# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS


# HORIZONTÁLNÍ ŠTÍPACÍ STROJ NA DŘEVO
HORIZONTAL WOOD SPLITTING MACHINE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**
BACHELOR'S THESIS


**AUTOR PRÁCE** — **Zbyněk Pištělák**
AUTHOR

**VEDOUCÍ PRÁCE** — **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.**
SUPERVISOR



**BRNO 2018**

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

# Zadání bakalářské práce

| | |
|---|---|
| Ústav: | Ústav automobilního a dopravního inženýrství |
| Student: | **Zbyněk Pištělák** |
| Studijní program: | Strojírenství |
| Studijní obor: | Stavba strojů a zařízení |
| Vedoucí práce: | **doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.** |
| Akademický rok: | 2017/18 |

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

## Horizontální štípací stroj na dřevo

**Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Návrh koncepce a konstrukce stabilního mechanického štípacího stroje na dřevo s elektrickým pohonem, s těmito základními parametry:
- vzdálenosti mezi klíny 550 mm,
- maximální průměr polen 250 mm,
- maximální štípací síla 65 kN.

**Cíle bakalářské práce:**

Vypracovat rešerši týkající se průzkumu trhu a zhodnocení současného stavu v nabídce typově obdobných štípacích strojů na dřevo.
Vypracovat rešerši vlastností a parametrů štípaného dřeva.
Návrh koncepce štípacího stroje.
Provést základní technické a návrhové výpočty pohonné jednotky.
Nakreslit sestavný výkres stroje a vybrané detailní výkresy exponovaných součástí.
Stručná analýza rizik nově vyvinuté konstrukce.
Odhad nákladů na výrobu jednoho kusu stroje.
Návod na obsluhu stroje.

**Seznam doporučené literatury:**

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G. (2010): Konstruování strojních součástí. 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

JANČÍK, L. (2004): Části a mechanismy strojů. ČVUT Praha.

KLIMEŠ, P. (2003): Části a mechanismy strojů I, II. VUT v Brně.

BIGOŠ, P., KUĽKA, J., KOPAS, M., MANTIČ, M. (2012): Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach. ISBN 978-80-553-1187-6.

VAĎURA, J. (1987): Hydraulické a pneumatické mechanismy, VUT v Brně. ISBN 55-623-87.

GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ J. (2004): Nauka o dřevě. MZLU v Brně. ISBN 80-7157-577-1.

HORÁČEK, P. (2001): Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. MZLU v Brně. ISBN 80-7157-347-7.

BLÁHA, J., BRADA, K. (1992): Hydraulické stroje. Praha, SNTL. ISBN 80-03-00665-1.

ŠKOPÁN, M. (2004): Hydraulické pohony strojů. VUT v Brně. Učební text.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 26. 10. 2017

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

L. S.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

# ABSTRAKT

Mezi cíle této bakalářské práce patří vypracovat rešerši štípacích strojů, a štípaného materiálu. Dále je práce zaměřena na vlastní konstrukci štípacího stroje dle zadaných parametrů. Následuje návrh štípacího stroje s horizontálním provedením rámu a návrh hydraulického obvodu. V práci jsou obsaženy výpočty související s návrhem a kontrolou stroje, montážní postupy, stručná analýza rizik, odhad nákladů na výrobu a návod k obsluze. Součástí práce jsou také základní výkresy navržené konstrukce a kusovníky.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Štípací stroj, dřevo, hydraulický obvod, rám, štípací klín, elektromotor, hydromotor, hydrogenerátor

# ABSTRACT

The main purposes of this bachelor thesis are the analysis of wood splitting machines and wood. The thesis is also focused on my own design of wood splitting machine according to specified parameters. There are also proposals of machine and hydraulic circuit. The thesis also including calculations, the assembly procedures, analysis of risks, price estimation and manual. The drawings and bills of materials are also the part of the thesis.

## KEYWORDS

Splitting machine, wood, hydraulic circuit, frame splitting wedge, electric motor hydraulic motor, pump

# BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PIŠTĚLÁK, Z. *Horizontální štípací stroj na dřevo*. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky.49 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček Dr.

# ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2018 ……..……..……..

Zbyněk Pištělák

# PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Radkovi Knoflíčkovi, Dr. za rady a připomínky a za vlídný přístup. Dále svým rodičům, kteří mě podporovali při studiu.

# OBSAH

**ÚVOD** ..... **9**

**1 DŘEVO A JEHO VLASTNOSTI** ..... **10**

**2 ŠTÍPACÍ STROJE – ROZDĚLENÍ** ..... **13**

2.1 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ PODLE TYPU ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE ..... 13
*2.1.1 Horizontální (vodorovné)* ..... *13*
*2.1.2 Vertikální (svislé)* ..... *14*
*2.1.3 Jiné* ..... *14*
2.2 PODLE VELIKOSTI ŠTÍPACÍ SÍLY ..... 15
2.3 PODLE POHONU ..... 15
*2.3.1 Manuální* ..... *15*
*2.3.2 Elektrický pohon* ..... *17*
*2.3.3 Spalovací motor* ..... *18*
*2.3.4 Alternativní pohony* ..... *18*
2.4 ŠTÍPACÍ NÁSTROJ ..... 18
*2.4.1 Štípací klín* ..... *18*
*2.4.2 Štípací trn* ..... *19*

**3 PRŮZKUM TRHU** ..... **20**

**4 VLASTNÍ NÁVRH STROJE** ..... **22**

4.1 HYDRAULIKA ..... 22
*4.1.1 Hydraulický obvod – schéma* ..... *22*
*4.1.2 Návrh přímočarého hydromotoru* ..... *23*
*4.1.3 Rozvaděč* ..... *26*
*4.1.4 Hydrogenerátor* ..... *26*
*4.1.5 Návrh vedení* ..... *28*
4.2 NÁVRH POHONU ..... 28
4.3 OCELOVÉ ČÁSTI ..... 29
*4.3.1 Rám* ..... *29*
*4.3.2 Návrh průměru táhla* ..... *34*
4.4 DÍLČÍ ZÁVĚR - VÝSLEDEK KONSTRUKČNÍCH PRACÍ ..... 35

**5 MONTÁŽNÍ POSTUP HLAVNÍ ČÁSTI STROJE** ..... **36**

**6 STRUČNÁ ANALÝZA RIZIK** ..... **38**

6.1 POUŽITÉ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY: ..... 38
6.2 MOŽNÁ NEBEZPEČÍ ..... 38

**7 ODHAD NÁKLADŮ NA VÝROBU** ..... **39**

**8 NÁVOD NA OBSLUHU STROJE** ..... **41**

**9 ZÁKLADNÍ TECHNICKO-PROVOZNÍ PARAMETRY** ..... **43**

**ZÁVĚR** ..... **44**

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ** ..... **48**

**SEZNAM PŘÍLOH** ..... **49**

# ÚVOD

Jako téma mé bakalářské práce jsem si vybral Horizontální štípací stroj na dřevo. Každý rok mnoho domácností, včetně té naší, řeší problém přípravy dřeva na topení. Štípání dřeva je jeden z mnoha kroků přípravy a ruční štípání pomocí sekery je poměrně fyzicky náročné, pro lidi trpící zdravotními problémy nebo seniory téměř nemožné. Člověk je čím dál pohodlnější a technika dostupnější, proto i naši domácnost čeká koupě štípacího stroje.

Tvorbou této práce se detailně seznámím s problematikou a konstrukcí štípacích strojů a budu přesně vědět, jaký stroj do domácnosti potřebujeme. Zjistím, jak tito pomocníci fungují, dovím se informace o dřevě samotném, ale hlavně si vyzkouším proces konstruování stroje podle zadaných parametrů a rozšířím si obzory v oblasti návrhu pohonů a jednotlivých konstrukčních prvků.

Mým úkolem je vypracovat rešeršní rozbor štípacích strojů a parametrů štípaného dřeva, provést průzkum trhu v nabídce typově obdobných strojů, navrhnout koncepci stroje a jeho částí včetně potřebných výpočtů. Dále pak nakreslit výkresy sestav a některé detailní výkresy součástí. Provést analýzu rizik, odhad výrobních nákladů a vytvořit návod na obsluhu stroje. Součástí práce je také montážní postup hlavní části rámu.

Pro modelování a tvorbu výkresové dokumentace využiji program SOLIDWORKS, kde navrhnu jednotlivé části stroje.

# 1 DŘEVO A JEHO VLASTNOSTI

Dřevo je materiál, který nalézá uplatnění téměř ve všech oborech lidské činnosti. Při bližším zkoumání je zřejmé, že se jedná o velice složitou strukturu. Existuje mnoho druhů dřevin s odlišnými fyzikálními, chemickými a mechanickými vlastnostmi, stavbou a složením. Dřevo je nenahraditelné kvůli jeho významným přednostem, jako jsou například dobré rezonanční vlastnosti, poměr hmotnosti a pevnosti, snadná opracovatelnost nebo tepelně izolační vlastnosti.

Po chemické stránce je suché dřevo složeno ze 49,5 % uhlíku, 44,2 % kyslíku, 6,3 % vodíku a přibližně 0,12 % dusíku, což jsou organické látky. Anorganické látky jsou ve dřevě zastoupeny minimálně a to ve formě solí. Právě anorganické látky jsou to, co po spálení dřeva vytvoří popel. [1]

Velký vliv na vlastnosti dřeva má množství obsažené vody. Dřevo má hydroskopické vlastnosti, to znamená, že je schopno na sebe vázat vzdušnou vlhkost, čímž se roztahuje a sušením se smršťuje. Voda je ve dřevě uložena několika různými způsoby.

- Voda chemicky vázaná – tu je možné odstranit pouze spálením. Nachází se ve dřevě jako součást chemických sloučenin a na vlastnosti dřeva nemá vliv.
- Vázaná voda – má velký vliv na vlastnosti dřeva. Nachází se ve stěnách buněk
- Volná voda – vyplňuje mezibuněčné prostory a dopravuje dřevem živné látky. Vypařuje se jako první. Má malý vliv na vlastnosti dřeva.

Stav, kdy se vypaří všechna volná voda, se nazývá *mez nasycení buněčných stěn*. Potom se vypařuje voda vázaná a to až do *stavu vlhkostní rovnováhy* (dané teplotě a vlhkosti vzduchu odpovídá určitá hodnota vlhkosti dřeva).

Dřevo může mít také různé vady, jako například suky, trhliny nebo vady tvaru kmene, které jsou z velké části způsobeny rozdílnou strukturou v různých směrech. Dále bývají stromy napadány houbami, hmyzem nebo ptactvem, jejichž vliv na kvalitu dřeva je negativní.

Pokud jde o štípání dřeva, je pro nás z mechanických vlastností nejdůležitější štípatelnost dřeva. Štípání dřeva je z pohledu napjatosti poměrně složité. Jde o současné působení tlaku a ohybu. Štípatelnost je určena silou, která poruší zkušební těleso a její výpočet vychází z obecného vzorce pro napětí. Jehličnany jsou obecně snadněji štípatelné, než listnaté stromy.

$$R_{\mathrm{w}} = \frac{F_{\max}}{S} \tag{1.1}$$

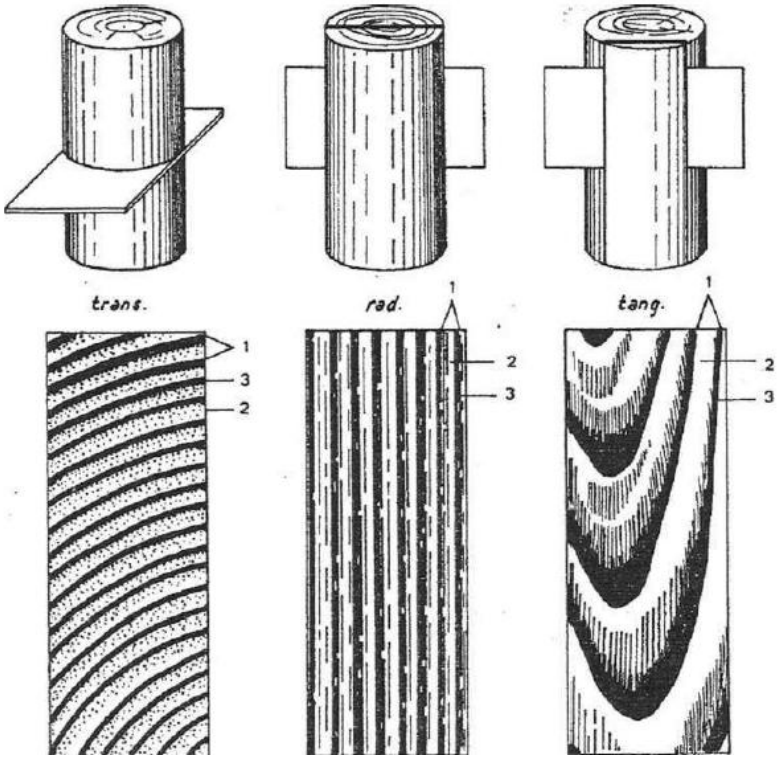
Kde:

$R_w$ – štípatelnost [Pa]

$F_{max}$ – maximální síla [N]

S – plocha štípání (průměr krát délka polena) [$m^2$] [1]

Pro pochopení tabulky 1 je nutné definovat základní řezy dřevem (obr. 1).




*Obr. 1 Základní řezy dřevem; 1- příčný, 2 – radiální, 3 – tangenciální [1]*

Následující tabulka (Tab. 1) vyjadřuje štípatelnost různých dřevin o vlhkosti 12% a o vlhkosti větší, než 30% a to jak v radiální rovině, tak v tangenciální rovině. Hodnoty jsou udávány v MPa.

*Tab. 1 Odolnost dřeva vůči štípání[1]*

| | **odolnost proti štípání (MPa)** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **druh dřeva** | **v radiální rovině při vlhkosti** | | **v tangenciální rovině při vlhkosti** | |
| | **12 %** | **> 30 %** | **12 %** | **> 30 %** |
| modřín | 0,26 | 0,16 | 0,26 | 0,16 |
| borovice | 0,22 | 0,14 | 0,22 | 0,14 |
| smrk | 0,18 | 0,11 | 0,18 | 0,11 |
| akát | 0,40 | 0,25 | 0,53 | 0,32 |
| jasan | 0,43 | 0,27 | 0,45 | 0,27 |
| dub | 0,32 | 0,20 | 0,44 | 0,27 |
| buk | 0,33 | 0,20 | 0,50 | 0,30 |
| habr | 0,41 | 0,25 | 0,55 | 0,34 |
| topol | 0,19 | 0,12 | 0,25 | 0,16 |

# 2 ŠTÍPACÍ STROJE – ROZDĚLENÍ

Štípací stroj na dřevo koná přímočarý vratný pohyb, přičemž vykonává požadovanou práci – štípání dřeva. Štípáním se dřevo rozdělí po směru vláken. Štípačka je praktický pomocník pro každého, kdo topí dřevem. Výhoda jejich použití spočívá ve snadném ovládání, snížení námahy člověka, rychlosti a bezpečnosti práce. Existuje více druhů štípaček a liší se v různých ohledech.

Rozdělení štípacích strojů:

- Podle typu základní konstrukce
- Podle velikosti štípací síly
- Podle pohonu
- Podle štípacího nástroje

## 2.1 ROZDĚLENÍ ŠTÍPACÍCH STROJŮ PODLE TYPU ZÁKLADNÍ KONSTRUKCE

Jedná se především o polohu dřeva při procesu štípání, ale také o celkové konstrukční řešení štípaček.

### 2.1.1 HORIZONTÁLNÍ (VODOROVNÉ)

Mezi výhody této koncepce patří především poměrně nízká cena, která se pohybuje okolo pěti tisíc korun, menší hmotnost a skladnost. Toto provedení disponuje menší štípací silou, zpravidla do 6 tun, a je určena především pro domácí použití. Nevýhodou je nepohodlnost obsluhy. Pro některé typy těchto strojů existují přídavné stojany umožňující práci ve zpřímené poloze. Namáhavější je však zvedání polena do pracovní výšky.

*Obr. 2 Horizontální štípačka Hecht 651 – štípací síla 5 tun, cena k 10.5.2018 je 4990,- [2]*

### 2.1.2 VERTIKÁLNÍ (SVISLÉ)

Výhody této koncepce jsou snadnější obsluha stroje oproti horizontálním štípačkám a možnost štípání rozměrnějších polen, protože štípací síla zde dosahuje rozmezí 7-12 tun. U profesionálních strojů až 25 tun. Obsluha pracuje ve stoje a manipulace i s většími poleny je realizována valením po čele polena, což je méně náročné, než zvedání a usazování polena na rám horizontální štípačky. Rám svislých strojů je robustnější a celkově jsou větší. Tyto stroje mohou štípat dřevo o výšce až 1,2 metrů s průměrem až 500 mm. Cena těchto strojů je různá, řádově v desítkách tisíc korun.

*Obr. 3 Vertikální štípací stroj Scheppach HL 850, štípací tlak 8,5 tun, cena kolem 15 000 Kč[3]*

### 2.1.3 JINÉ

Dále existují různé varianty profesionálních štípačů a automatických štípacích center, jejichž konstrukce je složitější a různorodější, a jejich produktivita nesrovnatelně větší. Uplatní se v závodech produkující palivové dřevo. Poleno je zde však štípáno většinou v horizontální poloze. Pohon zajišťuje výkonný spalovací motor, nebo elektromotor. Bývají vybaveny dopravníky, podavači a podobně.

*Obr. 4 Štípací automat APD-450, 25 tun, kromě štípání provádí i řezání pomocí řetězové pily a obsahuje vynášecí pásový dopravník [4]*

## 2.2 PODLE VELIKOSTI ŠTÍPACÍ SÍLY

Velikost štípací síly je nejdůležitější charakteristika štípaček. Většinou je udávána v tunách. Podle velikosti štípací síly mohou být štípačky děleny takto:

- Hobby do 8t
- Poloprofesionální 8 až 12t
- Profesionální od 12t

## 2.3 PODLE POHONU

Aby štípačka konala požadovanou práci, potřebuje pohon. Ten je možno zajistit různým způsobem. První skupinu představují stroje mající svůj nezávislý pohon – elektromotor nebo spalovací motor. Druhá skupina přijímá energii od externího zdroje, což lze realizovat externím hydraulickým obvodem z jiného stroje, nebo využitím krouticího momentu jiného stroje. Existují také různé manuální štípačky, které jsou poháněny prací obsluhy.

### 2.3.1 MANUÁLNÍ

Do manuálního štípání dřeva lze zařadit klasické štípání pomocí sekery, nebo štípání pomocí klínů a palice.

Manuální štípačky slouží pro domácí použití a jejich štípací síla je mnohokrát menší, než síla poháněných štípačů. Manuálně poháněných štípaček existuje více typů. Práce s manuální štípačkou je pracná a zdlouhavější, než štípaní pomocí sekery. Tyto stroje jsou

tedy vhodné především pro lidi, kteří nemohou štípat dřevo sekerou a z nějakého důvodu nemohou mít klasickou poháněnou štípačku.

- Šlapací - tento druh manuální štípačky využívá hmotnost obsluhy, kterou šlapacím mechanismem převádí na štípací sílu. Je určena pro menší průměry polen.

*Obr. 5 Manuální šlapací štípačka od firmy Logmaster[5]*

- Další typ konstrukce manuální štípačky obsahuje závaží nad klínem a pružinu, která vyrovnává tíhu závaží. Štípání probíhá rázem. Většina těchto konstrukcí pochází z domácích dílen. Tento typ je poměrně rozměrný.

*Obr. 6 Další konstrukce manuální štípačky[6]*

- Mezi hlavní části další konstrukce patří tyč, která slouží jako rám a zároveň vede štípací klín. Další tyč vychází nad klínem a vede závaží. Štípání je prováděno údery závaží do klínu. Výhodou je velice jednoduchá konstrukce a neomezenost rozměrů polena.

*Obr. 7 Smart-splitter [7]*

- Manuální hydraulická štípačka - obsluha zde pumpuje pákami a tím plní přímočarý hydromotor olejem. Ten vyvolává štípací sílu. Existuje také vertikální provedení.

*Obr. 8 Manuální hydraulická štípačka LOGGER JOE [8]*

### 2.3.2 ELEKTRICKÝ POHON

Jedná se o nejrozšířenější pohon štípaček. Využívá se třífázový asynchronní motor napájený 400 V / 50 Hz nebo 230 V / 50 Hz s výkonem od 1 do 7 kW. Elektromotor vytváří krouticí moment, ten pohání čerpadlo (většinou zubové) a olej tlačí na píst přímočarého hydromotoru.

Tento pohon je levnější a tišší než pohon spalovacím motorem. Jsme však omezeni tím, že je zde nutný přístup k elektrické síti.

### 2.3.3 SPALOVACÍ MOTOR

U štípacích strojů jsou využívány spalovací motory zážehové i vznětové. Spalovací motor je hlučnější, rozměrnější a jeho pořizovací cena je vyšší. Může však pracovat kdekoliv, protože není závislý na elektrické energii ze sítě. Spalovacími motory disponují většinou velmi výkonné stroje.

*Obr. 9 Štípač dřeva poháněný benzínovým motorem o objemu 196 cm$^3$, štípací síla 25 tun, cena kolem 60 000 Kč, horizontální i vertikální poloha [9]*

### 2.3.4 ALTERNATIVNÍ POHONY

Pohon štípačky je možné zajistit také připojením hydraulického okruhu jiného stroje, nejčastěji bagru, traktoru nebo manipulátoru. Taková štípačka je velice jednoduchá, skládá se pouze z rámu, hydromotoru a štípacího klínu. Výskyt těchto štípacích strojů je vzácný a převážně se jedná o podomácku vyrobená zařízení.

Další variantou je připojení stroje na vývodový hřídel traktoru. Spalovací motor traktoru má velký výkon a štípací síla tedy může dosahovat i 20 tun.

## 2.4 ŠTÍPACÍ NÁSTROJ

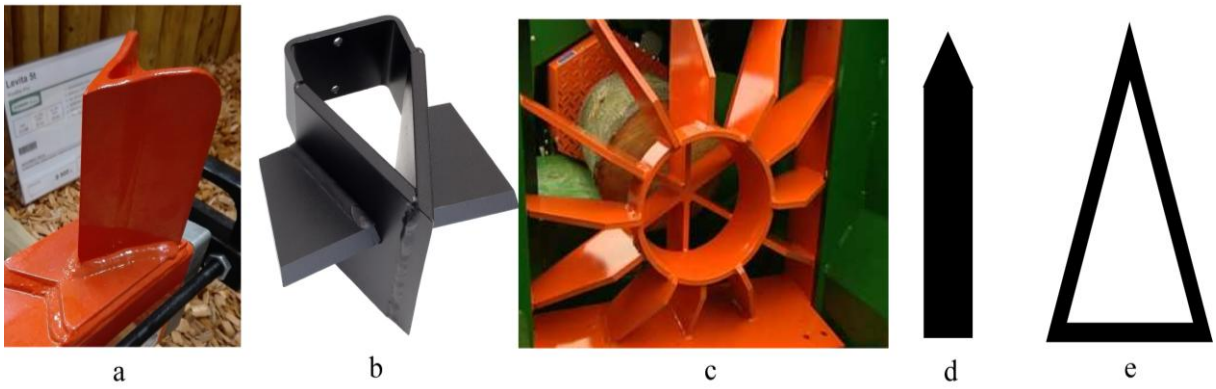
Mezi štípací nástroje řadíme různé druhy štípacích klínů nebo štípací trn.

### 2.4.1 ŠTÍPACÍ KLÍN

Štípací klíny jsou vyráběny v různých variantách. Liší se počtem břitů a tvarem. Existují jednobřité klíny, které rozdělují dřevo na dva díly, nebo vícebřité, které v jednom cyklu dělí dřevo na více dílů, zpravidla 4, 6 nebo 8. Většina běžných štípaček má jednobřitý klín přivařen k rámu, nebo je připevněn na hydromotor. Vícebřitý klín bývá dodáván jako

nástavec, který se připevní na jednobřitý klín. Vícebřitý klín zkracuje čas štípání, ale požaduje větší štípací sílu. Zpravidla je klín vyráběn jako svařenec.

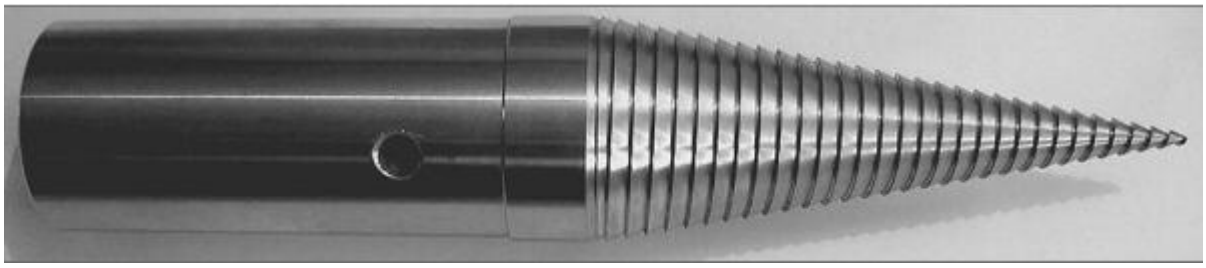
Dále existují různé tvary štípacích klínů. Základní jsou tvary A a I, nebo jejich kombinace. (Obr. 10)




*Obr. 10 Štípací klíny: a) jednobřitý b) dvoubřitý c) vícebřitý d) profil I e) profil A [10,11]*

### 2.4.2 ŠTÍPACÍ TRN

Štípací trn je další typ štípacího nástroje. Je to masivní kužel, který má na povrchu závit. Je používán u strojů pracujících úplně jiným způsobem, než klínové štípačky. Klín zde koná rotační pohyb a špalky jsou navíjeny na trn a doslova roztrhnuty. Tyto stroje jsou jednoduché a často podomácku vyrobené. Pro toto využití se často používají okružní pily. Nevýhodou je menší bezpečnost práce.



*Obr. 11 Štípací trn [12]*

# 3 PRŮZKUM TRHU

Na trhu je možné najít poměrně bohatou nabídku štípačů dřeva, především pak těch domácích. Silnými hráči jsou například firmy Hecht, Levita, Scheppach, Powerlog, Vari, Alko.

Cena těch nejlevnějších horizontálních strojů začíná nejčastěji okolo 4500 Kč, v akci se pak dá sehnat štípačka i za nižší cenu (obr. 12). Celkově cena štípaček poměrně dost kolísá a liší se u různých prodejců. Ty nejlevnější mají zpravidla štípací tlak pouze 4 tuny, což může stačit jen na malé kusy dřeva. S rostoucí štípací silou roste i cena.

Cena vertikálních štípačů začíná okolo 9000 Kč, přičemž jejich štípací tlak bývá 6 tun. Stejně tak v tomto případě, silnější stroje jsou dražší, a mohou stát i desítky tisíc korun.

*Obr. 12 Nabídka štípaček řetězce Mountfield [13]*

Z průzkumu trhu vyplynula následující tabulka (tab. 2). Je zde vypsáno několik štípacích strojů různých výrobců, které jsou typově obdobné k mému zadání a seřazeny podle štípací síly vzestupně. Je zajímavé, že maximální rozměry pro štípané poleno jsou u mnoha modelů úplně stejné.

*Tab. 2 Průzkum trhu k 23.3.2018*

| | **Označení, výrobce** | **Štípací síla [t]** | **Maximální -průměr polena [cm] -délka polena [cm]** | **Příkon motoru [W]** | **Hmotnost [kg]** | **Cena k 23.3. 2018 [Kč]** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Scheppach HL 450 | 4 | 25<br>37 | 1500 | 40,5 | 4.799,- |
| 2 | AL-KO LSH 4 | 4 | 25<br>neudáno | 1500 | 40 | 4.990,- |
| 3 | Levita 5t | 5 | 25<br>52 | 2200 | 45 | 6190,- |
| 5 | Lumag HOS5A | 5 | 25<br>52 | 1500 | 50 | 4990,- |
| 4 | Hecht 656 | 6 | 25<br>52 | 1500 | 48 | 5490,- |
| 5 | Sheppach Woodster LS 600 | 6 | 25<br>52 | 2050 | 62 | 6999,- |
| 6 | FUXTEC FX-HS16 | 6,5 | 25<br>52 | 2200 | 44 | 6590,- |

# 4 VLASTNÍ NÁVRH STROJE

V této kapitole se již budu věnovat návrhu vlastní koncepce štípačky a zabývat se jednotlivými návrhovými a pevnostními výpočty. Na základě předcházející rešerše a zadání mé bakalářské práce budou voleny a navrhovány jednotlivé komponenty stroje.

Stroj má splňovat:

- horizontální provedení
- štípací tlak 65 kN
- vzdálenost mezi klíny 550 mm
- maximální průměr polen 250 mm

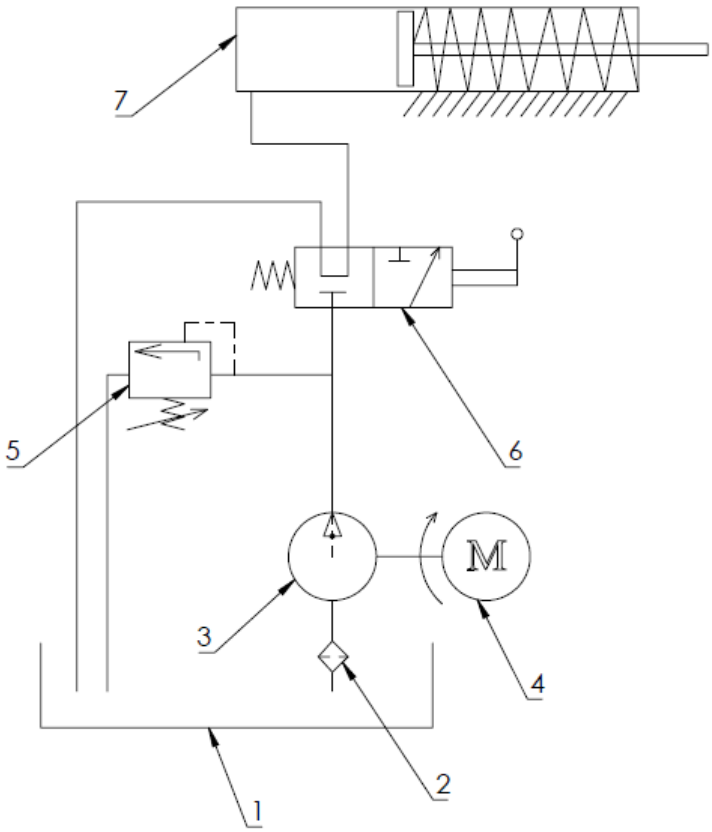
Nejprve se budu zabývat funkčností. To znamená, že začnu návrhem hydraulického obvodu a jeho jednotlivých prvků. Spočítám jednotlivé parametry, a vyberu konkrétní hydraulické komponenty z katalogů výrobců. Současně je nutné navrhnout i pohon stroje a jeho připojení k hydrogenerátoru.

Poté navrhnu rám stroje a další díly tak, aby bylo možné jednotlivé komponenty připevnit na určené pozice, a aby byla zajištěna dostatečná tuhost konstrukce. Je důležité také kontrolovat případné kolize a předcházet jim.

## 4.1 HYDRAULIKA

### 4.1.1 HYDRAULICKÝ OBVOD – SCHÉMA

Sestavení schématu hydraulického obvodu je důležitý krok při konstruování strojů. Je třeba zajistit funkčnost a bezpečnost a odhalit případné nedostatky. Celkové zapojení obvodu je určující faktor pro volbu parametrů jednotlivých komponentů.



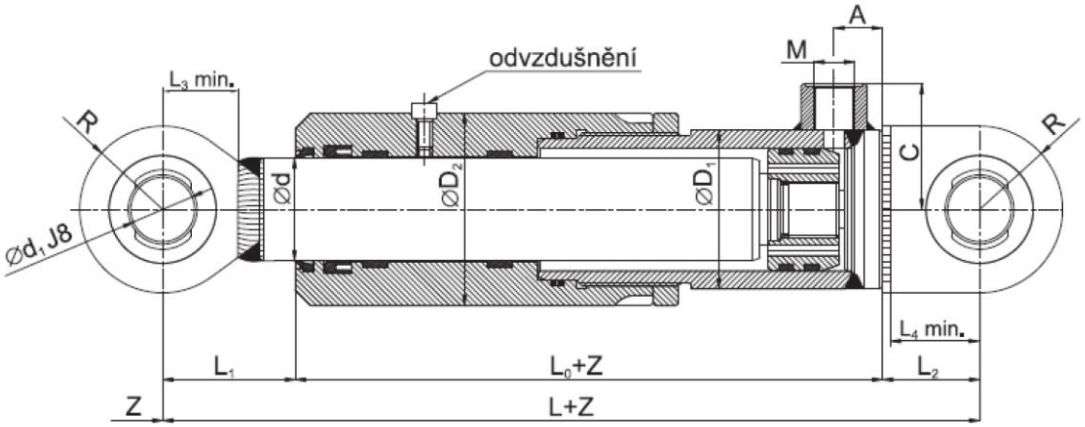

*Obr. 13 Zapojení hydraulického obvodu; 1 - nádrž, 2 - filtr, 3 - hydrogenerátor, 4 – elektromotor, 5 – přepouštěcí ventil, 6 – rozvaděč, 7 - hydromotor*

### 4.1.2 NÁVRH PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU

Přímočarý hydromotor mění tlakovou energii kapaliny na mechanickou energii – axiální sílu pístní tyče. Konkrétní přímočarý hydromotor byl vybrán z katalogu [14] firmy Hydraulics s.r.o. ze série ZH-PL1. Jmenovitý tlak pro tuto řadu je 20 MPa. Tlak v hydraulickém okruhu a požadovaná štípací síla jsou parametry pro určení průměru válce. Zdvih přímočarého hydromotoru je 500 mm, což je hodnota o mnoho nižší, než maximální doporučený zdvih pro zvolený průměr pístní tyče a proto není třeba kontrolovat pístní tyč na vzpěr. Výrobce zde udává maximální doporučený zdvih 1900 mm.(obr. 14) Uchycení válce je zajištěno pomocí čtvercové příruby a šesti šroubů M12 a uchycení pístní tyče je realizováno vnitřním závitem M24.

Jedná se o jednočinný hydromotor, je tedy třeba zajistit zpětný chod. Ten je realizován pomocí pružiny, která vrací pístní tyč zpět do válce a vytlačí olej zpět do nádrže.

Na obrázku 14 jsou rozměry a základní konstrukční provedení vybraného hydromotoru z katalogu firmy Hydraulics s.r.o.. Uchycení hydromotoru, ukončení pístní tyče a zpětný chod pomocí přužiny jsou volitelné parametry, které výrobce zhotoví dle přání zákazníka.




| Ød | L | $L_0$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ ±1 | $L_4$ ±1 | $ØD_1$ | $ØD_2$ | $Ød_1$ | E | K | R | M | A | C | Maximální doporučené zdvihy dle zvol. Ød | Hmotnost při zdvihu Z (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 63 | 235 | 125 | 65 | 45 | 45 | 39 | 85 | 105 | 30 | 22 | 20 | 42,5 | 22x1,5 | 25 | 60,5 | 1900 | 10,90 + Z x 0,03900 |

*Obr. 14 Konkrétní rozměry vybraného přímočarého hydromotoru [14]*

#### 4.1.2.1 VÝPOČET PRŮMĚRU PÍSTU

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot D_1^2}{4}} \tag{4.1}$$

Kde: $p_1$ – pracovní tlak [MPa], zvoleno 20 MPa

$F_1$ – síla pístní tyče [N]

$D_1$ – průměr válce [mm]

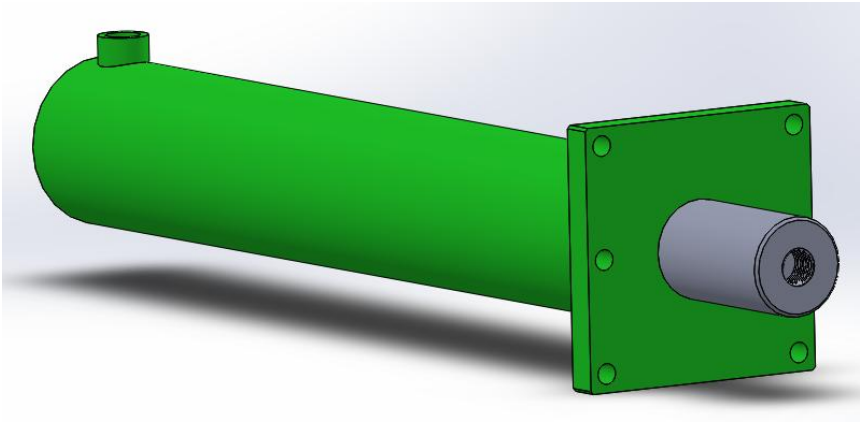
Po úpravě vypočítáme $D_1$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot p_1}}$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 65000}{\pi \cdot 20}} = 64{,}328\ mm$$

S ohledem na výpočet byl zvolen jednočinný hydromotor s pružinou od výrobce Hydraulics s.r.o. s označením **ZH-PL1–A-63x500** s přírubou a závitem na pístní tyči. Zvolený průměr válce je 63 mm, nyní je třeba upravit tlak v obvodu pro zachování hodnoty štípací síly.

Nevýhoda tohoto hydromotoru jsou jeho velké rozměry. Těm je třeba přizpůsobit i velikost rámu, což má negativní vliv na design stroje.



*Obr.15 Model zvoleného lineárního hydromotoru*

#### 4.1.2.2 VÝPOČET PRACOVNÍHO TLAKU PRO POŽADOVANOU SÍLU

$$p_2 = \frac{F_1}{S_2} = \frac{F_1}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

$$p_2 = \frac{65000}{\frac{\pi \cdot 63^2}{4}} = 20{,}851\ MPa$$

$$p_2 = 20{,}9\ MPa$$

Kde: $p_2$ – přepočtený pracovní tlak [MPa]

$F_1$ – síla pístní tyče [N]

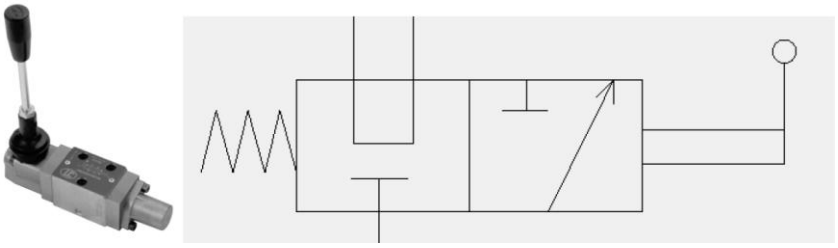
$D$ – skutečný průměr válce [mm]

Z výpočtu plyne, že maximální tlak v obvodu je 20,9 MPa. To znamená, že je třeba použít přepouštěcí ventil a nastavit ho na tuto hodnotu. Volím ventil od firmy ARGO HYTOS a to, VPP2-04, který je konstruován pro maximální průtok 40 l/min a maximální tlak 32 MPa.

### 4.1.3 ROZVADĚČ

Hydraulický rozvaděč je zařízení, které zajišťuje rozvod hydraulické kapaliny do jednotlivých větví hydraulického obvodu. Existují různé konstrukční provedení a typy. Při volbě rozvaděče je třeba správně zvolit počet poloh a cest (správná funkce) a způsob ovládání.

Po konzultaci s firmou Bosch Rexroth volím dvoupolohový, třícestný, ručně ovládaný rozvaděč z jejich nabídky. Může pracovat do tlaku 31 MPa a do průtoku 25 l/min.



*Obr. 16 vlevo- hydraulický rozvaděč Bosch Rexroth, vpravo- schéma rozvaděče*

### 4.1.4 HYDROGENERÁTOR

Pro volbu správných parametrů hydrogenerátoru je třeba spočítat objem oleje obsaženého ve válci ve vysunuté poloze. A také zvolit, jak dlouho bude trvat vysunutí pístní tyče.

**Pracovní objem hydromotoru $V_{hm}$:**

$$V_{hm} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \mathrm{z} \tag{4.2}$$

$$V_{hm} = \frac{\pi \cdot 0{,}063^2}{4} \cdot 0{,}5 = 1{,}559 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}^3$$

Kde: $V_{hm}$ – pracovní objem hydromotoru [$m^3$]

z – maximální zdvih pístu [m]

**Výpočet potřebného průtoku $Q_p$ :**

Volím čas vysunutí pístní tyče t =14 s.

$$Q_p = \frac{V_{hm}}{t} \tag{4.3}$$

$$Q_p = \frac{1{,}559 \cdot 10^{-3}}{14} = 1{,}107 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m^3 \cdot s^{-1}}$$

$$Q_p = 6{,}642\ \mathrm{l \cdot min^{-1}}$$

Kde: t – čas vysunutí pístní tyče hydromotoru [s]

$Q_p$ – potřebný průtok čerpadla [$l \cdot min^{-1}$]

**Výpočet potřebného geometrického objemu hydrogenerátoru $V_{hg}$ [$cm^3$]**

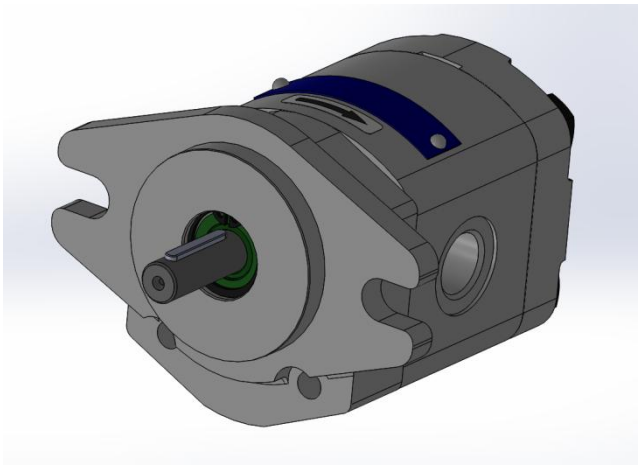
$$V_{hg} = \frac{Q_p}{n} \tag{4.4}$$

$$V_{hg} = \frac{6{,}642}{1430} = 4{,}64 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{l}$$

$$V_{hg} = 4{,}64\ \mathrm{cm^3}$$

Kde: n – otáčky hydrogenerátoru [$min^{-1}$]

Dle vypočítaných parametrů volím jako hydrogenerátor zubové čerpadlo od jihočeské firmy Jihostroj a.s. z řady P23. Hodnotu geometrického objemu volím dle výpočtu 4,787 $cm^3$ z katalogu výrobce [15]



*Obr. 17 – Model zvoleného zubového čerpadla*

**Skutečný průtok zvoleného čerpadla**

$$Q_G = V_G \cdot \mathrm{n} \tag{4.5}$$

$$Q_G = 4{,}79 \cdot 1430 \cdot 60^{-1} = 114{,}16\ \mathrm{cm}^3 \cdot \mathrm{s}^{-1}$$

$$Q_G = 6{,}85\ l \cdot min^{-1}$$

Kde: $V_G$ – geometrický objem čerpadla [$cm^3$]

$Q_G$ - skutečný průtok čerpadla [$l \cdot min^{-1}$]

### 4.1.5 NÁVRH VEDENÍ

Je důležité správně nadimenzovat průměr hydraulického vedení. Ten je závislý na velikosti průtoku oleje a na rychlosti jeho průtoku. [16]

Doporučená rychlost proudění *v* je pro navržený tlak v systemu přibližně 5,5 $ms^{-1}$. [17]

Nyní spočítáme potřebný průměr hadice :

$$d_h = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_G}{600 \cdot v \cdot \pi}} \tag{4.6}$$

$$d_h = \sqrt{\frac{4 \cdot 6{,}85}{600 \cdot 5{,}5 \cdot \pi}} = 0{,}051\ dm = 5{,}1\ mm$$

Kde: $d_h$ – minimální průměr vedení [mm]

v – doporučená rychlost proudění pro zvolený tlak v systému [$m.s^{-1}$] [17]

Volím vední o průměru 1/4" (6,3 mm)

## 4.2 NÁVRH POHONU

Návrh pohonu je úzce svázán s návrhem hydrogenerátoru a je vhodné je volit současně. Pro pohon štípačky volím elektromotor. Pohon je volen na základě potřebného výkonu stroje a otáček hydrogenerátoru.

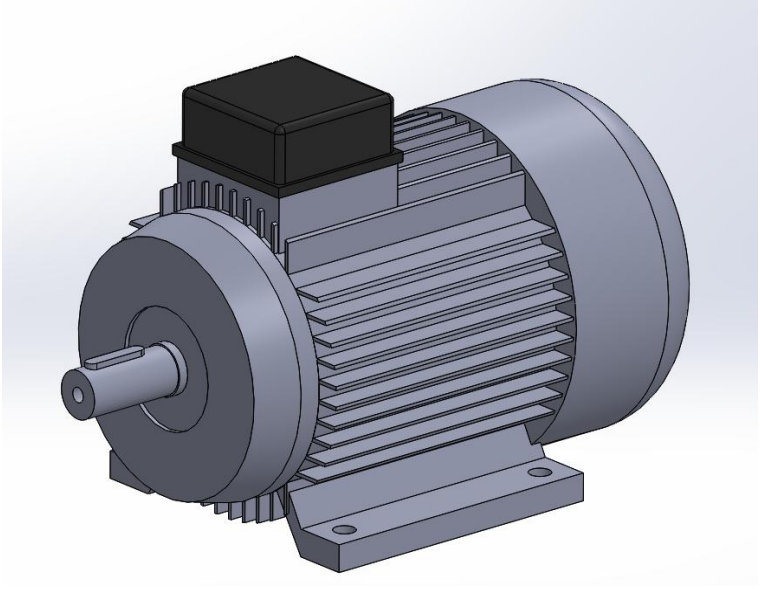
**Potřebný výkon elektromotoru $P_m$ [W]**

$$P_m = \mathrm{Q_G} \cdot \mathrm{p_2} \tag{4.7}$$

$$P_m = 1{,}142 \cdot 10^{-4} \cdot 20{,}9 \cdot 10^{6} = 2386{,}78\ \mathrm{W}$$

$$P_m = 2{,}39\ \mathrm{kW}$$

Byl vybrán jednofázový, 4 pólový, asynchronní motor od firmy RAVEO RMY100BL4 o výkonu 2,2 kW. [18] Spojení hřídelů elektromotoru a hydrogenerátoru je realizováno pružnou hřídelovou spojkou.



*Obr. 18 – Model vybraného elektromotoru od firmy Raveo*

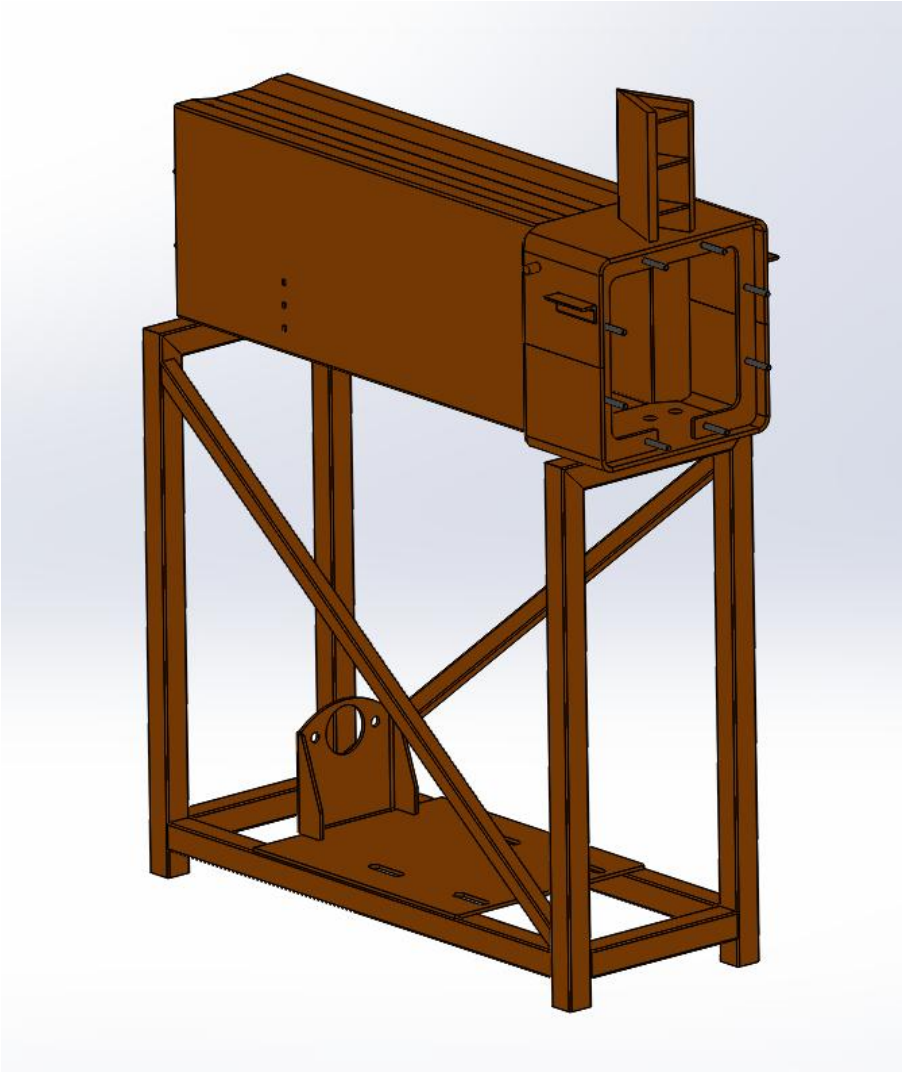
## 4.3 OCELOVÉ ČÁSTI

V této kapitole budou navrhovány a kontrolovány ostatní části stroje.

### 4.3.1 RÁM

Na základě zadání volím horizontální koncepci stroje, jejíž výhodou je skladnost a nižší hmotnost. Rám je hlavní část celého stroje a plní více funkcí. Tvoří opěrnou konstrukci, na kterou je pokládáno štípané poleno a probíhá na něm samotné štípání. Jsou na něj upevněny

jednotlivé prvky stroje. Uvnitř rámu je uložen přímočarý hydromotor a zbylý prostor uvnitř rámu slouží jako olejová nádrž. Součástí rámu je i štípací klín, který musí odolávat síle od hydromotoru.



*Obr. 19 – Rám*

Rám je navržen jako svařenec především z plechů o různých tloušťkách a jeklů. Spodní část rámu slouží jako podstavec celého stroje a je zde uchycen elektromotor a čerpadlo. Na spodních koncích „nohou“ jsou pomocí závitových vložek do jeklů připevněna pojezdová kola pro snadnou mobilitu stroje.

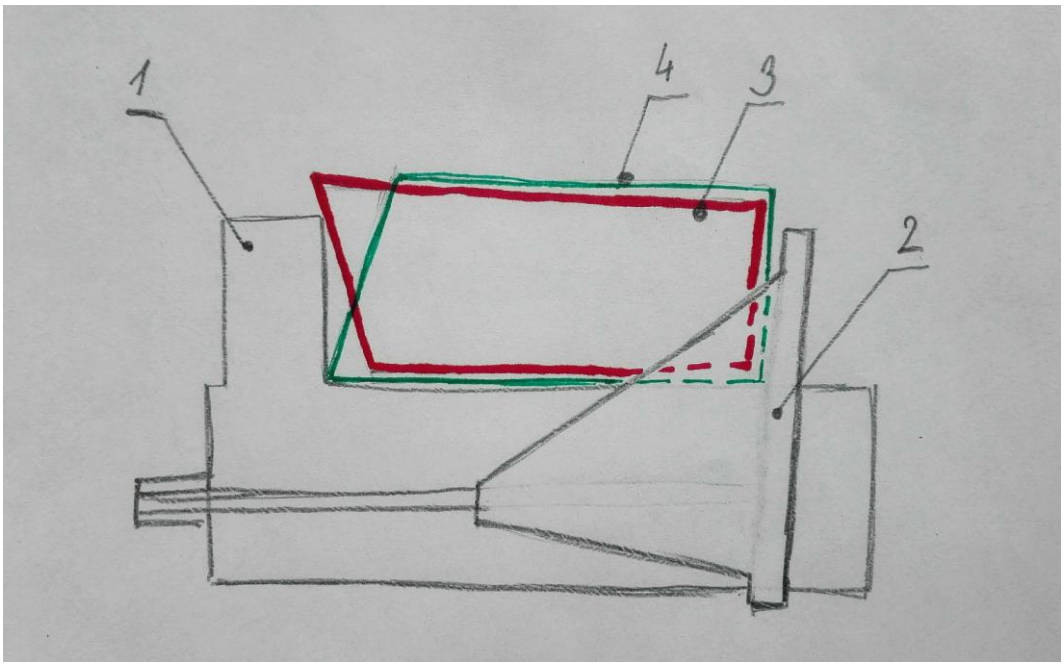
Horní část rámu je z plechů. Na krajích horní části jsou přivařeny plechy a šrouby, pomocí kterých jsou připevněny a utěsněny příruby rámu. Dále je vevnitř plech, který podpírá zadní část hydromotoru a eliminuje ohybové napětí příruby rámu, vyvolané hmotností hydromotoru. Na bocích přední části je uchycení pro držák rozštípnutých polen. Také jsou zde otvory pro připojení hydraulického vedení.

#### 4.3.1.1 PEVNOSTNÍ KONTROLA RÁMU

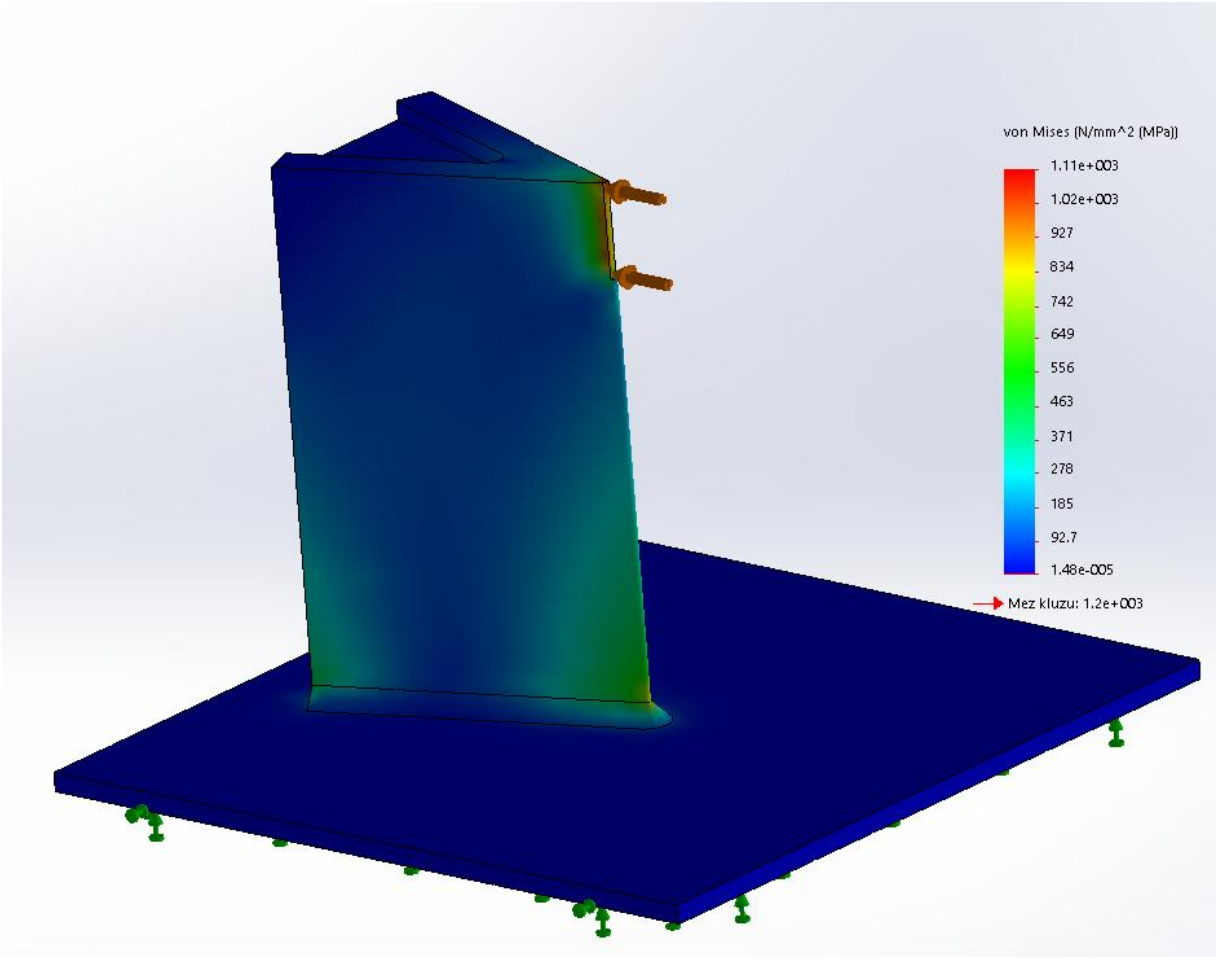
V rámu se kompenzuje síla vyvolaná hydromotorem, a proto je třeba zajistit jeho dostatečnou tuhost. Jako způsob kontroly volím statickou analýzu pomocí modulu v softwaru Solidworks, z důvodu velkého množství svarů. Pro analytický výpočet by také bylo třeba konstrukci výrazně zjednodušit, což by mohlo vést k zavádějícím výsledkům. Potencionálně nebezpečné místo, které je třeba zkontrolovat, je místo přivaření štípacího klínu na nosný rám, jelikož zde hrozí jeho vylomení.

Pro statickou analýzu jsem vymodeloval zkušební model klínu a plechu, na kterém je klín přivařen. Chtěl jsem zajistit, že model se bude chovat jako jednolitý díl a ne soustava plechů. Navíc bylo třeba přidat alespoň malou plochu, na kterou lze vložit působiště síly.

Byla kontrolována nejnebezpečnější situace – působení štípací síly na horním vrcholu klínu. Tato situace může nastat, pokud je štípané poleno uřezáno pod úhlem a ne kolmo k ose polena. Zde hraje roli i obsluha stroje, která by měla štípaný materiál pokládat v takové poloze, která na klín vyvolává co nejmenší moment. (Obr. 20) Každopádně konstrukce musí být bezpečná v každé situaci.



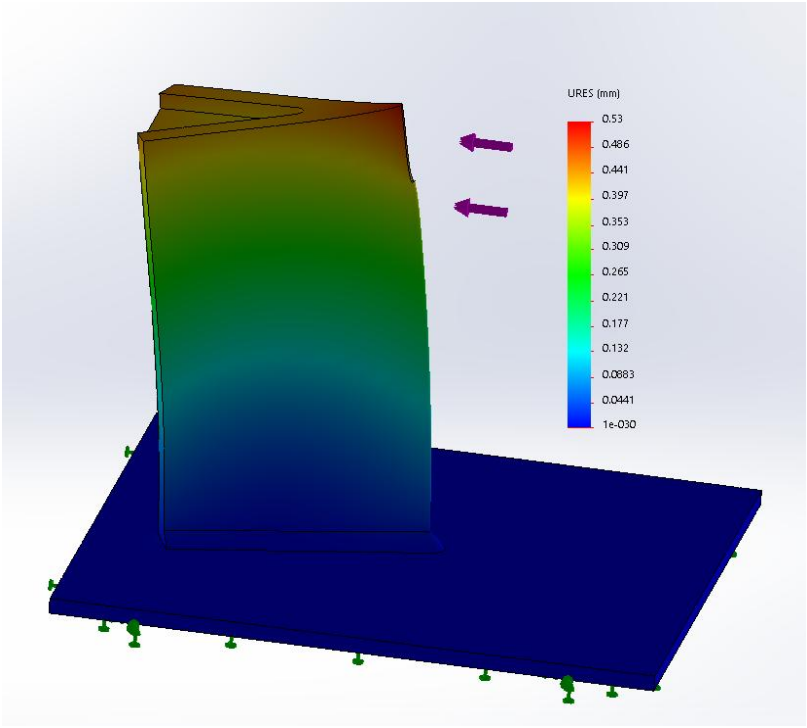

*Obr. 20 – Nákres správného štípání šikmo uřezaného polene podle velikosti ohybového momentu na klínu, 1- Štípací klín na rámu, 2- posunovač polene, 3- špatná orientace šikmého polene, 4- správná orientace šikmého polene*




*Obr. 21 – Maximální napětí*

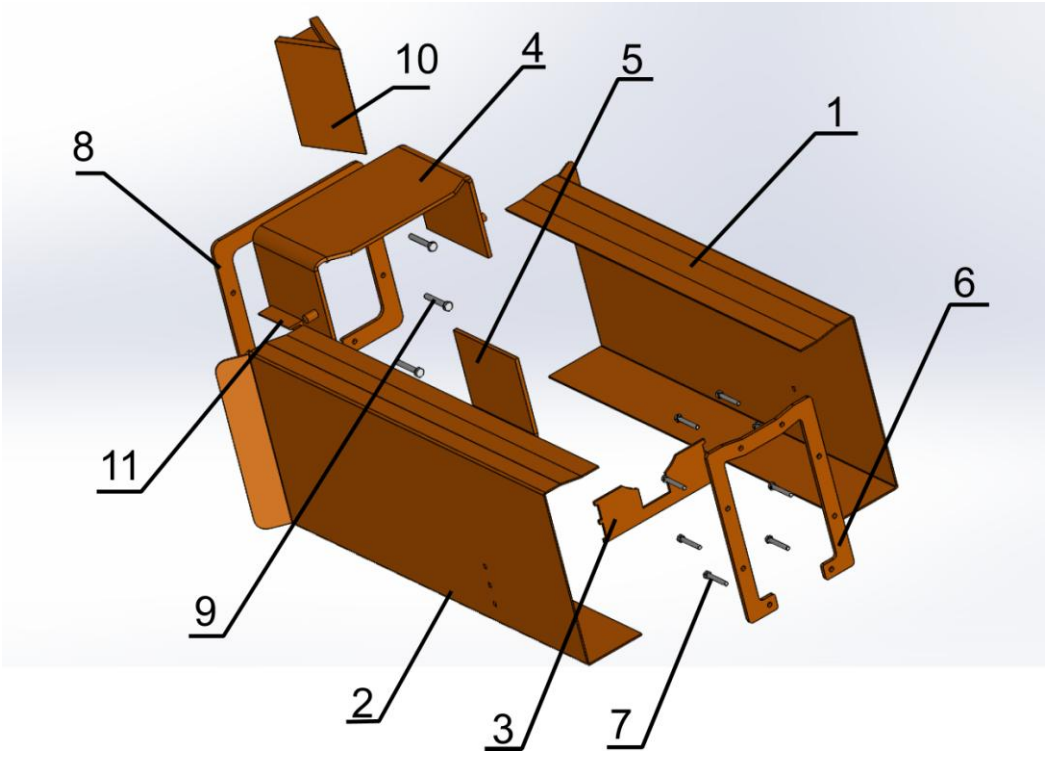
Materiál zkoušeného tělesa byl zvolen otěruvzdorný plech Hardox 450 [19] od švédské firmy SSAB Oxelösund AB s mezí kluzu 1200 MPa a zaručenou svařitelností [20]. Působící síla má dle zadání hodnotu 65 kN. Maximální napětí vyšlo 1110 MPa, jde však o malou plochu působiště síly, kde hrají roli ostré hrany koncentrující napětí. Navíc pokud by styk klínu a polene vznikl na takto malé ploše, vzniklé napětí by způsobilo vniknutí klínu do polene a následné rozštípnutí ještě před dosažením maximálního napětí (Tab. 1 – odolnost dřeva proti štípání). Při běžném provozu tedy tato extrémní situace nastane jen výjimečně. Například by poleno muselo být extrémě tvrdé a sukovité.

V místě paty klínu vznikne napětí přibližně 700 MPa. Maximální posunutí bude na vrcholu klínu a mělo by dosahovat hodnoty 0,53 mm. Rám bych prohlásil za bezpečný, také s ohledem na to, že plechy ostří klínu jsou tloušťky 10 mm a žebra 5 mm. Je zde použitý extrémě odolný material Hardox 450, vznikla tedy daleko robustnější konstrukce, než je běžně k vidění na podobných strojích. Z tohoto důvodu není třeba řešit vyměnitelnost štípacího klínu.




*Obr.22 – Maximální posunutí*

### 4.3.1.2 POSTUP VÝROBY HORNÍ ČÁSTI RÁMU




*Obr.23 – Rozložený pohled horní části rámu*

1) Složíme k sobě díly 1 a 2 a mezi ně vložíme do drážek díl 3. Díly 1 a 2 svaříme k sobě a díl 3 zavaříme z vnějších stran tak, aby rám těsnil (funkce olejové nádrže), svary zabrousíme.
2) Svaříme k sobě díly 4 a 5 a přivaříme k dílům 1 a 2. Je důležité zavařit schod mezi díly 4-1 a 4-2 a zabrousit jej do hladka, aby nenastalo zaklesnutí štípaného polena.
3) Šrouby (7, 9) přivařit u hlavy k dílům 6 a 8 a vzniklé díly (6+7, 8+9) přivařit na určené pozice v dutině rámu. Šrouby je třeba připevnit pomocí matice do polohy kolmé k ose díry. Teprve poté přivařit hlavy šroubů k plechům.
4) Svařit plechy tvořící štípací klín a celý klín (10) přivařit k dílu 4.
5) Díly 11 (profil L a kulatina) přivařit k bokům dílu 4.

### 4.3.2 NÁVRH PRŮMĚRU TÁHLA

Táhlo přenáší tahovou sílu z přímočarého hydromotoru na díl, který posunuje kmen proti klínu. Táhla jsou dvě, na obou stranách jedno. Tento díl je vyroben z kruhové tyče tažené za studena KR 16h11 ČSN 42 6510.12 – 12 010 (C10E).

Zvolený materiál má mez kluzu $R_e$=295 MPa a zaručenou svařitelnost. Bezpečnost k meznímu stavu pružnosti volím k=1,5. Použiji rovnici pro výpočet tahového napětí.

$$k = \frac{R_e}{\sigma} \tag{4.8}$$

$$\sigma = \frac{R_e}{k} = \frac{F_{max}}{\frac{2\pi d^2}{4}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{max} \cdot k}{R_e \cdot 2\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 65000 \cdot 1{,}5}{295 \cdot 2\pi}} = 14{,}51\ mm$$

Kde: k – bezpečnost k meznímu stavu pružnosti [-]

$R_e$ – mez kluzu materiálu [MPa]

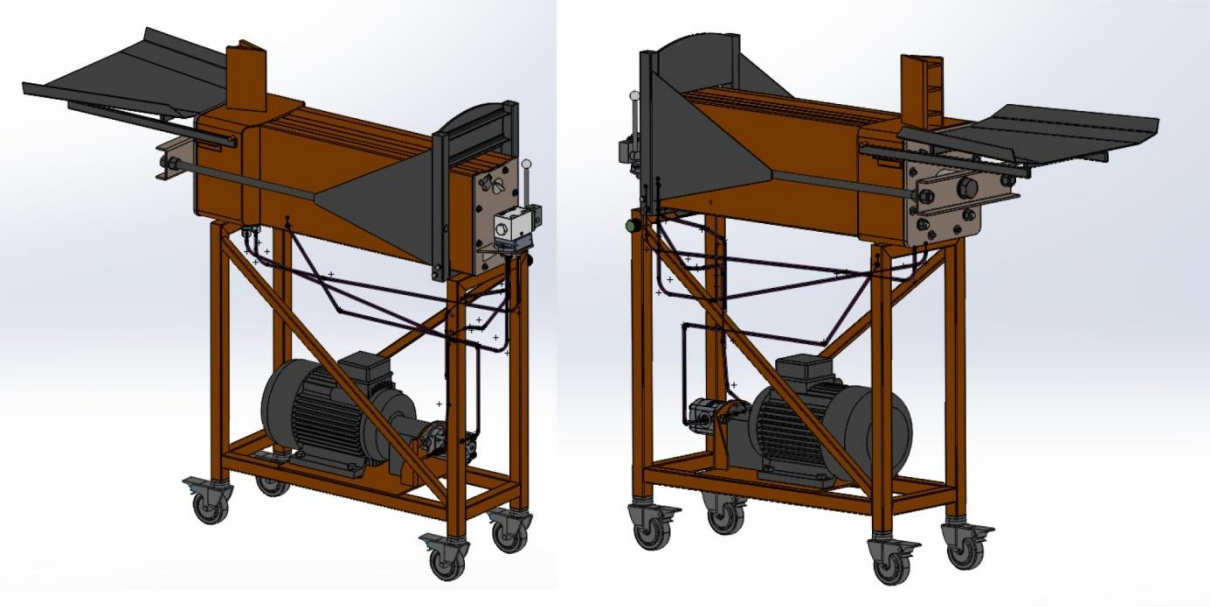
σ – napětí [MPa]

d – minimální průměr táhla [mm]

Pro táhlo volím průměr 16 mm.

## 4.4 DÍLČÍ ZÁVĚR - VÝSLEDEK KONSTRUKČNÍCH PRACÍ

Celý navrhovaný stroj byl vymodelován v programu Solidworks. Byly sehnány i modely nakupovaných dílů od konkrétních výrobců. Pouze model hydraulického rozvaděče je od firmy Parker, jelikož model vybraného rozvaděče od Bosch Rexroth se mi nepodařilo získat. V následující tabulce (Tab. 3) jsou některé parametry a na obrázku (Obr. 24) je vidět konečný vzhled stroje a rozmístění jednotlivých komponent.



*Obr. 24 – Vlastní návrh štípačky v programu Solidworks*

*Tab. 3 - Základní technické informace*

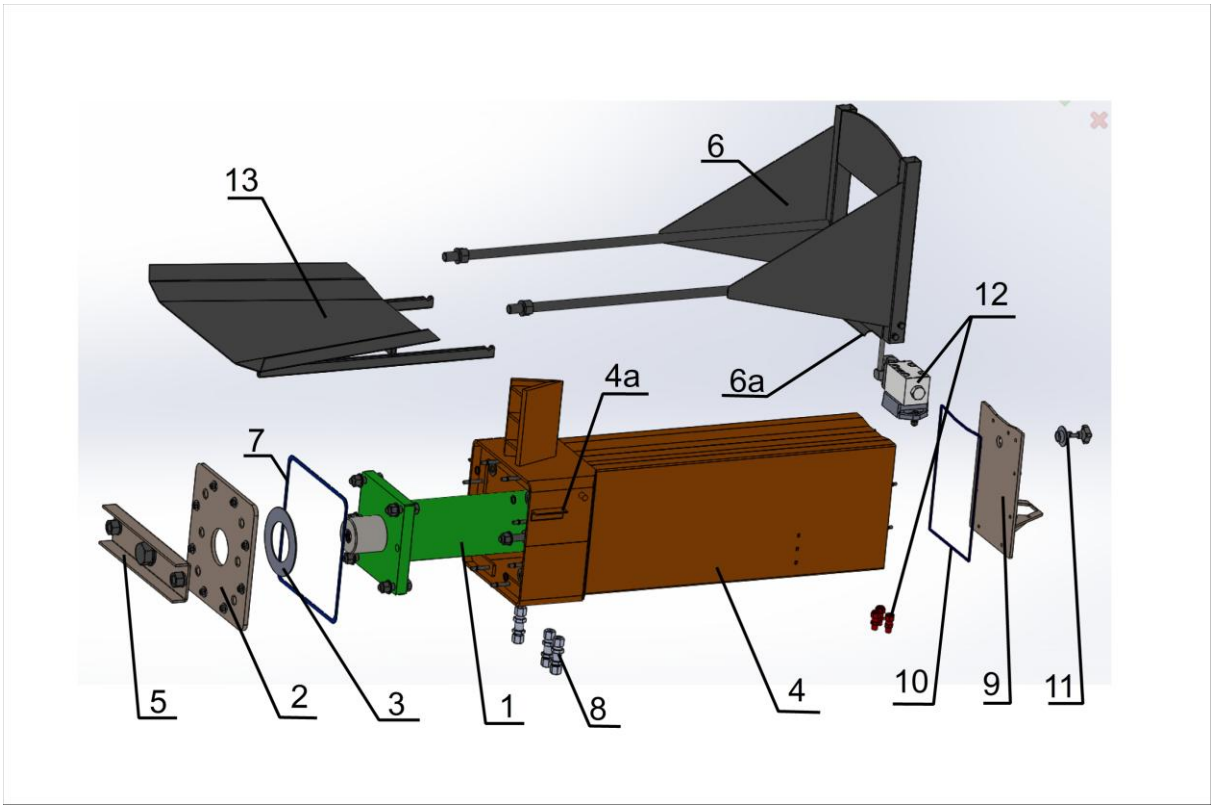
| | |
|---|---|
| Štípací síla | 65 kN |
| Hmotnost stroje | 109 kg |
| Výkon elektromotoru | 2,2 kW |
| Maximální rozměry (délka, šířka, výška) | 1206 x 459 x 1070 mm |
| Tlak v hydraulickém okruhu | 20,9 MPa |
| Maximální zdvih hydromotoru | 500 mm |
| Maximální rozměry štípaného polena (délka, průměr) | 550, 250 mm |

# 5 MONTÁŽNÍ POSTUP HLAVNÍ ČÁSTI STROJE

Při vývoji jakéhokoliv nového produktu je důležité zajistit vyrobitelnost a smontovatelnost navržené konstrukce. Tvorba montážních postupů je jednou z cest, jak včas odhalit případné konstrukční nedostatky, které smontovatelnosti brání. Další důvod tvorby montážního postupu je zajištění správné montáže jednotlivých dílů.

**Postup montáže** (Obr. 25) :

1) Těsnění příruby hydromotoru (3) vložíme do drážky v přírubě rámu (2) a nasadíme na hydromotor (1). Díly spojíme šrouby M12x50 a utěsníme pomocí O kroužků.
2) Tyto spojené díly (1-3) včetně těsnění (7) vložíme do dutiny rámu (4) tak, aby zadní část hydromotoru (1) seděla v plechu rámu a upevníme šrouby přivařenými k rámu. Utěsněníme pomocí O Kroužků
3) Díl 5 přišroubujeme na pístní tyč hydromotoru (1)
4) Díl 6 nasadíme na rám (4) a do krajních děr dílu 5 připevníme táhla dílu 6. Teprve poté přišroubujeme spodní plech (6a) k sestavě 6.
5) Připojíme k rámu průchodky pro hydraulické hadice (8) a nainstalujeme hydraulické vedení. Připojíme hadici hydromotoru, a sací a zpětné vedení včetně filtru pevných částit (dle schématu- Obr. 14).
6) Druhou přírubu rámu (9) připevníme spolu s těsněním (10) na šrouby rámu obdobně jako v kroku č. 2, včetně O kroužků.
7) Do děr dílu 9 zašroubujeme zátku pro plnění nádrže a zátku pro vyrovnávání tlaku v nádrži (díly 11)
8) Na přírubu 9 připevníme hydraulický rozvaděč (12)
9) Do úchytů na širší části rámu (4a) nasadíme držák rozštípnutých polen (13)




*Obr. 25 – Způsob montáže hlavní části stroje*

# 6 STRUČNÁ ANALÝZA RIZIK

Jedním z důležitých aspektů při vývoji stroje je jeho bezpečnost. V této kapitole se zamyslím nad konkrétními riziky plynoucími z montáže, údržby, přepravy, obsluhy stroje. Rizikům je vhodné předcházet již ve fázi konstrukce použitím různých bezpečnostních prvků.

## 6.1 POUŽITÉ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY:

**Obouručné ovládání** - Jedna ruka spouští tlačítkem elektromotor a druhá ruka přepouští olej do hydromotoru. Zamezuje vložení končetiny mezi pohybující se části.

**Pozice obsluhy při práci** – Bezpečný postoj obsluhy při štípání je zajištěný vhodnou polohou ovládacích prvků. V našem případě je nejpohodlnější stát čelem ke stojině s ovládacím tlačítkem, nebo čelem k přírubě rámu v ose štípačky. Obsluha je mimo pracovní prostor stroje.

**Ergonomie –** Vhodnou konstrukcí a rozmístěním ovládacích prvků předejdeme zdravotním problémům jako například bolest zad. Rám je navržen tak, aby obsluha mohla při používání stroje stát zpříma.

**Držák rozštípnutých polen** – Rozštípnutá polena nepadají na zem a tím neohrožují obsluhu ani jiné části stroje. Naopak zůstávají ležet na držáku, odkud se snadno odebírají.

**Stabilita stroje** – Umístění pohonu do spodní části stroje má příznivý vliv na polohu těžiště respektive na celkovou stabilitu. Také pojezdová kola s brzdou zajišťují stroj v dané pozici i při mírné nerovnosti podlahy.

**Krytování pohybujících se částí** – Spojení hřídelů elektromotoru a čerpadla je zakryto plechem tak, aby rotující části neporanily obsluhu a nedošlo například k namotání oděvu.

## 6.2 MOŽNÁ NEBEZPEČÍ

Jistá nebezpečí i přes to existují a to především při nesprávném používání stroje nebo při jeho přetěžování. Nebo například při nevčasné údržbě, či výměně vadných komponent.

- Nebezpečí poranění pohybujícími se částmi
- Nebezpečí pořezání o klín, nebo jiné ostré hrany
- Nebezpečí pádu stroje na obsluhu
- Nebezpečí poranění padajícím polenem
- Nebezpečí poranění letící třískou
- Nebezpečí poranění elektrickým proudem
- Nebezpečí poranění tlakovým olejem
- Nebezpečí popálení se o horké části

# 7 ODHAD NÁKLADŮ NA VÝROBU

V této kapitole bych se rád zabýval odhadem nákladů výroby navrženého štípacího stroje. Zjistit náklady výroby je složitá záležitost obnášející sběr mnoha informací a výsledek může být ovlivněn mnoha faktory.

Při sériové výrobě je obrovská část úspory v nakupovaných dílech. Sám jsem se po komunikaci s firmou Jihostroj a.s. přesvědčil o tom, že například jedno vybrané zubové čerpadlo by stálo 3500 Kč. Při odběru 100 kusů by cena byla asi 1100 Kč, což je méně, než třetina ceny jednoho kusu.

Další úspora je ve výrobním a montážním čase. Zaučený pracovník ve výrobní firmě pracuje jistě rychleji a efektivněji, než domácí kutil. Při sériové výrobě se také vyplatí nechat si vyvíjet a dodávat speciální díly a technologie, které umožní lepší konstrukční řešení nebo ušetří výrobní čas, či použitý materiál. Pokusil jsem se tedy spočítat množství jednotlivých komponentů a zjistit jejich přibližnou pořizovací cenu nebo náklady na jejich výrobu. Jednotlivé položky jsem rozdělil do kategorií.

V kategorii Ocel jsem počítal přibližné množství hutních polotovarů. Pro zjištění ceny pálení, ohýbání a frézování plechů by bylo nezbytné vytvořit kompletní výkresovou dokumentaci a zaslat poptávku nejlépe více firmám. Pro účely této práce postačí přibližný odhad ceny na základě množství plechů a přibližné délky řezu.

Do kategorie Hydraulika a pohon jsem zahrnul díly, tvořící hydraulický okruh a jeho pohon. Ceny elektromotoru, rozvaděče a zubového čerpadla jsou přímo od výrobců. Přibližné ceny ostatních komponentů jsou zjištěny na internetových obchodech.

V kategorii Ostatní jsou další komponenty. Ceny jednotlivých položek jsou v tabulce 4.

*Tab. 4 – Odhad nákladů na výrobu*

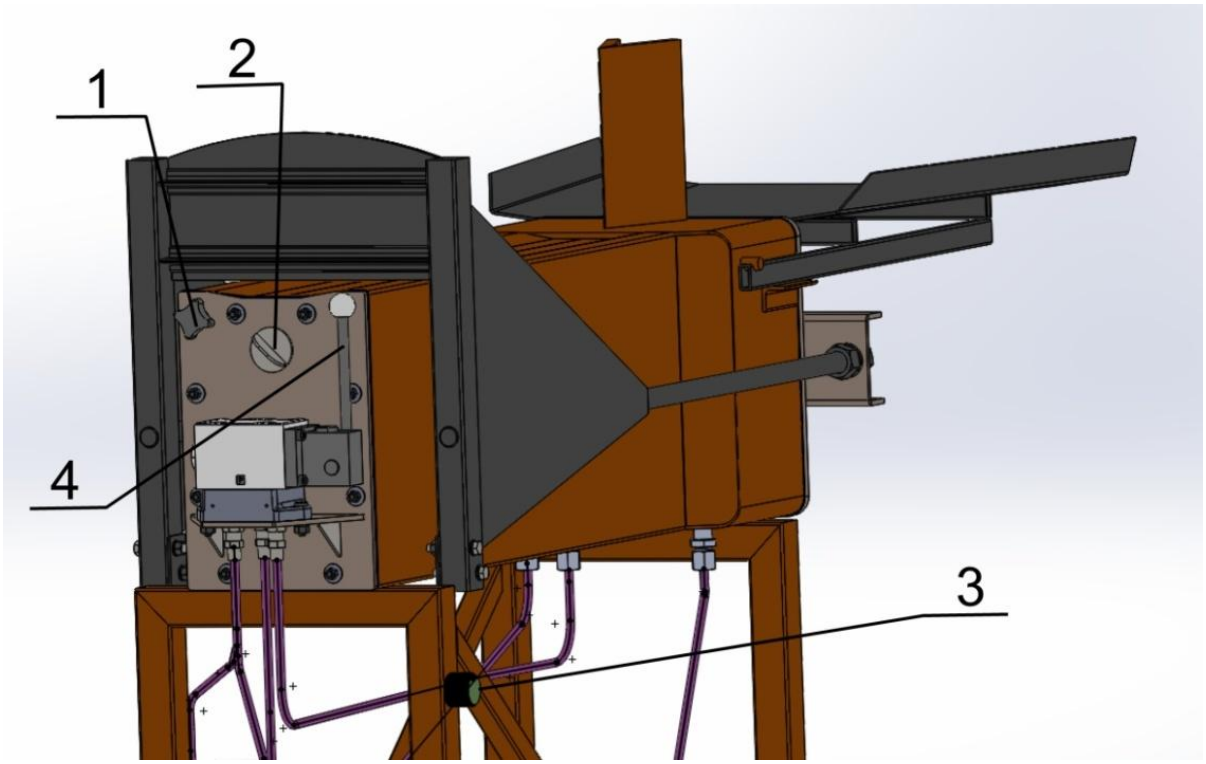
| **OCEL** | |
|---|---|
| jekly a T profily | 600 |
| plechy materiál | 1800 |
| plechy pálení | 900 |
| plechy ohýbání | 300 |
| frézování přírub rámu | 300 |
| svařování | 1500 |
| spojovací materiál | 300 |
| nátěr | 600 |
| **HYDRAULIKA A POHON** | |
| elektromotor | 7000 |
| zubové čerpadlo | 3500 |
| pružná hřídelová spojka | 900 |
| rozvaděč | 5150 |
| hydromotor | 6200 |
| přepouštěcí ventil | 1500 |
| hadice a šroubení | 1600 |
| filtr pevných částic | 600 |
| **OSTATNÍ** | |
| ovládací tlačítko | 150 |
| pojezdová kola | 900 |
| závitové vložky do jeklů | 380 |
| zátky nádrže | 50 |
| těsnění a O kroužky | 100 |
| **celkem** | **34330** |

Celková cena na výrobu jednoho kusu stroje vyšla na 34 330 Kč v případě, že všechny montážní práce si udělá kutil sám doma. Za takovou cenu nemůže tento stroj v žádném případě konkurovat sériovým výrobcům, jejich výrobky stojí zhruba pětinu.

# 8 NÁVOD NA OBSLUHU STROJE

Každý stroj by měl mít návod na obsluhu. Výrobce musí stanovit, jakým způsobem a za jakých podmínek lze stroj používat. Je tedy chráněn při případném zranění obsluhy způsobeným nesprávným používáním. Pokud se obsluha drží pokynů výrobce, zajišťuje maximální životnost stroje. Kupující si také musí být vědom, že při nesprávné obsluze stroje kupujícímu zaniká právo na případnou reklamaci.

- Nepoužívejte stroj pod vlivem alkoholu a drog.
- Zajistěte pevnou a vodorovnou pracovní podložku.
- Po přemístění na vhodné pracovní místo zabrzděte pojezdová kola.
- Před použitím stroje proveďte optickou kontrolu, zda někde neteče olej, a nejsou poškozeny elektrické kabely.
- Připojte elektrický kabel do sítě, dbejte na to, aby kabel nebyl napnutý. Je vhodné použít prodlužovací kabel.
- Při práci stroje musí být odvzdušňovací zátka č. 1 povolena, aby se v nádrži mohl vyrovnávat tlak vzduchu. Po ukončení práce odvzdušňovací zátku utáhněte, aby případně nevytekl olej z nádrže.
- Při práci dbejte na čistotu pracovního prostředí.
- Používejte ochranné brýle a rukavice.
- Zamezte dětem a dalším osobám vstup do blízkosti stroje.
- Umístěte štípané poleno mezi štípací klín a posunovač. Ujistěte se, že poleno je zbaveno větví a cizích předmětů, zejména hřebíků.
- Štípačku ovládejte oběma rukama. Jedna ruka mačká tlačítko č. 3, které spouští elektromotor. Druhou rukou ovládejte hydraulický rozdělovač č. 4, který přesměruje olej do hydromotoru.
- Rozštípnuté poleno zůstane na držáku a po uvolnění páky rozvaděče se posunovač vrátí do výchozí polohy.
- Stroj skladujte zbavený nečistot.
- Neštípejte polena větší, než průměr 250 mm a délka 550 mm.
- Výměna oleje – odšroubujte zátku č. 2 a stroj opatrně nahněte. Olej vypouštíme do připravené dostatečně velké nádoby a ekologicky zlikvidujeme. Nový olej naléváme pomocí trychtýře. Olej měňte pokaždé po 150 hodinách práce a výhradně s odpojeným síťovým kabelem.
- Při otupení klínu ho opatrně naostřete úhlovou bruskou za použití brusného kotouče vhodného pro broušení materiálu Hardox 450 (například kotouče Rhodius).




*Obr. 26 – Návod na obsluhu*

# 9 ZÁKLADNÍ TECHNICKO-PROVOZNÍ PARAMETRY

Zejména při sériové výrobě je důležité nejenom vyrábět, ale především zajistit odbyt. V této kapitole byl vytvořen propagační leták, kde lze najít vyrendrovaný obrázek modelu štípačky nahrazující fotografii výrobku, nákres hlavních pohledů stroje s jeho důležitými rozměry, a také tabulku (tab. 3) zobrazující hlavní parametry štípačky.

Chybí zde prodejní cena, která v této fázi není známá. Před jejím stanovením by bylo třeba významně snížit výrobní náklady (viz kapitola 7). Dále zde chybí případný výrobce a název modelu (například „Scheppach HL 450“).

| | |
|---|---|
| Štípací síla | 65 kN |
| Hmotnost stroje | 109 kg |
| Výkon motoru | 2,2 kW |
| Maximální rozměry (délka, šířka, výška) | 1206 x 460 x 1071 mm |
| Tlak v hydraulickém okruhu | 20,9 MPa |
| Maximální zdvih hydromotoru | 500 mm |
| Maximální rozměry štípaného polena (délka, průměr) | 550, 250 mm |

*Obr. 27 – Propagační leták*

# ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh konstrukce stabilního štípacího stroje na dřevo s elektrickým pohonem a zadanými parametry.

V první kapitole se práce zabývá vlastnostmi a parametry dřevin. Bylo zjištěno, co znamená pojem štípatelnost dřeva, a že je ovlivněna především druhem dřeva a jeho vlhkostí.

Další částí práce je rešerše existujících strojů na štípání dřeva a průzkum trhu. Stroje jsou rozděleny podle různých hledisek a parametrů, a čtenář si udělá představu o tom, jak různorodé konstrukce existují. Průzkum trhu se zaměřil spíše na typově obdobné stroje, jako stroj v této práci. Při vývoji nového stroje je vhodné vědět, co a jak vyrábí ostatní výrobci a znát jejich prodejní cenu. To především kvůli konkurenceschopnosti vyvinutého stroje.

V kapitole 4 jsou definovány parametry, které má nový stroj splňovat. Dále je vyřešen hydraulický obvod – navrženo hydraulické schéma a proběhl zde výběr jednotlivých hydraulických komponentů, dle potřebných parametrů zjištěných výpočty. Výrobců jednotlivých komponentů je na trhu dostatek a je tedy z čeho vybírat. Při výběru jednotlivých komponentů je důležité zvolit a správně případně objednat konkrétní konstrukční provedení vybrané součásti. Například pří koupi čerpadla je mimo základní parametry nutné definovat jeho uchycení k rámu a způsob připojení hřídele. Stejně tak u hydromotorů jsou výrobci schopni vyhovět různým přáním zákazníka, především v oblasti uchycení. Dle výpočtů byl dále zvolen elektromotor o výkonu 2,2 kW. Tato hodnota přibližně odpovídá motorům v obdobných strojích. V dalším kroku jsou řešeny návrhy ocelových částí a jejich pevnostní kontrola, zejména jde o hlavní rám stroje. To je největší, nejvíce namáhaná a konstrukčně nejsložitější navrhovaná součást. Také je popsán způsob výroby horní části rámu pro odhalení případných konstrukčních chyb z hlediska vyrobitelnosti. Stejně tak v kapitole 5. Zde jde o způsob a postup montáže.

Stručná analýza rizik popisuje, jakými bezpečnostními prvky bylo předcházeno vzniku nebezpečí pro obsluhu stroje. Definuje také přetrvávající rizika, která nebyla eliminována. Zde je důležité podotknout, že jakýkoliv stroj může být navržen sebebezpečněji, ale rizika nezmizí. Protože pokud je obsluha neukázněná, dá se najít způsob, jakým obejít bezpečnostní prvky. Například domácí kutilové často vyrábí různé pomůcky, pomocí nichž lze štípačky ovládat pouze jednou rukou. Na jednu stranu tím znehodnotili bezpečnostní prvek, který zajišťuje, že při štípání ruku nenechají mezi polenem a klínem, na druhou stranu ale volná ruka může například připravit další poleno, nebo být jiným způsobem produktivní. Tím se zvyšuje efektivita práce. Dle mého názoru je hlavně důležité, aby se obsluha chovala při práci zodpovědně a byla si vědoma rizik. Měla jakousi zdravou pokoru a pud sebezáchovy a dá se bezpečně pracovat i tímto způsobem. Konstruktéři a vývojáři by ale měli i nadále vytvářet co

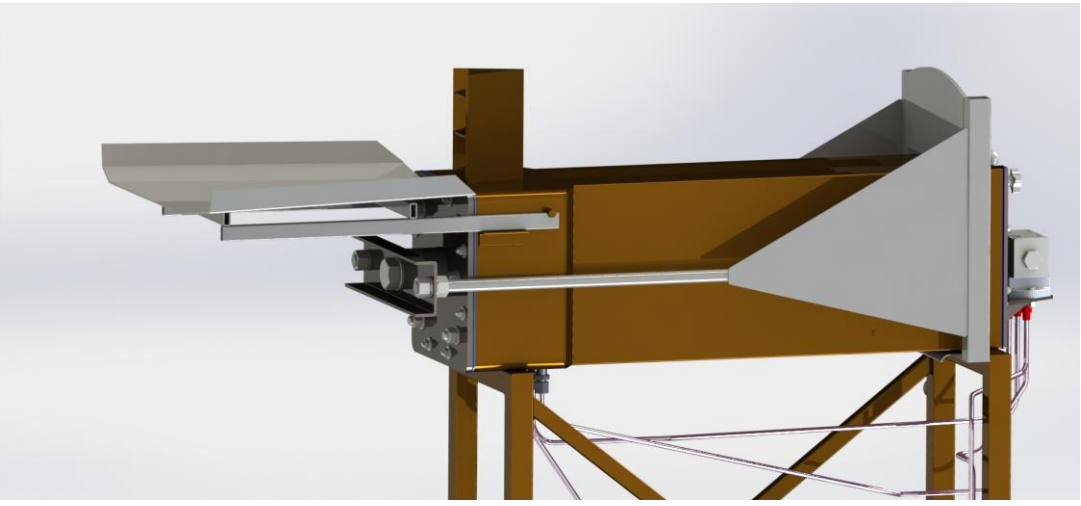
nejbezpečnější stroje. Tyto způsoby obcházení bezpečnosti jsou zálibou hlavně domácích kutilů.

V 7. kapitole jsem se pokusil částečně spočítat a částečně odhadnout náklady na výrobu jednoho kusu stroje. Vypočítaná částka se vyšplhala téměř k 35 000, což je přibližně pětinásobek prodejní ceny podobných strojů. Nejdražšími položkami jsou elektromotor a hydraulické komponenty jako hydromotor, rozvaděč a čerpadlo. Při kusové výrobě by se dalo ušetřit nákupem bazarových komponentů, které jsou funkční ale mnohem levnější a použitím materiálu, který má kutil k dispozici doma. Při případné sériové výrobě cena některých komponentů velmi výrazně klesne nákupem většího počtu dílů. Stejně tak cena hutních materiálů a použitých technologií (řezání, ohýbání, frézování, svařování,…). Dala by se také provést optimalizace nákladů. Změnit konstrukci, hledat levnější dodavatele komponentů a podobně.

Další částí práce je návod na obsluhu stroje, který kromě správného používání zajišťuje také bezpečnost při práci a maximální životnost stroje.

V poslední kapitole byl vytvořen propagační leták, který by mohl upoutat případné zákazníky.

Cíle této bakalářské práce považuji za splněné.



*Obr. 27 – Vymodelovaná štípačka*

# POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] GANDELOVÁ, L., ŠLEZINGEROVÁ J., HORÁČEK P., *Nauka o dřevě*. 2., nezměn.vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002c1996, 176 s. ISBN 978-80-7157-577-1 (DOTISK 2008 : BROž.).

[2] HECHT 651. *HECHT* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: https://cz.hecht.cz/hecht-651-elektricka-stipacka-na-drevo

[3] *HL 850* [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: HECHT 651. HECHT [online]. [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: https://cz.hecht.cz/hecht-651-elektricka-stipacka-na-drevo

[4] *Dřevaři* [online]. Jaroměř [cit. 2018-05-10]. Dostupné z: https://www.drevari.cz/classifieds.php?id=53122

[5] *Log-Splitter* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://blog.clifford-james.co.uk/wp-content/uploads/2013/11/log-splitter.jpg

[6] Manual Log Splitter. *Makezine* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://makezine.com/2015/01/30/manual-log-splitter/

[7] *Spaldings: Smart-splitter Manual Log Splitter* [online]. Lincolnshire (UK) [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://www.spaldings.co.uk/new-search/smart-splitter-manual-log-splitter

[8] *Log Splitter Rewiews: Best manual Log splitter* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://splittingwood.net/

[9] *KB Contract: Motorový štípač dřeva MTD LS 550* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://www.kbcontract.cz/product/zahradni-technika/stipace-dreva/motorovy-stipac-dreva-mtd-ls-550/638

[10] *Mobileimageslowes* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://mobileimages.lowes.com/product/converted/728172/728172398830.jpg

[11] [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://i.ytimg.com/vi/QII-hubgffI/hqdefault.jpg

[12] Štípací kužel. *Štípání dřeva* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://stipani-dreva.jinyweb.cz/stipaci-kuzel/

[13] *Mountfield: Štípačky dřeva* [online]. [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: https://www.mountfield.cz/stipacky-dreva

[14] Výrobní katalog. *Hydraulics* [online]. Slopné, 2017, 09 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://www.hydraulics.cz/wcd/pdf/vyrobni_katalog_cz2017.pdf

[15] Katalog zubových čerpadel. *Jihostroj* [online]. Velešín, 2017 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: http://www.jihostroj.com/files/jihostroj/uploads/files/katalogy_2017/T3-Gear%20Pump%20Catalogue_v0.4_NZ.pdf

[16] *TUBES INTERNATIONAL* [online]. 2014 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: https://www.tubes-international.cz/katalog_pdf/zakladni_vypocty_hadic.pdf

[17] AMP Hydraulika. *Základní zásady pro používání hadic* [online]. Bučovice, 2004 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.amp-hydraulika.cz/help.html

[18] Raveo. *AC motory Raveo* [online]. 2016 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://www.raveo.cz/sites/default/files/download/2016/11/ac-motory-raveo-2016-11_0.pdf

[19] MIKA, Ivan. *Stavební technika: Hardox – otěruvzdorný plech* [online]. 2014-18 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: https://www.stavebni-technika.cz/clanky/hardox-oteruvzdorny-plech

[20] KUDRLE, V. Svařování. *BS Blatna* [online]. Blatná [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://bsblatna.cz/program-hardox/opracovani-plechu/svarovani/

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

| | | |
|---|---|---|
| t | [s] | čas vysunutí pístní tyče hydromotoru |
| $Q_p$ | [l·min$^{-1}$] | potřebný průtok čerpadla |
| $V_{hg}$ | [cm$^3$] | potřebný geometrický objem hydrogenerátoru |
| n | [min$^{-1}$] | otáčky hydrogenerátoru |
| $V_G$ | [cm$^3$] | geometrický objem čerpadla |
| $Q_G$ | [l·min$^{-1}$] | skutečný průtok čerpadla |
| $d_h$ | [mm] | minimální průměr vedení |
| v | [m.s$^{-1}$] | rychlost proudění |
| $P_m$ | [W] | potřebný výkon elektromotoru |
| k | [-] | bezpečnost k meznímu stavu pružnosti |
| d | [mm] | minimální průměr táhla |
| σ | [MPa] | napětí |
| $R_e$ | [MPa] | mez kluzu materiálu |
| *D* | [mm] | skutečný průměr válce |
| $D_1$ | [mm] | průměr válce |
| $F_1$ | [N] | síla pístní tyče |
| $F_{max}$ | [N] | maximální síla |
| $p_1$ | [MPa] | pracovní tlak |
| $p_2$ | [MPa] | přepočtený pracovní tlak |
| $R_W$ | [Pa] | štípatelnost |
| S | [m$^2$] | plocha štípání |
| $V_{hm}$ | [m$^3$] | pracovní objem hydromotoru |
| z | [m] | maximální zdvih pístu |

# SEZNAM PŘÍLOH

P1 Sestavný výkres a kusovník štípacího stroje: A1-BP-01.00

- 1 list formátu A1
- 2 listy formátu A4

P2 Výkres svařence rámu s kusovníkem: A1-BP-02.00_sv

- 1 list formátu A1
- 1 list formátu A4

P3 Výrobní výkresy: A3-BP-01.02, A4-BP-02.01, A3-BP-02.02, A3-BP-02.03, A3-BP-02.04

- 4 listy formátu A3
- 1 list formátu A4