

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

## **Provozování rámových pil**

Bakalářská práce

Autor: Richard Zawada

Vedoucí práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Richard Zawada

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

**Provozování rámových pil**

Název anglicky

**Frame saws controling**

---

### **Cíle práce**

Cílem práce je charakteristika procesu obrábění rámovými pilami a to jak z pohledu jejich rozdělení, konstrukce tak také technologické operace řezání. Charakteristika vzniklého odpadu při obrábění rámovými pilami a návrh řešení na zpracování tohoto vedlejšího produktu výroby.

### **Metodika**

Charakteristika provozu a teoretický rozbor procesu řezání rámovou pilou jako jedním z hlavních strojů v pilnici. Historická geneze a rozdělení rámových pil. Typové varianty uspořádání rámových pil. Výhody a nevýhody rámovkové technologie. Popis vedlejšího produktu výroby vzniklého při pořeze rámovými pilami.

**Doporučený rozsah práce**

35 – 45 stránek

**Klíčová slova**

hlavní stroj, pilnice, rámová pila

---

**Doporučené zdroje informací**

- BARCÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J., SIKLIENKA, M. Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování. Powerprint Praha. 2013. 355 s., ISBN 978-80-87415-80-1.
- FRIESS, F. Velikost provozu a strategie firmy v pilařské výrobě. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2006. 53 s., ISBN 80-213-1533-4.
- FRONIUS, K. Spaner, Kreissägen, Bandsägen: Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Band 2. Stuttgart: DRW-Verlag Stuttgart, 1989. 300 s., ISBN 3-87181-332-X.
- KLEMENT, I., DETVAJ, J. Technológia prvostupňového spracovania dreva: [vysokoškolská učebnica]. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 325 s., ISBN 978-80-228-1811-7.
- KVIETKOVÁ, M., BOMBA, J. Pilařské zpracování dřeva technologie pořezu rámovou pilou. Praha: PowerPrint. 2013. 242 s., ISBN 978-80-87415-79-5.
- LING, K., KIMURA, S., WANG, H., YOKOCHI, H. Band saw vibration V. Effect of a hydrostatic air-guide system on a band saw vibration. Mokuzai Gakkaishi Journal of the Japan Wood Research Society. 38(1). s. 29-36. 1992.
- PROKEŠ, S. Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva. STNL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 1982, s. 354 – 415, ISBN 04-833-82.
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2020

**Ing. Radek Rinn**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2020

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „**Provozování rámových pil**“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Moniky Sarvašové Kvietkové, PhD., a že jsem použil pouze zdroje, které jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č.111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne:

podpis:

## **Poděkování**

Zde bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce doc. Ing. Monice Sarvašové Kviťkové, PhD. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad, trpělivost a ochotu, se kterou odpovídala na všechny mé dotazy.

## **Abstrakt**

**Autor: Richard Zawada**

**Název práce: Provozování rámových pil**

Tato bakalářská práce pojednává o procesu obrábění rámovými pilami. Této problematice se věnuje z víceřých perspektiv. Práce se zabývá rozdělením rámových pil, jejich konstrukcí, nástroji rámových pil a také technologickými operacemi řezání. Část bakalářské práce je věnována vedlejšímu produktu ve formě odpadu vznikajícím při činnosti rámové pily a návrhu jeho využití a zpracování s ohledem na analyzovaný podnik. Segment práce je také věnován návrhu linky pro zpracování pilařského odpadu. Výsledkem práce je charakteristika rámových pil a návrh linky na výrobu briket, jak z hlediska výběru strojního zařízení, uspořádání strojů v lince a také umístění linky v konkrétním podniku.

## **Klíčová slova:**

Hlavní stroj, pilnice, rámová pila, zpracování odpadu

## **Abstract**

**Author: Richard Zawada**

**Title: Frame saws controlling**

This thesis focuses on the process of saw mill plant woodwork and approaches this type of woodwork from multiple perspectives. The thesis further concentrates on the various frame saws categories, their respective constructions and tools, and the technological operations of cutting. Some chapters of this work also discuss the use of waste produced by frame saw woodwork and suggest potential use of this byproduct for companies. Other parts of the thesis include a design for woodworking waste treatment line. The result of this work is a concise characteristics of frame saws and design for briquette production as it pertains to the choice of tools and machinery, the organization of the tools in the line and also placement of the lines in a specific companies.

## **Keywords:**

Main machine, sawmill plant, frame saw

## Obsah

Seznam tabulek .....	11
1. Úvod.....	12
2. Cíl.....	13
3. Charakteristika a technologie rámové pily.....	14
3.1 Historie rámových pil.....	15
3.2. Základní popis rámové pily.....	16
3.3 Rozdělení rámových pil .....	17
3.4 Proces řezání rámovou pilou.....	19
3.5 Důležité parametry pro provoz rámových pil .....	19
3.6 Pilové listy.....	20
3.7 Charakteristika pořezových schémat .....	26
3.8 Výhody a nevýhody rámových pil .....	28
3.9 Typové varianty rámových pil .....	29
3.10 Chyby při pořezu rámovou pilou .....	31
4. Popis vedlejšího produktu rámových pil.....	32
4.1 Charakteristika třísky .....	32
4.2 Charakteristika pilin a dřevního prachu .....	33
4.3 Charakteristika kůry .....	33
5. Metodika .....	34
6. Charakteristika podniku s rámovou pilou .....	35
6.1 Charakteristika vstupní suroviny .....	35
6.2 Vyráběné zboží .....	36
6.3 Expedice a skladování výrobků .....	36
6.4 Skladování materiálu pro výrobu .....	37

6.5 Ochrana suroviny .....	37
6.7 Kvalifikovanost pracovní síly .....	38
6.8 Využití zahraniční pracovní síly .....	38
6.9 Tok materiálu v podniku .....	38
6.10 Jednotlivé kroky výroby.....	38
7. Charakteristika strojního vybavení podniku .....	39
7.1 Charakteristika rámové pily .....	39
7.2 Pilové listy.....	40
7.3 Příslušenství rámové pily .....	41
7.4 Strojní zařízení navazující na rámovou pil .....	42
7.5 Sklad náhradních dílů.....	44
7.6 Broušení pilových listů .....	44
7.7 Přepavní prostředky podniku.....	44
7.8 Důležité vybavení výroby .....	45
8. Vedlejší produkty výroby.....	45
8.1 Piliny .....	46
8.2 Krajina.....	47
8.3 Odřezky .....	47
9. Možné zpracování vedlejších produktů .....	47
9.1 Princip výroby briket .....	48
9.2 Historie výroby briket.....	48
9.3 Fáze výroby briket .....	48
9.4 Vstupní surovina .....	48
9.5 Potřebné strojní zařízení.....	48
9.6 Účel strojního vybavení .....	49



10. Návrh linky pro zpracování vedlejších produktů pilařské výroby .....	50
10.1 Spotřeba materiálu .....	54
10.2 Výstup výroby.....	54
11. Závěr .....	55
12. Přehled literatury.....	57

## Seznam obrázků

Obr. 1 Schéma rámové pily .....	14
Obr. 2 Historická rámová pila v Ljusnedal.....	16
Obr. 3 Rámová pila .....	17
Obr. 4 Horizontální a vertikální rámová pila.....	18
Obr. 5 Rozložení teploty na pilovém ozubení při pořezu dřeva .....	19
Obr. 6 Popis pilového listu .....	20
Obr. 7 Správný rozvod zubů.....	23
Obr. 8 Ostříčka pil OPL.....	25
Obr. 9 Typy ostření.....	25
Obr. 10 Pořezová schémata .....	27
Obr. 11 Segmentový pořez .....	27
Obr. 12 Pořez prismováním .....	28
Obr. 13 Linka s jednou rámovou pilou .....	29
Obr. 14 Linka s dvojicí rámových pil umístěných v jedné ose.....	30
Obr. 15 Linka s dvojicí rámových pil za sebou osově posunutých .....	30
Obr. 16 Linka s dvojicí rámových pil postavených vedle sebe .....	31
Obr. 17 Areál podniku .....	35
Obr. 18 Skladování hotových výrobků .....	36
Obr. 19 Skladování řeziva .....	37
Obr. 20 Sušárna dřeva6.6 Zpracování odpadu.....	37
Obr. 21 Rámová pila podniku.....	40
Obr. 22 Dvoukotoučová úhlová pila.....	40
Obr. 23 Pilové nástroje .....	41
Obr. 24 Zásobník kulatiny .....	41
Obr. 25 Elektrický vozík.....	42
Obr. 26 Rozmítací pila.....	43
Obr. 27 Zkracovací automat .....	43
Obr. 28 Expediční vozidlo .....	44
Obr. 29 Nakladač pro převoz materiálu a výrobků.....	45

Obr. 30 Hřebíkovací pistole.....	45
Obr. 31 Skladování pilin na prodej.....	46
Obr. 32 Skladování pilin pro vytápění.....	46
Obr. 33 Skladování krajinových desek.....	47
Obr. 34 Plán linky.....	50
Obr. 35 Srovnání současného s navrhovaným stavem.....	50
Obr. 36 Jednohřídelový drtič DJ 10.....	51
Obr. 37 Sušárna BUS 200.....	52
Obr. 38 Lis Brikstar 200.....	53
Obr. 39 Pytlovač RS-W.....	54

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Doporučené hodnoty rozvodu zubů.....	23
Tabulka 2 Doporučené hodnoty pro pýchování.....	24
Tabulka 3 Vlastnosti drtiče DJ 10.....	51
Tabulka 4 Vlastnosti sušárny BUS 200.....	52
Tabulka 5 Vlastnosti lisu BrikStar 200.....	53

## 1. Úvod

Pilařské zpracování dřeva je v České republice velice rozšířené a má dlouhou tradici. Jedním ze základních strojů v pilnici bývá rámová pila. I když je rámová pila označována jako překonaná technologie, stále se využívá ve velkém množství. Hlavně v malých pilnicích jako součást následné výroby například palet.

Toto zpracování dřeva vytváří velké množství odpadů, nebo jinak také vedlejších produktů. Hlavně menší podniky tento typ vedlejších produktů již dále nezpracovávají. Jedná se hlavně o odpad ve formě krajiny, pilin, třísek a dřevního prachu. Díky tomuto faktu musí tento vedlejší produkt nějak ekologicky zlikvidovat, nebo prodat. Často se malé podniky tento materiál rozhodnou prodat. Je ovšem ideální tento odpad výroby zpracovat, a tedy přidat vedlejšímu produktu přidanou hodnotu. Dnes je možné vyrábět energetickou štěpku nebo například brikety či peletky.

Zpracování tohoto vedlejšího produktu je výhodné hlavně při velké produkci odpadu. Tento fakt je dán vysokou vstupní investicí do tohoto zpracování a podle mého je hlavním úskalím vysoušení těchto odpadů. Sušárny pilin a štěpky jsou totiž konstruovány na velký objem výroby. Lisy, drtiče a ostatní stroje se dají variabilně přizpůsobit, ale u sušáren taková možnost výběru není.

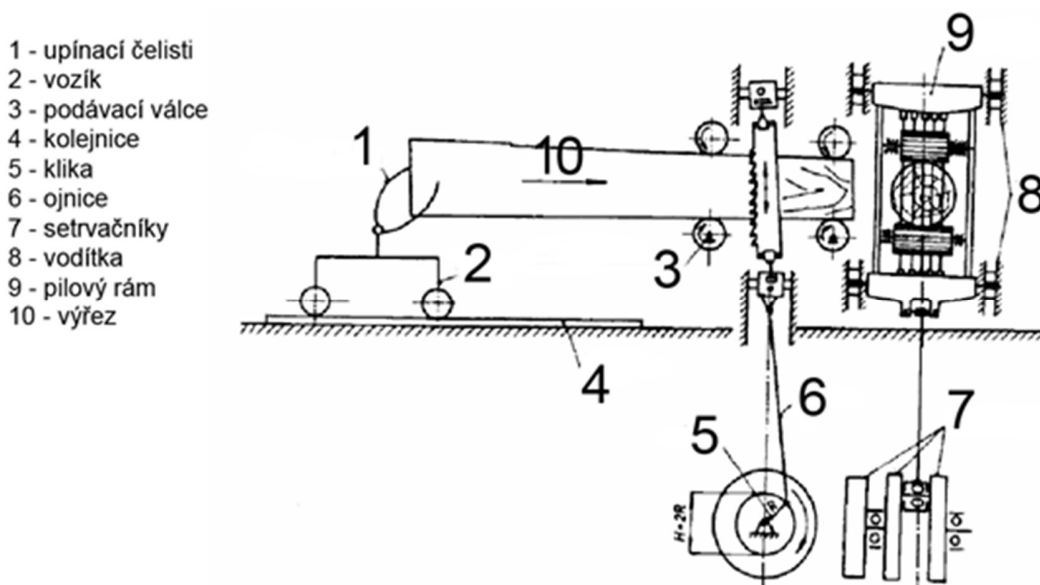
Téma jsem si vybral, jelikož mi přijde rámová pila jako zajímavý stroj s bohatou historií. Zajímám se také o využití vedlejších produktů výroby za účelem minimalizace starostí o přebytečný odpad, a to přeměnou tohoto odpadu ve výrobek.

## **2. Cíl**

Cílem této bakalářské práce je charakterizování procesu obrábění dřeva rámovými pilami. K naplnění tohoto cíle dopomohl dílčí cíl. Dílčím cílem práce je popis konstrukce rámových pil a dále jejich kategorizace s ohledem na technologickou operaci řezání. Cílem práce je také charakteristika vzniklého vedlejšího produktu ve formě odpadu, který vzniká při obrábění dřeva rámovými pilami. Následné vyústění práce je ve formě návrhu, jak tento vedlejší produkt využít.

### 3. Charakteristika a technologie rámové pily

Rámová pila je jedním z nejdůležitějších strojů využívaných při opracování dřeva. Po rámových pilách staršího typu, které měly pomalý chod nastupují rámové pily rychlořezné. Nejčastěji používaná je rámová pila svislá (vertikální) (Obr. 1) a pro speciální případy je často využívána pila vodorovná (horizontální). Vodorovné rámové pily se používají na listnaté a někdy také jehličnaté dřevo. Jejich výhodou je možnost změny parametrů po jednotlivých řezech. Ale kvůli jednomu pilovému pásu, který je zavěšen kolmo ztrácí na výkonu proti svislé rámové pile, která řeže celý kmen najednou. Svislé rámové pily se dělí podle umístění pohonného zařízení (volné a pevné řemenice) nejčastěji s pohonem spodním, případně s pohonem horním, ale to jen kvůli nepříznivé poloze podloží. Ve speciálních případech mohou být rámové pily rozmítací, ty jsou určené na rozřezávání fošen na tenká prkna. Poté například rámová pila pro krátké dřevo s šesti až osmi podávacími válci a jiné... (Ille, 1954). Definice pořezu rámovou pilou říká, že řezání je definováno procesem porušování dřeva ostrou hranou dřevního klínu vnikajícího do dřeva. Současně také odstranění dřevní hmoty ze základního objemu (Lisičan, 1996).



Obr. 1 Schéma rámové pily

(Kvietková, 2015)

Jako nástroje jsou používány u rámové pily pilové listy. Tyto pilové listy řezou kyvným přerušovaným nebo přímočarým pohybem po dráze zdvihu rámu pily. Pro efektivní využití rámové pily je důležité zajistit správný předstih a předklon pilových listů. Podle počtu upnutých pilových listů můžeme kulatinu rozdělit daný počet dílů (řeziva). V případě potřeby jiného dělení kulatiny je třeba upravit pozici pilových listů, zapojit do linky více rámových pil nebo daný pořez dokončit na navazujících strojích, které mohou doplňovat linky s rámovými pilami (Kvietková, 2015).

### **3.1 Historie rámových pil**

Rámová pila je považována za hlavní stroj v pilnici, který je určen pro skupinový pořez výřezů na řezivo. Pořez rámovými pilami je jedním z nejstarších a nejvyužívanějších pořezů kulatiny jak v České republice, tak ve světě.

První mechanické pily byly zřizovány v souvislosti s vodními mlýny. V 13. století se Villard de Honnencourt rozhodl využít stroj místo lidské práce a vytvořil roku 1230 první známé zobrazení mechanické pily. K velkému zdokonalení došlo v roce 1480, kdy Leonardo da Vinci společně s Francescem di Giorgim Martinim objevili pohon rámu a posun přířezu do řezu. Díky čemuž vynalezli tzv. "Benátskou pilu" (Simons, 1961).

Dalším velkým milníkem byl rok 1575, kdy byl objeven kovový rám a tím se zpřesnil řez, a i rozměry řeziva. Roku 1633 byl v Anglii vůbec poprvé použit skupinový závěs (Friess, 2006).

Roku 1811 vynalezl G. Hammond teoretický návrh podávacích válců. Ale až roku 1832 byla prvně použita konstrukce svislých válců. Vodorovné válce se začaly používat až roku 1852. Tento rok je přelomový, jelikož od této doby se dá považovat již pila tohoto typu jako rámová pila dnešní doby.

Do roku 1814 jsou pily pouze svislé, po roce 1840 se začínají objevovat i pily horizontální. Do 19. století byla rámová pila jedinou pilařskou technologií. Ostatní technologie se vynalezly až v 19. století (Friess, 2004).

V 80. – 90. letech se rámová pila považuje už za překonaný stroj. V zemích, kde převládá pořez jehličnatého dřeva je, ale rámová pila nadále používána. Jedná se o Skandinávii, Česko, Slovensko, Německo a jiné... I když měla být rámová pila nahrazena nestalo se tak. Z důvodů

svých nepřekonatelných vlastností. Mnoho rámových pil poháněných vodním kolem je dnes prezentováno jako památka, například historická rámová pila v obci Ljusnedal (Obr. 2) (Kvietková, 2015).



**Obr. 2 Historická rámová pila v Ljusnedal**

([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frame\\_saw\\_in\\_Ljusnedal.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frame_saw_in_Ljusnedal.jpg) 08.03.2020)

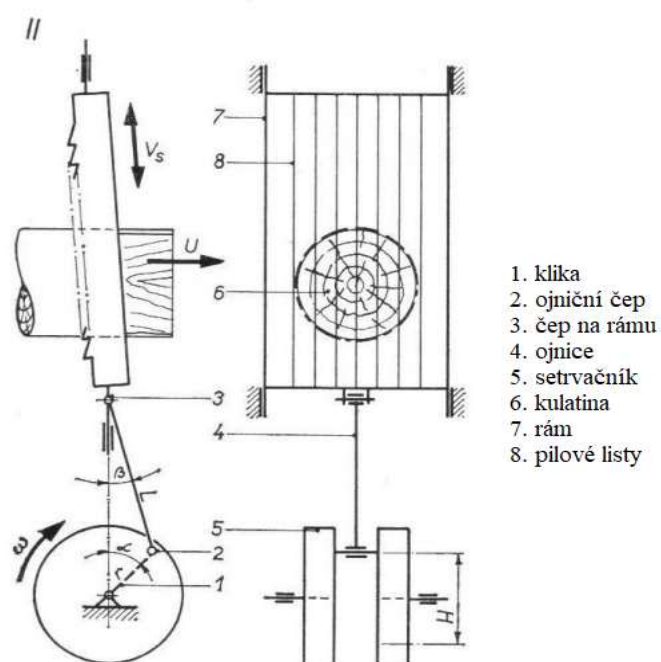
### **3.2. Základní popis rámové pily**

Základ stroje tvoří většinou základová deska, na kterou je uložena kliková hřídel. Základová deska se kotví k betonovému základu (60–130 m<sup>3</sup> betonu) pomocí kotevních šroubů. Na základovou desku je připevněn stojan stroje, který se skládá ze dvou bočnic a několika příčníků. U menších strojů může základová deska a stojan tvořit jeden celek. Na klikovou hřídel jsou osazeny setrvačníky (zpravidla 2) a řemenice, ze které vede řemen na předlohu nebo rovnou k elektromotoru. Menší stroje mají motor rovnou na rámu a jsou poháněny přes klínové řemeny. Velké pily mají dvě řemenice (pevnou a volnou) a jsou poháněny plochým řemenem. Předloha má jednu plochou řemenici dvojnásobné šířky. Předloha je poháněná přímo od elektromotoru klínovými řemeny. Po roztočení předlohy (plochý řemen se nachází na řemenici předlohy a volné řemenici na klikové hřídeli pily) je řemen postupně přesouván na pevnou řemenici na pile, čímž dochází k jejímu plynulému rozběhu. Ve stojanu je kluzně ve vodítkách uložen pilový rám, který se skládá ze dvou sloupků a horního a spodního příčnicku. Rám je s klikovou hřídelí spojen pomocí ojnice/ojnic (rozeznáváme jedno a dvoj ojnicí pily). Do rámu jsou pomocí závěsů napínány pilové listy. Na stojanu jsou dále uloženy podávací válce (přední a zadní, z nichž jeden



je spodní a jeden horní, u pil na krátkou hmotu jsou spodní 2) a jejich pohon. Důležitou součástí je brzda, sloužící k zastavení stroje a zajištění pilového rámu v horní úvrati, aby nedošlo k jeho samovolnému pohybu do spodní úvrati při výměně pilových listů a nedošlo tak k vážnému úrazu. Dále je stroj vybaven elektrickým ovládním, hydraulickým obvodem, vytrásadlem a dalšími prvky, vždy podle velikosti a technické úrovně stroje (Detvaj, 2003).

Na obrázku 3 je zobrazeno schéma rámové pily na kterém můžeme vidět i jednotlivé základní části.



**Obr. 3 Rámová pila**

([https://www.dilcikvalifikace.cz/sou\\_files/nespor/Sablony/JA%20EK/001%20Rmov%20pila.pdf](https://www.dilcikvalifikace.cz/sou_files/nespor/Sablony/JA%20EK/001%20Rmov%20pila.pdf) 10.3.2020)

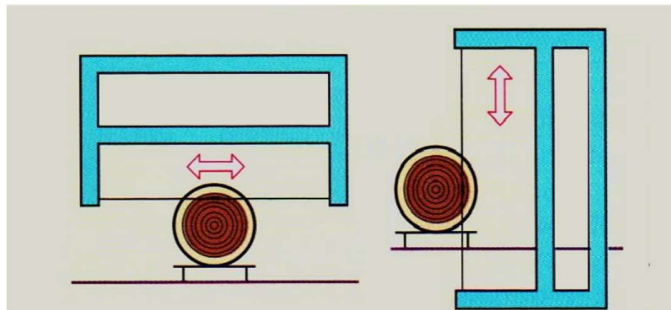
### 3.3 Rozdělení rámových pil

Rámové pily se rozdělují na základě víceroch hledisek.

Podle polohy rámu (Obr. 4):

- vertikální,

- horizontální,



**Obr. 4 Horizontální a vertikální rámová pila**

([https://www.dilcikvalifikace.cz/sou\\_files/nespor/Sablony/JA%20c5%20a0EK/001%20Rmov%20pila.pdf](https://www.dilcikvalifikace.cz/sou_files/nespor/Sablony/JA%20c5%20a0EK/001%20Rmov%20pila.pdf) 10.3.2020)

Podle místa použití:

- stabilní,
- mobilní,

Podle pohonu rámu:

- jednoojnicové,
- dvojojnicové.

Podle umístění pohonu:

- horní umístění pohonu,
- spodní umístění pohonu,

Podle světlostí rámu:

- do 450 mm (malé),
- od 450 mm do 710 mm (střední),
- od 710 mm výše (velké),

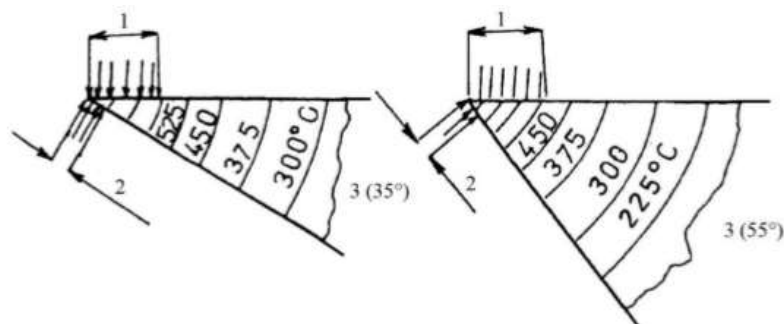
Podle podávání:

- s přerušovaným podáváním,
- s plynulým podáváním (Kvietková, 2015).

### 3.4 Proces řezání rámovou pilou

V případě pořezu rámovou pilou se jedná takzvaně o uzavřené řezání ve spáře, kde šířka třísky je rovna délce řezné hrany, přičemž délka třísky je menší než šířka obrobku (Varkoček, 1996).

Samozřejmostí je vznikající teplo při procesech řezání dřeva (Obr. 5). Toto teplo je obvykle odváděno samotným řezným nástrojem. V případě rámové pily tedy pilovým listem. Díky tomuto faktu nehrozí riziko vznícení materiálu. Je zde ale jisté riziko znehodnocení výsledného výrobku a to formou zčernání. Toto znehodnocení je ale možno odstranit dalšími procesy například broušením.



Obr. 5 Rozložení teploty na pilovém ozubení při pořezu dřeva

1 – délka čela pilového zubu, 2 – úhel hřbetu pilového zubu, 3 – úhel pilového zubu

(Lisičan, 1996)

Vzhledem k faktu, že rámová pila provádí řezání ve spáře, je kvůli odvedení tepla vznikajícího třením pilového listu o materiál potřeba upravit řezný nástroj takovým způsobem, aby nedocházelo ke kontaktu pilového listu s obráběným (řezaným) materiálem. Jedná se tedy o pěchování nebo rozvedení pilových zubů. Takto upravené pilové listy nejsou v kontaktu s materiálem, ale v kontaktu s materiálem jsou pouze zuby.

### 3.5 Důležité parametry pro provoz rámových pil

Mezi hlavní faktory, které zabezpečují správnou funkčnost pořezu rámovými pilami patří dle Kvietkové a Bomby (2013):

- předklon pilových listů – odchylka hrotnice zubů od svislice, tato odchylka má vyrovnat řezné poměry kvůli nestejněnému zatížení pilových listů při pořezu,

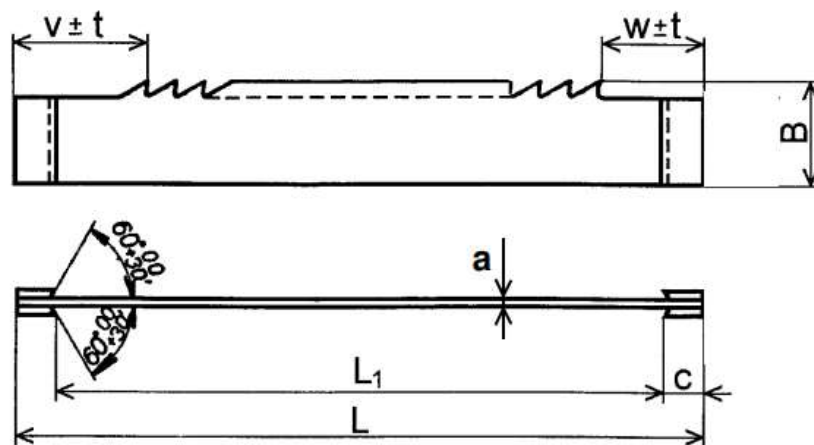
- předstih – úhel, který svírá hlavní ojnicní kliku se svislým směrem v okamžiku započnutí posuvu výřezu do stroje,
- přerušované podávání se dělí na:
  - jednoduché západkové podávání,
  - podávání dvojitě,
- nepřerušované podávání – rychlost podávání do stroje je stále stejná.

### 3.6 Pilové listy

Pilové listy jsou jednou z nejdůležitějších součástí rámové pily. Při špatném skladování, špatné údržbě a nevhodném upínání do stroje může dojít k poškození stroje, ohrožení zdraví a znehodnocení vyráběného řeziva.

#### Popis pilových listů

Na obrázku 6 vidíme popis pilového pásu z hlediska rozměrů, a to konkrétně délky, šířky pilového pásu a podobně.



Obr. 6 Popis pilového listu

a – šířka, B – šířka pilového pásu, c – šířka konce závěsu,  $L_1$  – volná délka mezi závěsy, w – pata pilového listu, v – hlava pilového listu,

([https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD\\_NMS/Povinne\\_predmety/Komplexni\\_pece\\_o\\_vyrobní\\_techniku/pr10\\_P%C3%A9%C4%8De%20o%20pilov%C3%A9%20listy%20a%20p%C3%A1sy.pdf](https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_NMS/Povinne_predmety/Komplexni_pece_o_vyrobní_techniku/pr10_P%C3%A9%C4%8De%20o%20pilov%C3%A9%20listy%20a%20p%C3%A1sy.pdf) 18.03.2020)

## **Skladování pilových listů**

Pilové listy je vhodné skladovat v teplotě od 0 do 45°C a to v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu do 60 %. V případě vlhčího prostředí hrozí stejně jako u jiných nástrojů ze železných kovů znehodnocení (Pilana a.s, 2020).

## **Typy pilových listů**

Z důvodu potřeby pořezu různých materiálů a různých tloušťek existuje více typů pilových listů a to:

- pilové listy pro pěchování,
- pilové listy pro rozvádění zubů,
- pilové listy stelitové,
- pilové listy J-typ.

## **Ozubení pilových listů**

Pilové listy pro rámové pily jsou vybaveny vlčím nebo trojúhelníkovým ozubením. Ozubení může být na jedné nebo obou stranách pilového listu (Metamob, 2020).

## **Provozní servis**

Servis pilových listů je důležitý zejména kvůli udržení kvality pořezu suroviny (Prokeš, 1982).

Provozním servisem rozumíme:

- kontrolu a korekci rozvodu (u pilových listů s rozváděnými zuby),
- kontrolu a korekci pěchu (u pilových listů s pěchovanými zuby),
- přeoštění nástroje.

Pokud mají být nástroje nějakou dobu mimo provoz je vhodné ošetřit je konzervačním olejem a tím pádem zamezit možné korozi (Pilana a.s, 2020).

## **Rozvádění zubů**

Podstata rozvádění zubů spočívá ve střídavém vyhýbání zubů do stran o hodnotu, která nebude příliš velká ani příliš malá. Obecně platí, že by se zuby měly rozvádět cca v 1/3 výšky od špičky zubu. Rozvod na jednu stranu by neměl přesáhnout hodnotu poloviny tloušťky čela.

Tato činnost má velký vliv na výslednou drsnost řezané plochy a také na její geometrickou přesnost. Hodnota drsnosti povrchu je zvětšována velikostí rozvodu (velikosti úhlu vychýlení) a vyššího posuvu na zub. Pro dosažení rovnoměrnosti je potřeba použít vhodné nástroje, a to nejlépe rozváděcího stroje a poté zkontrolovat správnosti rozvodu (Pilana a.s, 2020).

### **Možné chyby při rozvádění zubů**

Při nesprávném rozvádění zubů může dojít k zabíhání pilových listů, přehřívání nástroje, zvýšení drsnosti povrchu, zvětšení procenta pilin a spotřeby energie. Je tedy potřeba dbát na dodržování předpisů pro přípravu nástrojů a kontrola a korekce po rozvádění zubů a jejich ostření.

Mohou vzniknout tyto vady:

- jednostranný rozvod,
- nepřesný rozvod,
- malý rozvod,
- velký rozvod,
- poškození bříty zubů.

Velikost rozvodů ovlivňuje:

- druh dřeva (pro měkké dřevo je potřeba větší rozvod),
- tepelný stav a vlhkost (vlhké dřevo svírá více nástroj než-li suché),
- přesnost upnutí nástroje,
- přesnost vedení kmene (při vedení nepřesném je třeba více rozvést),
- rovinnost a stav nástroje,
- rozměry nástroje (Pilana a.s, 2020).

**Tabulka 1 Doporučené hodnoty rozvodu zubů**  
 (<http://www.pilana.cz/cz/udrzba-a-spravne-pouzivani-pilovych-listu> 17.03.2020)

Doporučené hodnoty pro rozvod RP	
Dřevo	Rozvod na jednu stranu
Měkké - vlhkost do 25%	0,55 - 0,65 mm
Měkké - vlhkost nad 25%	0,65 - 0,75 mm
Měkké - zmrzlé	0,55 - 0,65 mm
Tvrdé -vlhkost do 25%	0,45 - 0,50 mm
Tvrdé -vlhkost nad 25%	0,55 - 0,60 mm
Tvrdé - zmrzlé	0,45 - 0,50 mm

### Správný rozvod zubů

Názorně ukázáno na obrázku 7. Charakteristikou správného rozvodu zubů je:

- rozvod je rovnoměrný na obě strany,
- zuby jsou rozvedeny stejně a přesně,
- dodržení správného přesahu (Janiček, 1979).



**Obr. 7 Správný rozvod zubů**

(<http://www.pilana.cz/cz/udrzba-a-spravne-pouzivani-pilovych-listu> 18.03.2020)

### Pěchování zubů

Princip pěchování zubů spočívá v působení tlakem na břit zubu, to zapříčiní deformaci materiálu břitu. Takto se vytvoří potřebný přesah a současně dojde k vytvrzení zubu. Poté je materiál stlačen z boku tzn. břit je egalizován. Tímto postupem se zajistí stejný přesah všech zubů. Výhodou tohoto typu nástroje je, že dochází k pomalejšímu otupování než u nástroje se zuby rozváděnými. Tento nástroj má také stabilnější běh z důvodu rovnoměrného využití zubů a tvrdšího břitu. Srovnáme-li stelitové a pěchované ozubení je pěchované ozubení méně náchylné k poškození. Tato technologie je zejména vhodná pro pořez tvrdé kulatiny (Reparo, 2020).

**Tabulka 2 Doporučené hodnoty pro pēchování**

(<http://www.pilana.cz/cz/pechovani-zubu-a-egalizace-pechovanych-zubu> 18.03.2020)

Doporučené hodnoty pro pēchování RP	
Dřevo	Rozvod na jednu stranu
Mēkké - vlhkost do 25%	0,55 - 0,65 mm
Mēkké - vlhkost nad 25%	0,65 - 0,75 mm
Mēkké - zmrzlé	0,55 - 0,65 mm
Tvrdé -vlhkost do 25%	0,45 - 0,50 mm
Tvrdé -vlhkost nad 25%	0,55 - 0,60 mm
Tvrdé - zmrzlé	0,45 - 0,50 mm

### Vady pēchování

V tomto odstavci bych rád vypsál základní vady při pēchování, kterým je třeba se vyhnout:

- jednostranné rozpēchování,
  - v šířce pēchu,
  - ve výšce pēchu,
- ohnutí hrotu zubu,
  - nahoru,
  - dolů,
- malá výška a šířka pēchu,
- trhlinky,
- nestejné rozšíření zubu vzhledem k ose zubu (Pilana a.s, 2020).

### Ostření zubů

Pro ostření zubů do rámové pily je nutnou použít stroj k tomu přímo určený (Obr. 8). Aby nedocházelo k nekvalitnímu broušení musí být bruska správně seřízena a vodící lišta nesmí být opotřebena a přesně vyrobena. Důraz je kladen také na obsluhu, která musí být správně proškolená a kvalifikována. Při ostření zubů je také vhodné zajistit chlazení, aby nedocházelo k zamodráním vlivem vysoké teploty. Díky chlazení je také možnost využití většího úběru. Pokud ovšem nejde zajistit stálé chlazení je lepší zmenšit úběr, snížit otáčky kotouče nebo zvolením jiného kotouče (Pilana Metal, 2020).



Pro správné ostření musí být dodrženy tyto předpoklady:

- všechny zuby musí mít po naostření správný a stejný profil,
- vlivem tepla nesmějí být zuby zamodralé,
- hroty zubů musí být v přímce,
- vznikne-li zabarvená vrstva, je nutno ostřit tak dlouho, dokud se tato vrstva neodstraní (Pilana a.s, 2020).



**Obr. 8 Ostříčka pil OPL**

(<http://www.drevarske-stroje.cz/detail/ostricka-pil-opl> 18.03.2020)

### Způsoby ostření

Ostření můžeme provádět buď rovné nebo šikmé (Obr. 9), ale šikmé ostření lze provádět pouze na zubech rozvedených.



**Obr. 9 Typy ostření**

(<http://www.pilana.cz/cz/ostreni-zubu> 18.03.2020)

### Ostření rozváděných a pýchovaných zubů

Ostření u zubů pýchovaných a rozváděných probíhá po samotném rozvádění a pýchování. Pokud by tomu bylo naopak mohou se změnit rezné úhly a obsluha může být

poraněna při rozvádění již naostřených zubů. Následně po ostření se ještě rozvod zkontroluje a případně jemně upraví (Fine-tools, 2020).

### **Chyby způsobené špatným ostřením**

Kvůli špatnému ostření může docházet k rychlejšímu otupování, zabíhání anebo nerovnoměrnému zatížení zubů. Mezi časté chyby zejména patří:

- nestejná výška zubů,
- příliš velká nebo malá výška zubů,
- vydutá nebo vypouklá hrotnice,
- zbarvené hroty zubů,
- nestejná rozteč zubů,
- příliš malý poloměr zaoblení zubů (Pilana a.s, 2020).

### **3.7 Charakteristika pořezových schémat**

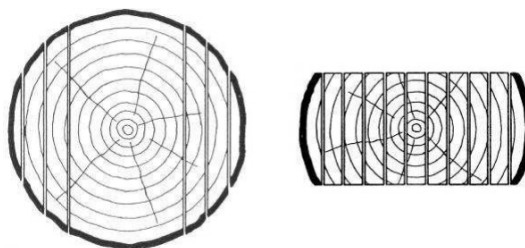
Požez rámovou pilou probíhá podle pořezových schémat. Oproti pásové a kotoučové pile je množství pořezových schémat u rámových pil omezeno, jelikož celý profil kmene prochází na jeden zátaž. Nejčastěji se používá pořez na ostro, prizmovací pořez a segmentový pořez. Pořez se volí podle požadovaného typu řeziva, které podnik potřebuje pro výrobu.

#### **Požez na ostro**

Celý výřez se rozřeže rovnoběžně vedenými řezy (Obr. 10). Řezivo je různých tloušťek s oblinami. Tento typ pořezu se používá, pokud není řezivo konečným výrobkem a slouží k následné výrobě (Lacinová, 2014).



neomítané řezivo a středové řezivo stejných šířek, případně i tloušťek. Velice využívaný pořez u rámových pil (Fao.org, 1982).



**Obr. 12 Pořez prismováním**

([https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD\\_BC/Povinne\\_predmety/Technika\\_a\\_technologie\\_vyroby\\_reziva/3-%C5%98ezivo,%20po%C5%99ez,%20v%C3%BDt%C4%9B%C5%BE-komprim.pdf](https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_BC/Povinne_predmety/Technika_a_technologie_vyroby_reziva/3-%C5%98ezivo,%20po%C5%99ez,%20v%C3%BDt%C4%9B%C5%BE-komprim.pdf) 18.03.2020)

### 3.8 Výhody a nevýhody rámových pil

Hlavními výhodami pořezu na rámových pilách jsou:

- kvalitativní a kvantitativní stejnorodost středového řeziva,
- vysoká produktivita práce,
- výhodná pilařská výtěžnost,
- nízký podíl pilin,
- vysoká kvalita řezné plochy,
- průměrná hlučnost,
- pořez celého kmene na jeden průchod,
- možnost zařazení pil do linek,
- snadná příprava nástrojů,
- možnost nastavení různého rozměru řeziva (Kvietková; Bomba, 2013).

Hlavními nevýhodami pořezu na rámových pilách jsou:

- limitovaný průměr výřezů
- potřeba třídění řeziva

- vysoká náročnosť na elektrickú energiu,
- pred instaláciou potrebná náročná stavebná príprava,
- skoro nemožná optimalizácia pořezu s podporou výpočetní techniky (Kvietková; Bomba, 2013).

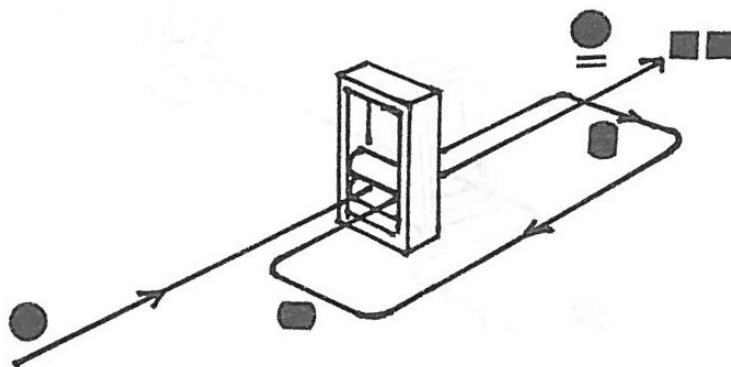
### 3.9 Typové varianty rámových pil

Ve světě se vyskytují tyto varianty linek s rámovými pilami. Jedná se o:

1. pilnice s jednou rámovou pilou,
2. pilnice s dvojicí rámových pil:
  - a. umístěných za sebou v ose,
  - b. umístěných za sebou osově posunutých,
  - c. umístěných vedle sebe ((Kvietková; Bomba, 2013).

#### Linka s jednou rámovou pilou

Tato linka se využívá pro pořez jak jehličnaté tak listnaté kulatiny a to zejména pořezem, na „ostro“, možný je také pořez prizmováním. Tomuto typu technologie se říká „zpátkování“, jedná se o navrácení prizmy zpět do stroje. Linka s jednou rámovou pilou je univerzálním řešením, které může produkovat řezivo v širokém sortimentu. Jedná se o tzv. komerční typ pilařské linky (Obr. 13) (Kvietková; Bomba, 2013).

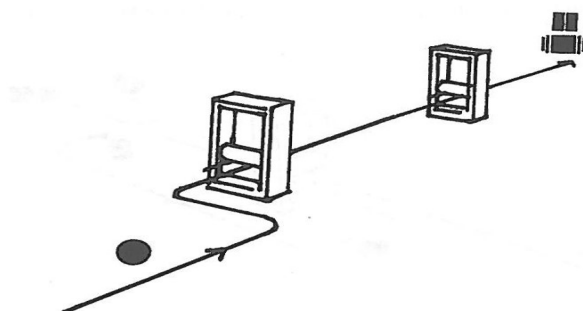


Obr. 13 Linka s jednou rámovou pilou

(Kvietková; Bomba, 2013)

### **Linka s dvojicí rámových pil umístěných v jedné ose**

Jedná se o nejnovější typ linky rámových pil. Jedná se o co největší mechanizaci a automatizaci v technologii pořezu rámovými pilami. Jelikož tato linka pracuje na principu dvojice při pořezu prizmováním. První pila vytvoří prizmu a druhá rámová pila následně prizmu dělí. Rychlost linky udává druhá pila. Tato linka se vyznačuje nemožností rozdílného pracovního rytmu a složitější dopravou bočního řeziva. Tento typ linky se využívá pouze ve Skandinávii (Obr. 14) (Kvietková; Bomba, 2013).

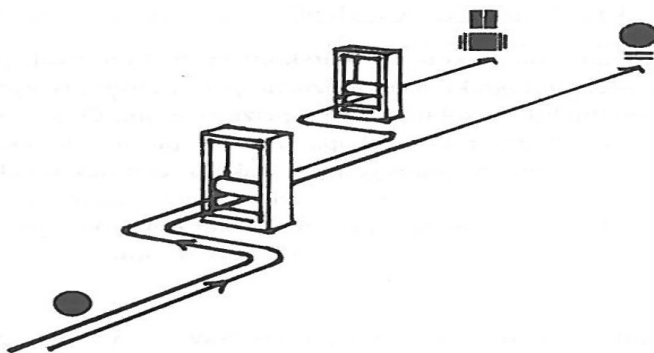


**Obr. 14 Linka s dvojicí rámových pil umístěných v jedné ose**

(Kvietková; Bomba, 2013)

### **Linka s dvojicí rámových pil za sebou osově posunutých**

Jedná se o nejpoužívanější linky v ČR (Obr. 15). Jako hlavní technologii je využíváno pořezu prizmováním a jednotlivé propojení rámových pil je zajištěno dopravníkem s kapacitou třech až pěti prizem. Toto řešení je důležité kvůli rozdílnému rytmu činností obou pil. Tento typ by se dal označit také jako kooperující typ pilařské výroby (Kvietková; Bomba, 2013).

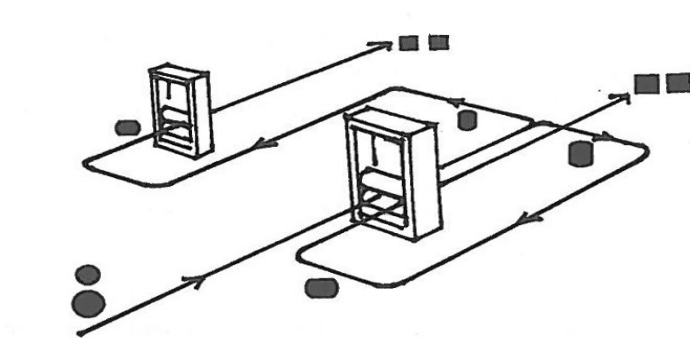


**Obr. 15 Linka s dvojicí rámových pil za sebou osově posunutých**

(Kvietková; Bomba, 2013)

### Linka s dvojicí rámových pil postavených vedle sebe

Tento způsob pilařské technologie se vyznačuje vysokou univerzálností (Obr. 16). Typický je v pobaltských státech v naší krajině používané asi do 50. let minulého století. Pořez bývá prizmováním. Často se stavěly vedle sebe dvě a více pil každá jiného průchodu a každá pila si poté zpátkovala svou hmotu optimálního průměru (Kvietková; Bomba, 2013).



Obr. 16 Linka s dvojicí rámových pil postavených vedle sebe

(Kvietková; Bomba, 2013)

### 3.10 Chyby při pořezu rámovou pilou

Výstupem z pořezu kulatiny rámovou pilou je řezivo. Kvalitu řeziva udávají přesné rozměry, rovnost a hladkostí povrchu. Řezivo musí mít stejnou tloušťku po celé délce a musí být bez nánosů pilin a nečistot. Jedná se zejména o:

- šroubovitě zakřivení „vrtule“,
- křivost plochy,
- křivost hrany,
- řezivo do tvaru „S“,
- řezivo s různou tloušťkou v příčném průřezu desky,
- řezivo se štrápci na hraně desky,
- řezivo s vlnitým povrchem,
- řezivo s velkým rýhováním.

Vzhledem k faktu, že rámová pila produkuje také vedlejší produkty kromě řeziva. Věnoval jsem se této problematice v další kapitole práce, a to konkrétně rozdělením těchto produktů, charakteristikou a jejich vznikem.

## 4. Popis vedlejšího produktu rámových pil

Při dělení materiálu vzniká tříška. Tento produkt někteří nazývají odpadem, ale v dnešní době jej lze dále využít. Za vedlejší produkt rámové pily je možné taky považovat například piliny, třísky prach nebo kůra v případě neodkorněné kulatiny. Teplu nejsme schopni využít, zatímco kůra může posloužit dále například v zahradnictví.

### 4.1 Charakteristika třísky

Charakteristika třísky probíhá na základě jejich rozměrů, tvarů a typu dané třísky. Velikost třísky a její tvar neurčujeme po jejím odvedení z místa řezu, ale naopak ještě před oddělením, a to konkrétně v rovině kolmé k ploše řezání procházející ostřím nástroje. Určujeme tedy tzv. nominální rozměr třísky. Jelikož je tříška při oddělování deformována ve směru příčném i podélném, vazba její vnitřní hmoty je většinou narušena. V praxi se málokdy objeví případ, kdy směr vláken souhlasí se směrem pohybujícího se břítu. Časté je, že se vlákna odklánějí v určitém úhlu. V případě loupání nebo krájení můžeme jakost třísky zlepšit stlačením dřevní hmoty v těsné blízkosti břítu. Při dělení rostlého materiálu se můžeme setkat s dělením napříč nebo podél vláken (Márová, 2012).

#### Vznik třísky

Při prvním styku břítu a obrobku se hmota prvně více či méně deformuje (podle svých vlastností, otupení nástroje, velikosti úhlů řezu atd.), následně po překročení určitého napětí v těsném okolí břítu nastává oddělování hmoty obrobku. V následujícím průběhu dělení třísky lze pozorovat vznikání trhlin. Směr a umístění těchto trhlin vzhledem k okamžité poloze a směru pohybu břítu, závisí na orientaci stavby obrobku a jiných vlivech. Na tyto vlastnosti má vliv zejména:

- druh obrobku a vlastnosti obrobku (např. teplota, vlhkost, mechanické vlastnosti a objemová hmotnost atd.),
- geometrie a mikro geometrie nástrojů,
- řezné podmínky (řezná rychlost, posuv na břit, hloubka záběru),
- způsob obrábění,



- způsob odvádění třísky z místa kde je tříska dělena,
- směr dřevních vláken a letokruhů ku směru pohybu břitu nástroje (Voharek, 2013).

### **Druhy třísek**

Samotný druh třísky závisí na mechanismu vzniku a směru narušení vláken. V podélném směru dělení se jedná o třísku:

- lámanou,
- souvislou,
- souvislou zhuštěnou plastickou.

V případě příčného dělení se jedná o třísku:

- částicovou dělenou,
- souvislou při příčném modelu řezání,
- trhanou (Kvietková, 2015).

### **4.2 Charakteristika pilin a dřevního prachu**

V případě pilin se jedná o specifický druh dřevní hmoty, která vzniká podélným i příčným dělením dřeva. Typickou vlastností této suroviny je malý rozměr této suroviny zpravidla v milimetrech a vysoký podíl dřevního prachu. Produkce pilin představuje asi 10-13 % z celkového objemu určeného k pořezu. Piliny se často využívají k dalšímu zpracování. Například výrobě briket (Chytrý, 2007).

Dřevní prach je charakterizován jako částice v rozsahu od 0,001 do 0,3 až 0,5 mm. Obecnou vlastností dřevního prachu je špatná sedimentační schopnost, která způsobuje velmi dlouhé setrvání v ovzduší. Charakter těchto částí závisí na druhu nástroje a vlhkosti řezaného materiálu. Všeobecně je také známá vysoká výbušnost dřevního prachu (Hejna, 1981).

### **4.3 Charakteristika kůry**

Kůra se charakterizuje jako vnější ochranná vrstva kmene a větví stromů (Rybníček, Srba, 2002). Tloušťka kůry se liší u každého druhu stromu (Tsoumis, 2020). V dnešní době se kůra zpracovává pro okrasné účely nebo jako surovina pro výrobu velkoplošných desek.

V pilařské výrobě kulatinu před pořezem rámovou pilou odkorňujeme. V případě že tak neučiníme zůstane kůra na krajinovém řezivu.

V dalších kapitolách bakalářské práce jsem se zaměřil na charakteristiku daného podniku a jeho výrobní technologie. V této části jsem popisoval podnik z různých úhlů pohledu, které jsou podle mého pro daný podnik důležité a klíčové. I když je rámová pila nejdůležitějším strojem v podniku, a to kvůli zajištění řeziva. Na rámovou pilu navazují další stroje, které jsou pro výrobu a daný podnik klíčové. Nejedná se pouze o stroje, ale také o ostatní vybavení jako například dopravníky a přepravní prostředky podniku. Důležité je také skladování kulatiny, řeziva a hotových výrobků.

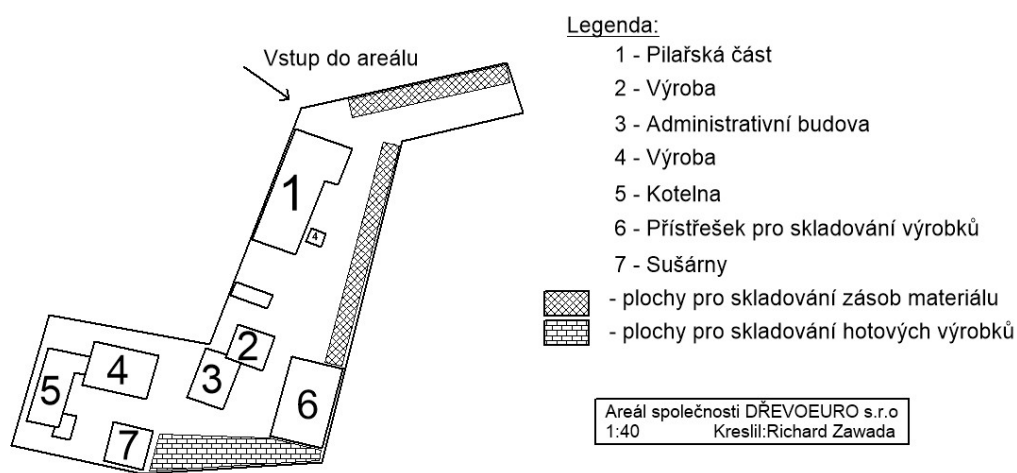
V následující kapitole jsem se zabíral popisem samotného provozu, který používá rámovou pilu jako hlavní technologii. Zmínil jsem se zde o vstupní surovině a dalších podstatných skutečnostech potřebných pro chod podniku.

## **5. Metodika**

Při psaní této bakalářské práce jsem čerpal hlavně z odborné literatury, ale také ze skript a odborných internetových stránek. Potřebné literatury bylo dostatek, jelikož rámová pila je poměrně stará technologie, která se v nedávné době nijak zásadně neměnila. Práci jsem také doplnil pomocí internetových zdrojů. Parametry strojů jsem čerpal přímo od výrobců. Návrh briketovací linky a současný stav jsem konzultoval s vedením firmy při návštěvách provozu.

## 6. Charakteristika podniku s rámovou pilou

Pro mou bakalářskou práci jsem si vybral malou rodinnou pilu nacházející se v Moravskoslezském kraji. Tato firma je na trhu již kolem dvaceti let. Hlavní náplň její činnosti je výroba palet, dřevěných obalů, zarážek a přípravků. Firma má deset stálých zaměstnanců a v případě potřeby pracuje pro firmu několik brigádníků. Výrobní proces je jednosměrný. Areál firmy (Obr. 17) se nachází v Moravskoslezském kraji.



Obr. 17 Areál podniku

Firma v současné době nepřemýšlí o rozšíření výrobní technologie. Má dostatek zakázek a stihá je většinou včas splnit. Nedávnou inovací byla dvoukotoučová překlopná pila, která se ale moc nepoužívá z důsledku nedostatku kvalifikované pracovní síly. Do budoucna přemýšlí firma o zpracování odpadu vzniklého z výroby.

### 6.1 Charakteristika vstupní suroviny

Tato pila se soustředí na pořez jehličnaté kulatiny. Ve velice ojedinělých případech probíhá pořez i listnaté kulatiny, ale to pouze na speciální přání zákazníka. Jelikož firma nemá dostatečnou kapacitu výroby, musí podnik řezivo nakupovat, aby byl podnik pokrýt potřeby zákazníků. Kvůli kůrovcové kalamitě nakupuje firma hlavně z území České republik (99%), v případně potřeby nakupuje díky výhodné geografické poloze ze Slovenské republiky. V případě výroby obalového materiálu se nakupuje překližka, kterou si firma není schopna sama vyrobit. Z hlediska kulatiny se zpracovává hlavně smrk, borovice a modřín. Podnik ročně nakoupí 2800 m<sup>3</sup> kulatiny a 4500 m<sup>3</sup> řeziva.

## 6.2 Vyráběné zboží

Firma se soustředí hlavně na zakázkovou výrobu. Proto není soustředěna na výrobu klasických “euro palet“ je soustředí se přesně na potřeby zákazníka. Díky tomu se může rychle přizpůsobit a je schopna vyrábět specializované druhy palet, zarážek, obalů a beden. Tento podnik si je vědom nemožnosti konkurence na poli euro palet, proto se vedení podniku rozhodlo soustředit se na specializované výrobky, které se vyrábějí v malém množství a často se mění.

## 6.3 Expedice a skladování výrobků

Podnik se snaží expedovat výrobky co nejdříve po výrobě. Má totiž omezené skladovací prostory (Obr. 18) a vzhledem k charakteru objednávek i zákazník požaduje co nejrychlejší dodání. Skladování hotových výrobků probíhá pod nově postavenou halou. Expedici provádí vlastními nákladními vozy nebo si expedici zajišťuje zákazník. Pro expedici vlastní firma tři nákladní vozy.



Obr. 18 Skladování hotových výrobků

#### 6.4 Skladování materiálu pro výrobu

Řezivo se skladuje ve venkovních prostorách areálu (Obr. 19). Před samotným zpracováním se přesune do sušáren a následně se z něj vyrábí výrobky. Spojovací prostředky jsou skladovány ve výrobní části. Překližka, která je nakupována v malém množství a pouze nárazově je skladována také přímo ve výrobě. Tato výroba nepotřebuje velké množství různých kování a spojovacích prostředků. Jedná se hlavně o hřebíky do hřebíkovačky různých délek.



Obr. 19 Skladování řeziva

#### 6.5 Ochrana suroviny

Aby mohl podnik exportovat své výrobky do zahraničí musí provést tepelné ošetření výrobků, díky čemuž se odstraní přebytečná voda ve středu hranolů a také se odstraní zárodky biotických škůdců. Dochází tak v komorové sušárně (Obr. 20), kde podnik suší řezivo ze kterého se následně vyrábí výrobky.



Obr. 20 Sušárna dřeva

Tento podnik produkuje odpad ve formě pilin, odřezků a krajin. Piliny se skladují v síle nebo v kontejneru. Piliny v kontejneru slouží k vytápění prostor, zatímco piliny v síle se prodávají. Odřezky, které vzniknou ve výrobě se štěpkují a následně se také využívají k vytápění výrobních prostor. Ročně firma prodá 950 m<sup>3</sup> pilin.

### **6.7 Kvalifikovanost pracovní síly**

Tato výroba nevyžaduje vysokoškolsky vzdělané zaměstnance. Důraz na vzdělání se klade hlavně na operátora rámové pily. Zde je potřeba pilařského vzdělání. Tento pracovník je klíčový pro chod podniku. Dále se klade důraz na zručnost, pracovitost a spolehlivost. V oblasti vedení firmy je důležité mít manažerské schopnosti a znalost dobrého čtení výkresů.

### **6.8 Využití zahraniční pracovní síly**

Kvůli nedostatku spolehlivé pracovní síly v okolí podniku je firma nucena hledat pracovní sílu jinde. Jde zejména o pracovníky z Ukrajiny. Tito pracovníci jsou zde na pracovní vízum a podle platné legislativy mohou pracovat na území Evropské unie pouze tři měsíce. Těmto zaměstnancům je zajišťována strava a ubytování. Dle vyjádření vedení jsou pracovití, ale často nejde o pracovníky se zkušenostmi v pilařské výrobě tedy je nutné je do procesu začlenit a v podstatě si je vychovat. V současné situaci na trhu práce bohužel není jiné dostupné řešení.

### **6.9 Tok materiálu v podniku**

Podnik má stále zákazníky, od kterých dostává pravidelně objednávky, případně o dané zakázky soutěží. Jedná se převážně o malosériovou výrobu. Ve většině případů jsou objednávky odlišné, což zvyšuje náklady na čas, který je strávený zpracováním objednávky pro následnou výrobu.

Výroba palet a obalového materiálu je velmi členitá. Materiál má hodně „zastávek“ ve výrobním procesu. Kvůli charakteru výroby a nepřítomnosti automatizace je přesun materiálu náročný jak časově, tak z hlediska dopravních prostředků. Jedná se o různé překládání a převážení materiálu. Tato činnost se provádí u kulatiny pomocí nakladačů a u samotného řeziva pomocí vysokozdvíhových vozíků.

### **6.10 Jednotlivé kroky výroby**

V tomto rozdělení se snažím přiblížit postup výroby, a to po jednotlivých krocích.

1. získání zakázky,
2. objednávka materiálu,
3. naskladnění a přejímka materiálu,
4. naplnění zásobníku rámové pily,
5. pořez kulatiny,
6. hranění řeziva,
7. krácení řeziva,
8. sušení řeziva,
9. uskladnění materiálu pro výrobu,
10. samotná výroba,
11. uskladnění hotových výrobků,
12. expedice.

V další kapitole jsem se věnoval přímo na samotné strojní vybavení podniku a jeho význam v tomto provozu.

## **7. Charakteristika strojního vybavení podniku**

Tato kapitola je věnována charakteristice strojního vybavení v podniku. Dále jsem se věnoval charakteristice hlavní výrobní technologie podniku a ostatních důležitých vybavení, které jsou nezbytné k činnosti podniku.

### **7.1 Charakteristika rámové pily**

Rámová pila je v tomto podniku zásadním a klíčovým strojem. Jedná se o rámovou pilu od výrobce Královopolská strojírenská typu R710 (Obr. 21). Tato pila je velmi spolehlivá, v případě potřeby jednoduchá na údržbu a nevyžaduje vysoce kvalifikovanou pracovní sílu. Proto se neuvažuje o výměně tohoto stroje za jiný. Díky pořízení elektrického vozíku se ulehčila práce, která byla předtím velmi fyzicky náročná. V případě poruchy tohoto stroje má firma v záloze dvoukotoučovou úhlovou pilu od výrobce Drekos typu PP 550 (Obr. 22), která se využívá v případě poruchy rámové pily. Zde je již třeba mnohem kvalifikovanější pracovní síla než v případě rámové pily. To je důvodem, proč se využívá jen při výpadku hlavní pilařské technologie.



**Obr. 21 Rámová pila podniku**



**Obr. 22 Dvoukotoučová úhlová pila**

## **7.2 Pilové listy**

Pro provoz rámové pily je nezbytné mít dostatečnou zásobu naoštřených pilových listů (Obr. 23). V případě, že má pila na skladě listy již staré a opotřebované, které se již nevyplatí



brousit používá je na pořez kulatiny z rizikových oblastí, kde hrozí výskyt kovu v kulatině. Listy si podnik brousí sám.



**Obr. 23 Pilové nástroje**

### **7.3 Příslušenství rámové pily**

Pro správnou funkci rámové pily jsou potřeba další stroje jedná se o zásobník kulatiny, který je opatřen dopravníkem (Obr. 24). Dále potom elektrický vozík (Obr. 25), který zajišťuje natáčení kulatiny a posuv do řezu.



**Obr. 24 Zásobník kulatiny**



Obr. 25 Elektrický vozík

#### 7.4 Strojní zařízení navazující na rámovou pil

Rámová pila je sice nejdůležitějším a klíčovým strojem v této výrobě, ale aby práce byla efektivní tak je nezbytné navázat na tuto výrobní technologii práci dalších strojů. Jedná se hlavně o rozmítací pilu, zkracovací automat.

##### **Rozmítací pila**

Jelikož výstupem z rámové pily není vždy hraněné řezivo vyvstává potřeba dané nehraněné řezivo hranit. Z tohoto důvodu je daný stroj (Obr. 26) velmi důležitý. Následně je řezivo je řezivo převezeno na zkracovací automat.



**Obr. 26 Rozmítací pila**

### **Zkracovací automat**

Tento stroj (Obr. 27) je velikým pomocníkem na pilnici. Jeho funkcí je zkrátit řezivo na danou délku. Jde o jeden z nejnovějších strojů podniku. Je to velká změna oproti minulosti, kdy bylo třeba používat zarážky a krácení řeziva bylo pracné a neekonomické. Po tomto stroji je již nakrácené řezivo uskladněno ve venkovních prostorách.



**Obr. 27 Zkracovací automat**

### **7.5 Sklad náhradních dílů**

Firma má svůj sklad náhradních dílů hlavně pro rámovou pilu, kde každá porucha musí být co nejdřív opravena. Jelikož je rámová pila v tomto podniku nejdůležitější součástí, vyplatí se mít nějakou zásobu náhradních dílů. Jedná se hlavně o zásobu závěsů a pilových listů.

### **7.6 Broušení pilových listů**

Součástí areálu je i brusárna pilových listů. Broušení zajišťuje brousící automat. Toto řešení je hlavně kvůli snížení nákladů v provozu. Spotřeba pilových listů je tak velká, že se podniku vyplatí pilové listy brousit ve svém areálu.

### **7.7 Přepavní prostředky podniku**

Kvůli charakteru výroby tento podnik potřebuje přepravní prostředky na transport řeziva a hotových výrobků (Obr. 28). Firma vlastní tři velké nakladače pro skládku a přepravu řeziva (Obr. 29). Dále malý vysokozdvihný vozík pro transport výrobků a řeziva.



**Obr. 28 Expediční vozidlo**





**Obr. 29 Nakladač pro převoz materiálu a výrobků**

### **7.8 Důležité vybavení výroby**

Jelikož se podnik zabývá výrobou palet, zarážek a obalového materiálu potřebuje ke svému provozu hodně vybavení. Jedná se zejména o pneumatické hřebíkovačky (Obr. 30), kapovací pily, frézy a brusky. Důležitou součástí výroby je také kompresor, bez kterého by daná výroba fungovat nemohla.



**Obr. 30 Hřebíkovací pistole**

Následující část této práce je soustředěna na vedlejší produkty výroby tohoto podniku. Jejich skladování a momentální využití.

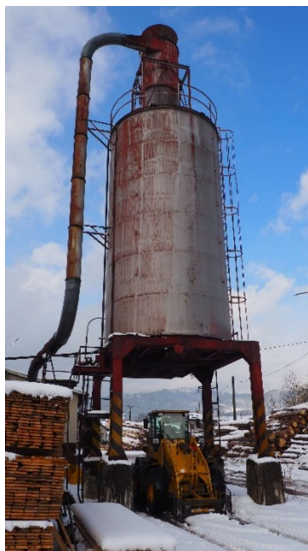
## **8. Vedlejší produkty výroby**

V pilařské výrobě vznikají různé vedlejší produkty. Jedná se o produkty hmotné a nehmotné. Mezi produkty nehmotné můžeme řadit například teplo. Mezi produkty hmotné

řadíme například piliny, odřezky, krajinu a další. Tyto vedlejší produkty výroby jsou často označovány jako odpad, přitom se ale dají dále využít. Dřevní odpad zejména piliny se dají využít pro vytápění, výrobu briket či peletek nebo výrobu dřevotřískových desek. Popel vzniklý spalováním jde dále využít jako hnojivo díky omezení acidifikace půdy a potencionálnímu nevyvážení pilin.

### 8.1 Piliny

Tento typ vedlejšího produktu vzniká jak v pilařské části výroby, tak ve výrobní části. Jedná se o malé části dřeva při řezání nebo broušení. Tento vedlejší produkt výroby se odsáváním dostane do sila (Obr. 31), kde se skladuje a následně se buďto prodává nebo využívá k vytápění výrobních prostor. Skladování probíhá také v kontejneru (Obr. 32).



Obr. 31 Skladování pilin na prodej



Obr. 32 Skladování pilin pro vytápění

## 8.2 Krajina

Typ řeziva krajina vzniká v pilařské části výroby, a to díky nevyužití tohoto typu řeziva ve výrobě palet, obalové techniky a zarážek. Odpad tohoto typu se skladuje ve venkovních prostorách (Obr. 25) a následně se prodává jako palivo.



Obr. 33 Skladování krajinových desek

## 8.3 Odřezky

Vedlejším produktem pilařské výroby jsou odřezky, ty využívá podnik k vytápění výrobních prostor podniku. Odřezky vznikají také ve výrobní části. Následně se štěpkují a používají jako palivo.

Následující kapitolu jsem věnoval jedné z možných variant zpracování vedlejších produktů, a to konkrétně výrobu briket, její popis, historii a potřebné strojní zařízení.

## 9. Možné zpracování vedlejších produktů

Tato kapitola je věnována využití a zpracování odpadu jak z pilařské části výroby, tak z výroby palet a obalového materiálu. Hlavní důraz bude kladen na pilařskou část, jelikož zde je produkce vedlejších produktů největší. Jedná se zejména o piliny, odřezky a krajinové řezivo, které již nemají žádné využití ve výrobě palet a obalového materiálu. Proto jsem vybral výrobu briket jako nejlepší možnou alternativu s ohledem na produkci vedlejších produktů rámovou pilou a jejich následné využitelnosti.

## 9.1 Princip výroby briket

Technologie briketování využívá mechanických a chemických vlastností materiálů, které díky použití vysokotlakého lisování zhušťují do kompaktních tvarů. Lisování materiálů probíhá bez přidání pojiva. Technologie briketování v dřevozpracujícím průmyslu patří mezi nejznámější. V dřevozpracujícím průmyslu se zpracovává pilařský odpad ve formě pilin či hoblin. Při lisování odpadů z velkoplošných desek (MDF, sololitu, DTD) je důležité použít speciální upravené hlavice za účelem zajištění zhuštění takovýchto obtížně lisovatelných materiálů. Výhodou briketovacího zařízení je zhodnocení odpadu, který by jinak nebyl využit nebo je nevhodný pro vlastní spalování (Ochodek, et al., 2006).

## 9.2 Historie výroby briket

Historie briketování začíná roku 1912. V tomto roce popsal pan Bernstein první vztah mezi hustotou a tlakem na zhušťovanou slámu v briketovacím lisu. Následný rozvoj této technologie nastal v 60. letech 20. století (Ochodek, et al., 2006).

## 9.3 Fáze výroby briket

Proces výroby briket se člení do několika fází a to:

- přejímka materiálu,
- třídění, drcení a sušení,
- lisování a následné ochlazení briket,
- krácení a balení.

## 9.4 Vstupní surovina

Pro výrobu briket je nutné surovinu vysušit na minimálně 12%. Pro tento účel se používají bubnové sušárny. Před samotným sušením je ale nezbytné surovinu vytrít vibračním třídícím. Vytápění těchto sušáren je zajištěno z kotle určeného pro automatizované spalování dřevní suroviny (Brikliš, 2020).

## 9.5 Potřebné strojní zařízení

Pro správnou výrobu briket jsou potřeba tyto stroje:

- drtič,
- vibrační třídící,



- bubnová sušárna,
- briketovací lis,
- kotel a odtahový ventilátor,
- dopravníky.

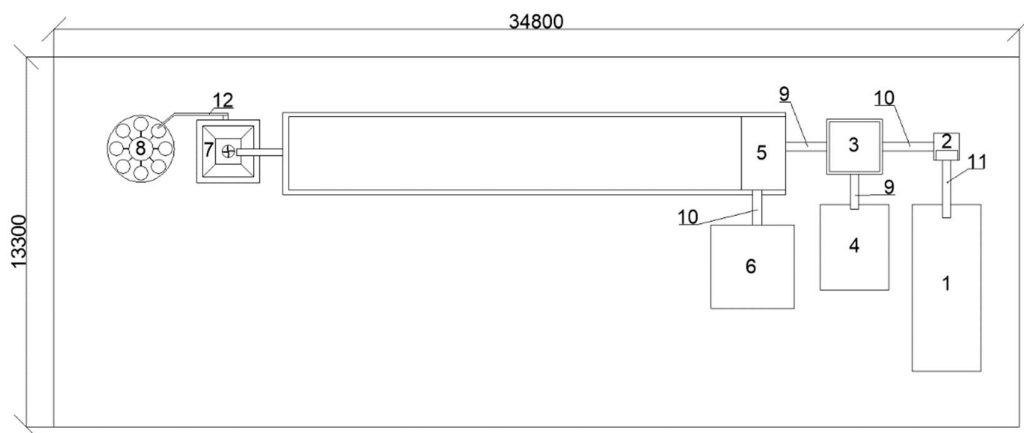
## 9.6 Účel strojního vybavení

V této části bakalářské práci jsem popisoval jednotlivě potřebné stroje k výrobě briket. Vibrační třídič je zařízení, které je potřeba kvůli separování částic větších než 15 mm, které následně pokračují do drtiče kde jsou rozdrčeny. Alternativou k tomuto stroji může být válcová prosévačka. Drtič slouží pro rozdrčení suroviny větší než 15 mm. Rozdrčená surovina dále pokračuje do zásobníku bubnové sušičky. Podle typu suroviny je potřeba instalovat vhodný drtič. Pro drcení dlouhých kusy dřeva se dá využít nožovou sekačku. Bubnová sušárna využívá spalin z kotle pro kontinuální vysoušení suroviny. Sušení probíhá v bubnu sušárny, kde se surovina dostane příhrnovacím šnekem. Hlavním strojem v této lince je poté briketovací lis. Pro briketování máme na výběr z lisů šnekových, hydraulických a mechanických (klikových). Tyto lisy se liší kapacitou výroby, prolisováním briket, potřebným příkonem, velikostí a cenou. Čím více je briketa prolisovaná, tím delší doba hoření. Je proto důležité vybrat vhodný lis vzhledem k charakteru výroby. Jelikož je zapotřebí zajistit vytápění sušárny je vhodné umístit do linky kotel na spalování dřevní suroviny, který tuto činnost zajistí. Násypka kotle může být plněna automaticky šnekovým dopravníkem. Spaliny vzniklé spalováním jsou pomocí ventilátoru na odtah páry nasávány do prostoru sušárny. Odtahový ventilátor poté dopraví páru ze sušárny do komína.

V následující kapitole bylo mým cílem navrhnout linku pro zpracování vedlejších produktů. Vypracoval jsem návrh takové linky, která by mohla vylepšit již stávající výrobu, kterou jsem popisoval předtím

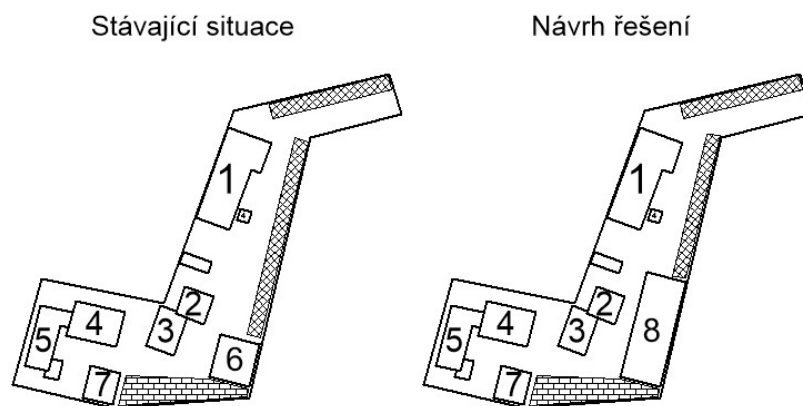
## 10. Návrh linky pro zpracování vedlejších produktů pilařské výroby

Pro takovouto výrobu briket je důležité vybrat správné strojní zařízení. Při tak velké investici je důležité zvážit všechny pro a proti, jako množství spotřebovaného materiálu, časového využití a podobně. Kromě výběru strojního zařízení jsem vypracoval umístění strojů v lince (Obr.34). Na obrázku 35 je viditelné srovnání současného stavu s navrhovaným.



Obr. 34 Plán linky

1. Sklad pilin, 2. Drtič, 3. Vibrační třídič, 4. Sklad nevhodné frakce, 5. Sušárna, 6. Cyklon, 7. Briketovací lis, 8. Rotační pytlavač, 9. pásový dopravník, 10. Odsávání, 11. šnekový dopravník, 12. Vedení briket



Obr. 35 Srovnání současného s navrhovaným stavem

1. Pila, 2. Výroba, 3. Administrativní budova, 4. Výroba, 5. Kotelna, 6. Přístřešek pro skladování výrobků, 7. Sušárny, 8. Prodloužená již stávající hala pro sklad. hotových výrobků a linku na výrobu briket

Na obrázku 35 je zřetelné prodloužení haly pro skladování výrobků. Takto prodloužená stávající budova zabezpečí ochranu před povětrnostními vlivy, které by jinak ohrozily linku na výrobu briket.

### **Drtič dřevní hmoty**

Pro tuto linku jsem vybral stroj ze skupiny jednohřídelových drtičů od výrobce Pavel Jelínek. Jde o průmyslový drtič určený pro drcení dřevní suroviny na jemnou frakci. Velikost frakce je dána velikostí sít pod rotorem drtiče. Materiál je drcen pomocí výměnných destiček a za použití statorovým nožem ve tvaru hřebene mezi břity rotoru. Jedná se o model DJ 10 (Obr. 36). Po rozdrcení putuje surovina dopravníkem do sušičky.



**Obr. 36 Jednohřídelový drtič DJ 10**

(<http://www.jelinek-stroje.cz/produkty-drtice-jednohridelove-13> 22.03.2020)

**Tabulka 3 Vlastnosti drtiče DJ 10**

(<http://www.jelinek-stroje.cz/produkty-drtice-jednohridelove-13> 22.03.2020)

Pracovní prostor	Příkon drtiče v kW	Výkon (kg/hod)	Hmotnost
1000x900	18,5-30	650	3500

### **Bubnová sušárna**

Pro tuto výrobu jsem vybral sušárnu BUS 200 (Obr. 37) od českého výrobce, jelikož může být dodána včetně vibračního třídiče, jehož funkce je oddělení příliš velkých kusů dřeva nebo jiného nežádoucího materiálu. Možnou součástí této sušárny je také kotel, který zajistí výhřev samotné sušárny. Samotné sušení se provádí uvnitř sušícího bubnu. Jedná se o svařovaný jednoplášťový izolovaný válec, který je napojen z čelní strany na násypku sušárny a ze zadní

strany je uzavřen výsypkou materiálu. Usušený materiál je dopravován šnekovým dopravníkem do zásobníku lisu.



**Obr. 37 Sušárna BUS 200**

([brikliis.cz/wp-content/uploads/2013/02/07-susarna.jpg](http://brikliis.cz/wp-content/uploads/2013/02/07-susarna.jpg) 22.03.2020)

**Tabulka 4 Vlastnosti sušárny BUS 200**

(<http://www.brikliis.cz/susarny-linky/susarny-pilin/> 22.03.2020)

Celková spotřeba suroviny se 45% vlhkostí	Množství výstupního materiálu s 12% vlhkostí	Elektrický příkon
355 kg/h	200 kg/h	21kW

### **Briketovací lis**

Pro samotné briketování byl vybrán lis BrikStar 200 (Obr. 38). Je velice vhodný v návaznosti na bubnovou sušárnu BUS 200. Tento lis může mít přímé napojení k centrálnímu odsávání. Možností je automatická regulace délky a kvality briket. Výhodou jsou také nízké náklady na údržbu a spotřebu elektrické energie. Tento lis je záhodno, stejně jako všechno

vybavení této linky, umístit do vnitřních prostor. Přímým ideálním příslušenstvím k lisu je tzv. pytlavač. Toto příslušenství zajistí rovnoměrné plnění pytlů a je výborným pomocníkem.



**Obr. 38 Lis Brikstar 200**

([http://www.brikkis.cz/wp-content/uploads/2013/02/BS-200-16-P1020204\\_se\\_stinem-3-1024x614.jpg](http://www.brikkis.cz/wp-content/uploads/2013/02/BS-200-16-P1020204_se_stinem-3-1024x614.jpg)  
22.03.2020)

**Tabulka 5 Vlastnosti lisu BrikStar 200**

([http://www.brikkis.cz/briketovaci-lis/200-300-400/#product-tabs=technicke\\_udaje](http://www.brikkis.cz/briketovaci-lis/200-300-400/#product-tabs=technicke_udaje) 22.03.2020)

Výkon kg/hod	Instalovaný elektrický příkon	Hmotnost lisu
180-220	16 kW	1450kg

### **Pracovní hala**

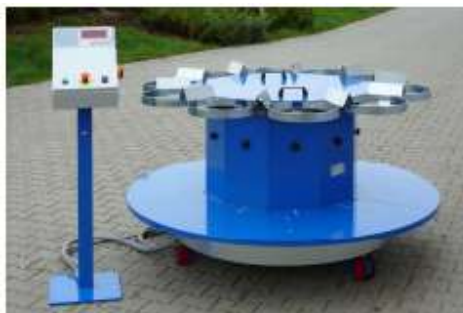
Z důvodu nutnosti umístění výše uvedeného strojního zařízení je nutné pro tuto linku prodloužit již existující halu. Tato úprava haly musí být vybavena zpevněným povrchem kvůli vysoké váze strojního vybavení. Důležité je také zabezpečení a dodávky dostatečného množství elektrické energie.

### **Dopravníky**

Pro plynulý chod linky je třeba vybavit tuto linku dopravníky. Je zde potřeba dopravit surovinu ze zásobníku do drtiče, dále šnekovým dopravníkem dopravit surovinu do vibračního třídiče. A následně ze samotné sušárny do zásobníku briketovacího stroje.

## Balící mechanismus

Z důvodu produkce velkého množství briket jsem se rozhodl pro rotační stojan od společnosti Briklis a to konkrétně o verzi RS-W (Obr. 39). Tato verze zároveň i váží každý pytel což vede k lepší produktivitě práce.



Obr. 39 Pytlovač RS-W

(<http://www.briklis.cz/wp-content/uploads/2013/02/Rota%C4%8Dn%C3%AD-stojan-pytlova%C4%8D.pdf>  
24.03.2020)

## 10.1 Spotřeba materiálu

Pro plné využití této briketovací linky by bylo vhodné v tomto podniku zavést dvousměnný provoz. Podnik by byl méně závislý na nákupu řeziva a měl k dispozici většinu materiálu pro tuto linku. Výhodou může být také využití stávajícího kotle na vytápění jak komorové sušárny, tak sušárny na piliny. V současné době firma při jednosměnném provozu prodá ročně cca 950 m<sup>3</sup> pilin, předpokládejme tedy že dané množství by mohlo být využito jinak. V případě dvousměnného provozu by firma vyprodukovala 1900 m<sup>3</sup> pilin. Toto číslo je ale potřeba ještě navýšit o množství spálených pilin a tedy o 550 m<sup>3</sup>. Výsledné množství bude tedy 2 450 m<sup>3</sup>. Denně by se tedy jednalo o 10,2 m<sup>3</sup> pilin. Mnou navržená linka za jeden pracovní den (8 h) spotřebuje 12 m<sup>3</sup> pilin. V praxi to tedy znamená, že by byla firma nucena dokoupit ročně 432 m<sup>3</sup> pilin pro udržení vytížení linky, Případně přerušit výrobu na dva měsíce.

## 10.2 Výstup výroby

Pakliže by linka fungovala na 100 % byla by schopná vyrobit 1 600 kg briket denně. Tyto brikety by bylo možno balit do pytlů a poté prodávat. Možné je taky skladovat určité množství briket volně ložené v dřevěné bedně. Tyto by byly určené pro kusový prodej.

## 11. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo charakterizování rámové pily jako hlavního stroje v pilnici. Dále byl popsán vedlejší produkt vytvářený při provozu a jeho následné využití. Toto téma jsem si vybral, jelikož mi přišlo zajímavé a také proto, že se zajímám o lepší efektivitu využití materiálů ve firmách. Svou bakalářskou práci bych rozdělil do čtyř částí.

První část bakalářské práce je věnována charakteristice rámové pily. Její historii a rozdělení z různých úhlů pohledu. V práci jsou také uvedeny výhody a nevýhody rámových pil. Dále je tato část bakalářské práce věnována charakteristice procesu řezání rámovou pilou a důležitým parametrům pro provoz rámových pil v podniku a možnému typovému uspořádání v pilařské výrobě či pořezových schématech. Popsány jsou možnosti vzniku chyb při pořezu rámovou pilou.

V další části je práce zaměřena na charakteristiku vedlejšího odpadu a jeho vzniku. Podle mého názoru je vhodné všechen tento odpad je moudré využít a snížit tak náklady na výrobu. Bohužel v malém měřítku je to často nerentabilní a proto jej podniky dále nezpracovávají.

Třetí část této bakalářské práce pojednává o samotném podniku DŘEVOEURO s.r.o. Tento podnik jsem si vybral kvůli dobrým známostem ve vedení podniku, a tedy příslibu dobré dostupnosti potřebných údajů. Vedení tohoto podniku mi vyšlo vždy vstříc, proto jsem v tomto ohledu neměl žádné problémy se zpracováním bakalářské práce. V této části také charakterizují jednotlivé strojní vybavení podniku a odpad, který tento podnik zpracovává.

V poslední části jsem se zaměřil přímo na zpracování vedlejších produktů tohoto podniku. Navrhnul jsem výrobní linku. Pro optimální využití této linky by bylo potřeba v podniku přejít na dvousměnný provoz. Výhodou tohoto typu provozu by byla zvýšená výroba řeziva a díky tomu by se zmenšilo množství nakupované suroviny. Navrhnul jsem také linku pro využití pilin, a to na výrobu briket. Tato investice by byla velmi nákladná a jednalo by se v podstatě o přidružení výroby briket k již stávající výrobě palet a obalů. Na obrázku 35 jsem navrhnul prodloužení již stávající haly pro skladování hotových výrobků. Tím by se vytvořil prostor chráněný před povětrnostními vlivy a zde by mohla být umístěná samotná linka na výrobu briket.

Po konzultaci návrhu této výrobní linky s vedením firmy jsme došli k závěru, že v momentální situaci je takto velká investice velice riziková. Jednak z hlediska finančního tak z personálních důvodů. Firma označila takto navrženou linku jako zajímavou, ale v případě, kdy se situace ohledně COVID-19 stabilizuje, a tedy je možné uvažovat o rozšíření výroby.



## 12. Přehled literatury

- [1] DETVAJ, J. *Technológia piliarskej výroby*. 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003, 232 s. ISBN 80-228-1248-X.
- [2] DETVAJ, J; KLEMENT, I. 2. *Technológia prvostupňového spracovania dreva*, Zvolen 2007, 326 s. ISBN 978-80-228-1811-7.
- [3] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Frame saw manual*, 1982, ISBN 92-5-101248-2.
- [4] FRIESS, F. *Pilařské zpracování dřeva*. 1. vydání, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004, 80 s. ISBN 80-213-1148-7.
- [5] FRIESS, F. *Velikost provozu a strategie firmy v pilařské výrobě*. Praha: PowerPoint, 2006. 2-39 s.
- [6] HEJNA, J. a kol. *Vzduchotechnika v dřevozpracovávajícím průmyslu*, Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981, 384 s. ISBN 04-829-81.3
- [7] CHYTRÝ, M. [online] [cit. 01.03.2020] <https://www.fld.czu.cz/dl/47001?lang=cs> Fakulta lesnická a dřevařská 2007
- [8] JANÍČEK, F. *Stroje a zařízení: pro 1. až 4. ročník středních průmyslových škol dřevařských oboru truhlářství*. Praha: SNTL, 1979. Typové číslo: L 19-C2-IV31/85152
- [9] KVIETKOVÁ, M.; BOMBA, J. *Pilařské zpracování dřeva. Technologie pořezu rámovou pilou*. 1. vyd. Praha: Powerprint, 2013. 242 s. ISBN 978-80-87415-79-5.
- [10] LACINOVÁ, A. *Zpracování dřeva Základní škola a mateřská škola Jesenice*. 2014 [online] [Cit. 12.03.2020] Dostupné z: Dostupné z: <https://zsjesenice.cz/files/vyukove-materialy/cas/4.-Zpracovani-dreva.pdf>.
- [11] LISIČAN, J. et. al. *Teória a technika spracovanie dreva*. Prvé vydanie. Zvolen: Matcentrum Zvolen. 1996. 626 s. ISBN 80-967315-6-4.

- [12] MÁROVÁ, H. *Strojní opracování dřeva kapitola 3*. 2012. [online] [Cit. 10.3.2020] Dostupné z: <http://www.ssto-havirov.cz/katalog-obrazku/clanek-172/2035-vy-52-inovace-5219-3.pdf>
- [13] OCHODEK, T.; KOLONIČNÝ, J.; JANÁSEK, P. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: studie v rámci projektu Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy. 1. vyd.* Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2006, 185 s. ISBN 80-248-1207-X
- [14] PROKEŠ, S. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: SNTL, 1982. 2. přepracované vydání, 584 s.
- [15] RYBNÍČEK, P; SRBA, V. *Doporučené pravidla pro měření a třídění dříví v České republice*. Praha, Lesy České republiky, s. p. 2002 <http://www.lhmp.cz/lesy2/wp-content/uploads/2014/01/doporučena-pravidla-pro-mereni-a-trideni-drivi-v-CR.pdf>
- [16] VARKOČEK, J. a kol. *Dělení, obrábění a tváření materiálů. 1. vyd.* Brno: MZLU, 1996. 120 s. ISBN 80-7157-230-6.
- [17] BRIKLIS, spol. s.r.o 2020 [online]. [Cit. 23.03.2020] Dostupné z: <http://www.briklis.cz/>
- [18] VOHAREK, L. *Technologie teorie obrábění*. [www.dumy.cz](http://www.dumy.cz). 2013 [online] [cit. 15.03.2020]. Dostupné z: [://dumy.cz/material/53996-technologie-teorie-obrabeni](http://dumy.cz/material/53996-technologie-teorie-obrabeni).
- [19] FINE-TOOLS. Dieter Schmid fine tools. 2020 [online] [Cit. 01.04.2020] Dostupné z: <https://www.fine-tools.com/G10001.html>
- [20] METAMOB. Metamob 2020 [online] [cit. 01.04.2020] Dostupné z: <https://www.metamob.ro/>
- [21] PILANA METAL. Pilana-Metal s.r.o 2020 [online] [Cit. 15.03.2020] Dostupné z: <https://www.pilanametal.cz/>
- [22] PILANA a.s. 2020 [online] [Cit. 20.03.2020] <http://www.pilana.cz/>
- [23] REPARO. Reparo pilařské technologie 2020 [online] [Cit. 23.03.2020] Dostupné z: <https://www.reparo.cz/>

[24] SIMONS, E.N; P.d'A. JONES. 1961 [online] Story of the saw, Newman Neame (Northern) Limited Manchester, 1961 [https://toolemera.com/bkpdf/Story%20of%20the%20Saw\(2\).pdf](https://toolemera.com/bkpdf/Story%20of%20the%20Saw(2).pdf)

[25] TSOUMIS, G.T. 2020 [online]. Encyclopaedia Britannica [Cit. 10.03.2020] Dostupné z: <https://www.britannica.com/>

[26] FAO.ORG, 1982 [online] Food and Agriculture Organization of the United Nations. [cit. 15.03.2020] Dostupné z: <http://www.fao.org/>