

Montáže manipulační techniky na nákladní vozidla

Rudolf Griga

Bakalářská práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Rudolf Griga**
Osobní číslo: **T140033**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Montáže manipulační techniky na nákladní vozidla**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše na téma montáže a manipulační techniky
2. Výpočet stability vozidla
3. Návrh pomocného rámu
4. Vypracování montážního manuálu pro hydraulický jeřáb



Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

8. ledna 2016

Termín odevzdání bakalářské práce:

20. května 2016

Ve Zlíně dne 4. března 2016



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: GEIGA RUDOLF

Obor: Technologické zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 19.5.2016

.....


¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydávlečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

²¹ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídí k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o montáži manipulační techniky na nákladní vozidla. V první kapitole se zabývám základním využitím jeřábů, typy montáží a obecnými předpisy pro montáž hydraulických nakládacích jeřábů na nákladní vozidla. Druhá kapitola je zaměřena na stabilitu vozidla ve srovnání s výkonem jeřábu. Třetí kapitola je soustředěna na základní návrh pomocného rámu jeřábu. V praktické části se zabývám montáží konkrétního jeřábu na nákladní vozidlo a podrobněji rozvádím a zpracovávám montážní manuál.

Klíčová slova: Hydraulický nakládací jeřáb, nákladní vozidlo, stabilita, pomocný rám.

ABSTRACT

Bachelor thesis deals about handling machinery construction for trucks. In first part of the thesis I am dealing with basic use of the crane, construction types and general regulations for construction of the hydraulic cargo cranes on the trucks. The second part is focused on trucks stability compared to the performance of the crane. The third part is focused on sub-frame basic design of the crane. In the practical part I am dealing with the concrete crane construction on the truck and detailed description of the crane construction manual which has been also processed in detail

Keywords: Hydraulic cargo crane, truck, stability, sub-frame

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce, Ing. Ondřeji Bílkovi za odborné vedení, poskytnutý čas a cenné připomínky, které mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 HYDRAULICKÉ NAKLÁDACÍ JEŘÁBY NA NÁKLADNÍCH VOZIDLECH.....	12
1.1 NAKLÁDACÍ JEŘÁB	12
1.1.1 Základní rozdělení HNJ dle různých výrobců	12
1.1.2 Hlavní části HNJ	12
1.1.3 Příslušenství HNJ	14
1.2 KATEGORIZACE NÁKLADNÍCH AUTOMOBILŮ A PŘÍPOJNÝCH VOZIDEL	14
2 UMÍSTĚNÍ HNJ NA NÁKLADNÍM VOZIDLE	15
2.1 OBECNÝ POPIS MONTÁŽE HNJ K RÁMU VOZIDLA	15
2.2 ZPŮSOB UMÍSTĚNÍ HNJ NA NÁKLADNÍM VOZIDLE DLE MONTÁŽE.....	15
2.2.1 Montáž za kabinou	16
2.2.2 Montáž na zádi vozidla (v převisu).....	16
2.2.3 Středová montáž.....	17
2.2.4 Speciální montáže	17
3 KOMBINACE VOZIDLA A HNJ.....	19
3.1 ZÁSADY KOMBINACE VOZIDLA/HNJ	19
3.2 STANOVENÍ ZATÍŽENÍ NÁPRAV VOZIDLA	19
3.2.1 Obecný výpočet 2 nápravového vozidla s HNJ za kabinou	20
3.2.1.1 Výpočet zatížení dle rozmístění nástaveb.....	22
3.2.1.2 Celkové shrnutí	24
3.2.1.3 Ověření hmotnostního poměru přední/zadní nápravy	24
3.3 TEORETICKÝ VÝPOČET STABILITY- ANALYTICKÁ METODA.....	25
3.3.1 Montáž HNJ za kabinou.....	25
4 POMOCNÉ RÁMY HNJ.....	31
4.1 KONTROLA RÁMU VOZIDLA A POMOCNÉHO RÁMU	31
4.2 PŘIPOJENÍ POMOCNÉHO RÁMU K RÁMU VOZIDLA, METODA VÝPOČTU	32
Tuhé připojení pomocného rámu:	34
4.2.1 Dimenzování počtu šroubů spojení rámu.....	34
5 SHRNUÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	38
6 MONTÁŽ HNJ NA VOZIDLO DLE ZÁKAZNÍKA	39
6.1 PARAMETRY NÁSTAVEB	39
6.1.1 Parametry hydraulického nakládacího jeřábu F80A.22	39
6.1.2 Parametry hydraulického nosiče kontejnerů SC 6/42	40
6.1.3 Parametry vozidla MB Atego 1524.....	40
6.1.4 Výpočet a kontrola zatížení náprav vozidla MB.....	41
6.1.5 Celkové shrnutí	43
6.1.6 Ověření hmotnostního poměru přední/zadní nápravy.....	43
6.2 KONTROLA STABILITY VOZIDLA PŘI PRÁCI HNJ	44
6.2.1 Parametry potřebné pro výpočet	44

6.2.2	Výpočet stability	45
7	NÁVRH A VÝPOČET POMOCNÉHO RÁMU HNJ	47
7.1	NÁVRH POMOCNÉHO RÁMU	47
7.2	POČET ŠROUBŮ K PŘIPEVNĚNÍ RÁMU	49
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
	SEZNAM TABULEK.....	58

ÚVOD

Hydraulické nakládací jeřáby nebo častější název "Hydraulické ruky", se v posledních dvaceti pěti letech v České republice velmi rozšířily a staly se nedílnou součástí lesního průmyslu, stavebního průmyslu a nákladní autodopravy. Nejběžnější využití hydraulické ruky je v kombinaci právě s výše zmiňovaným nákladním automobilem, se kterým tvoří zpravidla pevný celek. Na poli dnešního trhu je nabízeno mnoho značek jeřábů, převážně jsou to však zahraniční výrobci, kteří mají desítky let zkušeností a vývoje. Z tohoto důvodu je Česká republika zaměřena převážně na montáže jeřábů v kombinaci s výrobou dalších nástaveb. Nástavby, které jsou k hydraulickým jeřábům vyráběny a namontovány, jsou přesně dle představ zákazníka, a to jak pro univerzální využití, tak i pro speciální aplikace vhodné jen pro konkrétní oblast.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HYDRAULICKÉ NAKLÁDACÍ JEŘÁBY NA NÁKLADNÍCH VOZIDLECH

Hydraulický nakládací jeřáb na nákladním vozidle je podstatně variabilnější než klasický autojeřáb.

1.1 Nakládací jeřáb

Hydraulický nakládací jeřáb, dále již jen jako "HNJ", je samostatný technický celek, obvykle nesený na nákladním automobilu nebo přívěsu, a je určen pro nakládání a vykládání vozidla, včetně dalších činností, které povoluje výrobce. Jeřáb je poháněn motoricky od vozidla prostřednictvím hydraulického čerpadla.[1]

HNJ jsou obsazovány do různorodých oblastí jako stavebnictví, zpracování odpadů, lesního a vodního hospodářství.

1.1.1 Základní rozdělení HNJ dle různých výrobců

Následující tabulka uvádí největší světové výrobce hydraulických nakládacích jeřábů, dovážených nejběžněji do České republiky.

Tab. 1- Hlavní výrobci HNJ

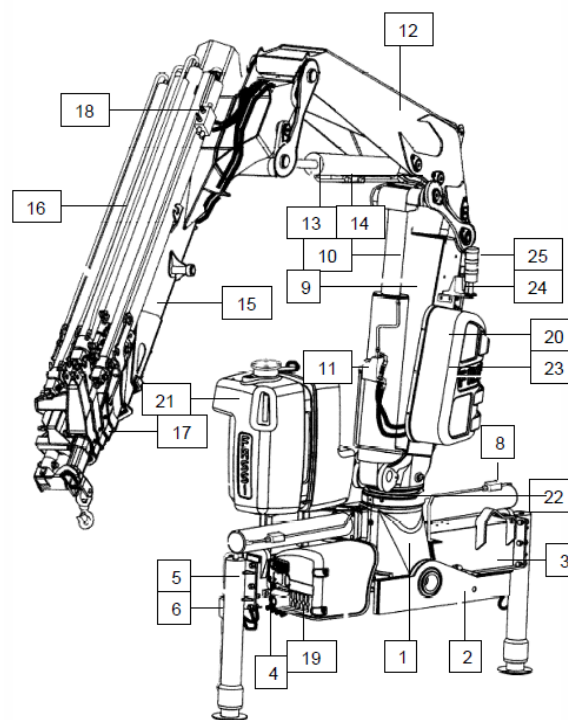
Výrobce	Nosnost v [t/m]		
	Lehká	Střední	Těžká
Itálie- Fassi	1-12	13-38	195
Rakousko- Palfinger	0,9-10	11-34	36-200
Dánsko- HMF	0,5-12	13-26	32-85
Itálie- Effer	3,5-10	21,5-31,5	35-300
Itálie- PM	1,1-15,5	16-40,5	41-150
Anglie- Atlas	1,3-5,6	6,5-24	25-62
Švédsko (Finsko)- Hiab	0,9-6,7	7-24	28-90

1.1.2 Hlavní části HNJ

Základní částí HNJ je podstavec, který tvoří pevnou základnu, v nichž jsou umístěny stabilizační podpěry a sloup se systémem ramen a výložníku. Podstavec je vyráběn jako svařenec nebo nejvíce namáhaná část (uložení sloupu) je vyrobena jako odlitek a k další části podstavce nejčastěji přivařena. Sloup HNJ se otáčí vzhledem k pevné základně, a to v minimálním rozsahu 360 ° (omezený rozsah otáčení) nebo je konstruován,

jako nekonečná otoč (neomezený rozsah). Systém ramen a výložníku může být jako jednoramenný nebo dvouramenný. Speciální aplikací je třetí rameno s vlastním výložníkem, které se umísťuje na konec výložníku ramen HNJ. Veškerý pohyb HNJ je ovládán hydraulickým rozvaděčem (řídící prvek) a přímočarými hydromotory (silový prvek). Propojení mezi řídicími a silovými prvky je hydraulickými hadicemi a trubkami. Jako bezpečnostní prvky jsou používány hydraulické ventily a zámky, které zabraňují samovolnému pohybu/pádu jednotlivých částí HNJ.

1. Podstavec sloupu
2. Vahadlo
3. Trámec podstavce
4. Trámec podpěr
5. Stabilizační podpěra
6. Hydraulický zámek podpěry
7. Mechanismus otáčení
8. Regulátor průtoku
9. Sloup
10. Hydraulický válec hl. ramene
11. Řídící ventil hl. válce
12. Hlavní rameno HNJ
13. Hydraulický válec druhého ramene
14. Řídící ventil druhého válce
15. Druhé rameno
16. Hydraulický válce výložníku
17. Ramena výložníku
18. Řídící ventil válců výložníku
- 19/20 Hydraulický rozvaděč stabilizačních podpěr/Hydraulický rozvaděč jeřábu
21. Olejová nádrž



Obr. 1 - Hydraulický nakládací jeřáb.

22. Systém omezovače výkonu otáčení - stabilní/nestabilní sektor

23/24/25. Elektronický systém HNJ

1.1.3 Příslušenství HNJ

Z důvodu širší oblasti použití, bezpečnosti a komfortu, jsou HNJ standardně vybavovány příslušenstvím buď na přání zákazníka, nebo z funkčních důvodů.

1.2 Kategorizace nákladních automobilů a přípojných vozidel

Nákladní automobily a přípojná vozidla, na která jsou montovány HNJ, jsou rozděleny do několika váhových kategorií. Při montáži nakládacího jeřábu na nákladní vozidlo dojde ke zvýšení zatížení náprav a k nepříznivému ovlivnění stability vozidla. V závislosti na poloze umístění jeřábu na vozidle a hmotnosti jeřábu (hmotnost a poloha těžiště) bývá nutností, aby bylo vozidlo vybaveno zesílenými pružinami, stabilizátory a zesílenými tlumiči rázů. Maximální povolené hmotnosti nákladních vozidel na silnici a jednotlivé zatížení jejich náprav je stanoveno Sbírkou zákonů.

Kategorie N (motorová vozidla určená především pro nákladní dopravu).[2]

Tab. 2- Kategorie nákladních vozidel.

Kategorie N	Hmotnost	Hmotnost
N1	>0 kg	<=3500 kg
N2	>3500 kg	<=12000 kg
N3	>12000 kg	

Kategorie O (přípojná vozidla určená především pro nákladní dopravu).[2]

Tab. 3- Kategorie přípojných vozidel.

Kategorie O	Hmotnost	Hmotnost
O1	>0	<=750 kg
O2	>750 kg	<=3500 kg
O3	>3500 kg	<=10000 kg
O4	>10000 kg	

2 UMÍSTĚNÍ HNJ NA NÁKLADNÍM VOZIDLE

Umístění HNJ na vozidlo je prováděno na základě požadavku zákazníka s ohledem na technicky možné řešení.

2.1 Obecný popis montáže HNJ k rámu vozidla

Umístění HNJ na vozidlo se provádí prostřednictvím pomocného rámu, který tvoří středový díl mezi rámem vozidla (chassi) a základnou jeřábu. Pomocný rám je zpravidla tvořen čtvercovým nebo obdélníkovým profilem umístěným proti rámu vozidla. Tyto dva souběžné profily jsou propojeny středovým profilem a rám tak tvoří tvar písmene "H" (jednoduchý rám). Složitější rámy s více středovými příčkami, jsou vyráběny z důvodu tuhosti a zachycení torze od HNJ s větším zatížením. Na vnějších stranách profilů je umístěn tzv. styčnickový plech, který vytváří pevné spojení pomocného rámu k rámu vozidla. Styčnickový plech je k profilu pomocného rámu přivařen a k rámu vozidla přišroubován pevnostními šrouby. Počet pevnostních šroubů je stanoven v závislosti na momentu, který vytváří ramena a břemeno jeřábu. Tento moment je zachycen třecí silou, která vzniká utahením šroubů mezi styčnickovým plechem a rámem vozidla. Spojení pomocného rámu a jeřábu je prováděno prostřednictvím tzv. kotevních šroubů, jejichž počet je stanoven výrobcem jeřábu. Kotevní šroub je pevnostní závitová tyč, která je uchycena v kapsách jeřábu na jedné straně a na straně druhé je vsunuta přes tzv. kotevní trubky, které jsou na pomocném rámu přivařeny koutovým svarem. HNJ je k pomocnému rámu přitaženo prostřednictvím tyčí a matic na předepsaný utahovací moment zadaný výrobcem.

2.2 Způsob umístění HNJ na nákladním vozidle dle montáže

Montáže na nákladní vozidlo jsou prováděny ve třech základních provedeních:

- Montáž za kabinou
- Zadní montáž
- Střední montáž (méně obvyklá)

2.2.1 Montáž za kabinou

Montáž za kabinou je nejběžnější způsob umístění na nákladní vozidlo. Takto montovaný jeřáb je umístěn mezi kabinou vozidla a další užitkovou nástavbou. U předních montáží je nutné kontrolovat především zatížení přední nápravy od jeřábu a vždy dodržet zatížení, které je stanoveno legislativně a výrobcem.



Obr. 2 - Přední montáž HNJ na kontejneru.

2.2.2 Montáž na zádi vozidla (v převisu)

Zadní montáž HNJ na nákladním vozidle je druhý nejběžnější způsob. Jeřáb je montován do převisu vozidla a hlavním důvodem těchto montáží je možnost nakládat/vykládat vozidlo a zároveň přívěs. Pomocné rámy musejí být dostatečně tuhé, protože HNJ vytvářejí poměrně vysoký krut a k zachycení krutu vyvolaného jeřábem se používá tzv. torzního kříže, který je směrem vpřed před zadní nápravu.



Obr. 3 - Zadní montáž HNJ na vozidlo.

2.2.3 Středová montáž

Středová montáž je méně obvyklé umístění jeřábu. Jednou z možných aplikací je tahač s návěsem. HNJ je montováno do středové části návěsu. Výhodami těchto montáží je možnost kratšího vyložení ramen v podstatě na polovinu délky návěsu a tím i menší hmotnost jeřábu, který svou vahou ubírá z užitečné hmotnosti. Další středovou a méně běžnou aplikací je montáž na střed samotného vozidla. Zpravidla se jedné o těžké řady jeřábů, které jsou montovány na tři a více nápravová vozidla, kde vlastní užitečná hmotnost na přepravu materiálu je minimální, a proto jsou využívány namísto klasických autojeřábů.

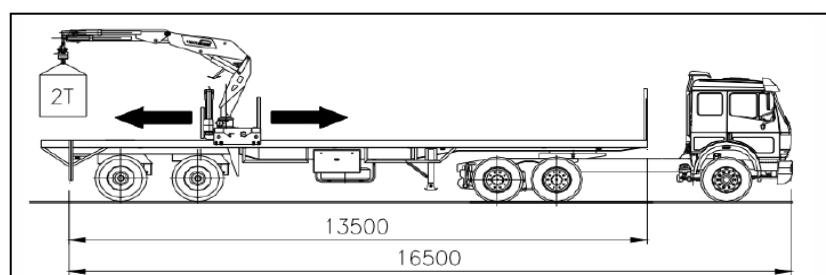


Obr. 4 - Středová montáž.

2.2.4 Speciální montáže

Pohyblivý jeřáb-

Jednou z možných aplikací je pohyblivá montáž na návěsu tahače, prováděná pod značkou Hyva-Kennis. Hlavní výhodou tohoto pojízdného jeřábu, je jeho elipsovité dosah okolo celého návěsu s možností používat krátké a tím i rychle manipulovatelné jeřábové rameno, kdy na rozdíl od klasického jeřábu připevněného k rámu nákladního vozidla, nemusí být toto rameno tak dlouhé, aby dosáhlo i na nejvzdálenější ložnou plochu vozidla.[3]



Obr. 5 - Středová montáž - aplikace Hyva-Kennis.

Kontejnerová montáž-

Jedná se o speciální způsob montáže na výměnnou kontejnerovou nástavbu (kontejner). Hlavní výhodou těchto montáží je daleko širší oblast využití v závislosti na užitečné hmotnosti. V případě používání kontejneru s HNJ, je užitečná hmotnost nižší o vlastní váhu jeřábu, ale lze však skládat a nakládat materiál nezávisle na dalším zdvihacím zařízení. Při využití pouze standardního kontejneru, lze převážet vyšší hmotnosti. Obě varianty použití se projeví hlavně z hlediska kladné ekonomické stránky.



Obr. 6 - Kontejnerová montáž.

Jeřábová plošina-

Jeřábová kontejnerová plošina je zařízení, které slouží k provádění jeřábových prací jak při použití na podvozku, který je vybaven jednoramenným kontejnerovým nosičem, tak i jako samostatná jednotka schopná provádět jeřábové práce bez nutnosti použití automobilu. Plošina je po odstavení stabilizována pro práci s jeřábem čtyřmi hydraulickými podpěrami ovládanými samostatně. Samostatného pohonu jeřábu na plošině je dosaženo použitím diesel-agregátu, který je součástí kontejnerové plošiny. Součástí výbavy jeřábumůže být například odnímatelný pracovní koš pro osoby, který tak rozšíří užitnou hodnotu jeřábu v rámci jednoho stroje o vysokozdviznou montážní plošinu.



Obr. 7 - Speciální jeřábová plošina.

3 KOMBINACE VOZIDLA A HNJ

Při realizaci montáže HNJ na vozidlo musí být dodržena řada zásad pro správnou funkčnost

3.1 Zásady kombinace vozidla/HNJ

Pokud je HNJ namontováno na vozidlo, mění se tím celá řada hodnot (užitečná hmotnost vozidla, rozměry, zatížení na nápravy, atd.). Všechny tyto změny musí být přepočítány a zkontrolovány. Každé vozidlo má výrobcem předepsané mezní hodnoty, právní předpisy a normy, které musí být striktně dodržovány, jelikož jejich překročení by mohlo ovlivňovat vlastnosti vozidla (namáhání, spotřeba energie, brzdné účinky, atd.).

Základní pravidla výběru jeřábu montovaného na určitý typ vozidla lze rozdělit takto:

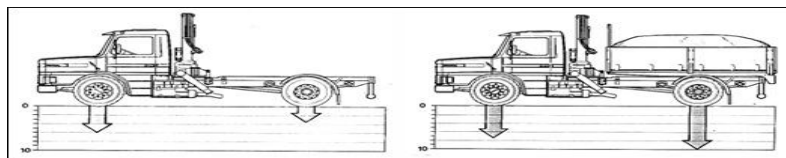
- rozložení hmotnosti na nápravy
- stabilita vozidla
- ověření motoru vozidla/převodové charakteristiky

3.2 Stanovení zatížení náprav vozidla

Základní hodnoty pro výpočet:

- poloha hydraulického nakládacího jeřábu na vozidle, hmotnost, rozměry, těžiště
- těžiště rámu vozidla, tlaky na nápravy od vozidla, rozměry vozidla
- rozměry další užitkové nástavby, těžiště, hmotnost

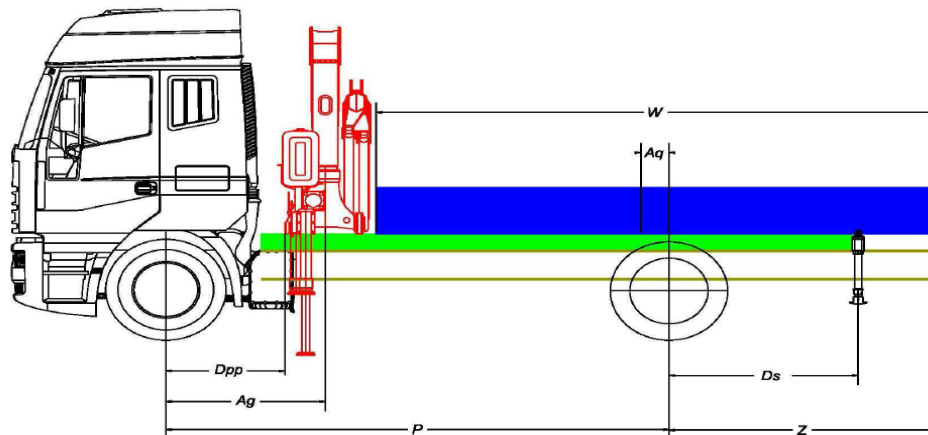
Bez ohledu na počet náprav, je výpočet vždy řešen jako nosník na dvou podporách (statická rovnováha). Pro správný výpočet je třeba započítat všechny nesené nástavby/součásti s ohledem na jejich těžiště.[4]



Obr. 8 - Zatížení náprav od nástaveb.

Všechny potřebné rozměry, výkresy a údaje potřebné pro výpočet, je nutné si vždy vyžádat od jednotlivých dodavatelů konkrétních technických celků (vozidlo, jeřáb, atd.).

3.2.1 Obecný výpočet 2 nápravového vozidla s HNJ za kabinou



Obr. 9 - Dvounápravové vozidlo s HNJ za kabinou.

Popis symbolů:

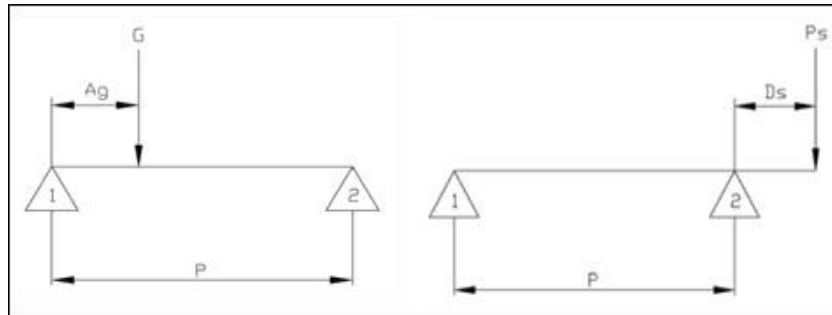
G	Hmotnost HNJ (včetně olejové náplně a kotevního materiálu)
T	Hmotnost vozidla (*)
T1	Hmotnost vozidla na přední nápravu (*)
T2	Hmotnost vozidla na zadní nápravu (*)
Pc	Hmotnost nástavby vozidla
Ps	Hmotnost zadních přidavných podpěr
PP	Hmotnost PTO a čerpadla
TT	Celková hmotnost celku
Q	PTT-TT (užitečná hmotnost)
PTT	Celková hmotnost při plném zatížení
P	Rozvor vozidla
Z	Zadní převis vozidla (&)
W	Délka užitkové nástavby
Ag	Vzdálenost přední nápravy od těžiště HNJ
Aq	Poloha těžiště nástavby
Ds	Vzdálenost mezi přidavnými podpěrami a zadní nápravou
Dpp	Vzdálenost přední nápravy od těžiště PTO a čerpadla
1	Přední náprava (**)
2	Zadní náprava (**)

- * Tyto hodnoty lze získat ze specifikace vozidla, nebo přímým vážením.
- ** Pro vozidla se dvěma předními nápravami, je rozvor měřen od jejich středové osy.
- & V členských zemích Evropské unie je maximální délka zadního technického převisu 65 % délky rozvoru P vozidla (pokud není stanoveno jinak).

Zatížení od jeřábu lze počítat jako HNJ v základní složené poloze nebo jako rozložený do ložné plochy (např. valníkové nástavby).

3.2.1.1 Výpočet zatížení dle rozmístění nástaveb

PN / PZ - Přední náprava / zadní náprava



Obr. 10 - Zatížení od HNJ / zatížení od přidavných podpěr.

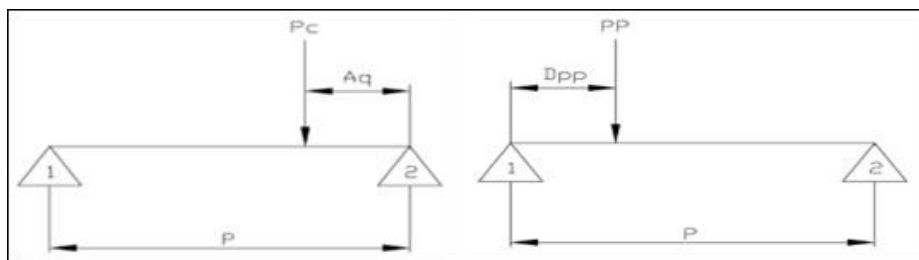
Zatížení na PN
$$G1 = \frac{G * (P - Ag)}{P} [Kg] \tag{1}$$

Zatížení na ZN
$$G2 = G - G1 [Kg] \tag{2}$$

Zatížení od zadních přidavných podpěr:

Zatížení na PN
$$Ps1 = (-) \frac{Ps * Ds}{P} [Kg] \tag{3}$$

Zatížení na ZN
$$Ps2 = Ps - Ps1 [Kg] \tag{4}$$



Obr. 11 - Zatížení na nápravy od karoserie / zatížení od čerpadla.

Zatížení od karoserie / nástavby:

$$\text{Zatížení na PN} \quad PC1 = \frac{Pc * Ag}{P} [Kg] \quad (5)$$

$$\text{Zatížení na ZN} \quad PC2 = PC - PC1 [Kg] \quad (6)$$

Zatížení od čerpadla:

$$\text{Zatížení na PN} \quad PP1 = \frac{PP * (P - Dpp)}{P} [Kg] \quad (7)$$

$$\text{Zatížení na ZN} \quad PP2 = PP - PP1 [Kg] \quad (8)$$

Celková zatížení od vybaveného vozidla:

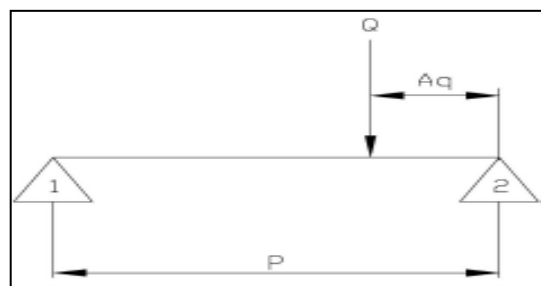
$$TT = T + G + Ps + Pc [Kg] \quad (9)$$

Celkové zatížení od vozidla na přední nápravu:

$$TT1 = T1 + G1 + Pc1 + Ps1 [Kg] \quad (10)$$

Celkové zatížení od vozidla na zadní nápravu:

$$TT2 = T2 + G2 + Pc2 + Ps2 [Kg] \quad (11)$$



Obr. 12 - Zbývající užitečná hmotnost.

Zbývající užitečné zatížení:

$$Q = PTT - TT \text{ [Kg]} \quad (12)$$

Zbývající užitečné zatížení na přední nápravu:

$$Q1 = \frac{Q * Ag}{P} \text{ [Kg]} \quad (13)$$

Zbývající užitečné zatížení na zadní nápravu:

$$Q2 = Q - Q1 \text{ [Kg]} \quad (14)$$

3.2.1.2 Celkové shrnutí

Tab. 4 - Celkové shrnutí

	První náprava	Druhá náprava	Celkem
Vlastní hmotnost	T1	T2	T
Jeřáb	G1	G2	G
Přídavné podpěry	Ps1	Ps2	Ps
PTO a čerpadlo	PP1	PP2	P
Karosérie	Pc1	Pc2	Pc
Celková hmotnost	TT1	TT2	TT
Zbývající hmotnost	Q1	Q2	Q
Celkem	TOT1	TOT2	T+G+Ps+PC+Q=PTT
Povolené zatížení od	MAX1	MAX2	PTT

3.2.1.3 Ověření hmotnostního poměru přední/zadní nápravy

Nenaložené vozidlo:

$$\frac{TT1}{TT2} = x > \text{Min. přípustná hmotnost} \quad (15)$$

Plně naložené vozidlo:

$$\frac{T01}{T02} = X > \text{Min. přípustná hodnota} \quad (16)$$

Minimální přípustná hodnota je výrobcem udávána 30 %.

3.3 Teoretický výpočet stability- analytická metoda

Takto provedený výpočet stability vozidla je velmi zjednodušený a do výpočtu nezahrnuje několik velmi důležitých faktorů jako, výška vozidla od země, tuhost/pružnost rámu, atd. I když tyto faktory přímo ovlivňují stabilitu vozidla, lze tento výpočet použít s dostatečnou bezpečnostní rezervou. Každý teoretický výpočet musí být vždy kontrolován pozdější praktickou ověřovací zkouškou.

Teoretická analýza výpočtu stability se provádí v souladu s jeřábovou normou EN12999:2011.

3.3.1 Montáž HNJ za kabinou

Pro výpočet teoretické stability vozidla je zapotřebí následujících hodnot.

Vozidlo:

Hodnoty potřebné pro výpočet lze získat přímo od výrobce nebo přímým měřením.

T1	Zatížení na přední nápravu.[Kg]
T2	Zatížení na zadní nápravu.[Kg]
T=T1+T2+T3+T4	Celkové zatížení.[Kg]
Rozvor (mm)	Vzdálenost mezi přední osou a zadní osou náprav.

HNJ:

Hodnoty potřebné pro výpočet lze získat přímo od výrobce nebo přímým měřením.

T4	Hmotnost přidavných podpěr.[Kg]
PP	Kapacita jeřábu.[Kg]
L	Vyložení PP od osy rotace - sloupu.[mm]

Gsb	Hmotnost ramen výložníku.[Kg]
Gbas	Hmotnost podstavce HNJ.[Kg]
Lsb	Těžiště Gsb od osy rotace.[mm]

Montáž HNJ na vozidlo:

T3	Hmotnost nástavby.[Kg]
d3	Vzdálenost těžiště od přední nápravy.[mm]
d4	Vzdálenost přídavných podpěr od přední nápravy. [mm]
$TL=K_s*P+(K_s-1)*G'b$	Zkušební zatížení.[Kg] (pokud je $TL < 1,25*PP$, pak předpokládáme $1,25*PP$).
$K_s=1,20$	Stabilizační faktor.
PP	Maximální zatížení s plně vyloženými rameny.[Kg]
$G'b=G_{sb}*L_{sb}/L$	Vlastní hmotnost ramen vyložení na konci posledního výložníku.[Kg]
Lg	Vzdálenost od osy sloupu a osy přední nápravy.[mm]
La	Vzdálenost od osy sloupu a osy podpěry na převrácené straně.[mm]
Lb	Vzdálenost od osy sloupu a osy rámu vozidla.[mm]
Tp	Vzdálenost od osy sloupu nebo osy zadní nápravy (osy přídavných podpěr).[mm]
Dp	Vzdálenost přídavné podpěry od středu opření po osu rámu vozidla.[mm]
Dp	Vzdálenost od osy listových pružin a od osy rámu vozidla.

Pokud je nalezení vzdálenosti problematické, doporučuje se 1/4 celkové šířky vozidla.[mm]

Výpočet stability při stranovém zatížení:

$$\alpha = \arctg \left[\frac{(La + Lb - Dp)}{Tp} \right] [^\circ] \quad (17)$$

$$c = La * \cos \alpha \quad (18)$$

$$Ip = \sqrt{Tp^2 + (La + Lb - Dp)^2} [mm] \quad (19)$$

$$x = \frac{(La + Lb) * Tp}{(La + Lb - Dp)} \text{ nebo } \frac{La + Lb}{\operatorname{tg} \alpha} [mm] \quad (20)$$

$$Lt = \frac{T2 * \text{rozvor} + (T3 * D3) + (T4 * D4)}{(T1 + T2 + T3 + T4)} [mm] \quad (21)$$

$$E = Lt - Lg [mm] \quad (22)$$

$$H = \frac{(La + Lb - Dp) * (x - E)}{Lp} [mm] \quad (23)$$

Stabilita při stranovém zatížení:

Jestliže je $Lsb > c$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

Stabilizační moment $Ms = (T * H) + (Gbas * c)$

Klopný moment $Mr = [TL * (L - c)] + [Gsb * (Lsb - c)]$

Bezpečnost $K = \frac{Ms}{Mr} > 1$

Jestliže je $Lsb < c$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

$$\text{Stabilizační moment} \quad Ms = (T * H) + [(Gbas * c) + Gsb * (c - Lsb)] \quad (27)$$

$$\text{Klopný moment} \quad Mr = [TL * (L - c)] \quad (28)$$

$$\text{Bezpečnost} \quad K = \frac{Ms}{Mr} > 1 \quad (29)$$

Stabilita v přední části vozidla (nad kabinou):

Jestliže je $Lsb > Lg$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

$$\text{Stabilizační moment} \quad Ms = (T * Lt) + (Gbas * Lg) \quad (30)$$

$$\text{Klopný moment} \quad Mr = [TL * (L - Lg)] + [Gsb * (Lsb - Lg)] \quad (31)$$

$$\text{Bezpečnost} \quad K = \frac{Ms}{Mr} > 1 \quad (32)$$

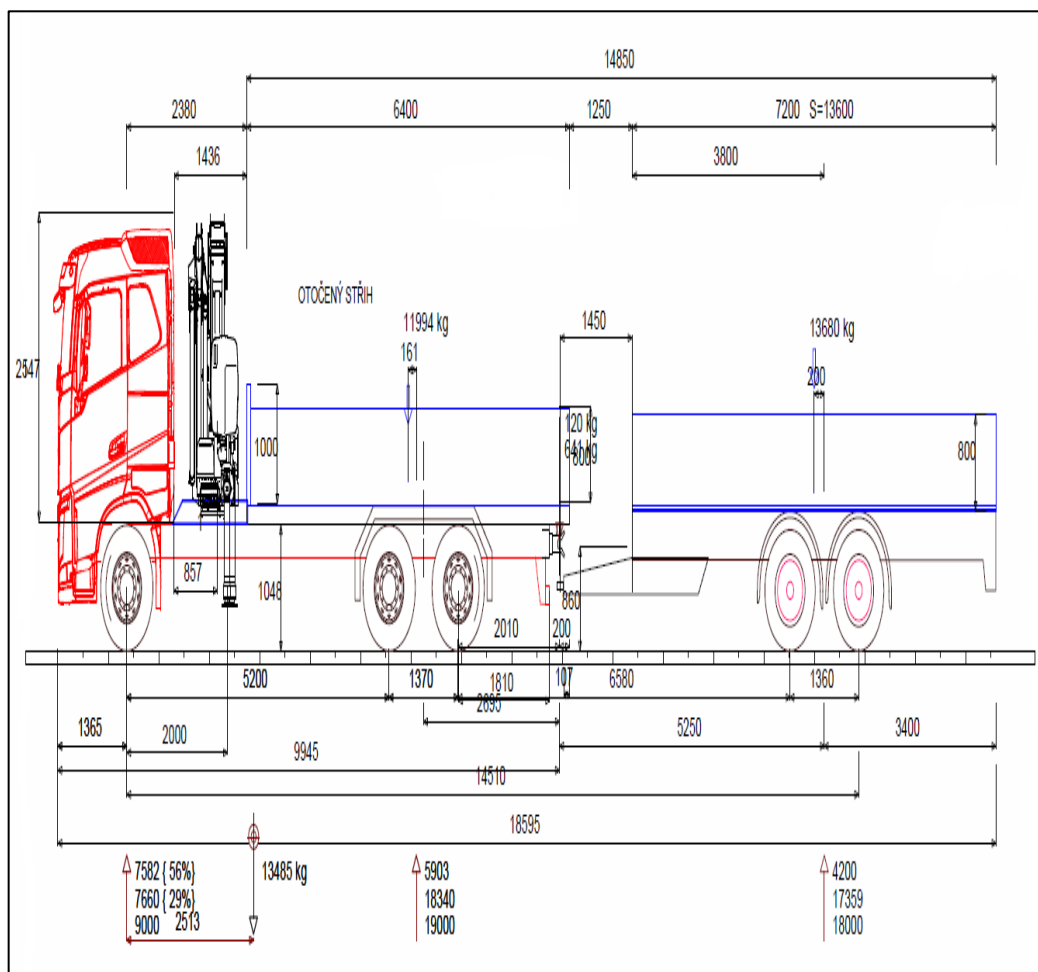
Jestliže je $Lsb < Lg$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

$$\text{Stabilizační moment} \quad Ms = (T * Lt) + (Gbas * Lg) + [Gsb * (Lg - Lsb)] \quad (33)$$

$$\text{Klopný moment} \quad Mr = [TL * (L - Lg)] \quad (34)$$

$$\text{Bezpečnost} \quad K = \frac{Ms}{Mr} > 1 \quad (35)$$

Pro snadnější a rychlejší kontrolu, jsou v dnešní době používány speciálně vyvinuté výpočtové programy, které mají rozsáhlou databázi podvozků nejběžnějších značek, databázi HNJ a dalších hydraulických nástaveb. Dále je možnost v tomto programu vytvářet vlastní návrhy například valníkových nástaveb a tím mít základní koncepci později realizované montáže. Velkou výhodou těchto softwarů je rychlost výpočtu, grafický náhled, možnost rychlé záměny jednotlivých nástaveb, podvozků, a tím i celková variabilita.



Obr. 15 - Ukázka výpočtu prostřednictvím programu TrailerWIN.

Dále tento program umožňuje výpočty rámu vozidla a pomocného rámu pod HNJ. Lze tak poměrně rychle zkontrolovat a vypočítat průřezové moduly rámu a zkontrolovat bezpečnost rámu vzhledem k maximálnímu dynamickému momentu HNJ. Všechny výpočty jsou v souladu s jeřábovou normou EN 12999.

4 POMOCNÉ RÁMY HNJ

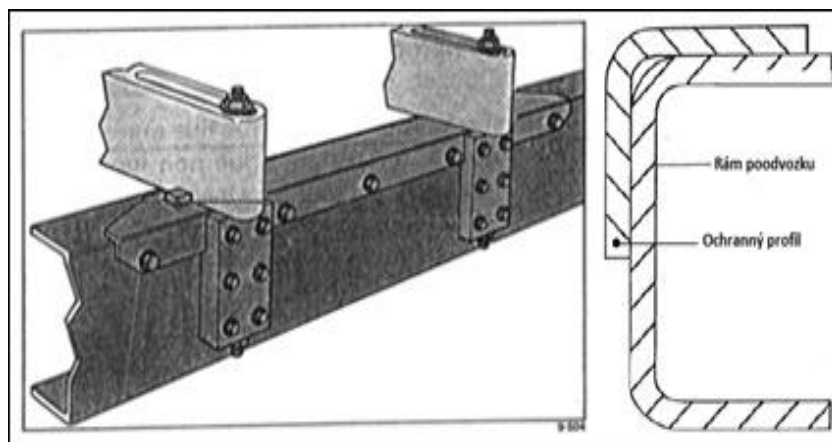
Při montáži hydraulického nakládacího jeřábu, je nutné namontovat mezi-rám (pomocný rám), jehož rozměry jsou závislé na typu podvozku, jeho použití a nosnosti jeřábu. Základní výpočty pomocného rámu vychází z jeřábové normy EN12999:2011. Spojení pomocného rámu s rámem vozidla, musí být schopné odolat namáhání, které je způsobené dynamickým momentem. Dynamický moment je brán jako maximální dynamický moment a je udáván každým výrobcem jeřábu. Výchozím bodem maximálního momentu je střed otáčení HNJ a tento se lineárně snižuje podél osy vozidla až k zadní nápravě, kde je v podstatě nulový. I v případě, že rám podvozku bude odolný vůči zatížení od HNJ, je vždy nutné montovat pomocný rám, a to z důvodu opotřebení vlivem otláčení od koncentrovaných napětí v místě spojení rámu a HNJ.[4]

4.1 Kontrola rámu vozidla a pomocného rámu

Pro kontrolu odolnosti rámu podvozku je nutné zkontrolovat dovolené ohybové napětí. [1]

$$\frac{M_{dyn.}}{W_o * 2} \leq \sigma_{dov.} \quad (36)$$

W_o- Modul průřezu v ohybu

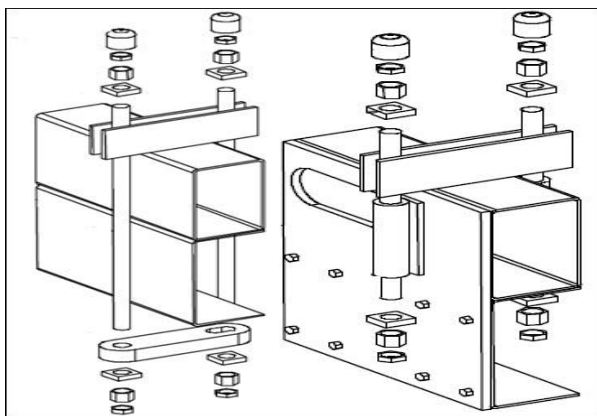


Obr. 16 - Profil na ochranu proti koncentrovanému zatížení.

4.2 Připojení pomocného rámu k rámu vozidla, metoda výpočtu

Pro připojení pomocného rámu k rámu vozidla jsou využívány následující dva způsoby:

- A. Rám podvozku, pomocný rám a HNJ jsou spojeny prostřednictvím kotevnicích šroubů, desek, které spojují tyto tři části v jeden celek.[1]
- B. Rám podvozku a pomocný rám jsou spojeny prostřednictvím styčnickových plechů přes šroubové spojení, HNJ je k pomocnému rámu připevněno pomocí kotevnicích šroubů a kotevnicích trubek. Kotevní trubky jsou k rámu přivařeny (dnes standardní metoda montáže).[1]



Obr. 17 - Typy montáží A a B.

Pokud osa sloupu jeřábu je mimo podélnou osu rámu vozidla, nebo základna jeřábu není v ose pomocného rámu HNJ, potom by dynamický moment měl být počítán včetně faktoru " β ", který je odvozený od excentricity jeřábu. Faktor " β " je závislý na šířce rámu vozidla " L_t " a na vzdálenosti vyosení osy sloupu HNJ, vzhledem k podélné ose vozidla (excentricita " L_b "). Důvod započítání faktoru " β " je nestejně zatížení rámu vozidla/pomocného rámu (ČSN EN 12 999 2012, s. 72).[1]

Faktor " β " je vypočítán následujícím způsobem:

$$\beta = 0,5 * \left[1 + \left(\frac{2L_b}{L_t} * k \right) \right] \quad (37)$$

"k" může nabývat hodnotu od 0 do 1 v závislosti na typu pomocného rámu a na typu základny HNJ:

- k = 1 Pro standardní pomocný rám se dvěma podélnými otevřenými profily, spojenými příčnický a s jeřábovou základnou s vahadlem.
- k = 0 Pro samonosné a integrované pomocné rámy.
- k = 0,2 Pro rámy, které jsou v celé délce rámu vozidla uzavřené (krabicový systém)a pro HNJ bez vahadla (tzv. s nekonečnou otočí).

Dynamický moment jeřábu je potom vypočítán:

$$M_e = M_{dyn} \cdot \beta \quad (38)$$

Pro připojení rámu vozidla a pomocného rámu jsou používány dva typy připojení:

- a) Pružné připojení dovoluje omezený vodorovný pohyb mezi podvozkem a pomocným rámem a může se uvažovat jako dva paralelně spolupůsobící nosníky. Průřezy podvozku a pomocného rámu jsou v závislosti na kvadratických momentech namáhány částí celkového ohybového momentu. [3]
- b) Tuhé připojení nedovoluje žádný pohyb mezi podvozkem a pomocným rámem a může se uvažovat jako jednoduchý složený nosník. Je důležité, aby se rozstupem a velikostí postranních desek zajistila dostatečná pevnost pro přenos výsledného smykového napětí.[3]

Rozdělení ohybového momentu:

- M_t Ohybový moment na rámu vozidla
- M_c Ohybový moment na pomocném rámu
- J_t Moment setrvačnosti rámu vozidla
- J_c Moment setrvačnosti pomocného rámu

Pružné připojení (podvozku a pomocného rámu):

$$\begin{aligned}
 M_e &= M_c + M_t \alpha \frac{M_c}{M_t} = \left(\frac{I_c}{I_t}\right) \Rightarrow M_c \\
 &= M_e \left(\frac{I_c}{I_c + I_t}\right) \alpha M_t \\
 &= M_e \frac{I_t}{I_c + I_t}
 \end{aligned} \tag{39}$$

$$\sigma_c = \frac{M_c}{W_c} \tag{40}$$

$$\sigma_t = \frac{M_t}{W_t} \tag{41}$$

Tuhé připojení pomocného rámu:

Tento výpočet spočívá v posuzování jednotlivých napětí v rámu vozidla a v pomocném rámu HNJ vůči dovolenému napětí. Zkouška dovoleného napětí se provádí pro horní a dolní část rámu, konkrétně pro horní část pomocného rámu a spodní část rámu vozidla.[1]

$$\text{Horní část} \quad \sigma_c = \frac{M_e}{W_s} \leq \sigma_{dov}. \tag{42}$$

$$\text{Dolní část} \quad \sigma_{dol.} = \frac{M_e}{W_t} \leq \sigma_{dov}. \tag{43}$$

4.2.1 Dimenzování počtu šroubů spojení rámu

Dimenzování počtu šroubů spojujících pomocný rám s rámem podvozku, se provádí ověřením na smyk mezi oběma rámy. Utažením šroubu na předepsaný moment, je v něm vyvolána osová síla, která spolu se součinitelem tření, vyvolá třecí sílu, která musí být větší než síla, kterou vyvolá HNJ prostřednictvím maximálního momentu ramene.

Metoda výpočtu uvažuje následující parametry:[5]

M_u - Utahovací moment

F_o - Osová síla šroubu

f' - Efektivní součinitel tření

f_1 - Součinitel smykového tření mezi rámy

f_2 - Součinitel smykového tření v závitu

f_3 - Součinitel smykového tření mezi maticí a podložkou

ϑ - Třecí úhel

β - Úhel stoupání závitu

α - Vrcholový úhel závitu

$$F_o = \frac{M_u}{\left[f_3 * \frac{D}{2} + \tan(\vartheta + \beta) * \frac{d_2}{2} \right]} \quad (44)$$

$$f' = \frac{f_2}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (45)$$

$$\vartheta = \arctan f' \quad (46)$$

$$\beta = \arctan \left(\frac{p}{\pi \cdot d} \right) \quad (47)$$

Síla v místě jednoho kotevního šroubu vyvolaná momentem HNJ:

$$F_{HNJ} = \frac{M_{max.dyn.}}{A/2} \quad (48)$$

$M_{max. dyn.}$ - Maximální dynamický moment HNJ

A - Vzdálenost kotevních šroubů

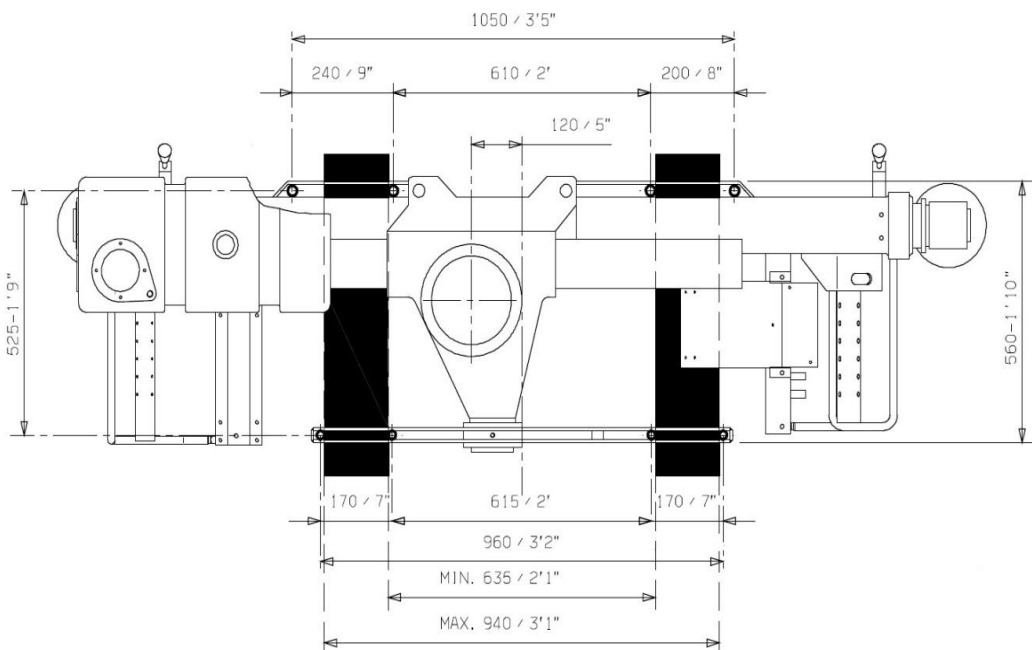
Potřebná osová síla včetně součinitele smykového tření:

$$F_T = \frac{F_{HNJ}}{f_1} \quad (49)$$

Počet šroubů v místě jedné kotvy:

$$\check{S}_{celk.} = \frac{F_{HNJ}}{F_o} \quad (50)$$

Výsledný počet šroubů je množství potřebné k zachycení sil v jednom místě kotevního šroubu, výsledek je vždy zaokrouhlen směrem nahoru.



Obr. 18 - Kotvená část HNJ k pomocnému rámu.

5 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI A CÍLE PRAKTICKÉ ČÁSTI PRÁCE

Teoretická část mé práce pojednává o základním náhledu montáží a využití HNJ, na nákladní vozidla, dále o základních postupech výpočtů, které jsou důležité jak z legislativního, tak funkčního hlediska.

V praktické části je na žádost zákazníka řešena montáž konkrétního hydraulického jeřábu Fassi F80A.22, dále montáž nosiče kontejnerů SC 6/42, a to na podvozek Mercedes Benz Atego 1522 4x2. Požadavek je ověřit zatížení na jednotlivé nápravy a zkontrolovat z hlediska legislativního omezení. Dále zkontrolovat stabilitu vozidla v závislosti na výkonu jeřábu a navrhnout pomocný rám.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 MONTÁŽ HNJ NA VOZIDLO DLE ZÁKAZNÍKA

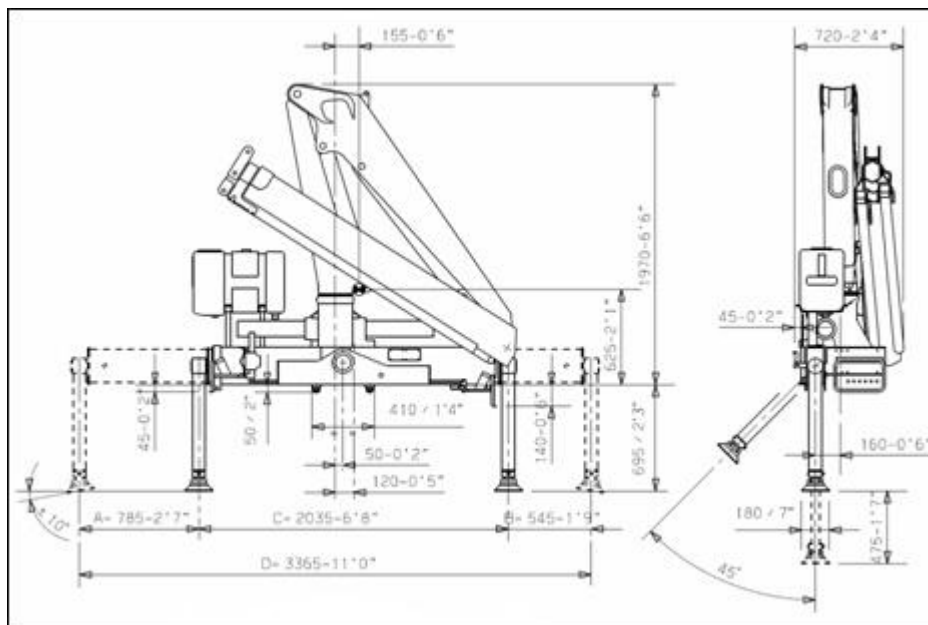
Pro konkrétní výpočet jsem vybral podvozek Mercedes- Benz Atego 1522 4x2 s krátkou kabinou. Na vozidlo mají být namontovány dvě nástavby pro manipulaci a převoz materiálu. První nástavba má být hydraulický nakládací jeřáb F80A.22, druhá nástavba hydraulický nosič kontejnerů MEC SC 6/42.

6.1 Parametry nástaveb

6.1.1 Parametry hydraulického nakládacího jeřábu F80A.22

Parametry poskytnuté italským výrobcem Fassi, který splňuje všechny požadavky dle jeřábové normy EN 12999:

Kapacita HNJ	7,95 t/m
Hmotnost HNJ	1025 kg
Hmotnost olejové náplně	90 kg
Kotevní materiál	9 kg



Obr. 19 - Parametry HNJ.

6.1.2 Parametry hydraulického nosiče kontejnerů SC 6/42

Vybraný nosič kontejnerů je produkt italského výrobce, který splňuje požadavky na kontejnerovou normu DIN 40722.

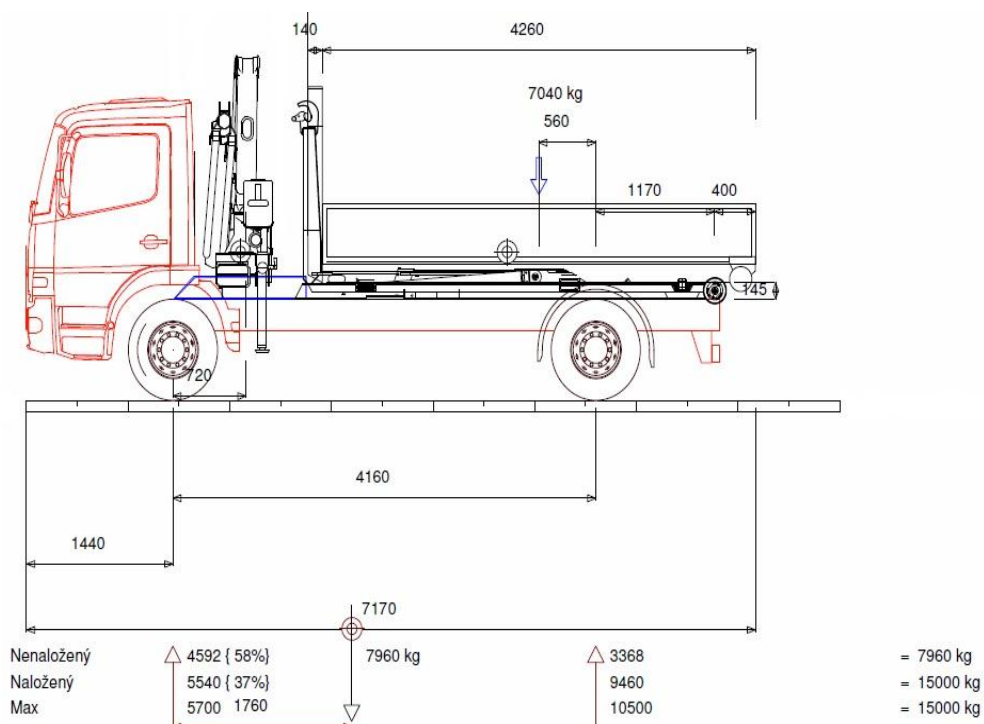
Parametry poskytnuté italským výrobcem Meccanidraulica:

Kapacita HNK	6 t
Hmotnost HNK	1121 kg
Kotevní materiál	10 kg
Poloha těžiště od rolny	915 mm

6.1.3 Parametry vozidla MB Atego 1524

Parametry poskytnuté německým výrobcem Mercedes Benz:

Zatížení na přední nápravě	3155 kg
Zatížení na zadní nápravě	1560 kg
Rozvor	4160 kg
Převis	1250 mm



Obr. 20 - Parametry vozidla.

6.1.4 Výpočet a kontrola zatížení náprav vozidla MB

Dle získaných parametrů od jednotlivých výrobců podvozku a nástaveb, bude proveden výpočet zatížení na nápravy vozidla a následné vyhodnocení dle povolených mezí.

Zatížení od jeřábu:

$$\begin{aligned} \text{Zatížení na PN} \quad G1 &= \frac{G * (P - Ag)}{P} = \frac{1124 * (4160 - 720)}{4160} \\ &= 929,5 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (51)$$

$$\text{Zatížení na ZN} \quad G2 = G - G1 = 1124 - 929,5 = 194,5 \text{ Kg} \quad (52)$$

Zatížení od nástavby HNJ:

$$\text{Zatížení na PN} \quad Pc1 = \frac{Pc * Ag}{P} = \frac{1131 * 951}{4160} = 258,6 \text{ Kg} \quad (53)$$

$$\begin{aligned} \text{Zatížení na ZN} \quad Pc2 &= Pc - Pc1 = 1131 - 258,6 \\ &= 872,4 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (54)$$

Zatížení od kontejneru:

$$\text{Zatížení na PN} \quad Pc1 = \frac{Pc * Ag}{P} = \frac{840 * 560}{4160} = 113 \text{ Kg} \quad (55)$$

$$\text{Zatížení na ZN} \quad Pc2 = Pc - Pc1 = 840 - 113 = 727 \text{ Kg} \quad (56)$$

Celková zatížení od vybaveného vozidla:

$$\begin{aligned} TT &= T + G + Pc = 4715 + 1124 + 1971 \\ &= 7810 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (57)$$

Celkové zatížení od vozidla na přední nápravu:

$$\begin{aligned} TT1 &= T1 + G1 + Pc1 \\ &= 3155 + 929,5 + 371,55 \\ &= 4456 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (58)$$

Celkové zatížení od vozidla na zadní nápravu:

$$\begin{aligned} TT2 &= T2 + G2 + Pc2 = 1560 = 194,5 \\ &= 1599,45 = 3353,95 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (59)$$

Zbývající užitečné zatížení:

$$\begin{aligned} Q &= PTT - TT = 15000 - 7810 \\ &= 7190 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (60)$$

Zbývající užitečné zatížení na přední nápravu:

$$Q1 = \frac{Q * Ag}{P} = \frac{7190 * 720}{4160} = 1244,42 \text{ Kg} \quad (61)$$

Zbývající užitečné zatížení na zadní nápravu:

$$\begin{aligned} Q2 &= Q - Q1 = 7190 - 1244,42 \\ &= 5945,58 \text{ Kg} \end{aligned} \quad (62)$$

6.1.5 Celkové shrnutí

Tab. 5 - Vypočtené zatížení vozidla.

Hmotnost (kg)	První náprava	Druhá náprava	Celkem
Vlastní hmotnost vozidla	3155	1560	4715
Jeřáb	929,5	194,5	1124
Přídavné podpěry	-	-	-
PTO a čerpadlo	-	-	-
Nástavby	371,55	1599,45	1971
Celková hmotnost	4456,05	3353,95	7810
Zbývající hmotnost	1244,42	5945,58	7190
Celkem	5700,47	9299,53	15000
Povolené zatížení od	5700	10500	15000

6.1.6 Ověření hmotnostního poměru přední/zadní nápravy

Nenaložené vozidlo:

$$1. \frac{TT1}{TT2} = \frac{4456,05}{3353,95} = 1,3285 > 1,3 \text{ VYHOVUJE}$$

Plně naložené vozidlo:

$$2. \frac{TO1}{TO2} = \frac{5700,47}{9299,53} = 0,61129 * 100 = 61,2 \% > 30 \% \text{ VYHOVUJE}$$

Hodnota 30 % minimálního zatížení přední nápravy je udávána výrobcem vozidla a je požadována z důvodu říditelnosti přední nápravy. V tomto případě je podvozek vhodný pro vybrané typy nástaveb.

6.2 Kontrola stability vozidla při práci HNJ

Před montáží HNJ na vozidlo, je nutné provést výpočet stability, kdy je porovnáván stabilizační moment vozidla/klopný moment HNJ.

6.2.1 Parametry potřebné pro výpočet

Tab. 6 – Parametry potřebné pro výpočet stability.

Vozidlo	Symbol	Hodnota
Kg	T1	3155
Kg	T2	1560
Kg	$T=T1+T2+T3$	5846
mm	Rozvor	4160
HNJ	Symbol	Hodnota
Kg	P	1010
mm	L	7250
Kg	Gsb	579
Kg	Gbas	531
mm	Lsb	2586
HNJ na vozidle	Symbol	Hodnota
Kg	T3	1131
mm	D3	3209
mm	D4	0
Kg	$TL=Ks.P+(Ks-1).G'b$	1253,3
	KS	1,20
Kg	P	1010
Kg	$G'b=Gsb.Lsb/L$	206,52
mm	Lg	720
mm	La	1687
mm	Lb	120
mm	Tp	3450
mm	Dp	600

6.2.2 Výpočet stability

Výpočet stability při stranovém zatížení:

$$\alpha = \arctg \left[\frac{1687 + 120 - 600}{3450} \right] \cong 19^\circ \quad (63)$$

$$c = 1687 * \cos 19^\circ = 1595 \text{ mm} \quad (64)$$

$$Lp = \sqrt{3450^2 + (1687 + 120 - 600)^2} = 3740 \text{ mm} \quad (65)$$

$$x = \frac{(1687 + 120)}{\operatorname{tg} 19^\circ} = 5248 \text{ mm} \quad (66)$$

$$\begin{aligned} Lt &= \frac{(1560 * 4160) + (1131 + 3209) + 0}{(3155 + 1560 + 1131 + 0)} \\ &= 190,92 \text{ mm} \end{aligned} \quad (67)$$

$$E = 1790,92 - 720 = 1070,92 \text{ mm} \quad (68)$$

$$\begin{aligned} H &= \frac{(1687 + 120 - 600) * (5248 - 1070,92)}{3740} \\ &= 1348 \text{ mm} \end{aligned} \quad (69)$$

Jestliže je $Lcb > C$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

$$\begin{aligned} \text{Stabilizační moment} \quad Ms &= (5846 * 1348) + (531 * 1595) \\ &= 8727353 \text{ Kg/mm} \end{aligned} \quad (70)$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= 1262,5 * (7250 - 1595) \\
 \text{Klopný moment} &+ (579 * (2586 - 1595)) \\
 &= 7713226,5 \text{ Kg/mm}
 \end{aligned}
 \tag{71}$$

$$\text{Bezpečnost} \quad K = \frac{8727353}{7713226,5} = 1,13 > 1
 \tag{72}$$

Stabilita v přední části vozidla (nad kabinou):

Jestliže je $L_{cb} > C$, moment musí být počítán následujícím způsobem:

$$\begin{aligned}
 \text{Stabilizační moment} \quad Ms &= (5846 * 1790,92) + (531 * 720) \\
 &= 108520038 \text{ Kg/mm}
 \end{aligned}
 \tag{73}$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= (1262,5 * (7250 - 720)) \\
 \text{Klopný moment} &+ (579 * (2586 - 720)) \\
 &= 9324539 \text{ Kg/mm}
 \end{aligned}
 \tag{74}$$

$$\text{Bezpečnost} \quad K = \frac{10852038}{9324539} = 1,16 > 1
 \tag{75}$$

Bezpečnost dle výpočtu vyšla při stranovém zatížení 1,13 a pře přední klopnou hranu 1,16. HNJ lze namontovat na vozidlo.

7 NÁVRH A VÝPOČET POMOCNÉHO RÁMU HNJ

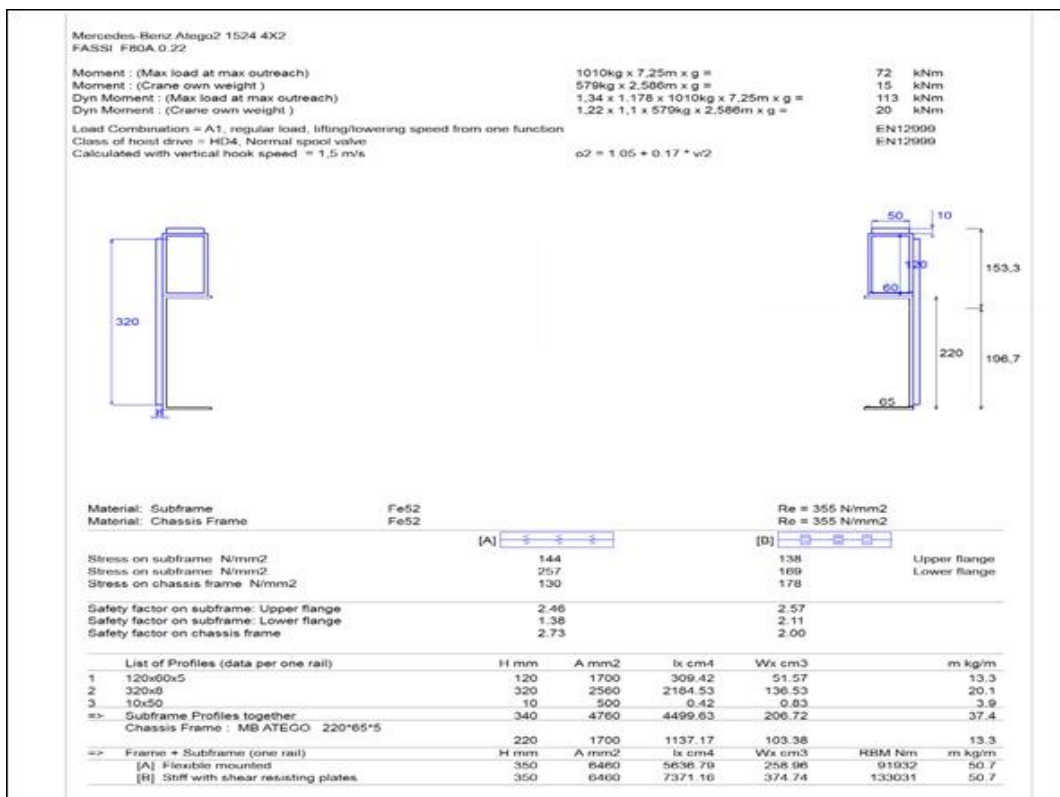
Pomocný rám HNJ má za úkol zvýšit odolnost rámu vozidla proti namáhání od ohybového momentu jeřábu a roznést koncentrovaná napětí.

7.1 Návrh pomocného rámu

Pomocný rám navrhují za pomoci programu TrailerWin, který využívá vzorců určených pro výpočet dle EN 12 999[5], a tím splňuje veškeré předepsané požadavky. Výhodou je rychlý výpočet momentů setrvačnosti, vkládání standardních profilů z knihovny, grafický náhled rámu, výpočet obou typů spojení rámu (pevného/pružného).

Materiály pro návrh pomocného rámu jsou následující:

1. Uzavřený obdélníkový profil 120x60x5, materiál dle EN 10 219:97, jakost 11 523, mez kluzu 355 MPa.
2. Boční plech materiál jakost 11 523, tloušťka 6 mm, mez kluzu 355 MPa.
3. Pásovina na otlačení 11 523, tloušťka 15 mm, mez kluzu 355 MPa.



Obr. 21 - Výpočet rámu v programu TrailerWIN.

Jelikož uvažuji montáž pomocného rámu jako pevné spojení, uvažuji a kontroluji pouze následující hodnoty, které byly vypočítány programem TrailerWin.

Výpočtem v programu vyšly následující hodnoty:

Tab. 7 - Vypočtené hodnoty softwarem TrailerWin.

Popis	Hodnota
Moment (max. zatížení a max. vysunutí ramen)	72 kNm
Moment (od vlastní váhy jeřábu)	15 kNm
Dynamický moment (max. zatížení a max. vysunutí ramen)	113 kNm
Dynamický moment (od vlastní váhy jeřábu)	20 kNm
Kvadratický moment spojených rámu	7371 I _x cm ⁴
Průřezový modul	374 W _x cm ³
Ohybové napětí na horním členu profilu	138 MPa
Ohybové napětí na spodním členu profilu	169 MPa
Ohybové napětí na rámu	178 MPa

Maximální ohybová napětí na jednotlivých rámech jsou menší než dovolené napětí, tudíž rám je z hlediska zatížení dostatečně dimenzovaný a lze jej využít pro typ HNJ F80A.0.22.

7.2 Počet šroubů k připevnění rámu

Dle průměrů děr v rámu vozidla volím šroub DIN 960 M12x1,5 (10.9). Utahovací moment 120 Nm.

Výpočet osově síly jednoho šroubu:

$$F_o = \frac{M_u}{\left[f_3 * \frac{D}{2} + \tan(\vartheta + \beta) * \frac{d_2}{2} \right]} \quad (76)$$

$$F_o = \frac{120}{\left[0,15 * \frac{0,012}{2} + \tan(9,826 + 0,0398) * \frac{0,010376}{2} \right]} = 66\,585,5 \text{ N}$$

$$f' = \frac{0,15}{\cos \frac{60^\circ}{2}} = 0,1732 \quad (77)$$

$$\vartheta = \arctan f' = \arctan 0,1732 = 9,826 \quad (78)$$

$$\beta_s = \arctan \left(\frac{0,0015}{\pi \cdot 0,012} \right) = 0,0398 \quad (79)$$

Síla v místě jednoho kotevního šroubu vyvolaná momentem HNJ:

$$F_{HNJ} = \frac{123\,000}{0,525} = 234\,286 \text{ N} \quad (80)$$

Potřebná osová síla včetně součinitele smykového tření:

$$F_T = \frac{234\,286}{0,2} = 1\,171\,429 \text{ N} \quad (81)$$

Počet šroubů v místě jedné kotvy:

$$\check{S}_{celk.} = \frac{1171429}{2 * 66585,5} = 9,65 \quad (82)$$

Počet šroubů se vždy zaokrouhluje směrem nahoru, tudíž volím počet šroubů 10ks na jedno hnízdo. Celkem je to 20 a 20 ks šroubů na každé straně rámu vozidla. Tento počet spojovacího materiálu zajistí bezpečné přenesení sil působících od jeřábu, a tím bezpečné a bezproblémové používání zařízení.

ZÁVĚR

Cílem této práce je přiblížení problematiky z konstrukčního hlediska montáží hydraulických nakládacích jeřábů a vytvoření klíčových bodů, dle kterých lze realizovat bezpečný a bezproblémový chod zařízení. Klíčovými body jsou výpočty zatížení na nápravu vozidla, výpočty pomocných ráků, včetně počtu kotevních prvků mezi ráky a stabilita celku.

Jelikož nároky ze strany zákazníků neustále narůstají z hlediska multifunkčnosti nástaveb, maximalizují se výkony strojů vzhledem k podvozku, minimalizují hmotnosti nástaveb, vozidel a všech používaných zařízení. Na základě toho, jsou i nároky na přesnost výpočtů stále vyšší.

V dnešní době je využíváno mnoho programů, které pro konstruktéra znamenají daleko větší časovou flexibilitu, jistotu v přesnosti výpočtu a v neposlední řadě grafický náhled s možností rychlé změny při zadání jiných vstupních hodnot. Programy v sobě mají zahrnuté výpočty, se kterými pracuji v bakalářské práci, postupně jsou doplňovány o další na základě praktických zkušeností.

Trendem dnešní doby je používání vysoko-pevnostních ocelí, posouvajících mez kluzu až jednonásobek běžného standardu. Ráky mohou být navrhovány subtilnější při zachování požadované pevnosti a tuhosti, snižuje se hmotnost a zvyšuje se využitelnost vozidla vlivem narůstající užitečné hmotnosti.

Montáž vypočtená v praktické části byla skutečně realizována v roce 2014 pro konkrétního zákazníka, kde vypočtené hodnoty až na drobné odchylky zcela odpovídaly hodnotám, které byly kontrolovány na základě vážení vozidla, a stabilita byla zkontrolována povinnou revizní zkouškou dle ČSN EN 12 999. Dle zpětných reakcí zákazníka, je vše po funkční stránce v pořádku a nástavby jsou využity v plném rozsahu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA: *Jeřáby - Nakládací jeřáby*. 2012. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. *Sbírka zákonů: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. In: . Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 2014, ročník 2014, č.341.
- [3] *Kennis pojízdné jeřáby po návěsu* [online]. Česká republika: Hyva-CZ, 2016 [cit. 2016-04-26]. Dostupné z:
http://www.hyva.cz/data/dokumenty/cz/87/public/Kennis_jerab_pojizdny_po_navesu.pdf.pdf
- [4] *Product information* [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z:
https://web.fassitech.com/tech/index.php?option=com_doc&view=info&Itemid=332&lang=en
- [5] *Technické výpočty* [online]. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z:
http://www.technickevypocty.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=5:utahovaci-moment-roubu&catid=1:analyticke-vypoty&Itemid=7

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HNJ	Hydraulický nakládací jeřáb
N	Motorová vozidla konstruovaná a vyrobená především pro dopravu nákladů.
O	Přípojná vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů nebo osob.
OT	Traktorová přípojná vozidla.
G	Hmotnost HNJ (včetně olejové náplně a kotevního materiálu).
T	Hmotnost vozidla (*).
T1	Hmotnost vozidla na přední nápravu (*).
T2	Hmotnost vozidla na zadní nápravu (*).
Pc	Hmotnost nástavby vozidla.
Ps	Hmotnost zadních přidavných podpěr.
PP	Hmotnost PTO a čerpadla.
TT	Celková hmotnost celku.
Q	PTT-TT (užitečná hmotnost).
PTT	Celková hmotnost při plném zatížení.
P	Rozvor vozidla.
Z	Zadní převis vozidla (&).
W	Délka užitkové nástavby.
Ag	Vzdálenost přední nápravy od těžiště HNJ.
Aq	Poloha těžiště nástavby.
Ds	Vzdálenost mezi předními podpěrami a zadní nápravou.
Dpp	Vzdálenost přední nápravy od těžiště PTO a čerpadla.
1	Přední náprava (**).
2	Zadní náprava (**).
*	Hodnoty získané ze specifikace vozidla nebo přímým vážením.

**	Vozidla se dvěma předními nápravami. Délka zadního technického převisu dle Evropské unie.
T3	Hmotnost nástavby.
T4	Hmotnost přídatných podpěr.
PP	Kapacity HNJ.
L	Vyložení PP od osy rotace sloupu.
Gsb	Hmotnost ramen výložníku.
Gbas	Hmotnost podstavce HNJ.
Lsb	Těžiště Gsb od osy rotace.
d3	Vzdálenost těžiště NJ od přední nápravy.
d4	Vzdálenost těžiště přídatných podpěr od přední nápravy.
TL	Zkušební zatížení.
Ks	Stabilizační faktor.
G' b	Vlastní hmotnost ramen na konci posledního výložníku.
Lg	Vzdálenost osy sloupu HNJ od osy přední nápravy.
La	Vzdálenost osy sloupu od osy podpěry na převrácené straně.
Lb	Vzdálenost osy sloupu od podélné osy vozidla.
Tp	Vzdálenost osy sloupu od osy zadní nápravy (přídatných podpěr).
Dp	Vzdálenost osy přídatné podpěry v místě opření, po osu rámu vozidla.
Mr	Klopný moment.
Ms	Stabilizační moment.
K	Bezpečnostní faktor.
α	Úhel mezi trámcem podpěr HNJ a kolmicí na klopnou hranu.
Ip	Úsečka mezi opěrným bodem podpěry HNJ a zadní nápravou.
H	Vzdálenost těžiště nástavby od klopné hrany.

E	Vzdálenost těžiště nástavby od příčné osy podpěr HNJ.
L _t	Vzdálenost těžiště nástavby od příčné osy přední nápravy.
M _{dyn.}	Dynamický moment.
W _o	Ohybový modul průřezu.
$\sigma_{\text{dov.}}$	Dovolené napětí v ohybu.
β	Součinitel excentricity.
L _{b_{ex.}}	Vzdálenost excentricity.
k	koeficient určený výrobcem HNJ.
M _e	Předpokládaný dynamický moment pro výpočet.
M _t	Ohybový moment na rámu vozidla.
M _c	Ohybový moment na pomocném rámu.
J _t	Moment setrvačnosti rámu vozidla.
J _c	Moment setrvačnosti pomocného rámu.
σ_t	Ohybové napětí v rámu vozidla.
σ_c	Ohybové napětí v pomocném rámu.
M _u	Utahovací moment.
F _o	Osová síla šroubu.
f'	Efektivní součinitel tření.
f ₁	Součinitel smykového tření mezi rámy.
f ₂	Součinitel smykového tření v závitu šroubu.
f ₃	Součinitel smykového tření mezi maticí a podložkou.
ϑ	Třecí úhel.
β_s	Úhel stoupání v závitu šroubu.
α_s	Vrcholový úhel závitu šroubu.
F _T	Třecí síla.

- F_{HNJ} Síla v místě kotevních šroubů HNJ.
- $\check{S}_{\text{celk.}}$ Celkový počet šroubů.
- A Podélná vzdálenost mezi kotevními šrouby.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Hydraulický nakládací jeřáb.....	13
Obr. 2 - Přední montáž HNJ na kontejneru.	16
Obr. 3 - Zadní montáž HNJ na vozidlo.....	16
Obr. 4 - Středová montáž.....	17
Obr. 5 - Středová montáž - aplikace Hyva-Kennis.....	17
Obr. 6 - Kontejnerová montáž.	18
Obr. 7 - Speciální jeřábová plošina.....	18
Obr. 8 - Zatížení náprav od nástaveb.....	19
Obr. 9 - Dvounápravové vozidlo s HNJ za kabinou.....	20
Obr. 10 - Zatížení od HNJ / zatížení od přidavných podpěr.....	22
Obr. 11 - Zatížení na nápravy od karoserie / zatížení od čerpadla.....	22
Obr. 12 - Zbývající užitečná hmotnost.....	23
Obr. 13 - Stabilita bez přidavných podpěr.....	29
Obr. 14 - Stabilita s přidavnými podpěrami.....	29
Obr. 15 - Ukázka výpočtu prostřednictvím programu TrailerWIN.....	30
Obr. 16 - Profil na ochranu proti koncentrovanému zatížení.....	31
Obr. 17 - Typy montáží A a B.....	32
Obr. 18 - Kotvená část HNJ k pomocnému rámu.....	36
Obr. 19 - Parametry HNJ.....	39
Obr. 20 - Parametry vozidla.....	40
Obr. 21 - Výpočet rámu v programu TrailerWIN.....	47

SEZNAM TABULEK

Tab. 1- Hlavní výrobci HNJ	12
Tab. 2- Kategorie nákladních vozidel.....	14
Tab. 3- Kategorie přípojných vozidel.....	14
Tab. 4 - Celkové shrnutí	24
Tab. 5 - Vypočtené zatížení vozidla.....	43
Tab. 6 – Parametry potřebné pro výpočet stability.....	44
Tab. 7 - Vypočtené hodnoty softwarem TrailerWin.....	48