

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Konstruování strojů a technických zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh manipulačního kolejového vozíku pro vnitrozávodní přepravu
železničních podvozků nebo vozidel o různém rozchodu.

Autor: **Vojtěch ZAJÍC**

Vedoucí práce: **Ing. Jiří KOŘÍNEK**

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch ZAJÍC**
Osobní číslo: **S20B0334P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Konstruování strojů a technických zařízení**
Téma práce: **Návrh kolejového vozíku pro vnitrozávodní přepravu železničních podvozků nebo vozidel o různém rozchodu.**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Zásady pro vypracování

Cílem bakalářské práce je vytvoření návrhu manipulačního vozíku pro vnitrozávodní dopravu železničních podvozků nebo celých vozidel s různými rozchody. Preferované rozchody jsou 1520, 1435, 1000 a 760mm. Konstrukce vozíku bude určena pro nesení jednoho dvojkolí přepravovaného podvozku. Z této koncepce vyplívá potřeba spojovat navzájem uvedené manipulační vozíky podle potřeby (rozvoru vozidla, případně podvozku). Nosnost vozíku 20t, maximální dopravní rychlost 5km/h. Vozík by měl mít minimálně jedno kolo brzděné jednoduchou vřetenovou brzdou.

Rozsah bakalářské práce: **30-40**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. *Příručka strojího inženýra – Obecné strojní části 1*, Praha: Computer Press, 1999
[2] HOSNEDL, S. *Systémové konstrukční navrhování technických produktů*, Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 1. vyd. 1992
[3] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla 1*, Plzeň: nakl. Západočeská univerzita v Plzni, 2010.
[4] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla 2*, Plzeň: nakl. Západočeská univerzita v Plzni, 2009.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Kořínek**
Katedra konstruování strojů

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Ladislav Tříška, Ph.D.**
Strkan s.r.o.

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2021**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

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

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Zajíc	Jméno Vojtěch	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kořínek	Jméno Jiří	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh manipulačního kolejového vozíku pro vnitrozávodní přepravu železničních podvozků nebo vozidel o různém rozchodu.		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	37	TEXTOVÁ ČÁST	26	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje konstrukční návrh manipulačního kolejového vozíku pro přepravu podvozků o různých rozchodech. Řešení pevnostní analýzy rámu, vytvoření pohybového systému změny rozchodu pomocí kuličkových šroubů a spojování vozíku k sobě. Vytvoření 3D CAD modelu
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	manipulační vozík, kolejová doprava, podvozek, 3D CAD

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Zajíc	Name Vojtěch	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kořínek	Name Jiří	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of a rail truck for in-plant transport of railway bogies or vehicles of different gauge.		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KKS	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	37	TEXT PART	26	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis contains a design of a rail handling trolley for transporting chassis with different gauges. It covers the strength analysis of the frame, the creation of a gauge change motion system using ball screws and the coupling of the trolley together. Creation of 3D CAD model
KEY WORDS	rail truck, railway transport, bogie, 3D CAD

Obsah

Přehled použitých zkratk a symbolů.....	8
Seznam obrázků	9
1. Úvod.....	10
2. Uvedení do problematiky, rešerše dosavadních řešení	10
2.1. Železnice.....	10
2.2. Železniční vozidla.....	13
2.3. Rešerše dosavadních řešení	16
3. Konstrukční řešení	18
3.1. Princip řešení úlohy	18
3.2. Požadavky na návrh.....	18
3.3. Analýza.....	18
3.4. Rám.....	24
3.5. Kola	24
3.6. Deska a výztuhy.....	26
3.7. Systém změny rozchodu.....	29
3.8. Brzda.....	31
3.9. Dokončovací práce	32
3.10. Spojení vozíků	33
4. Závěr	35
Citovaná literatura	36
PŘÍLOHA č. 1.....	i

Přehled použitých zkratek a symbolů

FST	Fakulta strojní
KKS	Katedra konstruování strojů
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni
ČSN	Česká technická norma
3D CAD	prostorové počítačem podporované navrhování
USA	Spojené státy americké
ČR	Česká republika
mm	milimetr
km/h	kilometr za hodinu
kV	kilovolt
Hz	hertz
m ³	metr krychlový
N	newton
Nm	newton metr
MPa	megapascal
kg	kilogram

Seznam obrázků

Obrázek 1 Rozchod kolejnic	10
Obrázek 2 Locomotion 1825.....	11
Obrázek 3 Hustota železniční sítě	12
Obrázek 4 Velkoprostorové vozidlo.....	14
Obrázek 5 Cisternové vozy	15
Obrázek 6 Vozík Hubtex.....	16
Obrázek 7 Vozík Tallin II	17
Obrázek 8 Návrh rámu	19
Obrázek 9 Statická analýza podélného nosníku	20
Obrázek 10 Tabulka hodnot mezi pevnosti ocelí	21
Obrázek 11 4HR podélný nosník	22
Obrázek 12 Statická analýza příčného nosníku.....	23
Obrázek 13 4HR příčný nosník.....	23
Obrázek 14 Rám.....	24
Obrázek 15 Parametry kola.....	25
Obrázek 16 Kolo v rámu	26
Obrázek 17 Bočnice	27
Obrázek 18 Svislé výztuhy.....	28
Obrázek 19 Deska	29
Obrázek 20 Posuvný systém - horní pohled.....	30
Obrázek 21 Posuvný systém - iso pohled.....	30
Obrázek 22 Brzda.....	31
Obrázek 23 Brzda - iso pohled.....	32
Obrázek 24 Manipulační vozík - iso pohled	32
Obrázek 25 Manipulační vozík - horní pohled.....	33
Obrázek 26 Oko	34
Obrázek 27 Spojené vozíky.....	34

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je vytvoření návrhu kolejového vozíku pro vnitrozávodní dopravu železničních trakčních podvozků či celých vozidel o různých rozchodech. Preferované rozchody jsou 760 mm, 1000 mm, 1435 mm a 1520 mm. Samotný vozík bude jezdit po kolejích s rozchodem 1435 mm. Je požadována konstrukce pro nesení jednoho dvojkolí přepravovaného podvozku. Manipulační vozík musí respektovat obrys pro vozy s rozchodem 1435 mm dle ČSN 28 0330. Dále je možnost spojovat navzájem uvedené manipulační vozíky podle potřeby. Nosnost vozíku bude 20 tun a jeho maximální dopravní rychlost 5 km/h. Vozík by měl mít minimálně jedno kolo, případně dvojkolí brzděné jednoduchou vřetenovou brzdou.

Na začátku bakalářské práce je věnovaná pozornost uvedení do problematiky železniční dopravy a rešerši dosavadních řešení manipulačních kolejových vozíků. Následně jsou specifikovány požadavky. Komplexně se zanalyzují a zhodnotí dosavadní řešení. Na to navazuje kapitola s návrhem alternativ koncepčního řešení, které se také hodnotí, aby mohlo dojít k vybrání optimální koncepce řešení. Poté je vypracován konstrukční návrh ve 3D CAD pro vybranou koncepční variantu včetně výstupu v podobě výkresové dokumentace.

2. Uvedení do problematiky, rešerše dosavadních řešení

2.1. Železnice

Železnice je kolejový dopravní systém pro přepravu osob a zboží. Dílčí principy kolejové dopravy byly využívány nejméně od středověku, moderní železnice vznikla začátkem 19. století. Železniční vozidla fungují na principu jízdy po kolejnicích, které jsou upevněné v jízdni dráze. Tato dráha určuje přesný směr a cestu pro kola pohybující se po kolejnicích.

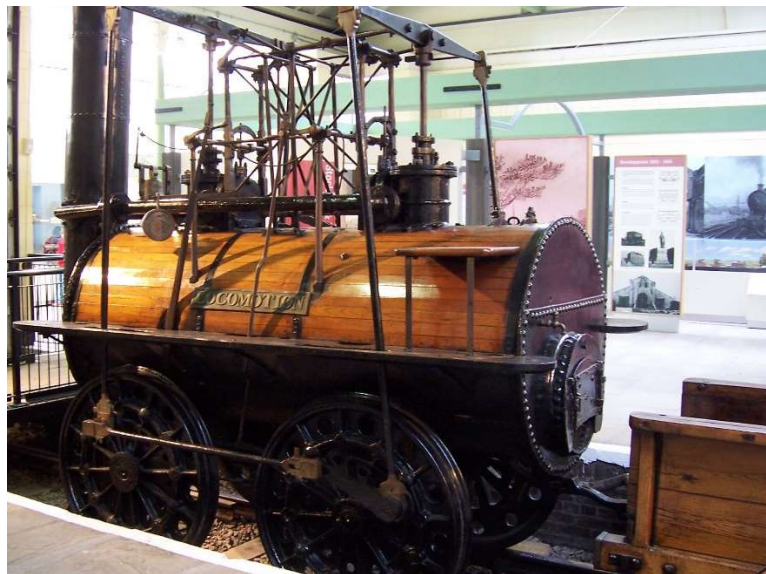
Kolejnice mají mezi sebou přesně danou vzdálenost označující se jako rozchod. Pro správné fungování musí mít jízdni dráha i železniční vozidlo, které se po této dráze pohybuje stejný rozchod. Nejčastějším a také rozchodem používaným v České republice je 1435 mm. Není ovšem výjimkou rozchod užší či širší, na což reaguje moje bakalářská práce.



Obrázek 1 Rozchod kolejnic

Autor: Gauge_EN.svg; Dmitry Sutyagin derivative work: Pavouk – Vlastní dílo, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=32194270>

Prvotní systémy železnice byly založeny na jednoduchých například dřevěných či pouze vyjetých kolejích, na nichž se vozy pohybovaly pomocí lidské nebo zvířecí síly. Své uplatnění našel ve středověku také v hornictví, kdy se na území dnešního Rakouska postavila první zaznamenaná a dochovaná železnice právě na živý pohon přes hnací kolo umístěné na povrchu. (1). První veřejná železnice zahájila svůj provoz v roce 1825 v Anglii. Kola železničních vozů byla opatřena stejnými okolky, jako mají dnešní vozy, a měla dnešní normální rozchod 1435 mm. Po tomto úspěchu se začaly tratě rychle rozrůstat, a to nejen v Anglii a ve Spojených státech amerických, ale i po celé kontinentální Evropě (2).



Obrázek 2 Locomotion 1825

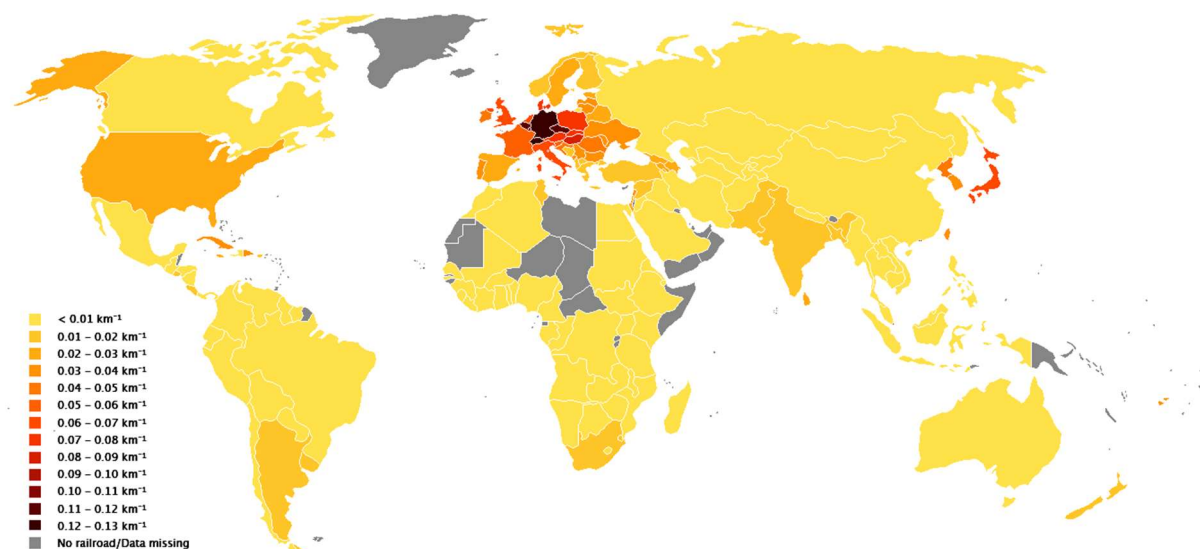
By Chris55 - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17436807>

Již v 19. století se ukázala železnice jako obrovská strategická výhoda ve vojenských střetech. Státy s kvalitně vybudovanou sítí tratí měly výhodu díky, které mohly rychle pohybovat s vojenskými oddíly a zajistit jejich zásobování (3). Největší vojenský význam měla železnice při první světové válce. Ovšem i ve druhé světové válce tvořila nezastupitelnou roli na obou stranách konfliktu. Díky ní mohl Sovětský svaz přesunout svůj vojenský průmysl dále na východ a tím ho ochránit před expanzí Německa. To používalo vlaky k přepravě Židů a jiných vězňů do koncentračních táborů.

Ve druhé polovině 20. století začal po období velkého rozmachu plného rozšiřování tratí útlum v dalším rozvoji. Důvodem byl masivní vývoj silniční dopravy. Ta, jelikož se jednalo o méně nákladný druh dopravy, se rozvíjela velmi rychle (4). Zájem zejména o osobní přepravu klesal zejména v západní Evropě, kde si více obyvatel mohlo dovolit vlastní automobil. V zemích tzv. východního bloku se pokles tolik netýkal, a naopak se na železniční dopravu kladl větší důraz.

V Japonsku a v západní Evropě se klesající trend dokázalo zastavit díky vysokorychlostním tratím. Ty jsou na krátké a středně dlouhé tratě srovnatelnou alternativou k letecké dopravě. Právě díky zlepšení komfortu, rychlosti a také své ekologičnosti se v posledních letech cestování vlakem stává oblíbenější způsobem přepravy v Evropě, Japonsku a Číně.

Co se absolutních čísel týče, tak je jednoznačným lídrem v celkové délce železniční sítě USA. S 225 tisíci km má více než dva a půl násobnou délku než další země v pořadí Rusko. V Evropě má nejdelší síť železnice Německo, které zaujímá se 42 tisíci km celkové šesté místo. Česká republika se s délkou přibližně 9,5 tisíc km řadí na 22. místo světového žebříčku (5). Mezi absolutní špičku se však ČR dostává, když se vezme v potaz hustota tratí. V žebříčcích hustoty na počet obyvatel a hustoty železnic na rozlohu území je ČR v první desítce. Hustotou železnic na rozlohu území je ČR se 12,2 km na 100 km² dokonce na druhém místě pouze za Německem a společně se Švýcarskem a Belgií na třetím, respektive na čtvrtém místě tvoří státy s nejhustší sítí železnic na celém světě (4).



Obrázek 3 Hustota železniční sítě

By GSchjetne at English Wikipedia - Transferred from en.wikipedia to Commons by Tam0031 using CommonsHelper.,
Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4324952>

Samotná železniční trať se skládá ze dvou základních součástí. Jsou jimi železniční spodek a železniční svršek. Úkolem železničního spodku je nesení železničního vršku. Základní složkou železničního spodku je zemní těleso, které s pomocí dalších vrstev připraví dobrý podklad pro kolejový vršek. Železniční svršek pak tvoří samotnou jízdní dráhu, která nese a vede vozidlo. Základní součástí traťového svršku jsou kolejnice, výhybky, upevňovací prvky, pražce a kolejové lože. Na železniční spodek se nanese kolejové lože, do kterého se položí pražce. Na ty se poté položí samotné kolejnice a vše se k sobě upevní. Kolejnice se na závěr přivaří k dalším úsekům a tím je kolejová trať hotová (6).

Pokud se na trati pohybuje elektricky poháněný vůz, tak je zapotřebí zajištění elektrické energie k jeho pohybu. Od toho je u tratí tomu uzpůsobených trolejové vedení, které je umístěno na kolejích, či méně často – hlavně u metra – je umístěna napájecí kolejnice v samotné koleji. Napájení v těchto vedeních je různé. Po Evropě jsou 4 užívané napájecí soustavy, což pramení v nutnost přeprahů hnacích vozidel ve stykových stanicích, či využití více systémových hnacích vozidel. Spolu se stejnými potížemi u různých rozchodů kolejnic jsou toto největší problémy evropské železnice. V samotné České republice jsou využívány dvě hlavní napájecí soustavy. Na severu se využívá stejnosměrné napětí 3 kV, kdežto na jihu se používá střídavé napětí 25 kV, 50 Hz. Důvodem tohoto rozdělení jsou technické možnosti, které se v průběhu let vyvíjeli. Střídavý proud nebyl natolik výkonný, aby dokázal spolehlivě napájet železnici. Proto byla na většině Česka soustava stejnosměrná. Po druhé světové válce se situace obrátila, jelikož střídavý proud byl díky rozvoji elektrotechniky mnohem stabilnější. To vedlo některé země, kromě ČR i Francii, k zavedení druhého napájecího systému (7).

2.2. Železniční vozidla

Po železničních tratích se pohybují drážní vozidla. Ty se rozdělují do několika skupin: osobní, nákladní a manipulační. Jestliže je více vozů spojeno do soupravy, z nichž alespoň jeden je hnací, tak tuto skupinu lze označit za vlak. Tato definice lze použít na všechny druhy drážní dopravy. Kromě železniční, kam spadá i tramvajová doprava a metro, platí i pro trolejbusovou dopravu, lanovou dráhu, nebo důlní a průmyslové dráhy.

Osobní vozidla jsou zkonstruována pro provoz v osobní dopravě. V takových vozidlech se z pravidla nachází oddíl pro cestující. Ten je řešen dvěma způsoby. Jedním z nich je takzvané velkoprostorové uspořádání, kdy je uprostřed vozu ulička pro průchod a sedadla jsou umístěná po stranách u oken a není mezi nimi žádná stěna. Druhým typem uspořádání sezení je verze s oddělenými kupé. Toto uspořádání se odlišuje oddělením jednotlivých bloků sedadel a jejich fyzickým oddělením od sebe. Tím vznikají kupé, do kterých se vstupuje z uličky, nacházející se na straně vozu. Uspořádání s oddělenými kupé je používáno také ve speciálních vozech určených k dálkovým a nočním spojům. Tato kupé jsou upravena a vybavena lehátky či lůžky a tedy určena ke spánku. Mimo tyto druhy osobních vozů jsou mezi ně zařazovány ještě vozy jídelní, které jsou vybaveny židlemi a stoly pro konzumaci jídel a nápojů při delších trasách. Speciální osobní vozy mohou také být vybaveny řídicím stanovištěm pro strojvedoucího. Z něho je možné ovládat hnací vozidla. V tom případě tedy není nutné při každé změně směru jízdy přepřáhnout trakční vozidlo do čela vlaku.



Obrázek 4 Velkoprostorové vozidlo

Modernizovaný velkoprostorový vůz EC/IC 2. třídy - celkový pohled [online]. In: . Dostupné z: http://www.ceskedrahy.cz/assets/tiskove-centrum/tiskove-zpravy/09_modernizovany_vuz_ec_ic-velkoprostorovy_oddil_2_tr_2.jpg

Nákladní vozy jsou konstruovány k usnadnění nakládky, vykládky a zabezpečení přepravovaných nákladů. Jejich konstrukce je unifikovaná s důrazem na snadnou vyměnitelnost dílů. Díky velké variabilitě nákladních vozidel je možné přepravovat po železnici téměř jakékoliv zboží. Hlavní omezení je dané jen obrysem vozidel pro rozchod kolejnic. Nákladní vlaky jsou obecně delší než vlaky osobní a jedním lze snadno přepravit i stovky tun zboží či materiálu. Vozy se dělí podle jejich určení. Základním vozidlem je krytý vůz, ten slouží k přepravě kusových zásilek a paletizovaného zboží. Pokud takové zboží nepotřebuje být chráněno před povětrností, tak je používán plošinový vůz. Častým vozem je vysokostěnný vůz, určený k přepravě sypkého zboží, nejčastěji uhlí. Tyto vozy jezdí nejvíce na trasách mezi uhelnými doly a elektrárnami. Na sypké materiály se používá také výsypný vůz, který má řízené výsypy. Pro přepravu kapalin či zkapalněných plynů se používají cisternové vozy. Tyto vozy mohou mít kapacitu až 95 m³. Čeští výrobci automobilů, také využívají nákladní železnice k přepravě svých výrobků. Na přepravu automobilů se používají speciální vozidla, na které ve dvou patrech nad sebe auta vyjedou a zabezpečí proti pohybu. Speciálními vozy lze přepravovat i další nestandardní zboží, ať už se jedná o nadrozměrné zásilky či atypické zboží, které se není vhodné k přepravě po silnici. (8)



Obrázek 5 Cisternové vozy

UNIPETROL. Unipetrol zařadil do flotily 81 nových železničních cisteren na LPG [online]. In: . Dostupné z: <https://zdopravy.cz/wp-content/uploads/2021/08/ermewa.jpg>

Ať se jedná o osobní nebo nákladní vozidla jedno mají společné. Potřebují hnací vozidlo ke svému pohybu. Hnací vozidlo vyvíjí tažnou respektive tlačnou sílu a díky ní dochází k uvedení do pohybu celé soupravy. Hlavní roli mezi hnacími vozy u nás tvoří lokomotivy. Jsou to samostatné vozy spřažené s ostatními vozy soupravy. Lze je k vlaku připojit do čela, či naopak na konec vlaku. V to případě se lokomotiva ovládá z řídicího stanoviště, jak jsem uvedl dříve. Při pohonu dlouhých nákladních vlaků se zařazují často dvě lokomotivy za sebe, aby měli dostatečný výkon k pohonu celého vlaku. Mimo lokomotiv je u osobních vlaků další druh trakčního vozidla. Jedná se o trakční jednotky, což jsou v podstatě celé soupravy spojené k sobě a tvořící kompaktní vlak. Takovéto jednotky jsou k vidění u všech rychlovlaků, kde je kladen velký důraz na aerodynamiku. Ale lze je vidět i u nás nejen u rychlíkových vlaků, ale také u regionálních. Trakční jednotky mají rozložené hnací podvozky po větší části vlaku, což je také rozdíl oproti soupravám s lokomotivou, kde jsou hnací podvozky jen na lokomotivě. Důležitým rozdělením hnacích vozidel je rozdělení podle druhu pohonu. Dříve byly nejčastější vozy parní. Ty však dnes jezdí pouze na turistických trasách a jsou zcela nahrazeny hlavní dvojicí dieselové a elektrické trakce. Použití těchto pohonů závisí na trati, po které se vlaky mají pohybovat. Na elektrifikovaných tratích se používá elektrických trakčních vozů a na tratích bez elektrického vedení naopak dieselových hnacích vozidel.

Poslední druh vozidel na železničních tratích jsou manipulační vozidla. Tato vozidla slouží k manipulaci, údržbě, opravám, nebo výstavbě trati. Své využití mají tedy zejména při

stavbách a rekonstrukcích železničních tratí a používají se k přepravě jednotlivých komponentů, ale také jsou mezi nimi vozy se stroji využívanými na činnosti spojené s opravami. Mohou to být různé obráběcí stroje, stroje měřící opotřebení a hlídající správný rozchod a další. Manipulační vozidla se používají také ve výrobních závodech k přepravě těžkých břemen. Své uplatnění najdou v závodech těžkého průmyslu. Právě tomuto tématu se dále věnuje moje bakalářská práce.

2.3. Rešerše dosavadních řešení

Kolejových vozíků je na trhu v současnosti velké množství. Většina z nich však nesplňuje zadání. Často se jedná o malé, lehké vozíky s jednoduchou plošinou, určené k přepravě různého materiálu po železničním svršku. Nicméně tyto vozíky mají velmi nízkou nosnost, v rámci stovek kilogramů, a jsou tedy nevyhovující. V závěru jsem dospěl ke dvěma řešením, která jsou nabízena na trhu. Přestože zcela neodpovídají požadavkům zadání, tak jsou použity pro příklad dosavadních řešení a bylo by možné je s určitými modifikacemi uznat jako vyhovující.

První vozík je od společnosti Hubtex. Je velmi robustní a díky tomu má více než vyhovující nosnost až 350 tun na základě konfigurace. Používá se zejména v hutním průmyslu pro přepravu velmi těžkých břemen. Výhodou je i vlastní pohon. Celý vozík se dá ovládat dálkově, ale obsluha může být i automatizovaná. (9)



Obrázek 6 Vozík Hubtex

HUBTEX. Kolejové plošinové vozíky [online]. In: . Dostupné z: <https://www.hubtex.com/cs-cz/vyrobky/plošinove-a-kolejove-voziky/kolejove-voziky>

Nevýhod a problémů ovšem není málo. K přepravě podvozků je potřeba nízkého vozíku, aby se dokázal dostat po vozidlo a to nemuselo být zdviženo tak vysoko. Vysoká konstrukce vozíku Hubtex to komplikuje. Hodně prostoru uvnitř vozíku zabírá jistě motor a zároveň nosníky pro nosnost 350 tun jsou velmi silné a tudíž objemné. Navíc pro přepravu různých šířek a délek podvozků a vozidel je tento vozík nepraktický a ne dobře modifikovatelný.

Další vozík vyrábí společnost Jetomas. Na rozdíl od předchozího vozíku, je tento již na první pohled méně robustní. Rám je vyroben ze svařovaných ocelových U profilů a tlustých plechů. Vozík má pojezdová kola o průměru 350 mm a nosnost 12 tun. Tento vozík tedy nestačí co se týče nosnosti, avšak výrobce udává možnost změny rozměrů i nosnosti v případě zájmu zákazníka.



Obrázek 7 Vozík Tallin II

JETOMAS. PODVOZEK REDUKČNÍ TALLIN II [online]. In: . Dostupné z: <https://jetomas.cz/podvozek-redukzni-tallin-ii>

Tento vozík je sice připraven na přepravu podvozků o různých rozchodech, ale není to zcela záměrné a těžko mohu z fotografie usoudit, zda by užší nebo širších podvozek správně seděl na vozíku. Zároveň není uzpůsoben pro různé rozvory podvozků, jelikož není nijak variabilní a tudíž ani tato konstrukce zcela nevyhovuje.

3. Konstrukční řešení

3.1. Princip řešení úlohy

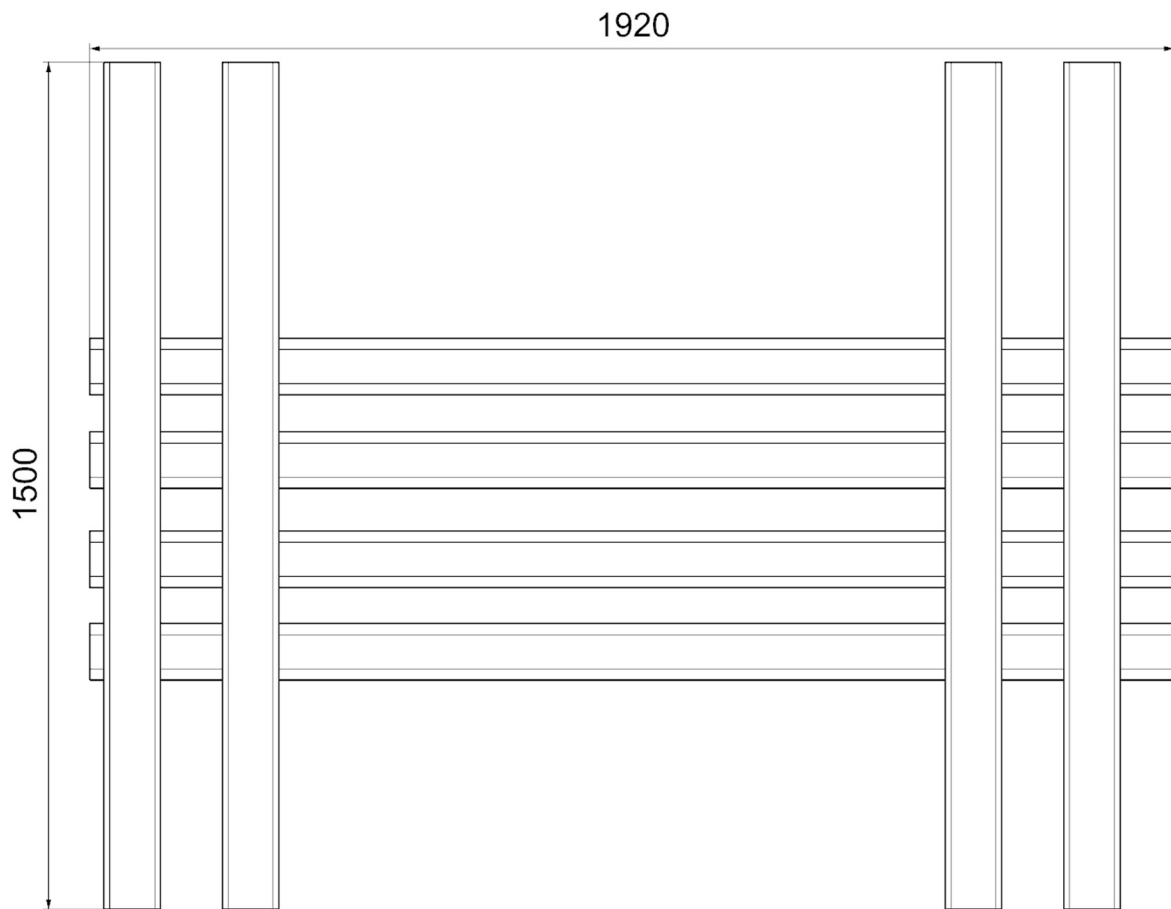
Cílem konstrukčního řešení bylo použít získané znalosti o současných dostupných řešeních a přenést je do zadaného úkolu. Celý úkol lze rozdělit na dvě části. Samostatně bude řešen rám a podvozek. U rámu je nám známo, že je zapotřebí co nejnižší položená rovina pro uložení podvozku. Aby toho mohlo být dosaženo je zapotřebí také nízkého podvozku, který nebude zbytečně zvyšovat výšku vozíku. Celý vozík bude mít úložné místo jen pro jedno dvoukolí a kvůli potřebě spojovat více vozíku k sobě je potřebné navrhnout tělo vozíku co nejkratší. Díky tomu bude vozík více adaptabilní a dokáže přepravit podvozky a vozidla o různých rozvorech.

3.2. Požadavky na návrh

Ze zadání vyplývá několik zásadních bodů a požadavků. Celý vozík musí mít nosnost minimálně 20 tun. Musí mít rozchod svých kol 1435 mm a být schopen přepravit dvojkolí o rozchodech 760, 1000, 1435 a 1520 mm. Musí být také vybaven systémem pro spojování vozíku k sobě a hnacímu vozidlu. Maximální dopravní rychlost bude 5 km/h a vozík by měl mít minimálně jedno kolo brzděné jednoduchou vřetenovou brzdou. Z těchto požadavků vyplývá hlavní parametr – nosnost 20 tun. Nejprve se zajistí, aby kola a rám byly navrženy s dostatečnou nosností. Poté se návrh zaměří na uložení podvozků a obecně princip měnění rozchodu podle potřeby. Na závěr se bude navrhovat brzdu a spojení vozíku.

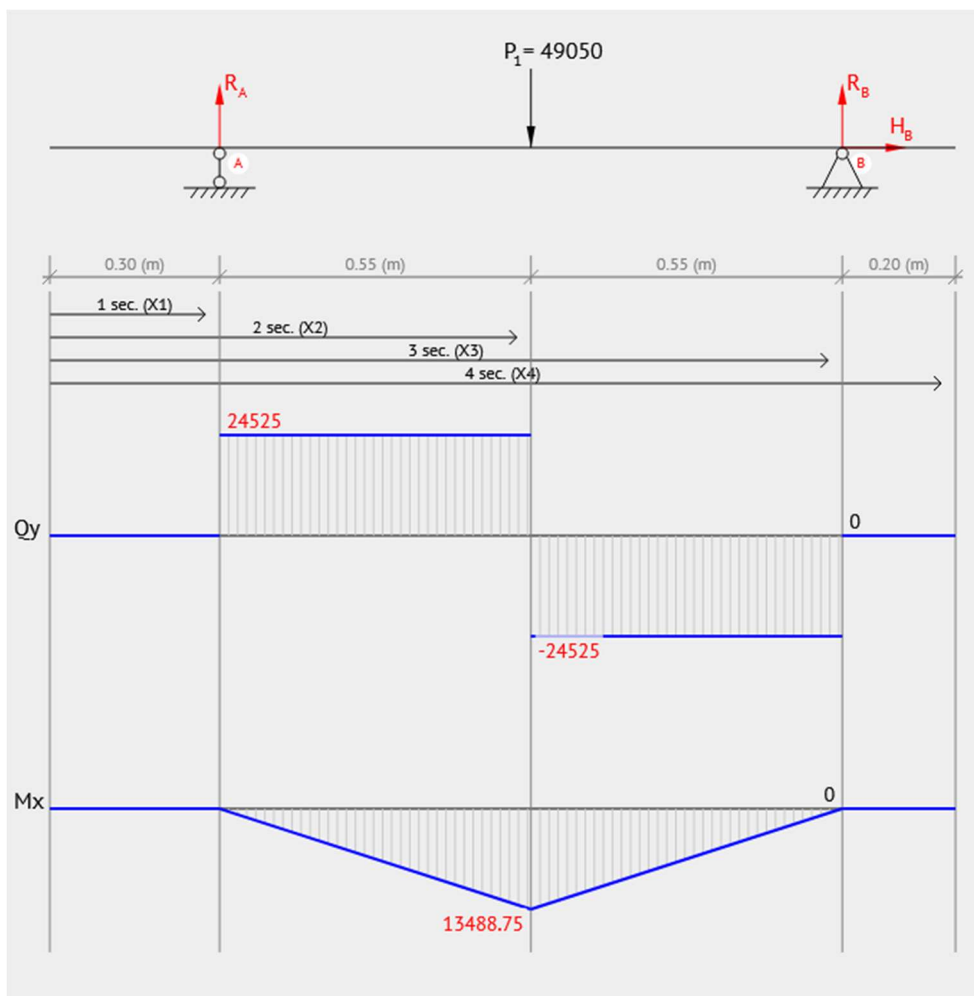
3.3. Analýza

Konstrukční návrh začal načrtnutím určité představy, která by měla splňovat zadání. Jako předloha byl využit vozík od společnosti Jetomas. Vozík by měl být spojením profilů svařených k sobě. Dva profily jsou umístěny na každé straně ve podélném směru, to znamená ve směru pohybu. Mezi těmito dvěma profily budou na každé straně umístěny kola. Obě strany se pak spojí k sobě dalšími profily.



Obrázek 8 Návrh rámu

K výpočtu zatížení rámu je potřeba úlohu rozdělit na dvě části. První část je řešení zatížení na podélných profilech s koly. Aby bylo možné si dokázat představit v jakých rozměrech profilu se bude návrh pohybovat bylo zapotřebí vybrat kola. Hlavními parametry při výběru byl průměr a nosnost. Ta byla celkem velkou překážkou při výběru. Pokud by měl mít vozík 4 kola, tak vychází nosnost každého z nich na alespoň 5 tun. Taková kola bylo velmi obtížné najít a byla připravena také varianta s 8 koly, kdy byly vždy na své pozici kola zdvojena. Tato varianta však byla velmi prostorově nákladná a bylo by znemožněno přepravovat podvozky o nižších rozvorech. Proto byla nakonec vybrána kola s průměrem 300 mm. Toto kolo je vyrobeno z litého polyamidu, má nízký valivý odpor a je extrémně otěruvzdorné. Hlavně má ovšem velmi vysokou statickou a dynamickou odolnost a má nosnost 7 tun, což bez problémů stačí. Jedná se o úlohu s nosníkem na dvou podporách a bodovým zatížením na podporách. Jedná se o zjednodušení blízké k reálnému stavu. Na každý ze 4 nosníků bude působit zatížení 5 tun.



Obrázek 9 Statická analýza podélného nosníku

Na obrázku jsou vidět zvolené hodnoty velikosti nosníku. Dále vypočtená tíhová síla působící na nosník ze vztahu: $F = m * g = 5000 * 9,81 = 49050 \text{ N}$. Následovaly výpočty podmínek statické rovnováhy.

$$\sum F_x = 0 \text{ N}; H_B = 0 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \text{ N}; R_A + R_B - F = 0 \rightarrow R_A = F - R_B = 24525 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0 \text{ Nm}; R_B * 1,1 - F * 0,55 = 0 \rightarrow R_B = \frac{F * 0,55}{1,1} = 24525 \text{ N}$$

Nyní si stačilo dopočítat velikost maximálního momentu, který se nachází v místě zatížení: $M(x = 0,55) = F * x = 24525 * 0,55 = 13488,75 \text{ Nm}$. Jelikož je dobré zachovat výrobu co nejlevnější, tak jsem materiály vybíral zejména s ohledem na cenu. Oceli vychází v poměru cena/výkon nejlépe a na takovýto produkt se hodí. Vybíral jsem z řad 11 370 až po 11 600, kvůli jejich dovolenému napětí v ohybu.

hodnoty (MPa)	ČSN EN ISO	11 370 1.0036	11 420 1.0077	11 500 1.0050	11 600 1.0060	11 700 1.0070
Mez kluzu v <u>tahu</u> σ_{kt}		200 -- 250	230 -- 260	260 -- 290	300 -- 340	350 -- 390
Mez pevnosti v <u>tahu</u> σ_{pt}		370 -- 450	420 -- 520	500 -- 620	600 -- 720	700 -- 850
Mez únavy v <u>ohybu</u> σ_{oc} (0,43 σ_{pt})		160 -- 195	180 -- 230	215 -- 265	260 -- 310	300 -- 370
Mez únavy v <u>tahu</u> σ_{tc} (0,32 σ_{pt})		120 -- 145	135 -- 165	160 -- 200	190 -- 235	235 -- 270
Mez únavy v <u>krutu</u> τ_{kc} (0,25 σ_{pt})		95 -- 110	105 -- 130	125 -- 155	150 -- 180	175 -- 210
Hodnoty dovolených napětí (MPa)						
<u>Tah/tlak</u> statický σ_{Dt}		100 - 140	115 - 170	140 - 210	150 - 230	115 - 135
<u>Tah/tlak</u> míjivý σ_{Dt}		85 - 120	75 - 105	90 - 135	110 - 165	95 - 115
<u>Tah/tlak</u> střídavý σ_{Dt}		65 - 90	55 - 80	65 - 95	75 - 115	75 - 87
<u>Ohyb</u> statický σ_{Do}		110 - 155	120 - 175	150 - 220	170 - 250	125 - 150

Obrázek 10 Tabulka hodnot mezí pevnosti ocelí

Hodnoty mezí pevnosti, kluzu, únavy a dovolených napětí pro ocel. In: E-konstruktor [online]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/hodnoty-mezi-pevnosti-kluzu-unavy-a-dovolenych-napeti-pro-ocel>

Z důvodu velmi vysokého zatížení byl vybrán tvar profilu 4HR. Jedná se o velmi pevný tvar, který je hojně rozšířen a vyráběn v různých velikostech. To dává možnost přesné volby profilu s ohledem na nosnost i cenu. Díky velikosti kola je možné si dovolit výšku nosníku okolo 200 mm. Do srovnání byl vybrán nosník o rozměrech 200 x 100 x 5 mm (výška x šířka x tloušťka stěny) a 180 x 100 x 4 mm. Koeficient bezpečnosti byl zvolen $k = 1,5$. Samotný vozík bude také něco vážit a je potřeba zajistit větší nosnost než je zadaná k zajištění větší bezpečnosti a delší životnosti. Velikost napětí v ohybu se vypočte z tohoto vzorce:

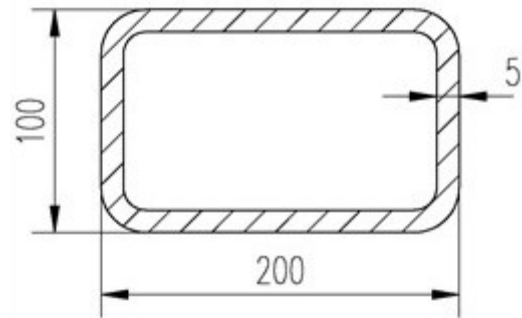
$$\sigma = \frac{M_{omax}}{w_o} * k.$$

Nosník 200x100x5

$$\sigma = \frac{13488,75}{0,00015} * 1,5 = 134,9 \text{ MPa}$$

Nosník 180x100x4

$$\sigma = \frac{13488,75}{0,00011} * 1,5 = 189,9 \text{ MPa}$$



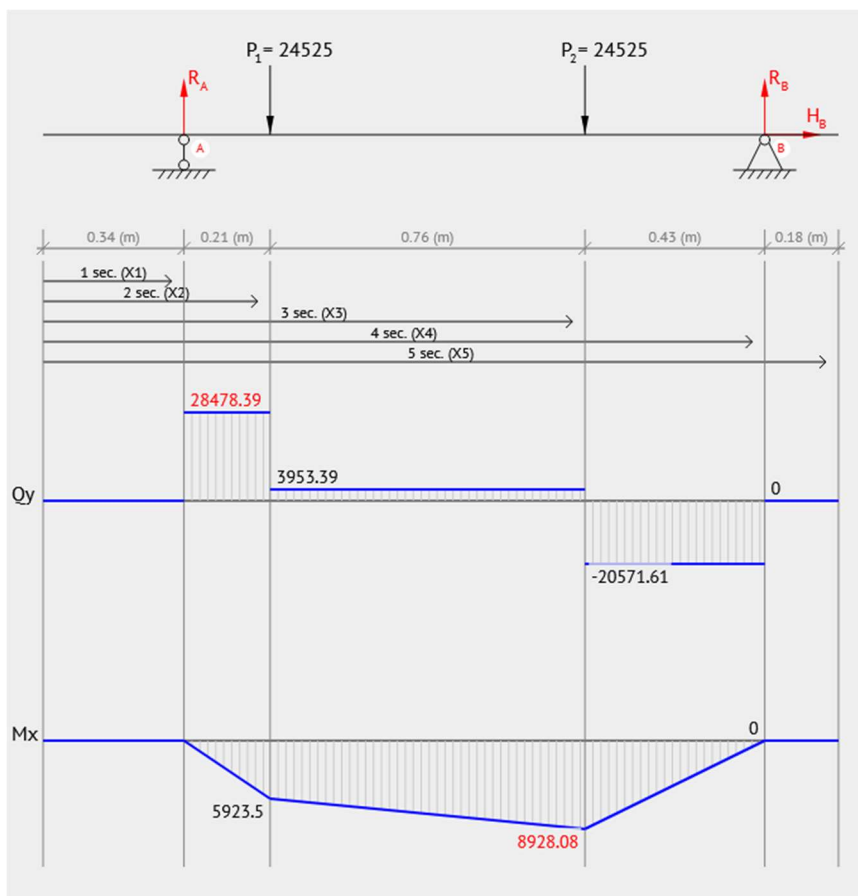
Obrázek 11 4HR podélný nosník

Dostupné z:

<https://www.kondor.cz/fotocache/CatPreview/200x100x5.jpg>

Z předchozí tabulky lze vyčíst, že obě varianty jsou možné. Rozdíl je v použitém materiálu. Na větší nosník stačí použít ocel 11 370. Menší a o přibližně 9 kg lehčí profil je nutné použít alespoň ocel 11 500. Menší profil je sice lehčí, ale musí být vyroben z dražší oceli, proto je zvolená varianta s větším nosníkem a ocelí 11 370.

Další analytická úloha se zabývala příčnými nosníky. Největší zatížení nosníků bude při nejmenším nastaveném rozchodu 760 mm. Kromě materiálu a velikosti nosníku byla zapotřebí zajistit dostatečný počet nosníků. K zajištění určité symetrie a zachování prostorové úspornosti bylo voleno mezi 2 a 4 příčnými profily. Po provedení statické analýzy vyplynul maximální ohybový moment $M_o = 35712,32 \text{ Nm}$. Tento moment je výrazně vyšší než u podélných nosníku, proto bylo výhodnější jít do varianty 4 příčných profilů čtvercového průřezu.



Obrázek 12 Statická analýza příčného nosníku

Jelikož byl zvolen podélný nosník o výšce 200 mm, tak se dále volí příčný nosník v maximální výšce poloviny podélného, tj. 100 mm. Z důvodu vysokého zatížení přišly do srovnání nosníky o rozměrech 100 x 100 a tloušťkách stěny 5, 6 a 8 mm.

Nosník 100x100x5

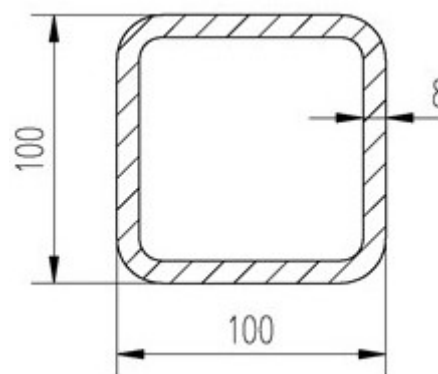
$$\sigma = \frac{8928,08}{0,00006} * 1,5 = 223,2 \text{ MPa}$$

Nosník 100x100x6

$$\sigma = \frac{8928,08}{0,00007} * 1,5 = 191,3 \text{ MPa}$$

Nosník 100x100x8

$$\sigma = \frac{8928,08}{0,00008} * 1,5 = 167,4 \text{ MPa}$$



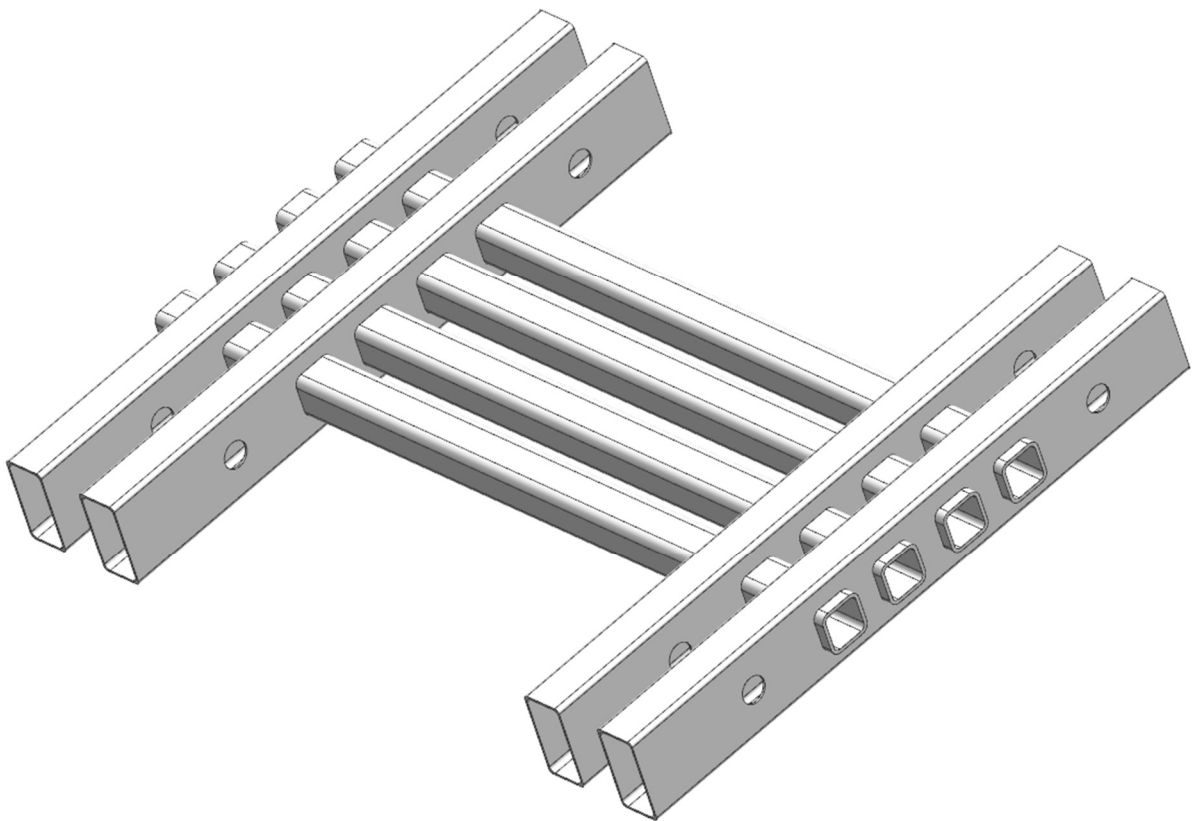
Obrázek 13 4HR příčný nosník

Dostupné z:
https://www.kondor.cz/fotocache/CatPreview/100x100x8_2.jpg

Opět byl zvolen tužší nosník i přes vyšší váhu, ale je možné zvolit levnější třídu oceli a to 11 420.

3.4. Rám

Po zvolení profilů mohl být sestavený rám. Do podélných nosníků byly navrženy otvory o velikosti průřezu příčných nosníků. Příčné profily se do podélných nasunou a v místech styku se svaří k sobě. Vzdálenosti jsem volil nejprve vzhledem k rozchodu kol, tím byla dána délka mezi podélnými profily. Na krajích těchto nosníků budou umístěny kola o průměru 300 mm a s náklonem 345 mm. Na jedné straně je navíc ještě místo pro vřetenovou brzdu. Příčné profily jsou tedy umístěny přibližně doprostřed podélných nosníků. Z důvodu možnosti přepravy podvozků o větším rozchodu než má samotný vozík bylo potřeba příčné nosníky trochu prodloužit, aby mohli zachytit zatížení od desky přesahující podélné nosníky.

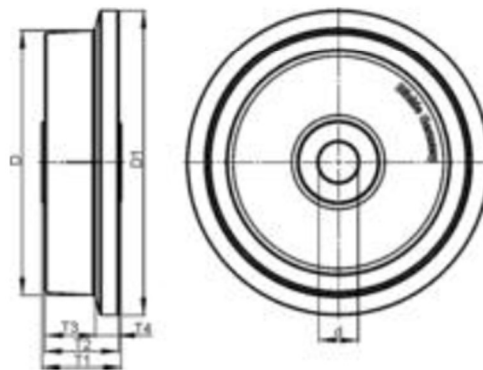


Obrázek 14 Rám

3.5. Kola

Výběr kola byl popisován lehce již v kapitole 3.3., kdy bylo nutné popsat výběr kola, na kterém závisel výběr nosníků použitých na rám. Kolo vyrábí společnost Blickle a má označení SPKVS 300K.

Ø kola bez nákolku		300 mm (D)
Ø kola vč. nákolku		345 mm (D1)
šířka kola		90 mm (T2)
šířka běhounu		72 mm (T3)
nosnost		7000 kg
Ø otvoru pro osu		60 mm (d)
délka náboje		90 mm (T1)
Hmotnost		46,5 kg
Teplotní odolnost		-25 ° C
Teplotní odolnost až do		120 ° C
tvrdost běhounu		190 - 230 HB
Druh ložiska		Kuličkové ložisko



Obrázek 15 Parametry kola

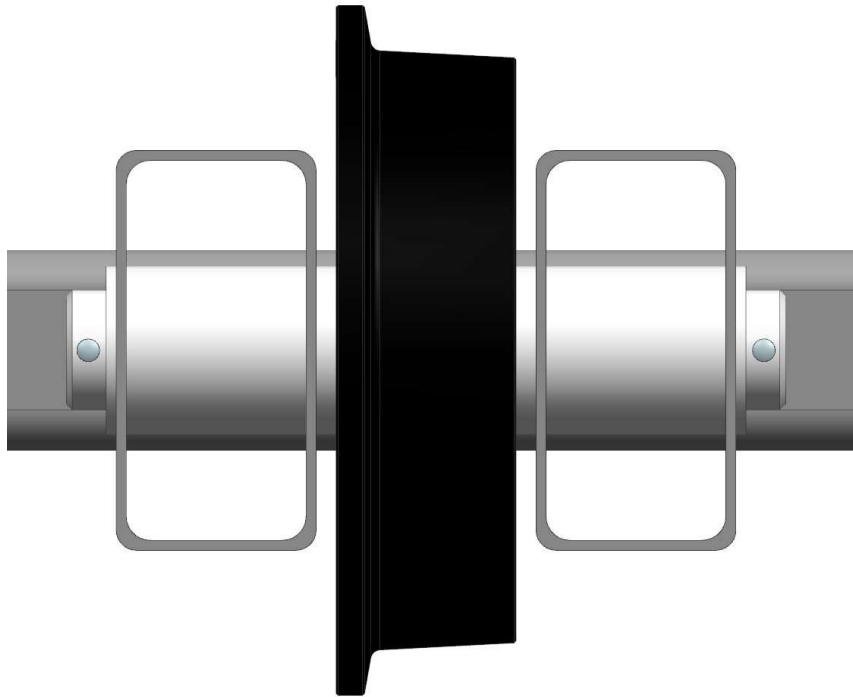
Dostupné z: <https://www.blickle.cz/v%3%bdrobek/SPKVS-300K-253286>

Jedná se o klasické kolo s nákolkem používané na železnicích. Je mimo jiné osazeno kuličkovým ložiskem v náboji. Ten má průměr 60 mm a z toho důvodu jsem provedl statickou analýzu pro kruhovou tyč, která bude nalisována do náboje a připojena k rámu. Analýza probíhala stejně jako u nosníků. Délka tyče mezi podpěrami je 110 mm a na každou působí tíhová síla 49050 N.

$$M(x = 0,055) = F * x = 49050 * 0,055 = 1348,88 \text{ Nm}$$

$$\sigma = \frac{1348,88}{0,000021} * 1,5 = 95,4 \text{ MPa}$$

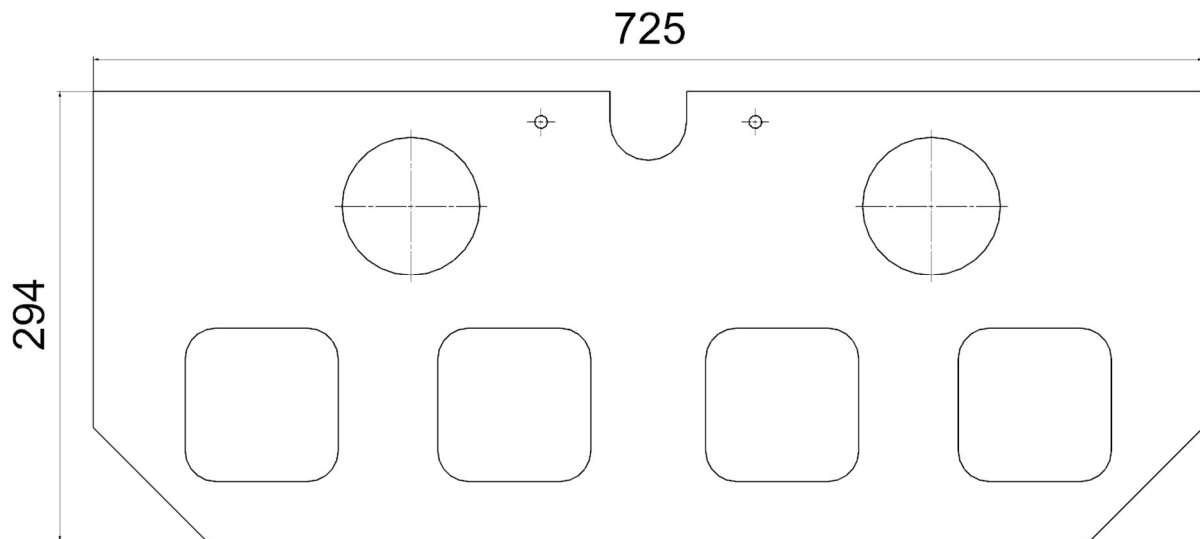
Tuto tyč je tedy možné vyrobit z ocele třídy 11 370. Bylo nutné zabezpečit přesnou polohu kola na ose. K tomuto účelu slouží ocelové válečky. Ty plní funkci vymezovací tím, že se opírají o ložisko kola a zároveň zajišťují uchycení osy. Válečky jsou nalisovány na tyč a svařeny k podélným nosníkům. Na obou koncích tyče jsou ještě namontovány pojistné kuželové kolíky.



Obrázek 16 Kolo v rámu

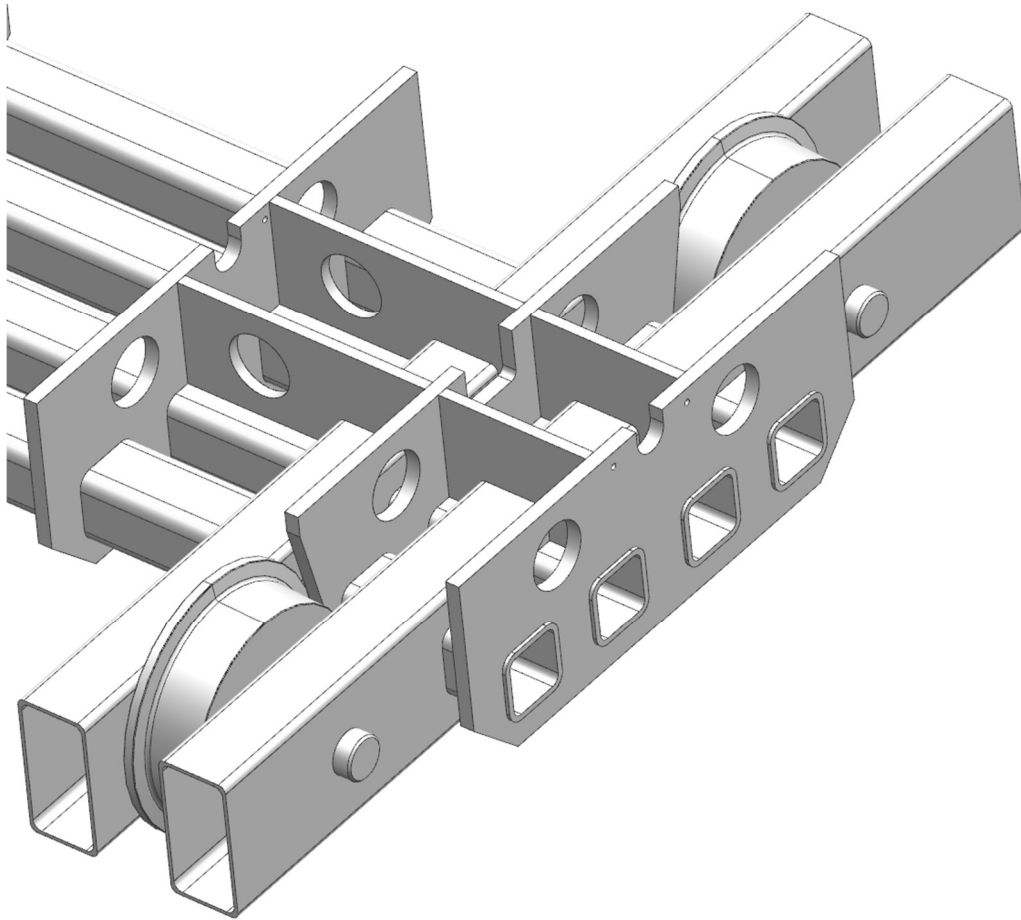
3.6. Deska a výztuhy

Na hotový rám s koly je možné stavět desku na které se bude převážet dvojkolí. Desku, bočnice i výztuhy navrhuji z konstrukční ocele S235JR, jelikož se jedná o části, které nebudou díky zástavbě jednotlivě tolik zatížené a celkové zatížení se rozloží do více částí. Nejprve byly navrženy bočnice. Jsou to svislé ploché části, které budou na krajích horní desky jí podpírat. Tyto desky budou zcela uchycené, otvory v dolní části, do příčných nosníků. V horní části jsou dva kruhové otvory, které slouží pouze pro odlehčení součásti při zachování pevnosti. Uprostřed na horní hraně bočnice je umístěn otvor pohybový šroub a vedle něj díry pro uchycení příruby.



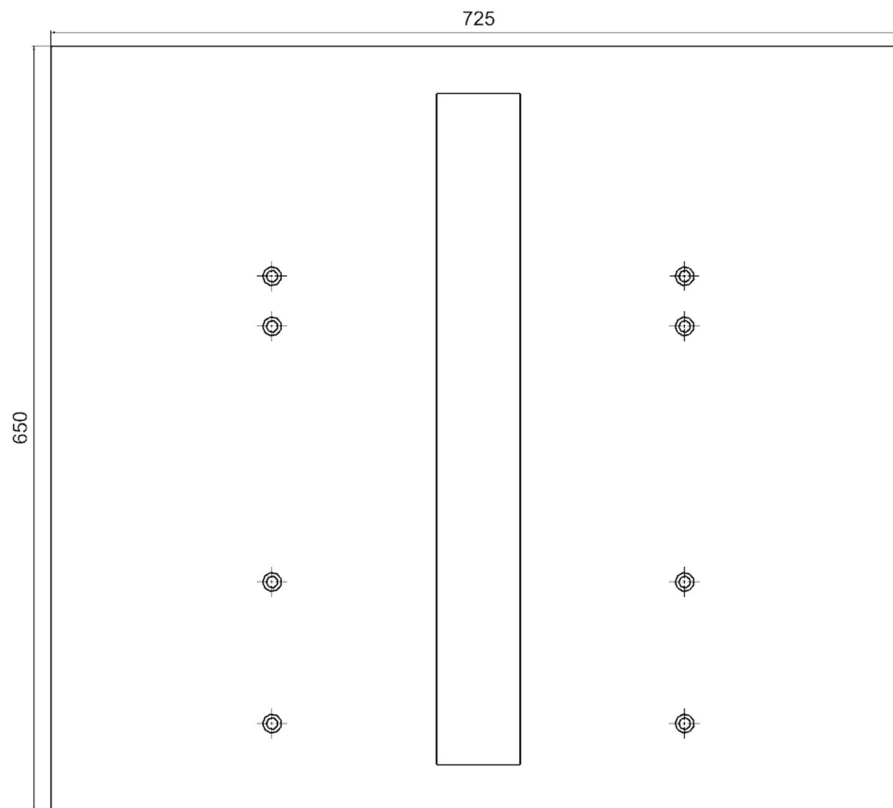
Obrázek 17 Bočnice

Tloušťka bočnice je 20 mm. To je stejně jako u středové podélné výztuhy. Ta je tvarově podobná bočnici. Kvůli kolům je však více zkosená a také pouze sedí přímo na nosnících, ale pouze z horní strany a z boků. Také otvor na horní hraně je větší, aby jím mohl bezproblémově projet pohybový šroub a obecně celý systém změny rozchodu. Kolmo k bočnicím a středové podélné výztuhy jsou výztuhy příčné. Jedná se o 4 různé modely, jenž přesně kopírují povrch rámu. Na obou stranách vedou vždy od vnější bočnice ke středové výztuze a od ní druhá k vnitřní bočnici. Pokud to bylo možné vzhledem k umístění u podélného nosníku, tak jsou navrženy včetně kruhových otvorů k úspoře váhy a materiálu. Tyto výztuhy o tloušťce 15 mm jsou umístěné na prostředních dvou příčných profilech.



Obrázek 18 Svislé výztuhy

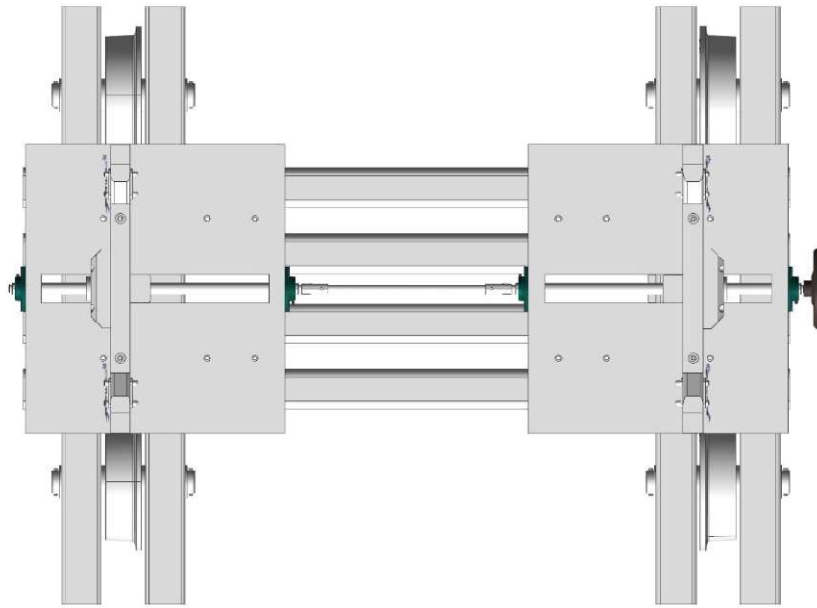
Na tuto konstrukci svislých výztuh bude položena deska sloužící pro uložení posuvného mechanismu, na který se bude pokládat dvojkolí. Deska o tloušťce 25 mm je navržena s obdélníkovým otvorem. V něm se bude pohybovat posuvný mechanismus. K zajištění přesné polohy zadaných rozchodů jsou do desky vyvrtány 4 páry děr, k nimž bude připevněno lože pro dvojkolí. Všechny popsané výztuhy i deska budou k sobě navzájem svařeny a stejně tak k rámu.



Obrázek 19 Deska

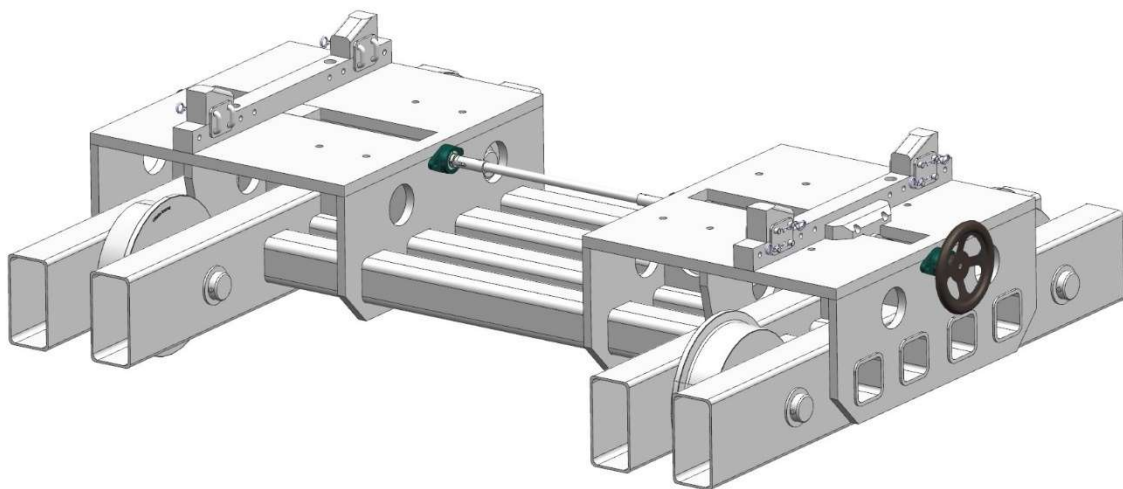
3.7. Systém změny rozchodu

Hlavním prvkem stavby vozíku je možnost přepravy dvojkolí o různých rozchodech. Na deskách je tedy položený systém pro uložení dvojkolí, který je možné přenastavit na požadovaný rozchod. Hlavní mechanismus pohybu úložných nosníků je zajištěn pomocí kuličkových šroubů a pohybových matic. Pod oběma deskami je umístěn kuličkový šroub, který je uložen do přírubových ložisek, přišroubovaných z venku na bočnice. Mezi šrouby je spojovací tyč, jenž přenáší točení. Šrouby mají opačnou orientaci, jeden je pravý a druhý levý. Tím je zajištěn pohyb úložných nosníků k sobě či od sebe stejnou vzdáleností. Na pravé straně je za konec hřídele nasazeno ovládací kolo pro jednodušší manipulaci se šrouby.

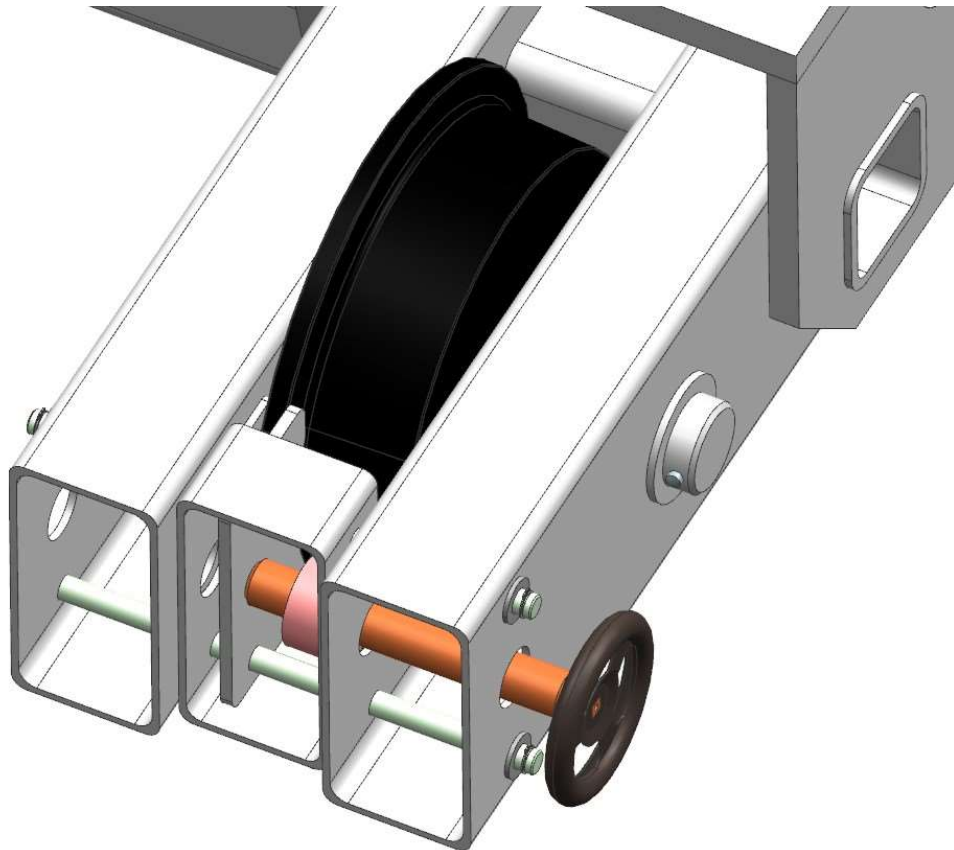


Obrázek 20 Posuvný systém - horní pohled

Po kuličkovém šroubu se pohybuje pohybová matice. Ta je nalisována na přírubu, která vystupuje nad desku a je přišroubovaná k úložnému nosníku. Ten je stejně jako příruba navrhnut z konstrukční ocele S235JR. Samotný úložný nosník je zkonstruován pro variabilitu velikosti uložených kol. Pomocí systému U tyčí a závlaček lze přemístit krajní držáky kol tak, aby vyhovovaly přepravovanému kolu. Samotný úložný nosník je po změně rozchodu vždy za aretován šrouby do připravených děr v desce. Díky tomu je známá přesná poloha a nemůže dojít k pochybení v měření.



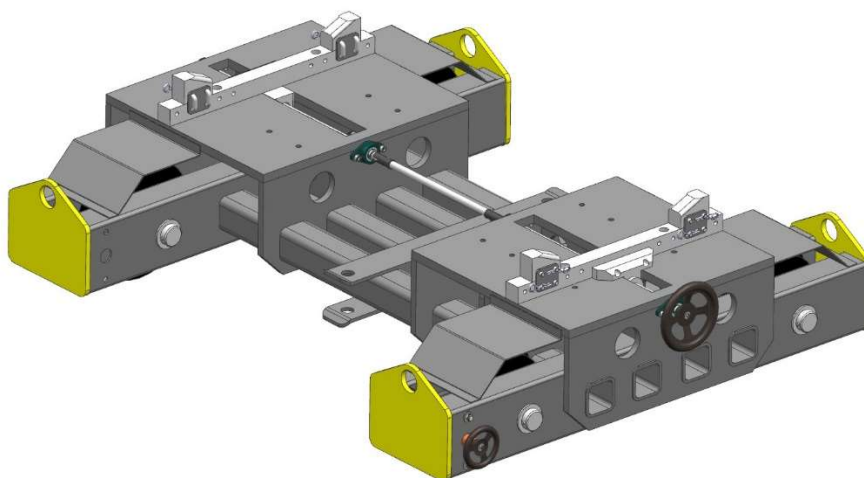
Obrázek 21 Posuvný systém - iso pohled



Obrázek 23 Brzda - iso pohled

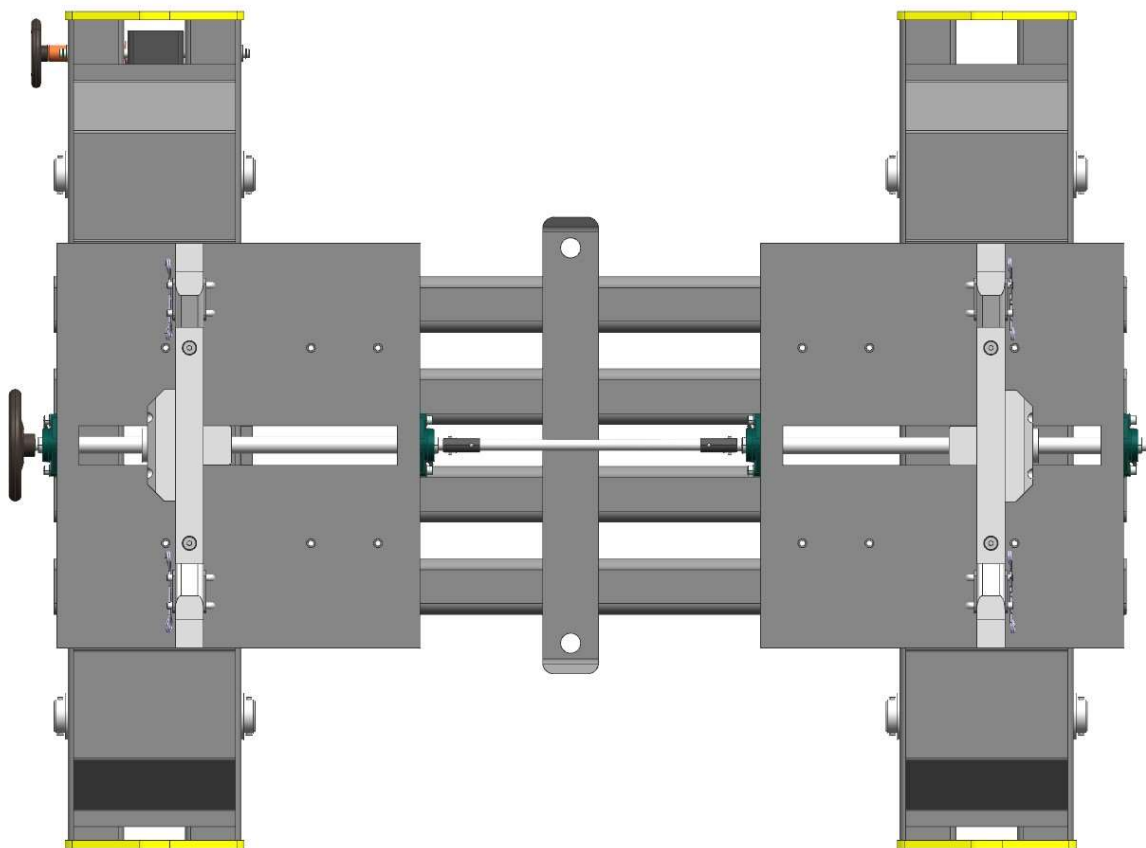
3.9. Dokončovací práce

Nyní jsou všechny nejdůležitější části jednoho vozíku zkonstruovány. Následují dokončovací práce, kdy se umísťují zbývající šrouby, podložky a jiné spojovací materiály.



Obrázek 24 Manipulační vozík - iso pohled

Přírubové ložiska jsou k bočnicím přišroubovány šrouby a podložkami M10. Stejným způsobem je řešeno i spojení příruby a úložných nosníků. Ovládací kola pohyblivého systému i brzdy jsou přiroubována šroubem M6 s velkoprostorovou podložkou. Čepy u brzd jsou z obou stran zajištěny podložkami a pojistnými kroužky. Spojení tyče mezi deskami a kuličkových šroubů je navrženo pomocí kuželových kolíků. Kromě spojovacího materiálu je k dokončení potřeba bezpečnostních prvků. K zamezení či výraznému omezení přístupu k pohyblivým částem, byly k rámu přivařeny ochranné plechy nad kola a také dorazy na všechny konce podélných nosníků. Pro spojování více vozíků je pak k příčným ráům pomocí svarů připojeno spřáhlo, které je obousměrné.

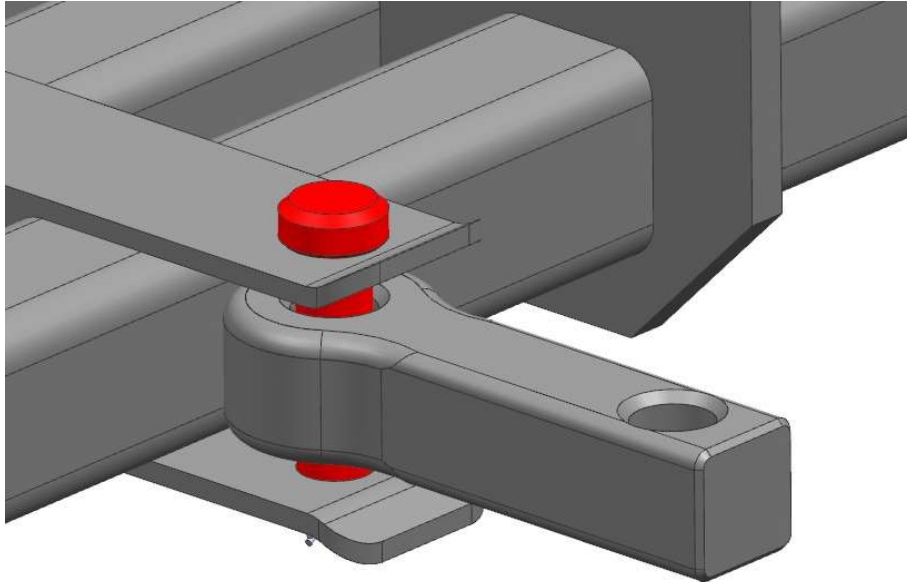


Obrázek 25 Manipulační vozík - horní pohled

3.10. Spojení vozíků

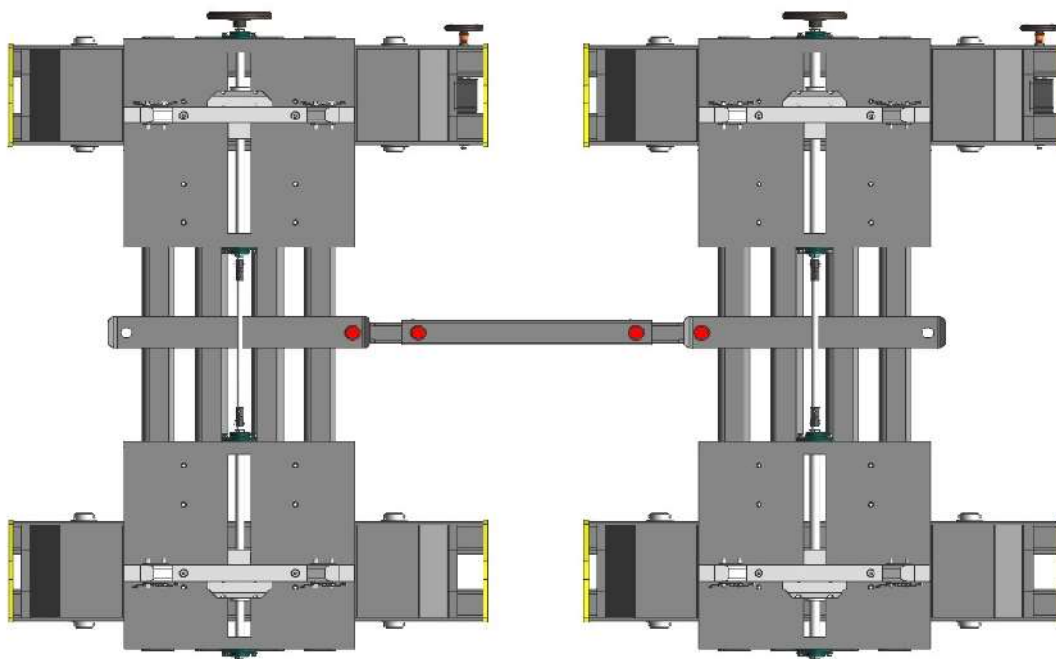
Takto je vozík kompletní. Poslední požadavek zadání je na možnost spojování více vozíků k sobě. Kolejové podvozky a vagóny jsou velmi odlišné nejen v rozchodu kol, ale i rozvoru. To znamená, že je potřeba velká variabilita připojení. V tomto konstrukčním řešení je navrhnout základní systém pro spojování vozíků. Do spřáhla se vloží oko, to má v sobě na obou koncích otvory pro kolíky. Jeden kolík zajistí polohu oka ve spřáhlu. Druhý je určený ke spojení oka

s profilem. Profil je navržen stejně jako ostatní nosníky ve tvaru 4HR o velikosti 80 x 80 x 8 mm. Jeho délka je různá podle potřeby uložení podvozku. Pro ukázkou jsem uvažoval s rozvorem dvojkolí 1800 mm, jenž je například u podvozku typu Y 25 Rs (10).



Obrázek 26 Oko

Pro jiné rozvory je nutné vyměnit profil za jinak dlouhý a ten jednoduše spojit s oky v jednotlivých vozících. Dá se takto zapojit více vozíků s různými rozvory.



Obrázek 27 Spojené vozíky

4. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout manipulační kolejový vozík pro vnitrozávodní přepravu železničních podvozků nebo vozidel o různém rozchodu. Hlavními požadavky návrhu bylo vytvoření vozíku pro dvojkolí o rozchodech 760, 1000, 1435 a 1520 mm. Dále byla požadována nosnost 20 tun s maximální dopravní rychlostí 5 km/h, možnost jednotlivé vozíky spojovat podle potřeby a vybavení minimálně jednoho kola jednoduchou vřetenovou brzdou.

Při návrhu byla nejprve provedena analýza variant. Důraz byl především kladen na pevnost a průhyb rámu při co nejmenší výšce. Z pevnostní analýzy podélných a příčných profilů vyšla požadovaná minimální pevnost nosníků. Díky výběru kola s průměrem 300 mm byl zvolen vysoký podélný nosník s rozměry 200 x 100 x 5 mm. Na každé straně jsou takové nosníky dva. Tyto podélné nosníky jsou kolmo spojeny se 4 nosníky o velikosti 100 x 100 x 8 mm. Tyto nosníky tvoří dostatečně tuhý rám, který společně s koly má nosnost 28 tun.

Na tento rám se přivařila sestava výztuh, bočnic a úložných desek. Tyto prvky tvoří základ pro pohyblivý systém změny rozchodu. Pohyb úložných nosníku, určených pro nesení vlastních dvojkolí, je zajištěn pomocí kuličkových šroubů a pohybových matic. Jsou na obou stranách s opačnou orientací. Spojeny jsou pevně s tyčí mezi nimi a pohybuje se s nimi pomocí ovládacího kola umístěného na bočnici rámu. Díky přírubám přišroubovaným k úložným nosníkům je možný pohyb. V desce pod těmito nosníky jsou v přesných vzdálenostech požadovaných rozchodů umístěny díry pro aretaci.

Následně byla řešena vřetenová brzda pro jedno kolo. U tohoto vozíku slouží brzda zejména při stání vozíku, aby bylo zamezeno pohybu. Je tedy ovládána také z boku vozíku. Při dostatečném utažení se špalek spojený s hřídelí dostane do kontaktu s kolem a tím mu nedovolí pohyb. Brzda, ale také kola byla zakryta plechy pro snížení možnosti kontaktu obsluhy s pohyblivými částmi.

Na závěr se návrh věnuje spojení vozíků k sobě tak, aby mohla převážet podvozky i celé vagóny. Toto spojení je vytvořeno pomocí spřáhla, ok, kolíků a profilu pro spojení. Oko se spojí se spřáhlem kolíkem a následně podle potřebného rozvoru s profilem. Ten je různý pro každý rozvor a zajišťuje variabilitu.

Citovaná literatura

1. "Der Reiszug: Part 1 – Presentation". *Funimag*. [Online] [Citace: 8. 1 2022.] <http://www.funimag.com/funimag10/RESZUG01.HTM>.
2. Zajímavé momenty v historii železnice. *hobbystranky.cz*. [Online] [Citace: 8. 1 2022.] <http://www.hobbystranky.cz/zajimavosti/zajimave-momenty-v-historii-zeleznice>.
3. Československé obrněné vlaky. *palba.cz*. [Online] [Citace: 9. 1 2022.] <http://www.palba.cz/viewtopic.php?t=2891>.
4. Železniční doprava. *Katedra geografie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci*. [Online] [Citace: 9. 1 2022.] https://geography.upol.cz/soubory/lide/hercik/GEDP/Prednasky/zeleznicni_doprava.pdf.
5. Dopravní infrastruktura ve světě. *cittadella.cz*. [Online] [Citace: 9. 1 2022.] http://www.cittadella.cz/cenia/index.php?p=dopravni_infrastruktura_ve_svete&site=doprava.
6. Plán železničního spodku a kolejové lože. *parostroj.cz*. [Online] 16. 1 1999. [Citace: 9. 1 2022.] http://www.parostroj.net/modely/svrsek_plan/svrsek_plan.htm.
7. Napájení elektrických drah. *feld.cvut.cz*. [Online] [Citace: 9. 1 2022.] http://motor.feld.cvut.cz/www/materialy/AD1M14PO2/napajeni_el_drah_v0.pdf.
8. Katalog nákladních vozů. *ČD Cargo*. [Online] [Citace: 09. 03 2022.] https://www.cdcargo.cz/cs_CZ/katalog-nakladnich-vozu.
9. Kolejové pološinové vozíky. *Hubtex*. [Online] [Citace: 09. 03 2022.] <https://www.hubtex.com/cs-cz/vyrobky/plosinove-a-kolejove-voziky/kolejove-voziky>.
10. doc. Ing. Petr Heller, CSs. *Kolejová vozidla II*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2019. ISBN 978-80-261-0773-6.
11. Podvozek redukční Tallin II. *Jetomas*. [Online] [Citace: 09. 03 2022.] <https://jetomas.cz/podvozek-redukni-tallin-ii>.

PŘÍLOHA č. 1

Výkres sestavy manipulačního vozíku