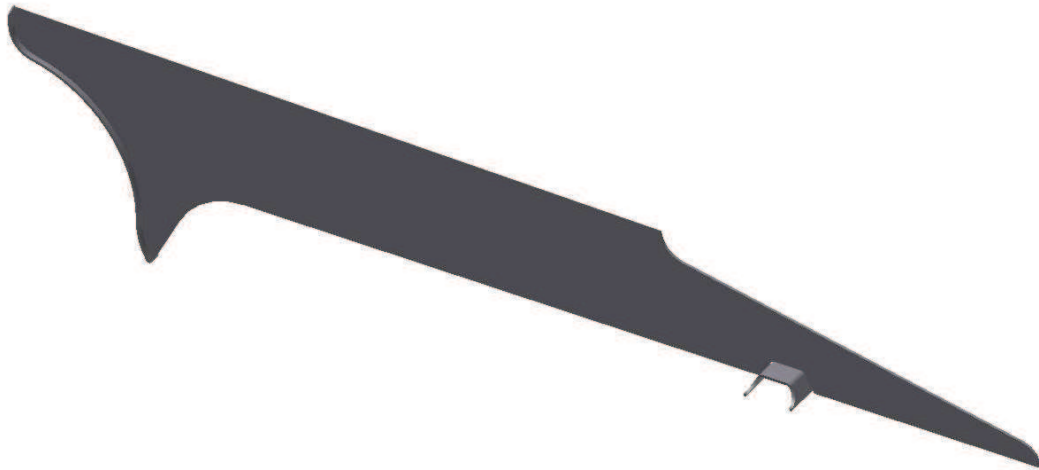
Sestava sedla je složena ze dvou podstavců **1**, které mají na kruhové části vyříznuty drážky, do nichž jsou vloženy a přivařeny profily T **2**. Podstavce jsou vyrobeny z ocelového plechu tloušťky 10 mm a pro snížení váhy mají dva velké výřezy. Dochází k úspoře svarů a tím i ke snížení vnitřního pnutí. Profily T tvoří ložnou plochu pod kotlem. Jsou sestaveny do tvaru opisujícího vnější průměr těla kotle a skloněny od základní spodní plochy o úhel  $1^\circ$ .

#### 4.7. Ramena

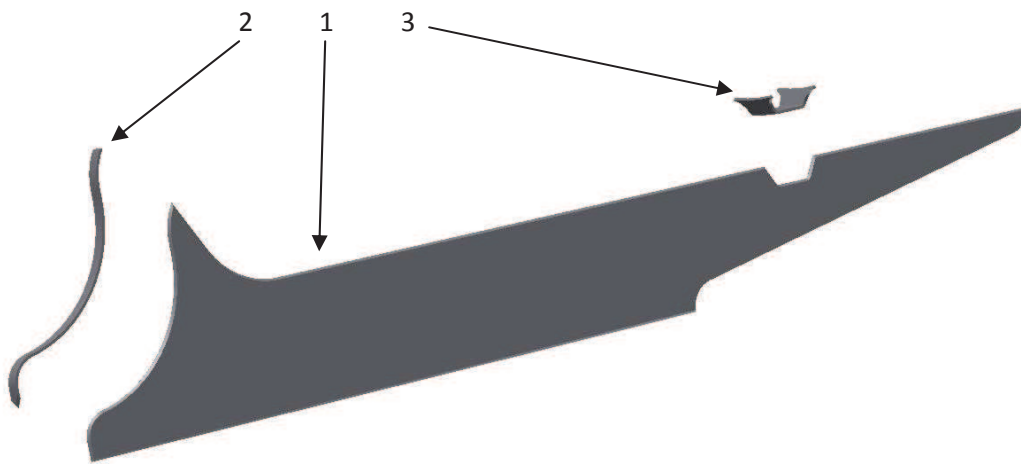
Levé a pravé rameno slouží k uchycení kotle k představku. Pomáhají přenášet svislé i podélné zatížení. Svými rozměry a sklonem mezi sebou o úhel  $70^\circ$  jsou kolmé k tečnám kotle.



Obr. 51 Rameno - pohled 1



Obr. 52 Rameno - pohled 2



Obr. 53 Rameno – rozložení

Základem konstrukce ramene je hlavní žebro **1** a tvoří jej plech tloušťky 10 mm vyřiznutý dle vnějšího tvaru kotle. Z důvodu snížení koncentrace napětí je tvar tvořen četnými zaobleními a přední část je navíc opatřena pásnicí **2**. Pro žebro tvaru U obepínající tělo kotle je vytvořen potřebný prostor, který je olemován zohýbaným plechovým lemem **3**.

## 5. Celková dispozice vozu

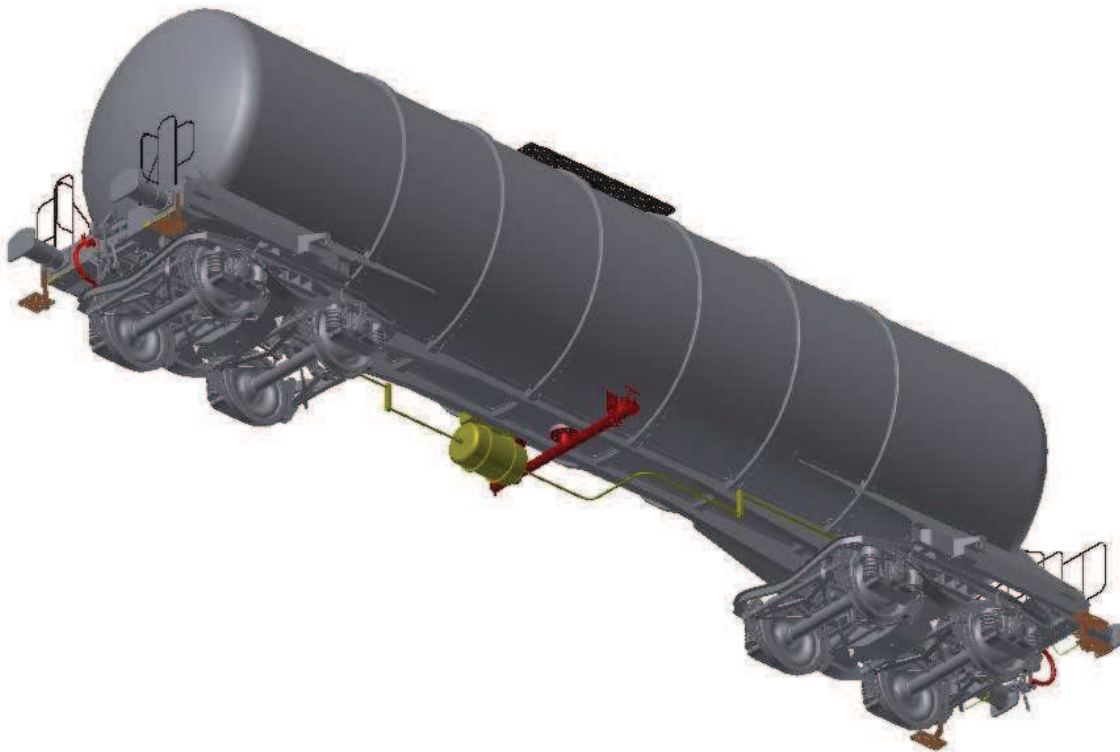
Celkovou dispozici vozu ukazují následující obrázky. Pro lepší orientaci jsou některé části barevně zvýrazněny.



Obr. 54 Celkový model vozu – pohled 1



Obr. 55 Celkový model vozu - pohled 2



Obr. 56 Celkový model vozu - pohled 3

Konstrukce vozu sestává z kotle o objemové kapacitě  $85 \text{ m}^3$  skloněném ke středu vozu pod úhlem  $1^\circ$ . Další částí jsou dva navržené předstávky, které jsou spojené přes spodní výztuhy a boční ramena s kotlem. Pojezd zajišťují dva podvozky typu Y25 Ls(s)d1. Vůz je vybaven čtyřmi nárazníky, dvěma táhlovými ústrojími a dvěma šroubovkami s lehkou rukojetí. Přenos tlakového brzdového vzduchu ze zdroje (lokomotivy) do vozu je zajištěn pomocí spojky hlavního brzdového potrubí a následně přes samotné brzdové potrubí je veden do hlavního vzduchojemu. Horní vstupní otvor je opatřen víkem, které je ke kotli vzduchotěsně spojeno přes odklopné šrouby a speciální matice s ručními madly. Přístup k hornímu otvoru je zajištěn přes žebřík, umístěný z čelní strany vozu, a horní pochozí plošinou s bezpečnostními úchyty. Spodní vypouštěcí otvor je opatřen potrubím, které umožňuje výpust' z obou bočních stran vozu, kde samotné vypouštění je ovládáno pomocí výpustných ventilů. Z bezpečnostních důvodů je vůz také vybaven ochrannými zábradlími a nástupními schůdky. Na zadní straně vozu jsou tyto schůdky umístěny čelně, na přední straně jsou umístěny z boků.



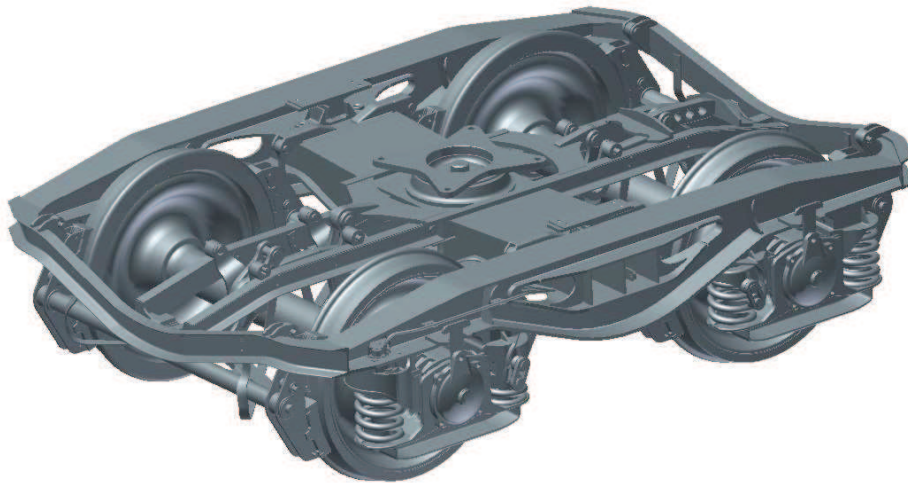


Obr. 57 Kotel s představky - pohled 1



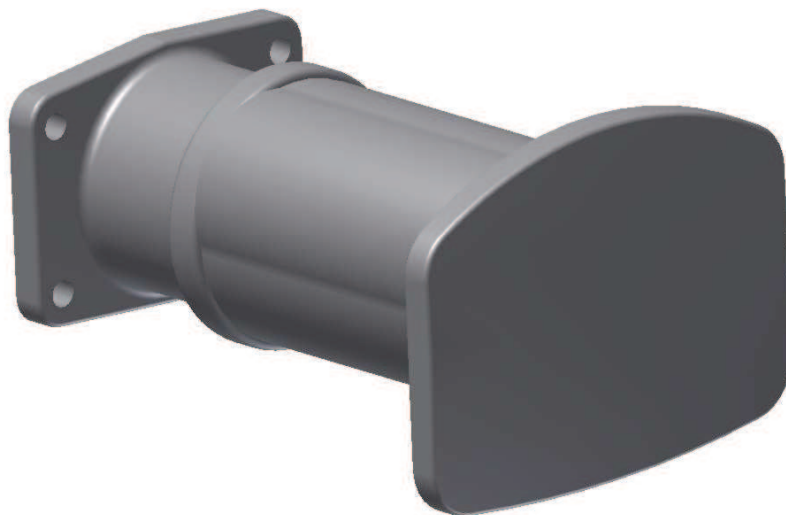
Obr. 58 Kotel s představky - pohled 2

Samotná konstrukce kotle je složena z ocelových skružených plechových pásů a bočnic o tloušťce stěny 8 mm. Proti vnějšímu přetlaku, případně vnitřnímu podtlaku, je tělo kotle opatřeno 6 lemy vytvořenými z plechu tloušťky 6 mm, které jsou zohýbány do tvaru U. Horní vstupní otvor má rozměr DN 500 a je opatřen nákrůžkem, ke kterému se uchyty výklopné víko. Spodní výpustný otvor má rozměr DN 350 a je zakončen vložkou s otvory, pomocí nichž je uchyceno výpustní potrubí. Váha kotle s oběma představky je cca 12,4 t.



Obr. 59 Podvozek Y25 Ls(s)d1

Zvolený typ podvozku Y25 Ls(s)d1 má dovolené zatížení na nápravu 22,5 t a umožňuje přepravní rychlost do 120 km/h. Celková hmotnost naloženého vozu tedy nesmí přesáhnout 90 t. Rozchod podvozku je 1 435 mm a rozvor náprav činí 1 800 mm. Hmotnost jednoho tohoto podvozku je cca 4,6 t.



Obr. 60 Nárazník

Pro přepravu kapalných látek se v praxi běžně používají nárazníky s maximálním zdvihem 130 mm, respektive 150 mm z kategorie L, proto i zde byly použity nárazníky tohoto typu. <sup>[2]</sup>



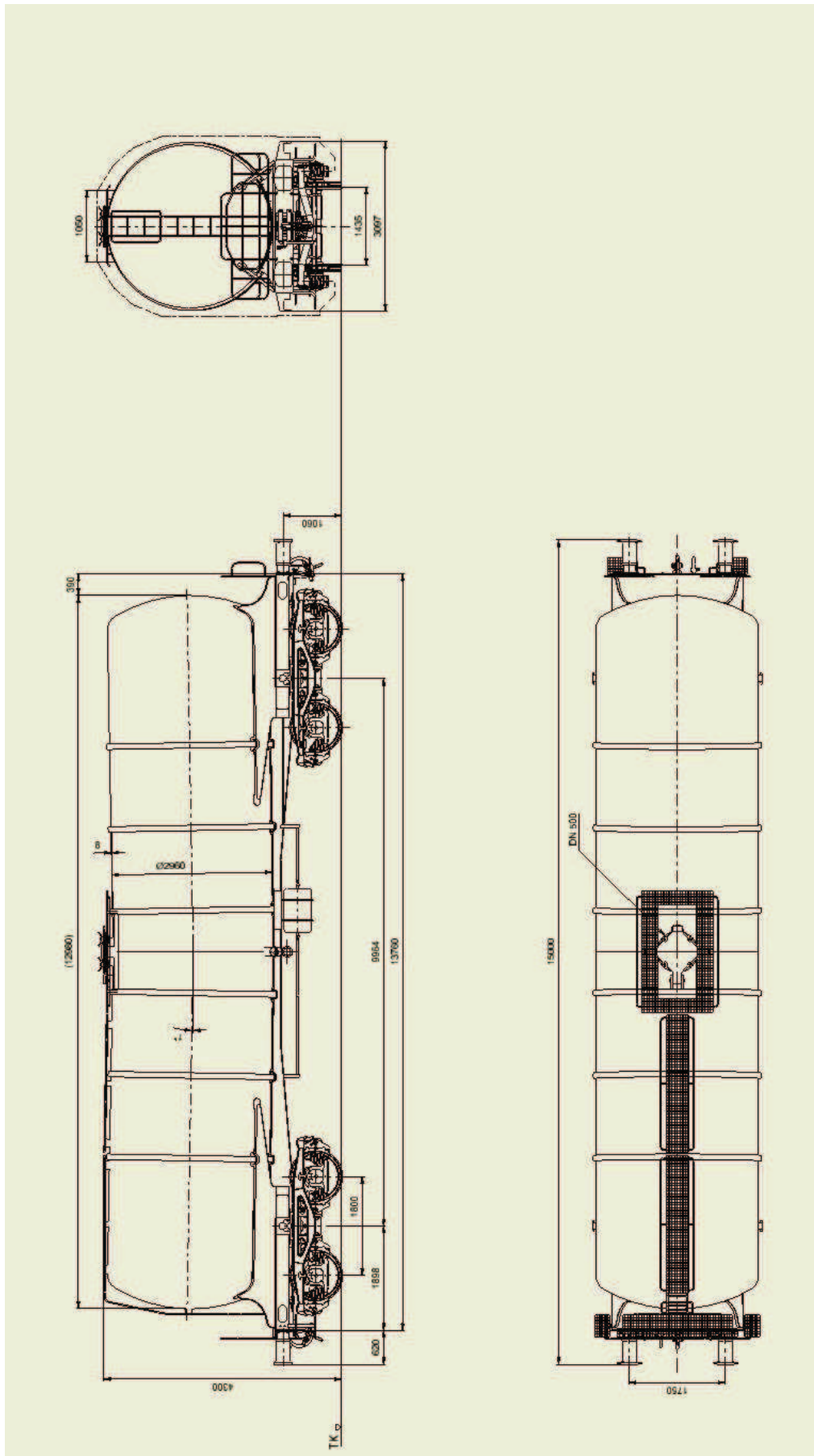
Obr. 61 Táhlové ústrojí

Použité táhlové ústrojí obsahuje táhlový hák s okem, táhlo, hlavní tělo a talířové pružiny, které tlumí rázy. Na táhlovém háku je následně zavěšena šroubovka s lehkou rukojetí.



Obr. 62 Šroubovka s lehkou rukojetí

Na výše uvedeném obrázku je model šroubovky ve složeném stavu (u odpojeného vozu).



Obr. 63 Rozměrový výkres vozu

Základní rozměry celého vozu ukazuje obrázek výše. Čerchovaný obrys na bokorysu zobrazuje normovaný průjezdný profil.

Délka vozu přes nárazníky	15 000 mm
Délka vozu přes čelníky	13 760 mm
Šířka vozu	3 097 mm
Výška vozu od TK	4 300 mm
Výška nárazníků od TK	1 060 mm
Vzdálenost otočných čepů	9 964 mm
Rozchod	1 435 mm
Vnější délka kotle	12 980 mm
Vnější průměr kotle	2 960 mm
Objem kotle	85 m <sup>3</sup>
Maximální nápravové zatížení	22,5 t
Hmotnost prázdného vozu	cca 22,4 t
Maximální hmotnost vozu	90 t
Maximální hmotnost nákladu	67,6 t
Hmotnost podvozku Y25 Ls(s)d1	cca 4,6 t

Tab. 1 Základní parametry vozu



## 6. Pevnostní výpočty vybraného dílu

Pro pevnostní výpočet byl vybrán navržený představek. Bylo by však obtížné na něj samotný nadefinovat všechny potřebné zatěžovací stavy a výsledky by nebyly příliš přesné. Proto byl k modelu představku přidán ještě model kotle, takže celek tvoří skříň cisternového vozu. Na tento kompletní model již lze nadefinovat zatěžovací stavy, které uvádí normy EN 12 663-1 a 12 663-2.

### 6.1. Cíl výpočtů

Cílem výpočtů je určit napětí vzniklé při zatěžovacích stavech určených zmíněnými normami, zda nepřesáhne hodnotu meze pružnosti, respektive meze kluzu zvoleného materiálu a zda nedojde ke vzniku trhlin nebo velkých trvalých deformací. Pokud jsou však ve výpočtu zahrnuty i místní koncentrace napětí, je dovoleno, aby toto teoretické napětí přesáhlo hodnotu meze pružnosti, respektive meze kluzu zvoleného materiálu. Oblasti s těmito zvýšenými hodnotami napětí však musí být dostatečně malé, aby nevyvolávaly trvalé deformace po odeznění zatížení. <sup>[19]</sup>

### 6.2. Pevnostní požadavky

Podle norem EN 12 663-1 a EN 12 663-2 se zatěžovací stavy skříň kolejevoých vozidel rozdělují do dvou skupin: <sup>[2]</sup>

- statické pevnostní požadavky
- únavové pevnostní požadavky

#### 6.2.1. Statické pevnostní požadavky

Tyto požadavky určují zatěžovací stavy skříň kolejevoých vozidel, která musejí pevnostně vydržet a musí splnit podmínky požadované provozní životnosti. Jsou dále rozděleny podle způsobu a směru zatížení. <sup>[2]</sup>

##### a) Podélné statické zatížení skříň vozidla

Zatěžující stavy udávají tabulky v normě EN 12 663-1, respektive v normě EN 12 663-2. Uvedené hodnoty jsou velikosti zatěžujících sil v [kN]. <sup>[20, 21]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
2 000	2 000	1 500	800	400	200	2 000 <sup>a</sup>	1 200 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Tlaková síla působící na dorazy táhlového ústrojí „c“, pokud jsou dorazy táhlového ústrojí použity (viz EN 12663-2). Jestliže tlaková síla působí na nárazníky, musí se pro každý nárazník použít v jeho ose poloviční hodnota.

Tab. 2 Tlaková síla v oblasti nárazníků <sup>[20, 21]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
–	–	–	–	–	–	1 500 <sup>a</sup>	900 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> 50 mm pod osou nárazníku.  
Jestliže tlaková síla působí na nárazníky, musí se pro každý nárazník použít v jeho ose poloviční hodnota.

Tab. 3 Tlaková síla působící 50 mm pod úrovní nárazníků<sup>[20]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
500 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	–	–	–	400	400

<sup>a</sup> Toto zatížení platí pouze pro nárazníky zařazené do normálního provozu.

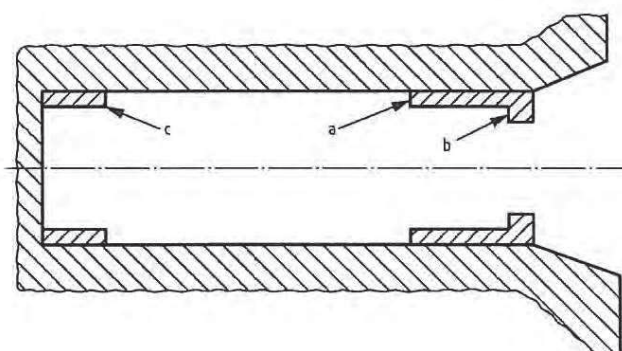
Tab. 4 Tlaková síla působící úhlopříčně v úrovni nárazníků<sup>[20]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
1 000 <sup>a</sup>	1 000 <sup>a</sup>	1 000	600 <sup>b</sup>	300 <sup>b</sup>	150 <sup>b</sup>	1 500 <sup>c</sup> 1 000 <sup>d</sup>	1 500 <sup>c</sup> 1 000 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Pro určité typy spřáhel může být nutná vyšší síla (např. 1 500 kN).  
<sup>b</sup> Tyto hodnoty lze upravit, ale musí pokrývat maximální sílu dosažitelnou v běžném provozu nebo v nouzovém případě.  
<sup>c</sup> Tahová síla 1 500 kN působící na dorazy táhlového ústrojí „a“, pokud jsou dorazy táhlového ústrojí použity (viz EN 12663-2).  
<sup>d</sup> Tahová síla 1 000 kN působící na dorazy táhlového ústrojí „b“, pokud jsou dorazy táhlového ústrojí použity, a pro jiné typy uchycení spřáhla (viz EN 12663-2).

Tab. 5 Tahová síla na uchycení spřáhla<sup>[20, 21]</sup>

Následující obrázek zobrazuje zatěžované plochy, na které dosedá táhlové ústrojí. Pro tabulku 5 odpovídají plochy označené „a“ a „b“, pro tabulku 2 odpovídají plochy označené „c“.



Obr. 64 Narážky táhlového ústrojí<sup>[21]</sup>

Pozn.: Cisternové vozy spadají do kategorie F-I.

#### b) Svislé statické zatížení skříně vozidla

Zatěžující stavy udávají tabulky v normě EN 12 663-1, respektive v normě EN 12 663-2. Uvedené hodnoty jsou velikosti zatěžujících sil v [N].<sup>[20, 21]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$1,3 \times g \times m_1$	$1,3 \times g \times (m_1 + m_4)$					$1,3 \times g \times (m_1 + m_3)^a$	

<sup>a</sup> Jestliže při používání dochází k většímu meznímu zatížení (např. v důsledku dynamických vlivů nebo stavu ložení), musí se použít vyšší hodnota definovaná ve specifikaci.

Tab. 6 Maximální provozní zatížení<sup>[20]</sup>

Pozn.: Veličina „g“ označuje gravitační zrychlení. Obecně udávaná hodnota  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Z dříve uvedených parametrů lze určit potřebné hmotnosti a pomocí nich posléze spočítat dané zatěžující síly.

celková hmotnost prázdného vozu	$m_c$	22 400 kg
hmotnost skříně vozu (bez podvozků)	$m_1 = m_c - 2m_2$	13 200 kg
hmotnost podvozku	$m_2$	4 600 kg
maximální hmotnost nákladu	$m_3 = 90\,000 - m_c$	67 600 kg

Tab. 7 Hmotnosti

Maximální provozní zatížení:

$$F_{pz \max} = 1,3 \cdot 9,81 \cdot (13200 + 67600) = 1030442 \text{ N} (\approx 1\,030 \text{ kN})$$

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$1,1 \times g \times (m_1 + m_2)$						$1,0 \times g \times (m_1 + m_2 + m_3)$	

Tab. 8 Zdvhání a zvedání ve stanovených místech na jednom konci vozu<sup>[20]</sup>

Zatížení při zvedání vozu na jednom konci:

$$F_{zkv} = 1,0 \cdot 9,81 \cdot (13200 + 4600 + 67600) = 837774 \text{ N} (\approx 838 \text{ kN})$$

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie L	Kategorie P-I	Kategorie P-II	Kategorie P-III	Kategorie P-IV	Kategorie P-V	Kategorie F-I	Kategorie F-II
$1,1 \times g \times (m_1 + 2 \times m_2)$						$1,0 \times g \times (m_1 + 2 \times m_2 + m_3)$	

Tab. 9 Zdvhání a zvedání celého vozu ve stanovených místech<sup>[20]</sup>

Zatížení při zvedání celého vozu:

$$F_{zcv} = 1,0 \cdot 9,81 \cdot (13200 + 2 \cdot 4600 + 67600) = 882900 \text{ N} (\approx 883 \text{ kN})$$

### c) Kombinace případů statického zatížení vozidla

Zatěžující stavy udávají tabulky v normě EN 12 663-1, respektive v normě EN 12 663-2. Uvedené hodnoty jsou velikosti zatěžujících sil v [N].<sup>[20, 21]</sup>



Kombinace druhů	Nákladní vozy, kategorie F-I, F-II
Tlaková síla a svislé zatížení	Tab. 2 a $g \times (m_1 + m_3)$
	Tab. 3 a $g \times (m_1 + m_3)$
Tlaková síla a minimální svislé zatížení	Tab. 2 a $g \times m_1$
Tahová síla a svislé zatížení	Tab. 5 a $g \times (m_1 + m_3)$
Tahová síla a minimální svislé zatížení	Tab. 5 a $g \times m_1$

Tab. 10 Kombinace statických zatížení vozu <sup>[20, 21]</sup>

#### d) Mezní statická zatížení vazeb

Jedná se o zatížení vyvolaná přídavnými zařízeními umístěnými na vozidle, na jejichž úchytné elementy při pohybu působí účinky od setrvačných sil.

Při výpočtech těchto zatěžujících sil je potřeba hmotnosti jednotlivých přídavných prvků vynásobit stanovenými zrychleními v daných osách. Hodnoty zrychlení v  $[m/s^2]$  uvádí následující tabulky. Tentýž postup je platný i pro spojení skříně vozu s podvozkem. <sup>[20]</sup>

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
$\pm 3 g$	$\pm 5 g$	$\pm 3 g$	$\pm 3 g$	$\pm 2 g$	$\pm 2 g$	$\pm 5 g$	

Tab. 11 Zrychlení v podélné ose vozu <sup>[20]</sup>

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy X. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení v podélné ose vozu.

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
$\pm 1 g$							

Tab. 12 Zrychlení v příčné ose vozu <sup>[20]</sup>

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Y. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení v příčné ose vozu.

Lokomotivy	Kolejová vozidla osobní dopravy					Nákladní vozy	
Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie	Kategorie
L	P-I	P-II	P-III	P-IV	P-V	F-I	F-II
$(1 \pm c) \times g^a$							
<sup>a</sup> $c = 2$ na konci vozidla a lineárně klesá na 0,5 ve středu vozidla.							

Tab. 13 Zrychlení ve svislé ose vozu <sup>[20]</sup>

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Z. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení ve svislé ose vozu.

## 6.2.2. Únavové pevnostní požadavky

Únavové pevnostní požadavky jsou důležité z hlediska kmitavého zatížení, které může způsobit únavové poškození a vznik trhlin nebo prasklin při menším napětí než je mez pružnosti, respektive mez kluzu materiálu. Pro nákladní vozy jsou tato zatížení dále rozdělena do dvou skupin. [21]

### a) Zatížení vyvolaná trati

Následující tabulky uvádí velikosti příčných a svislých zrychlení v  $[m/s^2]$  vhodných pro metodu trvalé pevnosti nákladních vozů určených pro běžný provoz v Evropě. [21]

Nákladní vozy	
Kategorie F-I	Kategorie F-II
$\pm 0,2 \times g$	

Tab. 14 Zrychlení v příčné ose vozu [21]

Pozn.: Cisternové vozy spadají do kategorie F-I.

Pozn.: Veličina „g“ označuje gravitační zrychlení. Obecně udávaná hodnota  $g = 9,81 m/s^2$ .

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Y. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení v příčné ose vozu.

Nákladní vozy	
Kategorie F-I	Kategorie F-II
$(1 \pm 0,3) \times g^{a,b}$	
<sup>a</sup> $(1 \pm 0,25) \times g$ pro nákladní vozy s dvoustupňovým vypružením. <sup>b</sup> Jestliže provoz vyvolává vyšší zatížení (např. vlivem dynamických účinků nebo stavu ložení), musí se použít vyšší hodnota definovaná ve specifikaci.	

Tab. 15 Zrychlení ve svislé ose vozu [21]

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Z. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení ve svislé ose vozu.

### b) Únavová zatížení vazeb úchytů vybavení

Je nezbytné, aby i úchyty vybavení odolaly zatěžujícím silám vyvolaným zrychlením vozu způsobených při jeho provozu. Velikosti zrychlení v  $[m/s^2]$  uvádějí následující tabulky. Počet zatěžovacích cyklů u každého případu musí být  $10^7$ . [21]

Nákladní vozy	
Kategorie F-I	Kategorie F-II
$\pm 0,3 \times g$	

Tab. 16 Zrychlení v podélné ose vozu [21]

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy X. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení v podélné ose vozu.



Nákladní vozy	
Kategorie F-I	Kategorie F-II
$\pm 0,4 \times g^a$	
<sup>a</sup> V případě dvounápravových vozů se zdokonaleným vypružením nebo podvozkových vozů lze tuto hodnotu snížit.	

Tab. 17 Zrychlení v příčné ose vozu <sup>[21]</sup>

Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Y. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení v příční ose vozu.

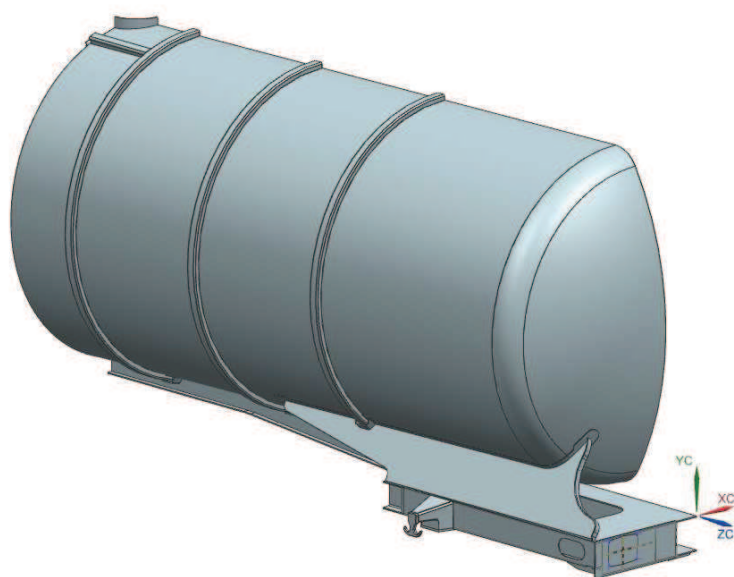
Nákladní vozy	
Kategorie F-I	Kategorie F-II
$(1 \pm 0,3) \times g^a$	
<sup>a</sup> $(1 \pm 0,25) \times g$ pro nákladní vozy s dvoustupňovým vypružením.	

Tab. 18 Zrychlení ve svislé ose vozu <sup>[21]</sup>

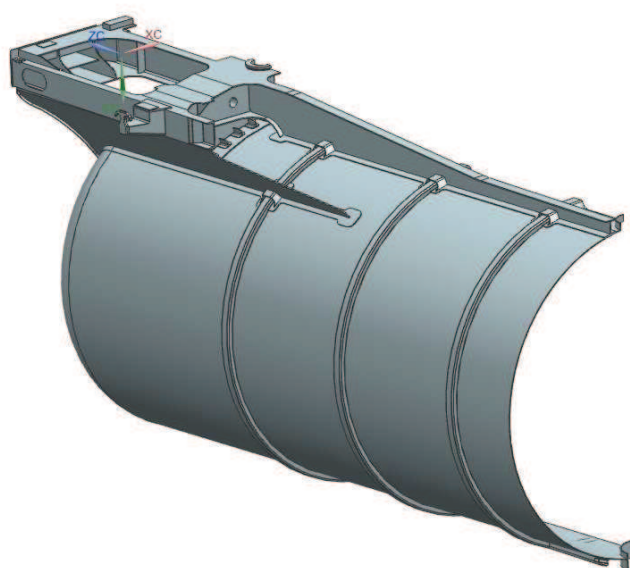
Pozn.: V normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2 je uvedeno toto zrychlení jako zrychlení ve směru osy Z. Jelikož je na navrženém 3D modelu zvolen souřadnicový systém odlišně od této normy, je zrychlení nazváno jako zrychlení ve svislé ose vozu.

### 6.3. Výpočtový model

Navržený 3D model vozu byl upraven pro použití MKP výpočtové analýzy. Výpočet bude zaměřen na skříň vozu, respektive na představek, kotel a jejich vzájemný spoj. Budou provedeny pouze některé typy výpočtů, pro jejichž potřebu postačuje ¼ upraveného modelu vozu (model vozu je symetrický podle podélné i příčné středové osy). Veškeré díly jsou k sobě přivařené, přičemž se předpokládá dokonalý průvar v celém průřezu svaru. Na výpočty je použit program SIEMENS NX 8.5 s řešičem NX NASTRAN.



Obr. 65 Čtvrtinový 3D model vozu - pohled 1



Obr. 66 Čtvrtinový 3D model vozu - pohled 2

Souřadnicový systém je umístěn na čele modelu vozu. Směr jednotlivých os je následující:

- podélná osa Z
- příčná osa X
- svislá osa Y

## 6.4. Síť modelu

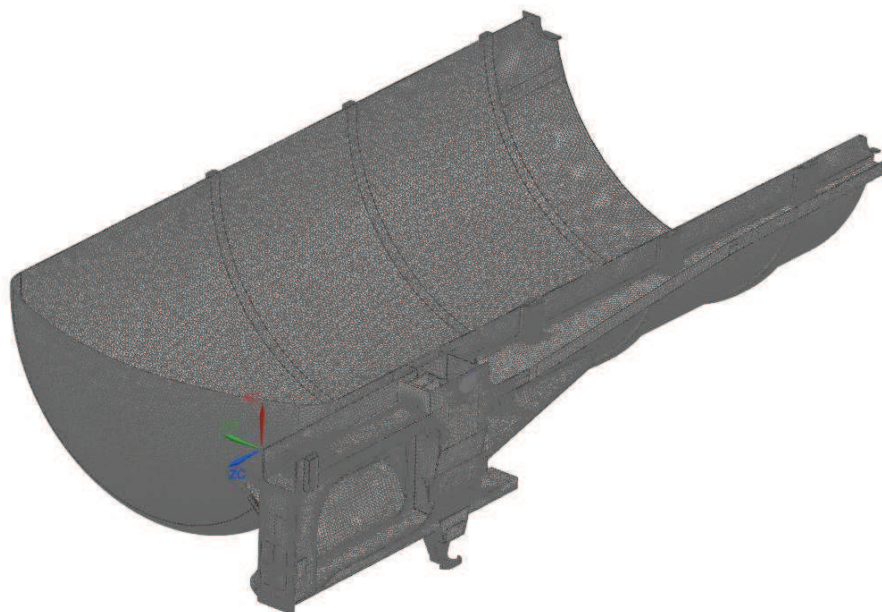
Výpočtový model vozu je nasíťovaný pomocí pravidelných 3D čtyřstěnů, jež jsou tvořeny 6 hranami o základní délce 30 mm. Zvolený typ elementu obsahuje uzly i v každé polovině hrany. Celkem tedy 1 element obsahuje 10 uzlů, čímž je zajištěno dostatečné provázání mezi sousedními elementy. V některých místech modelu je síť zjemněna na velikost délky hrany elementu 10 mm, 5 mm nebo až 3 mm. Čtvrtinový model vozu celkem obsahuje 2 499 540 elementů s celkem 4 063 278 uzly.



Obr. 67 Síť modelu - pohled 1



Obr. 68 Síť modelu - pohled 2



Obr. 69 Síť modelu - pohled 3

## 6.5. Materiál modelu

Materiál představků i kotle tvoří konstrukční ocel třídy S355, jejíž použití vyhovuje normě EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2. [20, 21]

Vlastnosti konstrukční oceli třídy S355:

mez kluzu	$R_e$	355 MPa
mez pevnosti	$R_m$	630 MPa
Youngův modul pružnosti	$E$	$2,06 \cdot 10^5$ MPa
Poissonovo číslo	$\mu$	0,28
hustota	$\rho$	7 850 kg/m <sup>3</sup>

Pozn.: Výše popsané vlastnosti oceli třídy S355 byly převzaty z [19].

Norma EN 12 663-2 udává maximální dovolené hodnoty napětí, které jsou zobrazeny v následující tabulce. [21]

Ocel S355	Mezní napětí $\sigma_{max}$ [MPa]
Základní kov	355
Základní kov v bezprostřední blízkosti svarů	323

Tab. 19 Mezní statické napětí [21]

Pro únavové zkoušky jsou mezní dovolená napětí snížena dynamickým součinitel K, který odpovídá součiniteli z tabulky 18 a nabývá hodnoty 0,3.





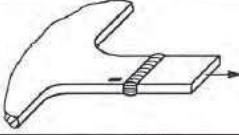
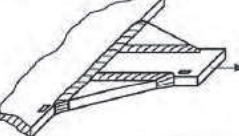
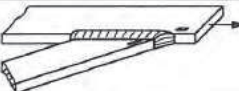
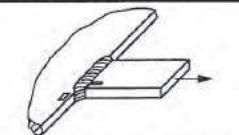
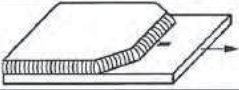

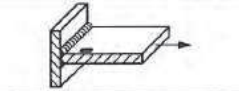
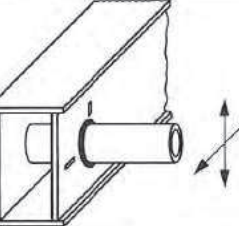
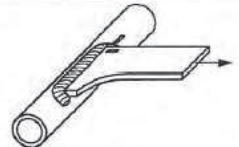
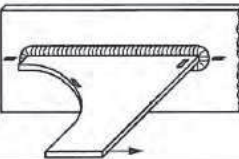
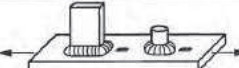
Ocel S355		Mezní napětí $\sigma_{maxlim}$ [MPa] pro $K = 0,3$
Typ vrubu	A	355
		323 <sup>a</sup>
	B	195
	C	173
	D	143
	E	117

<sup>a</sup> Pro opracovaný tupý svar.

Tab. 20 Mezní únavové napětí [21]

Každý typ vrubu představuje speciální druh spoje. Následující tabulka přesně charakterizuje, o jaký typ vrubu se jedná a určuje, jak posuzovat napětí v tomto nebo v okolí tohoto spoje.



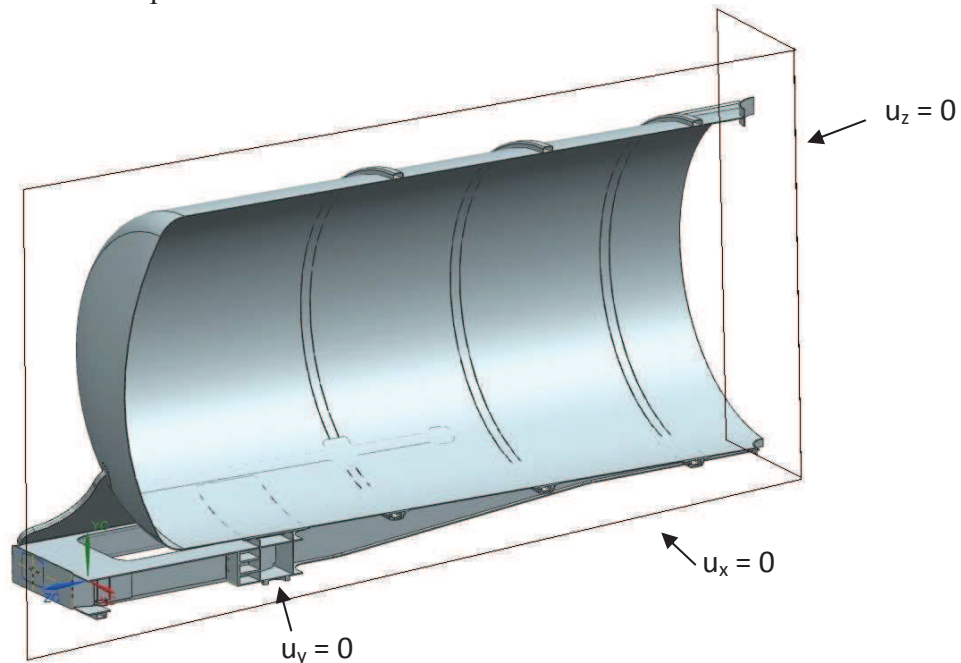
Typ	Nákres	Popis	Poznámky
A		Mimo svar	Mimo svar
		Opracovaný tupý svar	Opracovaný tupý svar
B		Tupý svar	Tupý svar
		Tupý svar na úkosu	
B		Opracovaný a svařovaný spoj	
C		Rohový spoj s výztuhami	Tupý svar dílů s různými úhly vzájemné polohy
C		Šikmý spoj	
D		Rohový spoj	Tupý svar v okolí vrcholu úhlu 90°
D		Výztužná deska	Přepřátované spoje
D		Přepřátovaný spoj svařený natupo <sup>7</sup>	
D		T-kus	Koutové svary
D		Spojení trubky a přímého dílu	
D		Spojení desky a trubky	
D		Spojení desky a žebra	
E		Svarem pojištěný výstupek Svarem pojištěný čep	

Tab. 21 Popis jednotlivých typů vrubů [21]

Norma EN 12 663-2 dále udává maximální možný průhyb při normálním užitečném konstrukčním zatížení a ten nesmí překročit 3‰ rozvoru nebo vzdálenosti otočných čepů podvozků. Pro případ vzdálenosti otočných čepů podvozků 9 964 mm je dovolený průhyb 29,982 mm. [21]

## 6.6. Okrajové podmínky

Model vozu je symetrický ve dvou na sebe kolmých rovinách. V obou těchto rovinách je zabráněno posuvu v osách na ně kolmých. V místě prstence kulové torny je spodní plocha převedena do bodu, který prochází osou torny. Tomuto bodu je zabráněno ve svislém posuvu, ale zůstává umožněno naklápění a natáčení ve všech osách.



Obr. 70 Okrajové podmínky

## 6.7. Zatěžující stavy

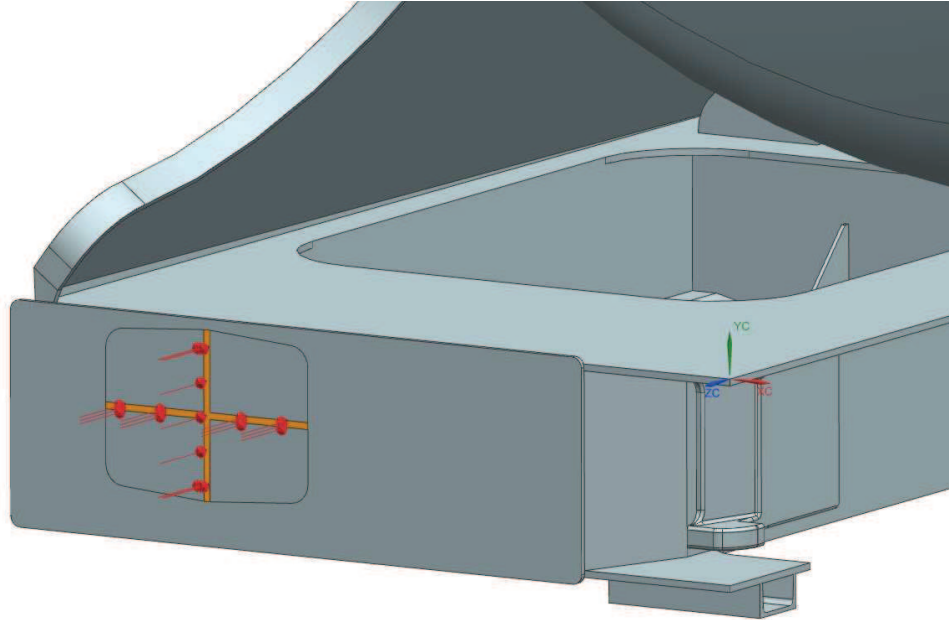
### 6.7.1. Vlastní hmotnost vozu

Vlastní hmotností vozu se rozumí váha prázdného vozu bez podvozků a vybavení. Dle tabulky 7 se jedná o hmotnost  $m_1$  o hodnotě 13 200 kg. Při použití čtvrtinového modelu činí výpočtová vlastní hmotnost vozu 3 300 kg.

Použitý program SIEMENS NX 8.5 s řešičem NX NASTRAN umožňuje nastavit zatížení gravitací a pomocí 3D nasíťovaného modelu a nastaveného materiálu si sám vypočte hodnotu zatížení od vlastní váhy. Není proto nutné zavádět žádné reakční síly.

### 6.7.2. Tlaková síla na nárazníky

Velikost tlakové síly je uvedena v tabulce 2 v kategorii F-I a činí 2 000 kN. Jelikož se jedná o sílu na dva nárazníky, ve výpočtu je snížena na hodnotu 1 000 kN, což odpovídá síle na jeden nárazník.

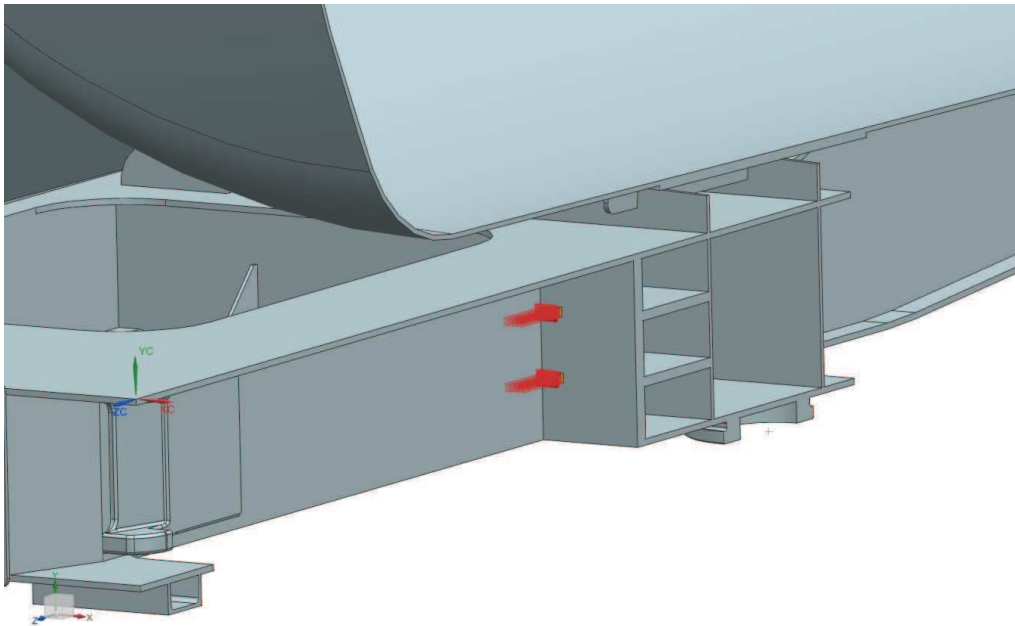


Obr. 71 Aplikace tlakové síly na nárazníky

Tlaková síla byla aplikována na plochu proti výztužným žebřům umístěným z opačné strany čelní desky. Směr působící síly podle zvoleného souřadnicového systému je - Z.

### 6.7.3. Tlaková síla působící na dorazy táhlového ústrojí „c“

Při použití automatického spřáhla, které přenáší, jak tahové, tak tlakové síly, je tlaková síla aplikována dle tabulky 2 též na zadní opěrnou desku středového tunelu. Velikost této tlakové síly je shodná se silou působící na nárazníky a opět působí na dvě plochy. Proto je její hodnota snížena na polovinu, tedy 1 000 kN.

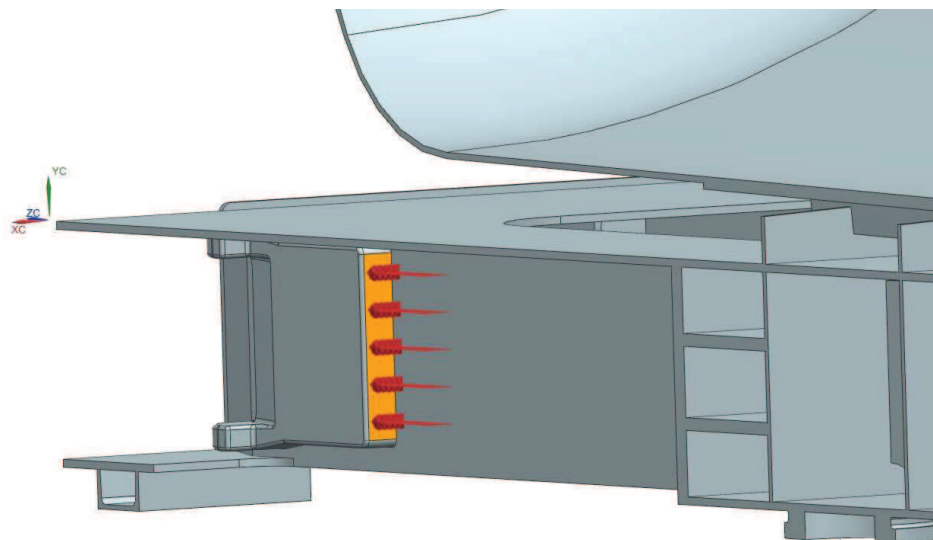


Obr. 72 Aplikace tlakové síly působící na dorazy táhlového ústrojí "c"

Síla působí dle zvoleného souřadnicového systému ve směru  $-Z$ . Je aplikována na plochy proti výztuhám umístěným z druhé strany opěrné desky.

#### 6.7.4. Tahová síla na uchycení spřáhla

Tato síla působí na narážky „a“ dle obrázku 64. Její velikost je určena v tabulce 5 v kategorii F-I, 1 500 kN. To je celková zatěžující síla působící na obě plochy narážek. Pro výpočet se tedy použije opět pouze poloviční síla a to 750 kN. Její umístění lze vidět na obrázku níže.

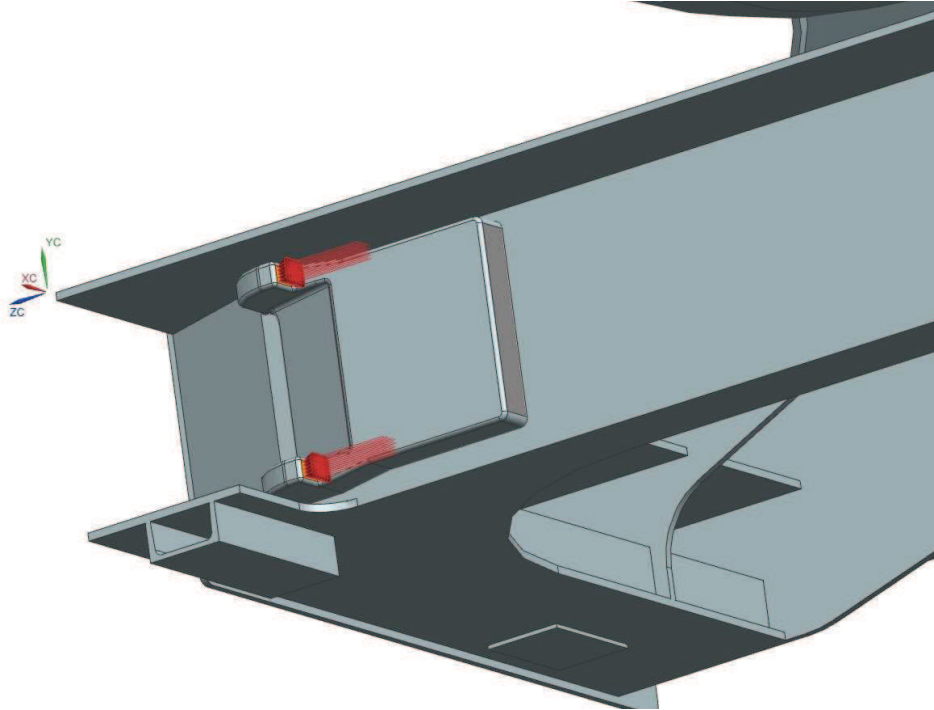


Obr. 73 Aplikace tahové síly na uchycení spřáhla

V tomto případě působí síla ve směru  $+Z$ .

### 6.7.5. Tahová síla na uchycení spřáhla působící na narážky „b“

Dle tabulky 5, uvedené výše, je velikost této tahové síly rovna 1 000 kN na všechny plochy narážek. Při použití čtvrtinového modelu s polovičním spřáhlovým prostorem je aplikovaná síla poloviční velikosti 500 kN.



Obr. 74 Aplikace tahové síly na uchycení spřáhla působící na narážky "b"

Směr síly je opět shodný s předešlým + Z. Narážky jsou rozděleny na dvě části, a tak se působící síla dále rozkládá na dvě síly o polovičních hodnotách.

### 6.8. Výsledky zatěžujících stavů

Z důvodu složitosti a časové náročnosti byly provedeny pouze některé typy výpočtů. Jedná se o různé kombinace statických zatěžujících stavů.



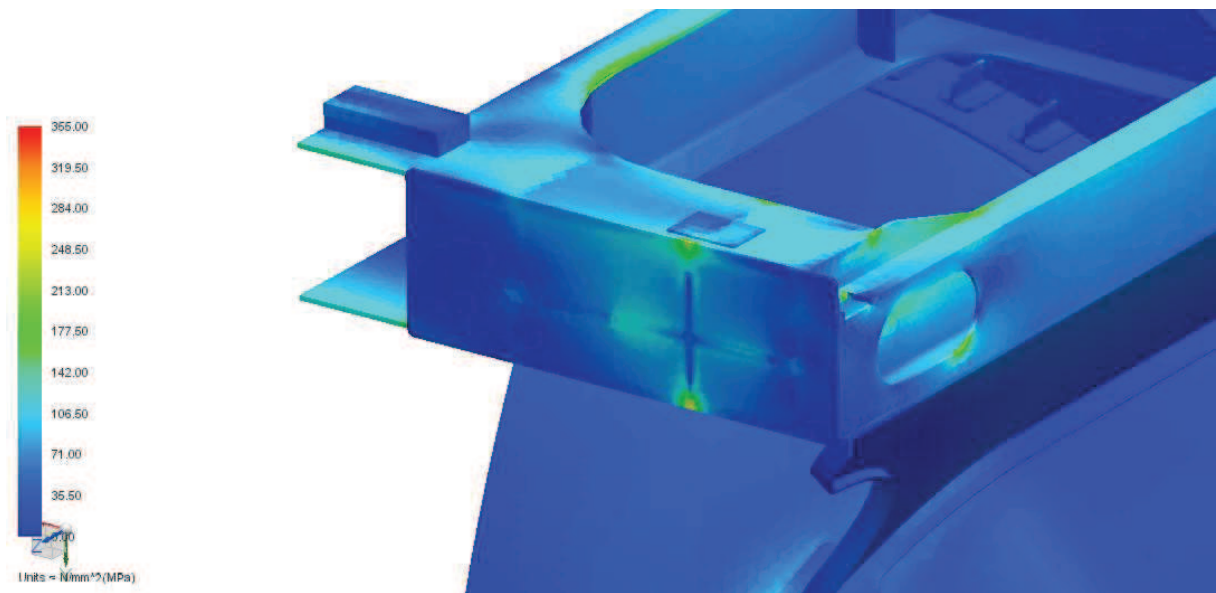
### 6.8.1. Tlaková síla na nárazníky + vlastní hmotnost vozu



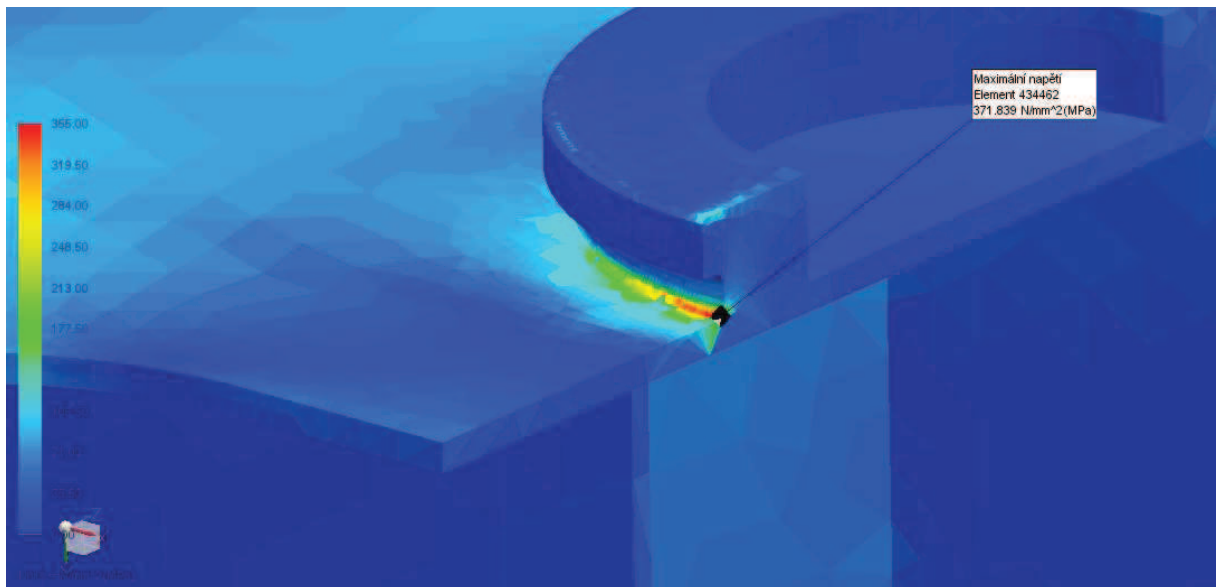
Obr. 75 Napětí Von Mises [MPa]



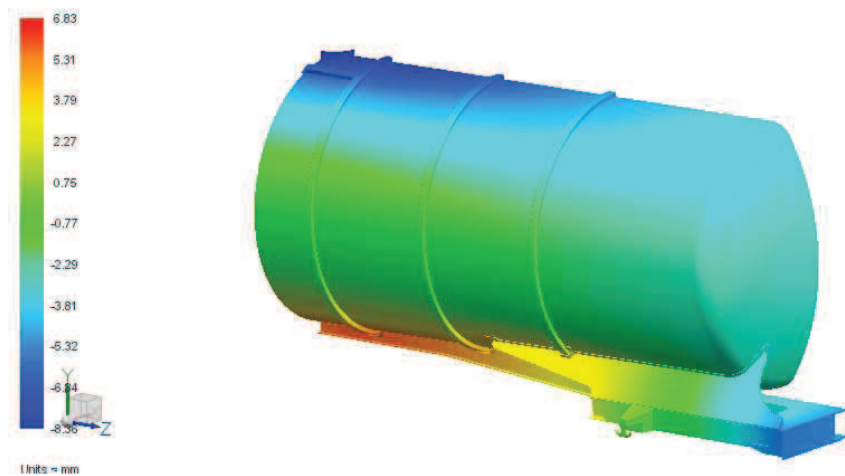
Obr. 76 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 77 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 78 Max. napětí [MPa]



Obr. 79 Průhyb [mm]

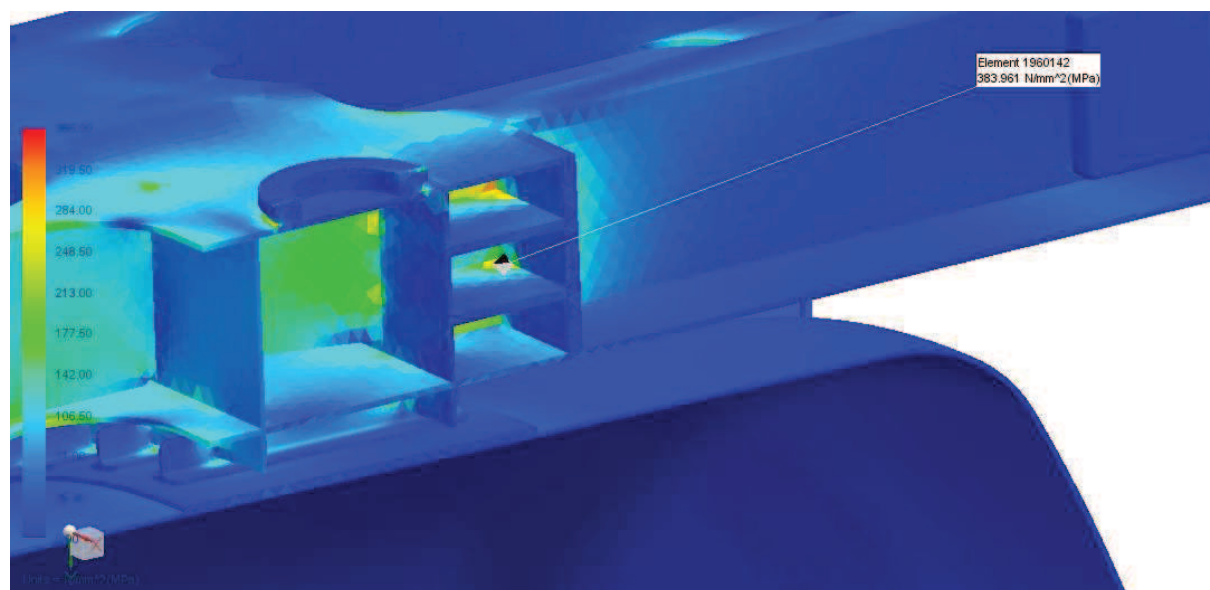
### 6.8.2. Tlaková síla působící na dorazy táhlového ústrojí „c“ + vlastní hmotnost vozu



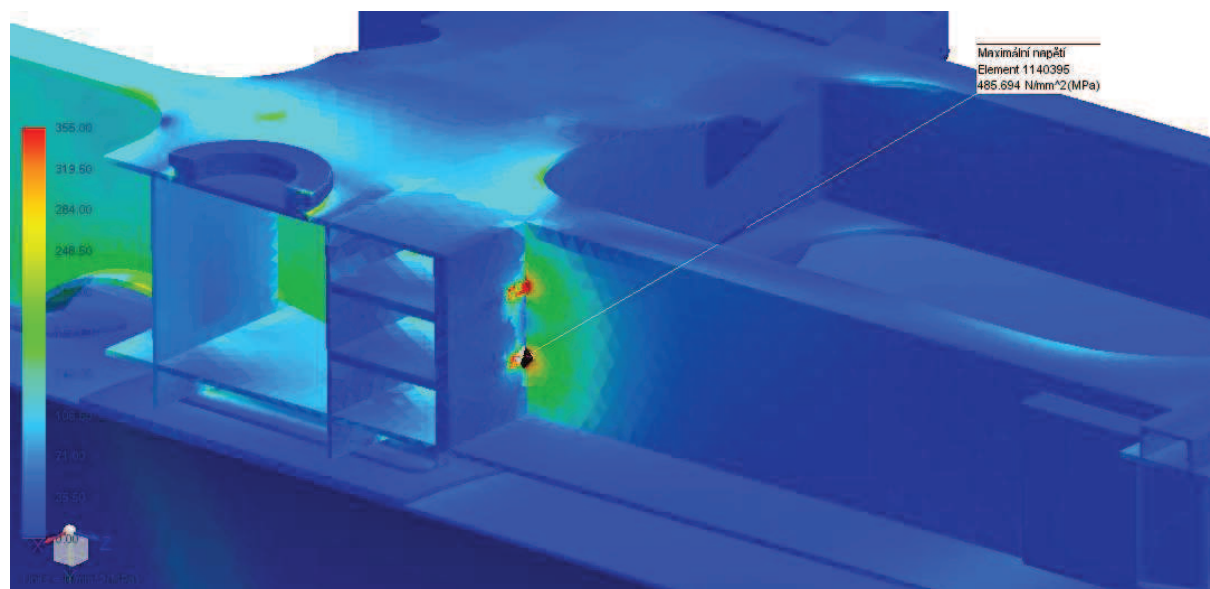
Obr. 80 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 81 Napětí Von Mises [MPa]

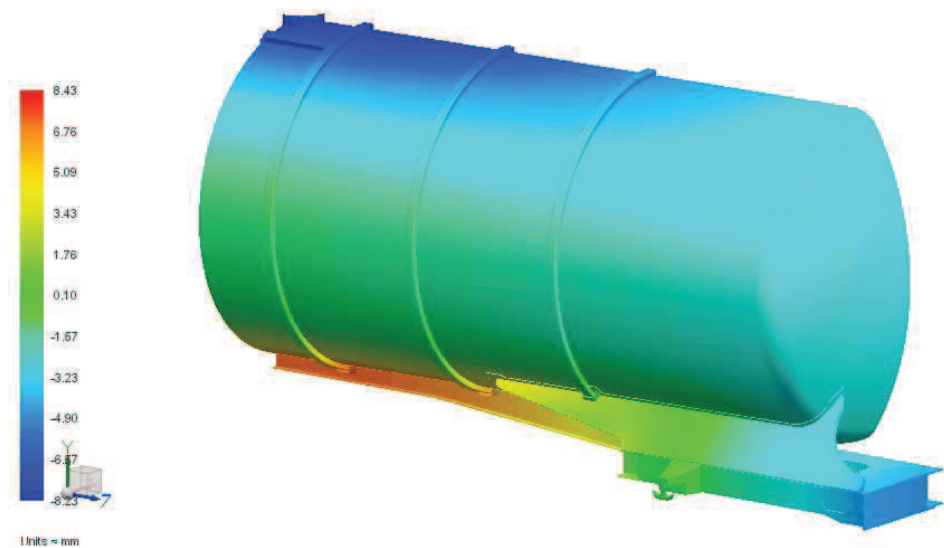


Obr. 82 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 83 Max. napětí [MPa]





Obr. 84 Průhyb [mm]

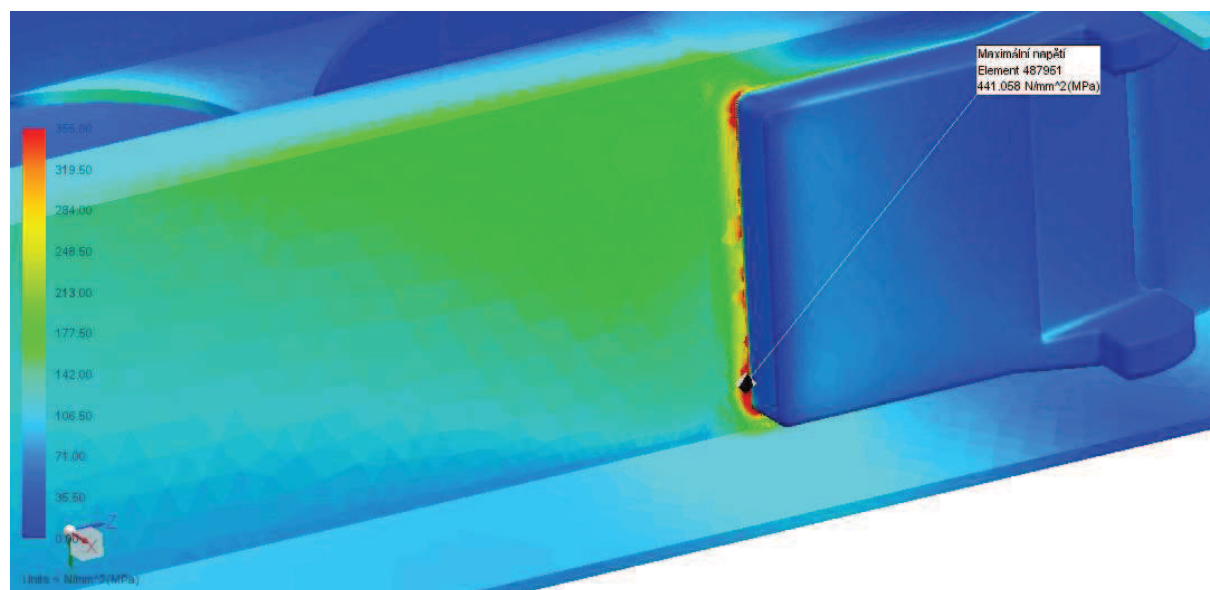
### 6.8.3. Tahová síla na uchycení spřáhla + vlastní hmotnost vozu



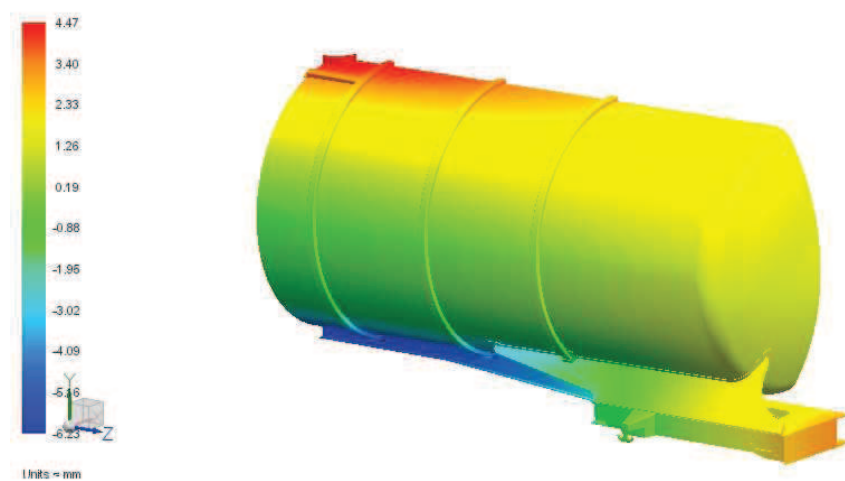
Obr. 85 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 86 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 87 Max. napětí [MPa]



Obr. 88 Průhyb [mm]

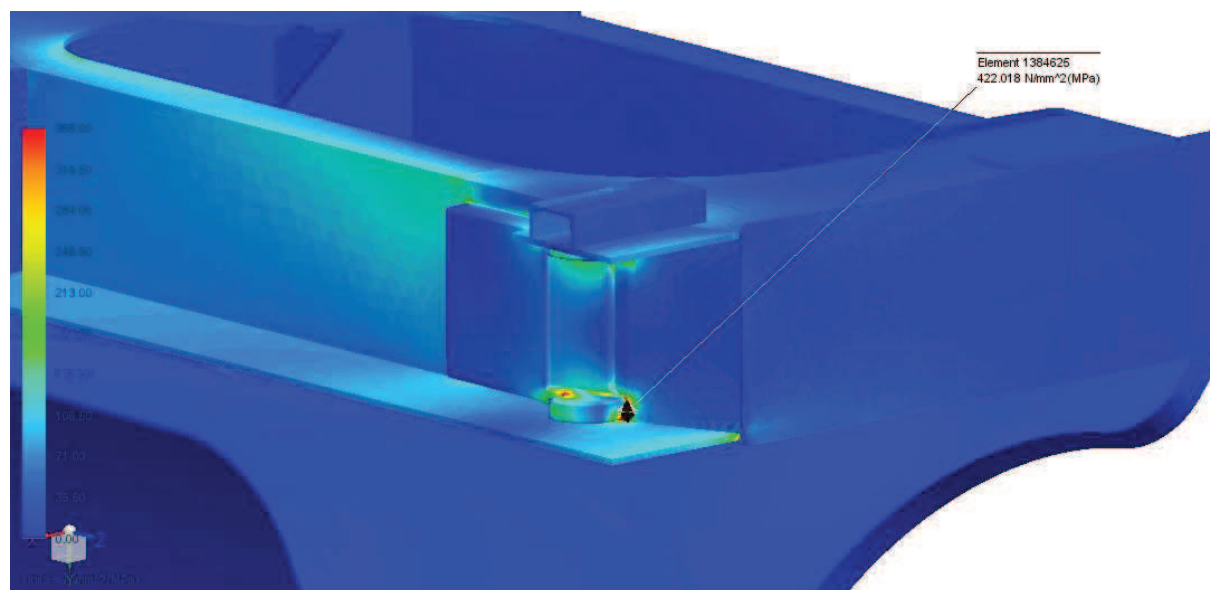
#### 6.8.4. Tahová síla na uchycení spřáhla působící na narážky „b“ + vlastní hmotnost vozu



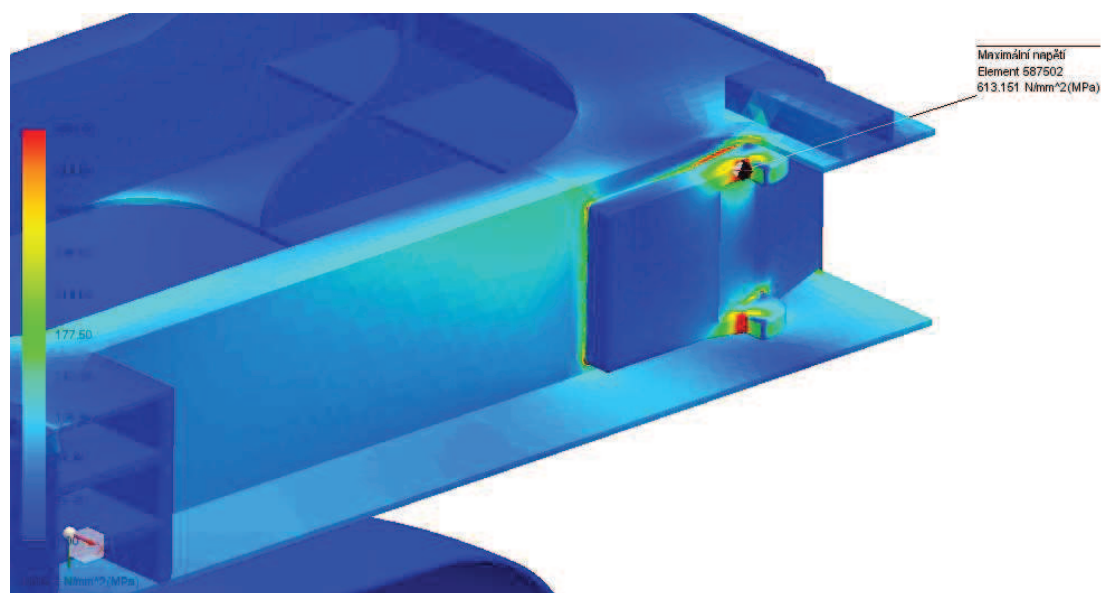
Obr. 89 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 90 Napětí Von Mises [MPa]

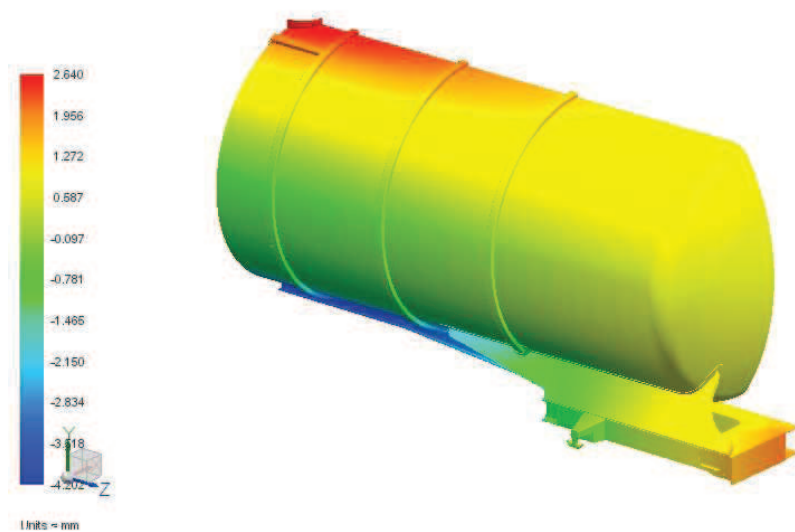


Obr. 91 Napětí Von Mises [MPa]



Obr. 92 Max. napětí [MPa]





Obr. 93 Průhyb [mm]

## 7. Závěr

Navržený představek byl zkonstruován na základě úprav představku, který se používá u běžných cisternových vozů s páteřovým rámem, jež vyrábí firma LEGIOS a.s. Hlavní změna bylo vypuštění páteřového rámu, který byl nahrazen přechodem do kotle vozu a jejím vyztužením. Vypuštěním konstrukce páteře došlo ke snížení vlastní váhy vozu, avšak vyztuhami a zesílením pláště kotle došlo naopak ke zvýšení hmotnosti. Výsledek byl takový, že váha navrženého vozu s představky byla přibližně stejná jako váha vozu s páteřovým rámem a to 22,4 t. Porovnány byly varianty se stejným ložným objemem 85 m<sup>3</sup>.

Navzdory tomu, že v každém výpočtovém případě došlo v určitých místech k převýšení meze kluzu materiálu, hodnoty těchto místních napětí jsou stále pod mezí pevnosti, a proto je možno z výpočtů vyvodit, že navržený představek v užitých zátěžových stavech pevnostně vyhovuje. Dovolенý průhyb není překročen ani v jednom z případů. Pro celkové zhodnocení by však bylo zapotřebí provést veškeré výpočty, které uvádí norma EN 12 663-1, respektive EN 12 663-2.

## Seznam použité literatury

- [1] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I. 2.* přeprac. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2010, 119 s. ISBN 978-80-7043-960-9
- [2] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla II.* 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2009, 391 s. ISBN 978-80-7043-641-7
- [3] HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla III.* 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2011, 223 s. ISBN 978-80-261-0028-7
- [4] LATA, M. *Konstrukce kolejových vozidel II.* 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004, 206 s. ISBN 80-719-4696-6
- [5] LEGIOS a.s. [online]. [cit. 2013-10-23] dostupné z: [www.legios.eu](http://www.legios.eu)
- [6] Tank Rail Cars.com 2012. [online]. [cit. 2013-10-23] dostupné z: [www.tankrailcars.com](http://www.tankrailcars.com)
- [7] Pardubický spolek historie ŽD, občanské sdružení. [online]. [cit. 2013-10-23] dostupné z: [www.pshzd.cz](http://www.pshzd.cz)
- [8] Parostroj. [online]. [cit. 2013-10-30] dostupné z: [www.parostroj.net](http://www.parostroj.net)
- [9] Tatravagónka a.s. [online]. [cit. 2013-12-20] dostupné z: [www.tatravagonka.com](http://www.tatravagonka.com)
- [10] ČD Cargo a.s. [online]. [cit. 2013-12-20] dostupné z: <http://vozy.cdcargo.cz>
- [11] Ural vagon zavod. [online]. [cit. 2013-12-20] dostupné z: <http://uralvagonzavod.com>
- [12] RYKO plus s.r.o. [online]. [cit. 2013-12-28] dostupné z: [www.rykoplus.cz](http://www.rykoplus.cz)
- [13] Midland Manufacturing Corp. [online]. [cit. 2013-12-29] dostupné z: [www.midlandmfg.com](http://www.midlandmfg.com)
- [14] ASTRA RAIL Industries S.R.L. [online]. [cit. 2014-01-21] dostupné z: [www.astrarail.com](http://www.astrarail.com)
- [15] WAGGONBAU GRAAFF GmbH [online]. [cit. 2014-01-21] dostupné z: [www.waggonbau-graaff.de](http://www.waggonbau-graaff.de)
- [16] AMERICAN RAILCAR Industries, Inc. [online]. [cit. 2014-01-22] dostupné z: [www.americanrailcar.com](http://www.americanrailcar.com)
- [17] UIC 530 – 1. Constructional conditions for wagons to be observed with a view to fitting the automatic coupler of the Member Railways of the UIC and OSJD respectively. 1. 4. 1982
- [18] Galon. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-05-12] dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Galon>

- [19] RAIL PLUS a.s. Poprad. *Pevnostný výpočet vozňa Zacns 85 m3 VTG*. říjen 2011
- [20] EN 12 663-1. *Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel – část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy)*. Říjen 2010
- [21] EN 12 663-2. *Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel – část 2: Nákladní vozy*. Říjen 2010
- [22] UIC. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-05-17] dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/UIC>
- [23] TSI. [online]. [cit. 2014-05-17] dostupné z: [www.zkratky.cz/TSI](http://www.zkratky.cz/TSI)
- [24] RID. [online]. [cit. 2014-05-17] dostupné z: [www.alfasped.cz/zkratky-v-doprave](http://www.alfasped.cz/zkratky-v-doprave)
- [25] DIN. [online]. [cit. 2014-05-17] dostupné z: [www.zkratky.cz/DIN](http://www.zkratky.cz/DIN)
- [26] GOST. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-05-17] dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/GOST>
- [27] AAR. [online]. [cit. 2014-05-17] dostupné z: [www.aar.org](http://www.aar.org)
- [28] DOT. [online]. [cit. 2014-05-17] dostupné z: [www.aar.org](http://www.aar.org)
- [29] ASTM. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001 [cit. 2014-05-17] dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/ASTM>

## Seznam příloh

Seznam příloh tvoří výkresová dokumentace.

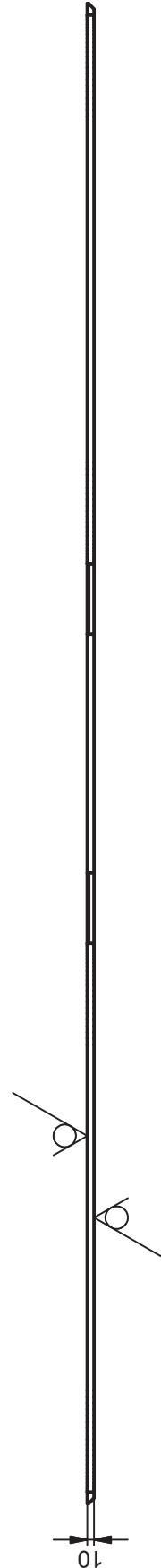
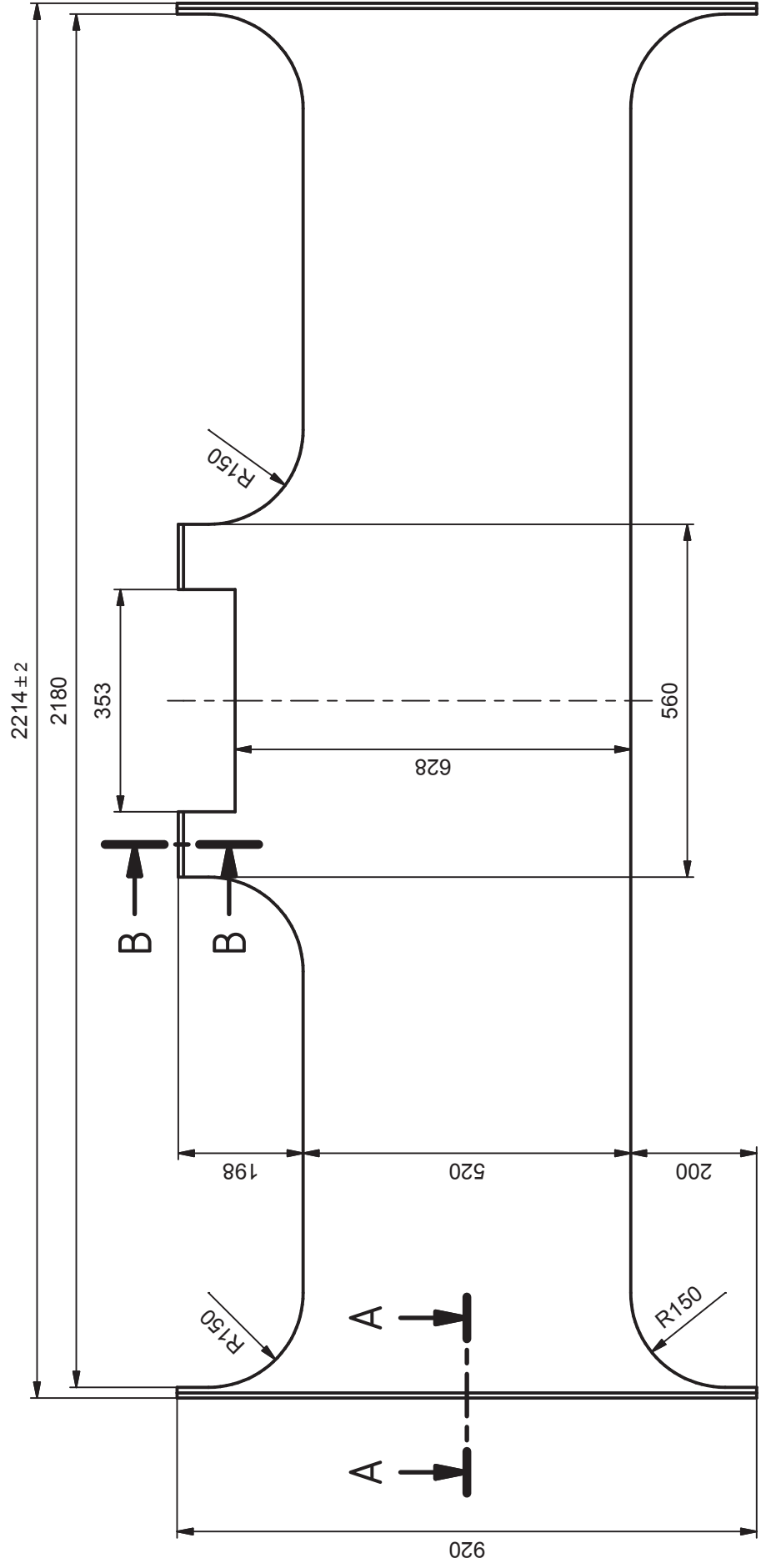
<b>P I</b>	Název výkresu: Číslo výkresu:	PŘEDSTAVEK P00 – 00 – 00
<b>P II</b>	Název výkresu: Číslo výkresu:	PŘÍČNÍK P01 – 00 – 00
<b>P III</b>	Název výkresu: Číslo výkresu:	HORNÍ DESKA PŘÍČNÍKU P01 – 00 – 01



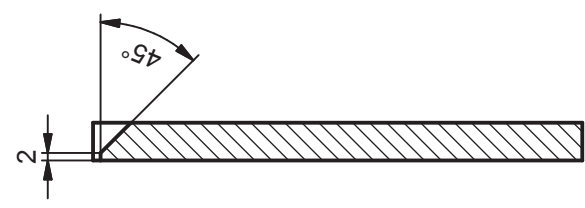




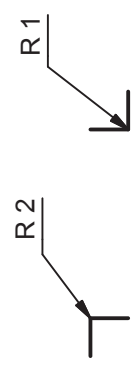




B-B ( 1 : 2 )



A-A ( 1 : 2 )



PRĚSNOST	ISO 2768 mK	Material	S355J2+N
TOLEROVÁNÍ	ISO 8015	Polotovár	P10-920x2220 ČSN 42 5301.0
PROMĚTÁNÍ		Čistá hmotn.	99,41 kg
Změna	Datum	Index	Podpis
Měřítko	1:10 (1:2)	Navrhl	Bc. Nohel V.
Množství		Kreslil	Bc. Nohel V.
Kusovník		Schválil	
Starý výkres		Datum	21.5.2014
Nadřazená sestava		Nový výkres	
Projekt		Čís. dokumentu	P01-00-00
Název		HORNÍ DESKA PŘÍČNÍKU	
Typ		Výrobní výkres	
Formát: A3		P01-00-01	