

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství

Studijní zaměření: 2301R016 Dopravní a manipulační technika

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Technické prostředky pro manipulaci a přepravu dřeva

Autor: **Jan Drnec**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**

Akademický rok 2011/2012

Prohlášení o autorství

**Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.  
Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.**

**V Plzni dne: .....**

**.....  
podpis autora**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan DRNEC**  
Osobní číslo: **S11B0399P**  
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**  
Název tématu: **Technické prostředky při těžbě a přepravě dřeva**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Základní požadavky:

Proveďte analýzu využití technických prostředků při těžbě a přepravě dřeva od těžby až ke zpracovateli. Proveďte rešerši historie a současného stavu nejdůležitějších techn. prostředků (strojů). Vypracujte hrubý konstrukční návrh + úplný návrh konstrukčního celku vhodného stroje pro zvolený dílčí proces a proveďte zhodnocení vlastností a přínosů dotyčného prostředku.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Analýza procesů v manipulaci se dřevem
2. Rešerše technických prostředků
3. Volba procesu a koncepce stroje pro tento proces
4. Konstrukční návrhy
5. Zhodnocení vlastností a přínosů stroje

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

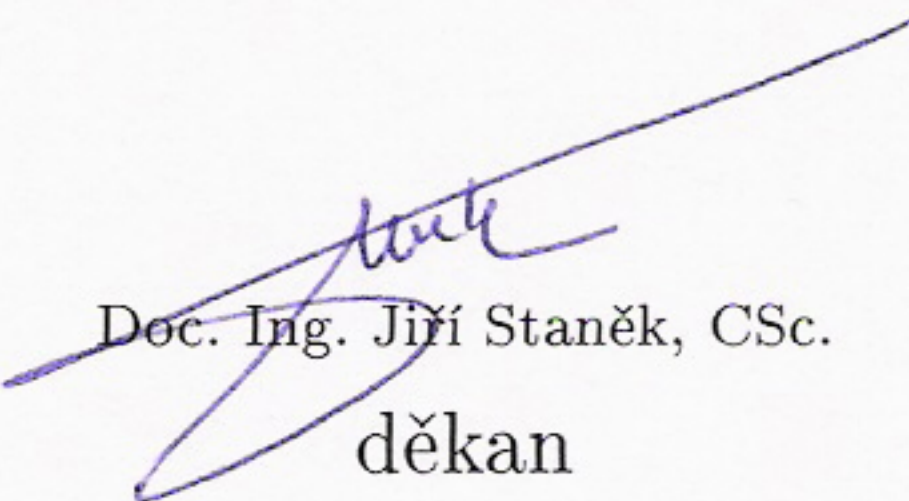
**PETŘÍČEK, V.** *Mechanizační prostředky v lesnictví.* Praha: SZN Praha, 1984

**CELJAK, I.** *Stroje pro zemní a lesní práce II.* České Budějovice: JU, ZF, Č.Budějovice, 2000

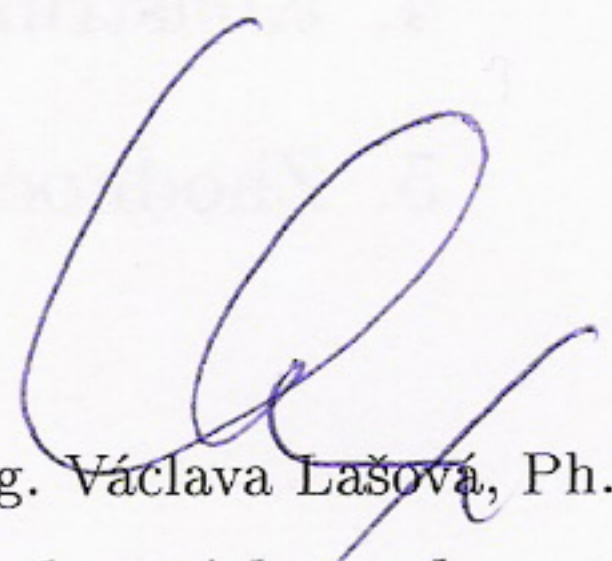
*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Ladislav Němec, CSc.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **19. září 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2011

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Drnec	Jméno Jan	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301R016 „Dopravní a manipulační technika“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Němec, CSc.	Jméno Ladislav	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Technické prostředky pro manipulaci a přepravu dřeva		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	55	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	46	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce obsahuje rešerši historie a současného stavu nejdůležitějších technických prostředků z oblasti manipulační a těžební techniky a konstrukční návrh hydraulického jeřábu harvestoru středního typu.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>těžba dřeva, manipulace se dřevem, harvestor, hydraulický jeřáb</p>

## Obsah

Obsah.....	1
1. ÚVOD .....	4
2 Analýza procesu manipulace se dřevní hmotou .....	5
2.1 Těžba dřeva .....	5
2.1.1 Rozdělení těžby .....	6
2.1.2 Těžební metody.....	6
2.1.3 Základní manipulační operace při těžbě dřevní hmoty.....	6
2.2 Manipulační technika pro soustředování dřevní hmoty.....	7
2.2.1 Traktorové soustředování dřevní hmoty .....	7
2.2.2 Soustředování dřevní hmoty navijáky.....	9
2.2.3 Soustředování dřevní hmoty lanovými systémy.....	10
2.2.4 Soustředování dřevní hmoty koňmi.....	13
2.2.5 Soustředování dřevní hmoty vrtulníkem .....	13
2.3 Manipulační prostředky pro odvoz dřevní hmoty .....	14
2.3.1 Silniční vozidla .....	14
2.3.2 Terénní vozidla .....	15
2.3.3 Přípojné vozidla .....	16
2.3.4 Přívěsy .....	16
2.3.5 Polopřívěsy .....	16
2.3.6 Návěsy .....	17
3. Historie manipulační techniky pro těžbu dřeva .....	18
4. Současný stav manipulační techniky pro těžbu dřeva .....	20
4.1 Strojně ruční těžební stroje .....	20
4.2 Stroje pro těžební práce.....	20
4.2.1 Jednooperační těžební stroje.....	20
4.2.2 Víceoperační těžební stroje.....	21
4.2.3 Víceoperační sestava strojů .....	22

5. Volba procesu a koncepce stroje pro tento proces .....	23
5.1 Proces kácení a prvotní manipulace s dřevními polotovary.....	23
5.1.1 Detailní popis pracovních úkonů stroje .....	23
5.1.2 Technický popis stroje .....	24
5.1.3 Rozdělení harvestorů podle hmotnosti a výkonu .....	25
5.1.4 Rozdělení harvestorů podle typu podvozku .....	26
6. Hrubý konstrukční návrh jeřábu harvestoru .....	27
6.1 Sledované parametry .....	27
6.1.1 Rozdělení hydraulických jeřábů .....	27
6.2 Varianty provedení.....	28
6.2.1 Vybraná varianta .....	29
7. Návrh konstrukčního celku.....	30
7.1 Návrh rozměrů sestavy.....	30
7.2 Návrh materiálů konstrukce.....	30
7.2.1 Materiál pro ramena a páky .....	30
7.2.2 Materiál pro čepy .....	31
7.2.3 Materiál pro pístnice hydromotorů .....	31
7.2.4 Materiál pro hydraulické válce.....	31
8. Výpočty namáhání.....	32
8.1 Výpočet maximálního možného zatížení v provozu.....	32
8.2 Stanovení ohybového momentu působícího na kyvné rameno .....	33
9. Kontrola dimenzování čepů.....	34
9.1 Výpočet reakcí v kotvících čepech .....	34
9.2 Kontrola čepu v bodě A .....	35
9.2.1 Výpočet ohybového napětí .....	35
9.2.2 Výpočet namáhání na otláčení.....	36
9.2.3 Výpočet namáhání na smyk (střih).....	36
9.3 Kontrola čepu v bodě B .....	37
9.3.1 Výpočet namáhání na otláčení.....	37
9.3.2 Výpočet namáhání na smyk (střih).....	37

10. Výpočet tlaků v hydraulické soustavě .....	38
10.1 Hydromotor 1 .....	38
10.1.1 Výpočet zdvihové síly .....	38
10.1.2 Výpočet potřebného tlaku .....	39
10.2 Hydromotor 2 .....	40
10.2.1 Výpočet zdvihové síly .....	40
10.2.2 Výpočet potřebného tlaku .....	40
11. Závěr .....	41
12. Seznam použitých zdrojů .....	42
13. Seznam příloh .....	43



## 1. ÚVOD

Dřevo v jakékoliv podobě využívají lidé pro svůj prospěch od pravěku do současnosti. Tento čistě přírodní materiál nelze získat, ani v dnešní technicky vyspělé době, jinak než těžbou stromů.

Provedl jsem analýzu dílčích procesů z oblasti těžby a manipulace se dřevní hmotou. Celý proces tedy začíná pokácením stromu a končí odvozem do dřevozpracujícího závodu. Popisem toho, jak se na těchto pracovištích postupně získávají konečné výrobky ze syrových kmenů, jsem se již v této práci nezabýval.

Na začátku této práce je vysvětleno, co se pod pojmem těžba dřeva skrývá a rozdělení těžby. V dalších kapitolách jsou podrobněji popsány jednotlivé těžební a manipulační stroje a popis jejich pracovních úkonů. Nejvíce pozornosti je však věnováno rešetři harvestoru a konstrukčnímu návrhu jeho hydraulického jeřábu. Harvestor je víceoperační těžební stroj. V procesu kácení a prvotní manipulace se dřevními polotovary zcela vyniká v efektivitě práce.

Ve svém konstrukčním návrhu jsem vytvořil 3D virtuální model hydraulického jeřábu harvestoru. Tato konstrukce je podložena výpočty namáhání v klíčových místech a MKP výpočtem celé zatížené sestavy. Je také vypracována příslušná výkresová dokumentace zahrnující výkresy sestav a dílčí výrobní výkres. V přílohách také naleznete několik obrázků dokreslujících úplnou představu o tomto konstrukčním návrhu.

## 2 Analýza procesu manipulace se dřevní hmotou

### 2.1 Těžba dřeva

Pokácením stromu začíná proces manipulace se dřevem. Pro volbu těžební technologie musíme znát technické vlastnosti stromů. (Pojmem technologie se označuje komplex sestávající z použité těžební metody, stroje a technologického pracovního postupu). Jejich vzrůst a tvar, tloušťku kůry, počet a tloušťku větví, tvar a polohu koruny, velikost kořenových náběhů a zdravotní stav stromu.

Tyto uvedené vlastnosti mají velký vliv na možnosti strojní výroby. Například velikost kořenových náběhů ovlivňuje možnosti strojního kácení a tloušťka větví limituje možnosti použití mechanizovaného odvětvování.

Na průběh těžebních operací mají značný vliv dané povětrnostní podmínky. Jejich působení může být v některých případech protichůdné.

Mráz – umožňuje použití kolové techniky i v terénech, které nejsou za letních podmínek únosné. Náklady na výrobu a spotřebu pohonných hmot se zvyšují o 3 až 8%. Hydraulika se stává nespolehlivá. Výhodou je, že se za silných mrazů při kácení snáze dělí dřevo štípáním (např. bukové). Námraza komplikuje kácení nepředvídatelnou změnou těžiště koruny stromu.

Sníh – snižuje tření při vlečení nákladu, vytváří ochranu pro půdní povrch před mechanickým narušením. Přístup techniky do prostorů je však obtížnější. Odklizení sněhu kolem těžných stromů ztěžuje a zdražuje práci. Náklady na výrobu se tak zvyšují o 3 až 15 % vzhledem k výšce sněhu.

Vítr- je pouze negativním faktorem při těžbě dřeva, protože zvyšuje rizikovost při kácení.

Déšť- ovlivňuje výrobní proces pouze dočasně. Dochází však k nasycení půdy vodou a tím k snížení průchodnosti terénu pro manipulační techniku.

V poslední době se manipulační technika pro přepravu dřeva značně zmechanizovala. Přesto některé způsoby manipulace zůstávají dodnes. Například koňské potahy jsou v těžkém, horském terénu nenahraditelnou technikou z důvodu nepřístupnosti terénu a také z důvodu ochrany půdního porostu chráněných lokalit národních parků. Aplikace strojů a zařízení ve výrobním procesu má obecně vytvářet základní předpoklady pro zvyšování produktivity práce, snižování spotřeby času, snižování podílu namáhavé lidské práce a zlepšování sociálních, hygienických a bezpečnostních podmínek při práci. [1]

Tabulka časové náročnosti procesu kácení, odvětvování a krácení  $1m^3$  dřeva

Rok	Čas [min]
1970	144
1980	54
1985	48
1990	24
1995	7,2
1999	4,8

Tab. 1 [2]

### 2.1.1 Rozdělení těžby

A. Úmyslná těžba -*mýtní* (těží se stromy určitého stáří. Například u smrků činí stáří pro mýtní těžbu 120 let).

-*předmýtní* (prořezávka mezi stromy stáří 20 až 80 let)

B. Nahodilá těžba -*kalamitní* (při vzniku polomů)

-*mimořádná* (při napadení škůdci)

Nejméně obtížné jsou úmyslné těžby s vysokou koncentrací dřeva na těžební ploše. Úmyslné těžby jsou těžby výchovné a obnovní (mýtní).

Nahodilé těžby obvykle znamenají těžby rozptýlené, při kterých se většinou zpracovává poškozené dřevo.

Kalamitní těžby jsou těžbami koncentrovanými, ale zpracovává se rovněž poškozené dřevo. Jedná se o velmi rizikové práce.

Imisní těžby mohou mít charakter rozptýlených těžeb nahodilých i těžeb kalamitních. Jejich náročnost spočívá v důsledné šetrnosti ke zbytkům porostů. Nedochozí k narušení porostního pláště, tj. nedojde ke vnesení imisí do nitra porostu. [2]

### 2.1.2 Těžební metody

A. Metoda sortimentální - Surové dřevo je dopraveno na odvozní místo ve formě hotových sortimentů. Tato metoda je nejšetrnější vůči stojícímu porostu, proto je vhodná zejména ve výchovných těžbách.

B. Metoda Kmenová - Na odvozní místo je dopraveno dřevo ve formě surového kmene (strom zbavený větví, ponechaný v celé délce)

C. Metoda Stromová - Na odvozní místo je dopraven celý strom, tj. i s větvemi. Tento způsob je podmíněn dosažitelností prostředků s dostatečnou tažnou silou, protože vlečení stromu i s větvemi vyžaduje vyšší tažnou sílu cca o 25% než při vlečení holých kmenů. Dalším předpokladem je dostupnost odvětvovacích strojů a procesorů. Přínosem je odstranění ručního odvětvování jako operace s vysokou pracností a rizikovostí. [2]

### 2.1.3 Základní manipulační operace při těžbě dřevní hmoty

Kácení. Kácením stromů se rozumí vlastní porážení dřevin určených k těžbě. Je prováděno ručně, tj. motorovými pilami, nebo strojně, harvestory.

Odvětvování znamená odstraňování větví a výroba tzv. surových kmenů. Je prováděno ručně (motorovými pilami), harvestory, procesory, nebo odvětvovacími stroji.

Vyklízení tj. První dopravu jednotlivých kusů dřeva od pařezu po vyklízovací dráze v prostoru k přibližovací cestě může provádět universální kolový traktor (UKT), lesní kolový tahač (LKT), speciální lesní kolový tahač (SLKT), kůň, železný kůň, lanovky, nebo vrtulníky)

Přibližování navazuje na vyklízení a zahrnuje přesun dřeva po přibližovací cestě k odvoznímu místu (OM) Toto provádějí vyvážecí soupravy, SLKT, LKT, UKT, nebo lanovky

Krácení kmenů na jednotlivé sortimenty může být prováděno ručně motorovou pilou (MŘP), harvestorem, nebo procesorem

Odvoz kmenů, nebo hotových sortimentů je prováděno nákladními automobily (NA), návěsy, přívěsy, vyvážecími soupravami, nebo traktory

Třídění je prováděno na třídící lince na skladu se dřevem

Štípání sortimentů se provádí štípacími stroji

Štěpkování těžebního odpadu může probíhat při probírce, nebo na vyklízecí lince. Na tyto práce se používají štěpkovače.

Odkorňování je prováděno odkorňovači

Likvidace těžebního odpadu se provádí štěpkovači, drtiči a shrnovači [2]

Tyto operace tvoří těžební proces výroby dřeva.

## 2.2 Manipulační technika pro soustředování dřevní hmoty

Vytěžené a zpracované dřevo je nutné z pracovní plochy vyvézt na vhodné odvozní místo dostupné pro odvozní soupravy.

Možnosti soustředování dřeva:

Vlečením po zemi bez přizvednutí čela kmene, nebo stromu.

Vlečení v polozávěsu, přičemž převážná část hmotnosti nákladu spočívá na zemi.

Vlečení v závěsu, kde převážná část hmotnosti nákladu spočívá na soustředovacím prostředku.

Vezením na přívěsu, nebo návěsu s pevnými klanicemi.

Manipulační prostředky pro soustředování dřeva:

Traktorové soustředování dřeva

Soustředování dřeva navijáky

Soustředování dřeva lanovými systémy

Soustředování dřeva koňmi

Soustředování dřeva vrtulníkem [1]

### 2.2.1 Traktorové soustředování dřevní hmoty

Traktory jsou nejčastěji používaným prostředkem k soustředování dřeva ve všech oblastech. Vývoj traktorů, jejich konstrukce, možnosti a vybavení různými adaptéry umožňují pracovat i v těch nejnáročnějších a nejsložitějších lesních lokalitách. Používají se většinou universální a speciální traktory. Podle konstrukce podvozku můžeme traktory rozdělit na rámové, polorámové a bezrámové. [2]

## Universální kolové traktory

Nejčastěji se používají s bezrámovým podvozkem. Univerzální traktory se vyrábějí s pohonem na všechna kola, aby bylo možno využít celou hmotnost traktoru. Krouticí moment je od motoru odváděn přes spojku a převodné ústrojí, které je tvořeno převodovkou, stálým převodem na hnací nápravě, diferenciálem a koncovými čelními redukcemi na hnací kola. Přední náprava je zavěšena na listových perech, nebo je uložena výkyvně vůči podélné ose traktoru. [2]

## Speciální kolové traktory

V dnešní době se stále často používají na kloubovém podvozku. Rám traktoru je rozdělen na dvě části,



kteří jsou navzájem spojeny svislým čepem. Tyto traktory používají výlučně strojní řízení, které je zajišťují dva přímočaré hydromotory. Tento systém řízení (zalomením stroje) má tyto výhody: Traktor může mít kola s pneumatikami velikých rozměrů, čímž se snižuje střední kontaktní tlak na povrch půdy a zlepšuje se přenos trakční síly z obvodu kol na terén. Jsou také lepší manévrovací schopnosti těchto traktorů v omezeném prostoru a při otáčení. [2]

Obr. 1 Speciální Lesní kolový traktor

## Vyvážecí soupravy s klanicovou nástavbou

Vyvážecí soupravy neboli vyvážecí traktory, (forwarders) jsou tvořeny tažným vozidlem, přípojným vozidlem a nakládacím zařízením, které představuje hydraulický jeřáb s drapákem.

Tažné vozidlo většinou představuje speciální kolový traktor s pohonem všech kol, nebo speciální pásový traktor. Pásové traktory, nebo speciální kolové traktory vybavené takzvanými kolopásky, jsou nasazovány pro práci na méně únosných podložích. Přípojná vozidla jsou vybaveny zdvojenými výkyvnými nápravami typu boogie, které jsou poháněny hydromotory, nebo pomocí kardanového hřídele od hnací části soupravy. V nápravách jsou mokré lamelové brzdy a lamelové uzávěrky diferenciálu. Náhon kol je realizován mechanicky (hřídelem a řetězy, resp. ozubenými koly), nebo hydraulicky a mechanicky (hydromotorem)



Obr. 2 Vyvážecí traktor s hydraulickým jeřábem

s hydraulickým válcem a náhonem na kola (kardanovým hřídelem), nebo hydraulicky (hydromotory v nápravách kol). Zadní část tandemové osy s přidavným náhonem dozadu a dopředu. Náhon může být použit jen dočasně při průjezdu obtížnými půdními podmínkami.

[2]

Řízení je nejčastěji kloubové, tj. celá souprava se zalomí. Jedná se vždy o strojní hydraulické řízení a bývá obvykle umístěno uprostřed soupravy. Vyvážecí traktory jsou vybaveny hydraulickými jeřáby pro nakládání a vykládání kmenů. Nosnost traktorového jeřábu se pohybuje při běžném výkonu motoru v rozmezí 30-100 kNm s průměrem 50kNm. Maximální délka vyložení jeřábu dosahuje 10 m, přičemž průměrná délka se pohybuje v rozmezí 5-6 m. Jeřáb bývá umístěn za kabinou, přímo na kabině, nebo na zadní vyvážecí nosné části s klanicemi. Na podvozcích přidavných vozidel jsou vždy umístěny minimálně čtyři páry tvarovaných klanic. Tvarování klanic umožňuje použití velkorozměrových pneumatik šířky 600/700 mm. Kabina umožňuje osvětlením pro práci v noci a za snížených klimatických podmínek. Soupravy jsou někdy vybaveny

přidavným navijákem, čelním rabovačem, či svěrným oplenem. [2]

Vyvážecí traktory jsou vhodné do terénu vzhledem k jejich šetrnému přenosu hnací síly, který umožňují velkorozměrové pneumatiky, kloubové řízení a náhon všech kol. Velkorozměrové pneumatiky na tandemových osách působí na půdu velmi malým středním kontaktním tlakem, čímž nedochází k vyjíždění kolejí a k poškozování kořenového systému stromů. Tyto škody mohou vzniknout při nadměrném naložení, překročení dovolené nosnosti. Ke škodám také dochází při chybné manipulaci s hydraulickým jeřábem. [2]

### 2.2.2 Soustředování dřevní hmoty navijáky

Při tomto způsobu soustředování dřeva se kmeny vlečou celou délkou po zemi. Při vlečení tudíž vznikají velké třecí odpory, k jejichž překonání jsou potřebné veliké tahové síly. Ty se snižují při použití vysoké kladky. V současné době se navijáky používají nejvíce pro vytahování dřeva po přibližovací lince. To může představovat např. přeprava pro přibližovací stroje. Méně často se používají pro vlečení tenkých kmenů po přibližovací lince. Pro tyto účely lépe slouží naviják (např. LPV-20). Přibližování kmenů velkých průměrů navijáky není příliš dobré, kvůli poškozování půdního povrchu. Volí se proto raději přibližování traktory, tahači, nebo lanovými systémy. [1]

### 2.2.3 Soustředování dřevní hmoty lanovými systémy

Lanové systémy se používají pro soustředování dřevní hmoty v terénech o sklonitosti nad 40 %. Tyto terény se často vyskytují ve strmých členitých územích, v pahorkatinách a v horských oblastech. Kromě toho se lanové systémy používají také v rovinatých terénech (například pro překonání vodních toků) a zejména v terénech s malou, nebo sníženou únosností. [1]

#### Rozdělení lanových systémů podle vykonávaných operací

*Lanovky* - jsou zařízení, jejichž hlavní funkcí je přeprava nákladů na větší vzdálenosti. Na začátku a na konci trasy se stavějí nakládací a vykládací rampy.

*Lanové jeřáby* – jsou zařízení, která technologicky plní všechny funkce jako lanovkové jeřáby. Trasa je však vždy jen jednopólová a dřevo se může přibližovat na kratší vzdálenosti od koncové podpěry k začáteční podpěře.

Lanové systémy lze také dělit podle druhu hnacího agregátu. Například pro gravitační a antigravitační přibližování lze použít saňové jednobubnové, nebo vícebubnové navijáky montované přímo na hnacím agregátu. Na krátké tratě, tj. do 300-500 m, se nejvíce osvědčily traktorové lanové systémy. Zde je zdrojem pro pohon traktor adaptovaným navijákem s lany lanového systému. Jednotlivé lanové systémy se používají pro nosnosti do 1t, 3t, 5t. Mohou být jednolanová, dvoulanová, trojlanová a čtyřlanová s dopravou oběžnou, nebo kyvadlovou. [1]

#### Popis jednotlivých částí lanových systémů

Hnacím, případně brzdícím, agregátem může být samostatný saňový naviják s vlastním motorem, traktor se závěsným navijákem poháněný kloubovým hřídelem, případně traktor s pevně namontovaným navijákem, nebo automobil s kompletním příslušenstvím pro lanové soustředování dřevní hmoty. Výkonost, konstrukce a vybavení hnacího agregátu jsou dány druhem a nosností lanového systému. Vozíky se používají u lanových zařízení s nosným lanem. Mohou být celkem jednoduché, mechanické (pro zachycování a uvolňování tažného lana, zapínání a vypínání nákladu z úplné nebo polozavřené polohy), dále automatické (pro zachycování a uvolňování z nosného lana v libovolném místě trasy a dálkově ovládané, u nichž se některé z uvedených funkcí vykonávají povelovými radiostanicemi. Traťové příslušenství tvoří podpěrné botky, kladkostroje a rychlospony, které se používají pro uchycení napnutých nosných lan. Jsou to v podstatě klínové spony, které se také používají pro zhotovení úvazků, kotvení podpěrných lan apod. Podpěry a kotvy jsou předmětem projektování lanových zařízení. [1]

#### Používané lanové systémy

##### A, Lanovkové jeřáby

Jedná se o dvoulanové systémy. Nosné lano má průměr 16 mm a tažné lano 10 mm.

Vozík tvoří dvě pojízdné části spojené trubkou. Pod zadním vozíkem je umístěn čelistový mechanismus, který svírá tažné lano po přitažení nákladu k vozíku.

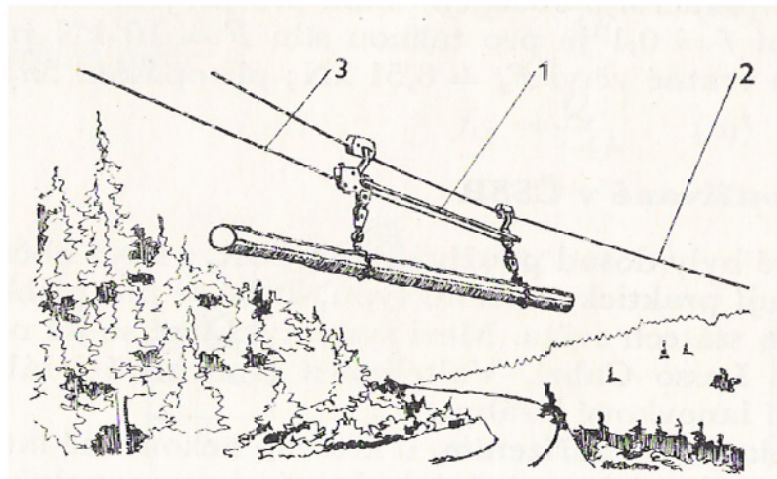
Náklad je upnut do dvou závěsů a dopravuje se na nosném laně. Při vytahování nákladu na trasu a zvedání k vozíku je vozík zachycen na horní zarážce. Při odepínání nákladu musí vozík narazit na dolní zarážku. Nárazníkem, který je umístěn v trubce, se uvolní čelisti a uvolňování tažného lana a náklad klesne na skládku. Pohyb nákladu na vozíku zajišťuje jednobubnový naviják, který je zavěšen za traktorem a je poháněn kloubovým hřídelem. Nosnost lanovkového jeřábu je 1,5t a délka trasy může být až 500 m. Doporučuje se dopravovat náklady 6-8 m dlouhé, ale je možno dopravit i náklady o délce 14 až 16 m.

Lanovkové jeřáby se také používají s jednodušší konstrukcí. Od popsaného způsobu se liší tím, že má jen jednoduchý dvouklapkový vozík a náklad se přepravuje v polozávěsu. Toho lze nejlépe využít při antigravitačním přibližování, kdy se přibližují výřezy, nebo celé kmeny na svahové odvozní cesty.

1 vozík

2 nosné lano

3 tažné lano



### B, Traktorové lanové systémy

Hnacím strojem je u tohoto systému vždy univerzální kolový traktor, který je adaptovaný speciálním lanovkovým navijákem. Z hlediska charakteru trasy a způsobu dopravy jsou to buď lanové, nebo lanovkové jeřáby. Lanové systémy se používají jednolanové a dvoulanové, jednopólové a vícepólové dle potřeby. Jednolanový, jednopólový systém je vhodný pro přibližování kmenů do hmotnosti 1t v předmětných a mýtných těžbách. Je vhodný pro konkávní terén s délkou trasy 150 až 200 m. Jeho stavební částí tvoří hnací stroj, pojízdný vozík, otevírací kladky, oběžné lano o průměru 10 až 12,5 mm, kotevní lana a rychlomontážní přívěs. Hnací stroj může být každý traktor s vývodovým hřídelem pro pohon navijáku. Naviják je na traktoru pevně našroubován a musí zabezpečit vedení oběžného lana, jeho napínání a uvolňování. Kotvení traktoru s navijákem k zemi je provedeno vedle trasy ve vzdálenosti 20 – 50 m. Oběžné lano je vedeno do trasy přes směrové kladky, které jsou namontované na stromech ve směru trasy. Pojízdný vozík je složen ze dvou pojízdných kladek, vodící kladky, oběžného lana a klínové části, která slouží k zachycení tažné větve oběžného lana ve zvolené vzdálenosti od konce lana. Na konci lana je upevněn hák pro připevnění nákladu. Vratná větev oběžného lana je upevněna na vozíku. Průběžná větev oběžného lana je vedena pod pojízdnými kladkami. Tím oběžné lano při dopravě nákladu plní také funkci nosného lana. Vozík má kladky a čelisti uložené v zavřených bočnicích, a proto nemůže procházet přes botky. [1]

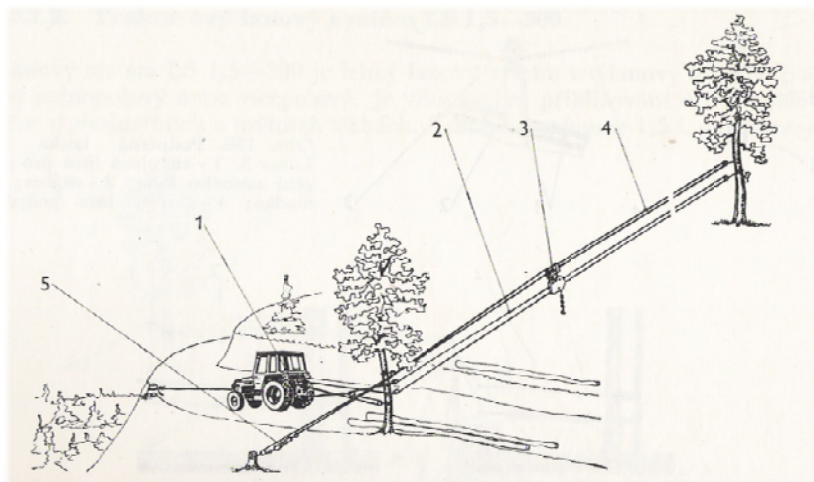
1 pohonné soustrojí

2 oběžné lano

3 pojízdný vozík

4 zdvojené nosné lano

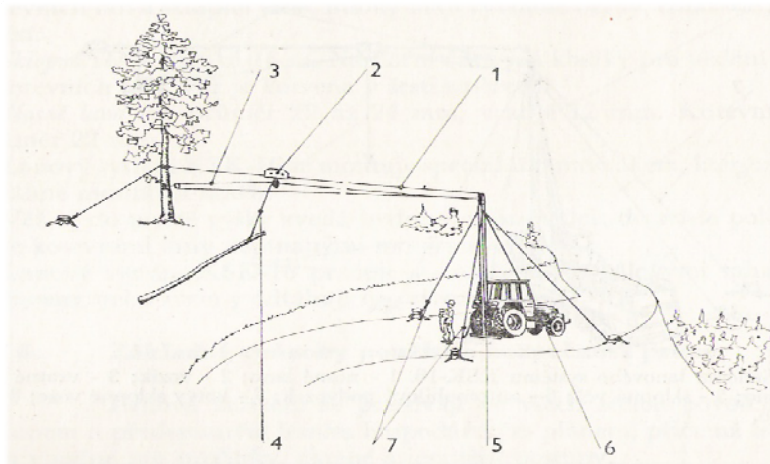
5 kladkostroj





V mýtných těžbách se používá dvoulanový, podle potřeby také vícepólový lanový systém. Ten je vhodný pro přibližování nákladu v polozávěsu. Jeho nosnost je do 3t a délka trasy je obvykle do 300 m, výjimečně do 500 m. Tento systém je vybaven zdvojeným lanem o průměru 16mm, kladkostrojem, rychlošponami, koncovými kladkami a celým příslušenstvím jako předchozí typ. Vozík má čtyřklapkovou pojezdovou část a pohybuje se po zdvojeném nosném laně. V horní části, mezi kladkami ve středu vozíku je mezera, která umožňuje přechod přes botky. [1]

Dalším používaným traktorovým lanovým systémem je trojlanový systém jednopólový, nebo vícepólový, podle potřeby. Tento systém je vhodný pro přibližování dřeva v polozávěsu v předmětných a mýtných těžbách. Nosnost je 1,5t a délka trasy bývá do 300 m, výjimečně více. Zvláštností tohoto systému, oproti předchozím, je použití teleskopické věže s navijákem, umístěné na traktoru pomocí třibodového závěsu. Teleskopická věž má pevnou spodní část, na které je připevněn rám dvoububnového navijáku, výsuvnou část s pístem a horní sklopnou část věže. Na horní části je otočně uložena hlavice s pevně přimontovanými kladkami pro vedení lan z navijecích bubnů. Výsuvná část teleskopické věže je vysouvána pomocí stlačeného vzduchu. Tento tlakový vzduch dodává kompresor traktoru. Na rámu navijáku jsou umístěny paralelně dva lanové bubny. Jeden slouží pro navijení tažného lana a druhý pro navijení vratného lana. Vozík je dvoukladkový, má výsuvné rameno s kladkou a zarážkou pro zachycení tažného lana. Na tažném laně je v určité vzdálenosti od konce lana nakována spirálová objímka, která umožňuje vytahovat tažné lano a přeskočí v kladce pod zarážku jen při překročení určité tažné síly. [1]



### C, Automobilové lanové systémy

Jsou řešeny prakticky stejně jako traktorové lanové systémy. Základní rozdíl je v tom, že

automobilové podvozky jsou využity pro umístění celého lanového zařízení. Mají také věž, kterou lze sklápat. Je však mnohem větší a tužší. Používají motory o větších výkonech. Patří tedy do kategorie těžkých lanových zařízení. Tento lanový systém se skládá z automobilového podvozku, navijáku se sklopnou věží, nosného, tažného, vratného a pomocného lana a traťového příslušenství. Trasy jsou obvykle jednopólové, o délce 300 m, výjimečně až 500 m. Nejvhodnějším terénem pro nasazení těchto systémů bývají značně konkávní profily. Nosnost jeřábu je 5t, a proto se dá použít pro přibližování celých stromů, které se následně z odvozního místa odtahují kolovými tahači na skládky. Vozík je čtyřklapkový a je konstrukčně řešen pro mechanické vytahování tažného lana přímo na místě upínání nákladů. Tažné lano s ocelovou vložkou o průměru 14 mm je vedeno ve vozíku na sérii kladek. Upnuté náklady se transportují v polozávěsu. Pro pohon bubnů lanového systému se otáčky motoru mění měničem otáček, který je umístěn na podvozku. Sklopná věž je vysoká 16 m. Na horní části jsou upevněny kladky pro vedení pracovních a kotevnicích lan. Věž je kotvena do šesti stran. Věž se do určité výšky zvedá hydraulickými válci. Do svislé polohy se ustavuje kotevními lany, která jsou napínána motoricky. Soustředěné kmeny, nebo celé stromy jsou odváženy kolovými tahači na odvozní místa. [1]

Nosné lano

Vozík

Vratné lano

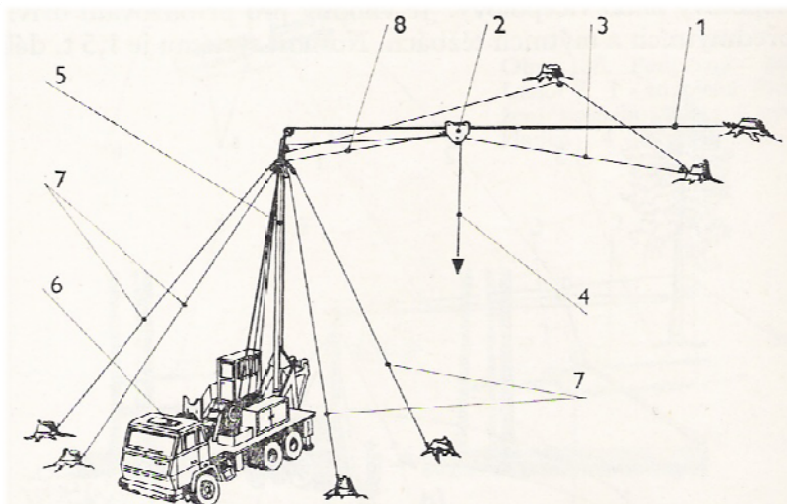
Tažné lano

Sklopná věž

Automobilový podvozek

Kotvy sklopné věže

Pomocné lanko



### 2.2.4 Soustředování dřevní hmoty koňmi

Tento způsob soustředování dřeva má ještě v dnešní době uplatnění v těžko přístupném terénu pro techniku. Druhým důvodem pro nasazení koní může být ekologické hledisko. Při soustředování dřeva koňmi nedochází v takové míře k poškození půdního krytu a okolních stojících stromů. V případě velmi krátkých přibližovacích vzdáleností je kůň také z ekonomického hlediska vhodnější než technika. Kůň na krátkou dobu snese několikanásobné přetížení a dokáže pracovat i za podmínek, které jsou pro techniku nevhodné. Další předností koně je fakt, že jako zvíře se dá vycvičit tak, že některé pracovní operace dokáže vykonávat zcela sám. Například při tahu se dokáže sám vyhýbat pařezům. Dokáže také samostatně přidávat a ubírat tažnou sílu, včas zastavit před překážkou. [13]

### 2.2.5 Soustředování dřevní hmoty vrtulníkem

Vrtulníky jsou pro proces soustředování dřeva nasazovány z důvodu extrémních terénních podmínek a ekologické šetrnosti. Jsou také nasazovány při náhlých kalamitách v chráněných krajinných oblastech, kde není možné působit s kolovou technikou.

Vrtulníky jsou pro transport dřevní hmoty vybaveny háky (pro připínání a odepínání nákladu), lanem ukrytého v kabelu (pro uchycení nákladu v podvěsu), paletou (plošina s nízkým zábradlím pro přepravu bedýnek se sazenicemi, zavěšena na laně v podvěsu), rádiovou výstrojí (vazači navádí vrtulník do lesa), sítí na odvoz bedýnek z paseky a ocelovými úvazky (slouží pro uchycení klád do podvěsu). Lze takto transportovat jak kmeny, tak i celé stromy. Vrtulník dopraví náklad v podvěsu z nepřístupného místa na nejbližší možné odvozní místo, kde jsou kmeny (případně celé stromy) děleny na sortimenty, nebo jsou rovnou odváženy tahači.

Výhody vrtulníkového soustředování dřeva jsou:

relativně bezeškodné vyklizení a přiblížení dřeva při zachování nepoškozených porostů, tj. nedotčení funkce lesa, zachování čistoty lesa při soustředování celých stromů, zamezení vzniku zhutnění půd a eroze nepoškozením půdního povrchu, zachování geomorfologie a nenarušení přírodního prostředí extrémních lokalit tím, že není nutné budovat lesní dopravní síť, rychlost oproti klasickým metodám soustředování dřeva (zejména významná u nahodilých a kůrovcových těžeb)

Nevýhodami vrtulníkového soustředování dřevní hmoty jsou:

vysoké finanční náklady (často vyšší než tržby za vytěžené dřevo), vysoká závislost vrtulníku na klimatických podmínkách a průběhu počasí, organizační náročnost a nárazová potřeba kvalifikovaného pozemního personálu, investiční náročnost. [14]

## 2.3 Manipulační prostředky pro odvoz dřevní hmoty

Dopravu resp. Přesun dřevní hmoty z místa skládky až na sklad odběratele můžeme rozdělit na dvě fáze:

### Odvoz dřeva

Odvoz dřevní hmoty je přesun z místa, kam bylo dřevo soustředěno, do místa jeho zpracování, resp. využití. Charakteristickým znakem pro odvoz dřeva je to, že se provádí po odvozní cestě. Odvoz je prováděn odvozními soupravami, které tvoří nákladní automobily. Tyto automobily jsou vybaveny hydraulickými jeřáby, soustavou oplenů, návěsem pro odvoz rovnáných sortimentů nebo polopřívěsem pro odvoz celých kmenů.

### Přeprava dřevní hmoty

Přepřavou dřeva rozumíme dálkový přesun vyrobených sortimentů z expedičního skladu k odběrateli. Provádí se zpravidla po železnici nebo po silnici. Doprava dřeva představuje v lesnictví jeden z nejdůležitějších pracovních úseků, protože celkové výrobní náklady na 1 plm dřeva jsou více než 50% ovlivňovány dopravními náklady.

Jako manipulační prostředky pro odvoz dřevní hmoty jsou používána motorová a přípojná vozidla. Motorová vozidla používaná při mechanizovaném odvozu dřeva můžeme rozdělit na: Silniční vozidla nebo terénní vozidla.

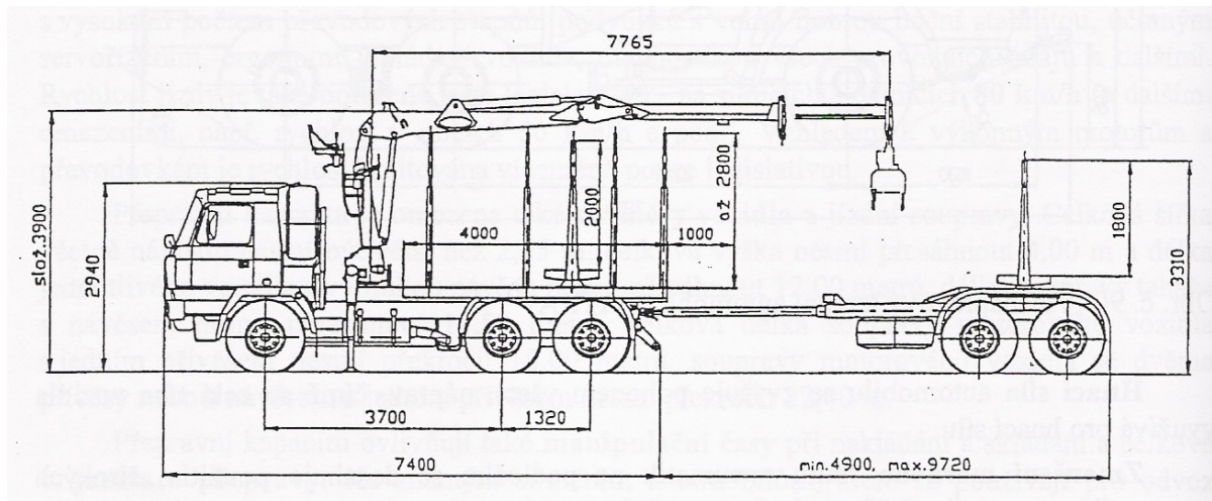
#### 2.3.1 Silniční vozidla

Silniční automobily mohou být jednoduché konstrukce podvozku, který umožňuje rychlou a bezpečnou jízdu po zpevněných komunikacích. Tyto automobily musí disponovat vysokou *přepravní kapacitou*, která je dána nosností podvozku. Tato nosnost je dána legislativou vyplývající ze zákona o technických podmínkách podvozku silničních vozidel na pozemních komunikacích. Tato legislativa stanoví, že měrný tlak mezi vozovkou a otiskem dezénu pneumatiky nápravy se statickým zatížením 10 tun, nesmí překročit 800 kPa. [2]

Celková hmotnost vozidla se dvěma nápravami nesmí být větší než 18 tun. Se třemi nápravami nesmí překročit 25 tun. Je-li hnací náprava vybavena dvojitou montáží pneumatik, pak celková hmotnost nesmí překročit 26 tun. [2]

Pohotovostní hmotností vozidla se rozumí hmotnost kompletně vybaveného vozidla pro jízdu (do pohotovostní hmotnosti se zahrnuje i hmotnost pomocných pracovních zařízení jako naviják či nakládací jeřáb). [2]





Obr. 8 Terénní automobil pro odvoz krátkých i dlouhých sortimentů

### 2.3.3 Přípojná vozidla

Přípojná vozidla jsou připojována k motorovým vozidlům. Podle způsobu připojení k tažnému vozidlu rozdělujeme přípojná vozidla na: Přívěsy, polopřívěsy a návěsy.

### 2.3.4 Přívěsy

Jsou to přípojná vozidla nesoucí celé zatížení vlastního nákladu. Při odvozu dřevní hmoty jsou přívěsy používány u traktorů nebo u nákladních automobilů, čímž se zvýší tonáž jízdní soupravy. K dopravě klád slouží buď jen upravené valníkové přívěsy s pomocnými klanicemi, nebo častěji speciální plošinové přívěsy s pevnými klanicemi.

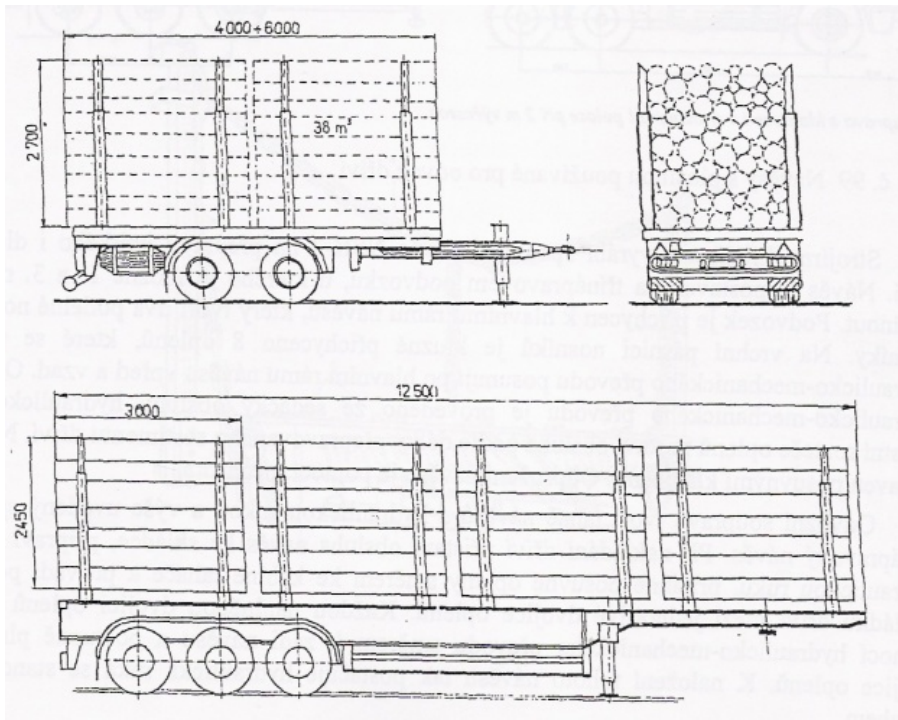
Valníkové plošinové přívěsy traktorů se konstrukčně příliš neliší od valníkových přívěsů automobilů. Automobilové přívěsy bývají pouze lépe odpruženy a mají účinnější brzdy. Mohou být jednonápravové nebo dvounápravové. V současnosti jsou rozšířené přívěsy s dvojitým nosníkem, na kterém jsou výkyvně uloženy nápravy kol. [2]

### 2.3.5 Polopřívěsy

Oplénové polopřívěsy k nákladním automobilům a tahačům slouží výhradně k dopravě dlouhého dřeva. Při odvozu dlouhých kmenů spočívá oddenková část nákladu na oplenu plošiny vozidla a polopřívěs podepírá náklad asi ve 2/3 jeho délky. Některé polopřívěsy jsou vybaveny výsuvnou ojí. Tato oj je zapojená do závěsu tažného zařízení vozidla a umožňuje měnit rozvor oplenu od 4 do 9 m, dle délky dopravovaného dřeva. Teleskopické oje slouží k řízení a připojení polopřívěsu k automobilu. Spojení polopřívěsu s tažným vozidlem tak obstarává vlastní přepravovaný náklad dlouhého dřeva. Oplénové polopřívěsy jsou z pravidla jednonápravové, pouze nejtěžší typy se konstruují jako dvounápravové. [2]

### 2.3.6 Návěsy

Návěsy jsou nesamostatná přípojná vozidla s upravenou přední částí k nasazení na sedlo točny tahače. Po připojení naloženého návěsu se přenáší podstatná část hmotnosti nákladu na tažné vozidlo a tak příznivě zvyšuje adhezni hmotnost tahače. Návěsy používané v lesním hospodářství pro velkoobjemovou nebo cyklickou dopravu krátkého dřeva, mají podvozek plošinového popřípadě valníkového typu vybaven klanicemi. Aby mohl návěs samostatně stát při nakládání, má vpředu pomocné podpěry. [2]



Obr. 8 Návěsy pro odvoz klád a krátkých výřezů

### 3. Historie manipulační techniky pro těžbu dřeva

Člověk již od pradávna používal dřevo ke svému užitku jako suroviny k výrobě náradí, užitkových předmětů pro domácnost, stavebního materiálu, papíru a paliva pro vlastní domácnost, pro výrobu skla apod.

Lidé dokázali využít přírodních zdrojů sil pro přepravu těžkých kmenů z místa těžby na skládku. Těmito zdroji byl dobytek, především tažní koňe, případně býci, nebo krávy. Dokázali využít jak sílu zvířat, tak i gravitační sílu. Například v horských oblastech se dřevo v zimních měsících často dopravovalo velikými saněmi ze zalesněných prudkých strání dolů do údolí. Ve vhodných lokalitách, kde byl dosti silný vodní tok, se dřevo také dalo dopravovat po vodě. Později se dřevo začalo převážně přepravovat nákladními auty a po železnici.

Od 19. století se postupně rozvíjelo průmyslové zpracování dřeva v nábytkářském průmyslu, ve sklárnách a papírnách. S rostoucí poptávkou po dřevních sortimentech se rozmáhala těžba dřeva. Bylo tedy potřeba těžít i v odlehlějších oblastech a na horách. Zakládali se první dřevařské osady.

Například na Šumavě se pro manipulaci se dřevem využívalo rozsáhlého vodního díla. Vytěžené dřevo se z místa pokácení tahalo koňmi k plavebnímu kanálu, a po něm se plavilo k místním pilám, nebo se mohlo dále po řece Vltavě plavit do vnitrozemí. Tímto způsobem se mohli dopravovat celé kmeny na velké vzdálenosti. Někdy se klády dopravovali přes celé české území do Německa. Na konci 18. století byl v sousedním Rakousku veliký nedostatek dřeva. To podnítilo stavbu Schwarzenberského plavebního kanálu. Volná polena plula Schwarzenberským kanálem a dále po řece Mühl až do Neuhausenu, kde byl vybudován vyloďovací kanál a přístaviště lodí. Před ústím řeky Mühl do Dunaje byla polena zachytávána a nakládána do lodí, které dřevo odvážely do Vídně. Celý kanál měřil včetně 419 m dlouhého tunelu nad Jelením 89, 7 km [4].



Obr. 9 Stahování kmenů koňmi



Obr. 10 Plavení dřeva

Těžba dřeva má velikou tradici i na Slovensku. Dřevo se zde také ve velké míře dopravovalo plavením po vodních tocích. Začátkem minulého století se však ukázalo, že tento způsob dopravy přestal být dostatečně účinný. Díky rozvoji průmyslu bylo potřeba spolehlivě transportovat mnohem větší objem dřeva, bez ztráty kvality, a to po celý rok. Tyto požadavky dokázala plnit lesní železnice. Pomocí lesí železnice se tak vytěžené dřevo poměrně rychle dopravovalo přímo na místo spotřeby- na pily, do dřevozpracujících továren. Nebo na místo vývozu ke státní železnici, a po té dále ke spotřebiteli. Tato železnice vybudovaná speciálně pro přepravu dřeva, měla menší rozchod než běžná železnice, a to 716mm (státní železnice mají rozchod 1435mm). Dokázala se tak dobře přizpůsobit terénu v úzkých údolích podél potoků. Minimální povolený poloměr oblouku v zatáčce mohl být 40m. To je výhodné pro překonávání poměrně velkých převýšení.



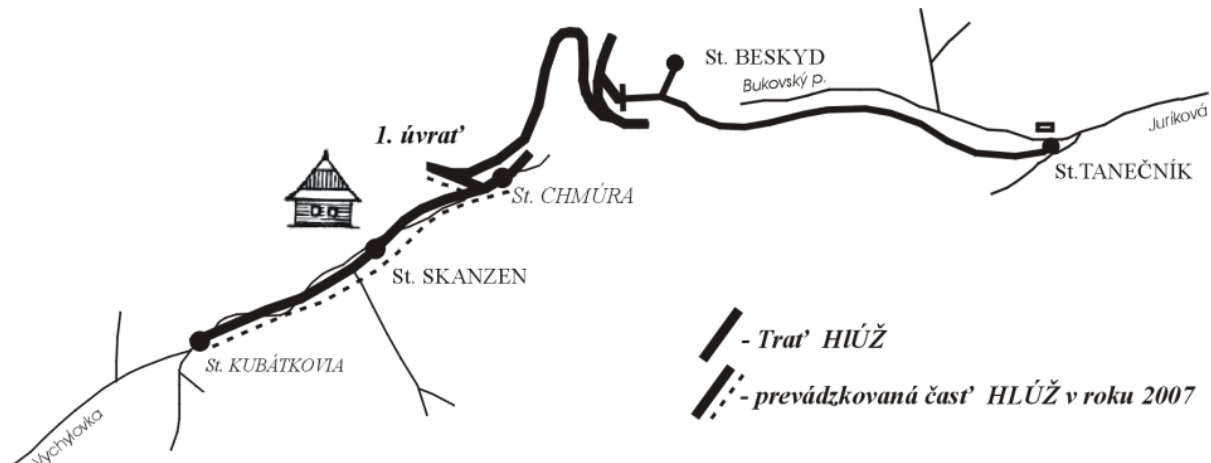
Obr. 11 Lesní úzkorozchodná železnice

Další výhodou úzkého rozchodu jsou bezesporu menší náklady na výstavbu. Z počátku se jako tažné síly, pro tahání vagonů, používali koně. V kopcovitém terénu však tahali většinou pouze prázdné vozy, protože naložené vagony dřevem byly spouštěny dolů do údolí pouze vlivem působení vlastní tíhy. Stačilo je tedy pouze brzdit. V první polovině 20. století byla lesní železnice na vrcholu slávy. V 50. letech však přišel zásadní zlom v oblíbenosti tohoto

způsobu přepravy dřevní hmoty a lesní železnice se začaly rušit. Důvodem byla jejich nerentabilita. Dřevo se začalo těžit na menších rozptýlených plochách, které byly různě vzdáleny od železnice. To vyžaduje rozvětvení dopravní sítě, což železnice nedokáže dostatečně pružně zajišťovat. Bylo tedy zapotřebí doplnit další manipulační prostředky pro zajištění transportu vytěženého dřeva z místa pokácení k železnici. To mělo pochopitelně za následek zvýšení nákladů. Lesní železnice se proto začaly nahrazovat nákladní automobilovou dopravou. Mezi nejvýznamnější a největší lesní železnice na Slovensku patřila Kysucko-oravská lesní železnice z Oščadnice přes Zákamenné do Lokca. Tato úzkorozchodná železnice vznikla v roce 1926 spojením do té doby dvou samostatných LŽ. Další velmi významná železnice byla Čiernohronská lesná železnice – ČHŽ. V Čiernom Balogu a v Štiavničke pracovaly parní pily, které byly zásobovány dřevem touto železnicí. V období velkých kalamit v letech 1927-1929 bylo nutné přepravovat velké objemy dřeva. Ročně se tak přepravilo přibližně 260 000 m<sup>3</sup> dřeva. V letech 1953 - 1955 dokonce až 300 000 m<sup>3</sup>. Denně tak bylo v provozu až sedm parních lokomotiv různých konstrukcí, ke kterým později přibýly i 3 dieselové lokomotivy. Vozový park sestával z oplenových, plošinových, služebních, osobních a speciálních vozů. Provoz zajišťovalo asi 115 zaměstnanců, a denně se jí přepravovalo kolem 200 - 250 osob.

Další zajímavostí v přepravě dřeva je bezesporu úvratěvá železnice. Tato železnice nacházela uplatnění v lokalitách, kde bylo potřeba překonat velké stoupání na krátké vzdálenosti vzdušnou čarou. Tento problém musel řešit projektant při budování spojovací železnice mezi Chmurné a Erdútkou. Z Chmurné musel vlak projet přes sedlo Beskyd. Na vzdálenosti 1500m musel tak vlak překonat převýšení 218m. Tento problém byl vyřešen pomocí tří vložených úvratí přičemž úvratěvá byla i stanice v Chmurné a sedle Beskyd, čímž se předešlo zdlouhavému a nákladnému budování umělých staveb, pomocí kterých by se na trati mohly budovat oblouky. Tento způsob překonávání převýšení na železnici nebyl často používán, i přesto, že byl levný a jednoduchý. Úvratěvá železnice se stále uplatňuje v Jižní Americe. Jsou určeny převážně pro nákladní přepravu. Na jedné takové železnici vedoucí od Tichého oceánu do And je pro překonání převýšení použito 13 úvratí a trať tak vystoupá až do nadmořské výšky 4818m.n. m. Je to zároveň nejvyšší bod jakékoliv železnice kdy dosáhla. Na našem území byl pravděpodobně poprvé využit na konci 19. a začátkem 20. Století. Na velkostatku Branná v Jeseníkách byly vybudovány 3 gravitační železnice, na nichž byly na překonání převýšení použité úvratě. V úvratích vlak měnil směr jízdy a zároveň zmiřňoval rychlost. [7;8;9;10]





Obr. 12 Schéma úvratového železničního úseku mezi Chmurná a Erdůtkou

## 4. Současný stav manipulační techniky pro těžbu dřeva

Nyní se zaměřím se na motorová vozidla a stroje, která jsou dnes pro přepravu dřeva používána nejčastěji. Pro těžební práce mohou být použity strojně ruční, nebo stroje pro těžební práce.

### 4.1 Strojně ruční těžební stroje

jsou především motorové řetězové pily, nebo agregátorové samohybné, nebo převozní těžební stroje. Motorové pily se vyznačují relativně nízkými pořizovacími a provozními náklady, jednoduchostí obsluhy a vlastního použití, provozní spolehlivostí a nízkou hmotností. Uplatňují se často v terénech, které jsou nepřístupné pro jiné stroje. Použití je možné bez ohledu na druh dřeviny, tvar a rozměry kmene. Nevýhodou je poměrně namáhavá a také značně riziková práce. Neblahý vliv na obsluhu mají zejména vibrace při provozu, hluk motoru, výfukové zplodiny a také skutečnost, že pracovník musí pracovat často v nepříznivých pracovních podmínkách.

### 4.2 Stroje pro těžební práce

Těžební stroje můžeme rozdělit podle různých hledisek. Například podle toho, zda je stroj určen pro vykonávání jedné, nebo více operací, podle druhu podvozku, konstrukce rámu apod.

*Jednooperační* - Tyto stroje vykonávají jen jednu operaci, např. kácení, odvětvování.

*Víceoperační* - Tyto stroje vykonávají více operací, např. kácení, odvětvování, krácení a hromádkování (zpravidla pojmenováno podle operací podle operací v pořadí, jak jsou vykonávány).

*Víceoperační sestava strojů* - Tato sestava je složena z více strojů, z nichž alespoň jeden stroj nemůže pracovat samostatně, přičemž sled vykonávaných operací je časově nedělitelný. [2]

Dále můžeme těžební stroje rozdělit na *samohybné* a *převozní*.

#### 4.2.1 Jednooperační těžební stroje

V soustavě těžebních strojů jsou jednooperační stroje zastoupeny jen velmi málo. Jako jednooperační se vyskytují pouze kácací stroje. Jedná se v podstatě o přípojné adaptéry řezného ústrojí, na kolové, nebo pásové traktory. Stroje tohoto druhu bývají nasazeny například v technologii s odvětvovacím strojem. Jednooperační odvětvovací stroje pro těžební práce se prakticky nevyskytují. Kromě odvětvování stroje vykonávají zpravidla ještě jednu operaci. Například krácení na sortimenty, nebo ukládání.

#### 4.2.2 Víceoperační těžební stroje

Jedná se o takzvané harvestory. Jsou to stroje, které kromě kácení vykonávají alespoň ještě jednu pracovní operaci (například odvětvování). Oproti jednooperačním strojům vynikají obrovskou produktivitou práce a relativně menšími požadavky na organizaci. Dalšími výhodami harvesterů jsou: Rychlá reakce na potřeby zákazníka, výroba sortimentů v přesných délkách, přibližování dřeva bezprostředně po vytěžení, ochrana porostů proti rozmnožování kůrovce, při správném nasazení strojů do prostoru lze šetřit půdní kryt, téměř naprostá nezávislost nasazení stroje na povětrnostních podmínkách, úspora pracovních sil při zajištění vysoké hygieny a bezpečnosti práce. Jejich nevýhody jsou především vysoká pořizovací cena, vysoké nároky na školení pracovní obsluhy, velké rozměry a tím i větší hmotnost. Také lze očekávat vyšší poruchovost těchto velmi konstrukčně složitých strojů.

Kácecí, odvětvovací, krátící, třídící a ukládací stroje mají hlavní výhodu v tom, že sdružují jednotlivé funkční jednotky pro vykonávání všech operací. Počínaje pokácením stromu, po uložení vytřídněných sortimentů, přičemž operace probíhají v těsném časovém sledu, nebo se mohou dokonce časově překrývat. To velmi zvyšuje produktivitu práce se dřevem při těžbě.

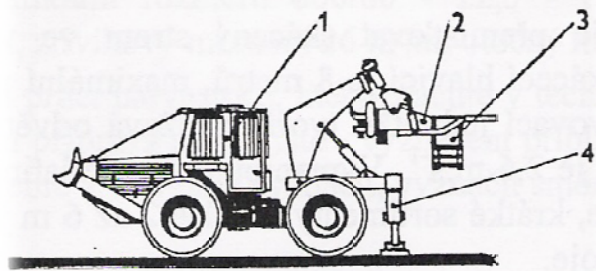
Odvětvovací a hromádkovací stroje odvětví již poražené stromy, případně mohou ustříhnout vrcholek, a celé kmeny skládají na hromady. Odvětvování se provádí tak, že se strom protáhne pomocí teleskopického ramene skrz nožovou odvětvovací hlavici.

Pro práci těchto strojů bylo vypracováno několik technologických variant pro kmenovou metodu (tj. odvětvování stromu v prostoru těžby, dále se přibližuje pouze kmen) a metodu stromovou, kdy se přibližuje celý strom a odvětvování probíhá až na odvozním místě.

Odvětvovací, krátící a hromádkovací stroje technologicky navazují na práci kácecích strojů. Dají se použít i v kombinaci s těžbou motorovou pilou a s přibližováním traktory. Konstrukce těchto strojů je uzpůsobena zpracování převážně rovných jehličnatých stromů v mýtných a předmětných porostech. Tyto stroje mají speciálně konstruované kolové podvozky, nebo se používají speciální kolové traktory. Mohou pracovat přímo v prostoru těžby, na přibližovací lince, nebo na odvozním místě za předpokladu přísunu stromů traktory. [2]

Příkladem tohoto typu stroje je OKS-25. Tento stroj byl u nás vyvinut pro odvětvování jehličnatých stromů, jejich krácení na 2m sortimenty a ukládání do hromad. Je určen pro práci na přibližovací lince v předmětných prostorech. Nosnou pojezdovou část tohoto stroje tvoří speciální lesnický traktor LKT-90. Vlastní pracovní agregát je uložen na točnici nad zadní nápravou traktoru a je zavěšen na stavitelném rameni. Pracovní agregát se skládá z odvětvovací a krátící jednotky a zásobníku na sortimenty. Odvětvovací ústrojí je nožové a plní také funkci podávajícího ústrojí. Krátící řetězová řezná jednotka je poháněna rotačním hydromotorem. Stroj je schopen pracovat se stromy o průměru 60-250 mm při rychlosti protahování 1,5 m/s. Boční dosah ramene je 4 m. Stabilitu stroje zajišťují 2 hydraulické stabilizační podpěry. OKS-25 je schopen zpracovat 35 m<sup>3</sup> dřeva (při průměrném objemu stromu 0,2 m<sup>3</sup>) za směnu. Pohotovostní hmotnost je 9000 kg. [1]

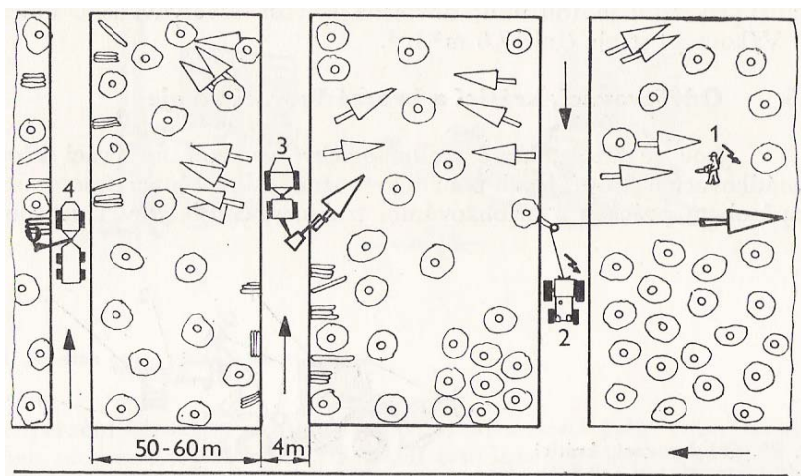
- 1- Speciální lesnický traktor
- 2- Pracovní agregát
- 3- Odvětvovací, krátící jednotka a zásobník
- 4- Stabilizační podpěry



#### Technologický postup OKS-25

Tento stroj pracuje společně v kombinaci s motomanuálním způsobem práce při sortimentní metodě. Dělník kácí stromy motorovou pilou. Tentýž dělník vyklízí stromy z porostu na okraji přibližovací linky pomocí traktorového navijáku, který ovládá na dálku rádiem. OKS-25 zatím postupně pojíždí po přibližovací lince a zpracovává stromy. Vyrobené sortimenty pak ukládá do hromad podél linky. Posledním strojem je vyvážecí souprava, která nakládá a odváží sortimenty. [2]

- 1- Dělník
- 2- Traktorový naviják
- 3- OKS -25
- 4- Vyvážecí souprava



#### 4.2.3 Víceoperační sestava strojů

Tuto skupinu lesních těžebních strojů charakterizuje to, že se skládá z více než dvou strojů, z nichž alespoň jeden nemůže pracovat samostatně. Sled vykonávaných operací je přitom časově neoddělitelný.

## 5. Volba procesu a koncepce stroje pro tento proces

Jako dílčí proces z celkové procedury manipulace se dřevem (od počáteční těžby přes soustředování a odvoz dřevních sortimentů ke zpracovateli) jsem si vybral hned první proces, a to proces kácení stromu a následných prvotních manipulačních operací zahrnujících odvětvování, krácení kmenu a ukládání vzniklých kmenových sortimentů. Pro tento proces jsou v dnešní době stále častěji používány harvestory, které vynikají především největší produktivitou práce v tomto zaměření.

### 5.1 Proces kácení a prvotní manipulace s dřevními polotovary

#### 5.1.1 Detailní popis pracovních úkonů stroje



Obr. 15 Tříosý Harvester John Deere 1170e



Obr. 16 Kácecí hlavice odřezávající kmen

Stroj přijede do předem určeného místa těžby. Obsluha zaměří dle průměru kmene měřícím zařízením vhodné stromy k těžbě. V případě větších nerovností terénu se podvozek stroje vyrovná do roviny vzduchovými měchy podvozku. Kácecí hlavice upevněná na konci hydraulického ramene se přiblíží na kmen káceného stromu a upínacími čelistmi pevně uchopí kmen. Následně jej odřízne otočně uložená řetězová lišta. Odříznutý strom se hydraulickým ramenem mírně nadzdvihne nad úroveň pařezu a následně je nasměrován do požadovaného směru pádu. Poté je poražený strom protahován pomocí podávacích drážkovaných válců skrz nožovou kácecí hlavici. Probíhá současně odvětvování a krácení kmene na sortimenty požadované délky při jednom protažení kácecí hlavici. Nastavenou délku sortimentů automaticky naměřuje měřící zařízení. Délka zpracovaných výřezů se pohybuje v rozmezí od 1m do 7m dle možností odvážecích traktorů. Vzniklé sortimenty pak otočí a uloží na místa, odkud budou s nejmenšími problémy odebírány hydraulickým jeřábem vyvážecí soupravy. Všechny tyto zmíněné operace musejí být prováděny tak, aby nebyly poškozeny stojící stromy, lesní půda, nebo nový porost.

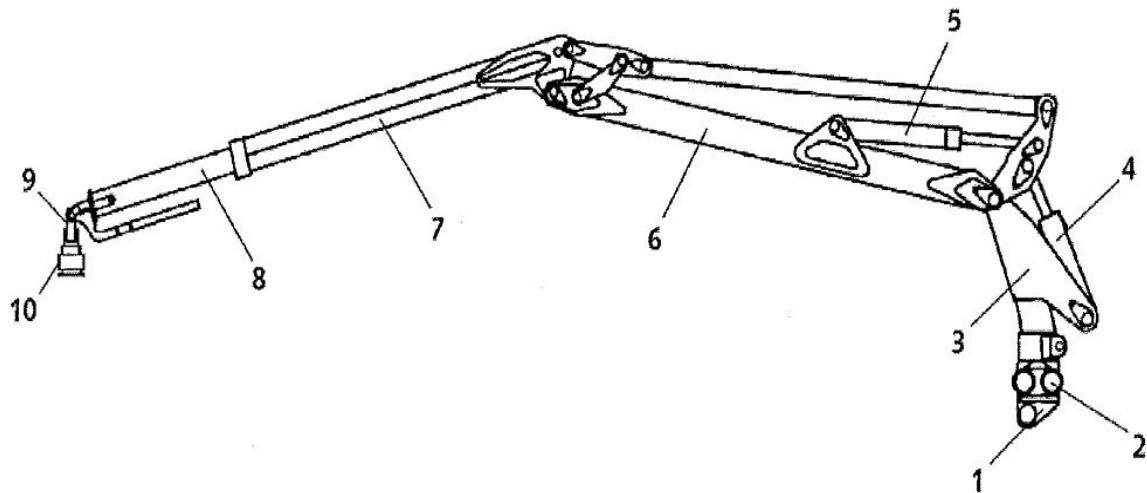
### 5.1.2 Technický popis stroje

Harvestory mohou být na kolovém či pásovém podvozku. Kolové podvozky bývají dvou až čtyřosé. Pásové podvozky se používají pryžové, nebo ocelové.

Každý harvester je vybaven robustním hydraulicky ovládaným hydraulickým jeřábem. S ním dosáhne 8-12 m dle typu a zvolených nástavců. Jeřáb je umístěn buď samostatně na přední části, nebo může být u menších strojů umístěn společně s kabinou, zatímco motor a jeho příslušenství s hydrogenerátory se nacházejí v zadní části stroje. Na konci jeřábu je uchycena, na kloubovém závěsu otočně uložena, kácací hlavice s řezným ústrojím.

Kromě řezného ústrojí je hlavice tvořena robustními svíracími čelistmi pro sevření kmene káceného stromu, drážkovanými válci pro protlačování kmene, měřicím zařízením a noži pro odvětvení kmenu.

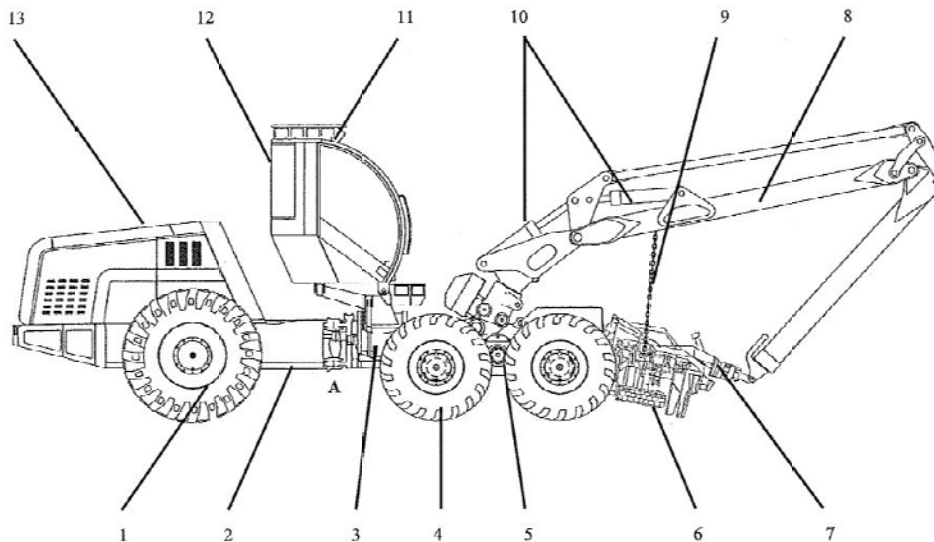
Jeřáb tvoří obvykle základna, otoč, sloup, hlavní a kyvné rameno, teleskop s 1 až 2 nástavci, táhla, páky, čepy, rotátor, hydromotory, hydraulická a mazací soustava. Veškeré pohyby a síly přenášené ramenem zajišťují přímočaré hydromotory. Jednotlivá ramena a páky jsou spojeny rotačními vazbami-čepy. [3]



1. základna hydraulického jeřábu, 2. válce otoče, 3. sloup, 4. válec hlavního ramene, 5. válec kyvného ramene, 6. hlavní rameno, 7. kyvné rameno, 8. teleskop (1 nebo 2 výsuvná ramena), 9. připojení rotátoru, 10. rotátor

Obrázek 17 Hlavní části hydraulického jeřábu

Harvestory jsou vybaveny 4, nebo 6 válcovými přeplňovanými motory. Pohon stroje je hydrostatický. Jsou používány nápravy typu boogie (zdvojené nápravy). Řízení je provedeno prostřednictvím svíslého čepu umístěného mezi přední a zadní částí stroje. Kola podvozku se mohou přizpůsobit sklonu svahu, čímž se zvětší příčná stabilita harvestoru při pojezdu v traverzu. U některých typů lze vyrovnávat kabinu řidiče i v prudkých svazích do vodorovné polohy. Kabina je vybavena polohovací



**Obr. 16** Hlavní části šestikolového harvestoru 1. kola zadní nápravy, 2. zadní rám, 3. přední rám, 4. kolo přední bogie nápravy, 5. boogie náprava, 6. harvestorová hlavice, 7. rotátor, 8. hydraulický jeřáb (výložník), 9. zajišťovací řetěz, 10. přímočarý hydromotor, 11. osvětlení, 12. kabina, 13. motor harvestoru

sedačkou a ovládacími panely s počítači. Měřicí počítačový systém po zadání údajů operátorem provádí měření všech sledovaných hodnot na kmeni, pro jeho požadované zpracování. Např. harvestory značky John Deere používají měřicí a řídicí systém TimberMatic, který umožňuje operátorovi pomocí jednoduchého rozhraní ovládat stroj, provádět měření a nastavení základních zařízení. Vypočítává objemy vzniklých sortimentů dle druhu dřeviny a třídí je podle kvality. Tyto data lze z počítače harvestoru přenést k dalšímu zpracování.

Systém TimberLink neustále monitoruje technický stav a provozní výkon stroje. Systém zajišťuje, že stroj pracuje vždy na optimální výkon a je maximálně produktivní. Údaje získané ze systému urychlují řešení problémů. Kabinu jsou dnes standardně odhlučněny, antivibračně uloženy, vytápěny a klimatizovány. Kabinu lze vůči rámu stroje naklápět. Pro práci za snížené viditelnosti jsou na kabině umístěna halogenová světla. Ovládání celého pracovního orgánu se provádí pomocí dvou joysticků s tlačítky. [2, 3, 5]

### 5.1.3 Rozdělení harvestorů podle hmotnosti a výkonu

Harvestory lze dělit podle několika kritérií. Lze je rozdělit zejména podle způsobu zpracování stromu na jednoúchopové a dvouúchopové zpracování. Při jednoúchopovém zpracování je strom pokácen, odvětven a nadělen na sortimenty během jednoho uchopení hlavicí zatímco v případě dvouúchopového zpracování je strom hlavicí pouze pokácen a následující operace jsou provedeny v takzvané procesorové hlavici umístěné obvykle na zadní části harvestoru. První zmíněná varianta je dnes v drtivé většině případů používána zejména u nás. Dále se budeme zabývat výlučně touto variantou.

Harvestory lze dále rozdělit podle výkonu motoru a dalších významných parametrů na malé, střední a velké. Viz. Tabulka č. 2 [3].

Orientační technická data kolových harvestorů	jednotka	malý harvestor	střední harvestor	velký harvestor
Hmotnost	t	8 - 13	13 - 17	17 - 24
Šířka	cm	200 - 250	250 - 270	270 - 310
Dosah ramene výložníku	m	7 - 10	8 - 12,5	8 - 12,5
Optimální hmotnost zpracovávaných stromů	m <sup>3</sup>	0,10 - 0,30	0,20 - 0,70	0,50 - 1,50
Maximální průměr úřezu	mm	550	620	750
Průměrná hodinová výkonnost	m <sup>3</sup> /h	7	9	14
Průměrná roční výkonnost	m <sup>3</sup> /rok	12 400	26 000	40 000
Výkon motoru	kW	< 70 kW	70 - 140	> 140
Počet kol	ks	4	6	6

Tab. Č. 2 Rozdělení harvestorů

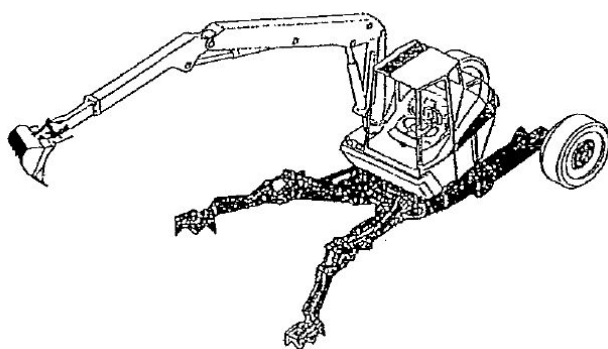
#### 5.1.4 Rozdělení harvestorů podle typu podvozku

Jsou 3 běžné koncepce podvozků harvestorů: Kolové, pásové a kráčivé. V některých případech lze na kolový podvozek nasadit tzv. kolopásky.

Kolové harvestory mohou zvládnout jízdu v terénu ve směru spádnice do sklonu 45%. Pro větší sklony lze použít pouze pásové a kráčivé typy podvozků. Stroje opatřené kráčivými podvozky mají dvě koncepce.

Klasický kráčivý podvozek označovaný též jako kombinovaný, vychází z konstrukce tzv. kráčivých rypadel. Podvozek je opatřen čtyřmi hydraulicky ovládanými rameny, z nichž dvě jsou opatřena koly a dvě opěrami. Dopředný pohyb takto vybaveného stroje je diskontinuální a je uskutečňován pomocí ramene výložníku, které se maximálně vyloží, opře se nástrojem o terén, přizvedne stroj a pak zlománím ramene přitahuje podvozek k místu opření nástroje o terén. Po přesunu může stroj pokračovat v práci nebo se dále takto přesouvat. Pohyb zpět je analogický předchozímu s tím, že se nástroj výložníku opře v blízkosti stroje, a ten se výložníkem odtlačuje od místa opření. [3]

Výhodou tohoto řešení je možnost práce i ve velmi náročných terénech se sklonem až 90%, na neúnosných půdách nebo členitých lokalitách. V příznivějších terénech mohou být koly opatřena všechna čtyři ramena a přesun stroje se pak děje kontinuálním pojezdem těchto hydrostaticky poháněných kol. [3]



Obr. 19 klasický kráčivý podvozek

Zásadní vliv vždy hraje momentální vlhkost svrchní půdy. Při jízdě v traverzu je stabilita harvestoru malá. Proto se může pohybovat jen do 10 % sklonu. Na prudkých svazích lze kombinovat nasazení harvestoru s přibližovacím navijákem, který ručně pokácené stromy přiblíží na dosah těžební hlavičky. Výkon je proto velmi snížen.

## 6. Hrubý konstrukční návrh jeřábu harvestoru

Možných koncepcí ramen harvestorů je celá řada. Každý výrobce těchto strojů má své know-how. Každý výrobce má svou vlastní konstrukci celého stroje a originální kinematiku hydraulického ramene. Jeřáby harvestorů mají různou konstrukci s hledem na to, pro jakou výkonovou třídu harvestoru jsou navrženy. Hydraulická ramena harvestorů jsou vystavena těžkému namáhání. Při kácení stromů jsou do celé konstrukce vnášeny rázy. Kmen stromu je pevně uchycen čelistmi kácecí hlavice a při pádu káceného stromu směrem k zemi často dochází k náhlému narážení do okolních stojících stromů. K největšímu nárazu dojde samozřejmě při dopadu na zem. Tím vznikají rázy a vibrace, které se následně přenášejí do celého ramene. Při následném odvětvení dochází k další sérii rázů při odsekávání větví. Při protahování kmene nožovou hlavou je rameno vystaveno všestrannému namáhání, které doprovází míjivé zatížení. Toto zatížení je způsobeno tažením kmene po lesním terénu při odvětvení.

Vzhledem k výše uvedeným aspektům, se kterými se musí během provozu konstrukce jeřábu vypořádat, je nezbytné správně dimenzovat rozměry všech funkčních prvků tvořících celý jeřáb i s ohledem na tyto komplikovaná namáhání a dobu životnosti stroje. Musí být zvoleny vhodné a dostupné materiály, o kterých bude pojednááno v kapitole Návrh materiálů. Tato konstrukce také musí brát ohledy na provádění pravidelných servisních kontrol a údržbu. To znamená snadnou demontáž často udržovaných dílů.

### 6.1 Sledované parametry

Hlavními parametry jsou maximální zdvihový moment, udávaný v kNm, a největší dosah ramene. Ten je výrobcí

udáván obvykle ve dvou až třech hodnotách, které znamenají dosah v metrech v závislosti na použití různě dlouhých nástavců. Dalšími udávanými parametry jsou: Točivý moment ramene kolem svislé osy v kNm, maximální úhel otočení a úhly náklonu ramene dopředu a dozadu. [ 11].

Příklad technických parametrů jeřábů udávaných výrobcí Rottne a John Deere u modelu velkého harvestoru.

	Rottne H14	John Deere 1270E
Max. zdvihový moment	202 kNm	197 kNm
Max. točivý moment	36 kNm	50 kNm
Max. dosah	12 m	11,7 m
Naklopení základny	Dopředu 20° / dozadu 14°	Dopředu 28° / dozadu 15°

Obr. 20 Parametry hydraulického ramene harvestorů Rottne H-14[11] a John Deere 1270E [ 5]

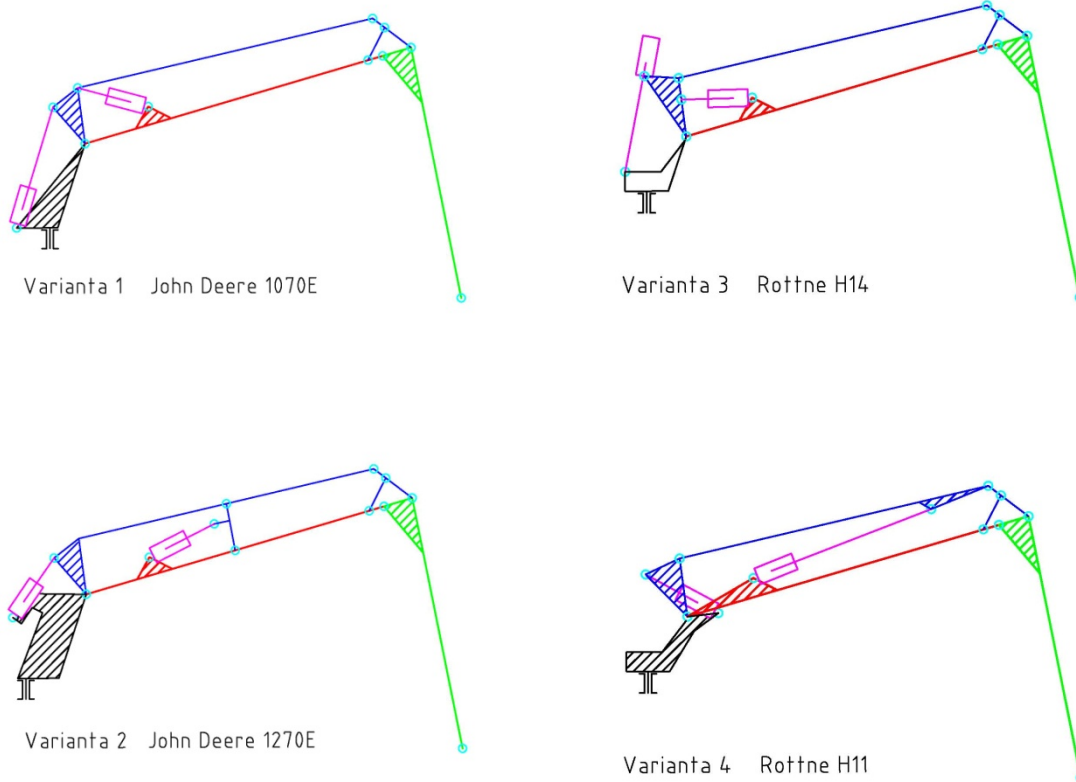


### 6.1.1 Rozdělení hydraulických jeřábů

Jeřáby harvesterů se dělí nejčastěji do třech výkonnostních kategorií dle maximální provozní nosnosti, resp. podle zdvihového momentu. Za malé se považují jeřáby se zdvihovým momentem do 100 kNm. Střední se pohybují v rozmezí od 100 do 160 kNm a za velké jeřáby se považují ty s nosností nad 160 kNm.

## 6.2 Varianty provedení

Cílem mého konstrukčního návrhu je navrhnout hydraulický jeřáb velkého jednoúchopového harvestoru. Uvedu zde několik konstrukčních variant těchto jeřábů od předních výrobců harvesterů John Deere a Rottné. Viz. Obr. č. 21.



Obrázek 21 Kinematické varianty provedení

Při sledování jednotlivých variant nelze přehlédnout jistou vzájemnou podobnost.

Ve všech případech jsou jeřáby vyzbrojeny dvěma přímočarými hydromotory pro ovládání hlavního a kyvného ramena. Tyto hydromotory jsou užity v každé variantě, i když jinak zakomponované do sestavy.

Dále si povšimneme, že kyvná ramena jsou ve všech případech, z kinematického hlediska, totožná. Zde je nutno poznamenat, že na těchto kinematických schématech jsem zakreslil pouze hlavní části, bez kterých by jeřáb nemohl pracovat. Opomenul jsem například teleskopy kyvných ramen.

### 6.2.1 Vybraná varianta

Ve své práci návrhu hydraulického jeřábu harvestoru jsem se nechal inspirovat 1. variantou kinematického provedení, tj. konstrukcí jeřábu harvestoru John Deere 1070E.

Tato konstrukce mě především zaujala svou jednoduchostí a účelností kinematického provedení. Jednoduchost řešení konstrukce je u lesních strojů žádaná, zejména kuli těžkým pracovním podmínkám, ve kterých tyto stroje pracují, a ztíženými možnostmi údržby. V neposlední řadě je tato konstrukce i levnější, než ostatní konstrukčně komplikovanější varianty. Tento jeřáb má přitom zdvihový moment 143 kNm a maximální dosah 10 m.



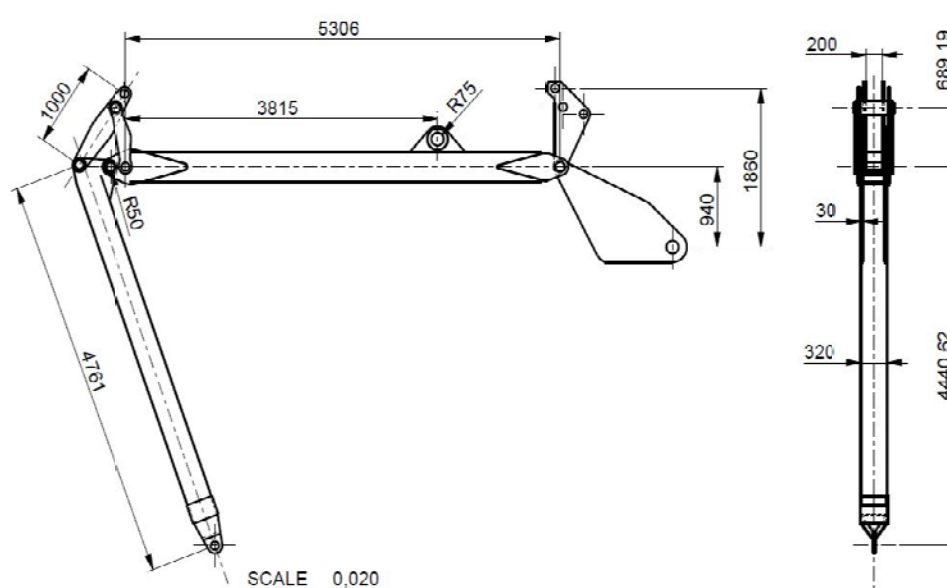
Obr. 22 Hydraulická výbava

## 7. Návrh konstrukčního celku

### 7.1 Návrh rozměrů sestavy

Pro vybraný typ kinematického uspořádání sestavy jeřábu harvestoru navrhuji jeřáb o minimálně stejném vyložení jako je tomu u modelu John Deere 1070E. Také zdvihový moment by měl být stejně velký, nebo větší.

V přílohách jsou předloženy výsledky ze silové zkoušky statického namáhání jeřábu. Pro tuto simulaci namáhání jsem vytvořil zjednodušený model navrhovaného jeřábu v parametrickém konstrukčním programu Pro Engineer Wildfire 5.0. Dimenzované rozměry klíčových míst pro přenos sil (např. čepy mezi rameny) jsou pro názornost zkontrolovány v kapitole č. 8. Hlavní rozměry tohoto modelu jsou patrné z obr. č. 22.



### 7.2 Návrh materiálů konstrukce

Při volbě použitých materiálů je potřeba vždy zvážit mnoho kritérií. Je nutné rozmyslet, které vlastnosti daného materiálu je potřeba upřednostnit před ostatními. Musíme též brát zřetel zejména na dostupnost materiálu, jakým způsobem bude daný materiál tvářen, obráběn či svařován. V neposlední řadě je důležité zvážit poměr hmotnosti a pevnosti, a také ceny.

Z těchto zmíněných důvodů je jasné, že není jednoduché jednoznačně vybrat jeden správný materiál. Pokusil jsem se vybrat alespoň jeden takový, z řady podobně vhodných materiálů.

#### 7.2.1 Materiál pro ramena a páky

Při návrhu materiálu jsem dával největší důraz na mechanické vlastnosti. Tj. na pevnost (vysokou mez kluzu) a houževnatost. Dále na svařitelnost a možnost tváření za studena.

Těmto požadavkům celkem dobře vyhovuje materiál Švédské firmy SSAB, která je předním výrobcem vysoce pevnostní oceli. Jedná se o Domex 700 MC.

Tato ocel je válcovaná za tepla a je vhodná pro svařování a mechanické tváření za studena.

Domex 700 MC označovaná také S700MC obsahuje max. 0,12 % uhlíku, 2,1 % manganu, 0,1 % křemíku, 0,025 % fosforu a dalších prvků. Mezi významné legující prvky patří vanad s 0,2 % a titan s 0,15 %. [ 16]

Dosahované mechanické vlastnosti jsou následující: Mez kluzu 700 MPa a mez pevnosti 750 – 950 MPa. [ 16]

### 7.2.2 Materiál pro čepy

Tyto čepy zastávají také funkci kluzných, tlakově mazaných ložisek umožňujících vzájemné rotační vazby mezi jednotlivými komponenty, jako jsou např. ramena, táhla a páky. Pro tyto účely jsem vybral uhlíkovou ocel k zušlechťování a povrchovému kalení, 12 050, značenou dle ČSN 41 205. Tato ocel je ve výchozím stavu normalizačně žíhaná (tj. s označením 12 050.1). Vhodnou úpravou povrchu pro zmíněný účel použití je tvrdé chromování s tloušťkou vrstvy do 4  $\mu\text{m}$  a následné leštění. Takto upraveným povrchem dosáhneme požadované drsnosti, odolnosti proti mechanickému poškození (tvrdosti povrchu) a dobré odolnosti proti korozi. Uložení čepů, jakožto kluzných ložisek, bude v toleranci f7. Čepy budou uloženy do bronzových pouzder.

Mechanické vlastnosti: Mez kluzu min. 325 MPa a mez pevnosti min. 540 MPa. [ 17]

### 7.2.3 Materiál pro pístnice hydromotorů

Materiál pístnic všech hydromotorů jsem zvolil ocel 14220.3 s mezí kluzu 600 MPa. [ 17] Na povrch pístnice je kladen stejný požadavek na drsnost, jako tomu bylo u čepů. Tudiž bude také tvrdě chromován s tloušťkou vrstvy do 4  $\mu\text{m}$  a přeštěněn.

### 7.2.4 Materiál pro hydraulické válce

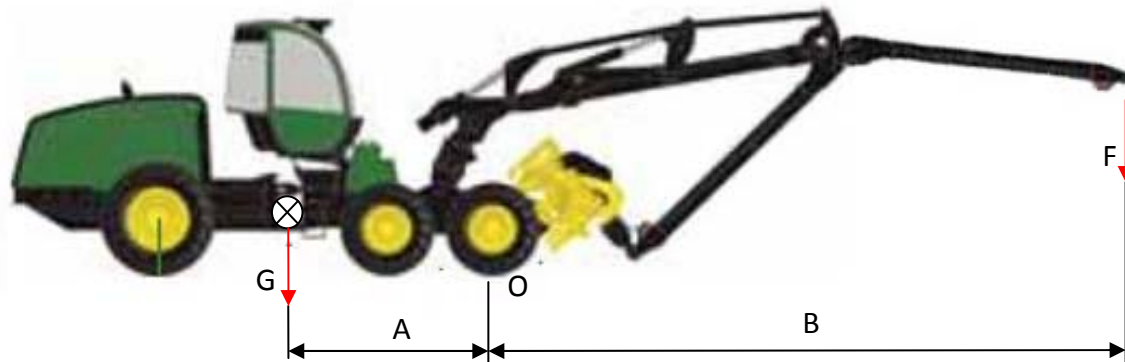
Hydraulické válce se konstruují obvykle z bezešvých trub válcovaných za tepla, či tažených trubek za studena. Vnitřní průměr bude broušen a honován. Touto dokončovací operací docílíme hladkého vnitřního povrchu trubky o jakosti 0,4  $\mu\text{m}$ . Průměrová tolerance je obvykle H8 až H9.

Zvolil jsem ocel ST52.3 BK+S podobná 11 523. Mez kluzu min. 450 MPa a mez pevnosti min. 590 MPa. [ 18]

## 8. Výpočty namáhání

### 8.1 Výpočet maximálního možného zatížení v provozu

Navrhovaný jeřáb je pro harvester s pohotovostní hmotností 14,7 t. Ta je soustředěna v těžišti vzdáleném 2,08 m za přední nápravou. Při maximálním vyložení ramene dosáhne 10 m. Z tohoto vyplývá, že jeřáb může být zatížen v extrémním případě téměř 22,3 kN. Takové extrémní zatížení jeřábu může nastat při kácení příliš velkého stromu. Celý stroj se tím začne převracet přes přední nápravu. Pochopitelně tento popsaný případ extrémního zatížení s následkem překlopení je v praxi nepřijatelný. Avšak ani v tomto nežádoucím stavu nesmí dojít k trvalé deformaci nějakého nosného dílu ramene. V následujících výpočtech je zjištěna hodnota minimální síly na konci jeřábu, která dokáže vyvodit takový klopňý moment, který odpovídá momentu tíhy harvestoru (soustředěnou v těžišti) na opačném rameni. S touto zjištěnou hodnotou zatížení budu při dalších výpočtech počítat. Viz. Schéma na obrázku č. 23.



Obr. 23 Znárodnění klopňého a rovnovážného momentu

Hmotnost harvestoru  $m$ : 14700 kg

Rozměry v metrech:

Vzdálenost těžiště a bodu převrácení [A] 2,08 m

Vzdálenost působíště síly a bodu převrácení [B] 9,5 m

Aby se harvester dostal z rovnovážné stabilní polohy, musí být splněna následující momentová podmínka k bodu zvratu [O] s přihlédnutím k zavedenému kladnému směru os a momentu:

$$F * B \geq G * A$$

Přičemž:

$$\text{Tíha harvestoru: } G = m * g = 14700 * 9,81 \cong 144 \text{ kN}$$

$$\text{Klopňý moment je tedy: } F * B = 22,294 * 9,5 = 211,781 \text{ kN} * \text{m}$$

$$F \geq G * \frac{A}{B} = 101,823 * \frac{2,08}{9,5} = 22,294 \text{ kN}$$

Tomu odpovídá téměř 2,3 t těžké břemeno.

## 8.2 Stanovení ohybového momentu působícího na kyvné rameno

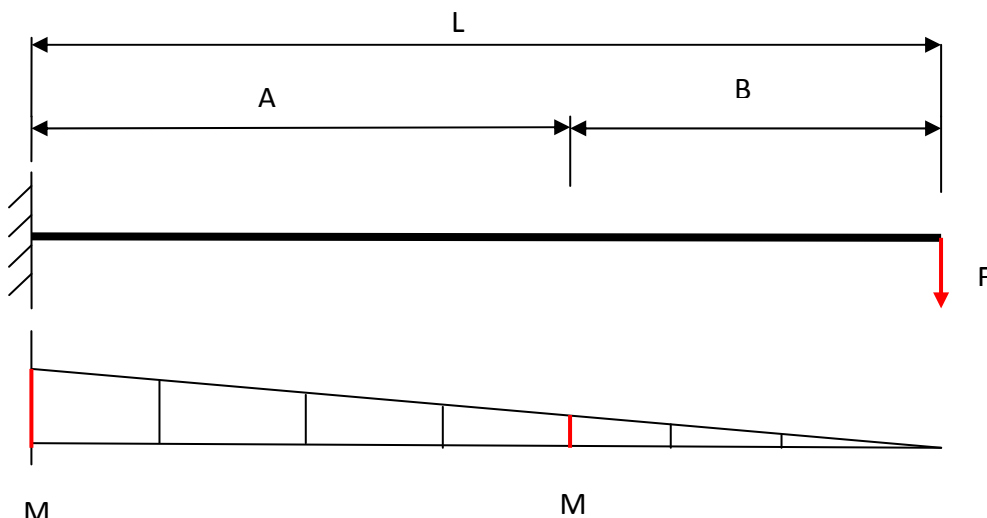
Celé kyvné rameno, včetně plně vysunutého teleskopu, představuje pro náš výpočtový model vetknutý nosník.

Celková délka nosníku[L]: 5,45 m

Působící síla na konci nosníku[F]: 30 kN

Délka ramene [A]: 2,9 m

Délka teleskopu [B]: 2,55 m



M

M

Obr. 24

$$\text{Moment } M_1 = F * L = 30 * 5,45 = 163,5 \text{ kN} * m$$

$$\text{Moment } M_2 = F * B = 30 * 2,55 = 76,5 \text{ kN} * m$$

Velikost působící síly [F<sub>2</sub>] ve vzdálenosti [A] od místa vetknutí vypočteme z rovnosti momentů k místu vetknutí:

$$M_1 = F * L = F_2 * A$$

$$F_2 = \frac{M_1}{A} = \frac{163,5}{2,9} \cong 56,379 \text{ kN}$$

Na konci ramene bude tedy působit síla [F<sub>2</sub>].

## 9. Kontrola dimenzování čepů

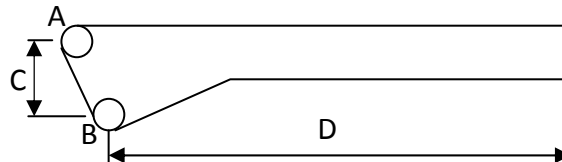
Každý čep je jinak uložen. Horní čep (v bodě A dle schématu) je ve 2 místech (u krajů) namáhán na střih a uprostřed na ohyb. Budeme tedy tento čep kontrolovat na otláčení, střih a ohyb.

2. čep (v bodě B) je namáhán pouze u krajů na střih.

### 9.1 Výpočet reakcí v kotvících čepech

Vzdálenost os čepů [C]: 0,3 m

Vzdálenost os čepů [D]: 2,75 m



Obr. 25

Výpočet reakcí ve vazbách k rámu je zjednodušen. Vazba v místě A (dle schématu níže) je zjednodušena z rotační vazby na obecnou, kvůli zachování statické určitosti sestavy. Výpočet staticky neurčité soustavy by byl v tomto případě zbytečný. Oba čepy budou ve skutečnosti téměř stejně namáhané.

Pro výpočet reakcí napíšeme 3 podmínky rovnováhy: 2 složkové (ve směru os x, y) a 1 momentovou k bodu B.

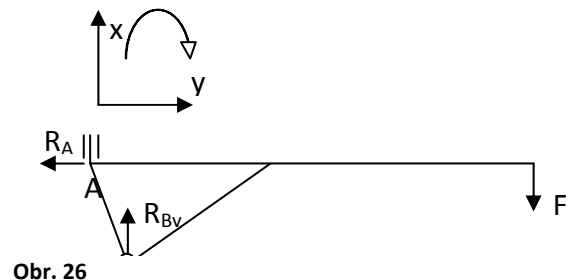
$$\sum F_{ix} = 0; R_{Bx} - R_A = 0$$

$$\sum F_{iy} = 0; R_{By} - F_2 = 0 \rightarrow R_{By} = F_2 = 56,379 \text{ kN}$$

$$\sum M_{iB} = 0; R_A * C - F_2 * D = 0$$

$$\rightarrow R_A = \frac{F_2 * D}{C} = \frac{56,379 * 2,75}{0,3} \cong 516,808 \text{ kN}$$

$$= R_{Bx}$$



Obr. 26

Dle Pythagorovy věty je  $R_B = \sqrt{R_{Bx}^2 + R_{By}^2} = \sqrt{516,808^2 + 56,379^2} \cong 519,874 \text{ kN}$

Pro kontrolní výpočty čepů budeme uvažovat síly v obou čepích stejné, a to 520 kN.

## 9.2 Kontrola čepu v bodě A

### 9.2.1 Výpočet ohybového napětí

Vzhledem k tomu, že je čep uložen v pouzdrech a v oku pístnice hydromotoru, musíme přenášenou sílu z těchto součástí na čep uvažovat jako spojitě zatížení. Tomuto zatížení musí odpovídat vypočtená síla 520 kN, rozložená do příslušné plochy. Přičemž pouzdra a oko pístnice uvažujeme jako dokonale tuhá tělesa. Dále uvažujeme, že oko pístnice je součástí kyvného ramene, a bude tedy přenášet stejnou sílu.

Parametry úlohy:

Délka spojitě zatížené plochy:  $L = 0,34$  m

Zatížení:  $F = 520$  kN

Spojitě zatížení:  $q = 1529,4$  kN / m ( $520/0,34$ )

Vnitřní průměr čepu:  $d = 0,04$  m

Vnější průměr čepu: 0,1 m

Tloušťka  $s = 0,03$  m

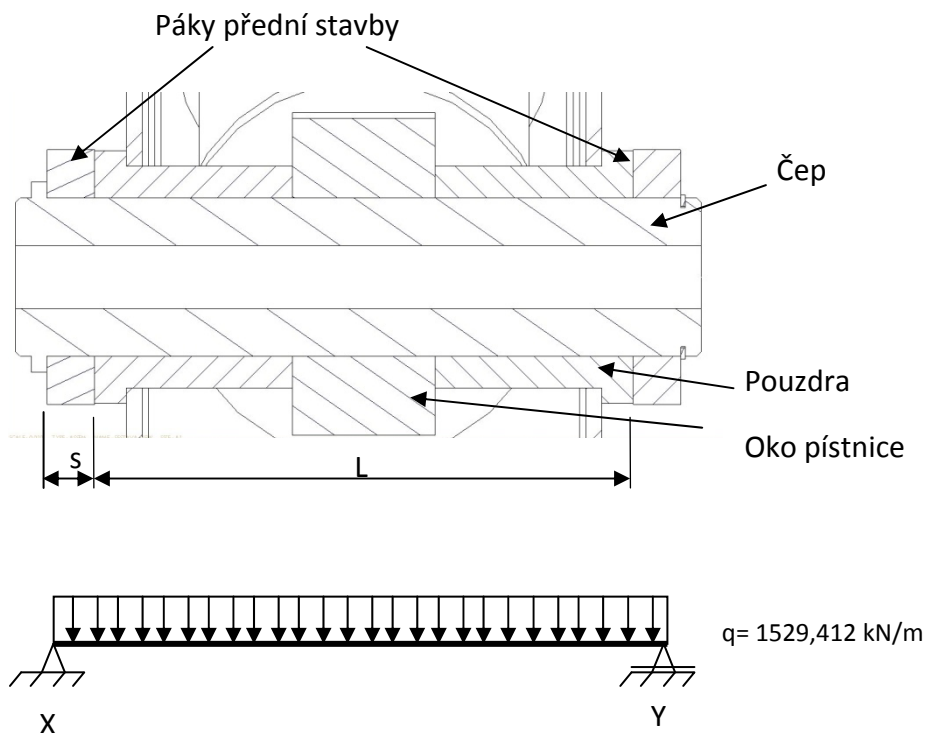
Materiál: 12 050

Minimální mez kluzu  $Re: 325$  MPa

Dovolená hodnota tlaku ve styčných plochách  $p_d: 140 - 210$  MPa

Dovolené napětí ve smyku  $\tau_{d_s}: 85 - 125$  MPa

Dovolené napětí v ohybu  $\sigma_{odov}: 150 - 220$  MPa



Obr. 27 Čep v místě A



V podporách X, Y budou reakce  $\frac{F}{2} = \frac{520}{2} = 260 \text{ kN}$

Maximální ohybový moment mezi podporami:  $M_{Omax} = \frac{F \cdot L}{8} = \frac{520 \cdot 0,34}{8} = 22,1 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Pevnostní podmínka:  $\sigma_{Omax} \leq \sigma_{odov}$  kde

$$\sigma_{Omax} = \frac{M_{Omax}}{W_o} = \frac{M_{Omax}}{\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32d}} = \frac{22100}{\frac{\pi \cdot (0,1^4 - 0,04^4)}{32 \cdot 0,04}} = 92\,409\,175,5 \text{ Pa} \cong 92,409 \text{ MPa}$$

Navržené rozměry čepu vyhovují při namáhání na ohyb.

### 9.2.2 Výpočet namáhání na otláčení

Kontrolu při namáhání na otláčení provádíme dle podmínky  $p \leq p_d$

Kde  $p$  [MPa] je tlak ve styčných plochách.

$S_p$  [mm<sup>2</sup>] průmět stykové plochy do roviny kolmé ke směru zatěžující síly.

$F$  [N] je zatěžující síla.

$$p = \frac{F}{S_p} = \frac{F}{D \cdot s} = \frac{520000/2}{100 \cdot 30} = 86,667 \text{ MPa}$$

Čep při namáhání na otláčení vyhovuje.

### 9.2.3 Výpočet namáhání na smyk (střih)

Kontrolu při namáhání na smyk provádíme dle podmínky  $\tau \leq \tau_{dS}$

Kde  $\tau$  [MPa] je napětí ve smyku.

$S$  [mm<sup>2</sup>] je průřez namáhaný na smyk.

$F$  [N] je zatěžující síla.

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}} = \frac{520000/2}{\frac{\pi \cdot (100^2 - 40^2)}{4}} = 39,41 \text{ MPa}$$

Čep při namáhání na smyk vyhovuje.

### 9.3 Kontrola čepu v bodě B

Tento čep je namáhán pouze na střih. Provedeme tedy kontrolu na otláčení a střih (smyk).

Tento čep má stejné rozměry jako předchozí v bodě A.

Zatížení:  $F = 520\,000\text{ N}$

Vnitřní průměr čepu:  $d = 40\text{ mm}$

Vnější průměr čepu:  $100\text{ mm}$

Tloušťka  $s = 20\text{ mm}$

Materiál: 12 050

Minimální mez kluzu  $R_e$ :  $325\text{ MPa}$

Dovolená hodnota tlaku ve styčných plochách  $p_d$ :  $140 - 210\text{ MPa}$

Dovolené napětí ve smyku  $\tau_{dS}$ :  $85 - 125\text{ MPa}$

#### 9.3.1 Výpočet namáhání na otláčení

Kontrolu při namáhání na otláčení provádíme dle podmínky  $p \leq p_d$

$$p = \frac{F}{S_p} = \frac{F}{D * s} = \frac{520000/2}{100 * 20} = 130\text{ MPa}$$

Čep při namáhání na otláčení vyhovuje.

#### 9.3.2 Výpočet namáhání na smyk (střih)

Kontrolu při namáhání na smyk provádíme dle podmínky  $\tau \leq \tau_{dS}$

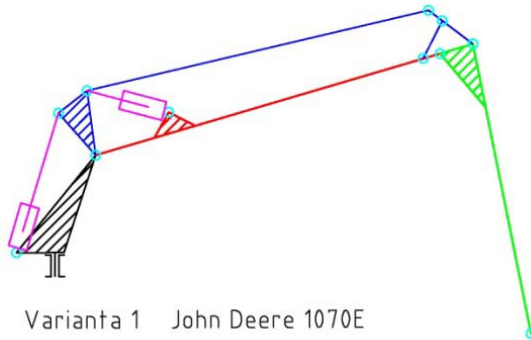
$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}} = \frac{520000/2}{\frac{\pi * (100^2 - 40^2)}{4}} = 39,41\text{ MPa}$$

Čep při namáhání na smyk vyhovuje.

## 10. Výpočet tlaků v hydraulické soustavě

V této kapitole zjistíme požadované tlaky ve 2 hlavních hydraulických válcích (viz. Obr. 28), které mají za úkol vyvinout zdvihový moment 143 kNm.

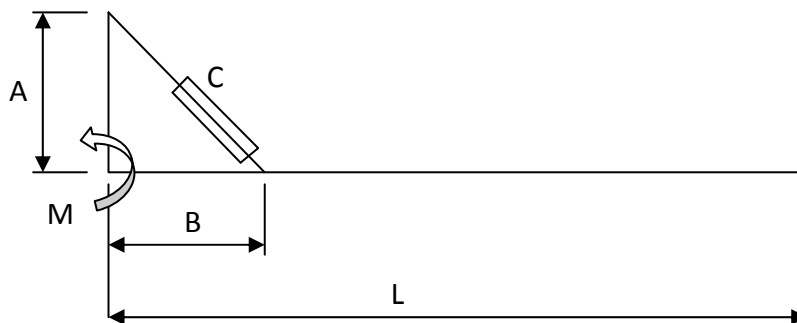
Nejprve se budeme zabývat výpočtem osové působící síly v pístnici hydromotoru č. 1 viz. obr. 28.



Obr. 28

### 10.1 Hydromotor 1

#### 10.1.1 Výpočet zdvihové síly



Obr. 29

Odměřené a zadané parametry

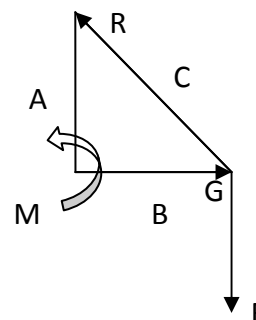
$$A = 0,7 \text{ m}$$

$$B = 1,24 \text{ m}$$

$$C = \sqrt{(A^2 + B^2)} = 1,424 \text{ m}$$

$$L = 9,59 \text{ m}$$

$$M = 143 \text{ kNm}$$



Obr. 30

Ohybový moment je definován jako síla krát rameno.

Proto  $F$  dle obr. 29 se vypočítá ze zadaného zdvihového momentu  $M$ :

$$F = \frac{M}{B} = \frac{143}{1,24} = 115,323 \text{ kN}$$

Z podobnosti trojúhelníků viz. obr. 31 zjistíme složku síly  $R$ , která je osovou silou v pístnici.



Obr. 31

$$\frac{C}{A} = \frac{R}{F} \rightarrow R = \frac{C}{A} * F = \frac{1,424}{0,7} * 115,323 = 234,59 \text{ kN}$$

### 10.1.2 Výpočet potřebného tlaku

Při výpočtu potřebného tlaku hydraulické kapaliny ve válci hydromotoru č. 1 vycházím z vypočtené osově síly v pístnici. Pasivní účinky vlivem tření zanedbávám. Vnitřní (pracovní) povrch válce dosahuje vysoké jakosti povrchu  $0,4 \mu\text{m}$ . Vzhledem k značné síle, kterou musí tento hydromotor vyvinout, bude ztráta třením zanedbatelná.

Potřebný tlak:  $P_p$  [MPa]

Plocha mezikruží:  $S$  [ $\text{mm}^2$ ]

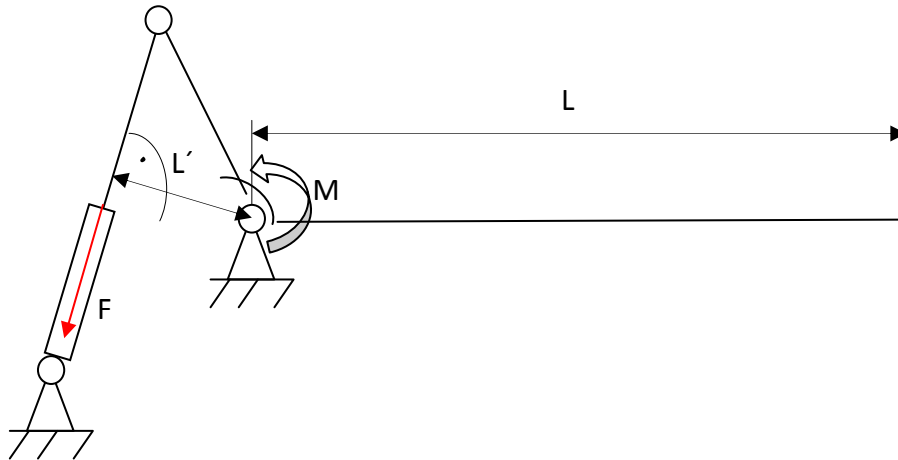
Osová síla:  $R$  [N]

$$P_p = \frac{R}{S} = \frac{R}{\frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4}} = \frac{234590}{\frac{\pi * (200^2 - 100^2)}{4}} = 9,956 \text{ MPa}$$

Tento tlak je tedy potřebný pro vyvinutí zdvihového momentu 143 kNm.

## 10.2 Hydromotor 2

### 10.2.1 Výpočet zdvihové síly



Obr. 32

Odměřené a zadané parametry

$$L = 9,584 \text{ m}$$

$$L' = 0,555 \text{ m}$$

$$M = 143 \text{ kNm}$$

Délka kolmého ramene  $L'$  byla odměřena z výkresu sestavy, v poloze s maximálním vyložení. Proto i síla  $F$  bude v této poloze nabývat maximální hodnoty.

$$F = \frac{M}{L'} = \frac{143}{0,555} = 257,66 \text{ kN}$$

Parametry příslušného hydromotoru:

Průměr válce  $D$ : 250 mm

Průměr pístnice  $d$ : 150 mm

### 10.2.2 Výpočet potřebného tlaku

Potřebný tlak:  $P_p$  [MPa]

Plocha mezikruží:  $S$  [mm<sup>2</sup>]

Osová síla:  $F$  [N]

$$P_p = \frac{F}{S} = \frac{R}{\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}} = \frac{257660}{\frac{\pi \cdot (250^2 - 150^2)}{4}} = 8,2 \text{ MPa}$$

Tento tlak je tedy potřebný pro vyvinutí zdvihového momentu 143 kNm.

## 11. Závěr

Jedním z cílů této práce je nahlédnutí do problematiky v oblasti manipulace se dřevní hmotou.

Dalším cílem bylo provést rešerši historie a současného stavu nejdůležitějších technických prostředků z oblasti manipulační a těžební techniky.

Hlavním cílem bylo vypracovat konstrukční návrh části vybraného stroje pro zvolený dílčí proces. Tímto strojem se pro mě stal kolový harvestor středního typu. Provedl jsem konstrukční návrh celého hydraulického jeřábu. Konstrukčně složitější prvky konstrukce byly vždy prověřeny mechanickou analýzou programu Pro Engineer Wilfire 5.0 a následně byla jejich konstrukce zoptimalizována. Tím byla eliminována místa s velkou koncentrací napětí. Pro konstrukci nosných profilů hydraulického ramene jsem zvolil vysokopevnostní ocel Domex 700MC. Tím bylo možné celou konstrukci navrhnout ze slabšího materiálu a značně ji odlehčit. Odlehčením konstrukce při zachování všech důležitých pevnostních ukazatelů se zvýšila vlastní nosnost ramene a tím se zlepšily i výkonové parametry celého stroje. Zlepšením parametrů se zvýší i jeho výkonnost a ekonomická rentabilita. Tím se nám vrátí i zvýšené náklady na pořízení kvalitnějších materiálů při výrobě.

Harvestory jsou nejproduktivnější stroje určené na hromadné kácení stromů. Jejich nasazení není vždy možné. Uplatňují se s výhodou zejména při kalamitní těžbě a při těžbě v uměle vypěstovaném jehličnatém lese v méně komplikovaném terénu. Nelze je nasadit v případě velmi těžkého terénu, jakým je například prudký sráz, značné terénní nerovnosti či nestabilní půdní kryt. Nelze také harvestory použít na kácení velmi vzrostlých stromů.

Pro lesní dělníky však těžba dřevní hmoty pomocí harvestorové techniky znamená vysoký stupeň mechanizace práce, nesrovnatelně menší fyzické úsilí vztažené na vytěžený m<sup>3</sup> dřeva a také mnohem větší bezpečnost práce. Při práci s harvestory jsou však kladeny veliké nároky na kvalifikaci obsluhy. Při špatném zacházení se strojem při těžbě dochází k mnohým poruchám, zejména na hydraulice. Tyto složité stroje také vyžadují odborný servis. Náhradní díly na tyto stroje jsou velmi nákladné. Proto je nezbytné operátory harvestorů důkladně školit ve specializovaných školicích střediscích.

Harvestory mají díky své výkonnosti, přizpůsobivosti a relativně šetrnému vztahu k lesu perspektivu i do budoucnosti. Jejich vývoj bude určitě pokračovat a v jejich konstrukcích se patrně časem uplatní i materiály a prvky, které představují špičku technickou i technologickou. Podmínky pro provoz těchto strojů budou stále přísnější posuzovány jak z hledisek ekologických, tak samozřejmě i ekonomických. Práce konstruktéra těchto strojů bude náročná jak na zkušenosti, tak na počítačové vybavení.

## 12. Seznam použitých zdrojů

### Monografické publikace

- [1] Vsevolod Petříček. *Mechanizační prostředky v lesnictví*. Praha: SZN Praha, 1984
- [2] Ivo Celjak. *Stroje pro zemní a lesní práce II*. České Budějovice, 2000
- [3] Jiří Neruda a kol. *Harvestorové technologie lesní těžby*. Brno: MZLU LDF Brno, 2008
- [3] K. Mičkal. *Sbírka úloh z technické mechaniky pro SOU*. Praha: SNTL, 1990

### Internetové zdroje

- [4] *Těžba a plavení dřeva*. <http://www.risy.cz/cs/turisticke-ris/sumava/historie-sumavy/tezba-a-plaveni-dreva/>
- [5] *John Deere*. [http://www.deere.com/wps/dcom/en\\_US/regional\\_home.page](http://www.deere.com/wps/dcom/en_US/regional_home.page)
- [7] *Čiernohronska železnica*. <http://www.chz.sk/historia.html>
- [8] *Historická lesná železnica v Múzeu kysuckej dediny vo Vychylovke*. <http://www.rail.sk/arp/slovakia/history/h251-7.htm>.
- [9] *Oravsko-Kysucka lesna zeleznica*. <http://www.geocaching.sk/geocache-detail.php?id=661082>
- [10] *Lesní železnice*. <http://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/lesne-zeleznice/>
- [11] *Harvestory Rottne*. <http://www.rottn.com>
- [12] [http://jdpc.deere.com/jdpc/servlet/com.deere.u90490.partscatalog.view.servlets.HomePageServlet\\_Alt](http://jdpc.deere.com/jdpc/servlet/com.deere.u90490.partscatalog.view.servlets.HomePageServlet_Alt)
- [13] *Soustředování dřeva koňmi*. <http://www.equichannel.cz/chladnokrevni-kone-perspektiva-bez-podpory-a-s-otaznikem>
- [14] *Přibližování dřeva vrtulníky*. <http://www.vrtulnik.cz/drevo.htm>
- [15] Radomír Ulrych. *Projekt využití geografických dat*. [http://www.lesycr.cz/cs/download/gsoptimalizace\\_tds\\_pomoci\\_gps-web.pdf](http://www.lesycr.cz/cs/download/gsoptimalizace_tds_pomoci_gps-web.pdf) Brno: 2010.
- [16] *Saab vysokopevnostní ocele*. <http://www.ssab.com>
- [17] *Mechanické vlastnosti oceli 12050*. <http://ust.fme.vutbr.cz>
- [18] *Výroba, servis a prodej přímočarých hydromotorů*. <http://www.hydraulics.cz>

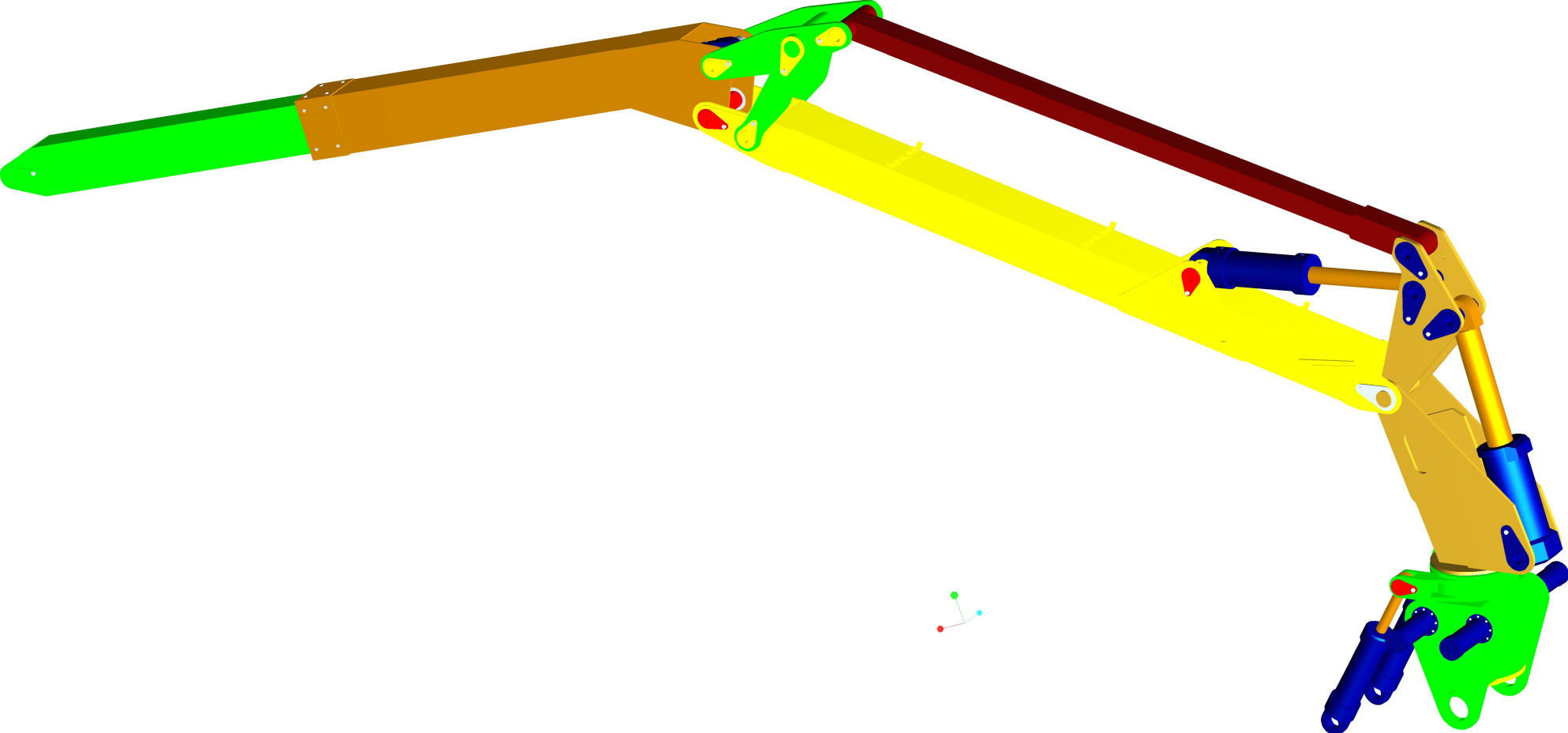
## **13. Seznam příloh**

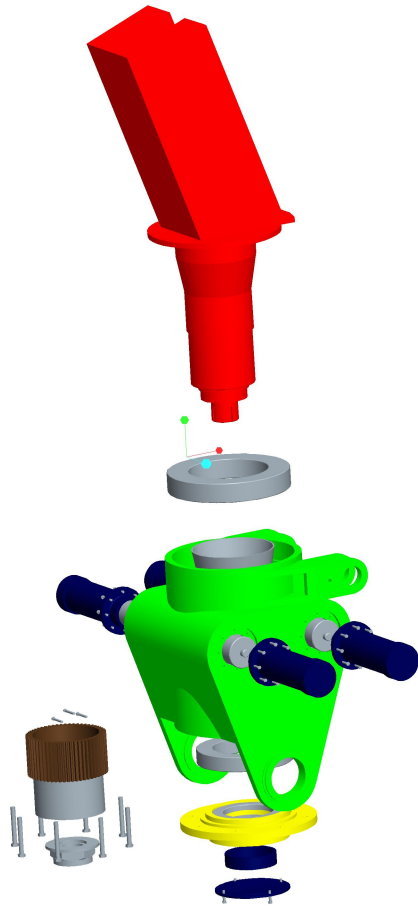
1. CAD modely navrženého hydraulického jeřábu harvestoru.
2. Výsledky MKP analýzy.



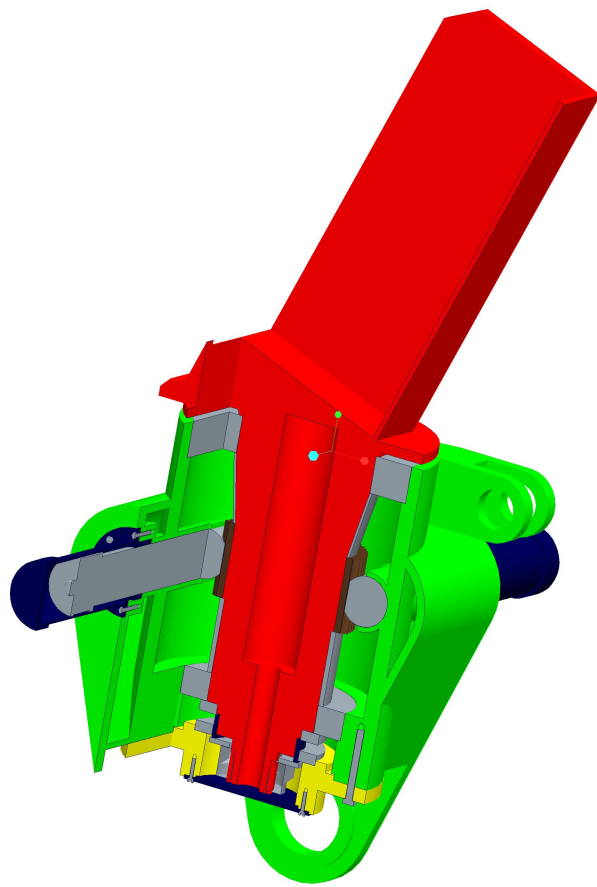
## **PŘÍLOHA č. 1**

**CAD modely navrženého hydraulického jeřábu harvestoru**





Explode State:Default Explode

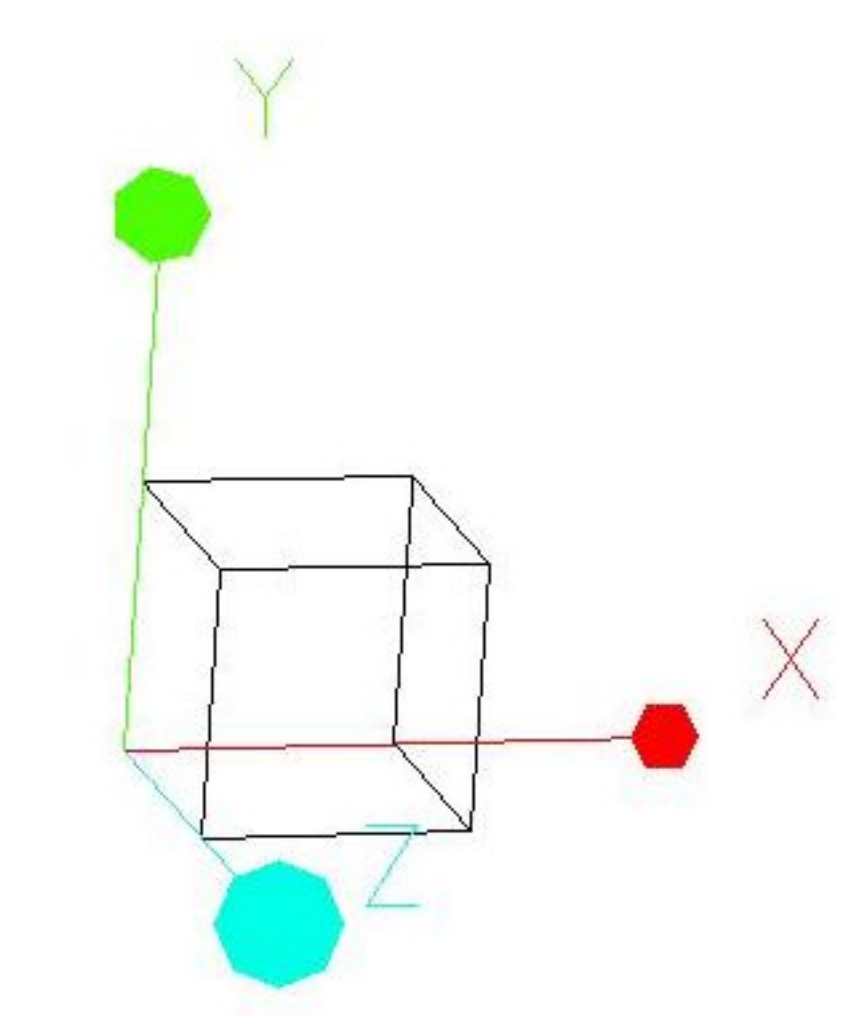
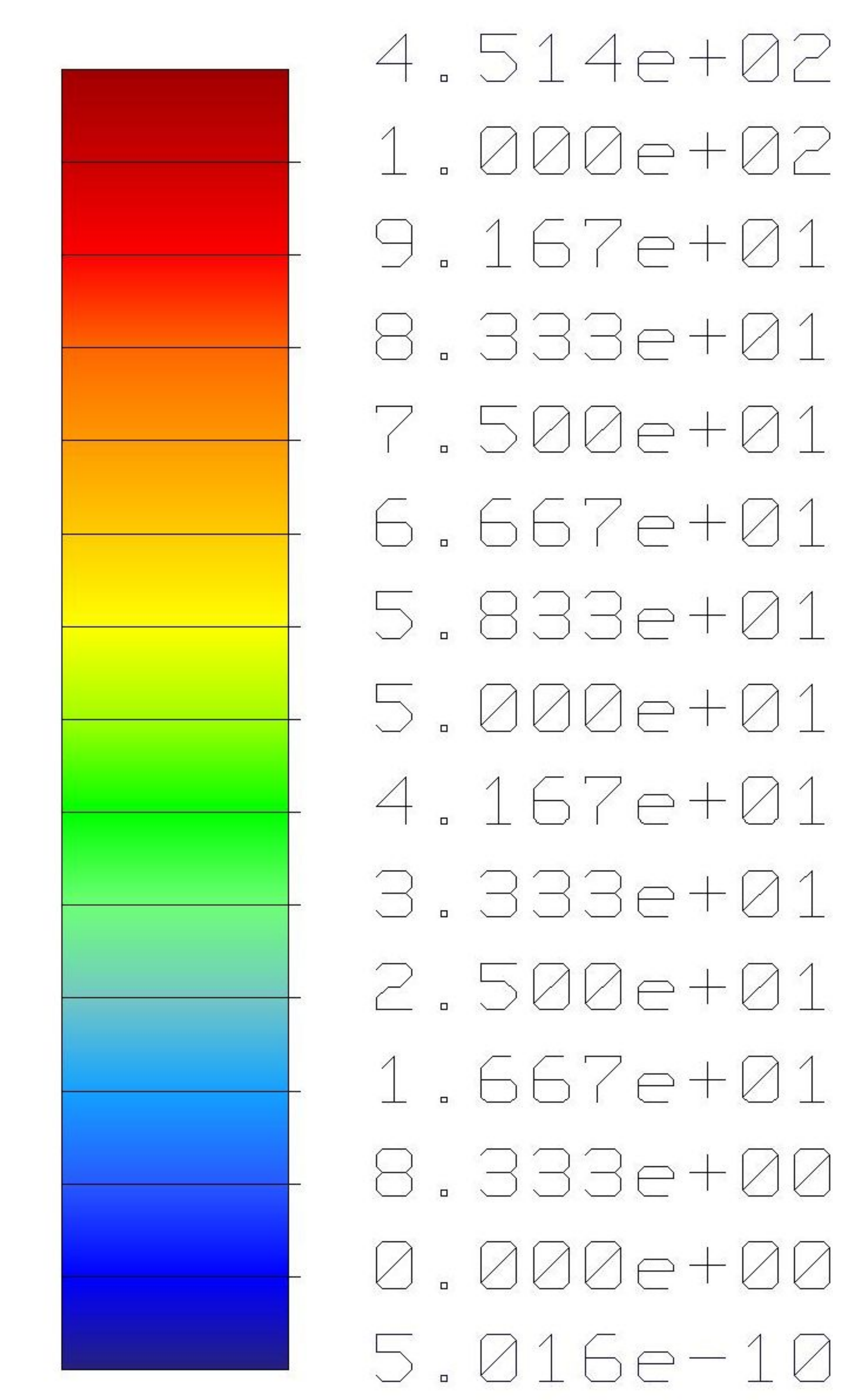
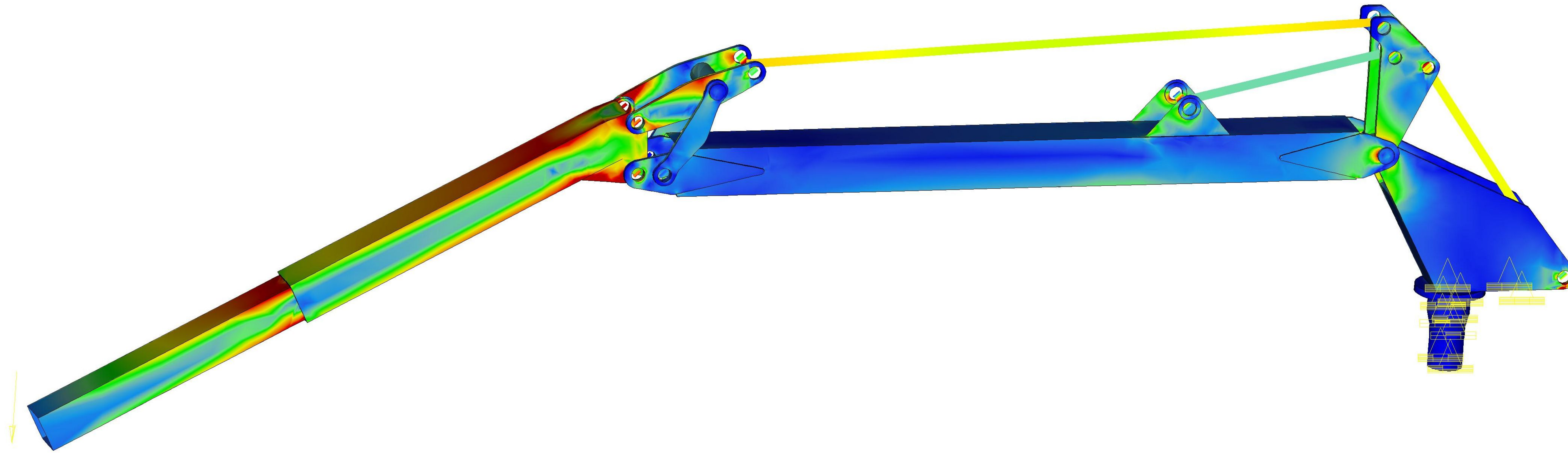


Clipping State:E

## **PŘÍLOHA č. 2**

### **Výsledky MKP analýzy**

Stress von Mises (WCS)  
Maximum of shell top/bottom  
Maximum of beam  
(MPa)  
Loadset:LoadSetI : SKLADANKA9



Stress von Mises (WCS)  
(MPa)  
Loadset:LoadSet1 : KYVNE\_RAMENO

