



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

PŘEPRAVNÍ NÁVĚS STAVEBNÍHO STROJE ZA TRAKTOR

TRANSPORT SEMI-TRAILER OF A BUILDING MACHINE FOR A TRACTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

David Ružica

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **David Ružica**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24

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:

Převravní návěs stavebního stroje za traktor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Koncepční návrh přípojného návěsu pro přepravu stavebního stroje za traktor. Převravní nástavba vozu je valníkového typu, manuálně otevíratelné zadní dveře s integrovanou nájezdovou rampou. Návěs má při najíždění stavebního stroje funkci naklopení celé konstrukce na zadní nájezdovou hranu. Požadované technické parametry:

Maximální nosnost převravního návěsu do 3 500 kg.

Maximální rychlost přepravy 40 km/h.

Hydraulické sklápění valníkové nástavby pro nájezdovou funkci, pohon od traktoru.

Cíle bakalářské práce:

Rešeršní rozbor traktorových převravních návěsů obdobné kategorie.

Rešeršní rozbor legislativních předpisů.

Koncepční návrh převravního návěsu.

Funkční, rozměrové a silové výpočty.

Detailní popis konstrukce vozu s návrhem dodavatelských komponent.

Pevnostní analytický výpočet vybraných konstrukčních uzlů.

Výkres sestavy převravního návěsu.

Podsestava svařence rámu.

Dílenské výrobní výkresy.

Seznam doporučené literatury:

SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 9788086726304.

VLK, František. Dynamika motorových vozidel. 2. vyd. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 8023900242.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.).
Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady
vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá konstrukčním návrhem návěsu na přepravu stavebních strojů. První čtyři kapitoly obsahují jak rozdělení přípojných vozidel za traktor, tak rešerši obdobných návěsů v této kategorii, přepravovaných stavebních strojů a jejich legislativní předpisy, které musí splňovat. Následující kapitola je rešerše základních prvků návěsu. Dále jsou popsány jednotlivé zvolené prvky, které vycházejí z předešlé kapitoly a samotná konstrukce návěsu. Poslední část práce se zabývá pevnostními analytickými výpočty vybraných konstrukčních uzlů dle zadání. Příloha práce obsahuje výkresy sestavy návěsu, svařence rámu a dílenské výrobní výkresy zvolených dílů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Přepravní valníkovaný návěs, přeprava stavebních strojů, zemědělská technika

ABSTRACT

The thesis deals with the structural design of a semi-trailer for transporting construction machinery. The first four chapters contain both a classification of tractor trailers and a survey of similar trailers in this category, the construction machinery transported and the legislative regulations they must meet. The following chapter is a survey of the basic elements of a semi-trailer. The individual elements chosen are then described, based on the previous chapter, and the construction of the semi-trailer itself. The last part of the thesis deals with strength analytical calculations of selected structural nodes according to the specifications. The appendix of the thesis contains drawings of the semi-trailer assembly, weldments of the frame and shop production drawings of the selected parts.

KEYWORDS

Transport semi-trailer, transport of construction machinery, agricultural machinery

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ružica, D. *Přepavní návěs stavebního stroje za traktor*. Brno, 2024. Bakalářské práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí bakalářské práce Jaroslav Kašpárek. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157260>.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 24. května 2024

.....

David Ružica

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za odborné a nápomocné rady během psaní této bakalářské práce.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Přípojná vozidla za traktor	12
1.1 Návěs.....	12
1.2 Přívěs	12
2 Návěsy obdobné kategorie.....	13
2.1 ZDT 3080.....	14
2.2 AGRI PU 4040.....	14
2.3 PŘEPRAVNÍK STROJŮ PL 6	15
2.4 FRANCINI F55	15
2.5 Podvalník NC1PNTZ 6	16
2.6 Porovnání parametrů návěsu.....	16
3 Přepřavované stavební stroje.....	17
3.1 Bobcat E34.....	17
3.2 Yamaguchi WB12	17
3.3 CT2540.....	18
3.4 SV185B.....	18
3.5 Porovnání parametrů stavebních strojů	19
4 Legislativní předpisy	20
4.1 Kategorie rozdělení vozidel	20
4.2 Spojování vozidel v soupravu z hmotnostního hlediska	20
4.3 Spojitelnost jízdních souprav.....	21
4.4 Největší povolené hmotnosti silničních vozidel	21
4.5 Největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav	21
5 Základní prvky návěsu.....	22
5.1 Rám.....	22
5.2 Náprava	23
5.3 Brzdy	23
5.4 Kola	24
5.5 Připojovací zařízení	25
5.5.1 Pevný závěsný čep (Piton Fix)	25
5.5.2 Závěs koule K-80	25
5.5.3 Automatický agrozávěs.....	26
5.6 Stabilizace návěsu.....	27
5.7 Nájezdový mechanismus	27
6 Koncepční návrh návěsu	28
6.1 Náprava	28
6.2 Rámy	29
6.3 Hlavní rám.....	29
6.4 Tažný rám.....	30
6.5 Kola návěsu.....	30
6.5.1 Disk kola.....	30
6.5.2 Pneumatika	31

6.6	Podpěrné kolo	32
6.7	Přímočarý hydromotor	32
6.8	Mechanicky sklopná nájezdová rampa	34
6.9	Závěsné zařízení	34
6.10	Uchycení břemene	35
6.11	Koncové sdružené světlometry	36
6.12	Ložná plocha	37
6.13	Zajištění proti zvednutí rámu	38
6.14	Rozměry návěsu	38
7	Výpočty	39
7.1	Výpočet zatěžujících sil v klidovém stavu návěsu	39
7.1.1	Zatěžující síla návěsu	39
7.1.2	Zatížení na závěsné oko a nápravu	40
7.1.3	Zatížení na podpěrné kolo a nápravu	41
7.2	Kontrola čepu spojující tažný a hlavní rám	43
7.2.1	Výpočet reakcí zatěžující čep	43
7.2.2	Kontrola čepu na střih	47
7.2.3	Kontrola čepu na otláčení	48
7.3	Kontrola čepu proti samočinnému zvednutí návěsu	50
7.3.1	Kontrola čepu na střih	50
7.3.2	Kontrola čepu na otláčení	51
7.4	Kontrola přímočarého hydromotoru	52
7.4.1	Kontrola na vzpěr	52
7.4.2	Kontrola zatížení hydromotoru	57
	Závěr	59
	Použité informační zdroje	60
	Seznam použitých zkratk a symbolů	64
	Seznam příloh	67
	Seznam samostatných příloh	67

ÚVOD

Jednou z nedílných a pro efektivní rozvoj a plynulý chod klíčových součástí stavebního průmyslu je přeprava stavebních strojů. Zajištěním kvalitní techniky pro přepravu stavebních strojů se umožňuje bezpečný přesun těžké techniky z jednoho místa na druhé, ať už za účelem expedice z výroby do provozu nebo běžné provozní činnosti. Určité stavební stroje, jako jsou například smykem řízené nakladače, kompaktní nakladače, kompaktní traktory, minirypadla nebo minidumpéry, pak vyžadují přepravní techniku specializovanou, která je specificky přizpůsobena jejich parametrům, zejména co se týče zvládnutí unést jejich větší hmotnost a mnohdy oproti klasickým strojům nadměrné rozměry. Ze strany efektivní logistiky v přepravě stavebních strojů je zajištění plynulého průběhu přepravy nezbytné pro rychlý a hladký průběh realizace stavebních projektů, zjednodušení provozu a minimalizaci prostojů, jak v případě velkých stavebních projektů, tak v oblasti soukromé podnikatelské činnosti.

Tato práce se zabývá konstrukcí přepravního návěsu na stavební stroje za traktor, používané zejména v zemědělském a stavebním průmyslu. Koncepční návrh tohoto návěsu je konstruován tak, aby splňoval již zmíněné náročné požadavky na přepravu těžké zemědělské a stavební techniky, s detailním zaměřením na její technické specifikace, složení co do materiálu a konstrukčního řešení. Tato kritéria ve výsledku zajišťují maximální stabilitu přepravovaného technického zařízení, jeho nosnost a bezpečnost během přepravy. Cílem práce je vytvořit návrh návěsu, který bude nejen praktický a funkční, zejména při jeho využití v menších agropodnicích a soukromých zemědělských provozech, ale zároveň splňující veškeré stanovené bezpečnostní normy a legislativní požadavky.

V úvodních kapitolách této práce jsou vysvětleny rozdíly mezi návěsem a přívěsem, následně popsány obdobné návěsy s rešerší přepravovaných strojů, na něž dále navazuje rešerše samotných přepravovaných stavebních strojů s uvedením konkrétních příkladů. Posléze je konstrukce přepravního návěsu na stavební stroje za traktor posouzena z hlediska platné legislativy, a to jak z hlediska kategorie rozdělení vozidel, tak i z hlediska jednotlivých parametrů konstrukce. Následuje rešerše jednotlivých prvků návěsu, ze které vychází další kapitola, popis samotné konstrukce návěsu. Závěrem práce jsou provedeny výpočty vybraných konstrukčních prvků. V neposlední řadě pak práce obsahuje výkresy sestavy a určitých dílů návěsu dle zadání.

1 PŘÍPOJNÁ VOZIDLA ZA TRAKTOR

Přípojná vozidla za traktory rozdělujeme z konstrukčního hlediska na návěsy a přívěsy. Rozdíl mezi přívěsem a návěsem je v rozložení hmotnosti zatížení. Oba typy jsou nemotorová vozidla, která musejí být připojena za tažným vozidlem.

1.1 NÁVĚS

Návěs má převážně jednu nápravu (viz obr. 1) a značnou hmotnost tedy přenáší na tažné vozidlo. Musí být připojen za tažné vozidlo, aby byl ve stabilitě. Dosahuje menších hmotností než přívěs, což ovlivní i jeho výrobní cenu. Z důvodů zatěžování zadní nápravy taženého vozidla je zvýšena přítláčná síla na tuto nápravu, čímž se zlepšuje přenos kroutícího momentu na zadní kola a dochází ke zvýšení třecí síly mezi pneumatikou a povrchem. Na druhou stranu však vznikají negativní důsledky při brždění z důvodu větší přítláčné síly. Tažná zařízení mají maximální možnou tažnou nosnost, která se nesmí překročit. Při vysokých zatíženích se využívá pro uchycení návěsu například koule K80 nebo agrohák, které lépe rozkládají síly, což zlepšuje vlastnosti při manipulaci se soupravou [11].



Obr. 1 Schéma návěsu [1]

1.2 PŘÍVĚS

Přívěs má minimálně dvě nápravy (viz obr. 2), mezi které je rozloženo veškeré zatížení. Mají větší hmotnost než návěsy a horší manipulovatelnost, z tohoto důvodu mohou být pro snadnější funkčnost nápravy otočné. Síly, které přívěs přenáší, jsou na rozdíl od návěsu pouze ve vodorovném směru [11].



Obr. 2 Schéma přívěsu [2]

2 NÁVĚSY OBDOBNÉ KATEGORIE

Návěsy rozdělujeme na jednoúčelové, víceúčelové a speciální. Jednoúčelové návěsy na rozdíl od víceúčelových mají rám pevně spojený s nadstavbou. Příkladem může být např. cisterna nebo sklopitelná korba (viz obr. 3). U víceúčelových návěsů je samostatný univerzální rám, na kterém se mění nadstavby [10]. Toto řešení je pro podnik ekonomicky výhodnější v případě, že by potřeboval vícero jednoúčelových návěsů. Kategorie speciálních návěsů obsahuje převážně návěsy pro velkoobjemové náklady jako jsou seno a sláma nebo podvalníky na přepravu těžkých stavebních strojů. Spadají sem i návěsy s vlastní nakládací technikou (hydraulickým ramenem) k naložení balíků nebo v lesnictví k naložení stromů.

Mezi největší výrobce podvalníků a plat u nás patří Zemědělská a dopravní technika spol. s r.o. (ZDT) a MOS Šitbořice. V zahraničí jsou to společnosti jako NC Engineering nebo Francini [10]. Následující podkapitoly obsahují řešerši návěsů obdobné kategorie, konkrétně podvalník na stavební stroje ZDT 3080, podvalník AGRI PU 4040, přepravník strojů PL 6 a podvalník Francini F55.



Obr. 3 Cisternová nástavba na podvozek – NTF-12NV [12]

2.1 ZDT 3080

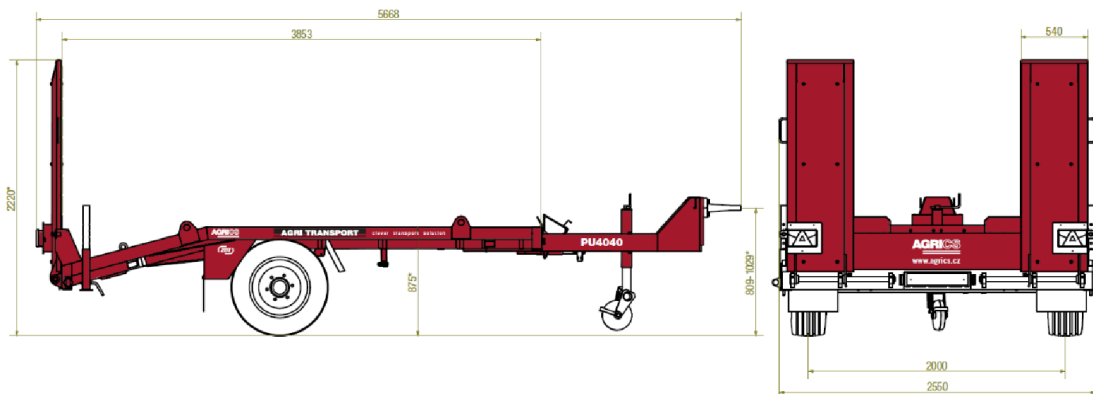
Pod pojmem ZDT se rozumí jednonápravový podvalník na stavební stroje. Tento typ podvalníku se vyráběl kolem roku 1997 společností ZDT Nové veselí a dnes je možné koupit pouze použitý z bazarů (viz obr. 4). Pro nájezd stroje jsou využívány dvě sklápěcí nájezdové plošiny zajištěné háky a jeho nosnost je 3000 kg. Typem závěsu je oko o průměru 40 mm a využívá vzduchových brzd [1].



Obr. 4 Podvalník ZDT 3080 [1]

2.2 AGRI PU 4040

Výrobce podvalníku AGRI PU 4040 je společnost AGRI Transport (viz obr. 5), která vyrábí i obdobný model PU 6040. Ten využívá dvou odpružených náprav, na rozdíl od PU 4040, čímž dosahuje vyšší nosnosti. Podvalník PU 4040 je jednonápravový s maximální nosností 4400 kg. Využívá sklopných nájezdových plošin a pneumatických brzd. Ložná plocha je 3850x2400 mm. A podlaha je umístěna ve výšce 875 mm. Závěsné oko je možné volit 40 či 50 mm. Maximální rychlost je 40 km/h [2].



Obr. 5 Podvalník AGRI PU4040 [2]

2.3 PŘEPRAVNÍK STROJŮ PL 6

Převravník strojů PL 6 vyrábí polská zemědělská společnost UNICA (viz obr. 6). Ložná plocha je 6x2,4 m a maximální nosnost je 5140 kg. Vestavěny jsou jednohadicové nebo dvouhadicové pneumatické brzdy. Plato je vyrobeno ze dřevěných desek o tloušťce 45 mm. Plato je hydraulicky možno spustit až na zem a při dokoupení bočnic je možné převážet balíky slámy či sena. Maximální rychlost je 25 km/h a při nainstalování blatníků i 40 km/h. Typ závěsu je do zadních ramen traktoru [3].



Obr. 6 Převravník strojů PL6 [3]

2.4 FRANCINI F55

Dalším typem podvalníku na stavební stroje je podvalník od Italské společnosti Francini (viz obr. 7). Plato je možné hydraulicky zvedat a jeho nosnost je 3800 kg. Velikost ložné plochy je 2700x1600 mm. Kola nejsou nijak brzděna, pouze mechanicky, a to ruční brzdou. Maximální rychlost dosahuje 40 km/h. Podval využívá kol o rozměrech 215/75 – 17,5. Typ závěsu je oko o průměru 40 mm [4].



Obr. 7 Francini F55 [4]

2.5 PODVALNÍK NC1PNTZ 6

Jedná se o podvalník vyráběný britskou společností NC Engineering (viz obr. 8). Konstrukce je z ocelového rámu s nosníky H-profilu. Nosnost má tento podvalník až 6000 kg a celková hmotnost návěsu je 8280 kg. Návěs využívá nájezdových ramp pružinově ovládaných. Brzdy jsou dvouokruhové vzduchové. Ložná plocha je 3962x2286 mm. Výrobce však uvádí, že rozměry ložné plochy a nájezdových ramp návěsu jsou možné i zakázkově upravit. Maximální rychlost je 40 km/h. Typ závěsu je oko o průměrech 40 a 50 mm nebo typy K80 a agrohák [5].



Obr. 8 Podvalník NC1PNTZ6 [5]

2.6 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ NÁVĚSU

V příloze č. 1 Tabulka srovnání parametrů návěsů obsahuje podrobné srovnání jednotlivých návěsů pro přepravu stavebních strojů obdobné kategorie.

Ze srovnání vychází tyto poznatky:

Výhoda návěsu ZDT 3080 je vyšší maximální rychlost ale menší nosnost oproti ostatním návěsům [1]. Agri PU4040 má rozměrnější ložnou plochu a využívá pneumatických brzd [2]. PL 6 je nejrozměrnější ložnou plochu ale dosahuje malé maximální rychlosti [3]. Italský návěs FRANCINI F55 má hlavní nevýhodu nebržděné nápravy, ale na poměr velikosti ložné plochy má vysokou nosnost [4]. Podvalník NC1PNTZ6 je ze všech návěsů nejrozměrnější a nejtěžší. Výhodou je vysoká nosnost, čím je vhodný i pro přepravu rozměrnějších těžkých stavebních strojů [5].

3 PŘEPRAVOVANÉ STAVEBNÍ STROJE

Tato kapitola se zabývá možnými přepravovanými stavebními stroji a jejich rozměrovými parametry. Konkrétně blíže rozebírá kompaktní rypadlo Bobcat E34, pásový miniduper Yamaguchi WB12, kompaktní traktor Bobcat CT2540 a smykem řízený nakladač Case SV185B.

3.1 BOBCAT E34

V případě modelu Bobcat E34 se jedná o kompaktní rypadlo od společnosti Bobcat (viz obr. 9). Ve své hmotnostní kategorii jde o vysoce výkonný minibagr, jehož hlavní využití je při výkopových pracích. Jeho velkou výhodou je systém snímání zatížení. Systém snímání zatížení funguje tak, že pístové čerpadlo s proměnlivým zdvihovým objemem dodává olej tam, kde je zrovna potřeba. To je dobře využíváno v obtížných pracovních podmínkách, kde je potřeba vysoké rypné síly nebo u lehkých prací, kde tato funkce umožní zvýšení rychlosti pohybu nástroje [33]. Provozní hmotnost stroje s kabinou i lžicí je 3476 kg. Rypná síla s lžicí je 33430 N. Šířku má tento minibagr 1550 mm a jeho délka s narovnaným ramenem a sklopenou lžicí je cca 3000 mm. Přesná délka stroje však záleží na úhlu sklopení ramene pro převoz [34].



Obr. 9 Bobcat E34 [34]

3.2 YAMAGUCHI WB12

Pásový miniduper Yamaguchi WB12 (viz obr. 10) je vyráběn japonskou společností Yamaguchi a má využití jako přepravní kontejner s nosností až do 1200 kg. Jeho hlavní výhodou je úzká konstrukce, díky které projede i těsnými prostory, a gumové pásy, se kterými je vhodný i pro náročný terén. Mezi jeho další výhody patří možnost třístranného sklápění korby. Šířka stroje je 950 mm a délka 2640 mm, s maximální rychlostí pojezdu 6,9 km.h⁻¹. Má hmotnost 810 kg [35].



Obr. 10 Yamaguchi WB12 [35]

3.3 CT2540

Kompaktní traktory od společnosti Bobcat, mezi něž se řadí i model CT2540 (viz obr. 11), představují jedny z nejnovějších zástupců řady stavebních strojů. Traktory jsou ideální pro práci ve stísněných prostorech či jako pomocníci při manipulaci s nákladem, v terénních pracích nebo u lehčích prací. Traktor CT2540 je z řady, ve které jsou modely vybaveny také kabinou. Jeho provozní hmotnost je 1652 kg a výkon 30 kW. Maximální rychlost dosahuje až 25,5 km.h⁻¹. Šířka tohoto traktoru je 1385 mm a délka 3486 mm [36].



Obr. 11 CT2540 [36]

3.4 SV185B

Posledním modelem je smykem řízený nakladač SV185B od společnosti Case (viz obr. 12). Nakladače od společnosti Case jsou speciální svým patentovaným výložníkem SuperBoom, který umožňuje vertikální zdvih. Veškeré modely smykem řízených nakladačů společnosti Case jsou bez filtru pevných částic DPF. Je to pracovní stroj s možnou výměnou vícero pracovních nástrojů, podle kterých je možné zvolit z více typů hydraulických čerpadel [37]. Označení S znamená, že využívá pohonu kol, na rozdíl od řady T, v níž modely využívají k pohybu pásů. Stroj je široký 1642 mm a dlouhý 3345 mm, váží 2842 kg. Výkon nakladače je 50kW a uzvedne až 1588 kg. Jeho maximální rychlost je 17 km.h⁻¹[38].



Obr. 12 SV185B [39]

3.5 POROVNÁNÍ PARAMETRŮ STAVEBNÍCH STROJŮ

Tabulka níže porovnává stavební stroje podle přepravní hmotnosti a rozměrů stroje. Maximální nosnost konstruovaného návěsu je 3500 kg ložná plocha činní 3520x1740 mm (viz kapitola 6.12). To znamená, že veškeré stroje uvedené stavební stroje je možno přepravit.

Tab. 1 Parametry strojů pro přepravu [34] [35] [36] [38]

Název stavebního stroje	Přepravní hmotnost [kg]	Přepravní rozměry [mm]
Bobcat E34	3476	3000 x 1550
Yamaguchi WB12	810	2640 x 950
CT2540	1652	3486 x 1385
SV185B	2842	3345 x 1642

4 LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY

Každé vozidlo pohybující se po dopravní komunikaci musí splňovat určité legislativní předpisy. Tato kapitola obsahuje výpis legislativních předpisů souvisejících s konstrukčním řešením pro traktorový návěs, jímž se tato bakalářská práce zabývá.

4.1 KATEGORIE ROZDĚLENÍ VOZIDEL

Klíčovým dokumentem v oblasti rozdělení vozidel je Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013 ze dne 5. února 2013 o schvalování zemědělských a lesnických vozidel a dozoru nad trhem s těmito vozidly, v aktuální konsolidované verzi k 18. 4. 2019 [7] (Úřední věstník L 60 ze dne 2.3.2013), dle něž se vozidla rozdělují na traktory (kategorie T a C), přípojná vozidla (kategorie R) a výměnné tažné stroje (kategorie S).

Kategorii R, tedy přípojná vozidla, se dále dělí dle konstrukční rychlosti a dle hmotnosti. Dle konstrukční rychlosti se dělí na „a” a „b”, přičemž „a” platí pro přípojná vozidla s maximální konstrukční rychlostí rovnou 40 km/h nebo nižší a „b” pro přípojná vozidla s maximální konstrukční rychlostí vyšší než 40 km/h. Dle hmotnosti se dále dělí na podkategorie R1, R2, R3 a R4. Do kategorie R1 spadají přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu nepřevyšuje 1 500 kg, do kategorie R2 přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 1 500 kg, ale nepřevyšuje 3 500 kg, do kategorie R3 přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 3 500 kg, ale nepřevyšuje 21 000 kg a do kategorie R4 přípojná vozidla, u nichž součet technicky přípustných hmotností na nápravu převyšuje 21 000 kg [8] [6].

Klíčovým tuzemským předpisem je pak vyhláška č. 153/2023 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

4.2 SPOJOVÁNÍ VOZIDEL V SOUPRAVU Z HMOTNOSTNÍHO HLEDISKA

Z pohledu okamžité hmotnosti přípojného vozidla a souprav je pro traktory standardizována spojitelnost dle vyhlášky č. 209/2018 Sb. o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel. Okamžitá hmotnost přípojného vozidla nebo přípojných vozidel smí být dle této vyhlášky nejvýše 2,5násobek okamžité hmotnosti tažného vozidla u jízdnic souprav s nejvyšší konstrukční rychlostí do 40 km.h⁻¹, přičemž se u jízdnic soupravy traktoru a traktorového návěsu okamžitou hmotností každého z vozidel jízdnic soupravy rozumí součet hmotností připadajících na jednotlivé nápravy traktoru, respektive návěsu. Nejvyšší povolená hmotnost přípojného vozidla uvedená v technickém průkazu traktoru nesmí být nižší než podíl hmotnosti připadající na nápravy traktorového návěsu. U přípojného vozidla nebo přípojných vozidel smí být okamžitá hmotnost u jízdnic souprav s nejvyšší konstrukční rychlostí vyšší než 40 km.h⁻¹ nejvýše 1,5násobek okamžité hmotnosti tažného vozidla, taxativně však okamžitá hmotnost jízdnic soupravy nesmí být větší než největší povolená hmotnost jízdnic soupravy, která je stanovena při schválení technické způsobilosti tažného vozidla [9].

4.3 SPOJITELNOST JÍZDNÍCH SOUPRAV

I spojitelnost jízdních souprav je dále legislativně upravena, spojovat vozidla do jízdních souprav lze na základě jejich zařazení do kategorií. Za vozidla kategorií M, N a L lze připojit pouze vozidla zařazená do kategorie O a za vozidla kategorií T a C lze připojit pouze vozidla kategorie R, není-li předpisem stanoveno jinak. Dále pak lze vozidla kategorií R a S, která nejsou vybavena brzdovým zařízením, a vozidla kategorií R a S, která jsou vybavena nájezdovou brzdovou soustavou, zapojit pouze za tažná vozidla, jejichž provozní hmotnost je shodná nebo vyšší než okamžitá hmotnost připojovaného vozidla, pokud se při schválení technické způsobilosti tažného vozidla nestanoví něco jiného. V případě vozidel těchto kategorií s největší povolenou hmotností nad 3 t zapojených do jízdní soupravy s tahačem musí být též účinek parkovací brzdy tahače prokazatelně schopen ubrzdít jízdní soupravu tahače s tímto vozidlem na svahu 12 %. Dalším požadavkem, který je legislativou stanoven pro spojení tažného vozidla s přívěsem nebo dalším přívěsem, je kladná hodnota svislého statického zatížení pevné oje, svisle nevykyvné, u přívěsů s nápravou uprostřed, z důvodu zabránění odlehčování zadních náprav tažného vozidla. Svisle výkyvná oj přívěsu nesmí v zapojeném stavu mít ani úhlovou odchylku od vodorovné roviny větší jak 10° s polohou oje danou spojnicí os čepů, které umožňují kývání oje a bodu vlastního spojení s tažným vozidlem. S ohledem na ABS jsou zapojení vozidel do jízdních souprav možná v kombinacích tažného vozidla s ABS a přípojného vozidla s ABS, tažného vozidla bez ABS a přípojného vozidla bez ABS nebo tažného vozidla bez ABS a přípojného vozidla s ABS pouze, pokud je tažné vozidlo vybaveno zařízením, jenž umožňuje napájet a kontrolovat bezchybnou funkci ABS přípojného vozidla. Z kategorie zapojení vozidel s ABS do jízdních souprav se vylučuje tažení přívěsů kategorií O1 a O2 s nájezdovou brzdou [9].

4.4 NEJVĚŠÍ POVOLENÉ HMOTNOSTI SILNIČNÍCH VOZIDEL

Co se týče největší povolené hmotnosti, u jednotlivé nápravy nesmí největší povolená hmotnost na nápravu vozidla překročit 10 t, u jednotlivé hnací nápravy je to pak 11,5 t. V případě dvounápravy přípojných vozidel nesmí při jejím dílčím rozvoru součet zatížení obou náprav dvounápravy překročit 11 t, je-li rozchod nápravy menší než 1,0 m, 16 t, je-li rozchod nápravy větší než 1,0 m a menší než 1,3 m a 18 t, je-li větší než 1,3 m a menší než 1,8 m. U jízdních souprav nesmí největší povolená hmotnost silničních vozidel překročit 48 t a u zvláštních vozidel nesmí největší povolená hmotnost překročit krom hodnot platných pro silniční vozidla i další dvě specifika. U traktorových návěsů může být vyšší než hmotnosti stanovené u přívěsů v závislosti na počtu náprav o hmotnost připadající na spojovací zařízení v závislosti na typu tohoto spojovacího zařízení a jeho povoleném zatížení a u pracovních strojů přípojných nesmí přesahovat hodnoty stanovené pro traktorové přívěsy nebo návěsy.

Celkově lze shrnout, že největší povolená hmotnost vozidla nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti vozidla, největší povolená hmotnost jízdní soupravy nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti jízdní soupravy a největší povolená hmotnost na nápravu nesmí překročit hodnotu největší technicky přípustné hmotnosti na nápravu [9].

4.5 NEJVĚŠÍ POVOLENÉ ROZMĚRY VOZIDEL A JÍZDNÍCH SOUPRAV

Na základě výše zmíněné legislativy lze sumarizovat, že největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav včetně nákladu jsou u vozidel kategorií M, N, O, R, T a C největší povolená šířka 2,55 m, u jízdní soupravy tahače s návěsem největší povolená výška 4 m + 2 % a u jízdní soupravy traktoru s jedním přívěsem nebo návěsem 18 m největší povolená délka [9].

5 ZÁKLADNÍ PRVKY NÁVĚSU

Tato kapitola se zabývá samotnou konstrukcí návěsu a jeho prvků. Hlavní nosnou částí vozidla pro nástavby je podvozek. Složení podvozku se skládá z rámu, kol s nápravou, brzd, vzdušníku a připojovacího zařízení.

5.1 RÁM

Jednou z nejvíce namáhaných částí vozidla je rám. Rám musí být dostatečně tuhý, aby odolával ohybu a krutu při nakládání nákladu, či při samotném převozu. Využívají se lehké tvarované nosníky o nejrozšířenějších tvarech U, I, C nebo uzavřené. Technologický postup výroby je svařování. Rámy mohou být i pozinkované, což je chrání před korozí a vlivem zemědělských chemikálií. Nejvíce populárními tvary konstrukce jsou konstrukce žebřinová (viz obr. 14) a konstrukce trojúhelníková (viz obr. 13). Trojúhelníková konstrukce má oproti žebřinové nižší tuhost, a tudíž se využívá při menších nosnostech (do 5 t) [11].



Obr. 13 Trojúhelníková konstrukce rámu [13]



Obr. 14 Žebřinová konstrukce rámu [14]

5.2 NÁPRAVA

Nápravy na návěs lze rozdělit na ocelové s kruhovým profilem a ocelové s čtvercovým profilem. Dále dělíme nápravy na odpružené a neodpružené. Odpružené nápravy poskytují značně větší stabilitu vozu, ale prodraží cenu výroby vozidla. Podvozky rozdělujeme na jednonápravové, dvounápravové nebo třínápravové. Řiditelné nápravy, které jsou u třínápravových vozů nutností a u dvounápravových vozů výhodou, zajišťují ochranu proti opotřebovávání pneumatik v zatáčkách a proti poškození porostu. Při těžkých provozních podmínkách, jako je měkká půda v prudkých svazích, se využívá poháněných náprav. Jejich použití napomáhá snížení poničení půdy zapříčiněné prokluzem hnacích kol traktoru, snížení spotřeby a zvýšení dostupnosti průjezdného terénu. Řiditelné nápravy jsou samočinné dle prokluzu kol nebo řízené řidičem z kabiny traktoru [11].

5.3 BRZDY

Brzdění přípojných vozidel stanovuje vyhláška Ministerstva dopravy o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích č. 153/2023 Sb., která určuje intenzitu zpomalení soupravy v závislosti na kategorii vozidla. Brzdy zabraňují samovolnému rozjetí při stání a správnému požadovanému brzdění za jízdy soupravy. Důležité je, aby při brzdění přípojné vozidlo drželo stopu a nevychylovalo se z dráhy. Pro přípojná vozidla malé hmotnostní kategorie se využívají vzduchové (pneumatické) nebo kapalinové (hydraulické) brzdy. U zemědělských přípojných vozidel se nejčastěji využívají vzduchové brzdy, které jsou bubnové nebo kotoučové. energii pro schopnost provozu brzd dodává energetický prostředek, což je u vzduchových brzd vzduchojem (viz obr.9), kterému je dodávána energie přes hadice z hnaného vozidla či externího zdroje, přičemž se využívá jedné až tří hadic. Při použití jedné hadice dochází ke ztrátám a snížení účinnosti. Využití dvou hadic zvyšuje bezpečnost a dodává okruhu stálý přívod vzduchu. Jednookruhové systémy využívají jedné až dvou hadic. Ve dvouokruhových brzdových systémech se využívá tři hadic [11].



Obr. 9 Vzduchojem s horizontálním uchycením [16]

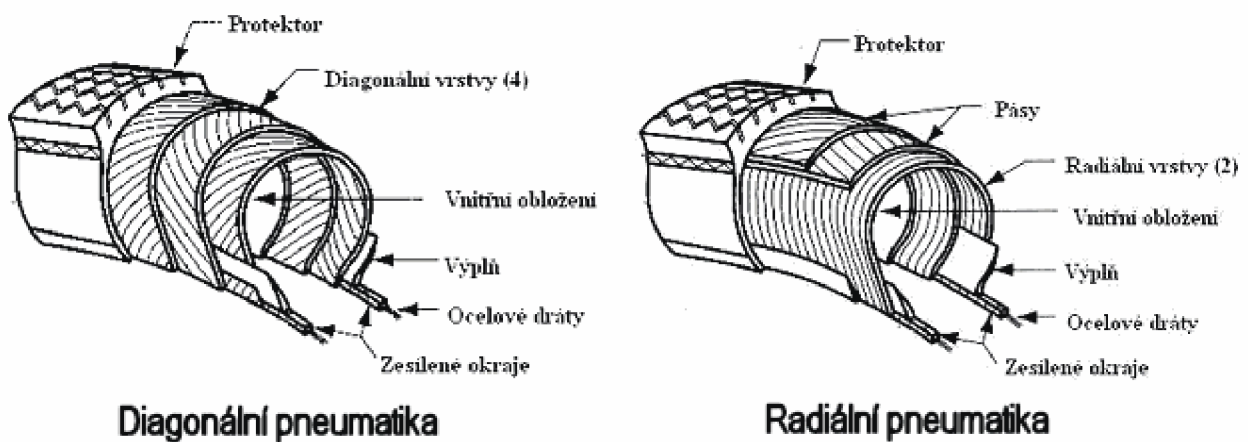
5.4 KOLA

Sestava kola je složena z ráfku, disku a pneumatiky.

Na kola jsou kladeny následující konstrukční nároky:

- malá hmotnost,
- jednoduchá montáž a demontáž kola,
- odolnost proti vnějším vlivům,
- minimální házení kola,
- bezpečnost při provozu.

Kola zemědělských vozidel jsou bezdušová, tudíž musí být zajištěno správné těsnění mezi pneumatikou a ráfkem. Do pneumatik je potřeba mít možnost v případě nutnosti namontovat duši. U zemědělských vozidel je využíváno diskových kol, které jsou mnohdy odlehčeny průduchy, kterými je pak přiváděno chlazení brzd. Jejich výhodou je nízká výrobní cena. Pneumatiky zemědělských přípojných vozidel využívají vlastností nízkotlakých širokých a vysokotlakých úzkých pneumatik, a to z důvodů usnadnění pohybu vozu jak po komunikacích, tak po měkké půdě. Plášť pneumatiky se skládá z běhounu, nárazníkového kordu, boční pryže, kostry, ocelového lana, patky. Deformační vlastnosti pneumatiky ovlivňuje převážně způsob výroby kostry. Podle toho rozlišujeme pneumatiky na diagonální, radiální a smíšené (viz obr. 16) [11].



Obr. 16 Rozdělení typu pneumatik [15]

Radiální pneumatika má boční stěny měkčí a valivý odpor je menší než u diagonálních. Tyto pneumatiky jsou oproti diagonálním složitější na výrobu, k čemuž se úměrně váže i jejich vyšší cena [11].

5.5 PŘIPOJOVACÍ ZAŘÍZENÍ

Návěs přenáší zatížení přes závěs na podvozek traktoru, na rozdíl od přívěsu, který nese zatížení sám, čemuž je také zpravidla přizpůsobena konstrukce závěsného zařízení u traktoru. Návěsy bývají připojovány přes spodní závěs pomocí závěsného oka, možné je však i připojení přes horní závěs. Nejpoužívanější jsou pro závěs oka o průměru 40 a 50 mm. Typů závěsů existuje mnoho. Mezi nejpoužívanější patří pevný závěsný čep (Piton Fix), automatický agrozávěs nebo v poslední době oblíbená koule K-80 [11].

5.5.1 PEVNÝ ZÁVĚSNÝ ČEP (PITON FIX)

V případě, že je připojovací zařízení řešeno pevným závěsným čepem, je na traktoru v závěsné části nainstalovaný pevný závěsný čep či koule. Závěšení pak musí splňovat technické parametry výrobce. Připojovací zařízení se skládá z pevného čepu, pojišťovacího čepu a zákolníku (viz obr. 17) [11]. Piton fix je převážně využíván v Německu nebo Rakousku, zejména z důvodu vyšší pořizovací ceny, než je u agrozávěsu. Také je u něj důležité dodržovat kompatibilitu připojení, aby nedocházelo k rázům a případnému opotřebení [17].



Obr. 17 Piton Fix 320 mm [18]

5.5.2 ZÁVĚS KOULE K-80

V tuzemsku se v poslední době využívá jako připojovací zařízení převážně koule K-80, která nahrazuje dříve používaný agrohák a kombinuje nejlepší vlastnosti ostatních typů připojení (viz obr. 18). Umožňuje přenos velikých sil, má vysokou životnost a malou náchylnost k opotřebení. Úhel vychýlení je větší na rozdíl od připojení Piton Fix, což vede k minimální vůli připojení, vedoucí k plynulé jízdě [19]. U přípojných vozidel nad 15 t je tento typ připojení standardním. Při agregaci půdy technikou dochází k velikému opotřebení a je potřeba dostatečné mazání připojovacího spoje [17].



Obr. 18 Závěs K-80 s přechodovou deskou [20]

5.5.3 AUTOMATICKÝ AGROZÁVĚS

Posledním typem připojovacího zařízení je automatický agrozávěs, který je spouštěn a zvedán hydraulickou soustavou traktoru. Hák je možné vyjmout a také s ním otáčet. Hák má polohovatelné uložení, které umožňuje pár zajišťovacích čepů (viz obr. 19). Hydraulický zámek zajišťuje pevné a jednoduché připojení a odpojení přípojného vozidla [11]. Tento typ je využíván převážně u přívěsů.



Obr. 109 Sauerermann automatický závěs do konzoly pro traktory [22]

5.6 STABILIZACE NÁVĚSU

V případě odpojení návěsu od hnaného vozidla je důležité docílit stability a bezpečného zajištění. Převážně se využívá opěrného kola, které docílí rovnováhy, ale zároveň i pomáhá zjednodušit manipulaci. Levnější variantou je opěrná noha (viz obr. 20), která je aretační a slouží pouze k podepření návěsu.



Obr. 20 Teleskopická výsuvná noha [23]

5.7 NÁJEZDOVÝ MECHANIZMUS

Pro naložení stavebního stroje na návěs jsou využívány různé způsoby, mezi nejrozšířenější patří nájezdové rampy. Ty mohou být instalované napevno nebo rozebíratelné. Mechanicky se jedná o nejjednodušší způsob nájezdového mechanismu, ale v případě připevnění na pevno přidávají návěsu na hmotnosti a mohou i případně překážet. U rozebíratelných ramp je potřeba vytvoření uchycení po bocích návěsu a jejich zajištění při převozu.

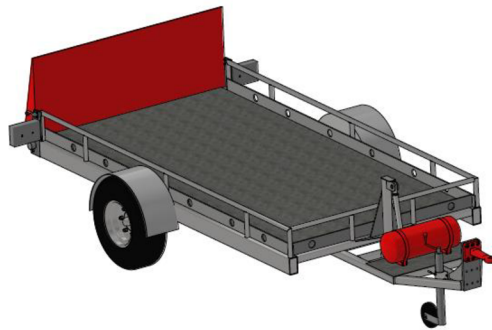
Další možnou variantou je použití hydraulického, případně pneumatického přímočarého motoru. Toto řešení je jednodušší na obsluhu, zabírá méně místa a má menší hmotnost. Energetický pohon může mít samotný návěs, ale v případě připojení za traktor je mnohem praktičtější připojení pomocí hadic k traktoru. Umístění přímočarého hydraulického motoru u zemědělských návěsů bývá nejčastěji na středu rámu. Při využití přímočarého hydraulického motoru u návěsu pro stavební stroje je možno jej připevnit pod přední část nosného lože a docílit pár stupňového naklonění pro nájezd stroje. Snad nejméně využívaný je mechanický způsob naklápění pomocí zvedacího mechanismu. Řešení je sice mechanicky jednoduché, ale není příliš přívětivé pro obsluhu. Je využíváno u malých návěsů (viz obr. 21).



Obr. 21 Mechanický sklopný návěs [24]

6 KONCEPČNÍ NÁVRH NÁVĚSU

Cílem je navrhnout návěs valníkového typu s nosností 3500 kg (viz obr. 22). Návěs je konstruován na maximální rychlost 40 km/h a je určen pro přepravu stavebních strojů. Návěs je hydraulicky sklopný na zadní mechanicky sklopnou nájezdovou rampu. Kapitola rozebírá již jednotlivě zvolené prvky konstruovaného návěsu na základě rešerše vycházející z předešlé kapitoly 5. Příloha 2,3 a 4 obsahuje zvětšené pohledy na koncept návěsu.



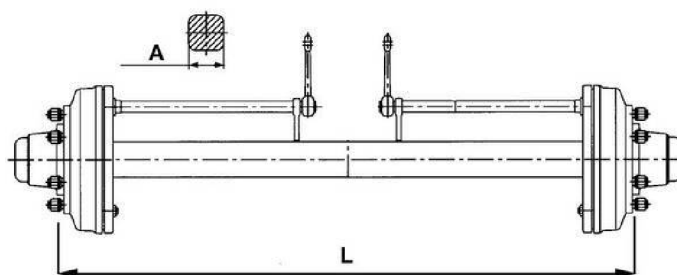
Obr. 22 Konceptní návrh návěsu

6.1 NÁPRAVA

Výrobce nápravy je italská společnost ADR. Jedná se o brzděnou nápravu bubnovými brzdami. Maximální nosnost nápravy při rychlosti 40 km.h⁻¹ pro jednonápravový návěs je 6700 kg. Rozchod nápravy je 2200 mm a profil je čtvercového průřezu s rozměrem 70 x 70 mm (viz obr. 23) [25]. Další parametry viz tabulka 2. Nosnost nápravy je větší než provozní zatížení návěsu v součtu se samotnou váhou konstrukce návěsu, která je ověřena ve výpočtu (11).

Tab. 2 Parametry nápravy [25]

Parametr	Hodnota
Rozměr průřezu profilu (A)	70 mm
Nosnost	6700 kg
Šrouby	6 x M18
Středová díra disku	160 mm
Rozteč disku	6 x 205 mm
Typ brzdy	IN 309E 300x90
Maximální rychlost	40 km.h ⁻¹
Rozchod (L)	2200 mm



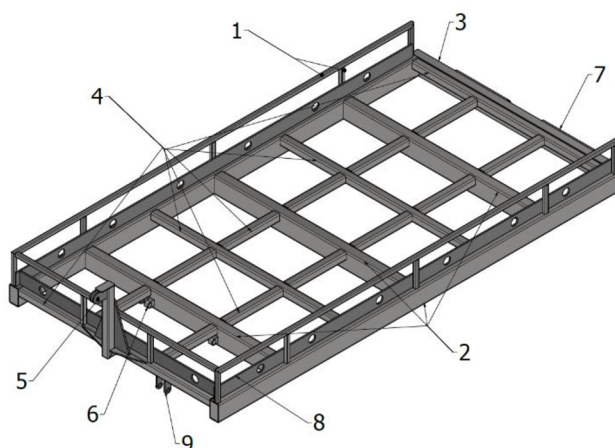
Obr. 23 Schéma rozměrů nápravy [42]

6.2 RÁMY

Rám je složen ze dvou částí, a to z rámu hlavního, který slouží jako nosný a nese ložnou plochu pro stavení stroj a rámu tažného. Ten je přichycen přes oj za traktor a čepy k hlavnímu rámu. Rámy jsou současně spojeny hydraulickým přímočarým motorem ke sklápění návěsu. Rámy jsou vyrobeny z dutých profilů k získání dostatečné pevnosti a tuhosti celého návěsu a současněmu zachování nízké hmotnosti.

6.3 HLAVNÍ RÁM

Hlavní rám je žebřinové konstrukce. Je tvořen z hlavních nosných profilů obdélníkového průřezu a vyztužen podélnými profily čtvercového a obdélníkového průřezu. Všechny profily jsou vyrobeny z oceli S235JRH dle EN 10219-1, která zaručuje dobrou svařitelnost (viz tab. 3). Na hlavním rámu je po obvodu navařena konstrukce z profilů čtvercového průřezu, ke které jsou navařeny ližiny pro uchycení břemene. Ta slouží jako ohrazení ložné plochy. V přední části rámu je navařen vyztužený profil, na kterém je uchycen hydraulický přímočarý motor. Na prvním nosném příčném profilu je uchycen přes čepy tažný rám. V zadní části rámu je přivařen profil průřezu U, ve kterém je uchycena vodící tyč na mechanicky sklopnou nájezdovou rampu. Uložení pro čep zajišťující rám proti samostatnému sklopení je v pření levé části návěsu (viz obr. 24). Prvky jsou vyrobeny z oceli S235JR dle EN 10025-2.



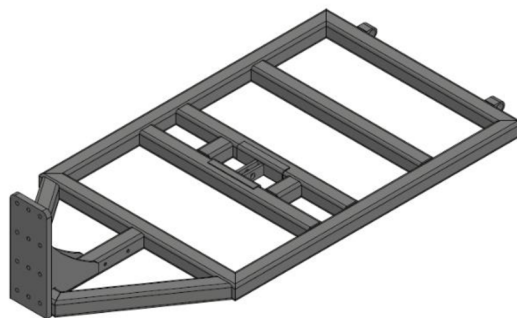
Obr. 24 Hlavní rám - 1- zábradlí, 2 – hlavní nosné příčné a podélné profily, 3 – nosný profil U, 4 - příčné a podélné výztužné profily, 5 – uchycení hydromotoru, 6 – uchycení tažného rámu, 7- uchycení vodící tyče, 8 – ližina uchycení břemene 9 – uchycení čepu pro zajištění rámu

Tab. 3 Tabulkový přehled profilů (dle obr. 23)

Pozice	Průřez	Rozměr [mm]	Materiál
1	čtvercový	30 x 30 x 3	S235JHR
2	obdélníkový	140 x 80 x 5	S235JHR
3	čtvercový	60 x 60 x 5	S235JHR
4	Tvaru U	140	S235JHR

6.4 TAŽNÝ RÁM

Konstrukce tažného rámu je taktéž žebřinového typu. V přední části je navařena deska z oceli o tloušťce 20 mm pro uchycení oje. Deska je zpevněna dvěma 8 mm výztuhami k získání tuhosti, jelikož přenáší zatížení návěsu přes oj na traktor (viz obr. 25). Desky jsou vyrobeny z materiálu S235JR dle EN 10025-2. V profilu uprostřed trojúhelníku z profilů jsou vyvrtány díry k přimontování podpěrného kola. Tažný rám je připevněn pomocí čepů ISO 2341 B–30 x 100. Čepy jsou uloženy v domcích, které jsou přivařené k rámu v zadní části a zajištěny závlačkou ISO 1234 4 x 40. Hydraulický přímočarý motor je uchycen přes čep ISO 2341 B–20 x 50 zajištěný závlačkou ISO 1234 3,2 x 32 do dvou 10 mm ocelových desek přivařených v prostřední části rámu. Uchycení pístu je z ocelových desek o tloušťce 10 mm a materiálu S235JR dle EN 10025-2. Rám je vyroben z profilů čtvercových průřezů o rozměru 60 x 60 x 5 mm a materiálu S235JRH dle EN 10219-1, který je k výrobě použitý, má dobré vlastnosti ke svařování.



Obr. 25 Tažný rám

6.5 KOLA NÁVĚSU

Kola se skládají z disku kola a pneumatiky. Disk kola je spojen pomocí šesti šroubů M18 k nápravě a je na něm nazuta pneumatika.

6.5.1 DISK KOLA

Disk kola je zvolen podle rozteče a velikosti šroubů na nápravě. Disk kola o rozměrech 9,00 x 15,3 je od společnosti Accuride. Nosnost disku kola je 3450 kg. Nosnost musí být větší, než samotná hmotnost návěsu a provozní hmotnosti. Uchycení disku na nápravě je ET0 [26]. Další parametry viz tabulka 4.

Tab. 4 Parametry disku kola [26]

Parametr	Hodnota
Rozměr	9,00 x 15,3
ET	0
Nosnost při 40 km.h ⁻¹	3450 kg
Hmotnost	16,5 kg

6.5.2 PNEUMATIKA

Na disku kola je nazutá pneumatika IM-04 od společnosti Mitas (viz obr. 26). Rozměr pneumatiky je 10.0/75-15,3. Je to pneumatika pro přívěsy v zemědělské dopravě a univerzální dezén. Při jízdě po silnici tlumí vibrace a mají menší hlučnost. Jedná se o pneumatiky diagonálního typu. Nosnost při provozní rychlost 40 km.h⁻¹ a tlaku 0,71MPa je 2745 kg (viz tab. 5) [27].

Tab. 5 Parametry pneumatiky [27]

Parametr	Hodnota
Rozměr	10.0/75-15,3
PR	18 PR
Dezén	IM-04
Ráfek	9.00 x 1536
Vnější průměr	760 mm
Šířka	264 mm



Obr. 26 Sestava disku kola a pneumatiky

6.6 PODPĚRNÉ KOLO

Dle výpočtů je zatížení na podpěrné kolo 316 kg (viz kapitola 7.1.3), tudíž je nutnost volit podpěrné kolo s touto minimální nosností. Vyhovující zvolené podpěrné kolo od společnosti AL-KO má nosnost 500 kg. Kolo je ručně výsuvné a kolečko je otočné, což umožňuje snadnou manipulaci s návěsem (viz obr. 27). Parametry kola jsou rozepsány v tabulce č. 4. Je připojené k tažnému rámu pomocí úchyty a šrouby ČSN 02 1201 M10 x 75 s maticemi ČSN 02 1402 M10. Trubka je pozinkovaná a průměru 60 mm. [28]

Tab. 4 Parametry podpěrného kola [28]

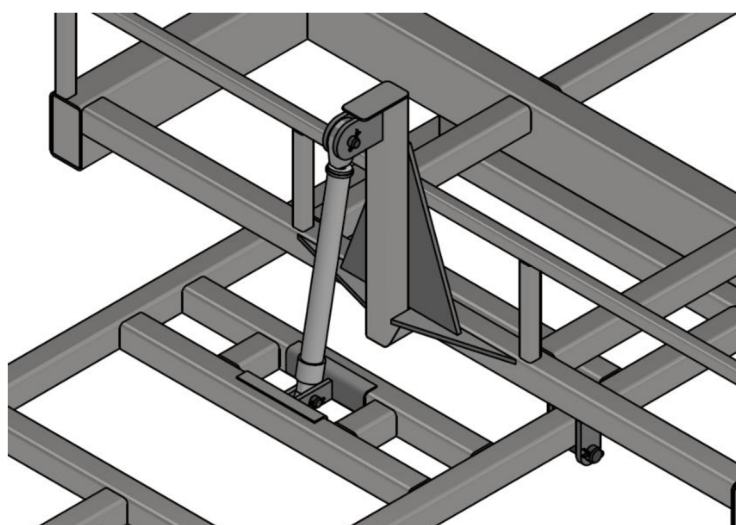
Parametr	Hodnota
Maximální zatížení	500 kg
Průměr tyče	60 mm
Výška (bez kličky)	530 mm
Délka vytočení	265 mm
Průměr kolečka	200 mm
Šířka kolečka	50 mm



Obr. 27 Podpěrné kolečko AL-KO 200x50 mm/500 kg [28]

6.7 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR

Naklopení návěsu zajišťuje dvojčinný přímočarý hydromotor od společnosti Hydrolider, který je uchycen na tažném a hlavním rámu pomocí čepů ISO 2341-B-20 x 50. Čepy jsou uloženy v domcích z ocelových desek o tloušťce 10 mm, které jsou na navařeny na rám a jsou z materiálu S235JR dle EN 10025-2 (viz obr. 28). Maximální zdvih válce je 350 mm a délka číní 536 mm. Maximální zdvih s nevyklopenou nájezdovou rampou je 335 mm a při vyklopení nájezdové rampy 285 mm. Maximální provozní tlak činí 24 MPa a zdroj dodávané energie je přes hadice z traktoru [43]. Parametry hydromotoru viz tabulka 5. Profil na hlavním rámu je vyztužen 10 mm vyztuhy z materiálu S235JR dle EN 10025-2. Kapitola 7.4 se zabývá kontrolou přímočarého hydromotoru.



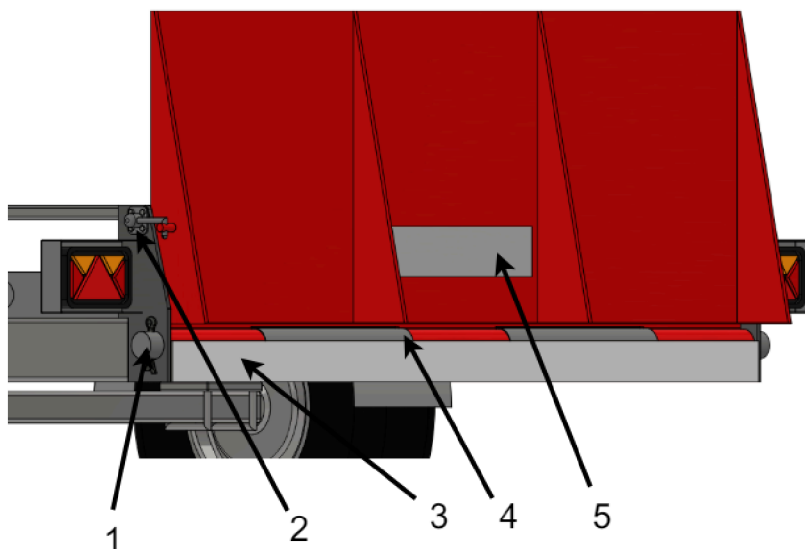
Obr. 28 Uchycení průmočarého hydromotoru

Tab. 5 Parametry průmočarého hydromotoru [43]

Parametr	Hodnota
Označení	CJ2F 32/20/350 U20
Typ práce	Dvojitý působení
Pracovní zdvih	350 mm
Délka v klidu	356 mm
Vnější průměr pístu	42 mm
Vnitřní průměr pístu	32 mm
Průměr pístnice	20 mm
Průměr čepu	20 mm
Typ montáže	Samonaklápěcí ložiska s možností mazání
Maximální provozní tlak	24 MPa
Tlačná síla	19306,08 N
Tažná síla	11762,19 N

6.8 MECHANICKY SKLOPNÁ NÁJEZDOVÁ RAMPA

Nájezdová rampa se nachází v zadní části návěsu a je ručně sklopná, vyrobená z ocelové 10 mm desky k zaručení pevnosti a tuhosti v době najíždění stavebního stroje. Z vnější strany je vyztužená 10 mm ocelovými výztuhami a je na ní přichycená SPZ návěsu. Rampa je vyrobena z materiálu S235JR dle EN 10025-2. K rámu návěsu je uchycená pomocí duté vodící tyče průměru 60 mm z materiálu S235JHR dle EN 10219-1, kterou zajišťují závlačky (viz obr. 29). Tyč je uložena ve vodících domcích navařených na rámu v profilu U. Z bočních stran jsou navařeny desky o tloušťce 10 mm, ke kterým jsou uchyceny další prvky, ale taktéž je v nich uložena vodící tyč. Deska je vyrobena z materiálu S235JR dle EN 10025-2. Zespodu je tyč chráněna navařenými plechy. Ty slouží jako ochrana v případě naklopení návěsu s otevřenou nájezdovou rampou. Ta umožňuje vyklopení až do 90°. Při maximálním naklopení se rampa zapře o rám. Rampa je široká 1810 mm a od ložné plochy vysoká 666 mm. Proti samostatnému otevření je rampa zajištěna z levé i pravé strany pákovým uzávěrem 140 mm od společnosti Tanatech. Pákový uzávěr je přimontován k bočnicím. Ten je ještě proti vyskočení a otevření za jízdy zajištěn drátem na řetízku, na který je přichystaná díra na připevnění taktéž na bočnici. Sklopený návěs s otevřenou nájezdovou rampou je zobrazen v Příloze 4.



Obr. 29 Sklopná rampa, 1 – vodící dutá tyč, 2 - pákový uzávěr, 3 - krycí plech, 4 – uložení vodící tyče v rámu, 5 – uchycení SPZ

6.9 ZÁVĚSNÉ ZAŘÍZENÍ

Návěs je tažen za hnacím vozidlem pomocí závěsného oka průměru 40 mm (viz obr.29). Oko je přišroubované na desce přivařené k tažnému rámu pomocí šesti šroubů M16 x 50 (viz tab. 6). Deska je z materiálu S235JR dle EN 10025-2. Závěsné oko možné výškově upravovat. Nejvyšší poloha od země je 773 mm, střední hodnota 663 mm a nejnižší poloha činí 533 mm. Tažné oko je od výrobce AGPower a jeho maximální zatížení je 2 500 kg [29]. Kontrola závěsného oka je provedena v kapitole 7.1.2.

Tab. 6 Parametry závěsného oka [29]

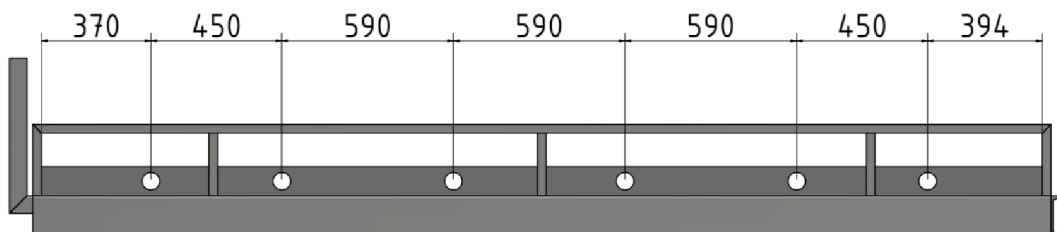
Parametr	Hodnota
Zatížení podpěry do 40 km.h ⁻¹	2 500 kg
Maximální povolená celková hmotnost návěsu	24 000 kg
Vnitřní průměr oka	40 mm
Uchytení	6 x M16



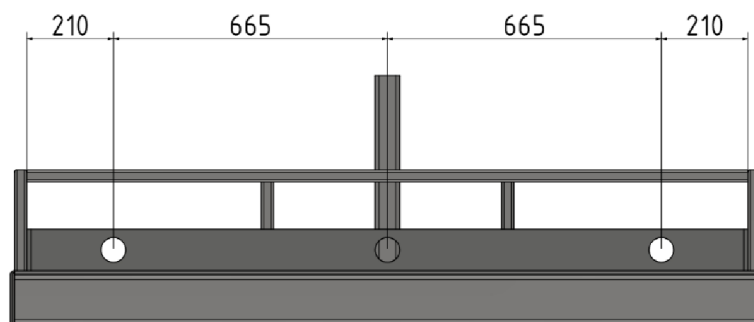
Obr. 30 Tažné oko [29]

6.10 UCHYCENÍ BŘEMENE

Podle technické normy ČSN EN 12640 pro vozidla s maximální povolenou hmotností nad 3,5 t se odvíjí umístění vázacích bodů na návěsu. Vozidla, která mají funkční nákladní plochu delší jak 2 200 kg, musejí mít nejméně šest vázacích bodů a současně na každé straně minimálně tři. Pokud je vázací bod kruhového profilu, musí být průměr větší než 40 mm. Vázací body musejí být rozmístěny tak aby mezi dvěma vázacími body nebyla větší vzdálenost, než je 1 200 mm. Vzdálenost od čelní nebo zadní bočnice nesmí být větší než 500 mm a vzdálenost od bočnic návěsu nesmí být větší než 250 mm. V přední bočnici vozidla je minimální počet úchytných bodů dva a minimální vzdálenost od bočnice 250 mm [44]. Na obr. 31a 32 jsou zobrazeny rozměry uchytení na konstruovaném návěsu. Průměr vázacího bodu je 60 mm. Ližiny jsou vyrobeny z válcovaného plechu za tepla S235JR dle EN 10025-2 a navařené na rám. Tloušťka ližin je 10 mm.



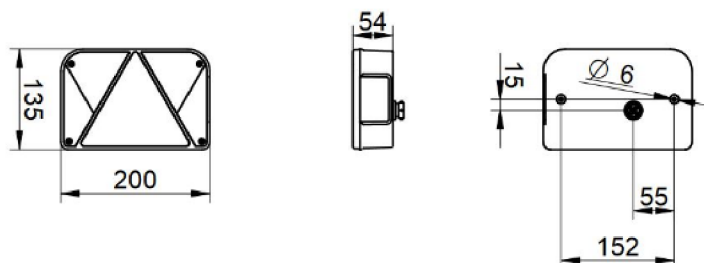
Obr. 31 Rozmístění vazacích bodů na boku návěsu



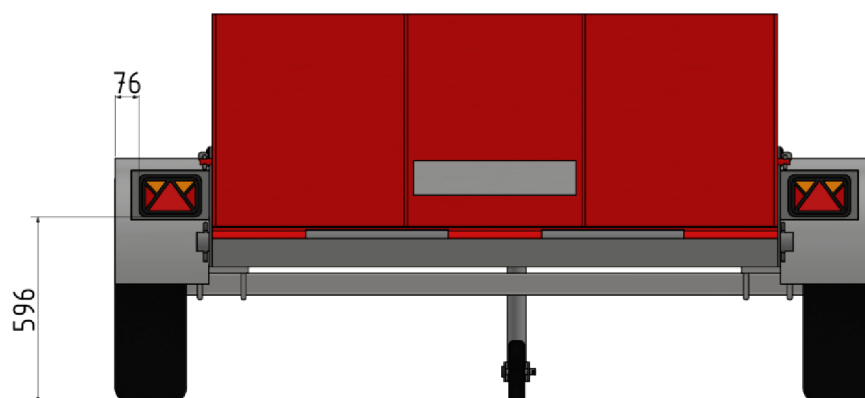
Obr. 32 Rozmístění vazacích bodů v přední části návěsu – z pohledu zezadu

6.11 KONCOVÉ SDRUŽENÉ SVĚTLOMETY

Návěs je vybaven světlomety od společnosti Martz (viz obr. 33). Svítidla je žárovková a nabývá osvětlovacích funkcí: brzd, blinkrů, obrysových světel, mlhového osvětlení. Je připojeno pomocí 5pinového konektoru ke zdroji energie z traktoru [30]. Podle vyhlášky musí být svítidla umístěna minimálně 250 mm nad zemí a maximálně 400 mm od boku vozidla, což návěs splňuje (viz obr. 34) [31].



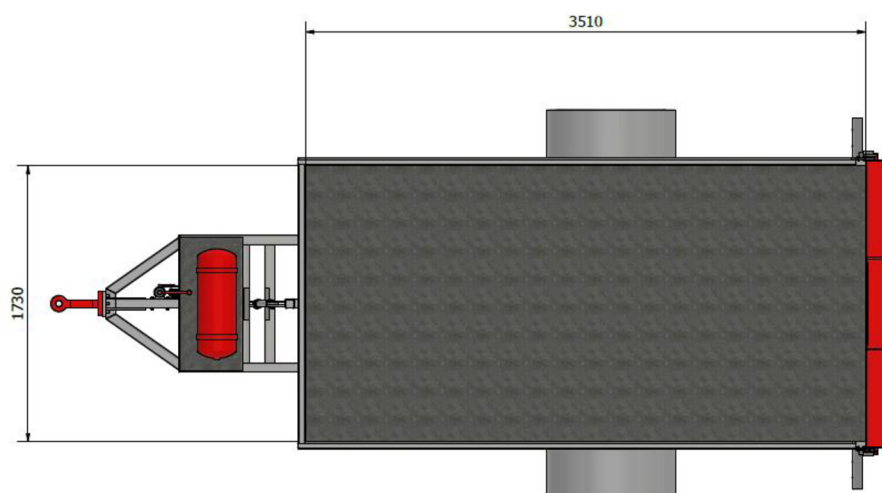
Obr. 33 Koncová svítidla Martz [30]



Obr. 34 Umístění osvětlení na návěsu

6.12 LOŽNÁ PLOCHA

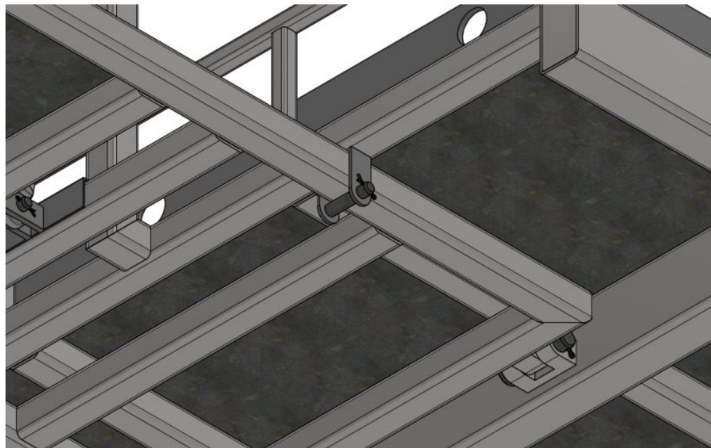
Na rám návěsu je přivařený ocelový plech o tloušťce 4 mm z materiálu DC01-A-m (1.0330) dle EN 10130. Rozměr ložné plochy návěsu je 3510x1730 mm (viz obr. 35).



Obr. 35 Rozměry ložné plochy

6.13 ZAJIŠTĚNÍ PROTI ZVEDNUTÍ RÁMU

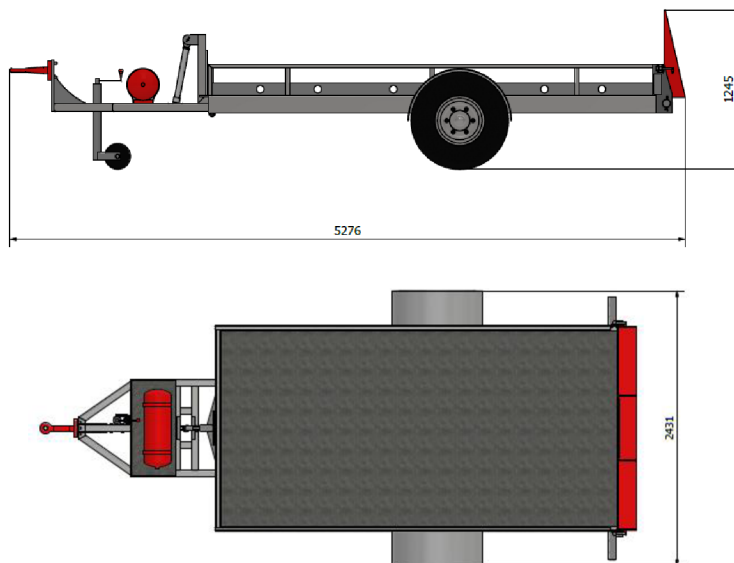
Hlavní rám je zajištěn čepem ISO 2341 B-30 x 100 se závlačkou ISO 1234 6,3 x 40 proti samostatnému sklopení (viz obr. 36). Je uchycen mezi 12 mm ocelovými deskami z materiálu S235JRH dle EN 10025-2 a tažným rámem. Toto je preventivní bezpečnostní opatření v případě možné poruchy hydraulického přímočarého motoru, kdy by motor mohl začít zvedat návěs např. během převozu nebo i za klidového stavu bez blízkosti obsluhy.



Obr. 36 Zajišťovací čep proti zdvižení

6.14 ROZMĚRY NÁVĚSU

Návěs je dlouhý 5276 mm, široký 2431 mm a na výšku má 1245 mm (viz obr. 37). Takže splňuje vyhlášku o největších povolených rozměrech vozidel a souprav (viz kapitola 4.5).



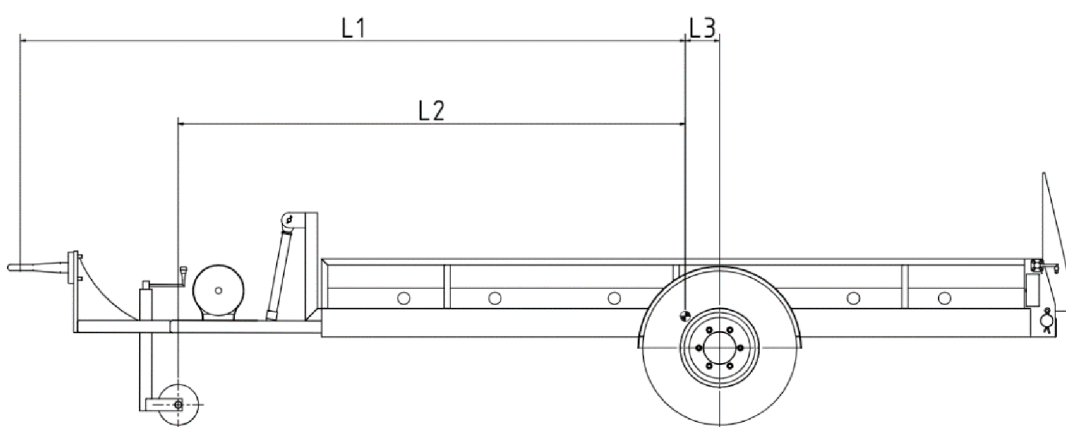
Obr. 37 Rozměry návěsu

7 VÝPOČTY

Kapitola se zabývá výpočty vybraných konstrukčních uzlů. Nejprve jsou provedeny výpočty zatížení na tažné oko průměru 40 mm, podpěrné kolo a nápravu. Dále jsou počítány čepy spojující hlavní a tažný rám společně se zajišťovacím čepem proti samotnému sklopení na střih a otláčení. V neposlední řadě je proveden kontrolní výpočet hydraulického přímočarého motoru na vzpěr v bodu maximálního úhlu sklonu návěsu a zatížení hydromotoru.

7.1 VÝPOČET ZATĚŽUJÍCÍCH SIL V KLIDOVÉM STAVU NÁVĚSU

Hmotnost a jednotlivých sestav návěsu je zjištěno v programu Autodesk Inventor. Zatěžující síla F_G v těžišti návěsu je síla vycházející ze zatěžující hmotnosti samotného návěsu a maximální nosnosti návěsu.



Obr. 38 Zobrazení vzdáleností působících sil od těžiště

7.1.1 ZATĚŽUJÍCÍ SÍLA NÁVĚSU

$$F_G = (m_n + m_p) \cdot g \quad [\text{N}] \quad (1)$$

Kde:

$$F_G = 1500 \quad [\text{N}] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$m_n = 1500 \quad [\text{kg}] \quad \text{samotná hmotnost návěsu}$$

$$m_p = 3500 \quad [\text{kg}] \quad \text{hmotnost předepsaná}$$

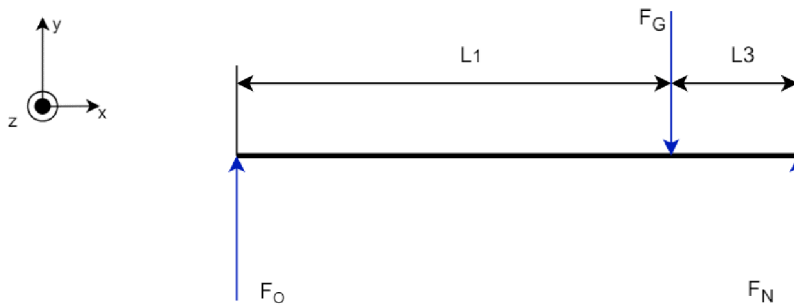
$$g = 9,81 \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-2}] \quad \text{gravitační zrychlení}$$

$$F_G = (1500 + 3500) \cdot 9,81$$

$$F_G = 49050 \text{ N}$$

Zatěžující síla na návěs je $F_G = 49050 \text{ N}$.

7.1.2 ZATÍŽENÍ NA ZÁVĚSNÉ OKO A NÁPRAVU



Obr. 39 Působící síly závěsného oka a nápravy

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_0} = 0; -F_G \cdot L1 + F_N \cdot (L1 + L3) = 0 \quad (2)$$

$$F_N = \frac{F_G \cdot L1}{L1 + L3} [N]$$

Kde:

$$L1 = 3295,667 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost závěsného oka od těžiště}$$

$$L3 = 169,193 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost nápravy od těžiště}$$

$$F_G = 49050 \quad [N] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_N = \frac{49050 \cdot 3295,667}{3295,667 + 169,193}$$

$$F_N = 46654,8 \text{ N}$$

Síla působící na nápravu je $F_N = 46654 \text{ N}$.

Rovnice silové rovnováhy:

$$\sum F_y = 0; F_O - F_G + F_N = 0 \quad (3)$$

$$F_O = F_G - F_N [N]$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad [N] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_N = 46654,8 \quad [N] \quad \text{síla působící na nápravu}$$

$$F_O = 49050 - 46654,8$$

$$F_O = 2395,2 \text{ N}$$

Síla působící na závěsné oko je $F_O = 2395,2 \text{ N}$.

Výpočet hmotnosti působící na nápravu a na závěsné oko:

$$m_{np1} = \frac{F_N}{g} = \frac{46654,8}{9,81} = 4755,8 \text{ kg} \quad (4)$$

$$m_O = \frac{F_O}{g} = \frac{2395,2}{9,81} = 244,2 \text{ kg} \quad (5)$$

Kde:

m_{np1} [kg] hmotnost působící na nápravu

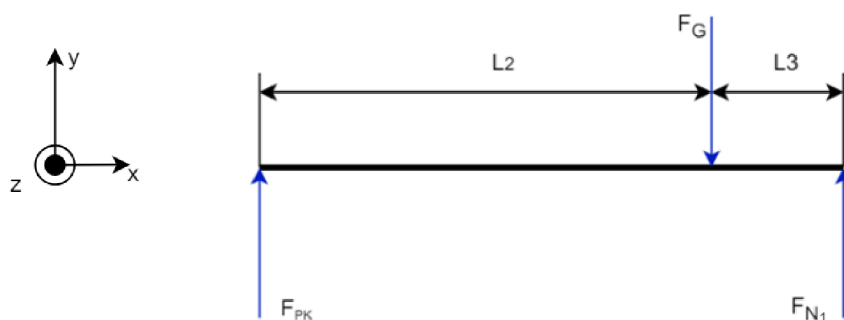
m_O [kg] hmotnost působící na závěsné oko

Kontrola závěsného oka v případě naloženého návěsu:

$$m_{PK} = 244,2 \text{ kg} < 250 \text{ kg} \quad (6)$$

Provedené analytické výpočty ověřily, že zvolené závěsné oko návěsu jsou vyhovující a splňují konstrukční podmínky minimální nosnosti. Minimální nosnost oka viz tab. 6 kapitoly 6.9.

7.1.3 ZATÍŽENÍ NA PODPĚRNÉ KOLO A NÁPRAVU



Obr. 40 Působící síly podpěrného kola a nápravy

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_{PK}} = 0; -F_G \cdot L2 + F_{N1} \cdot (L2 + L3) = 0 \quad (7)$$

$$F_{N1} = \frac{F_G \cdot L2}{L2 + L3} \text{ [N]}$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad [\text{N}] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$L_2 = 2503,560 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost podpěrného kola od těžiště}$$

$$L_3 = 169,193 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost nápravy od těžiště}$$

$$F_{N1} = \frac{49050 \cdot 2503,560}{2503,560 + 169,193}$$

$$F_{N1} = 45945 \text{ N}$$

Zatížení na nápravu je $F_{N1} = 45945 \text{ N}$.

Rovnice silové rovnováhy:

$$\sum F_y = 0; F_{PK} - F_G + F_{N1} = 0 \quad (8)$$

$$F_{PK} = F_G - F_{N1} [\text{N}]$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad [\text{N}] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_{N1} = 45945 \quad [\text{N}] \quad \text{síla působící na nápravu}$$

$$F_{PK} = 49050 - 45945$$

$$F_{PK} = 3105 \text{ N}$$

Síla zatěžující podpěrné kolo je $F_{PK} = 3105 \text{ N}$

Výpočet hmotnosti působící na nápravu a na závěsné oko:

$$m_{np2} = \frac{F_{N1}}{g} = \frac{45945}{9,81} = 4683,5 \text{ kg} \quad (9)$$

$$m_{PK} = \frac{F_{PK}}{g} = \frac{3105}{9,81} = 316 \text{ kg} \quad (10)$$

Kde:

$$m_{np2} \quad [\text{kg}] \quad \text{hmotnost působící na nápravu}$$

$$m_{PK} \quad [\text{kg}] \quad \text{hmotnost působící na podpěrné kolo}$$

Kontrola podpěrného kola v případě naloženého návěsu:

$$m_{PK} = 316 \text{ kg} < 500 \text{ kg} \quad (11)$$

Kontrola nápravy v případě naloženého návěsu:

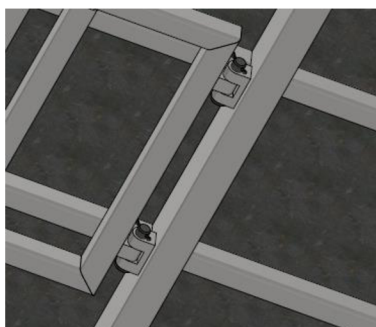
Pro kontrolu je zvoleno větší vypočtené zatížení na nápravu.

$$m_{np1} = 4755,8 \text{ kg} < 6700 \text{ kg} \quad (12)$$

Provedené analytické výpočty ověřily, že zvolené podpěrné kolo a zvolená náprava návěsu jsou vyhovující a splňují konstrukční podmínky minimální nosnosti.

7.2 KONTROLA ČEPY SPOJUJÍCÍ TAŽNÝ A HLAVNÍ RÁM

Kontrola čepy spojující tažný a hlavní rám na stříh a otláčení.

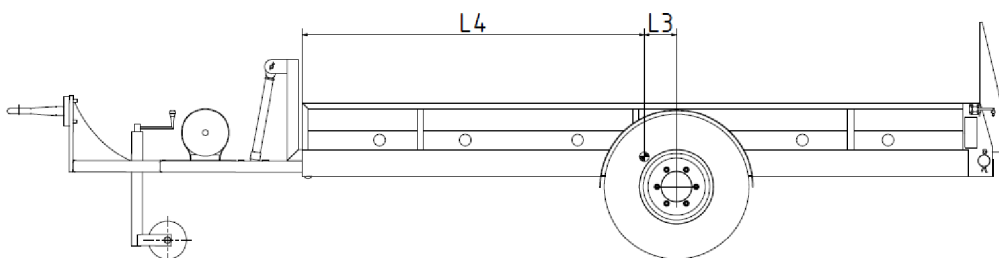


Obr. 41 Spojení rámu čepy

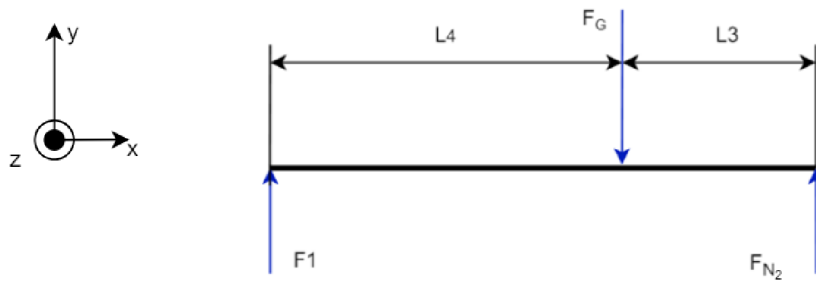
7.2.1 VÝPOČET REAKCÍ ZATĚŽUJÍCÍ ČEP

Výpočet síly od hlavního rámu na tažný rám

Nejprve je vypočtena síla, která působí od hlavního rámu, který je zatížen břemenem, na rám tažný.



Obr. 42 Zobrazení počítaného úseku návěsu na tažný rám



Obr. 43 Zatěžující síly hlavního a tažného rámu

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_{F_1}} = 0; -F_G \cdot L_4 + F_{N_2} \cdot (L_4 + L_3) = 0 \quad (13)$$

$$F_{N_2} = \frac{F_G \cdot L_4}{L_4 + L_3} \text{ [N]}$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla}$$

$$L_4 = 1755,807 \quad \text{[mm]} \quad \text{vzdálenost dotyku rámu a těžiště}$$

$$L_3 = 169,193 \quad \text{[mm]} \quad \text{vzdálenost nápravy od těžiště}$$

$$F_{N_2} = \frac{49050 \cdot 1755,807}{1755,807 + 169,193}$$

$$F_{N_2} = 44738,9 \text{ N}$$

Síla působící na nápravu je $F_{N_2} = 44738,9 \text{ N}$

Rovnice silové rovnováhy:

$$\sum F_y = 0; F_{PK} - F_G + F_{N_2} = 0 \quad (14)$$

$$F_1 = F_G - F_{N_2} \text{ [N]}$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_{N_2} = 44738,9 \quad \text{[N]} \quad \text{síla zatěžující nápravu}$$

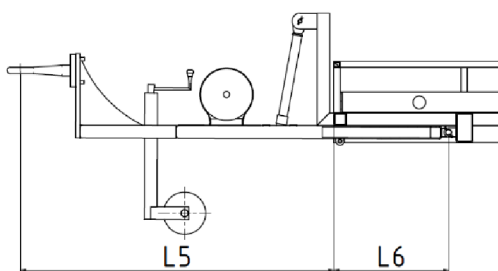
$$F_1 = 49050 - 44738,9$$

$$F_1 = 4311,1 \text{ N}$$

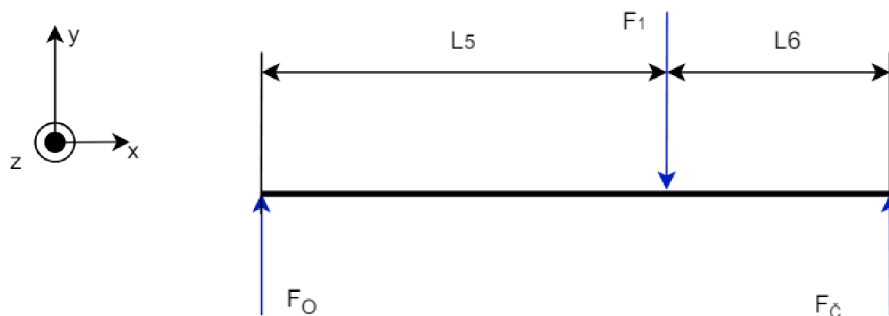
Zatěžující síla od hlavního rámu na tažný je $F_1 = 4311,1 \text{ N}$.

Výpočet síly od tažného rámu na čep

Dále je vypočtena samotná síla působící na čep od tažného rámu.



Obr. 44 Zobrazení počítaného úseku návěsu na tažném rámu



Obr. 45 Zatěžující síly na tažném rámu

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_{F_1}} = 0; -F_1 \cdot L_5 + F_{\check{c}} \cdot (L_5 + L_6) = 0 \quad (15)$$

$$F_{\check{c}} = \frac{F_1 \cdot L_5}{L_5 + L_6} \text{ [N]}$$

Kde:

$F_1 = 4311,1$ [N] síla působící od hlavního rámu

$L_5 = 15239,9$ [mm] vzdálenost tažného oka a působiště síly od rámu

$L_6 = 515$ [mm] vzdálenost působiště síly a čepu

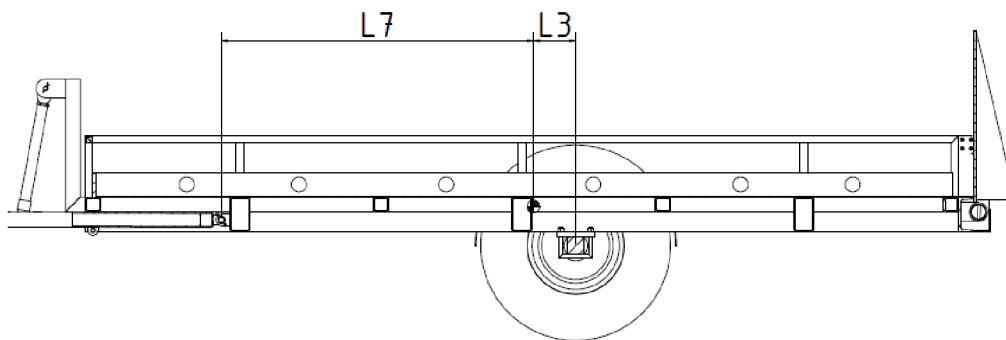
$$F_{\check{c}} = \frac{4311,1 \cdot 15239,9}{15239,9 + 515}$$

$$F_{\check{c}} = 4170,2 \text{ N}$$

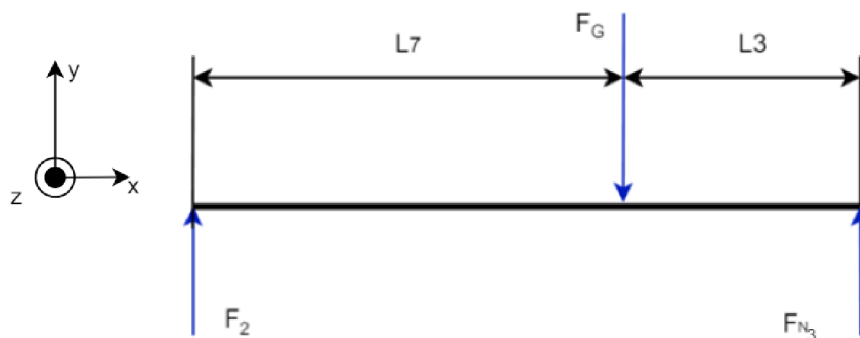
Síla působící na čep od tažného ráme je $F_{\check{c}} = 4170,2 \text{ N}$.

Výpočet síly od hlavního rámu na čep

Následně je počítána síla působící od hlavního rámu, který je zatížen břemenem na čep.



Obr. 46 Zobrazení počítaného úseku návěsu na hlavní rámu



Obr. 47 Zatěžující síly hlavního rámu a čepu

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_{F_2}} = 0; -F_G \cdot L_2 + F_{N_3} \cdot (L_2 + L_3) = 0 \quad (16)$$

$$F_{N_3} = \frac{F_G \cdot L_7}{L_7 + L_3} \text{ [N]}$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla}$$

$$L_7 = 1250,807 \quad \text{[mm]} \quad \text{vzdálenost síly působící čep od těžiště}$$

$$L_3 = 169,193 \quad \text{[mm]} \quad \text{vzdálenost nápravy od těžiště}$$

$$F_{N3} = \frac{49050 \cdot 1250,807}{1250,807 + 169,193}$$

$$F_{N3} = 43266,6 \text{ N}$$

Síla zatěžující nápravu je $F_{N3} = 43266,6 \text{ N}$.

Rovnice silové rovnováhy:

$$\sum F_y = 0; F_{PK} - F_G + F_{N3} = 0 \quad (17)$$

$$F_2 = F_G - F_{N3} \text{ [N]}$$

$$F_G = 49050 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_{N3} = 43266,6 \quad \text{[N]} \quad \text{síla zatěžující nápravu}$$

$$F_2 = 49050 - 43266,6$$

$$F_2 = 5783,4 \text{ N}$$

Síla působící od hlavního rámu na čep je $F_2 = 5783,4 \text{ N}$.

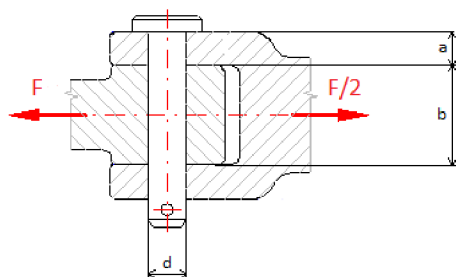
$$F_{\check{c}} < F_2 \quad (18)$$

$$4170,2 \text{ N} < 5783,4 \text{ N}$$

Z vypočtených silových rovnic vychází, že větší zatížení na čep působí od hlavního rámu.

7.2.2 KONTROLA ČEPU NA STRÍH

Z důvodu, že síla od hlavního rámu na čep je větší než síla od rámu tažného. Dále je počítáno se silou od hlavního rámu $F_2 = 5783,4 \text{ N}$. Tloušťka poloviny uložení od hlavního rámu je $a_1 = 30 \text{ mm}$ a tloušťka uložení od tažného rámu je $b_1 = 40 \text{ mm}$. Je kontrolován čep ISO 2341-B-30 x 120 z materiálu 11 600.



Obr. 48 Obecné schéma zatížení čepu [32]

Čepy podle normy ISO 2341 B z materiálu ČSN ISO 11 600 mají mez kluzu $Re_{\check{c}epu1} = 295 \text{ MPa}$ [46].

Maximální dovolené smykové napětí při kontrole na střih:

$$\tau_{sDOV1} = Re_{\check{c}epu1} \cdot 0,5 = 295 \cdot 0,5 = 147,5 \text{ MPa} \quad (19)$$

Kde:

$$Re_{\check{c}epu1} = 295 \text{ [MPa]} \quad \text{mez kluzu \check{c}epu spojující rámy}$$

Pro zjednodušení výpočtu \check{c}epu na střih je brána větší zatěžující síla 5783,4 N od hlavního rámu. Spojení rámu je pomocí dvou \check{c}epů, proto je síla na jeden \check{c}ep uvažována jako poloviční. Síla je poté vynásobena koeficientem 0,5, kvůli střídavému nesouměrnému zatížení během jízdy a zatáčení návěsu:

$$F_{\check{c}1} = \frac{F_2}{2} \cdot 0,5 = 2891,7 \text{ N} \quad (20)$$

$$\tau_{s1} = \frac{2 \cdot F_{\check{c}1}}{\pi \cdot d_1^2} \leq \tau_{sDOV1} \quad (21)$$

Kde:

$$\tau_{sDOV1} = 147,5 \quad \text{[MPa]} \quad \text{maximální dovolené napětí \check{c}epu spojující rámy}$$

$$F_{\check{c}1} = 2891,7 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla \check{c}epu spojující rámy}$$

$$d_1 = 30 \quad \text{[mm]} \quad \text{průměr \check{c}epu spojující rámy}$$

$$\tau_{s1} = \frac{2 \cdot 2891,7}{\pi \cdot 30^2} \leq 147,5$$

$$\tau_{s1} = 2,04 \text{ MPa} \leq 147,5 \text{ MPa}$$

Vypočtené napětí τ_{s1} je menší než dovolené napětí. Zvolený \check{c}ep ISO 2341–B–30 x 120 vyhovuje kontrole na střih.

7.2.3 KONTROLA \check{C}EPU NA OTLAČENÍ

Materiál ČSN ISO 11 600 má maximální tlak na otláčení $p_{DOV} = 63 \text{ MPa}$ [46].

Výpočet otláčení pro plochu a:

$$p_{A1} = \frac{F_{\check{c}1}}{d_1 \cdot a_1} \leq p_{DOV1} \quad (22)$$

Kde:

$p_{DOV1} = 63$ [MPa] maximální dovolené napětí čepu spojovací rámy

$F_{\zeta 1} = 2891,7$ [N] zatěžující síla čepu spojovací rámy

$d_1 = 30$ [mm] průměr čepu spojovací rámy

$a_1 = 30$ [mm] šířka uložení čepu spojovací rámy (viz obr.46)

$$p_{A1} = \frac{2891,7}{30 \cdot 30} \leq 63$$

$$p_{A1} = 3,2 \text{ MPa} \leq 63 \text{ MPa}$$

Tlak působící v místě a je menší než tlak dovolený a čep vyhovuje v místě a na otláčení.

Výpočet otláčení pro plochu b:

$$p_{B1} = \frac{F_{\zeta 1}}{d_1 \cdot b_1} \leq p_{DOV1} \quad (23)$$

Kde:

$p_{DOV1} = 63$ [MPa] maximální dovolené napětí čepu spojovací rámy

$F_{\zeta 1} = 2891,7$ [N] zatěžující síla čepu spojovací rámy

$d_1 = 30$ [mm] průměr čepu spojovací rámy

$b_1 = 30$ [mm] šířka uložení čepu spojovací rámy (viz obr.46)

$$p_{B1} = \frac{2891,7}{30 \cdot 40} \leq 63$$

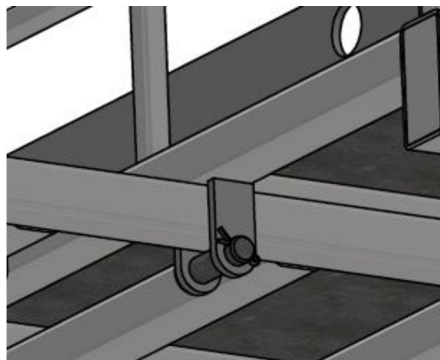
$$p_{B1} = 2,41 \text{ MPa} \leq 63 \text{ MPa}$$

Tlak působící v místě b je menší než tlak dovolený a čep vyhovuje v místě b na otláčení.

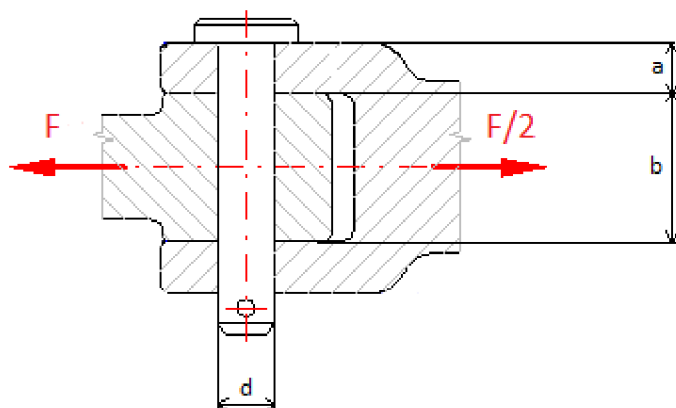
Zvolený čep ISO 2341–B–30 x 120 vyhovuje kontrole na otláčení.

7.3 KONTROLA ČEPU PROTI SAMOČINNÉMU ZVEDNUTÍ NÁVĚSU

Čep je kontrolován na stříh a otláčení. Je uvažováno, že píst dle výrobce při tlaku 24 MPa dokáže vytlačit 1968 kg [43]. Tedy působí silou $F_z = 19306,08\text{N}$. Tloušťka desek uložení čepu je $a_2 = 12\text{mm}$ a profilu mezi nimi $b_2 = 60\text{mm}$. Je kontrolován čep ISO 2341–B–30 x 100 z materiálu 11 600.



Obr. 49 Zajišťovací čep



Obr. 50 Obecné schéma zatížení čepu [32]

7.3.1 KONTROLA ČEPU NA STŘIH

Čepy podle normy ISO 2341 B z materiálu ČSN ISO 11 600 mají mez kluzu $Re_{\text{čepu}1} = 295\text{MPa}$ [46].

Maximální dovolené smykové napětí při kontrole na stříh:

$$\tau_{SDOV} = Re_{\text{čepu}2} \cdot 0,5 = 295 \cdot 0,5 = 147,5\text{MPa} \quad (24)$$

Kde:

$Re_{\text{čepu1}} = 295 \text{ [MPa]}$ mez kluzu čepu spojující rámy

$$\tau_{s2} = \frac{2 \cdot F_z}{\pi \cdot d_2^2} \leq \tau_{sDOV2} \quad (25)$$

Kde:

$\tau_{sDOV2} = 147,5 \text{ [MPa]}$ maximální dovolené napětí zajišťovacího čepu

$F_z = 19306,08 \text{ [N]}$ zatěžující síla zajišťovacího čepu

$d_2 = 30 \text{ [mm]}$ průměr čepu spojující rámy

$$\tau_{s2} = \frac{2 \cdot 19306,08}{\pi \cdot 30^2} \leq 147,5$$

$$\tau_{s2} = 13,7 \text{ MPa} \leq 147,5 \text{ MPa}$$

Vypočtené napětí τ_{s2} je menší než dovolené napětí. Zvolený čep ISO 2341–B–30 x 100 vyhovuje kontrole na stříh.

7.3.2 KONTROLA ČEPU NA OTLAČENÍ

Materiál ČSN ISO 11 600 má maximální tlak na otláčení $p_{DOV} = 63 \text{ MPa}$ [46].

Výpočet otláčení pro plochu a:

$$p_{A2} = \frac{F_z}{d_2 \cdot a_2} \leq p_{DOV2} \quad (26)$$

Kde:

$p_{DOV2} = 63 \text{ [MPa]}$ maximální dovolené napětí čepu spojující rámy

$F_z = 19306,08 \text{ [N]}$ zatěžující síla zajišťovacího čepu

$d_2 = 30 \text{ [mm]}$ průměr zajišťovacího čepu

$a_2 = 12 \text{ [mm]}$ šířka uložení zajišťovacího čepu (viz obr.48)

$$p_{A2} = \frac{19306,08}{30 \cdot 12} \leq 63$$

$$p_{A2} = 53,628 \text{ MPa} \leq 63 \text{ MPa}$$

Tlak působící v místě a je menší než tlak dovolený a čep vyhovuje v místě a na otláčení.

Výpočet otláčení pro plochu b:

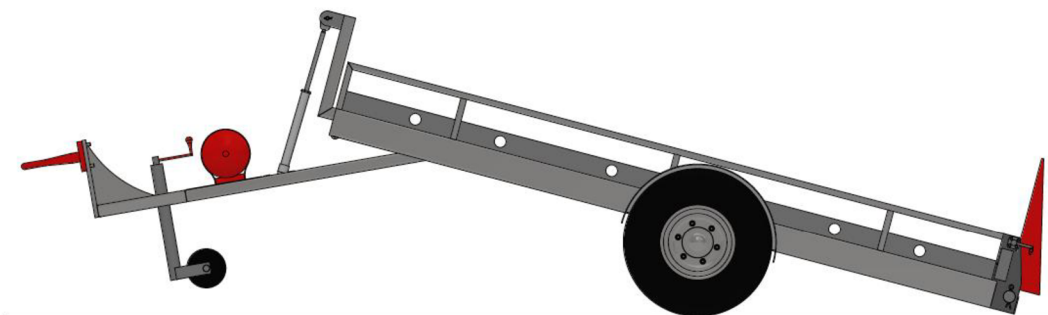
Není prováděno z důvodu, že čep není v tomto místě uložen.

Zvolený čep ISO 2341-B-30 x 100 vyhovuje kontrole na otláčení.

7.4 KONTROLA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

7.4.1 KONTROLA NA VZPĚR

Kontrola pístu je počítána v místě, kdy je píst nejvíce vysunutý. Tím na něj působí největší síla, ale zároveň je v takové poloze, kdy se rám ještě nedotýká země.



Obr. 51 Sklopení návěsu

Nejprve výpočet štíhlosti prutu, podle kterého se dále bude posuzovat, zda bude výpočet proveden podle Eulera nebo podle Tetmayera.

$$\lambda = \frac{4 \cdot l}{d_p} \quad (27)$$

Kde:

$l = 350$ [-] výsuv přímočarého hydromotoru

$d_p = 20$ [mm] průměr pístní tyče

$$\lambda = \frac{4 \cdot 350}{20}$$

$\lambda = 70$

Štíhlost prutu je $\lambda = 70$.

$$\lambda < \lambda_m \quad (28)$$

$$70 < 100$$

Kde:

$$\lambda_m = 100 \quad [-] \quad \text{hodnota štíhlosti prutu mezi pružným a nepružným vzpěrem [46]}$$

$$\lambda = 70 \quad [-] \quad \text{štíhlost prutu}$$

Jelikož se jedná o nepružný vzpěr z důvodu $\lambda < \lambda_m$ výpočet dále podle Tetmajerovy-Jasinské rovnice.

Výpočet kritické maximální síly, kterou píst unese:

$$\text{Pro stavební ocel} \quad A = 310, B = 1,14 [46]$$

$$\sigma_{kr} = A - B \cdot \lambda \quad (29)$$

Kde:

$$A = 310 \quad [-] \quad \text{Konstanta pro stavební ocel}$$

$$B = 1,14 \quad [-] \quad \text{Konstanta pro stavební ocel}$$

$$\lambda \quad [-] \quad \text{štíhlost prutu}$$

$$\sigma_{kr} = 310 - 1,14 \cdot 70$$

$$\sigma_{kr} = 230,2 \text{ MPa}$$

Kritické napětí z hlediska vzpěru je $\sigma_{kr} = 230,2 \text{ MPa}$.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (30)$$

Kde:

$$D = 20 \quad [\text{mm}] \quad \text{průměr pístní tyče}$$

$$S = \frac{\pi \cdot 20^2}{4}$$

$$S = 314,2 \text{ mm}^2$$

Obsah průřezu prutu (pístní tyče) je $S = 314,2 \text{ mm}^2$.

$$F_{kr} = S \cdot \sigma_{kr} \quad (31)$$

Kde:

$$S = 314,2 \quad [\text{mm}^2] \quad \text{obsah pístní tyče}$$

$$\sigma_{kr} = 230,2 \quad [\text{MPa}] \quad \text{kritické napětí z hlediska vzpěru}$$

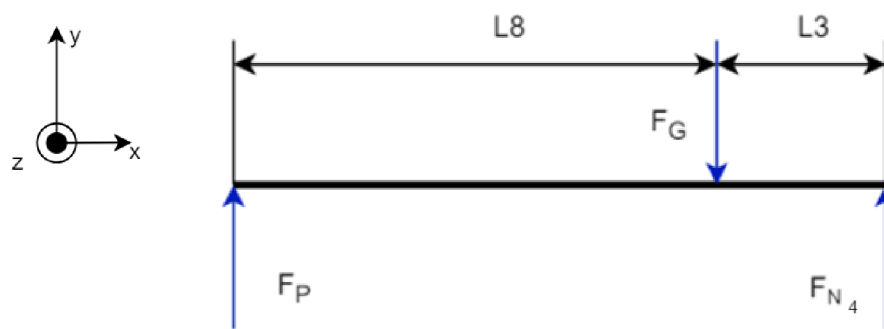
$$F_{kr} = 314,2 \cdot 230,2$$

$$F_{kr} = 72328,84 \text{ N}$$

Maximální kritická síla, kterou píst unese z hlediska vzpěru je $F_{kr} = 72328,84 \text{ N}$.

Výpočet síly působící na nápravu při začátku sklápění:

Je uvažován úhel sklopení $\alpha = 0^\circ$ a takový stav, kdy není hlavní rám opřen o tažný.



Obr. 52 Zatížení při začátku zvedání návěsu

Rovnice momentové rovnováhy:

$$\sum M_{z_{FP}} = 0; -F_G \cdot L8 + F_{N_4} \cdot (L8 + L3) = 0 \quad (32)$$

$$F_{N_4} = \frac{F_G \cdot L8}{L8 + L3} \quad [\text{N}]$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad [\text{N}] \quad \text{zatěžující síla}$$

$$L8 = 1920,807 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost přímočarého hydromotoru od těžiště}$$

$$L3 = 169,193 \quad [\text{mm}] \quad \text{vzdálenost nápravy od těžiště}$$

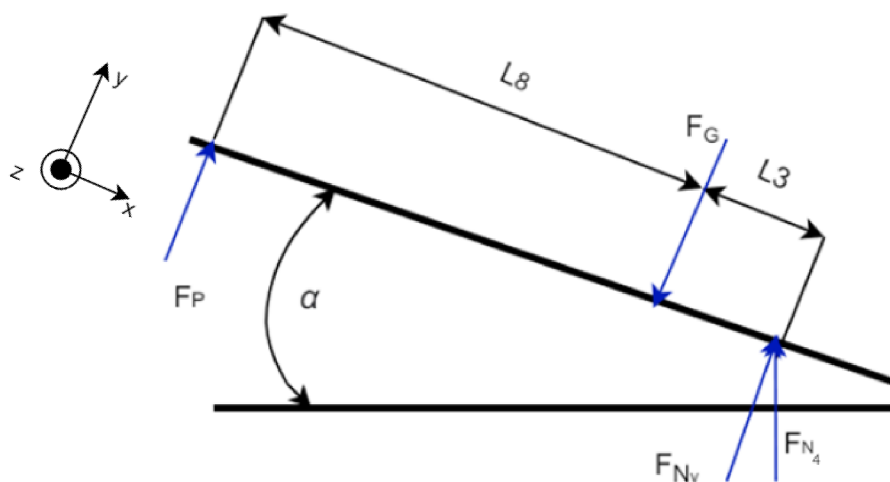
$$F_{N4} = \frac{49050 \cdot 1920,807}{1920,807 + 169,193}$$

$$F_{N4} = 45079,2 \text{ N}$$

Síla zatěžující nápravu je $F_{N4} = 45079,2 \text{ N}$.

Výpočet síly působící na píšť při maximálním sklopení:

Pomocí programu Autodesk Inventor byl naměřen v modelu návěsu maximální sklopný úhel $\alpha = 15^\circ$. Výpočet je proveden ve stavu, kdy se návěs ještě nedotýká země.



Obr. 53 Zatížení při sklopení návěsu

Přepočítání síly zatížení na nápravu do roviny y:

$$\cos(\alpha) = \frac{F_{N4}}{F_{Ny}} \quad (33)$$

Kde:

$F_{N4} = 45079,2$ [N] síla zatěžující na nápravu

$\alpha = 15$ [°] maximální sklopný úhel

$$F_{Ny} = \frac{45079,2}{\cos(15^\circ)}$$

$$F_{Ny} = 46669,2 \text{ N}$$

Síla zatěžující nápravu v ose y je $F_{Ny} = 46669,2 \text{ N}$.

Rovnice silové rovnováhy:

$$F_P = F_G - F_{Ny} \text{ [N]} \quad (34)$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad \text{[N]} \quad \text{zatěžující síla}$$

$$F_{Ny} = 46669,2 \quad \text{[N]} \quad \text{síla působící od nápravy v ose y}$$

$$F_P = 49050 - 46669,2$$

$$F_P = 2380,6 \text{ N}$$

Síla působící na píst při sklopení nápravy ($\alpha = 15^\circ$) je $F_P = 2380,6 \text{ N}$

$$F_P < F_{kr} \quad (35)$$

$$2380,6 \text{ N} < 72328,84 \text{ N}$$

Kde:

$$F_P = 2380,6 \quad \text{[N]} \quad \text{síla působící na píst při sklopení}$$

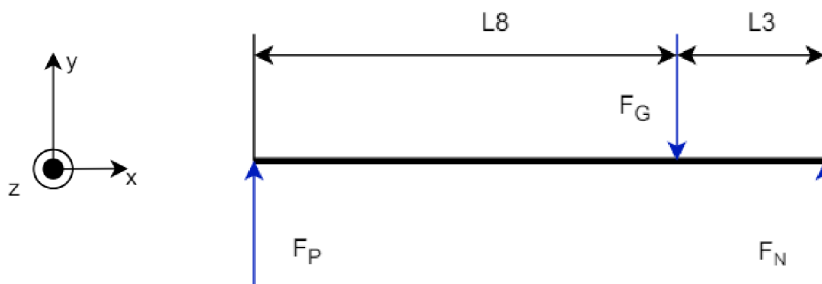
$$F_{kr} = 72328,84 \quad \text{[N]} \quad \text{kritická maximální síla}$$

Síla působící na přímočarý hydromotor při sklopení návěsu $\alpha = 15^\circ$ je menší než kritická maximální síla. Zvolený píst nedosahuje mezní hodnoty parametru pro vzpěrné namáhání a je zatížen pouze na tlak. Vyhovuje kontrole na vzpěr podle Tatejmera.

7.4.2 KONTROLA ZATÍŽENÍ HYDROMOTORU

Výpočet síly působící na přímočarý hydromotor při začátku sklápění:

Je uvažován úhel sklopení $\alpha = 0^\circ$ a takový stav, kdy není hlavní rám opřen o tažný.



Obr. 54 Zatížení při začátku zvedání návěsu

Rovnice silové rovnováhy:

$$F_P = F_G - F_{N4} \quad (36)$$

Kde:

$$F_G = 49050 \quad [\text{N}] \quad \text{zatěžující síla}$$

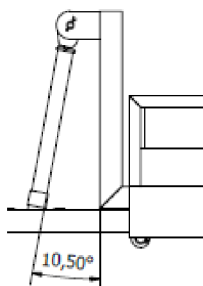
$$F_{N4} = 45079,2 \quad [\text{N}] \quad \text{síla zatěžující na nápravu (viz rovnice 32)}$$

$$F_P = 49050 - 45079,2$$

$$F_P = 3970,8 \text{ N}$$

Síla působící na přímočarý hydromotor při začátku sklápění je $F_P = 3970,8 \text{ N}$.

Přímocharý hydromotor je pod sklonem $\beta = 10,50^\circ$ (viz obr. 55), takže musí být síla $F_P = 3970,8 \text{ N}$ přepočtena do této roviny.



Obr. 55 Zobrazí úhlu uchycení přímočarého hydromotoru

$$\cos(\beta) = \frac{F_P}{F_V} \quad (37)$$

Kde:

$F_P = 3970,8$ [N] síla působící na přímočarý hydromotor při začátku sklápění

$\beta = 10,50$ [°] úhlu uchycení přímočarého hydromotoru

$$F_V = \frac{3970,8}{\cos(10,5^\circ)}$$

$$F_V = 4038,4 \text{ N}$$

Výsledná působící síla na hydromotor při začátku sklápění je $F_V = 4038,4 \text{ N}$.

Dle parametrů pístu (viz Tab. 5 kapitoly 6.7) má píst tlačnou sílu $F_{Tlačná} = 19306,08 \text{ N}$ a tažnou sílu $F_{Tažná} = 11762,19 \text{ N}$. Síla působící na píst při začátku zvedání je $F_V = 4038,4 \text{ N}$ a při sklopení $\alpha = 15^\circ$ je $F_P = 2380,6 \text{ N}$. To znamená, že píst má dostatečnou sílu ke sklopení plně naloženého návěsu, a i jeho brzdění při návratu do horizontální polohy.

Je uvažována větší zatěžující síla:

$$F_{Tažná} = 11762,19 \text{ N} > F_P = 4038,4 \text{ N} \quad (38)$$

$$F_{Tlačná} = 19306,08 \text{ N} > F_V = 4038,4 \text{ N} \quad (39)$$

Kde:

F_P [N] síla působící na přímočarý hydromotor při začátku sklápění

F_V [N] výsledná síla působící na přímočarý hydromotor při začátku sklápění

Zvolený píst Hydrolider CJ2F 32/20/350 U20 splňuje a vyhovuje konstrukčním parametrům pro zdvih a brzdění při sklápění plně naloženého návěsu.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá konstrukcí přepravního návěsu na stavební stroje za traktor, používaného zejména v zemědělském průmyslu. Konceptní návrh tohoto návěsu je konstruován tak, aby splňoval požadavky na přepravu těžké zemědělské a stavební techniky, legislativní předpisy, a především zadání bakalářské práce.

Úvodní část práce popisuje, co je to návěs a jaké jsou jeho rozdíly oproti přívěsu, z důvodu zaměňování těchto pojmů. Následuje rešerše obdobných typů návěsů pro přepravu stavebních strojů a uvedení možných konkrétních přepravovaných strojů. Práce pokračuje legislativou, kterou musejí splňovat přípojná vozidla. Samostatná kapitola je vyhrazena pro popis jednotlivých prvků návěsu s jejich možným konstrukčním řešením.

Následující část práce popisuje koncept samotného návěsu s podrobně popsányými konstrukčními prvky a jejich parametry.

Závěrem práce jsou analytické pevnostní výpočty. Prvně je vypočteno zatížení přenášené na samotnou nápravu, tažné oko i podpěrné kolo a zda tyto prvky vyhovují minimální nosnosti. Dále jsou kontrolovány čepy spojující rámy a čep zajišťující hlavní rám proti samostatnému sklopení. Čepy jsou počítány na stříh a otláčení. V závěru výpočtů je kontrolován hydraulický přímočarý motor na vzpěr a zda má dostatečnou sílu ke sklopení a brždění sklápění návěsu při plném naložení. Uvedené výpočty ověřili, že zvolené prvky návěsu jsou vyhovující.

Samostatná příloha obsahuje výkresovou dokumentaci k návěsu. Konkrétněji výkres sestavy, výkresy svařenců rámu a dílenské výkresy desky uchycení nápravy, bočnice nájezdu, a desky uchycení přímočarého hydromotoru k rámu.

Celkově tato práce poskytuje komplexní návrh přepravního návěsu, který odpovídá zadaným parametrům a splňuje vyhlášku pro přípojná vozidla. Tento návrh tak přispívá k inovaci a zlepšení technického zázemí v zemědělství. Konceptce návěsu byla vyvinuta s ohledem na potřeby menších agropodniků a soukromých zemědělských provozů, které často vyžadují flexibilní a spolehlivé přepravní řešení pro své stavební a zemědělské stroje. Pro další budoucí konstrukční práci na koncepci návěsu je možno provedení MKP výpočtů konstrukce, dynamických simulací, či výpočtů životnosti a spolehlivosti.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] Podval ZDT PU 3080. sbazar.cz. Online. ©1996–2024. Dostupné z: <https://www.sbazar.cz/matej.ram/detail/207164335-podval-zdt-pu-3080>. [cit. 18-11-2023]
- [2] Univerzální přepravníky. agrics.cz. Online. ©2021. Dostupné z: <https://www.agrics.cz/produkty/dopravni-a-aplikacni-technika/prepravniky/univerzalni-prepravniky>. [cit. 18-11-2023]
- [3] UNIA – Polskie maszyny rolnicze – PL6. uniamachines.com. Online. Dostupné z: <https://www.uniamachines.com/en/products/transport/109-pl6#equipment>. [cit. -18-11-2023]
- [4] Francini Portacingolati Idraulica Ruote singole esterne Frenatura meccanica. francinirimorchi.it. Online. Dostupné z: <https://www.francinirimorchi.it/c/portacingolati-idraulica-ruote-singole-esterne-frenatura-meccanica/22>. [cit. 18-11-2023]
- [5] NC Engineering Traktorový Návěs Podvalník NC1PNTZ 6 ELVA PROFI Online. ©2021. Dostupné z: https://www.elvaprofi.cz/zemedelska-technika/traktorove-navesy-podvalniky/nc-engineering_traktorovy-naves-podvalnik-nc1pntz-6.htm. [cit.20–11-2023]
- [6] Vyhláška o schvalování technické způsobilosti vozidel a technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích č. 153/2023 Sb. Online. © AION CS, s.r.o. 2010–2024. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2023-153>. [cit. 18–11-2023]
- [7] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/37/ES v roce 2003. Online. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/CS/TXT/?uri=LEGISSUM:124273>. [cit. 18–11-2023]
- [8] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 167/2013 o schvalování zemědělských a lesnických vozidel a dozoru nad trhem s těmito vozidly Online. © ESIPA s.r.o. 2002–2024. Dostupné z: <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32013R0167>. [cit. 18–11-2023]
- [9] Vyhláška o hmotnostech, rozměrech a spojitelnosti vozidel č. 209/2018 Sb. Online. 2018, 01.10. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-209>. [cit. 18–11-2023]
- [10] Návesy a ich využitie v praxi. Agroporadenstvo.sk. Online. 21.12.2017. Dostupné z: <https://agroporadenstvo.sk/stroje-zber-urody?article=1115>. [cit. 20–12-2023]
- [11] SYROVÝ, Otakar. Doprava v zemědělství. Praha: Profi Press, 2008. ISBN 978-80-86726–30-4.
- [12] Cisternové nástavby na podvozky. Agrostar.cz. Online. @2024. Dostupné z: <https://www.agrostar.cz/cisternove-nastavby-na-podvozky>. [cit. 20–12-2023]

- [13] Třístranné sklápěcí návěsy Rehos. Profistroje.cz. Online. © 2006–2024. Dostupné z: <https://www.profistroje.cz/prectete-si/tristranne-sklapecni-navesy-rehos.html>. [cit. 07.04.2024]
- [14] Pozinkovaný rám přívěsu 2,70x1,60 m s ojí – náhradní díl. Bazoš.cz Online. Dostupné z: <https://auto.bazos.cz/inzerat/181916660/pozinkovany-ram-privesu-270x160m-s-oji-nahradni-dil.php>. [cit. 07.04.2024]
- [15] PNEUMATIKY OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ A JEJICH ZNAČENÍ. auta5p.eu Online. Dostupné z: <https://auta5p.eu/informace/info/pneu.php>. [cit. 07.04.2024]
- [16] Drifit-AIR Tryckluftstank horizontál 270 l/11 bar. duab.se Online. © 1990-2024. Dostupné z: <https://duab.se/garage-verkstad/tryckluft/tryckluftstankar/drift-air-tryckluftstank-horisontal-270-l-11-bar>. [cit. 23.05.2024]
- [17] Špatná údržba a kompatibilita závěsů může vést k fatálním následkům. <https://www.agroportal24h.cz>. Online. 19. 2. 2018. Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/spatna-udrzba-a-kompatibilita-zavesu-muze-vest-k-fatalnim-nasledkum>. [cit. 10.04.2024]
- [18] Piton 320 mm Spit5320=HS1150-P. <https://www.t-agro.cz>. Online. Dostupné z: https://www.t-agro.cz/catalog_item/78632. [cit. 10.04.2024]
- [19] Kulový závěs Scharmüller s nosnou deskou. <https://www.kramp.com>. Online. @2008–2024. Dostupné z: <https://www.kramp.com/shop-cz/cs/vp/kulov%C3%BD-z%C3%A1v%C4%9Bs-scharm%C3%BCller-s-nosnou-deskou--ticItemGroup-47696138>. [cit. 10.04.2024]
- [20] ZÁVĚS K80 S PŘECHODOVOU DESKOU 310/30/22, PRO CASE IH, 74L045. www.prozem.cz. Online. Dostupné z: <https://www.prozem.cz/zaves-k80-s-prechodovou-deskou-310-30-22-pro-case-ih-74l045>. [cit. 10.04.2024]
- [21] Víceúčelová traktorová dopravní technika. <https://mechanizaceweb.cz>. Online. 22.03.2018. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/viceucelova-traktorova-dopravni-technika/>. [cit. 10.04.2024]
- [22] Sauermann automatický závěs do konzoly 390/32/25 pro traktory John Deere, New Holland, Case. <https://www.dilynatraktory.cz>. Online. Dostupné z: <https://www.dilynatraktory.cz/sauermann-zaves-do-konzoly-s-automatickou-hlavou-vhodny-pro-john-deere>. [cit. 10.04.2024]
- [23] TELESKOPIČKÁ NOHA S BOČNÍ KLIKOU 3000 KG. www.kardanka.cz. Online. Dostupné z: https://www.kardanka.cz/teleskopicka-noha-s-bocni-klikou-3000-kg-35607?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw8diwBhAbEiwA7i_sJThMgDUCU-xN-DM7QKeX-0F6dq1BOnltMHpJBzFGH_WP8KILOOQqhoC3IkQAvD_BwE. [cit. 10.04.2024]

- [24] PŘÍVĚS TITUS SKLOPNÝ N1, 750 KG. agados.cz. Online. Dostupné z: https://www.agados.cz/prives-titus-sklopny-n1-750-kg-8/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwT-OwBhBnEiwAgwzrUI47zJf7CKyWf-vwgSZ3P7Qfvs8NCEXOyryP2_xi4Ryqn-7Si9u3vRoCmOEQAvD_BwE. [cit. 17.04.2024]
- [25] Katalog náprav ADR_2024. admapravy.cz. Online. Dostupné z: https://www.adrnapravy.cz/files/files/katalog%20n%C3%A1prav%20ADR_%202024.pdf. [cit. 23.04.2024]
- [26] Disky. e-agropneu.cz. Online. Dostupné z: <https://www.e-agropneu.cz/disky/9-00x15-3-accuride-6161205-et-0-40003450-k46575.htm>. [cit. 23.04.2024]
- [27] Zemědělské pneumatiky Mitas. Prod.mitas-tires.com. Online. Dostupné z: <https://prod.mitas-tires.com/cs-cz/vyroby/zemedelske-a-lesnicke-pneumatiky/zemedelska-dopravni-technika/diagonalni-pneumatiky-pro-privesy/im-04>. [cit. 25.04.2024]
- [28] Kolečko opěrné AL-KO 60 200x50 300/500 kg. rajprivesu.cz. Online. Dostupné z: <https://www.rajprivesu.cz/Kolecko-operne-AL-KO-60-200x50-300-500-kg-d197.htm>. [cit. 25.04.2024]
- [29] Tažné oko s 6 otvorovou přírubou o průměru oka 40 mm. dilynatraktory.cz. Online. Dostupné z: https://dilynatraktory.cz/tazne-oko?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwoPOwBhAeEiwAJuXRh_vV_KQyK-TstoSbJeRFnbHbG0YJSSy2JGTob2UnRCUXHjMe1bdzxBoCrjUQAvD_BwE. [cit. 25.04.2024]
- [30] Žárovkové zadní svítilny. provleky.cz. Online. Dostupné z: <https://www.provleky.cz/katalog/de/beleuchtung-und-elektrik-fur-anhanger--agro--truck/ruckleuchten/ruckleuchten-gluhbirne/produkt/koncova-svitilna-martz-prava--zarovky>. [cit.10.05.2024]
- [31] Zákonná ustanovení podle předpisu EHK č. 48. stk-spara.cz. Online. Dostupné z: https://stk-spara.cz/repository/images/soubory/673_Legal_Requirements_Brochure_HELLA_CZ.pdf. [cit.10.05.2024]
- [32] Čepové a kolíkové spoje. mitcalc.com. Online. Dostupné z: <https://www.mitcalc.com/doc/pins/help/cz/pins.htm>. [cit.10.05.2024]
- [33] Kompaktní rypadla. bobcat.cz. Online. Dostupné z: <https://www.bobcat.cz/kompaktni-rypadla>. [cit. 10.05.2024]
- [34] E34. bobcat.cz. Online. Dostupné z: <https://www.bobcat.cz/kompaktni-rypadla/e34>. [cit. 10.05.2024]
- [35] Minidumper Yamaguchi. malostroje.cz. Online. Dostupné z: <https://www.malostroje.cz/minidumper-yamaguchi-wb12/>. [cit. 10.05.2024]

- [36] CT2540. bobcat.cz. Online. Dostupné z: <https://www.bobcat.cz/kompaktni-traktory/ct2540>. [cit. 10.05.2024]
- [37] Přehled vyráběných modelů smykem řízených nakladačů. casece.cz. Online. Dostupné z: https://www.casece.cz/produkty/smykem-rizene-nakladace?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw0YGyBhByEiwAQmBEWoIc7-3MgkSF5-Kskkkb67VX3i_K0irS2RTrtkNYdhVbDHPoQaENeBoCOyAQAvD_BwE. [cit. 10.05.2024]
- [38] CASE_NEW2_SSL-CTL_BSeries_GB_1. case.cz. Online. Dostupné z: https://www.casece.cz/getmedia/9072ef5d-390e-46c2-b9f3-567bafd0b143/CASE_NEW2_SSL-CTL_BSeries_GB_1.pdf.aspx?ext=.pdf. [cit. 10.05.2024]
- [39] Case SV185B Specifikace a Technické údaje (2020-2024). lectura-specs.cz. Online. Dostupné z: <https://www.lectura-specs.cz/cz/model/stavebni-stroje/smykem-rizene-nakladace-case/sv185b-11749442>. [cit. 10.05.2024]
- [40] TRAKTOROVÝ NÁVĚS BIG 9.7. wtc-pisecna.eu. Online. Dostupné z: <https://www.wtc-pisecna.eu/traktorovy-naves-big-9-7>. [cit. 12.05.2024]
- [41] TRAKTOROVÝ NÁVĚS BSS 14.10. wtc-pisecna.eu. Online. Dostupné z: <https://www.wtc-pisecna.eu/traktorovy-prives-bss-14-10>. [cit. 12.05.2024]
- [42] NÁPRAVA S BRZDOU 5000 KG. kardanka.cz. Online. Dostupné z: <https://www.kardanka.cz/naprava-s-brzdou-6000-kg-23375>. [cit. 12.05.2024]
- [43] Válec dvoučinný hydraulický válec délka: 536 mm zdvih: 350 mm CJ2F-32/20/350 U20S. hydrolider.cz. Online. Dostupné z: https://hydrolider.cz/cs_CZ/p/Valec-dvoucinny-hydraulicky-valec-delka-536-mm-zdvih-350-mm-CJ2F-3220350-U20S/22572. [cit. 12.05.2024]
- [44] ČSN EN 12640. Fixace nákladu na silničních vozidle-Vázací body na vozidlech pro přepravu zboží-Minimální požadavky na zkoušení. Duben 2002. Praha: Český normalizační institut, 2002
- [45] Brzdová soustava. rozdělení podle funkce (účelu) 1. Provozní 2. Nouzová 3.Parkovací 4. Odlehčovací (zpomalovací). docplayer.cz. Online. Dostupné z: <https://docplayer.cz/48019926-Brzdova-soustava-rozdeleni-podle-funkce-ucelu-1-provozni-2-nouzova-3-parkovaci-4-odlehcovaci-zpomalovaci.html>. [cit. 12.05.2024]
- [46] LEINVEBER, Jiří, VÁVRA, Pavel, 2017.Strojnické tabulky. Šesté vydání. Úvaly, Albra, ISBN 978-80-7361-111-8

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	[MPa]	konstanta pro stavební ocel
a_1	[mm]	šířka uložení čepu spojovací rámy
a_2	[mm]	šířka uložení zajišťovacího čepu
B	[MPa]	konstanta pro stavební ocel
b_1	[mm]	šířka uložení čepu spojovací rámy
d_1	[mm]	průměr čepu spojovací rámy
d_2	[mm]	průměr zajišťovacího čepu
d_p	[mm]	průměr pístní tyče
F_1	[N]	síla působící od rámu
F_2	[N]	síla působící načep od hlavního rámu
$F_{\check{C}}$	[N]	síla působící čep od tažného rámu
$F_{\check{C}1}$	[N]	zatěžující síla čepu spojovací rámy
F_G	[N]	zatěžující síla
F_{kr}	[N]	kritická maximální síla
F_N	[N]	síla zatěžující nápravu
F_{N1}	[N]	síla zatěžující nápravu
F_{N2}	[N]	síla zatěžující nápravu
F_{N3}	[N]	síla zatěžující nápravu
F_{N4}	[N]	síla zatěžující nápravu
F_{Ny}	[N]	síla působící od nápravy v ose y
F_O	[N]	síla působící na závěsné oko
F_P	[N]	síla působící na píst při sklopení
F_{PK}	[N]	vzdálenost podpěrného kola od těžiště
F_z	[N]	zatěžující síla zajišťovacího čepu

g	[m·s ⁻²]	gravitační zrychlení
l	[mm]	výsuv přímočarého hydromotoru
$L1$	[mm]	vzdálenost závěsného oka od těžiště
$L2$	[mm]	vzdálenost podpěrného kola od těžiště
$L3$	[mm]	vzdálenost nápravy od těžiště
$L5$	[mm]	vzdálenost tažného oka a působíště síly od rámu
$L6$	[mm]	vzdálenost působíště síly a čepu
$L7$	[mm]	síla působící od rámu
$L8$	[mm]	vzdálenost pístu od těžiště
m_n	[kg]	samotná hmotnost návěsu
m_{np1}	[kg]	hmotnost působící na nápravu
m_{np2}	[kg]	hmotnost působící na nápravu
m_o	[kg]	hmotnost působící na nápravu
m_p	[kg]	hmotnost předepsaná
m_{PK}	[kg]	hmotnost působící na podpěrné kolo
p_{A1}	[MPa]	tlak na otačení čepu v místě a pro čep spojovací
p_{A2}	[MPa]	tlak na otačení zajišťovacího čepu v místě a
p_{B1}	[MPa]	tlak na otačení čepu v místě b pro čep spojovací rámy
p_{DOV1}	[MPa]	maximální tlak na otačení pro čep spojovací rámy
p_{DOV2}	[MPa]	maximální tlak na otačení zajišťovacího čepu
$Re_{čepu1}$	[MPa]	mez kluzu čepu spojovací rámy
S	[mm ²]	obsah pístní tyče
α	[°]	maximální sklopný úhel
β	[°]	úhel uchycení pístu
λ	[-]	štíhlost prutu

λ_m	[-]	hodnota štíhlosti prutu mezi pružným a nepružným vzpěrem
σ_{kr}	[MPa]	kritické napětí z hlediska vzpěru
τ_{s1}	[MPa]	smykové napětí čepu spojující rámy
τ_{s2}	[MPa]	smykové napětí zajišťovacího čepu
τ_{sDOV1}	[MPa]	maximální dovolené napětí čepu spojující rámy
τ_{sDOV2}	[MPa]	maximální dovolené napětí zajišťovacího čepu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Tabulka srovnání parametrů obdobných typů návěsu	I
Příloha 2	Návěs z pohledu zepředu	II
Příloha 3	Návěs z pohledu zezadu	III
Příloha 4	Návěs při sklopení a otevření nájezdové rampy	IV

SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

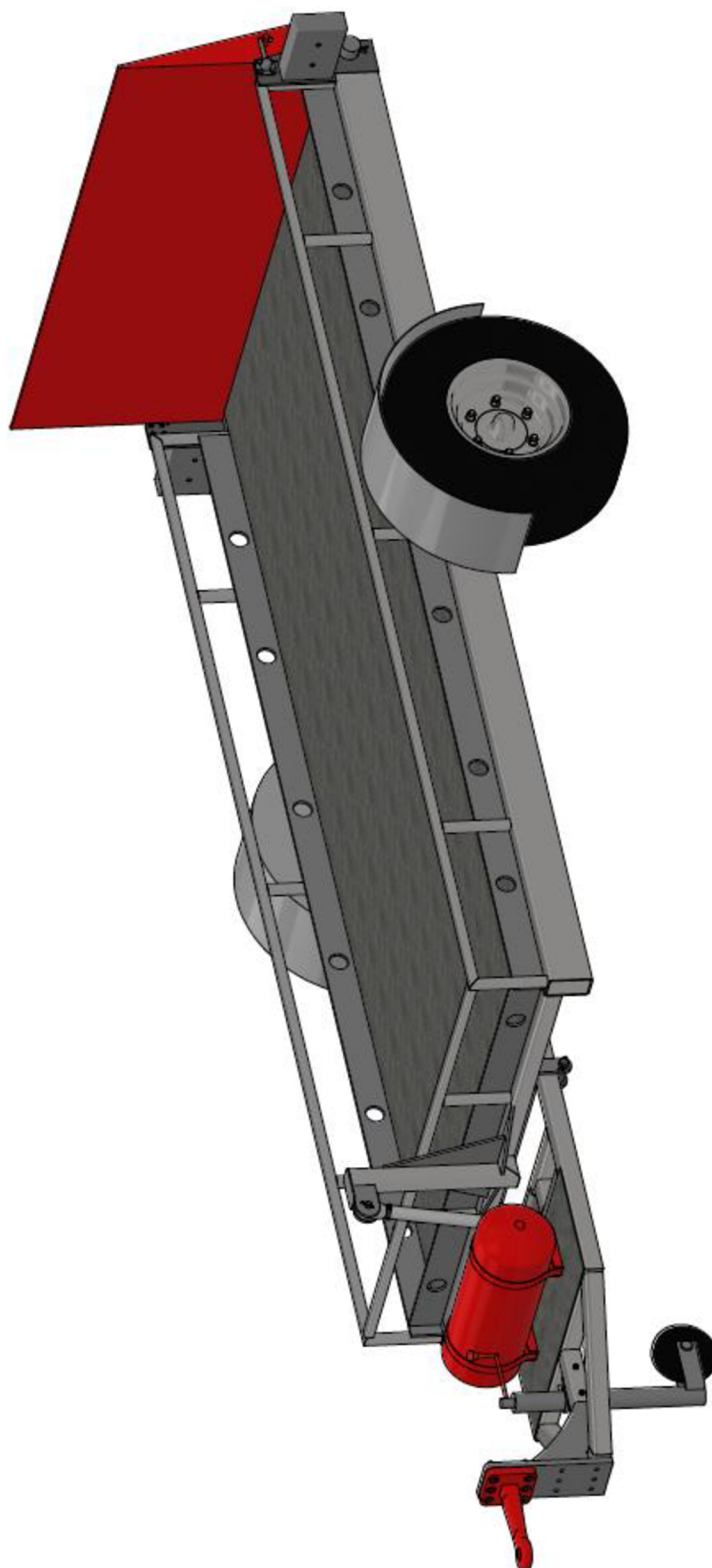
Výkres sestavy:	SESTAVA NÁVĚSU	1 – BP - 01	1 ks
Výkresy svařence:	HLAVNÍ RÁM	2 – BP – 01	1 ks
	TAŽNÝ RÁM	2 – BP - 02	1 ks
Výrobní výkresy:	UCHYCENÍ NÁPRAVY	3 – BP - 01	1 ks
	UCHYCENÍ HYDROMOTORU	3 – BP - 02	1 ks
	BOČNICE NÁJEZDU	3 – BP - 03	1 ks

Příloha 1 – Tabulka srovnání parametrů obdobných návěsů

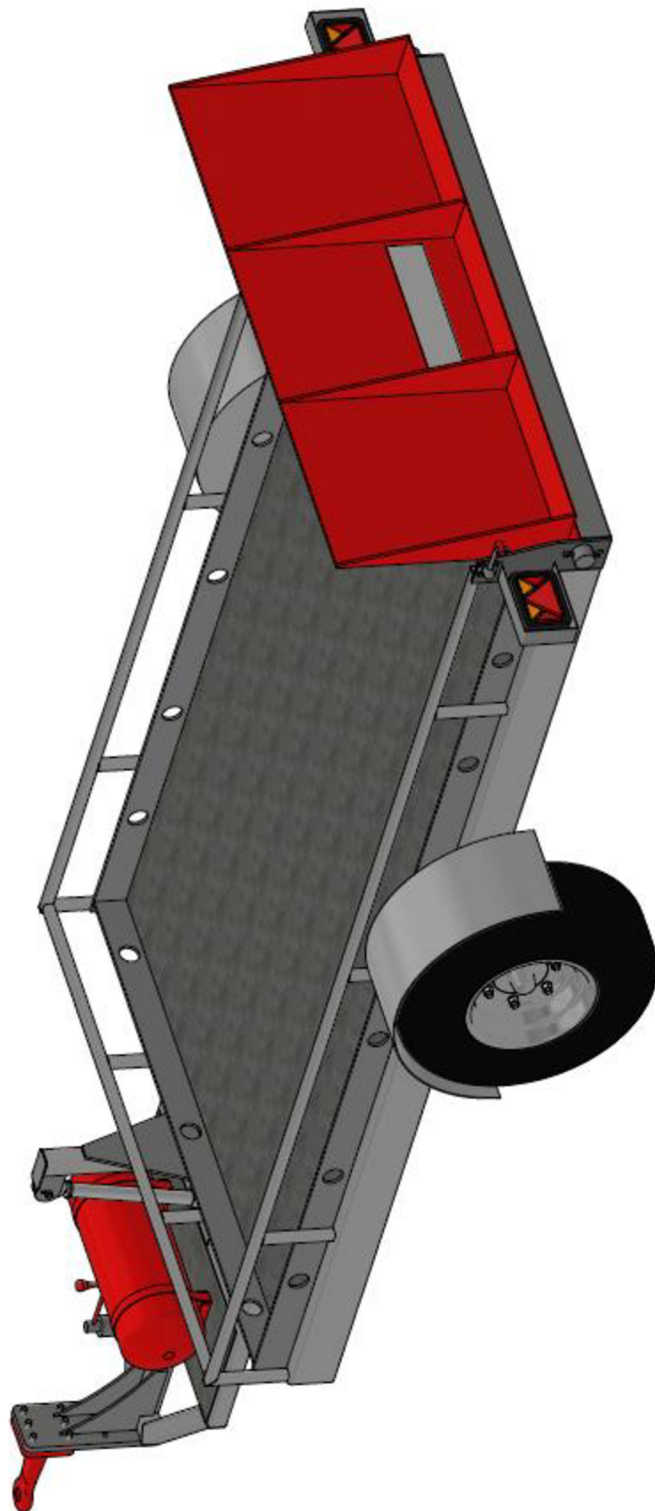
Tabulka srovnání obdobných typů návěsu [1] [2] [3] [4] [5]

Název návěsu	Nosnost [kg]	Celková hmotnost [kg]	Ložná plocha [mm]	Max. rychlost [km.h ⁻¹]	Brzdy	Nájezdová technologie	Typ rámu	Kola	Připojení
ZDT 3080	3000	4480	3000x1860	80	Vzduchové	Nájezdové rampy	Žebřinový	7,0-15	Oko 40/50
AGRI PU4040	3500	6000	6981x2550	40	Pneumatické	Nájezdové rampy	Žebřinový	10,0/75-15,3	Oko 40/50
PL 6	5500	7520	9000x2480	25	Vzduchové	Hydraulicky sklopný	Žebřinový	400/60-15,5	Přes nosník za závěs traktoru
FRANCINI F55	3800	4800	2700x1600	40	Nebržděný	Hydraulicky sklopný	Žebřinový/ trojúhelníkový	10,0/75-15,3	Oko 40/50
NC1PNTZ6	6000	8280	3962x2286	40	Vzduchové	Nájezdové rampy	Žebřinový	400-15,5	Oko 40/50 a K80

Příloha 2 – Návěs z pohledu zepředu



Příloha 3 –Návěs z pohledu zezadu



Příloha 4 – Návěs při sklopení a otevření nájezdové rampy

