

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA DOPRAVNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Bc. Jan Stanik

Univerzita Pardubice

Fakulta Dopravní

Zařízení pro tažení automobilových návěsů za zemědělskými stroji

Jan Stanik

Diplomová práce

2015

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Jan Stanik
Osobní číslo: D11899
Studijní program: N3708 Dopravní inženýrství a spoje
Studijní obor: Dopravní prostředky: Silniční vozidla
Název tématu: Zařízení pro tažení automobilových návěsů za zemědělskými stroji
Zadávací katedra: Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Zásady pro vypracování:

- 1) Úvod - podstata a význam zařízení, předpokládaný rozsah použití
- 2) Legislativa platná pro přívěsy
- 3) Ideové návrhy řešení přívěsů
- 4) Vlastní konstrukční návrh přívěsu
- 5) Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **25. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 15. 05. 2015

Jan Staník

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Ing. Ivo Šefčíkovi za cenné rady, odbornou pomoc a věcné připomínky k obsahové i formální stránce diplomové práce. Také za velkou trpělivost při realizaci této práce.

Děkuji majiteli dopravní firmy Semasped s.r.o. a autoopravny D + Š s.r.o., Martinu Sejkorovi, majiteli firmy KUTÍK STK s.r.o., panu Kutíkovi, prodejci zemědělských strojů firmě AGRAM.CZ s.r.o. a zemědělskému živnostníkovi Milanu Chovancovi, za poskytnuté materiály a spolupráci, při realizaci této diplomové práce.

V závěru chci vyjádřit poděkování své rodině za pomoc a pochopení během celého studia.

Anotace:

Uvedená diplomová práce je zaměřena na konstrukční návrh podvozku pro tažení automobilových návěsů za zemědělskými stroji. Cílem této práce je návrh konstrukce podvozku, který může být uveden do provozu na pozemních komunikacích. Tímto podvozkem se zlepší jak využitelnost těžkých traktorů, tak i celková produktivita v zemědělství.

Klíčová slova: návěs, legislativa, podvozek, konstrukce, zatížení, využitelnost.

Annotation:

This dissertation is focused on engineering design of chassis for trailers hauled by agricultural machinery. The aim of this thesis is to design a construction of chassis, which can be put into operation on the road communications. This chassis improves not only utilization of heavy tractors but also overall productivity in agriculture

Key words: trailer, legislation, chassis, construction, axle load, utilization.

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Legislativa platná pro přívěsy a tažná vozidla.....	10
2.1	Největší povolené hmotnosti na nápravu vozidla	11
2.2	Největší povolená hmotnost silničních vozidel.....	13
2.3	Největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav	13
3.	Ideové návrhy řešení přívěsů	15
3.1	Jednoosý přívěs	15
3.2	Dvouosý přívěs s pevným oje	15
3.3	Dvouosý přívěs s „V“ oje.....	16
3.4	Tříosý přívěs s „V“ oje.....	16
3.5	Přívěsy uvedené do provozu	17
4.	Vlastní konstrukční návrh přívěsu	18
4.1	Návrh rámu.....	18
4.1.1	Materiál	18
4.1.2	Konstrukce	20
4.1.3	Výpočet pevnosti svarových spojů	24
4.1.4	Simulace namáhání	26
4.2	Nápravy, brzdový systém.....	27
4.2.1	Náprava	28
4.2.2	„V“ Oje	29
4.2.3	Brzdový systém.....	30
4.3	Točna, výpočet šroubového spoje mezi deskou točny a rámem podvozku	33
4.3.1	Točna.....	33
4.3.2	Výpočet šroubového spoje mezi deskou točny a rámem podvozku	35
4.4	Doplňkové vybavení přívěsu.....	41

4.4.1	Vybavení pro homologaci	41
4.4.2	Doplňující vybavení	43
5.	Závěr	44
6.	Seznam příloh	45
7.	Seznam výkresové dokumentace	45
8.	Použitá literatura	52

Seznam obrázků a tabulek

Obr 1. Sklopný návěs [16]	9
Obr 2. Oje [9]	16
Obr 4. Jednonápravový přívěs Dolly [15]	17
Obr 3. Dvounápravový přívěs Dolly [15]	17
Obr 5. Model rámu podvozku	20
Obr 6. Pohled na rám ze spodní strany	21
Obr 7. Detail prvku pro uchycení nápravy	22
Obr 8. Detail zadní části rámu	22
Obr 9. Přední část rámu	23
Obr 10. Detail uložení oje	23
Obr 11. Namáhání příčnicku silou F	24
Obr 12. Namáhání koutového svaru pro příčník [13]	24
Obr 13. Průběh $T(x)$	24
Obr 14. Průběh M_0	24
Obr 15. Průřez příčnicku	25
Obr 16. Smykové napětí	25
Obr 17. Detail svaru	25
Obr 18. Zatížení rámu silou $F = 170 \text{ kN}$	26
Obr 19. Kompletní podvozková skupina [16]	27
Obr 20. Náprava - boční pohled [2]	28
Obr 21. Náprava - boční pohled [2]	28
Obr 22. Pneumatika 445/65 R 22,5 [9]	29
Obr 23. Pneumatika 425/65 R 22,5 [9]	29
Obr 24. Tažné oko [18]	29
Obr 25. Oj firmy BPW [18]	30

Obr 26. Brzdová řídicí jednotka s ventily [3]	31
Obr 27. Detail zapojení žlutého a červeného vzduchového kohoutu [17]	32
Obr 28. Upevnění točny [10]	33
Obr 29. Točna JOST [10].....	33
Obr 30. Minimální úhly naklápění návěsu [7]	34
Obr 31. Výměnný mechanismus točny [10]	34
Obr 32. Schéma královského čepu [8]	35
Obr 34. Silové namáhání točny	35
Obr 33. Schéma výpočtu spoje	35
Obr 35. Upevnění desky na rám [8]	39
Obr 36 Navaření opěrných bodů [11]	40
Obr 37. Sedmipólová zásuvka [17].....	41
Obr 38. Detail zásuvek pro připojení elektroinstalace na automobilovém návěsu [17]	42
Tabulka 1- Chemické složení dutých profilů z nelegované oceli [5]	18
Tabulka 2- Maximální hodnota uhlíkového ekvivalentu pro nelegované oceli [5]	19
Tabulka 3- Mechanické vlastnosti dutých profilů z nelegované oceli [5]	19

Seznam použitých zkratek a symbolů

ABS	Antiblokovací systém
BPW	Firma Bergische Patentachsenfabrik
ČSN EN	Česká státní norma sladěná s Evropskou unií
EHK	Evropská hospodářská komise
ISO	Mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem
JOST	JOST Werke, firma vyrábějící spojovací zařízení
WABCO	Výrobce brzdných systémů pro nákladní techniku
B	[mm] Šířka oje
d	[mm] Vnitřní průměr čepu
e	[mm] Délka ramena, na který působí síla
F	[N] Zatěžující síla
σ_{DOV}	[MPa] Dovolené napětí ve smyku
l	[mm] Délka sváru
L	[mm] Délka oje
M	[kg] tíha
M_0	[Nm] Ohybový moment
R_e	[MPa] Mez kluzu
τ_{DOV}	[MPa] Smykové napětí
v	[m·s ⁻²] Rychlost
W_0	[mm ³] Modul průřezu v ohybu

1. Úvod

V nákladní kamionové dopravě jsou používány pro přepravu zboží či různých materiálů návěsy různých typů. Návěsy disponují velkou ložnou plochou a velmi dobrou užitečnou hmotností. V kamionové dopravě jsou převážně taženy tahačem. Novodobé tahače jsou uzpůsobeny především pro jízdu po zpevněných pozemních komunikacích.

Tento navrhovaný přívěs by měl rozšířit možnosti využití určitých typů návěsů, a to v zemědělství. Bude vybaven stejným spojovacím zařízením pro návěsy jako tahač, ale tažen bude za zemědělskými stroji. Tím budou odbourána omezení použití jen na zpevněných komunikacích, a návěsy bude možné používat i na zemědělských pozemcích. Tímto spojením by měla být docílena větší využitelnost návěsů, zemědělských strojů a také zvýšení produktivity práce.

Předpokládaný rozsah použití bude záležet na zvoleném typu návěsu. Tím rozumíme, že podle typu přepravované suroviny bude zvolen vhodný typ návěsu. Například pro odvoz siláže použijeme návěs typu walking floor (tzv. návěs s pohyblivou podlahou) a pro odvoz obilovin použijeme sklápěcí návěs.



Obr 1. Sklopný návěs [16]

2. Legislativa platná pro přívěsy a tažná vozidla

Legislativu upravuje zákon č. 56/2001 Sb. vyhláškou č. 341/ 2002 Sb. o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Definice hmotnosti a názvosloví podle vyhlášky

- *největší povolená hmotnost* - největší hmotnost, se kterou smí být vozidlo užíváno v provozu na pozemních komunikacích
- *největší technicky přípustná hmotnost na nápravu* - hmotnost odpovídající největšímu technicky přípustnému statickému svislému zatížení, kterým působí náprava vozidla na povrch vozovky
- *největší technicky přípustná hmotnost vozidla* - největší hmotnost vozidla daná jeho konstrukcí a hmotností nákladu podle údajů výrobce vozidla
- *největší technicky přípustná hmotnost naložené jízdní soupravy* - maximální hodnota součtu hmotnosti naloženého motorového vozidla a naloženého taženého přípojného vozidla daná konstrukcí motorového vozidla nebo hodnota stanovená výrobcem
- *okamžitá hmotnost vozidla nebo jízdní soupravy* – aktuální hmotnost v určitém okamžiku při jejich provozu na pozemních komunikacích
- *provozní hmotnost vozidla* - hmotnost nenaloženého vozidla s karoserií a se spojovacím zařízením (jen u tažných vozidel) v pohotovostním stavu nebo hmotnost podvozku s kabinou pokud výrobce nemontuje karoserii nebo spojovací zařízení
- *pohotovostní hmotnost* - vozidlo v pohotovostním stavu je vozidlo s náplní chladící kapaliny, oleje, 90 % paliva, 100 % ostatních náplní, nářadí, náhradního kola a řidiče (75 kg); u vozidel kategorie L se hmotnost řidiče nepřičítá

- *jízdní souprava* – název pro spojení motorového vozidla (tažného vozidla) s jedním přípojným vozidlem nebo s více přípojnými vozidly (tahač návěsu + návěs)
- *kategorizace vozidel* – kategorizace vozidel vychází z doporučení EHK OSN. V souladu s tímto doporučením jsou vozidla dle vyhlášky č. 102/ 1995 Sb. § 2 rozdělena do šesti základních kategorií (L, M, N, T, O, R). Toto dělení uvažuje i platná vyhláška č. 341/ 2002 Sb. [4]
Kategorie O označuje přípojná vozidla, která se dále dělí na:

- a) O1 – s jednou nápravou, jejichž celková hmotnost nepřevyšuje 0,75 t
- b) O2 – jejichž celková hmotnost nepřevyšuje 3,5 t, pokud nepatří do kategorie O1
- c) O3 – jejichž celková hmotnost převyšuje 3,5 t, avšak nepřevyšuje 10 t
- d) O4 – jejichž celková hmotnost převyšuje 10 t

- *návěs* - přípojně nemotorové vozidlo, u kterého je velká část celkové hmotnosti přenášena na tahač návěsů. Z vyhlášky č. 102/ 1995 Sb. také vyplývá, že návěsem se rozumí tažené vozidlo, jehož náprava nebo nápravy jsou umístěny za těžištěm vozidla. Návěs je vybaven spojovacím zařízením, které umožňuje přenášet vodorovné a svislé síly na tažené vozidlo.
- *přípojně vozidlo* – přípojnými vozidly souhrnně označujeme přívěsy a návěsy. Přípojná vozidla jsou dle vyhlášky zařazena do kategorie O. Používají se pro přepravu věcí, případně osob. Nemají vlastní zdroj pohonu a zpravidla nemají hnací nápravy. Jsou určena k tažení motorovým vozidlem nebo tahačem, případně traktorem.
- *tahač návěsů* - motorové vozidlo kategorie N určené k tažení návěsů. Sedlový tahač návěsů je uzpůsoben k tažení pomocí točnice (sedlová točna), umístěná nad zadní nápravou (nápravami), do které se připojuje návěsový (královský) čep návěsu. [4]

2.1 Největší povolené hmotnosti na nápravu vozidla

- a) u jednotlivé nápravy: 10,00t
- b) u jednotlivé hnací nápravy: 11,50t
- c) u dvounápravy motorových vozidel součet zatížení obou náprav dvounápravy nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru
 1. do 1,0 m: 11,50t
 2. od 1,0 m a méně než 1,3 m: 6,00t
 3. od 1,3 m a méně než 1,8 m: 18,00t

4. od 1,3 m a méně než 1,8 m, je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním nebo pérováním uznaným za rovnocenné nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,50t: 9,00t,

d) u dvounápravy přípojných vozidel součet zatížení obou náprav dvounápravy nesmí překročit při jejím dílčím rozvoru

1. do 1,0 m: 11,00t

2. od 1,0 m a méně než 1,3 m: 16,00t

3. od 1,3 m a méně než 1,8 m: 18,00t

4. 1,8 m nebo více: 20,00t

e) u tří nápravových přípojných vozidel součet zatížení tří náprav nesmí překročit při jejich dílčím rozvoru jednotlivých náprav

1. do 1,3 m včetně: 21,00t

2. nad 1,3 m do 1,4 m včetně: 24,00t

Dvounápravou se rozumí dvě za sebou umístěné nápravy, jejichž středy jsou při přípustné hmotnosti od sebe vzdáleny (dílčí rozvor) nejvýše 1,8 m.

Trojnápravou se rozumí tři za sebou umístěné nápravy, jejichž součet dílčích rozvorů činí nejvýše 2,8 m. [4]

2.2 Největší povolená hmotnost silničních vozidel

a) u motorových vozidel se dvěma nápravami: 18,00t

b) u motorových vozidel se třemi nápravami: 25,00t

je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik a vzduchovým pérováním nebo pérováním uznaným za rovnocenné, nebo pokud je každá hnací náprava opatřena dvojitou montáží pneumatik a maximální zatížení na nápravu nepřekročí 9,50t: 26,00t, [4]

c) u motorových vozidel se čtyřmi a více nápravami: 32,00t

d) u přívěsů se dvěma nápravami: 18,00t

e) u přívěsů se třemi nápravami: 24,00t

f) u přívěsů se čtyřmi a více nápravami: 32,00t

g) u jízdních souprav: 48,00t

h) u pásových vozidel: 18,00t

2.3 Největší povolené rozměry vozidel a jízdních souprav

Největší povolené rozměry (bez plusové tolerance) vozidel a jízdních souprav včetně nákladu

a) největší povolená šířka

1. vozidel kategorie M1: 2,50 m

2. vozidel kategorií M2, M3, N, O, OT, T: 2,55 m

3. ostatních vozidel kategorie L: 2,00 m

4. samojízdných a přípojných pracovních strojů a nesených pracovních strojů
v soupravě s nosičem: 3,00 m

b) největší povolená výška

1. vozidel M1, M2, M3, N, O, T: 4,00 m
2. vozidel kategorie L: 2,50 m
3. vozidel kategorií N3, O4, určených pro přepravu vozidel: 4,20 m

c) největší povolená délka

1. jednotlivého vozidla s výjimkou autobusu a návěsu: 12,00 m
2. přípojného vozidla kategorie O1 nebo O2 vybaveného spojovacím zařízením třídy B50-X (pro kouli ISO 50): 8,00 m
3. soupravy tahače s návěsem: 16,50 m
4. soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem: 18,75 m
5. soupravy motorového vozidla s jedním přívěsem kategorie O4 určeným pro přepravu vozidel: 20,75 m
6. soupravy traktoru s jedním přívěsem (návěsem): 18,00 m
7. soupravy traktoru s přípojným pracovním strojem: 18,00 m
8. soupravy samojízdného stroje s podvozkem pro přepravu pracovního zařízení stroje: 20,00 m,
9. soupravy se dvěma přívěsy nebo s návěsem a jedním přívěsem: 22,00 m

Do celkové délky vozidla (jízdní soupravy) se nepočítá délka nakládacího satelitního vozíku, který je v přepravní poloze namontován vzadu na vozidle, pokud nepřesahuje vozidlo o více než 1,20 m [4]

3. Ideové návrhy řešení přívěsů

Konstrukční návrhy přívěsu pro tažení automobilových návěsů za zemědělskými stroji mohou mít mnoho variant a kombinací. Záleží k jakým účelům a prostředí bude přívěs používán. Jedná se především o jeho zatěžování (max. přípustná hmotnost na nápravu), tažené typy návěsů a v neposlední řadě možnost zapojení za zemědělskými stroji. Návrhy přívěsu také můžeme rozdělit podle toho, zda budou brzděné či nebrzděné. Zda budou použity bubnové nebo kotoučové brzdy s použitím asistenčních systémů. Pro další rozdělení můžeme použít odpružení přívěsu.

3.1 Jednoosý přívěs

Tento přívěs je specifický použitím pouze jedné nápravy uchycené do tuhého rámu podvozku. Odpružení může být provedeno pomocí vzduchových měchů, listových per nebo pouze pomocí pryžových elementů. Oj je pevně spojené s rámem nebo je přímo jeho součástí. Zapojení je provedeno do spodního závěsu zemědělským strojí. Přívěs může být navržen ve variantě brzděné a nebrzděné.

Výhody: nízká hmotnost, jednoduchá manipulace, nízké náklady na údržbu

Nevýhody: relativně nízké užitečné zatížení z důvodu omezení nepřekročení maximální hmotnosti na jednu nápravu, při zatížení špatná průchodnost blátivým terénem, nelze použít posuvnou točnu a „V“ oj.

3.2 Dvouosý přívěs s pevnou ojí

U tohoto typu přívěsu je navržen opět tuhý žebřinový rám s pevným uchycením oje. Jsou zde použity dvě nápravy s vzduchových pérováním, nebo s listovými pery. Zapojení je provedeno do spodního závěsu zemědělských strojů. Přívěs může být ve variantě nebrzděné nebo brzděné za použití asistenčních systémů ABS, EDS.

Výhody: lepší rozložení zatížení na obě nápravy a větší maximální hmotnost oproti jednoosému přívěsu, dobrá průchodnost blátivým terénem, možnost použití posuvné točny.

Nevýhody: vyšší provozní hmotnost, větší náklady na údržbu (měchy, 4 ks pneumatik), oproti jednoosému nízká manipulace.

3.3 Dvouosý přívěs s „V“ ojí

Tento přívěs je stejné konstrukce jako dvouosý přívěs s pevnou ojí, s tím rozdílem, že pevná oje je zaměněná za „V“ oj upevněnou k přívěsu pomocí čepů. Jsou zde použity dvě nápravy, které jsou odpruženy pomocí vzduchového pérování nebo s listovými pery. Tento přívěs je zapojován do horního závěsu zemědělských strojů. Přívěs by byl navržen z hlediska bezpečnosti jako brzděný s použitím asistenčních systémů.

Výhody: dobrá průchodnost blátivým terénem, možnost použití posuvné točny, větší užitečná nosnost oproti jednoosému přívěsu, možnost zapojení za jakýkoliv stroj či nákladní automobil, který má horní závěs.

Nevýhody: větší nároky na tažnou sílu zapojeného stroje, větší náklady na údržbu (měchy, pneumatiky, mazání a kontrola čepů oje).

3.4 Tříosý přívěs s „V“ oje

U tohoto přívěsu je použit třínápravový systém, kde přední náprava je uložena na točnici. Přívěs by byl navržen jako brzděný, s posuvnou točnicí a se vzduchovým systémem pérování.

Výhody: velká užitečná hmotnost, dobrá průchodnost blátivým terénem i při velkém zatížení.

Nevýhody: složitá konstrukce, velká hmotnost, špatná manipulovatelnost (především velké rozměry), velké náklady na údržbu, nutnost velké tažné síly.



Obr 2. Oje [9]

3.5 Přívěsy uvedené do provozu

Některé typy těchto přívěsů jsou již vyráběny a uvedeny do provozu. Vyrábějí se ve variantách jednonápravových či dvounápravových. Avšak oba tyto typy přívěsů používají k připojení k tažnému vozidlu (traktoru) pevnou oj. Ta je zpravidla připojováno do spodního závěsu (agrozávěs). Jejich výhodou je, že při zapojení do spodního závěsu traktoru je částečně zatížena zadní náprava tažného vozidla a tím zvýšena jeho trakce. Nevýhoda těchto přívěsů spočívá v tom, že mohou být zapojeny pouze za tažná vozidla, která mají spodní závěs a jsou konstruována pouze do maximální rychlosti 60 km/h. U navrhovaného přívěsu s „V“ ojí není sice zatížena zadní náprava tažného vozidla, za to však může být zapojen za jakékoliv vozidlo vybaveno horním závěsem splňující podmínky pro připojení pneumatického okruhu a elektroinstalace. To znamená, že může být zapojen jak za traktor, tak za nákladní vozidlo vybavené závěsem (např. Tatra 815). Maximální konstrukční rychlost je stanovena na 80 km/h, ale omezena dle platné legislativy a dle maximální konstrukční rychlosti tažného vozidla, např. běžný moderní traktor má maximální konstrukční rychlost omezenou na 40 km/h (pokud není vybaven systémem ABS).

Výrobou uvedených přívěsů se zabývá především firma Krampe a Vielton. Firma Krampe tento přívěs vyrábí pod názvem Dolly a je vyráběn v jednonápravové nebo dvounápravové variantě. Jednonápravová varianta je konstruována na zatížení 11t a dvounápravová na 16t. Na obou přívěsech jsou požitý nápravy BPW a jsou vybaveny systémem ABS. [15]



Obr 4. Dvounápravový přívěs Dolly [15]



Obr 3. Jednonápravový přívěs Dolly [15]

4. Vlastní konstrukční návrh přívěsu

Pro vlastní návrh přívěsu byl zvolen dvouosý přívěs s „V“ ojí, která bude připevněna k podvozku pomocí dvou čepů. Přívěs bude osazen nápravami od známého výrobce BPW a brzdovým systémem od firmy Wabco. Rozložení zatížení bude rovnoměrné na obě nápravy, vzhledem k umístění točny mezi nápravy.

Výhoda tohoto přívěsu spočívá v jeho možnosti zapojení za zemědělskými stroji. Použitím „V“ oje, není omezeno zapojení přívěsu pouze za zemědělské stroje vybavené spodním závěsem. Přívěs je navržen pro zapojení do horního závěsu. Tím je možné zapojení i za lehký zemědělský traktor či nákladní automobil se závěsem.

4.1 Návrh rámu

Pro vlastní konstrukci podvozku byl vybrán žebřinový rám skládající se ze dvou podélníků a šesti příčníků. Podélníky a příčníky pod deskou točny jsou vytvořeny z dutých profilů. Krajiní příčníky společně s dvěma žebry, tvořící výztuhy jsou vytvořené z U profilu.

4.1.1 Materiál

Materiál profilů byl zvolen podle normy ČSN EN 10210-1. Norma stanovuje technické dodací podmínky pro duté profily vyrobené za tepla kruhového, čtvercového nebo obdélníkového průřezu, s následným tepelným zpracováním, případně bez tepelného zpracování. Tato norma platí též pro duté profily tvářené za studena s následným tepelným zpracováním pro dosažení stavu, který je rovnocenný stavu po tváření za tepla.

Materiál oceli: S355J2H, číselné označení 1.0576 [11]

Tabulka 1- Chemické složení dutých profilů z nelegované oceli [5]

Označení oceli		Způsob desoxidace ¹⁾	Klasifikace ²⁾	Hmotnostní podíl v % max.						
Značka	Číselné označení			C pro jmen. tloušťku mm		Si	Mn	P	S	N _{3,4)}
				≤ 40	> 40 ≤ 65					
S355J2H	1.0576	FF	QS	0,22	0,22	0,55	1,60	0,035	0,035	-

Tabulka 2- Maximální hodnota uhlíkového ekvivalentu pro nelegované oceli [5]

Označení oceli				
Značka	Číselné označení	Maximální hodnoty CEV v % pro jmenovité tloušťky v mm		
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 65
S355J2H	1.0576	0,45	0,47	0,50

Tabulka 3- Mechanické vlastnosti dutých profilů z nelegované oceli [5]

Označení oceli		Minimální mez kluzu R_{eH} MPa			Pevnost v tahu R_m MPa		Minimální tažnost % $L_o = 5,65\sqrt{S_o}$				Nárazová práce	
							Podélně		Příčně		Tep- lota °C	Střed- ní hodnota KV (J) min. ²⁾
Značka	Číselné označení	≤ 16 >16	≤40 >40	≤65	< 3	≥3≤65	Jmenovitá tloušťka v mm					
S355J2H	1.0576	355	345	335	510-680	490-630	22	21	20	19	-20	27

Technologické vlastnosti: Oceli uvedené v této normě musí být vhodné pro svařování všemi odpovídajícími svařovacími postupy. S rostoucí tloušťkou výrobku, stoupající hodnotou pevnosti v tahu a stoupající hodnotou uhlíkového ekvivalentu se zvyšuje nebezpečí výskytu trhlin za studena v oblasti svaru. Příčinou může být kombinace následujících vlivů:

- množství vodíku, schopného difundovat do svarového kovu;
- křehká struktura v tepelně ovlivněné oblasti;
- vysoká koncentrace tahového napětí ve svarovém spoji.

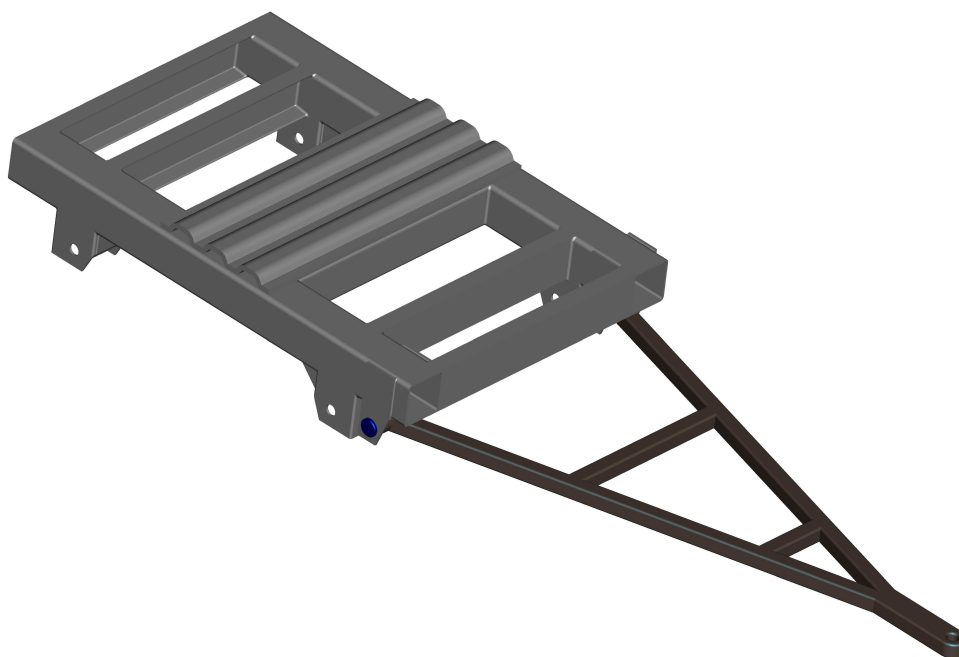
Stav povrchu: Duté profily musí mít hladký povrch odpovídající způsobu výroby; malé vyvýšeniny, prohlubeniny nebo mělké podélné rýhy jsou dovoleny za předpokladu, že zbývající tloušťka je v rozmezí mezních úchylek. Nepravidelnosti povrchu mohou být výrobcem odstraněny broušením. Tloušťka stěny však nesmí podkročit minimálně dovolenou tloušťku stěny danou mezními úchylkami (viz rozměrovou normu EN 10219-2). [11]

4.1.2 Konstrukce

Žebřinový rám je tvořen pomocí podélníků a příčníků, které jsou k sobě svařeny. Jednotlivé části rámu jsou vyrobeny z oceli S355J2H, tento materiál zaručuje plnou svařitelnost. Na podélnících je navařeno uchycení náprav a v přední části rámu uchycení oje. Oj bude spojena s rámem pomocí čepového spoje.

Točna včetně montážní desky bude umístěna na vlnitý plech o rozměrech 1500 x 600 x 50 mm a tloušťce materiálu 22 mm. Vlnitý plech bude navařen na podélníky a podepřen dvěma příčnými. Montážní deska bude přimontována pomocí osmi pevnostních šroubů M18 8.8 a proti posunu zajištěna návarky.

V zadní části navrhovaného rámu spojuje podélníky příčník o profilu U. Tento příčník plní nejen funkci nosnou, ale také slouží pro dodatečné namontování ochranného zařízení. Ochranným zařízením musí být přívěs kategorie O₄ vybaven. Ochrana převážně při srážce zezadu vozidla M₁ a N₁. Zadní ochranné zařízení musí splňovat technický předpis EHK č. 58 70/221/EHS.



Obr 5. Model rámu podvozku

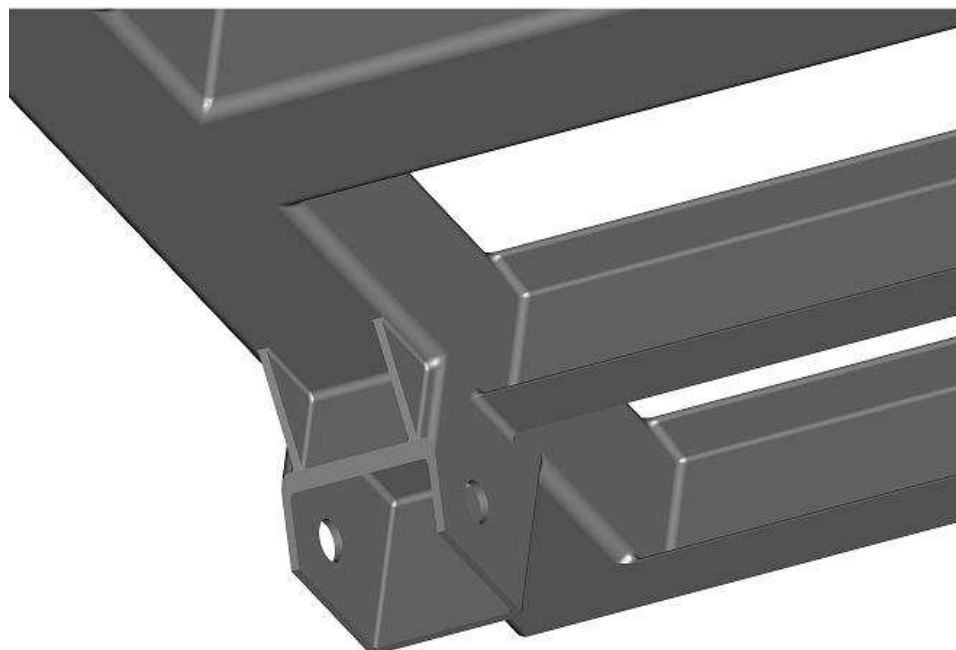
Konstrukční prvky:

- Podélník: vyrobeno z nelegované oceli (viz. Strana 16), bezešvé, čtvercový profil 200 x 200 mm, tloušťka stěny 10 mm
- Podpěrný příčník: plní funkci výztuhy rámu a podpěry točny, vyroben ze stejného materiálu a se stejnými rozměry jako podélník
- Příčník krajní: vyroben z nelegované oceli, profil U 200

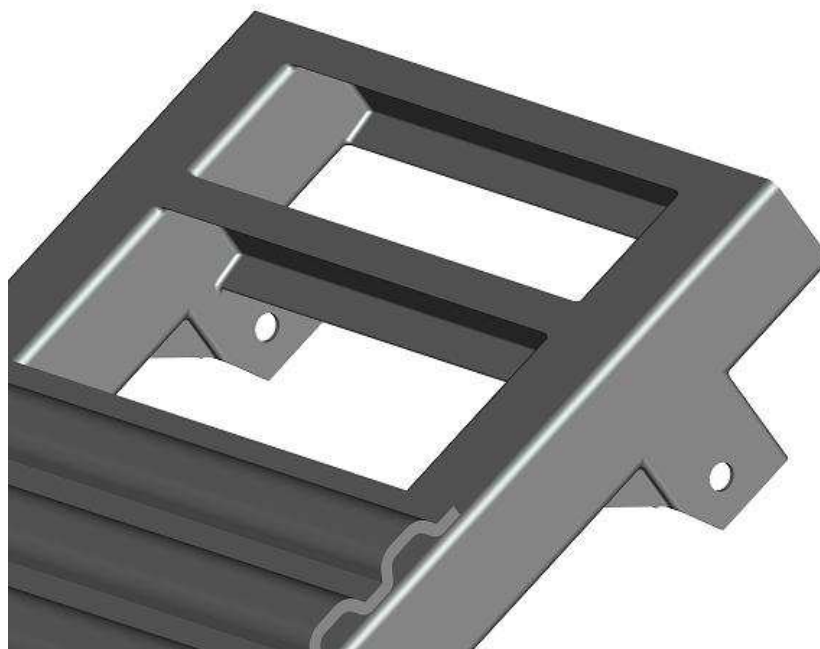


Obr 6. Pohled na rám ze spodní strany

Povrchová úprava: po svaření všech částí rámu následuje očištění nečistot a začištění svarů pro použití vhodné antikoroziční ochrany (nátěr, zinkování). Po té bude rám včetně oje nastříkán průmyslovou barvou.



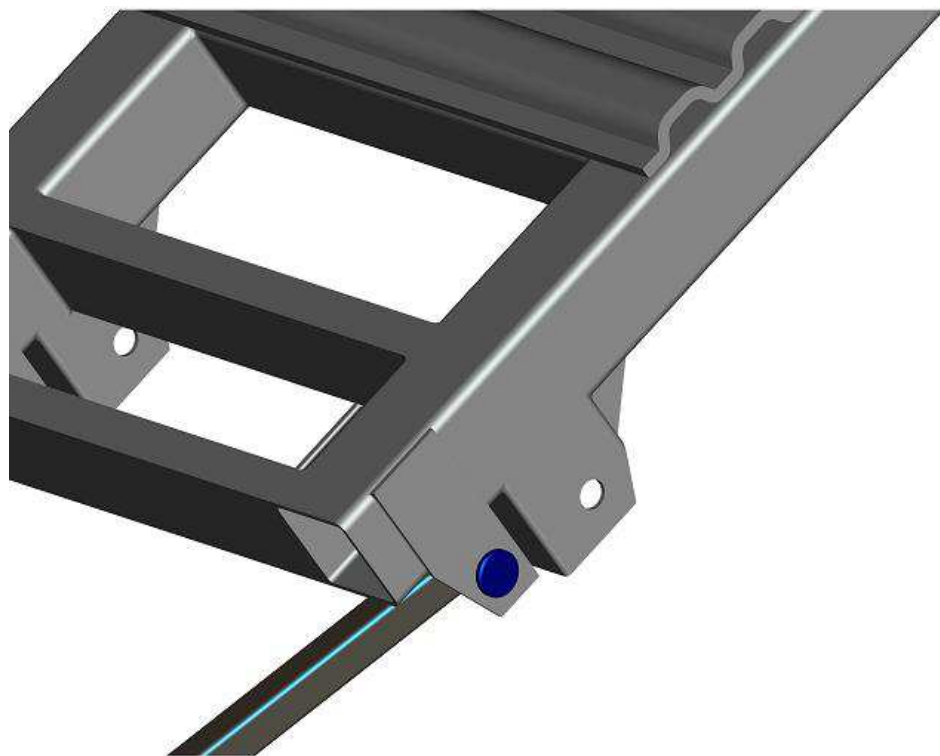
Obr 7. Detail prvku pro uchycení nápravy



Obr 8. Detail zadní části rámu



Obr 9. Přední část rámu



Obr 10. Detail uložení oje

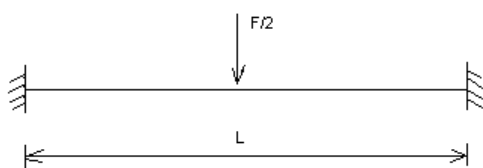
4.1.3 Výpočet pevnosti svarových spojů

V návrhu konstrukce rámu jsou jednotlivé prvky k sobě spojeny svařením. Je použito koutového sváru. Pro výpočet bezpečnosti svárového spoje byl zvolen koeficient bezpečnosti $k = 4$.

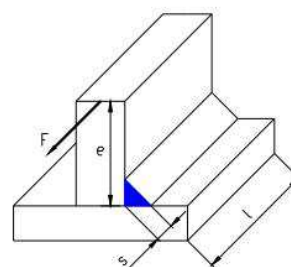
Koutový svár mezi podélníkem a příčnickem

Vlivem působení mýjivé síly F , která je kolmá na rovinu rámu, jsou tyto svárové spoje namáhány ohybovým a smykovým napětím. Zatížení rámu bylo upraveno pro jednoduchost tak, že sílu přenášejí jen dva příčníky.

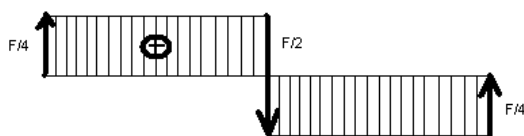
$$F = 170000 \text{ N}; l = 200 \text{ mm}; s = 5 \text{ mm}; e = 550 \text{ mm}; k = 4; R_e = 355 \text{ MPa}$$



Obr 11. Namáhání příčnicku silou F

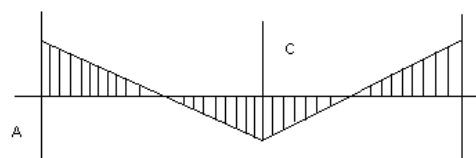


Obr 12. Namáhání koutového sváru pro příčník [13]



Obr 13. Průběh $T(x)$

$$M_A = -M_C = \frac{F}{2} \times \frac{L}{8}$$

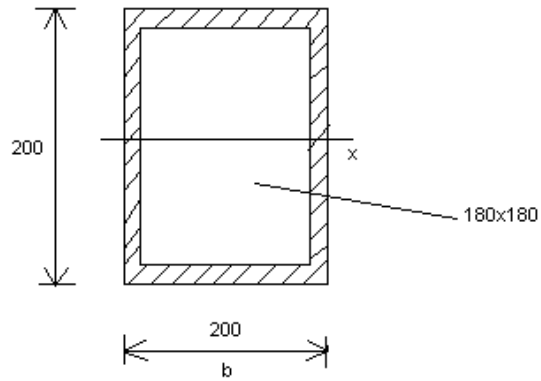


Obr 14. Průběh M_0

Moment setrvačnosti profilu I_x

$$\begin{aligned} I_x &= \frac{1}{12} (bh^3 - b_1h_1^3) = \frac{1}{12} (0,2 \cdot 0,2^3 - 0,18 \cdot 0,18^3) = \frac{1}{12} (0,2^4 - 0,18^4) = \\ &= \frac{1}{12} (16 \cdot 10^{-4} - 10,5 \cdot 10^{-4}) = \frac{1}{12} \cdot 5,5 \cdot 10^{-4} = 0,458 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$W_0 = \frac{I_x}{\frac{h}{2}} = \frac{2 \cdot I_x}{0,2} = 4,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



Obr 15. Průřez příčniku

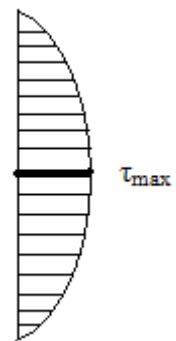
Smykové napětí ve svislé části

τ_{max} je v neutrální ose

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} \tau_{stř}$$

$$\tau_{stř} = \frac{F/4}{2 \cdot h \cdot t} = \frac{F}{8 \cdot h \cdot t} = \frac{0,170}{8 \cdot 0,2 \cdot 0,1} = \frac{0,170}{0,16} = 1,06 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \frac{3}{2} \tau_{stř} = 1,5 \text{ MPa}$$

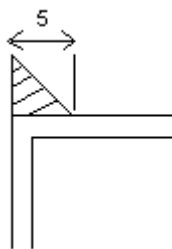


Obr 16. Smykové napětí

$$R_e \geq k \cdot \sigma_{tDOV}$$

Smykové napětí je v těchto svarech zanedbatelné.

Ohybové napětí



Obr 17. Detail svaru

$$\sigma_0 = \frac{M_0}{2 \cdot b \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot h}$$

$$M_0 = \frac{F \cdot L}{16} = \frac{0,17 \cdot 1,1}{16} = 0,0117 \text{ MNm} = 11,7 \text{ kNm}$$

$$\sigma_0 = \frac{0,0117}{2 \cdot 0,2 \cdot 0,7 \cdot 0,1 \cdot 0,2} = 2,09 \text{ MPa}$$

$$R_e \geq k \cdot \sigma_{tDOV}$$

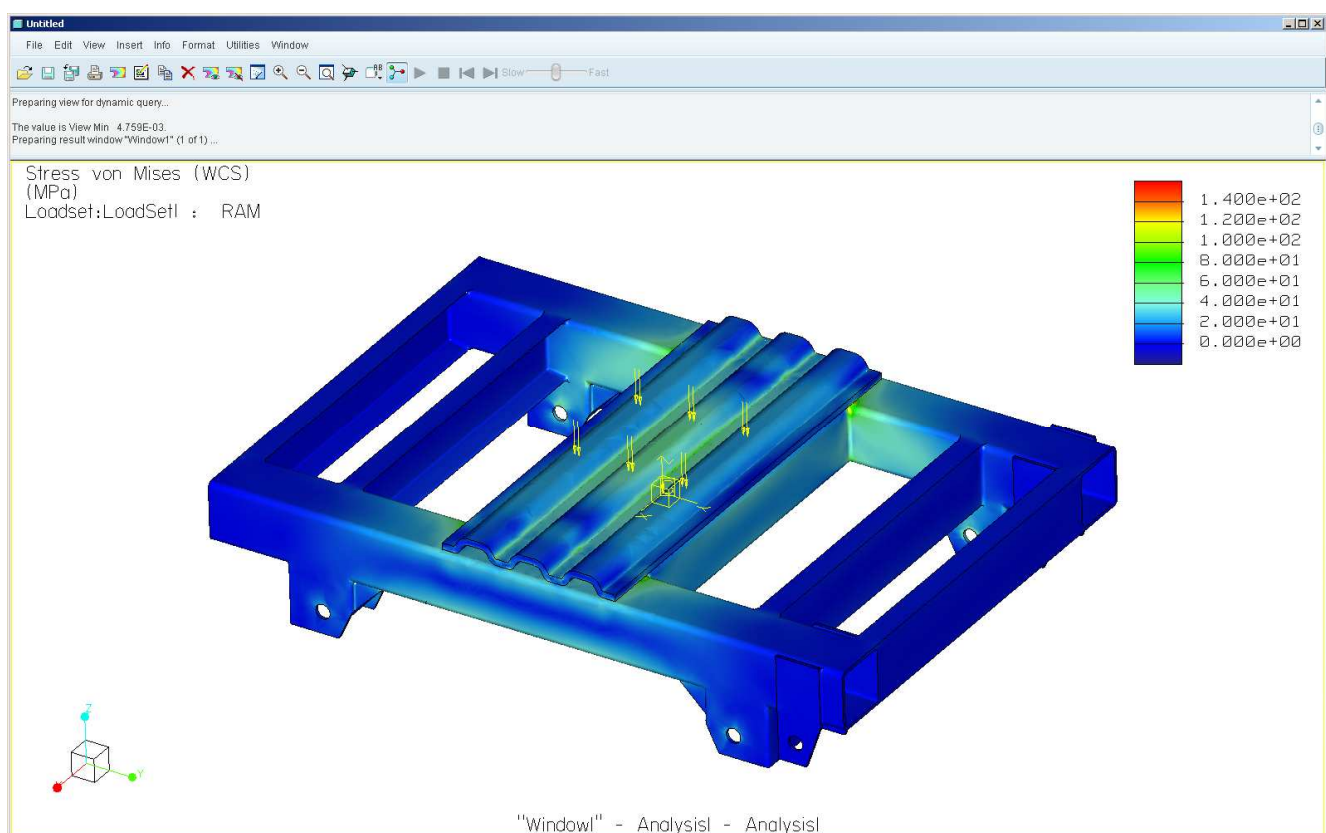
Ohybové napětí ve svaru má zanedbatelné hodnoty.

4.1.4 Simulace namáhání

Rám podvozku a simulace jeho namáhání byla vytvořena v programu Pro/ENGINEER Wildfire 4.0. Díky simulaci namáhání jsme schopni zjistit napětí v celém rámu podvozku.

Rozhodující zatížení pro podvozek je svislé zatížení v místě točny. Z legislativních předpisů vyplývá, že celková hmotnost návěsu nesmí překročit 40t a největší povolená hmotnost na nápravu je 8t. Při celkové hmotnosti návěsu 40t je návěs osazen 3 nápravami a z toho vyplývá, že podvozek musí být osazen dvěma nápravami s minimální nosností 8t na jednotlivou nápravu.

Na podvozku bude umístěna točna JOST JSK 37 s maximálním zatížením 20t a na rámu budou uchyceny dvě nápravy BPW s maximální nosností 9t. Podvozek je navrhován pro zemědělské účely a tudíž i nízkou konstrukční rychlost. Podvozek bez připojeného návěsu budu možné připojit i za nákladní automobil, takže v nezapojeném stavu bude mít konstrukční rychlost 80 km/h. Primárně však bude tažen za zemědělskými stroji, kde lze z důvodu nízké rychlosti zanedbat vliv momentu setrvačnosti. Z těchto důvodů jsem pro simulaci zvolil svislé namáhání silou o velikosti 170000 N.

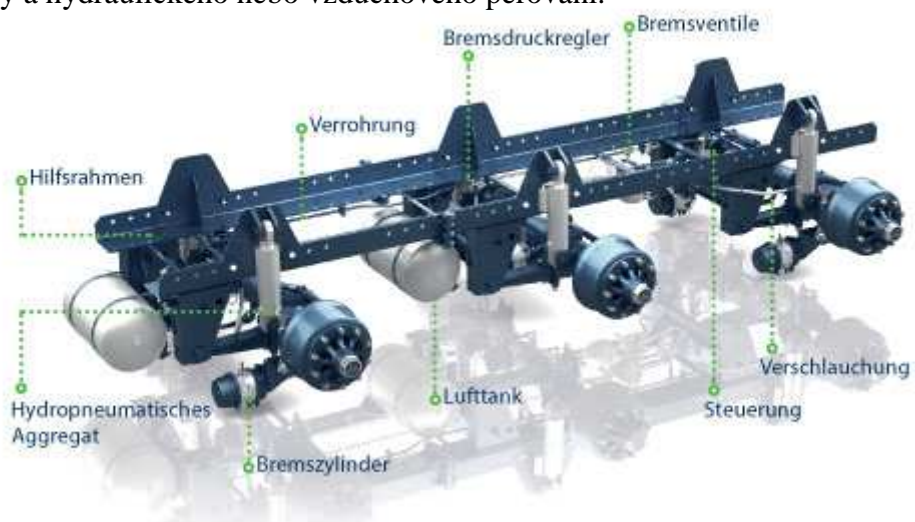


Obr 18. Zatížení rámu silou $F = 170 \text{ kN}$

4.2 Nápravy, brzdový systém

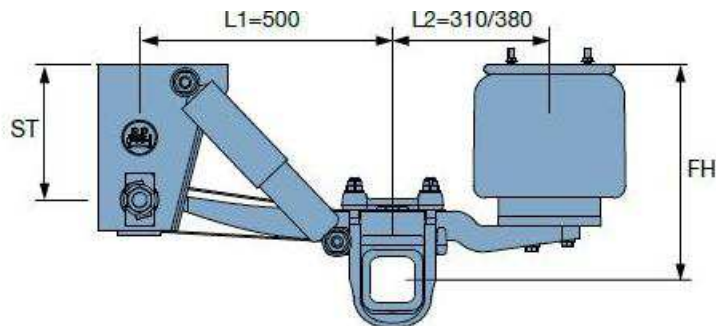
Nápravy jsou důležitou a nedílnou součástí všech kolových jednotek. Zajišťují pohyb podvozku, brzdění i pérování. Musí odolávat zatížení od tíhy nákladu i terénním nerovnostem. Z těchto důvodů jsou kladeny na nápravy vysoké nároky, a to především: kvalita materiálů a zpracování, dlouhá životnost, dobrá udržitelnost a bezpečnost. Mezi přední výrobce náprav pro nákladní a přívěsovou techniku patří holandská firma SAF Holland a německý výrobce náprav firma BPW. Navrhovaný podvozek je primárně určen pro tažení zemědělskými stroji, tudíž je předpoklad, že bude využíván i mimo zpevněné komunikace. Z toho důvodu je vhodnější použití náprav určených pro zemědělské návěsy než pro nápravy vhodné na silniční provoz. Oba přední výrobci nabízejí kvalitní nápravy nebo celé podvozkové skupiny. Avšak firma BPW má podle mého názoru rozšířenější sortiment náprav pro zemědělskou techniku oproti firmě SAF.

Firma BPW nabízí několik typů náprav pro zemědělskou techniku. Od tuhých nebrzděných náprav po brzděné s couvací automatikou. Dále jsem v nabídce nápravové agregáty. To znamená, že náprava je již osazena brzdami, pérováním a přípravou pro uchycení k podvozku. V nabídce je možné si vybrat mezi hydraulickým či vzduchovým pérováním. Tyto agregáty jsou rozlišeny také podle nosnosti 9 – 12t a stanové konstrukční rychlosti od 40 – 80 km/h. Nabídku této firmy uzavírá nabídka kompletních podvozkových skupin. Tím rozumíme podvozkový rám s připevněnými nápravami včetně pneumatické brzdové soustavy a hydraulického nebo vzduchového pérování.

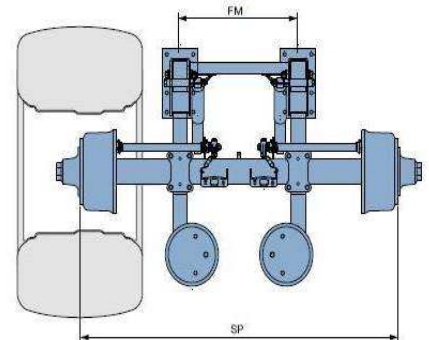


Obr 19. Kompletní podvozková skupina [16]

Pro tento podvozek byly zvoleny dva nápravové agregáty od firmy BPW. Nápravy jsou typu HZF, série GSNSLO 12010. Jejich nosnost je 10t a konstrukční rychlost stanovená do 80 km/h. Jsou osazeny bubnovými brzdami, vzduchovými měchy a konzola je v provedení HD. Tyto nápravy jsou vhodné pro nejtěžší nasazení (lesní provoz, nezpevněné komunikace).



Obr 20. Náprava - boční pohled [2]



Obr 21. Náprava - boční pohled [2]

4.2.1 Náprava

- parametry agregátu: nosnost 10 t, konstrukční rychlost 80 km/ h
- brzdy: typ SN 4220, brzdové obložení Textar, membránové brzdové válce, brzdový buben o průměru 420 mm, ovládání pomocí systému od firmy Wabco.
- pneumatické pérování: měch pérování BW 36 se zesílenou deskou (průměr 360 mm), plnění ze vzduchové soustavy, možnost regulace výšky podvozku (490 – 540 mm), listová pere v počtu 2 ks na kolo, šířka pera 43 mm
- nápravnice: profil 120 x 15 mm, šroubované spojení s perem
- obutí: jednoduchá montáž s pneumatikami o rozměru 425/65 R22,5 nebo 445/65 R22,5. Podle zvolené varianty pneumatik jsou použity plechové disky 13 x 22,5 nebo 14 x 22,5. Huštění pneumatik na 800 kPa. Upevnění kol pomocí 10 ks matic M22 x 1,5. [1]



Obr 22. Pneumatika 445/65 R 22,5 [9]

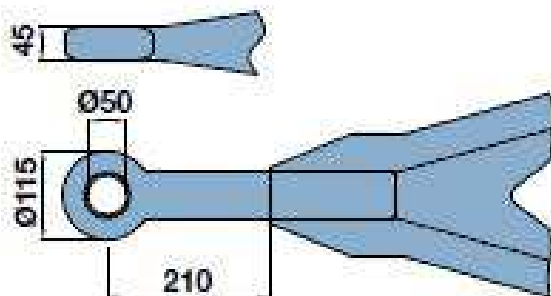


Obr 23. Pneumatika 425/65 R 22,5 [9]

4.2.2 „V“ Oj

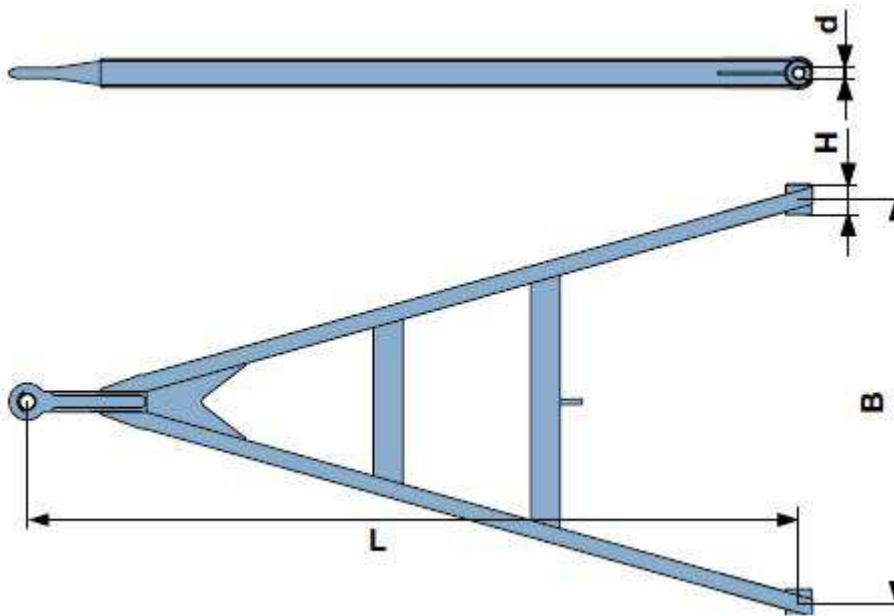
Oj zprostředkovává spojení mezi podvozkem a tažným prostředkem (traktor), tudíž je nedílnou a jednou z nejdůležitějších součástí podvozku. Na oj jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu zpracování z důvodů zatížení dynamickými silami ať již při rozjezdu, brzdění či zatáčení.

Pro tento navrhovaný podvozek byla vybrána oj ve tvaru „V“ od renomované firmy BPW a to typ TBZ 48. Je vytvořena z čtvercového profilu 70 mm o síle 5 mm, její maximální tažná síla je 190 kN, maximální zatížení na nápravu je 20 t a maximální celková hmotnost je 48t. Oj je uchycena k podvozků pomocí dvou čepů o průměru 50 mm. Tažné oko vhodné pro tuto „V“ oj a zatížení je rovněž od firmy BPW a to typ 56 (DIN 74053 – 50 A). Vnitřní průměr pro čep je 50 mm. Hmotnost oje udávaná výrobcem je 90 kg. Z tohoto důvodu bude oj vybavena dvěma pružinami připevněnými k podvozků, aby byla usnadněna manipulace s ojí.



Obr 24. Tažné oko [18]

Rozměry oje: $L = 2500$ mm, $B = 1500$ mm, $H = 196$ mm, $d = 50$ mm

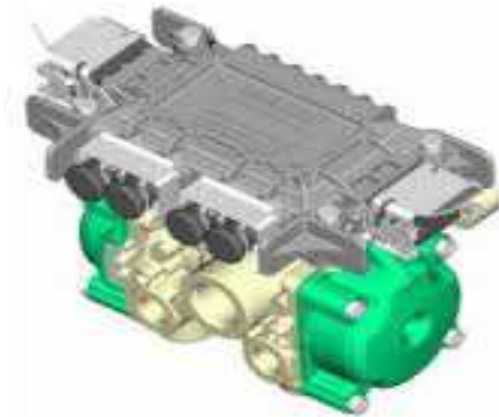


Obr 25. Oj firmy BPW [18]

4.2.3 Brzdový systém

Brzdové zařízení přívěsu bylo zvoleno pneumatické a musí splňovat podmínky stanovené technickým předpisem „dokument EHK – TRANS/SC1/WP29/R.274“ [3]. Podle tohoto předpisu musí být přívěs vybaven dvouhadicovou vzduchovou soustavou. Hadice se od sebe liší barevným provedením koncovek nebo celé hadice. Zpravidla červené zbarvení hadice označuje hadici, která zajišťuje neustále doplňování vzduchu do vzduchojemu. Žluté zbarvení označuje hadici, přes kterou je zajištěno ovládání brzdové soustavy přívěsu. Pro tuto variantu přívěsu byla zvolena dvouhadicová brzdová soustava od firmy WABCO s ABS, typ VCS 4S. Nápravy budou osazeny brzdovými bubny o průměru 420 mm. Bubnové brzdy jsou zvoleny záměrně z důvodu, že navrhovaný podvozek je určen pro pohyb i mimo zpevněné komunikace. Bubnové brzdy mají větší odolnosti vůči vnějším nečistotám než brzdy kotoučové.

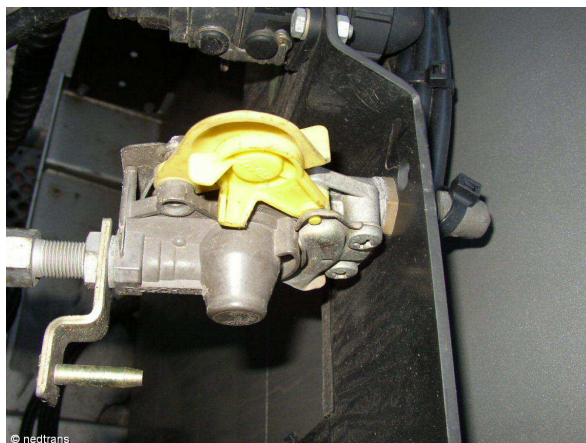
Tlak pneumatických brzd je zajištěn pomocí kompresoru tažného vozidla (traktoru). Kompresor je poháněn motorem traktoru (např. stálé spojení pomocí ozubených kol). Vzduch stlačený kompresorem je po filtraci a vysoušení veden přes regulátor do vzduchojemů. Pro připojení automobilového návěsu je zapotřebí docílit v pneumatické soustavě stálého tlaku 800 kPa. Tento navrhovaný pneumatický brzdový systém není vhodný pro traktory s jednohadicovým systémem, nebo kde kompresor není schopen vytvořit požadovaný tlak. Jedná se především o starší typy traktorů, kde kompresor byl schopen vytvořit tlak do 500 - 600 kPa. Navrhovaný podvozek musí být vybaven regulátorem tlaku. Ten zajišťuje, při zapřaženém návěsu, aby nejdříve brzdil návěs. V opačném případě může dojít k havárii.



Obr 26. Brzdová řídicí jednotka s ventily [3]

System ABS, kterým je navrhovaný podvozek osazen, bude zajišťovat řídicí jednotka Vario Compaq, která má podmínku stejného objemu všech brzdových válců. Tuto řídicí jednotku lze vyřadit z funkce. A to v případě, že nebude traktor vybaven systémem ABS. V České republice nemusí být systémem ABS vybaveny traktory do konstrukční rychlosti 40 km/h. Z navrhovaného podvozku bude vyveden dvouhadicový systém s přípojkami (vzduchovými kohouty) pro vlastní připojení k pneumatickému systému traktoru tak pro připojení pneumatického systému automobilového návěsu. Rozvod tlakového vzduchu po podvozku bude veden pomocí kovových a plastových trubek.

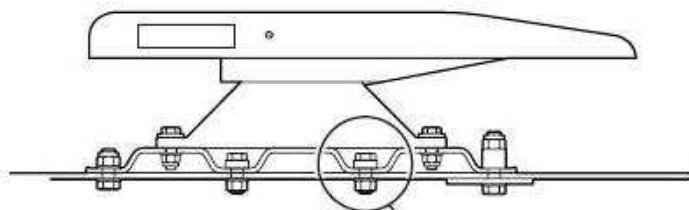
Tato pneumatická soustava bude dále zajišťovat naplnění měchů vzduchového pérování podvozku. Tímto bude umožněna regulace tlaku vzduchu v měchách a tím i zvedání a spouštění podvozku. Výhodou této funkce je usnadnění zapojení či rozpojení návěsu. Regulaci tlaku vzduchu v měchách bude zajišťovat regulátor AZR se zabudovaným ventilem. Ovládání bude manuální a umístěno na navrhovaném podvozku.



Obr 27. Detail zapojení žlutého a červeného vzduchového kohoutu [17]

4.3 Točna, výpočet šroubového spoje mezi deskou točny a rámem podvozku

Spojení mezi návěsem a podvozky zajišťuje točna. Pro spojení navrhovaného přívěsu s královským čepem návěsu byla zvolena točna od firmy JOST. Točna přenáší veškerá zatížení působící mezi podvozkem a návěsem. Z tohoto důvodu jsou na točnu kladeny vysoké nároky jak při volbě vhodných materiálů, samotné výrobě či kontrole při údržbě. Velkou pozornost je potřeba věnovat upevnění točny k rámu podvozku.



Obr 28. Upevnění točny [10]

4.3.1 Točna

Výrobce: JOST Werke

Typ: JSK 37



Obr 29. Točna JOST [10]

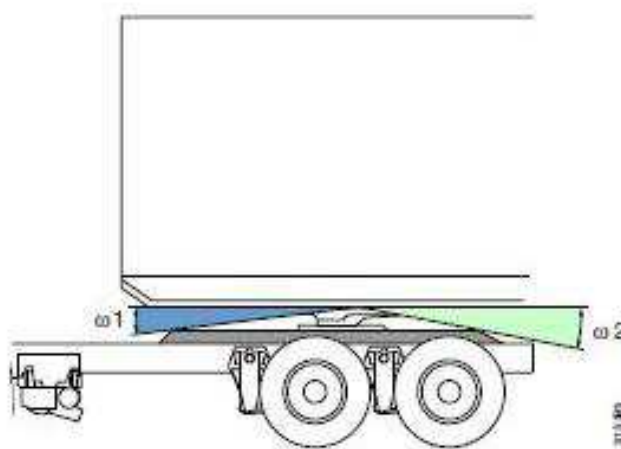
Vybava točny je dána podle normy ISO 1726 [10]. Tato norma je mezinárodní standard pokrývající vlastnosti umístění točnice a prostoru požadovaného pro návěs. Tato vybava umožňuje použití různých typů návěsů. Ale musí být brány v úvahu předpisy na vnější rozměry a zatížení náprav jízdní soupravy.

Aby byla zajištěna dostatečná vzdálenost mezi navrhovaným přívěsem a návěsem za všech jízdních podmínek, musí přívěs umožnit úhel naklonění návěsu minimálně:

Vpřed – 6°

Vzad – 7°

Do boku – 3°



Obr 30. Minimální úhly naklápění návěsu [7]

Stanovení D hodnoty pro spojovací zařízení podle 94/20/EC. D - hodnota definuje teoretickou horizontální referenční sílu pro tažné jednotky pro síly působící na vozidlo v podélném směru. Vybrané spojovací zařízení musí mít vyšší nebo odpovídající hodnotu pro zamýšlenou soupravu.

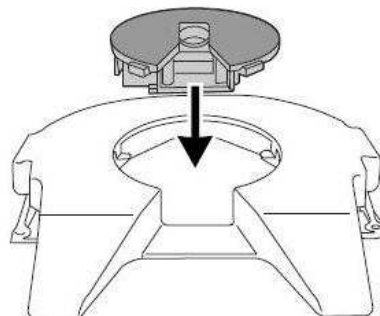
$$D = g \cdot 0.6 \cdot T \cdot R / T + R - U \text{ (kN)}$$

T = technicky povolené celkové zatížení pro navrhovaný přívěs v tunách

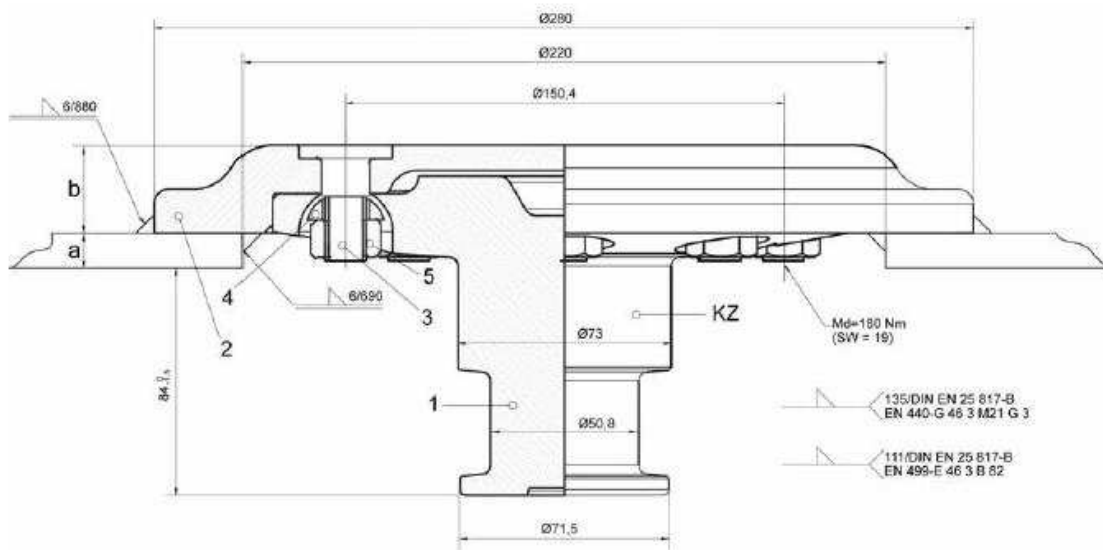
R = technicky povolené celkové zatížení pro návěs v tunách

U = svislé zatížení na točnici v tunách

Výbava točny: výměnný mechanismus zajištění. Tento mechanismus umožňuje tažení různých typů návěsů na všech typech povrchů. Průměr královského čepu na návěsu může být 2 až 3,5“.

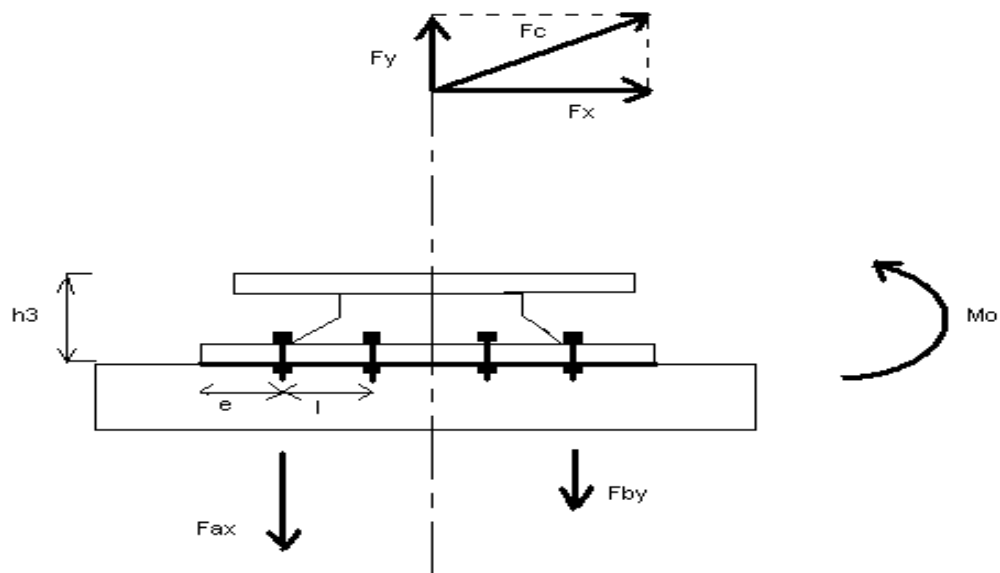


Obr 31. Výměnný mechanismus točny [10]



Obr 32. Schéma královského čepu [8]

4.3.2 Výpočet šroubového spoje mezi deskou točny a rámem podvozku



Obr 34. Schéma výpočtu spoje

Pro výpočet byl použit program Mathcad. [semestrální práce]

$8 \times M18\ 8,8$	jmenovitý průměr závitu
$d := 17.958\ \text{mm}$	rozteč závitu
$P_h := 1.5\ \text{mm}$	vnitřní průměr závitu
$d_1 := 14.850\ \text{mm}$	vnější průměr závitu
$d_2 := 16.330\ \text{mm}$	vnější průměr matice
$D_k := 18\ \text{mm}$	vnitřní průměr matice
$D_0 := 15.290\ \text{mm}$	mez kluzu
$R_{po} := 640\ \text{MPa}$	utahovací moment
$M_u := 50\ \text{N}\cdot\text{m}$	bezpečnost šroubového spoje
$a := 1.45$	zatěžující síla
$F_x := 100000\ \text{N}$	hmotnost točny
$m_s := 70\ \text{kg}$	výška točny
$h_3 := 300\ \text{mm}$	příčná rozteč šroubů
$y := 450\ \text{mm}$	vzdálenost šroubu od patky
$z := 30\ \text{mm}$	rozteč šroubů
$l := 120\ \text{mm}$	výpočtová délka šroubu
$l_s := 50\ \text{mm}$	

$E_s := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$	Youngův modul pružnosti v tahu
$l_p := 25 \cdot \text{mm}$	tloušťka desky
$E_p := 2.1 \cdot 10^5 \cdot \text{MPa}$	Youngův modul pružnosti v tahu desky
$D_p := 36 \cdot \text{mm}$	vnější průměr podložky
$d_p := 20 \cdot \text{mm}$	vnitřní průměr podložky
$A_p := \frac{\pi}{4} \cdot (D_p^2 - d_p^2) = 703.717 \text{mm}^2$	plocha podložky

Výpočet osové síly od šroubového spoje

stoupání závitu $\eta := \text{atan}\left(\frac{P_h}{d_2 \cdot \pi}\right)$ $\eta = 1.675 \text{ deg}$

třecí úhel $\mu := \text{atan}(0.1)$ $\mu = 0.1$

střední průměr styk. plochy matice $D_m := \frac{D_k + D_0}{2}$ $D_m = 16.645 \text{ mm}$

předpětí osového spoje

$$F_q := \frac{M_u}{\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\eta \cdot \mu) + \left(\frac{D_m}{2} \cdot 0.1\right)}$$

$$F_q = 5.841 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_m := \frac{F_q}{\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}\right)} = 337.2 \text{ MPa}$$

Výpočet namáhání v důsledku působení ohybového momentu

Velikost působící síly $F_c := F_x + (10 \cdot g \cdot m_s)$

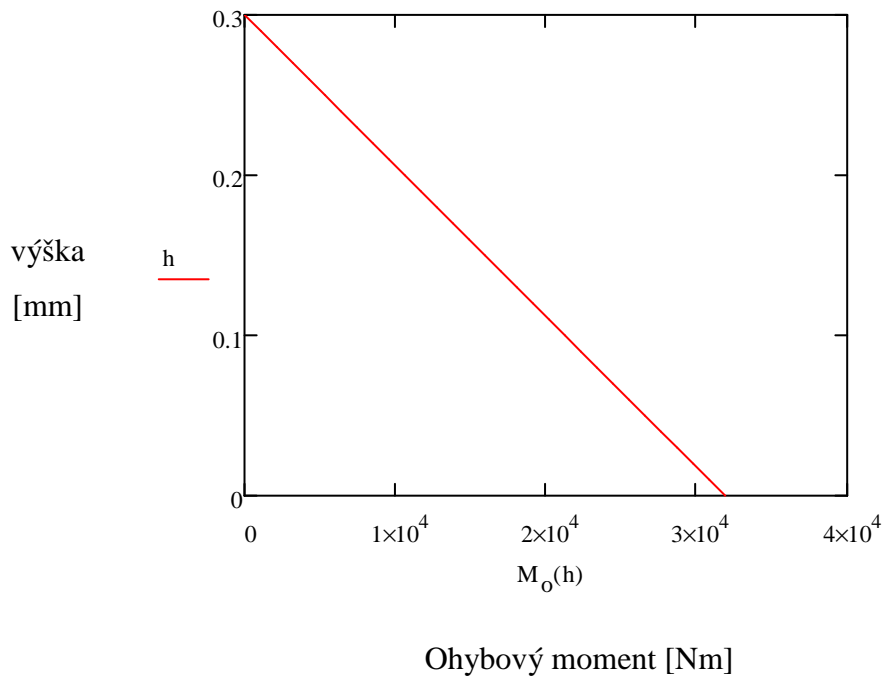
$$F_c = 1.069 \times 10^5 \text{ N}$$

Maximální ohybový moment

$$h := (0 \cdot \text{mm}, 10 \cdot \text{mm}, h_3)$$

$$M_o(h) := F_c \cdot \cos(\alpha) \cdot (h_3 - h)$$

$$M_o(0) = 3.194 \times 10^4 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$$



Výpočet napětí ve šroubu

v ose x

$$l_x := 390 \text{ mm}$$

$$F_{bx} := F_x \cdot \frac{h^3}{l_x} = 7.692 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_x := \frac{F_{bx}}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right)} = 222.067 \text{ MPa}$$

v ose y

$$l_y := 1200 \text{ mm}$$

$$F_{by} := 0.4 F_x \cdot \frac{h^3}{l_y} = 1 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\sigma_y := \frac{F_{by}}{4 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right)} = 14.434 \text{ MPa}$$

v ose z

$$F_{bz} := 0.2 \cdot F_x = 2 \times 10^4 \text{ N}$$
$$\sigma_z := \frac{F_{bz}}{8 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right)} = 14.434 \text{ MPa}$$

Smykové napětí od krutu

$$\tau_{ks} := \frac{16 \cdot M_u}{\pi \cdot d_1^3} = 77.761 \text{ MPa}$$

$$c_s := \frac{l_s}{\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right) \cdot E_s} = 1.375 \times 10^{-6} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$c_p := \frac{l_p}{A_p \cdot E_p} = 1.692 \times 10^{-7} \cdot \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

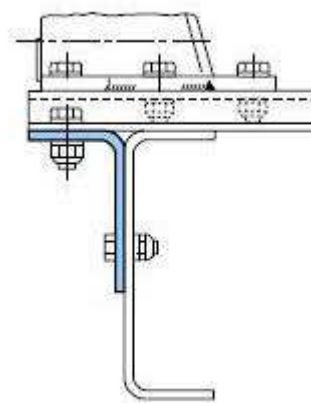
Síla ve šroubu

$$F_s := F_q + (F_{bx} + F_{by} + F_{bz}) \cdot \frac{c_p}{c_p + c_s} \quad F_s = 7.012 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\frac{F_s}{\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right)} = 404.882 \text{ MPa}$$

celkové napětí ve šroubu

$$\sigma_{\text{red}} := \sqrt{\left[\frac{F_s}{\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right)} \right]^2 + 4 \cdot \tau_{ks}^2} = 433.724 \text{ MPa}$$



Obr 35. Upevnění desky na rám [8]

Kontrola šroubu na tah

$$\sigma_{\text{dov}} := \frac{R_{\text{po}}}{a}$$

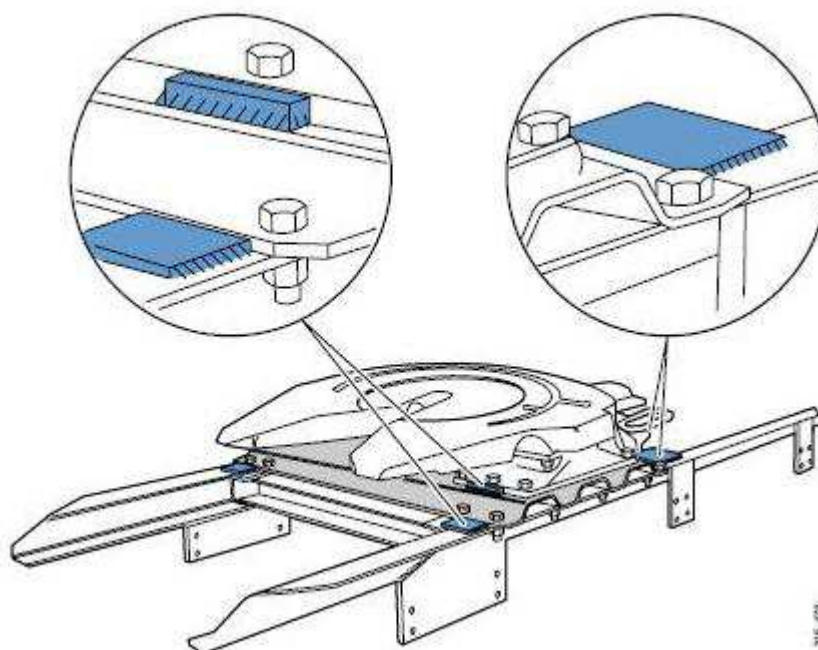
$$\sigma_{\text{dov}} = 441.379 \text{ MPa}$$

Pro zatěžující sílu a vstupní parametry byl zvolen šroub M18 8.8 v počtu 4 kusů na každé straně.

Zvolený typ šroubu je pro toto zatížení vhodný. Hodnota dovoleného napětí při zvolené bezpečnosti převyšuje celkové napětí ve šroubu.

Při montáži i je vhodné šrouby namazat, dojde ke snížení tření a smykového napětí od krutu.

Při dodatečné montáži montážní desky doporučuji, aby byla zajištěna do držáků nebo pomocného rámu viz [**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**] pomocí čtyřech šroubů M18 a čtyřech pevně uložených šroubů M20, nebo pomocí osmi pevně uložených šroubů M18 a navaření opěrných bodů.



Obr 36 Navaření opěrných bodů [11]

4.4 Doplnkové vybavení přívěsu

Vybavením přívěsu rozumíme dovybavení přívěsu pro homologaci a pro provoz na pozemních komunikacích nebo vybavení doplňkovými přístroji pro víceúčelové použití přívěsu.

4.4.1 Vybavení pro homologaci

- a) Vnější osvětlení: zařízení pro vnější osvětlení a světelnou signalizaci musí splňovat podmínky stanovené předpisem EHK č. 48. [4]

Přívěs musí být vybaven pozičními světly, osvětlením registrační značky, mlhovým světlometem, směrovými světly a světly pro vnější osvětlení.

- b) Blatníky: přívěs je navrhován pro maximální konstrukční rychlost 80 km/ h. Pro homologaci musí být opatřena všechna vozidla jedoucí více jak 20 km/ h blatníky nebo lapači nečistot. Musí být zakryty všechna kola, v případě překrytí kol shora návěsem postačí částečné kryty kol.
- c) Ochranné zařízení: navrhovaný přívěs (vozidlo kategorie O_{T4}) musí být vybaven zadním ochranným zařízením proti podjetí. Ochrana převážně při srážce zezadu vozidly M₁ a N₁. Zadní ochranné zařízení musí splňovat technický předpis EHK č. 58 70/221/EHS. [4]
- d) Klíny: přívěs musí být vybaven dvěma zakládacími klíny, zabraňující přívěsu samovolnému pohybu.



Obr 37. Sedmipólová zásuvka [17]

- e) Elektroinstalace: navrhovaný podvozek je konstruován na napětí 24V. Jelikož je podvozek určen primárně pro tažení traktory, je v elektroinstalaci umístěn měnič napětí z 12V na 24V. V případě, že by byl samostatný podvozek tažen za nákladním vozidlem, lze měnič napětí vyřadit a sedmipólovou vidlici nahradit. Elektrická instalace vozidla musí být dostatečně izolována a zabezpečena proti samovolnému poškození či vzniku zkratu. Připojení elektrické instalace k tažnému vozidlu (traktoru) musí být provedeno sedmipólovou vidlicí se sedmipólovým vedením a zvlášť kabelem na systém ABS, pokud je tím traktor vybaven. Vidlice musí splňovat technickou normu ISO 1724, ČSN 30 4450. Pro připojení návěsu k podvozku jsou použity tři elektrické kabely. Dva kabely pro zprostředkování vazeb mezi světelnými okruhy a třetí pro připojení systému ABS. Při jízdě bez připojeného návěsu je podvozek vybaven tzv. slepými zásuvkami pro připojení volných kabelů. Tyto zásuvky slouží k ochraně proti korozi vidlic.



Obr 38. Detail zásuvek pro připojení elektroinstalace na automobilovém návěsu [17]

4.4.2 *Doplňující vybavení*

Přívěs může být dovybaven vybavením usnadňující jeho ovládání a manipulaci.

- a) Ovladač pro vypouštění a napouštění vzduchu ze vzduchových měchů.
- b) Centrální maznicí
- c) Olejovým čerpadlem s nádrží a ovládáním. Potřebné při manipulaci se sklopnými návěsy či pro pohyb tzv. chodící podlahy u návěsů typu Walking floor.
- d) Stavitelná opěra oje usnadňující zapojení.
- e) Rezervní kolo
- f) Elektroinstalací pro připojení návěsů s doplňkovou elektroinstalací (elektromotory, vývěva)

5. Závěr

Tento podvozek je navržen pro primární použití v zemědělství. Konstrukce podvozku splňuje požadavky využití jak na zemědělských tak i na pozemních komunikacích. Osazením doplňkového vybavení, osvětlení a blatníků lze tento podvozek homologovat a poté provozovat i mimo zemědělské prostory. Konstrukční rychlost podvozku je stanovena při nezapojeném návěsu na 80 km/h, při připojeném návěsu na 40 km/h.

Rám podvozku byl navržen z robustních profilů čtvercového průřezu a dále vyztužen U profily. Při simulaci zatížení nebylo překročeno mezní napětí a tím rám splňuje požadavky na vlastní konstrukci.

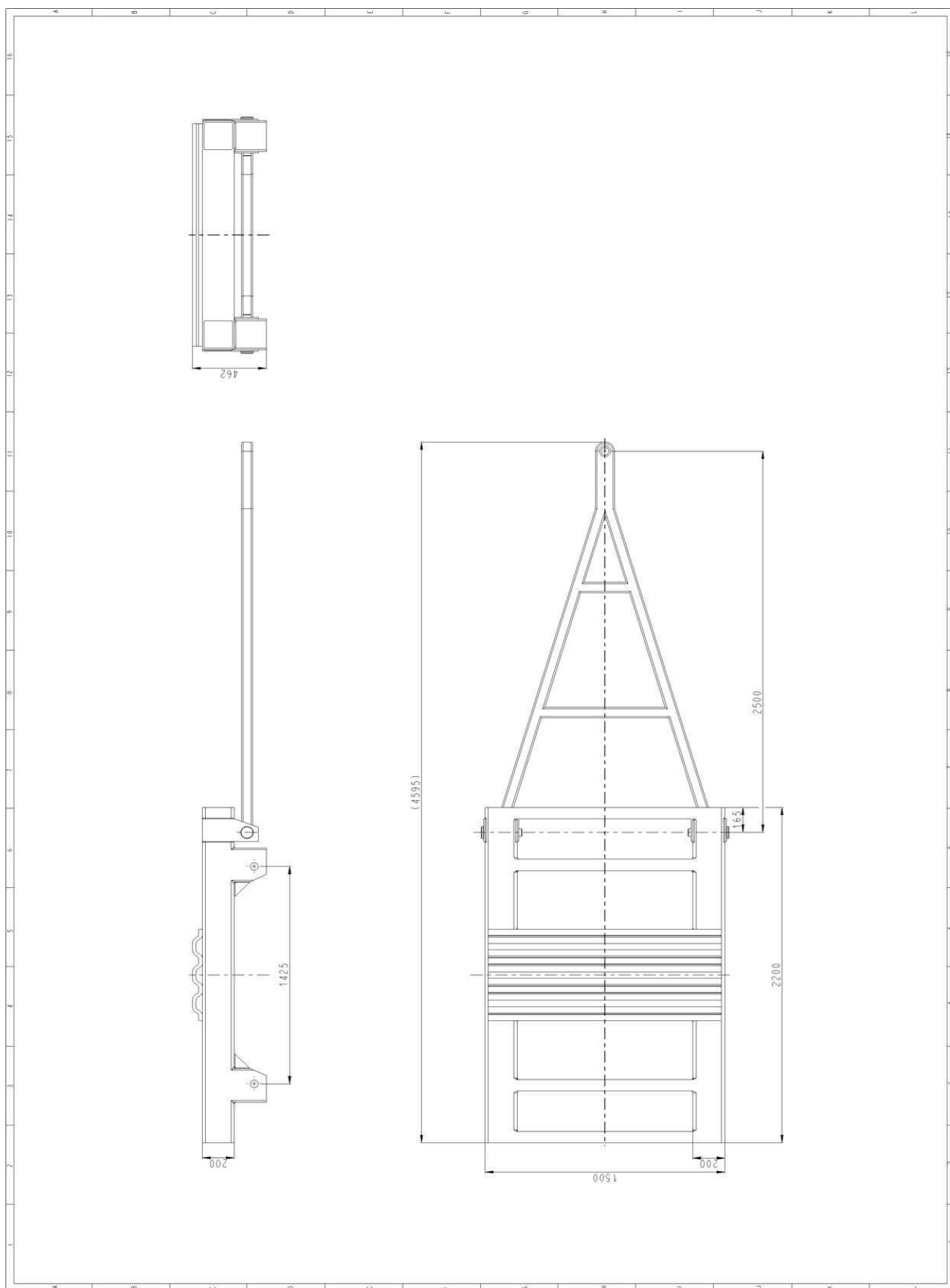
Navržený podvozek by měl zvýšit produktivitu práce při odklizení zemědělských komodit ze zemědělských pozemků a zvýšit využitelnost těžké zemědělské techniky. Díky tomu, že bude podvozek tažen zemědělským strojem, bude zvýšena i průchodnost terénem oproti automobilovým tahačům. Použitím klasického oje lze tento podvozek zapojit i za lehké traktory nebo nákladní automobily, které nejsou vybaveny spodním závěsem. Pouze však v případě nepřipojeného návěsu.

6. Seznam příloh

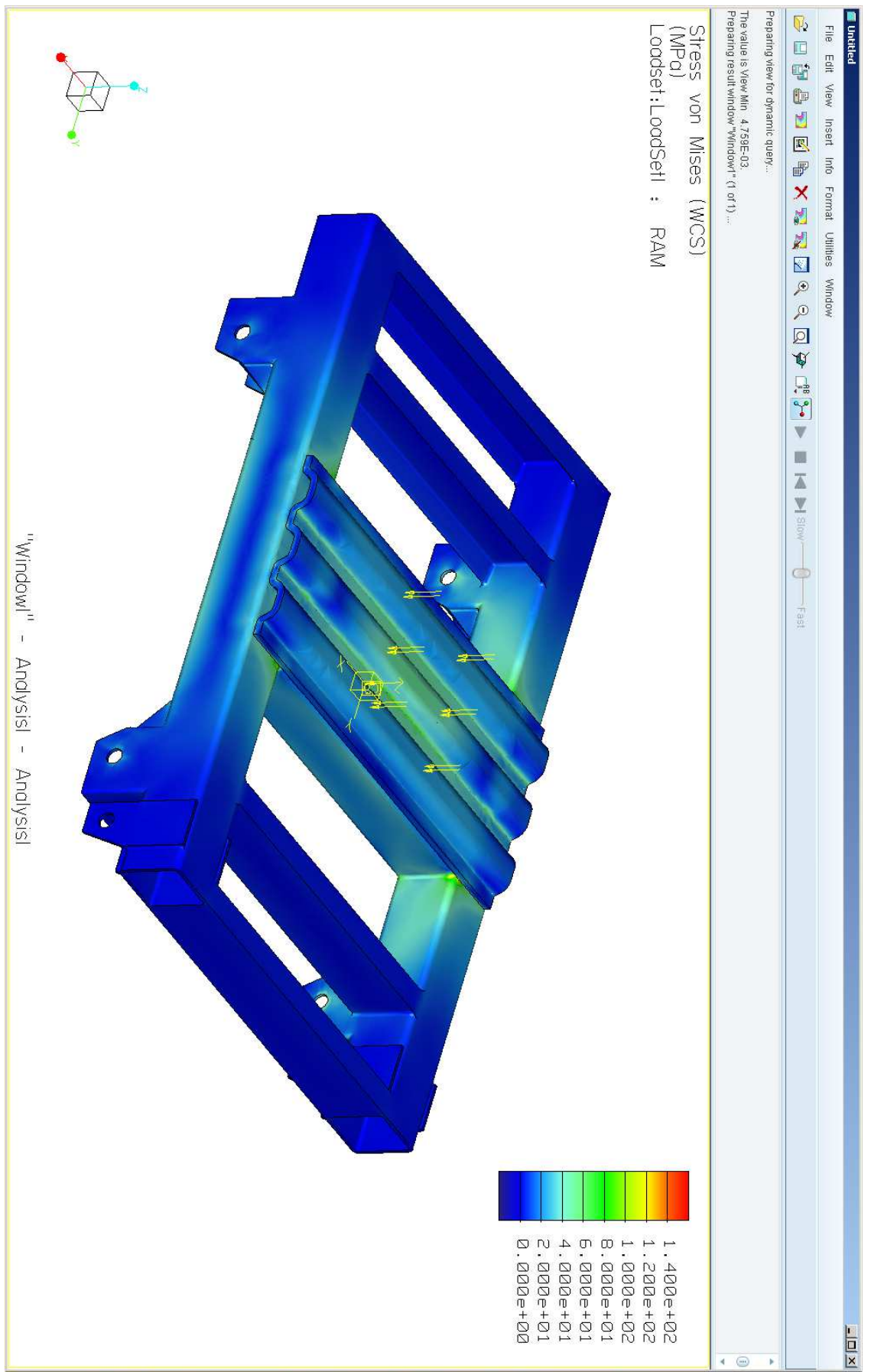
- Rozměry rámu
- Zatížení rámu silou
- Rozložení napětí v rámu
- Náprava výrobce BPW
- Schéma vzduchové soustavy
- Schéma okruhu pro regulaci výšky podvozku
- Schéma brzdového okruhu

7. Seznam výkresové dokumentace

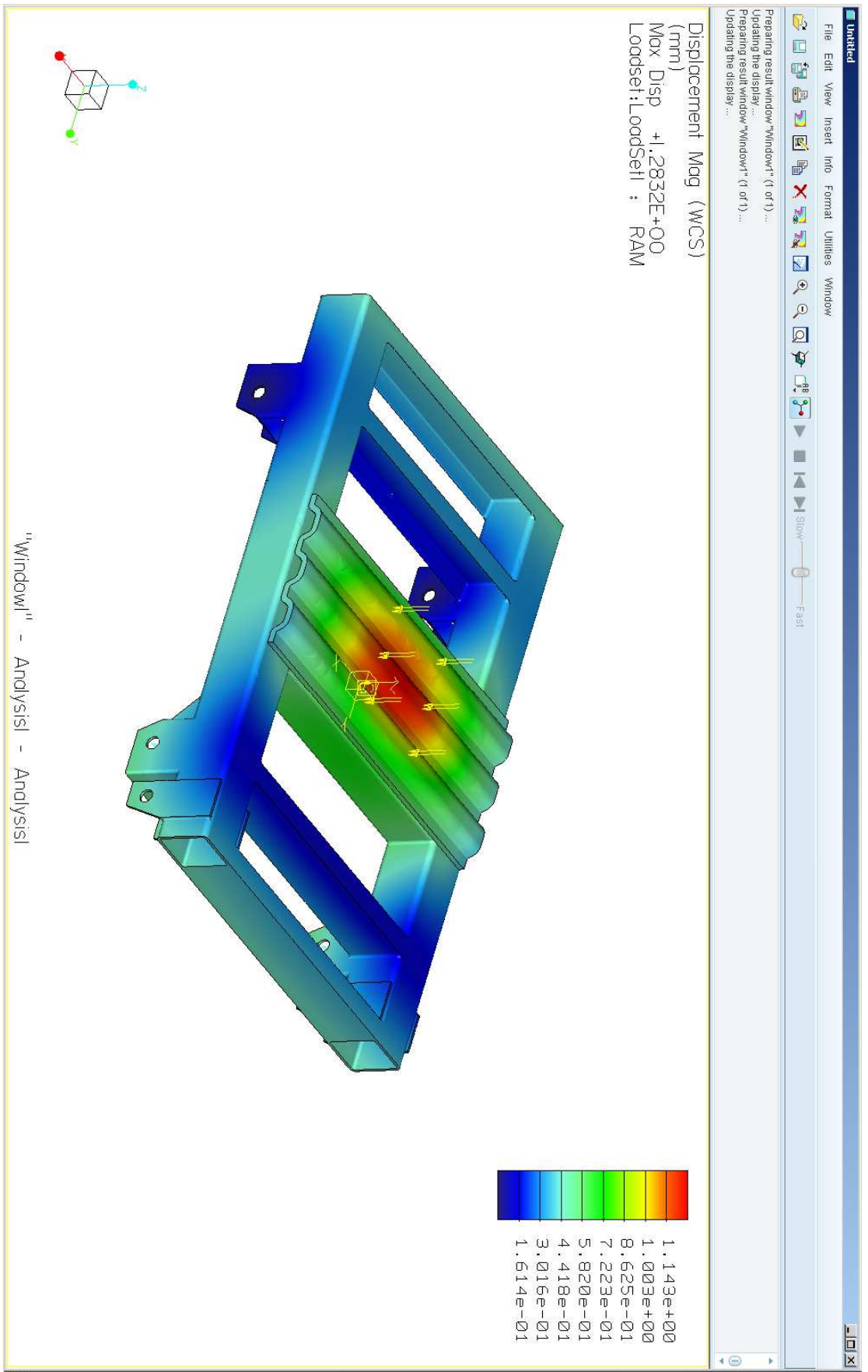
- Výztuha konzoly [STANIK_DP_05]
- Střední příčník [STANIK_DP_02]
- Rám [STANIK_DP_10]
- Přívěs [STANIK_DP_00]
- Oj [STANIK_DP_08]
- Konzola oje [STANIK_DP_06]
- Konzola [STANIK_DP_04]
- Hlavní podélník [STANIK_DP_01]
- Deska točny [STANIK_DP_07]
- Čep [STANIK_DP_11]
- Boční příčník [STANIK_DP_02]



Příloha 1. Rozměry rámu



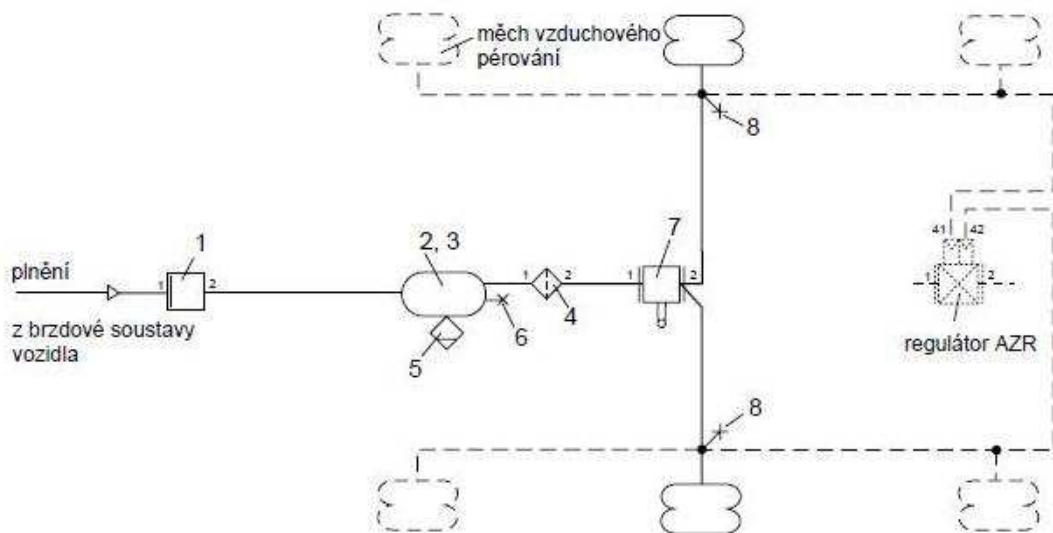
Příloha 2. Zatížení rámu silou



Příloha 3. Rozložení napětí v rámu



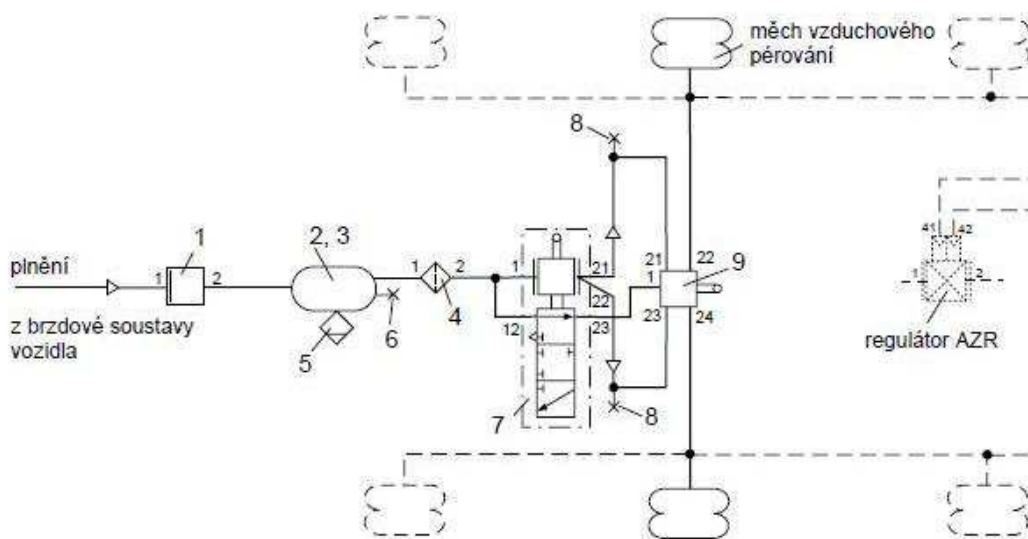
Příloha 4. Náprava výrobce BPW, typ HZF [2]



Po- loha	Poč.	Označení
1	1	Přepouštěcí ventil bez zpětného proudění 6,0 bar
2	1	Vzduchojem
3	2	Pouto vzduchojemu
4	1	Potrubní filtr

Po- loha	Poč.	Označení
5	1	Odkalovací ventil
6	1	Zkušební přípojka
7	2	Ventil vzduchového pérování
8	2	Zkušební přípojka

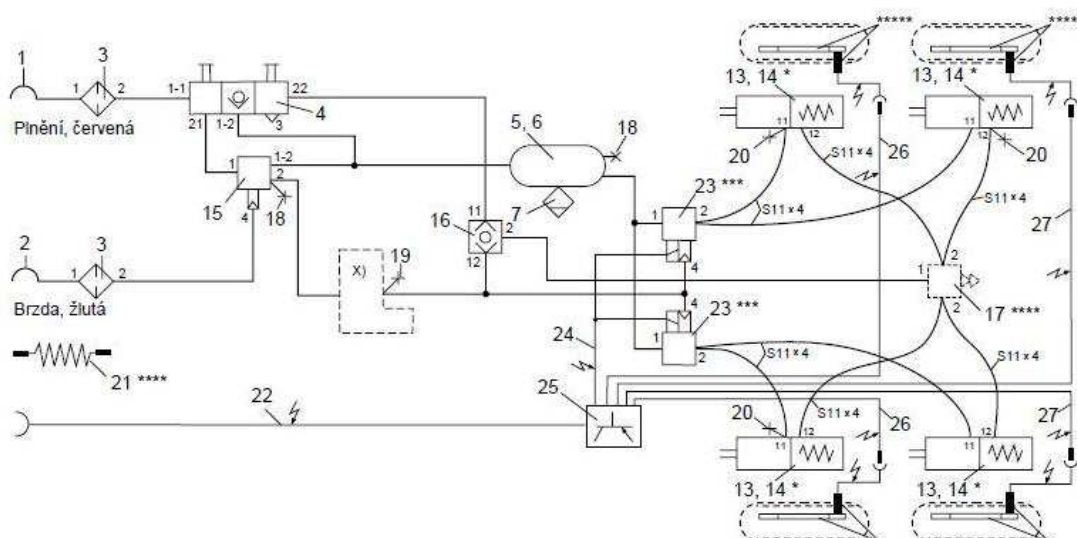
Příloha 5. Schéma vzduchové soustavy [3]



Po- loha	Poč.	Označení
1	1	Přepouštěcí ventil bez zpětného proudění 6,0 bar
2	1	Vzduchojem
3	2	Pouto vzduchojemu
4	1	Potrubní filtr

Po- loha	Poč.	Označení
5	1	Odkalovací ventil
6	1	Zkušební přípojka
7	1	Ventil vzduchového pérování
8	2	Zkušební přípojka
9	1	Ventil zvedání/spouštění

Příloha 6. Schéma okruhu pro regulaci výšky podvozku [3]



Po- loha	Poč.	Označení
1	1	Spojková hlavice, plnění
2	1	Spojková hlavice, brzda
3	2	Potrubní filtr
4	1	Dvojitý odbrzdňovací ventil
5	1	Vzduchojem
6	2	Pouto vzduchojemu
7	1	Odkalovací ventil
8	1	Regulátor AZR se zabudovaným pružným členem x)
9	1	Regulátor AZR se zabudovaným zkušební ventillem x)
10	1	Štítek "Nastav. AZR" vzduch x)
11	1	Štítek "Nastav. AZR" mech. x)
12	1	Ovládací propojení pro AZR
13	4	Tristop válec
14	4	Příslušenství *

Po- loha	Poč.	Označení
15	1	Brzdový ventil přívěsu
16	1	Dvoucestný ventil
17	1	Dvoucestný rychloodfukovací ventil
18	2	Zkušební přípojka
19	1	Zkušební přípojka
20	3	Zkušební přípojka
21	1	Propojovací kabel ABS, 24V ****
22	1	Zásuvka ABS s kabelem, 24V
23	2	Reléový ventil ABS, 24V ***
24	1	Y-kabel magnetventilu
25	1	Elektronika ABS, 24V
26	2	Prodlužovací kabel senzoru, PN
27	2	Prodlužovací kabel senzoru, ZN
28	1	Řídící jednotka VARIO Compact ABS **

Příloha 7. Schéma brzdového okruhu [3]

8. Použitá literatura

- [1] Dokumentace. *ECO Plus*. Brandýs nad Labem: BPW, spol. s.r.o., 2007.
- [2] Technische Daten. *BPW Agro*. D - 51656 Wiehl: BPW Bergische Achsen, 2009..
- [3] Specifikace. *Součásti vzduchových brzdových soustav*. Praha: Wabcodruck, 2004.
- [4] Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: *341/2002*. 2002.
- [5] KŘÍŽ, Rudolf. *Tabulky materiálů a předvýrobků pro strojírenství*. Ostrava: Montanex, 2000, 263 s. Technické příručky (Montanex). ISBN 80-722-5017-5.
- [6] BROŽEK, Jan. *Návrh uložení kola na nápravu pro autokrosový speciál Škoda Fabia S2000*. Pardubice, 2010. Diplomová práce. Univerzita Pardubice.
- [7] *Speciální nástavby*. Sweden: Scania CB, 2004. ISBN 1714145.
- [8] *Tahače*. Sweden: Scania CB, 2010. ISBN 05:10-01.
- [9] Náhradní díly a příslušenství pro zemědělskou a silniční techniku. *Fimas s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://fimas.weebly.com/oje-nazem283d283lskeacute-p345iacutev283sy.html>
- [10] JOST Truck und Trailer. *JOST World* [online]. 2010 [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.jost-world.com/produkte/jost-truck-und-trailer/produktkatalog-pdf.html>
- [11] Bolzano - Technická příručka. *Bolzano* [online]. 2013 [cit. 2013-05-20]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/uzavrene-dute-profilu/uzavrene-dute-profilu-tvarene-za-tepla/technicke-dodaci-predpisy-tdp-en-10-210-1>
- [12] KNAPEC, Tomáš. 2013. *Jeřáb výložníkového typu* [online]. Brno [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=64716. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [13] PALÁT., 2012. Svarové spoje. In: *Svarové spoje* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/sablony/SPS_II/VY_32_INOVACE_C-07-08.pdf

- [14] VALACH, Přemysl. 2011. *Rám přívěsu CHTP24 pro přepravu stavebních strojů* [online]. Brno [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41593. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [15] Krampe.de. 2009. *Krampe* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.krampe.de/krampe-news/2009/Dolly.php>
- [16] SAF Holland. 2014. *Corporate, safholland.com* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://corporate.safholland.com/de/ueber-uns/produkte.html>
- [17] Spojovací hadice a kabely. 2010. *Liaz na vždy* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.liaznavzdy.cz/nedtrans/pripojky.php>
- [18] Das BPW Agrarprogramm. 2013. In: *Fahrwerksysteme für Agrarfahrzeuge* [online]. [cit. 2015-05-06]. Dostupné z: <http://www.bpw.de/fileadmin/data/downloads/BPW-Agrar-15391401d.pdf>