



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

VŮZ PRO PŘEPRAVU EUROKOŠŮ

VEHICLE FOR TRANSPORT OF EUROCONTAINER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MAREK ŠTĚPÁN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BRANDEJS, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav konstruování

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Marek Štěpán

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vůz pro přepravu eurokošů

v anglickém jazyce:

Vehicle for transport of eurocontainer

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem bakalářské práce je konstrukční návrh vozu pro přepravu eurokošů s těmito parametry: nosnost vozu 1000kg, plnopryžvová kola, možnost zapojení více vozů za sebou.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce musí obsahovat (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci):

1. Úvod
2. Přehled současného stavu poznání
3. Formulaci řešeného problému a jeho technickou a vývojovou analýzu
4. Vymezení cílů práce
5. Návrh metodického přístupu k řešení
6. Návrh variant řešení a výběr optimální varianty
7. Konstrukční řešení
8. Závěr (Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení)

Forma bakalářské práce: průvodní zpráva, technická dokumentace.

Typ práce: konstrukční

Účel práce: pro potřeby průmyslu

Seznam odborné literatury:

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G. Konstruování strojních součástí. Překlad
7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Brandejs, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 27.11.2010

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je návrh a konstrukce tažených vozíku pro eurokoše a jiné paletové jednotky. Tato práce je zaměřena na přehled současných produktů, na konstrukci vozíku a stanovení geometrie a konstrukce řízení.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Vozík, logistický vlak, eurokoš, řízení, logistika, manipulační technika

ANNOTATION:

The objective of this bachelor thesis is design and construction of towed vehicle for eurocontainers and other pallet units. This thesis is aimed to on overview of present products, vehicle construction and determination of geometry and construction of steering.

KEYWORDS

Vehicle, logistics train, eurocontainer, steering, logistics, handling machine

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠTĚPÁN, M. Vůz pro přepravu eurokošů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 43 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Brandejs, CSc..



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci, *Vůz pro přepravu eurokošů*, vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Jana Brandejse, CSc. a za pomoci uvedené literatury.

V Brně dne

.....
Podpis



PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat především svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Brandejsovi, CSc. Za odbornou pomoc a podnětné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat firmě ŠK zámečnictví s.r.o. za možnost zrealizovat tento projekt, a také firmě Brose CZ spol. s r.o. za poskytnutí prostor a techniky k testování prototypů. V neposlední řadě chci poděkovat své rodině za podporu v průběhu celého studia.



OBSAH	
ÚVOD	13
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	14
1.1 Typy vozíků na trhu a jejich nedostatky	14
1.1.1 Inteligentní tažná souprava STILL	14
1.1.2 Třínápravový podvozek Wanzl	15
1.1.3 Logistický vlak Linde	16
1.2 Eurokoš	17
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	18
2.1 Důvod, proč navrhovat vozík na eurokoše	18
2.2 Cílová oblast	18
2.3 Požadavky kladené na vozíky	18
3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE	19
3.1 Konkrétní požadavky:	19
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	20
4.1 Postup řešení	20
4.2 Volba softwaru	20
4.3 Testování vozíku	20
5 NÁVRH VARIANT A VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ	21
5.1 Návrh systému řízení	21
5.1.1 Varianta s pevnou nápravou	21
5.1.2 Varianta s jednou pevnou a dvěma volnými nápravami	22
5.1.3 Varianta s jednou pevnou a dvěma volnými nápravami s opačným směrem pohybu	22
5.1.4 Varianta s pevnou a pohyblivou nápravou	23
5.1.5 Varianta se dvěma řízenými nápravami	23
5.1.6 Varianta se dvěma řízenými nápravami bez centrálního uložení	24
5.2 Volba kol	24
5.2.1 Kola s excentrickým vyložením	25
5.2.2 Kola se souměrným uložení	25
5.2.3 Volba konkrétního kola	26
5.3 Tvar nosného rámu	27
5.4 Uchycení a zajištění eurokoše	28
5.5 Povrchová úprava	29
5.6 Tahač	29
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	31
6.1 Konstrukce nosného rámu a jeho napěťová charakteristika	31
6.2 Uložení pojezdových kol	33
6.3 Systém řízení	33
6.3.1 Schéma řídicího ústrojí	34
6.3.2 Stanovení geometrie	35
6.3.3 Konstrukce řízení	36
6.4 Montážní sestava	37
7 ZÁVĚR	38
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	40
9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	41
10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	42
11 SEZNAM PŘÍLOH	43

ÚVOD

V oblasti logistiky, a to zejména v oblastech zásobování výrobních procesů, je nutno transportovat značné množství materiálu. Pro snadnou manipulaci je tento materiál ukládán na různé typy paletových jednotek, jako jsou například europalety, eurokoše a jiné. Pro jejich přepravu jsou využívány různé druhy manipulační techniky. Jedná se především o nízkozdvíhací a vysokozdvíhací vozíky.

Značným nedostatkem této techniky je transport několika paletových jednotek na větší vzdálenost. Většina této techniky je toho schopna, avšak při takovém transportu je často nutno dbát zvýšené opatrnosti, čímž značně klesá produktivita přepravy. Tento druh nedostatku lze eliminovat využitím tahače s několika taženými vozíky, na které by bylo možno umísťovat paletové jednotky.

V dnešní době existuje na trhu několik málo variant takovýchto vozíků, které ovšem mají mnoho různých nedostatků, jako jsou vysoké pořizovací náklady, nestabilita vozíku, příliš velké rozměry pro provoz ve výrobních halách, apod.

Cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh takového vozíku, který by splňoval požadavky pro provoz v uzavřených výrobních halách.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1.1 Typy vozíků na trhu a jejich nedostatky

Na trhu je několik vozíků určených pro přepravu eurokošů a jiných paletových jednotek. V této kapitole se seznámíme s existujícími vozíky a jejich nedostatky.

1.1.1 Inteligentní tažná souprava STILL



Obr. 1 Liftrunner - E frame [1]

Tento systém na našem trhu dodává firma STILL ČR spol. s r.o. Dle technické dokumentace lze na tento vozík naložit až 1 600 kg a lze jej táhnout rychlostí 15 km/h. V systému je využíváno pojízdných podvozků pro paletové jednotky viz Obr. 2. Nutností je použití speciálního tahače s hydraulikou anebo pneumatickým řadem, jelikož tento vozík je nutno před jízdou zvednout. Na rám se dají naložit i různé druhy palet, ale nelze jej takto naložený bezpečně přepřahat. Dalším omezením je nemožnost naložení eurokoše, protože nemůže být zajištěn proti bočnímu vysunutí. Eurokoše jsou postaveny na čtyřech nožkách, které jsou umístěny v rozích, kdežto zajišťovací mechanismus vozíku je v místě nápravy. Cena tohoto systému se pohybuje kolem 8 000 €.



Obr. 2 Podvozek pro systém liftruner [1]

Další variantou vyráběnou firmou STILL je vozík s názvem C-frame. Ten je stejně jako předešlý model zvedán buďto hydraulicky nebo pneumaticky (z ekologického hlediska se doporučuje využít pneumatického systému, avšak hydraulický systém je účinnější). Od E-frame se liší větší stabilitou díky využití dvou náprav místo jedné. Tyto nápravy jsou řízeny pomocí táhel a oje. Model se pak dá také bezpečně přepřahat i s naloženým materiálem. Tato varianta eliminuje většinu nevýhod modelu E-frame. Podstatnou nevýhodou je ale opět cena, která je ještě o něco vyšší než u předchozího modelu.

1.1.2 Třínápravový podvozek Wanzl

1.1.2



Obr. 3 Podvozek Wanzel

Tento podvozek na trh dodává firma Wanzl. Jedná se o velmi jednoduchou konstrukci s využitím tří náprav a pevného oje, kde prostřední náprava je pevná a zbylé dvě pohyblivé. Takto podvozek získává patřičnou stabilitu a je schopen dobře kopírovat zvolenou stopu. Nevýhodou tohoto provedení je velká vůle v oku oje. Díky ní má podvozek tendenci kmitat a to především při vyšších rychlostech (nad 5 km/h).

1.1.3 Logistický vlak Linde



Obr. 4 Logistický vlak Linde [2]

Linde Logistics train je novinka na trhu logistiky představená na veletrhu LogiMAT 2011 ve Stuttgartu. Jedná se o soupravu s elektronicky řízeným průjezdem zatáčkou a elektronickým systémem zdvihu. Nosnost jednoho vozíku je 1600 kg a lze jich táhnout až šest za sebou. Součástí dodávky jsou i mobilní podkladové stojany pro paletové jednotky, viz Obr. 5. V současné době ještě nejsou známy další podrobnosti o této soupravě.



Obr. 5 Podkladový stojan pro systém Linde [3]

1.2 Eurokoš

V logistické praxi známý též jako Gitterbox, Gitterboxpalette, Euro Gitter box nebo zkráceně Gibo. Slangově se také setkáme s výrazem „gitr“. Jedná se o standardizovanou paletovou jednotku, která stojí na čtyřech nohách, což umožňuje snadné nabrání na vidle ze všech stran téměř jakoukoliv manipulační technikou, dále je opatřen klecí. Nosnost těchto eurokošů se pohybuje od 1 000 kg do 1 500 kg, dle výrobce. Rozměry Eurokoše jsou normalizovány a to takto: šířka 835 mm, délka 1 240 mm a výška 970 mm. Jsou stohovatelné a to až do sedmi kusů na sebe, záleží na hmotnosti materiálu v nich uskladněném. Dále mají tyto koše výklopnou bočnici na jedné straně ve dvou úrovních, což umožňuje pohodlné ruční nakládání a vykládání zboží. Tyto a další parametry činí z eurokoše univerzální a všestranný obalový materiál hojně využívaný v logistické praxi.



Obr. 6 Eurokoš [4]

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2.1 Důvod, proč navrhovat vozík na eurokoše

V současné době chybí na trhu takový vozík, který by byl schopen přepravovat materiál ve výrobních a skladovacích halách s úzkými uličkami a malým manipulačním prostorem. Pro potřeby průmyslu je tedy nutno navrhnout takovýto vozík, který však bude cenově dostupný, jelikož cena je při volbě zařízení mnohdy nejdůležitějším kritériem. Požadavek na tento vozík zadala firma ŠK zámečnictví s.r.o.

2.2 Cílová oblast

Využívat jej budou především výrobní podniky a firmy k dopravě eurokošů a jiných břemen. Vozíky jsou určeny pro použití v uzavřených halách s rovnou podlahou a stálými podmínkami.

2.3 Požadavky kladené na vozíky

Na vozík tohoto charakteru je kladeno několik požadavků a to především:

- nízké pořizovací a provozní náklady
- funkčnost
- spolehlivost
- bezpečnost
- snadná obsluha
- jednoduchá údržba
- jízdní vlastnosti a to především v případě:
 - kopírování stopy tahače
 - klidné jízdy bez kmitání a vlnění vozíků

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

3

Cílem této bakalářské práce je navrhnout vozík pro potřeby průmyslu pro přepravu eurokošů ve skladových a výrobních halách s přihlédnutím na zásobování výrobních linek a postupné ruční vykládání materiálu.

3.1 Konkrétní požadavky:

3.1

- Nosnost vozíku 1 000 kg
- Sledování stopy předešlého vozíku
- Možnost zapojení více vozíků za sebou
- Možnost zaměnění pořadí vozíku v soupravě
- Průměr oka na oji 25 mm
- Pryžové kola s dostatečnou nosností a odolností
- Nízká cena

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4.1 Postup řešení

V následující části je shrnut chronologický postup řešení

- vytvoření přehledu současných řešení
- sběr informací a technických parametrů
- návrh variant
- předběžné výpočty
- vyhledávání sériově vyráběných komponent na trhu
- tvorba výkresové dokumentace
- konzultace
- zhotovení závěrečné zprávy

4.2 Volba softwaru

Pro vypracování bakalářské práce jsem využil především *Microsoft Word 2007*, pro tvorbu tabulek a grafů *Microsoft Excel 2007*, pro tvorbu výkresové dokumentace pak *AutoCad 2008* a pro tvorbu 3D modelů byl využit modelovací program *Inventor 2008*.

4.3 Testování vozíku

Již během zadávání práce bylo zřejmé, že se budou do výroby zadávat dva nulté vzorky. Ty budou sloužit především jako testovací kusy pro ověření správnosti návrhu zvolené geometrie. Pro úspěšnou realizaci projektu je totiž nezbytné, aby byly splněny požadavky na jízdní vlastnosti.

5 NÁVRH VARIANT A VÝBĚR OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ

5

Jak je zmíněno již výše, na vozík je kladeno několik náročných požadavků, jako je nosnost, jízdní vlastnosti, cena a další. V této kapitole se budu zabývat návrhem a volbou nejlepší varianty. Mým cílem je navrhnout takové řešení, které by vyhovovalo zadanému cíli.

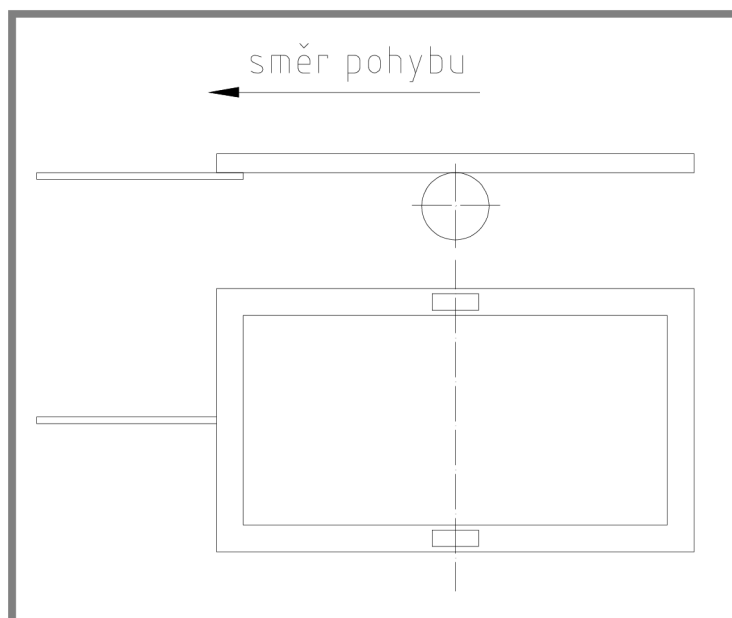
5.1 Návrh systému řízení

5.1

Pro zajištění sledování stopy předchozího vozíku musím zvolit systém řízení jednotlivých vozíků. Je známo několik možných variant, které mají své klady a své zápory. V této kapitole se je pokusím vyjmenovat a zvolit nejvhodnější variantu.

5.1.1 Varianta s pevnou nápravou

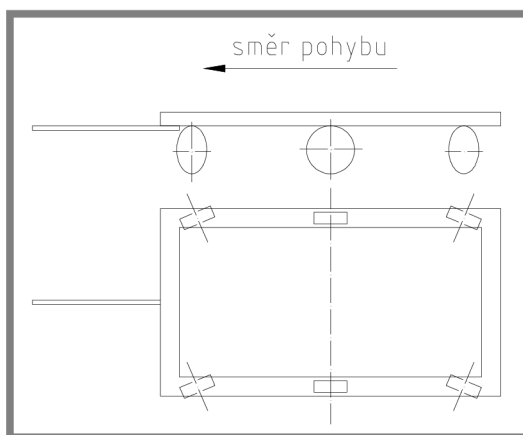
5.1.1



Obr. 7 Schéma pevné nápravy

Jde o poměrně jednoduchou konstrukci, kde má vozík jen jednu pevnou nápravu a pevné oje, které se nachází vpředu. Tato konstrukce nezabezpečuje přesné sledování dráhy předchozího vozíku a zkracuje dráhu při průjezdu zatáčkou. Konstrukce má i další nedostatky, především ve stabilitě vozíku. Při nesouměrném naložení nebo při brzdění a rozjezdu, má vozík tendenci se naklánět. Dále nejde bezpečně a pohodlně přepřáhnout s naloženým nákladem.

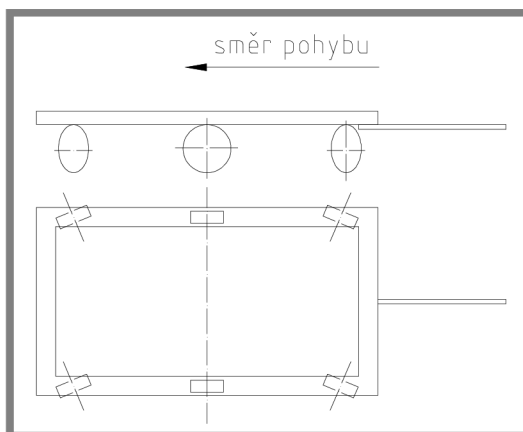
5.1.2 Varianta s jednou pevnou a dvěma volnými nápravami



Obr. 8 Schéma tří náprav

Konstrukce se třemi nápravami (Obr. 8) je velmi stabilní a má i relativně vyšší nosnost. Proto je možno použít i levnější kola, jelikož se zátěž rozloží na více míst. Nastává zde ovšem ten samý problém jako v předchozí variantě, vozík nedrží přesně stopu a navíc díky volně pohyblivým kolům zde může docházet ke kmitání. Vyšší počet kol také zvyšuje hlučnost vozíku při jízdě

5.1.3 Varianta s jednou pevnou a dvěma volnými nápravami s opačným směrem pohybu

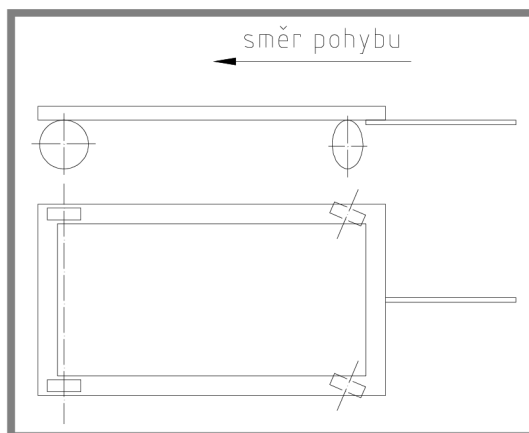


Obr. 9 Schéma tří náprav v obráceném směru pohybu

Tato varianta (Obr. 9) je ve své podstatě téměř stejná jako předešlá konstrukce, jedinou změnou je směr pohybu. Při umístění pevného oje na zadní straně vozíku snadno docílíme toho, že následující vozík bude držet stejnou stopu jako předešlý. To ovšem neřeší problémy s kmitáním a hlučností. Navíc vyšší počet kol se výrazně promítne do konečné ceny obou variant.

5.1.4 Varianta s pevnou a pohyblivou nápravou

5.1.4

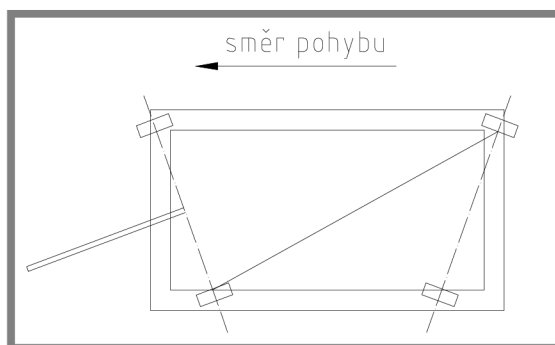


Obr. 10 Schéma volné nápravy

Konstrukce s přední pevnou a zadní volně pohyblivou nápravou (Obr. 10) je další variantou s pevnou ojí, tentokrát umístěnou vzadu. Je dostatečně stabilní pro danou nosnost. Při správně navržené geometrii vozíky relativně dobře drží stopu. Problém do takovéto konstrukce vnáší volně pohyblivá zadní kola. Ty se občas zadrhnou a způsobí rozkmitání celé soupravy. Tento jev je nežádoucí, protože při vyšších rychlostech by mohlo dojít ke srážce, nebo dokonce až k vyvrácení vozíku. Díky tomuto nedostatku není tato konstrukce pro naše potřeby vhodná.

5.1.5 Varianta se dvěma řízenými nápravami

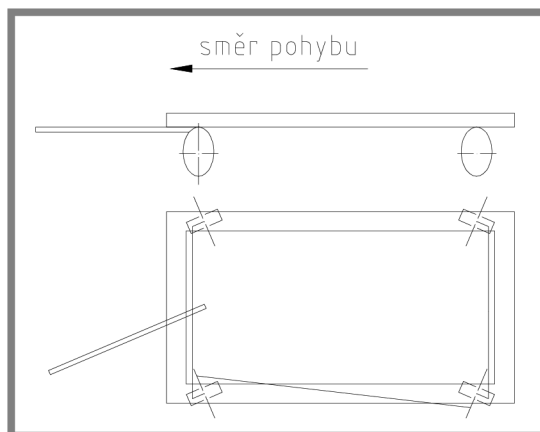
5.1.5



Obr. 11 Schéma řízených náprav s centrálním uložením

Varianta se dvěma řízenými nápravami (Obr. 11), které jsou spojeny táhlem má dobré jízdní vlastnosti, co se týče jak držení stopy předešlého vozíku tak i omezení kmitání celé soupravy. Konstrukce totiž neobsahuje volně pohyblivé elementy, proto je menší pravděpodobnost vzniku poruchy a následného kmitání. Všechny pohyblivé části řídicího mechanismu jsou pevně řízeny. Velkým nedostatkem konstrukce je uchycení obou náprav pomocí centrálního čepu. Při malém poloměru otáčení může vozík snadno ztratit stabilitu a může dojít k jeho vyvrácení. Při předpokládané nosnosti by tato situace mohla mít nepříjemné důsledky jak po stránce bezpečnostní, tak po stránce finanční. Proto je tato konstrukce pro naše potřeby zcela nevhodná.

5.1.6 Varianta se dvěma řízenými nápravami bez centrálního uložení



Obr. 12 Schéma samostatně natáčených kol

Tato konstrukce je stejně jako předešlá varianta schopna dobře držet stopu, aniž by zkracovala průjezd zatáčkou. Taktéž nedochází ke kmitání soupravy. Oproti předešlé variantě má jednu velmi podstatnou vlastnost, a to že i při velkém rejdu nedochází ke ztrátě stability. Toto je velmi podstatná vlastnost zejména z hlediska bezpečnosti při provozu. Je to dáno uchycením každého kola na samostatném čepu, každé kolo je samostatně řízeno pomocí táhel. Toto je další důležitou vlastností, která ovlivňuje klidnou jízdu bez kmitání soupravy.

Konstrukce tohoto typu (obr. 12) je pro naše požadavky nejvhodnější, jelikož zabezpečuje neoptimálnější jízdní vlastnosti (vozíky nejlépe drží stopu) a také dostatečnou stabilitu i při nesouměrném naložení nákladu (v horizontální rovině není hmotnost nákladu rovnoměrně rozložena).

5.2 Volba kol

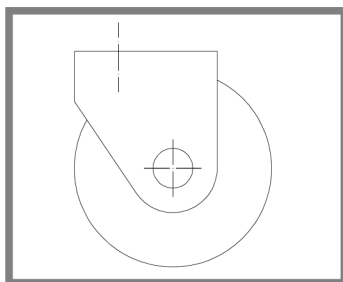
Pro zvolenou variantu se všemi řízenými koly, je třeba zvolit vhodná kola, která budou mít dostatečnou nosnost a také budou vhodná do předpokládaného prostředí, ve kterém bude vozík pracovat. Kola by dále měla mít dlouhou životnost a jejich údržba by měla být co nejjednodušší. Velmi důležitým parametrem při výběru vhodných kol bude také poměr cena-výkon.

V zadání jsou dána celopryžová kola. Tato kola jsou vhodná především k provozu na rovných površích, jako jsou například hladké betonové podlahy výrobních a skladovacích hal. Kola mají vysokou nosnost, jelikož nejsou huštěna žádným médiem. Tato vlastnost se ovšem projeví na nízkém odpružení samotné pneumatiky při přejezdu nerovností. Pro předpokládané prostředí je ovšem nízké odpružení dostačující, protože se neočekávají velké nerovnosti povrchu.

Pryžová kola by měla být vyrobena z materiálu, který bude odolný vůči otěru, zejména při smýkání kola. Tento způsob provozu není sice předpokládán, nicméně z mé vlastní zkušenosti vyplývá, že při provozu podobných manipulačních zařízení tyto situace leckdy nastávají. Z toho také plyne další požadavek, který je kladena na pryžová kola, a to takový, že by neměly zanechávat barevně výrazné stopy na podlaze, kupříkladu při smýknutí nebo při ostrém průjezdu zatáčkou.

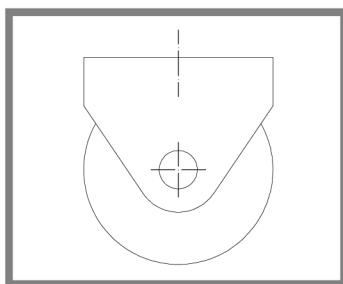
Na trhu se v dnešní době nachází velké množství kol v různých provedeních. Jsou to kola na různých typech disků, od litinových, přes plechové, až po plastové. Pro zvolený způsob řízení bude dobré hledat kola s klecí, abychom ušetřili náklady na výrobu.

5.2.1

5.2.1 Kola s excentrickým vyložením**Obr. 13** Schéma otočného kola

Součástí většiny kol v tomto provedení je axiální ložisko, což značně zjednodušuje navrhování a samotnou montáž. Toto provedení je ovšem zcela nevhodné, jelikož budou všechna kola řízena. Zaprvé by bylo nutno zasahovat do konstrukce rámu, abychom mohli uchytit čepy táhel, a za druhé by při vytočení kol bez jejich odvalování docházelo ke značnému namáhání řídicí soustavy a také k nadměrnému opotřebování běhounů. Při plném zatížení by mohlo dojít i k vyzutí běhounu z disku. Situace, kdy se kola natáčejí bez odvalování, může totiž nastávat zcela běžně, a to při plném rejdu tahače při rozjezdu.

5.2.2

5.2.2 Kola se souměrným uložením**Obr. 14** Schéma pevného kola

Tato varianta je pro námi zvolený způsob řízení daleko vhodnější, jelikož kolo je umístěno ve stejné ose, jako je osa otáčení celé konzoly. Nedochozí tak k nadměrnému zatěžování řídicí soustavy při otáčení a také kolo nemá tendenci u rozjezdu zouvat běhoun při vytočení bez odvalování. Nevýhodou tohoto provedení je, že se nedodává s axiálním ložiskem, jelikož není primárně určeno k řízení směru jízdy. V našem případě je tato varianta ale vhodná, protože v rámci konstrukce domku pro axiální ložisko můžeme vyřešit i uchycení řídicích táhel.

5.2.3 Volba konkrétního kola

Požadovaná nosnost jednoho kola se spočítá z následujícího vzorce:

$$n_{kol} = \frac{m_c}{n_k} = \frac{1\,000\text{ kg}}{4} = 250\text{ kg}$$

Z toho výpočtu vyplývá, že je třeba zvolit kola, která budou mít minimální nosnost alespoň 250 kg. Nicméně se do výpočtu není zahrnuta hmotnost samotného vozíku, tím pádem budu volit kola s minimální nosností alespoň 300 kg.

- **Varianta A**

Kolo od firmy Wicke model TE B 1/160/50 k (Obr. 15)

Běhoun: TOPTHANE červený vysoce odolný polyuretan, nešpinící
Disk: hliník
Průměr kola: 160 mm
Nosnost: 350 kg
Cena: 768 Kč



Obr. 15 Kolo WICKE [5]

- **Varianta B**

Kolo od firmy Blickle model B-ALST 200K (Obr. 16)

Běhoun: Blickle Softhane®, vysoce odolný, nešpinící
Disk: hliník
Průměr kola: 200 mm
Nosnost: 400 kg
Cena: 1 966 Kč



Obr. 16 Kolo BLICKE [6]

Obě varianty splňují všechny požadavky, jak na nosnost, tak i na materiál běhounu. Po rozměrové stránce je ovšem vhodné využít menší kola (abychom zajistili pohodlné vykládání materiálu). Z ekonomického hlediska také lépe vychází varianta A.

5.3 Tvar nosného rámu

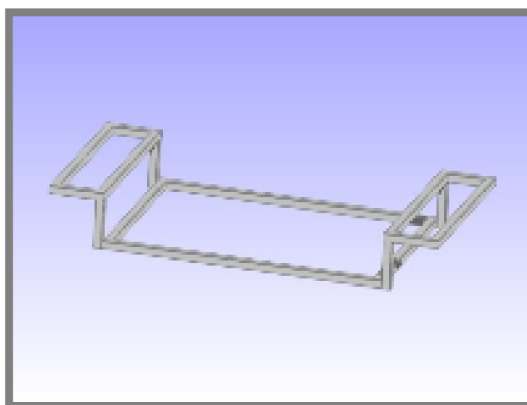
5.3

Tvar nosného rámu je velmi důležitý z hlediska funkčnosti a stability vozíku. Vhodnou volbou rozměrů a materiálu lze sestavit rám, který bude zároveň dostatečně odolný, ale i pevný. V této kapitole se budeme zabývat návrhem vhodného tvaru rámu.

Základní rozměry eurokoše podle německé normy DIN EN 13626 jsou 835 x 1 240 x 970 mm, přičemž stěžejní pro náš případ jsou šířka a délka, čili 835 mm a 1 240 mm. Jedná se ovšem pouze o maximální vnější rozměry. My se musíme zajímat o rozměry podstavu, což jsou 800 x 1 200 mm. Dalšími důležitými rozměry jsou délka a šířka nohy eurokoše, čili 220 x 105 mm.

Z nám známých rozměrů eurokoše je nyní možno stanovit vnější rozměry ložné plochy vozíku, ty budou 850 x 1 210 mm. Tyto rozměry jsou stanoveny s ohledem na bezpečné a snadné usazení eurokoše na ložnou plochu vozíku.

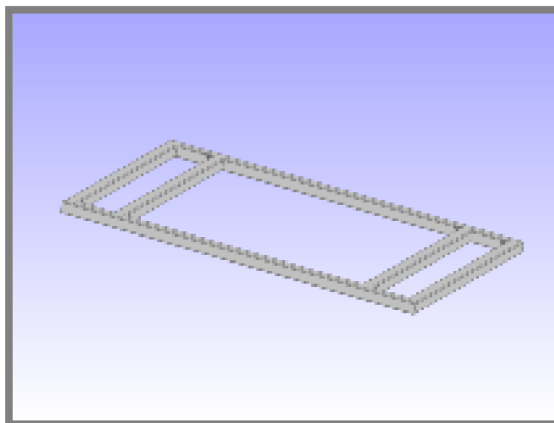
- varianta A



Obr. 17 Varianta nosného rámu A

Tato varianta se vyznačuje především nízkou výškou ložné plochy, která je dána odsazením nosné části. Tato konstrukce není nejvhodnější díky své výšce. Při vykládání materiálu z eurokoše by se dělník musel příliš často shýbat přes okraj koše, což zneprůjemňuje práci. Tato konstrukce by byla ideální kupříkladu pro sběr a svoz prázdných obalů (KLT bedny a různé jiné) z montážních linek.

- varianta B



Obr. 18 Varianta nosného rámu B

Rám této konstrukce je velmi jednoduchý, nicméně pro náš případ bude ideální volbou. Celkové rozměry vozíku budou co možná nejmenší a toto nám zajistí dobrou manévrovatelnost a také dostatečnou výšku ložné plochy, pro pohodlné vykládání eurokoše. Předpokladem je ovšem sklopení bočnice na eurokoši při vykládání.

Při porovnání obou variant, co se týče nejen nákladů na potřebný materiál a také nároků na pevnost konstrukce, ale také i ostatních parametrů, jsem se rozhodl, že nadále budu pracovat s variantou B.

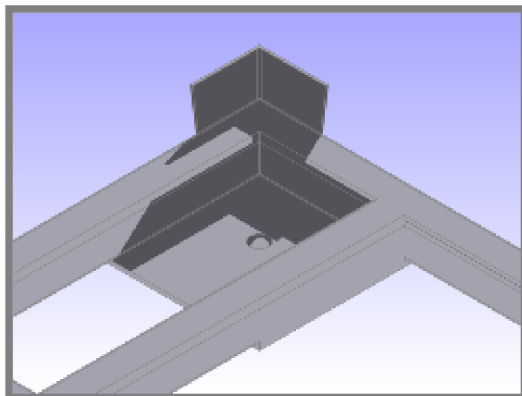
5.4 Uchycení a zajištění eurokoše

Eurokoš je třeba během jízdy zajistit proti bočnímu a také proti čelnímu posunutí na ložné ploše. Pro tyto požadavky vyvstává několik variant uchycení.

- První z nich je usazení eurokoše na trny. Spodní strana nohy eurokoše je opatřena otvorem, který takovéto řešení umožňuje, nicméně tato varianta je konstrukčně zbytečně náročná, a navíc se je nemožné usazení například europalety. Takto by vozík přišel o variabilitu a víceúčelovost.
- Další variantou zajištění jsou patky. Ty jsou konstrukčně daleko jednodušší a také výrobně méně náročné. Zároveň však zaručují bezpečné zamezení posuvů v obou směrech.

Dalším směrem, ve kterém musí být eurokoš zajištěn, je pochopitelně horizontální posuv, čili na jaké plochy bude dosedat. V případě, kdy kdyby se jednalo pouze obdélníkový nosný rám, koš by byl podepřený jen na samotných krajích a v případě

větších deformací by se mohlo stát, že by koš zapadl dovnitř rámu a mohl by poškodit vozík nebo náklad. Tomuto se dá předejít přidáním dalšího nosníku, který bude vzdálen 200 mm od okraje rámu, viz Obr. 19. Toto řešení nám zaručuje dostatečně bezpečné podepření koše. Navíc bude možno na vozík usadit i europaletu, která bude dostatečně stabilně podepřena



Obr. 19 Zajištění proti posunu

5.5 Povrchová úprava

5.5

Jelikož pro konstrukci vozíku bude použita běžná konstrukční ocel, bude nutné chránit její povrch nějakou povrchovou úpravou. V současné době máme širokou nabídku povrchových úprav od běžného nátěru, přes lakování, chemické nanášení povlaků, až po galvanické pokovování.

Při práci s manipulační technikou často dochází k nechtěnému kontaktu s jinými předměty a tyto nátěry se často poškodí. Proto je vhodné volit takovou povrchovou úpravu, která při nutnosti opravy nebude budoucího majitele nutit k velkým investicím (především časovým). Pro náš případ bude zřejmě nejvhodnější buďto klasický nátěr, nebo lakování. Pro manipulační techniku je to optimální způsob povrchové úpravy. Je přiměřeně levný a navíc, co je nejdůležitější, dá se snadno a levně obnovit.

Barevná úprava bude záviset především na bezpečnostních předpisech pro provoz takovýchto zařízení. Ovšem jako základní podkladovou barvu volím žlutou. Tento odstín je dostatečně výrazný, a tudíž nesplývá s okolím. Stává se tak důležitým prvkem pasivní bezpečnosti

5.6 Tahač

5.6

Pro tažení soupravy vozíku je třeba zvolit vhodný typ tahače. Mělo by se jednat o stroj, který bude mít adekvátní parametry pro provoz v uzavřených halách a dostatečný výkon, aby utáhl více vozíků najednou. Takovýchto tahačů je na trhu celá řada a existují v různých provedeních. Hlavními výrobci a dodavateli podobných manipulačních strojů na náš trh jsou velké společnosti jako například Linde Material Handling Česká republika s.r.o., STILL ČR spol. s.r.o., Jungheinrich (ČR) s.r.o. a další. Všechny tyto firmy dodávají na trh vhodné typy tahačů. Volba konkrétního typu tahače závisí na jednotlivých firmách. Každá firma volí dodavatele

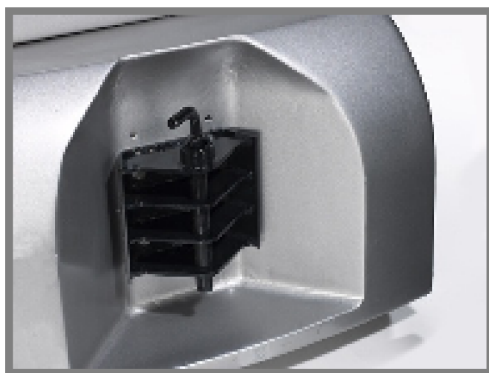
především podle svého aktuálního vozového parku, jelikož při větším odběru strojů od jednoho dodavatele vyvstává mnoho výhod pro zákazníky, počínaje různými slevami, až po poskytování nepřetržitých nonstop servisních služeb a dalších jiných benefitů.

My se zaměříme na jeden konkrétní typ a to na tahač dodávaný firmou STILL ČR spol. s r.o., model CX-T. (Obr. 20)



Obr. 20 Tahač CX-T [1]

Jedná se o tahač poháněný elektricky, napájený baterií o kapacitě až 600 Ah. Má plně elektronické řízení s automatickým vracením do neutrální pozice a snížením rychlosti při projíždění zatáček. Dále je vybaven multifunkčními říditky, která jsou součástí centrálního panelu, na němž jsou integrovány veškeré řídicí funkce tahače. Systém zaručuje plynulý rozjezd a také rekuperaci energie při brzdění. Tento tahač je dodáván s tažným zařízením (Obr. 21), které může táhnout břemeno o hmotnosti i 4 000 kg. Tažné zařízení nabízí několik přípojných výšek (190, 245, 300, 355 a 410 mm).

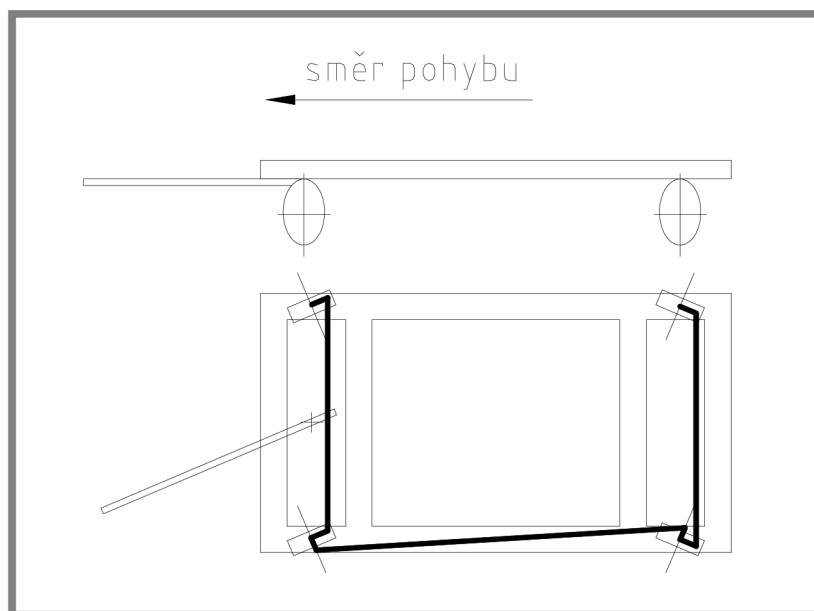


Obr. 21 Tažné zařízení modelu CX-T [1]

Tento tahač je velice variabilní a dostatečně výkonný. Jeho obsluha je uživatelsky velmi pohodlná a při pořízení některých příplatkových položek se stává tento tahač příjemným a pohodlným pracovním nástrojem. Mezi takové položky patří například tlačítka na opěradle pro ovládání dojezdu při zapřahování přívěsu nebo různé nastavení rychlostí či různé držáky pro příslušenství.

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Následující obrázek (Obr. 22) představuje předběžné schéma zvolené varianty řízení a nosného rámu. Z tohoto předběžného návrhu budu vycházet při samotném konstrukčním řešení.



Obr. 22 Schéma volených variant

6.1 Konstrukce nosného rámu a jeho napět'ová charakteristika

6.1

Předpokladem pro konstrukci vozíku je sestavení jízdní soupravy z několika vagónů. Pro tažení soupravy bude využit tahač od firmy STILL CX-T, který je schopný táhnout až 4 000 kg. Z tohoto vyplývá, že bude možno zapřáhnout až čtyři tyto vozíky. To je maximální počet i z hlediska bezpečnosti jízdy, protože by řidič u delší soupravy ztrácel přehled o jednotlivých vozících a také by souprava zabírala příliš mnoho místa v uličkách a mohla by omezovat průjezd jiné techniky, kupříkladu při vykládce či nakládce.

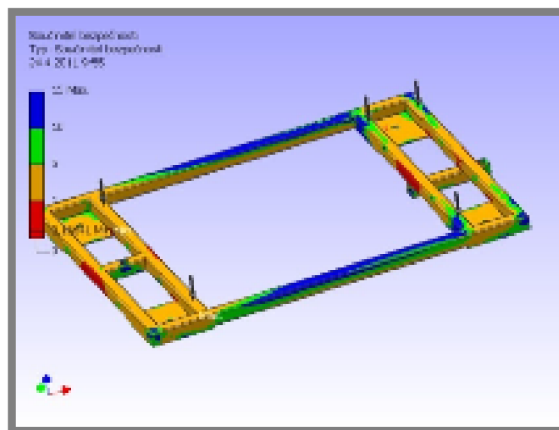
Z navrženého počtu segmentů soupravy vyplývá hlavně zatížení konstrukce. U prvního vozíku bude toto zatížení největší. Tahač je chopen akcelarovat a brzdit s maximálním zrychlením cca $a=3 \text{ ms}^{-2}$. Pro výpočet zatěžujících sil zavádíme bezpečnostní koeficient $k=3$, a to z důvodů, že musím předpokládat i mezní stavy, jako jsou například srážky s jinými předměty či další nehody. V takovéto situaci by nebylo vhodné, aby došlo k porušení konstrukce vozíku.

Síla působící na rám vozíku:

$$F_r = k \cdot m \cdot a = 3 \cdot 4000 \text{ kg} \cdot 3 \text{ ms}^{-2} = 36\,000 \text{ N}$$

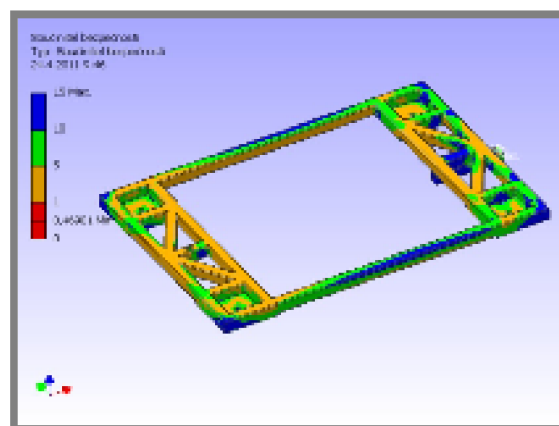
Konstrukce nosného rámu je tvořena čtvercovými tenkostěnnými profily z materiálu 1.0039 (11 375) o rozměrech 40 x 40 mm a tloušťce stěny 3 mm. Tyto profily jsou spojeny svarovými spoji do požadovaného tvaru, který jsem navrhl v předchozích kapitolách.

V programu *Inventor Professional 2008* jsem vytvořil model nosného rámu a pomocí integrované aplikace *Pevnostní analýza* jsem nasimuloval předpokládané zatížení. Tato aplikace poté provedla pevnostní výpočty pomocí metody konečných prvků. Po vyhodnocení této analýzy jsem zjistil, že mnou navržená konstrukce není schopna přenést takto vysoké zatížení. Bezpečnostní koeficienty vycházely v některých místech daleko menší než jedna. Jak je vidět z Obr. 23. Jsou tato místa především v polovinách kratších nosníků. Musím tedy upravit konstrukci rámu tak, aby byly splněny bezpečnostní požadavky. To jsem provedl převedením konstrukce na částečnou prutovou soustavu, čímž se snížilo zatížení krátkých nosníků na ohyb a převedlo se tímto zatížení na tah či tlak. Touto úpravou jsem dosáhl potřebné bezpečnosti i v nejvíce namáhaných místech.



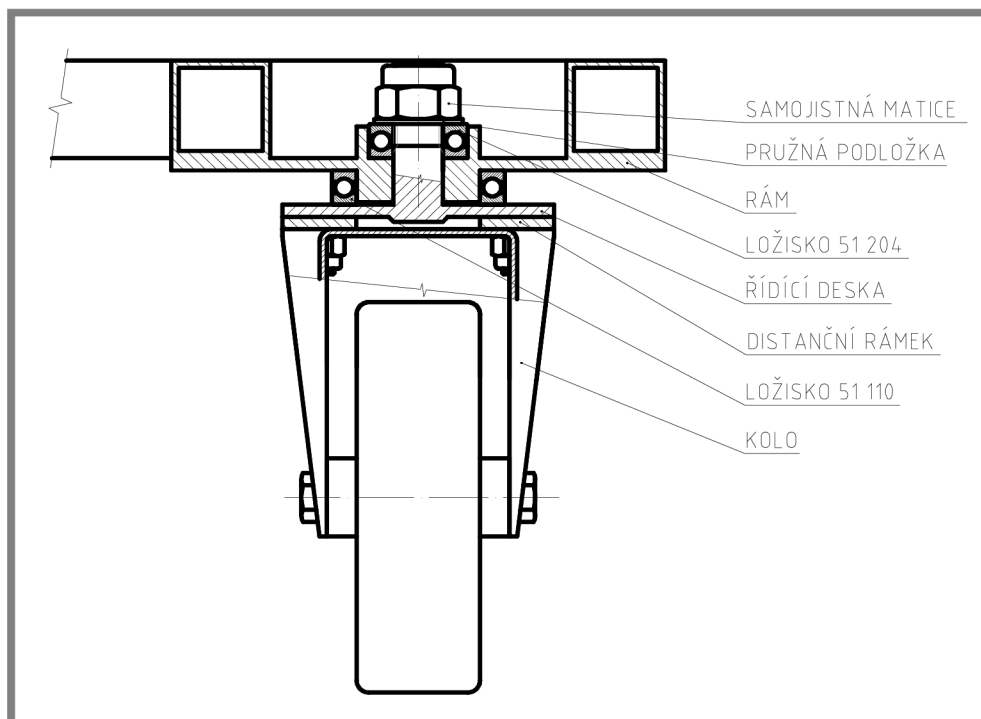
Obr. 23 Napěťová analýza varianty B

Další pevnostní analýzou jsem dosáhl požadovaných výsledků. Jak je vidět na Obr. 24 bezpečnostní koeficienty nikde na rámu neklesly pod požadovanou hranici vyjma zadního oka, jehož konstrukce musí být patřičně upravena, aby byla schopna přenést dané zatížení.



Obr. 24 Napěťová analýza upravené varianty B

6.2 Uložení pojezdových kol



Obr. 25 Uložení kol

Pojezdová kola, která jsem volil výše, nemají součástí své konstrukce axiální ložiska. My však potřebujeme, aby se tato kola natáčela, proto je nutné navrhnout takové uložení, které by bezpečně přenášelo zatížení.

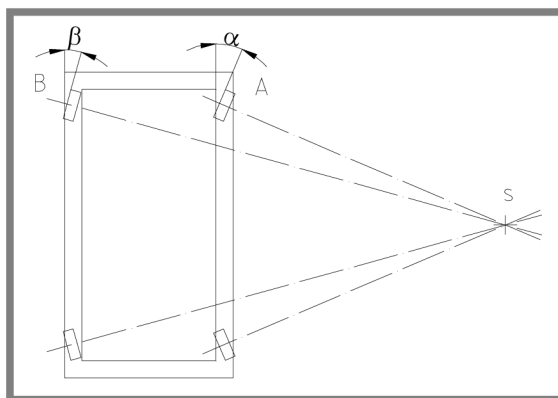
Na předchozím schématu je názorně vidět uložení pojezdových kol. Ta jsou pomocí šroubového spoje napojena na spodní distanční rám a spojena s řídicí deskou. Na tu budou upevněny řídicí táhla. Dále jsou na schématu dvě axiální ložiska. Větší z nich je ložisko 51 110, které bude přenášet téměř veškeré zatížení, jež bude vyvozováno v axiálním směru. Druhé ložisko má zamezit povolování samojistné matice, která má za úkol vyvodit předpětí v axiálních ložiscích a také zamezuje tomu, aby se čep vysunul z ložisek. Jedná se o ložisko 51 204. Radiální síly pak zachycuje bronzové kluzné ložisko, které je nalisováno v náboji.

6.3 Systém řízení

Velmi důležitým prvkem na našem vozíku je systém řízení. Ten je nutné navrhnout tak, aby zaručoval co možná nejpřesnější držení stopy. V kapitole zabývající se návrhem řízení jsme si zvolili základní schéma řídicího systému. Vybral jsem variantu se dvěma řízenými nápravami bez centrálního uložení, což znamená, že každé kolo je umístěno na vlastním čepu, kolem kterého se otáčí, a jeho natáčení je dáno soustavou táhel, které jsou řízeny pomocí oje. Podobný systém využívá také firma STILL u svého modelu C-frame.

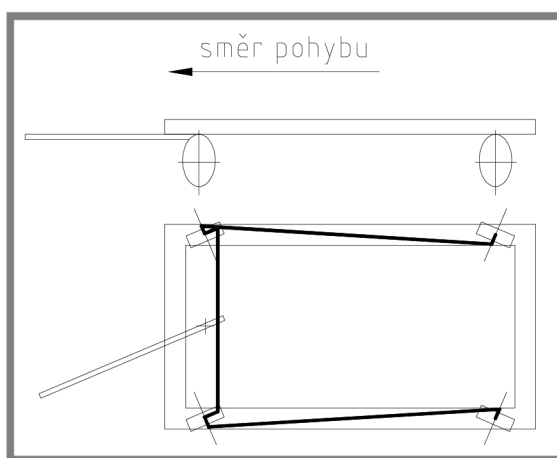
Na tento systém jsou kladeny různé nároky, jako je například zamezení bočního skluzu řízených kol (v důsledku špatné geometrie), znemožnění zpříčení táhel a jiné. Proto musíme zvolit vhodnou geometrii řízení, a to takovou, která eliminuje co

nejvíce problémů. Největším problémem je rozdílné natočení kol A a B jak je vidět na Obr. 26, z tohoto důvodu jsem se rozhodl vycházet z teorie lichoběžníku řízení. Lichoběžník řízení má jednu velmi důležitou vlastnost a to, že nám umožňuje vytáčení rejdových kol, každé v jiném úhlu pomocí jediného řídicího členu, kterým je v našem případě oj.



Obr. 26 Schéma natočení kol

6.3.1 Schéma řídicího ústrojí



Obr. 27 Schéma uspořádání táhel

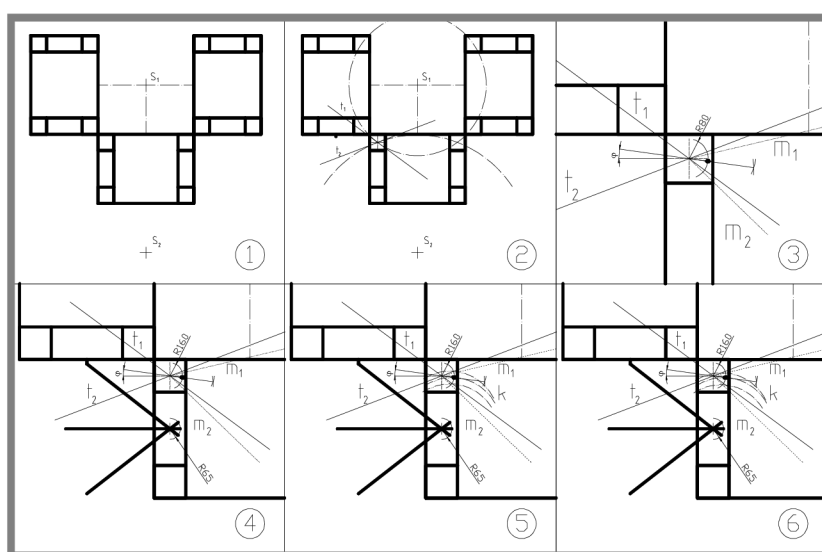
Jak je patrné ze schématu (Obr. 27), daný lichoběžník je umístěn za osou nápravy. V případě, kdy by byl lichoběžník umístěn před osou nápravy, musel by být čepem připojen k oji, což by mělo nežádoucí vliv na jeho pevnost. Proto jsem vybral tento způsob. Z požadavků na přesnost jízdy také vyplynulo, že je nutno natáčet kola zadní nápravy ve stejném úhlu jako kola přední nápravy. Z tohoto důvodu jsem zvolil pro přenos řídicích sil dvě samostatná táhla. V případě, že bychom použili návrh původní varianty, došlo by k nepřesnostem v natačení kol. Tato úprava měla za následek zjednodušení konstrukce a tím pádem i usnadnění výroby, dále také menší namáhání táhel.

6.3.2 Stanovení geometrie

Stanovení správné geometrie bylo v rámci tohoto konstrukčního návrhu největším úskalím. Do návrhu vstupuje více neznámých parametrů, jako je například odklon páky rejdových kol, její délka, vyložení řídicího ramene na oji a další. Pro řešení tohoto problému jsem použil metodu postupných grafických aproximací. Pro grafické řešení jsme využili program *AutoCad 2008*. Nejprve bylo ovšem nutno definovat několik parametrů a předpokladů.

- První z nich byl požadavek na společný střed otáčení všech vozíku při maximálním rejdu. Pro grafické řešení jsem si schematicky nakreslil tři vozíky ve skutečné velikosti v maximální poloze (Obr. 28, schéma 1). Tím jsem dostal společné středy otáčení pro jízdu vpravo i vlevo (střed otáčení pro jízdu vlevo je symetrický podle osy prostředního vozíku).
- Vynesení poloměru otáčení a sestrojením tečen v místě osy předního pravého rejdového čepu jsem získal maximální úhly natočení kol pro jízdu vpravo i vlevo. Tento stav nám popisuje Obr. 28, schéma 2.
- Dalším voleným parametrem je délka páky rejdového kola. Tu jsem zvolil s ohledem na kompaktnost, 80 mm (Obr. 28, schéma 3). Ve schématu je znázorněna dráha, po které se bude pohybovat čep této páky. Rozpůlením úhlu mezi tečnami jsme získali počáteční odklon páky a pomocí úhlu φ jsem vypočítal maximální polohy čepu páky.
- Následně bylo nutno zvolit délku oje a určit počáteční vyložení řídicího ramene. Zrcadlením jsem získal druhou krajní polohu oje. Nakonec jsem oj nakreslil v neutrální poloze, aby bylo možné stanovit počáteční délku řídicího táhla (Obr. 28, schéma 4).
- Nakonec jsem aproximoval řídicí táhlo pomocí kružnice k , se středem na konci vyložení oje (Obr. 28, schéma 5). Tu jsem poté rozkopíroval za střed do maximálních poloh vyložení oje. V místech, kde mi kružnice protnuly dráhu čepu páky rejdového kola, se bude nacházet čep páky při maximálním natočení oje.

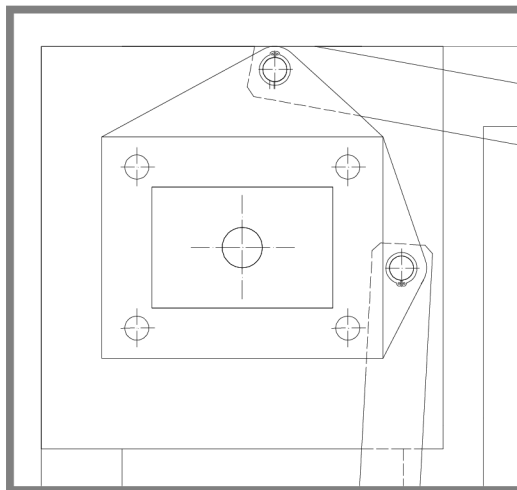
Nyní již přichází na řadu výše zmíněná postupná aproximace, při které jsem měnil vyložení oje, úhel φ a s tím spojené maxima čepu páky rejdového kola, dokud jsem nedosáhl dostatečně přesné aproximace (Obr. 28, schéma 6).



Obr. 28 Postup stanovení geometrie

6.3.3 Konstrukce řízení

V kapitole 6.3.2 jsem metodou postupných aproximací zvolil geometrii řízení. Nyní je třeba navrhnout vhodnou konstrukční variantu pro realizování této geometrie. Musím zvolit vhodný tvar táhel, zakomponovat do konstrukce uložení páku rejdového čepu a také páku pro přenos řídicích sil z předního kola na zadní a další.



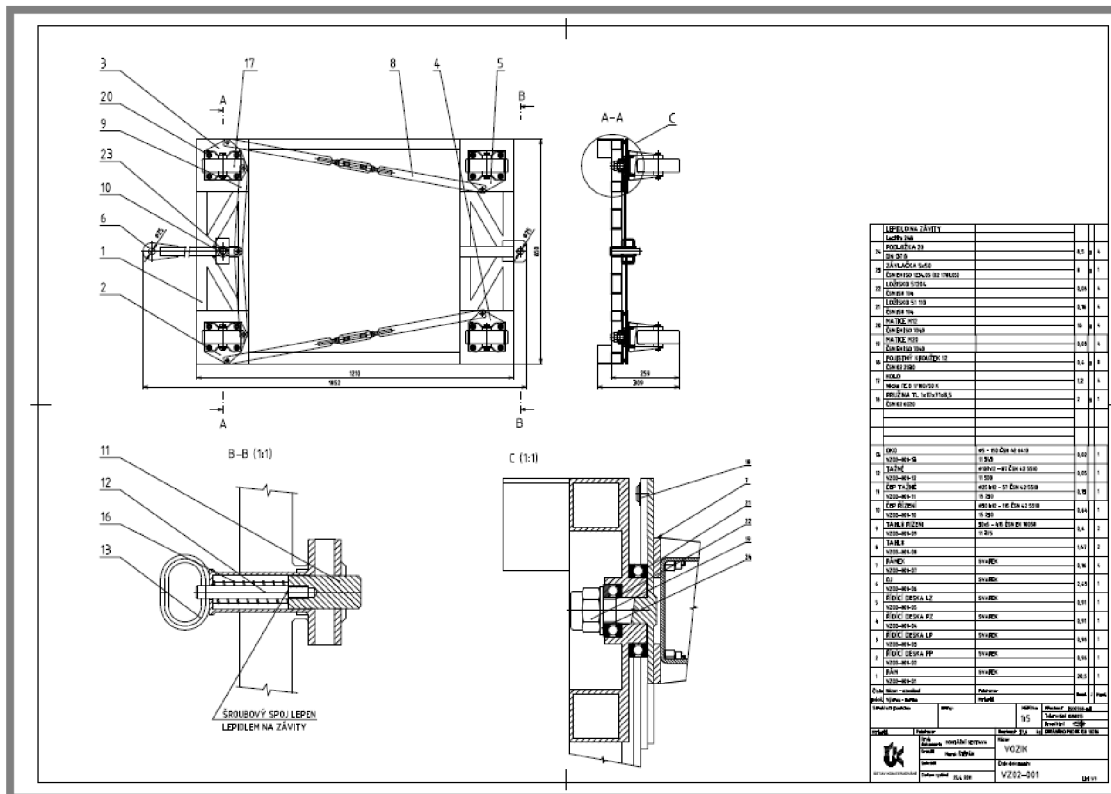
Obr. 29 Uchycení táhel

Na obrázku Obr. 29 je schéma navržené konstrukce. Jedná se o spodní pohled na levý přední rejdový čep. Ze schématu je patrné, že pro konstrukci pák rejdového čepu byla využita řídicí deska (páky jsou implementovány přímo do desky). Ta slouží jednak pro upevnění kola přes distanční rámeček, tak pro upevnění čepu řídicích táhel. Tyto čepy jsou navařeny přímo na řídicí desku, a tvoří tak pevnou geometrii řízení.

Při konstrukci táhel jsem využil válcovanou ocel obdélníkového průřezu o rozměrech 30 x 5 mm. Ta jsou nasazena na čepech a jištěna pojistnými kroužky. Při konstrukci prvního prototypu ve firmě ŠK zámečnictví s.r.o. jsme ovšem zjistili, že po sestavení není dodržena navržená geometrie. Rozteče děr byly sice ve výkresové dokumentaci tolerovány, nicméně s ohledem na délku táhel by byla jejich výroba zbytečně nákladná, a proto byla vyrobena jako táhla s netolerovanými roztečemi děr a při sestavování prototypu se tyto tolerance projeví na výsledné geometrii. Z tohoto důvodu jsem navrhnul konstrukční úpravu, která umožňuje seřizovat sbíhavost zadních kol, jelikož u přední nápravy tento problém téměř nenastává, protože přední táhla jsou kratší a lze je vyrobít s dostatečnou přesností. Při návrhu této úpravy jsem vycházel z požadavků na nízké náklady. Z tohoto důvodu jsem hledal na internetu vhodné konstrukční prvky, které by bylo možno využít k tomuto účelu.

Nakonec jsem zvolil následující řešení. Táhla jsem přerušil a do vzniklé mezery jsem vložil napínače s konci pro navaření určené k napínání lan. Ty jsou konstrukčně navrženy tak, aby měnily délku bez natočení napínaných segmentů. Tyto napínače jsou normalizovány a jejich pořizovací cena je díky tomuto velmi nízká. Pro zajištění proti samovolnému uvolnění jsem zvolil dvojici samojistných pojistných matic s pravým a levým závitem.

6.4 Montážní sestava



Obr. 30 Montážní sestava vozu pro eurokoše

Na Obr. 30 je znázorněna montážní sestava finálního vozíku. Výkres této sestavy je součástí přílohy. Výkresová dokumentace byla vytvořena dle platných norem. Při tvorbě dokumentace jsem vycházel z učebnice *Základy konstruování* [7], *Konstruování strojních součástí* [8] a zvyklostí tvorby výkresové dokumentace firmy ŠK zámečnictví s.r.o.

7 ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce se mi podařilo navrhnout vozík s dobrými jízdními parametry nutnými k pohybu v úzkých prostorech. Firma ŠK zámečnictví s.r.o. vyhotovila dva nulté prototypy těchto vozíků, na kterých jsme již v průběhu tvorby této práce testovali provozuschopnost a zjišťovali různé prvotní konstrukční nedostatky. Výsledkem těchto testů bylo potvrzení správnosti předběžných návrhů geometrie. Vozíky byly schopny bezpečně projíždět zatáčkami a dostatečně přesně držely stopu. Zároveň jsme zjistili, že bylo nutné zmenšit minimální poloměr otáčení jednotlivých vozíků, aby bylo možno otočit se s celou soupravou na menším prostoru, to jsem zajistil vhodnou konstrukční úpravou řídicích desek a dorazu oje, tato úprava je již zahrnuta v této práci. Testování těchto prototypů probíhalo při maximálním zatížení. Sledovali jsme tak chování uložení kol. Toto uložení se ukázalo jako dostatečně tuhé.



Obr. 31 Testování prototypů

Na základě poznatků získaných při testování prototypů jsem navrhnul vůz, který je plně provozuschopný. Součástí přílohy je montážní sestava výsledného vozíku.

Z ekonomického hlediska se mi podařilo navrhnout vozík, jehož výrobní náklady nepřesáhnou cca 20 000 Kč (cca 800 €)

Pro příklad uvádím pouze některé operace a jejich cenovou kalkulaci

- | | |
|--|--------------|
| • Svařovací operace (včetně svařovaného materiálu) | cca 3 630 Kč |
| • Soustružení (včetně materiálu) | cca 2 940 Kč |
| • Vypalování plazmou (včetně materiálu) | cca 2 250 Kč |
| • Povrchová úprava | cca 1 000 Kč |
| • Montáž a seřízení | cca 1 080 Kč |

Ceny jsou pouze orientační, jelikož jsou kalkulovány ze smluvních cen výrobce pro konkrétní období. Skutečné náklady se mohou mírně lišit. Přibližná výrobní cena byla vykalkulována cca na 20 000 Kč.

V této bakalářské práci se mi podařilo navrhnout variabilní a ekonomicky přijatelný vozík s dobrými jízdními vlastnostmi a minimálními nároky na údržbu.

Dalšími prvky, které bude nutno v budoucnu řešit, jsou

- kapotáž
- ochranné rámy
- nástavby a jiné

Díky těmto prvkům se zvýší variabilita této soupravy a bude ji možno využít i k přepravě jiných objektů. Tyto vozíky se tak mohou stát ekonomicky výhodnou variantou vnitropodnikové logistiky a podílet se na zvýšení produktivity a ekonomičnosti výrobního procesu.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] STILL ČR spol. s r.o. [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: < <http://www.still.cz/> >
- [2] Linde Material Handling [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: < http://www.linde-mh.com/en/main_page/home.jsp>
- [3] Linde Material Handling [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: < <http://www.linde-mh.cz/>>
- [4] Wikipedia. [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: < <http://de.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Hauptseite>>
- [5] Wicke [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: <http://www.wicke.cz/>
- [6] Blickle Räder+Rollen GmbH u. Co. KG [online]. [cit. 18. 5. 2011]
URL: <http://www.blickle.de/home_cz.html>
- [7] SVOBODA, P.; BRANDEJS, J.; DVOŘÁČEK, J.; PROKEŠ, F.: *Základy konstruování*, pp. 1-234, ISBN 978-80-7204-633-1, (2009), Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno
- [8] SHIGLEY, J. E., MISCHKE, Ch. R., BUDYNAS, R. G. *Konstruování strojních součástí*. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

n_{kol}	[kg]	- nosnost jednoho kola
m_c	[kg]	- celková hmotnost
n_k		- počet kol
a	[ms ⁻²]	- zrychlení
k		- bezpečnostní koeficient
F_r	[N]	- Síla působící na rám vozíku

10 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Liftrunner - E frame [1]	14
Obr. 2 Podvozek pro systém liftruner [1]	14
Obr. 3 Podvozek Wanzel	15
Obr. 4 Logistický vlak Linde [2]	16
Obr. 5 Podkladový stojan pro systém Linde [3]	16
Obr. 6 Eurokoš [4]	17
Obr. 7 Schéma pevné nápravy	21
Obr. 8 Schéma tří náprav	22
Obr. 9 Schéma tří náprav v obráceném směru pohybu	22
Obr. 10 Schéma volné nápravy	23
Obr. 11 Schéma řízených náprav s centrálním uložením	23
Obr. 12 Schéma samostatně natáčených kol	24
Obr. 13 Schéma otočného kola	25
Obr. 14 Schéma pevného kola	25
Obr. 15 Kolo WICKE [5]	26
Obr. 16 Kolo BLICKE [6]	27
Obr. 17 Varianta nosného rámu A	27
Obr. 18 Varianta nosného rámu B	28
Obr. 19 Zajištění proti posunu	29
Obr. 20 Tahač CX-T [1]	30
Obr. 21 Tažné zařízení modelu CX-T [1]	30
Obr. 22 Schéma volených variant	31
Obr. 23 Napět'ová analýza varianty B	32
Obr. 24 Napět'ová analýza upravené varianty B	32
Obr. 25 Uložení kol	33
Obr. 26 Schéma natočení kol	34
Obr. 27 Schéma uspořádání táhel	34
Obr. 28 Postup stanovení geometrie	35
Obr. 29 Uchycení táhel	36
Obr. 30 Montážní sestava vozu pro eurokoše	37
Obr. 31 Testování prototypů	38

11 SEZNAM PŘÍLOH

11

Výkres sestavy:

VOZÍK

VZ02-001