

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a bio materiálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Návrh optimalizace pilařského provozu pro
zpracování jehličnaté suroviny**

Bakalářská práce

Autor: Tomáš Vorel

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

2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Vorel

Dřevařství
Zpracování dřeva

Název práce

Návrh optimalizace pilařského provozu pro zpracování jehličnaté suroviny

Název anglicky

Motion optimization sawmill operation for processing of coniferous raw materials

Cíle práce

Hlavním cílem bakalářské práce je charakteristika a popis současného stavu vybraného podniku včetně všech jeho výrobně-technických zákonitostí. Vytvořit a vyhodnotit možnosti optimalizace v jednotlivých výrobních uzlech. Součástí cíle je taky navrhnout optimální řešení technologického zařízení pilařského provozu a vyhodnotit možnosti optimalizace.

Metodika

Popsat geneze podniku a také současnou situaci podniku i vize vedení firmy, kam by měl podnik směřovat v budoucnu. Seznámení se s prostředím firmy a výrobními zařízeními, výrobními postupy, logistickými zákonitostmi. Návrh řešení v jednotlivých problematických uzlech výroby.

Časový harmonogram zpracování závěrečné práce bude probíhat v základních a metodologicky odlišných etapách:

- 1/ červenec – srpen 2022: literární rešerše – zpracování podkladů, literatury a dalších informačních zdrojů, utřídění poznámek a námětů, kdy bude precizována osnova práce a základní členění tematických celků do kapitol,
- 2/ září – říjen 2022: seznámení se s pilařským provozem, přiblížení uzlů výroby,
- 3/ listopad – prosinec 2022: vypracování návrhu optimalizace technologického zařízení pilařského provozu,
- 4/ leden – březen 2023: sepisování výsledků a dokončení závěrečné práce,
- 5/ duben 2023: odevzdání závěrečné práce.

Doporučený rozsah práce

35 – 50 stránek

Klíčová slova

pilařský provoz, technologie, výroba, pořez suroviny

Doporučené zdroje informací

- BARTŮNĚK, J., KELBLOVÁ, H. Obchodování se dřívím. Písek: Matice lesnická spol. s r.o., 1999. 167 s., ISBN 80-86271-01-3.
- 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.
- GOODSELL, A. Woodworking Basics: The Principles and Skills of Good Joinery. United Kingdom: GMC Publications. 2018. 160 s., ISBN 978-1784944087.
- KLEMENT, I., DETVAJ, J. Technológia prvostupňového spracovania dreva. 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. 1. vyd. Powerprint Praha. 2013. 242 s., ISBN 978-80-87415-79-5.
- OVERBY, A. CNC Machining. Building, Programming, and Implementation. 1st ed. New York: McGraw-Hill Professional Publishing. 2010. 272s., ISBN 0071623019.
- PALOVIČ, J. Technológia piliarskej výroby. Vysokoškolská učebnice. 1 vydání. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene. 1981. 230 s.

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 7. 7. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 31. 8. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 19. 02. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Návrh optimalizace pilařského provozu pro zpracování jehličnaté suroviny jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5. 4. 2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Ing. Monice Sarvašové Kviťkové, PhD., za odborné vedení, trpělivost a cenné rady k bakalářské práci. Na závěr bych rád poděkoval rodině za podporu při studiu.

Abstrakt

Jméno: Tomáš Vorel

Název: Návrh optimalizace pilařského provozu pro zpracování jehličnaté suroviny

Bakalářská práce se zabývá optimalizací existujícího pilařského provozu. Návrh optimalizace se týká zvýšení výkonu v pilnici, realizace skladu řeziva, který v provozu zcela chybí a navýšení počtu zaměstnanců. Pro pilnici je navrženo pořízení omítací pily a laseru pro kmenovou pásovou pilu. Sklad řeziva je situován vedle pilnice a hrubý objem vymezeného placu činí 300 m³. Po rozebrání dělby práce, se dospělo k výsledku navýšení počtu zaměstnanců ze stávajících dvou na pět lidí.

Práce je rozdělena na tři hlavní části. V úvodní části je shrnutý přehled technologie zpracování dřeva podle odborné literatury. Druhá část je věnována představení podniku a popisu jeho současného stavu a všech jeho výrobně-technických zákonitostí doplněnou o popis jednotlivých strojových zařízení. Třetí část se zabývá samotným návrhem optimalizace.

Výsledky této práce mohou být přínosem pro čtenáře zajímající se o dané téma, nebo zabývající se danou problematikou např. při navrhování nového pilařského provozu nebo pořízením nového stroje do své firmy a především poslouží majiteli firmy jako zrealizovaný projekt pro jeho stávající podnik.

Klíčová slova: pilařský provoz, technologie, výroba, pořez suroviny

Abstract

Name: Tomáš Vorel

Subject: **Motion optimization sawmill operation for processing of coniferous raw materials**

The bachelor thesis deals with the optimization of an existing sawmill operation. The optimization proposal concerns the increase of the sawmill output, the realization of the lumber store, which is completely missing in the operation, and the increase of the number of employees. It is proposed to purchase a plastering saw and a laser for the log band saw for the sawmill. The timber store is located next to the sawmill and the gross volume of the defined area is 300 m³. After dismantling the division of labour, the result was an increase in the number of employees from the current two to five people.

The work is divided into three main parts. In the introductory part, an overview of wood processing technology is summarized according to the literature. The second part is devoted to the introduction of the enterprise and a description of its current state and all its production and technical laws, supplemented by a description of the individual machines. The third part deals with the optimization design itself.

The results of this work can be beneficial for the reader interested in the topic or dealing with the issue, for example, when designing a new sawmill or acquiring a new machine for his company and, above all, serve the owner of the company as a realized project for his existing enterprise.

Keywords: sawmill operation, technology, production, cutting of raw material

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Teoretický rozbor pilařského zpracování dřeva.....	12
3.1	Technologie pilařské výroby.....	12
3.2	Sklad kulatiny.....	12
3.3	Pilnice	14
3.4	Sklad řeziva	17
3.5	Velikost provozu.....	20
4	Metodika	22
4.1	Představení podniku	23
4.2	Rozbor jednotlivých strojů	31
5	Výsledky práce – optimalizace ve vybraných uzlech výroby	37
5.1	Náklady optimalizace	42
6	Diskuze	44
6.1	Přínos pro vědu a praxi.....	45
7	Závěr.....	46
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	47

Seznam obrázků

Obrázek 1 Pořez na ostro.....	15
Obrázek 2 Pořez prizmováním	16
Obrázek 3 Pořez segmentový	16
Obrázek 4 Pořez čtvrtkový, Moreau, Cantabay a kruhový.....	17
Obrázek 5 Komorová sušárna.....	18
Obrázek 6 Kmenová a pravouhlá hráň	19
Obrázek 7 Umístění areálu.....	24
Obrázek 8 Přeprava kulatiny	25
Obrázek 9 Štěpkovač za traktorem	27
Obrázek 10 Situační plán areálu	27
Obrázek 11 Sklad kulatiny	28
Obrázek 12 Pilnice	29
Obrázek 13 Schéma pilnice.....	30
Obrázek 14 Navážení kulatiny do pilnice.....	30
Obrázek 15 Kmenová pásová pila.....	31
Obrázek 16 Pracovní nastavení Setworks.....	32
Obrázek 17 Systém napínání pilového pásu	32
Obrázek 18 Nakládací vidle	33
Obrázek 19 Přítlačná patka	34
Obrázek 20 Boční vysokozdvíhý vozík	35
Obrázek 21 Teleskopický manipulátor.....	36
Obrázek 22 Laserová čára	38
Obrázek 23 Omítací pila EG300.....	39
Obrázek 24 Schéma pilnice - umístění omítací pily.....	40
Obrázek 25 Situační plán areálu - návrh umístění skladu řeziva.....	41

1 Úvod

Dřevo patří k obnovitelným surovinovým zdrojům a údajně je to materiál budoucnosti. Jak uvádí Gaff a kol. (2018) „žádný materiál není tak dlouhodobě pevnou a různorodou součástí našeho života jako dřevo.“

Než vyroste zralý strom, trvá průměrně 100 let, než jeho dřevo odpovídá nejlepšímu technickému využití. Takový strom sázeli už naši předkové. Z toho důvodu spadá zpracování dřeva mezi technicky náročné úkony a je třeba k němu přistupovat s plnou odpovědností, citem a láskou (Žák 2000).

Dřevo se stalo významnou surovinou zpracovatelského průmyslu v ČR pro mezinárodní obchod. Výhodným faktorem pro naši Zemi by bylo, kdybychom vyváželi více hotových výrobků ze dřeva, namísto suroviny. Koupí dřevěných výrobků zhotovených z českého dřeva, se též podporují naši výrobci a domácí trh se dřevem (Lorencová 2017). K tomu by přispěla podpora začínajících malých podniků pro pilařské zpracování dřeva. Právě pilařské provozy představují jednu z nejdůležitějších fází dodavatelského řetězce dřeva, protože propojují tok přeměny surovin na konečné produkty (Borz a kol. 2021).

Drobné a malé pilařské podniky přispívají mimo jiné k vytváření zaměstnanosti, zaměřují se na specifické sortimenty orientované pro regionální spotřebu, zajišťují zaměstnanost dalších navazujících odvětví, jako jsou stavební nebo truhlářské firmy, a jsou schopny pomoci při regionálních přírodních kalamitách (Pražan a Příkaský 2007). S ohledy na nízké množství zpracovávané suroviny tak dbají na výtěžnost za účelem maximálního zisku a zhodnocení vzniklého odpadu ve formě recyklace nebo energetického využití. Využitím celé hmoty zpracovávané kulatiny tedy i vzniklého odpadu danou technologií, je podstatou **k udržitelnému rozvoji**.

Téma jsem si vybral z důvodu zájmu a praxe v daném oboru, a probuzení kreativního ducha v tvorbě originálního návrhu optimalizace pro existující podnik. Také tím vyjadřuji svou podporu pro zajištění finanční stability, která udrží podnik na trhu a růst daného podniku.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je charakteristika a popis současného stavu vybraného podniku včetně všech jeho výrobně-technických zákonitostí. Součástí cíle je také doplnit práci o literární odbornou část, kde je rozebrána problematika technologie pilařské výroby.

Hlavním cílem je vytvoření optimalizace ve vybraných uzlech výroby, která zajistí zvýšení výkonu, úsporu času a navýšení ročního pořezu suroviny, se kterým je spojen i vyšší zisk. Optimalizace se týká návrhu optimálního řešení technologického zařízení a nevýrobní části pilařského provozu.

3 Teoretický rozbor pilařského zpracování dřeva

3.1 Technologie pilařské výroby

Pilařské zpracování dřeva je pojem, ve kterém je souhrn do sebe zapadajících a navazujících dějů v dané problematice. Jedná se o přeměnu dřevěné kulatiny v k tomu určené délce a jakostní třídy na řezivo za pomoci správně zorganizovaných lidí a typických strojů pro vykonávání této činnosti, na správném místě (Kvietková 2014).

Technologie pilařské výroby se řadí do procesu zpracování dřeva jako prvostupňové, neboli prvovýroba. Spadají sem technologické operace výrobní i nevýrobní za účelem přetvoření surového dřeva na pilařské výrobky (Palovič 1981). Celý proces pilařské výroby začíná přejímkou suroviny, která je uložena na sklad kulatiny.

3.2 Sklad kulatiny

Pro dlouhodobé nebo krátkodobé uložení suroviny je místo v pilařském podniku nazývané sklad kulatiny. Ta se následně zpracovává pilařskou technologií, tedy podélným dělením výřezů. Každý sklad pro dřevařskou surovinu musí splňovat tři funkce, jak definuje Detvaj (2003):

- skladovací funkce,
- výrobní funkce,
- ochranná funkce.

Hlavní úkol **skladovací funkce** je zabezpečit plynulost výroby v pilnici, a to optimálním množstvím zásob kulatiny. Při řešení optimální zásoby ve skladu se vychází z maximální kapacity pilnice, prostorových možností skladu a druhu používané mechanizace. S příliš nadměrnou zásobou kulatiny se setkáváme s většími nároky na prostory skladu, mechanizaci a ochranu suroviny. Naopak malá zásoba kulatiny může způsobit kolaps z důvodu nedostatku pravidelného přísunu kulatiny a ovlivnit tak plynulost výroby.

Výrobní funkce obsahuje výrobní i nevýrobní operace, díky kterým se surové dříví přeměňuje na hotové výřezy. Spadají sem tyto úkony:

- přejímka kulatiny,
- zkracování kulatiny,
- odkorňování výřezů,
- třídění výřezů,
- zjišťování přítomnosti kovových předmětů,
- dávkování do pilnice.

Ochranná funkce zajišťuje ochranu kulatiny před biotickými činiteli, jako jsou bakterie, dřevokazné houby a hmyz. Mezi hlavní dva způsoby jak chránit kulatinu patří *mokrá a suchá ochrana*.

Mokrá ochrana funguje na principu vytlačení kyslíku vodou, který je nezbytný pro vývoj dřevokazných hub a hmyzu (Reinprecht 2008). V kulatině se udržuje vysoká vlhkost (přes 20%). Tento typ ochrany také zabraňuje vzniku výsušných trhlin. Na mokrou ochranu využíváme postřik, anebo máčení (bazénování).

Při použití postřiku se dbá, aby kulatina byla skladována hustě a bez překladů. Zpočátku je třeba postřik nepřerušovat do nasycení potřebné vlhkosti a poté pouze při teplotě nad 15°C. Typy postřikovačů jsou např.:

- kývavé postřikovače „Rainbow“,
- pramínkový postřik,
- kruhové otáčivé postřikovače,
- vrtulkové postřikovače.

Umístění kulatiny pod vodu (máčení) bylo využíváno spíše v historii (např. Schvarzenberský plavební kanál), kde se také využívala forma vorů. Tento typ ochrany je náročný na velkou vodní plochu, který je využíván více v zahraničí s větším výskytem přírodních nádrží (Finsko, Kanada, Švédsko, Rusko). V takovém případě vydrží dříví pod vodou i několik let.

V určitých situacích (např. kalamity) je možné se setkat s mokrou ochranou ve formě uložení dřeva do země, do vlhkých pilin, zamrazování (do sněhu), anebo natření čel vlhké kulatiny hydroizolačními nátěry. V neposlední řadě je možné využít vzduchotěsné fólie. Zde ale hrozí riziko protržení a výsledek je kontraproduktivní.

Suchá ochrana zajišťuje metody a technologické postupy, které přispívají ke snížení vlhkosti dřeva pod hranici, která je vhodná pro výskyt dřevokazných činitelů.

Hranice pro výskyt dřevokazného hmyzu je $w = 10\%$. Dřevokazné houby potřebují pro výskyt větší vlhkost a to $w = 20\%$. Rychlého snížení vlhkosti pod danou hranici je bez umělého sušení obtížné dosáhnout. Možností jak snížit vlhkost dřeva je několik. Nejdůležitější je kulatinu odkornit, aby měla možnost lépe vysychat už v povrchových vrstvách. Odkornění také přispívá k nenapadení kulatiny dřevokaznými činiteli, který pro výskyt potřebují přítomnost kůry. Kulatinu je též potřeba ukládat do skladu s překlady, abychom zpřístupnily proudění vzduchu. Hlavní nevýhodou této ochrany je tvorba výsušných trhlin, které vznikají při rychlém vysychání. Tomu lze zčásti zabránit použitím S-háků nebo Gang-Nail destiček, které se dají do čel kulatiny. Dále je zapotřebí, aby byl sklad kulatiny udržován v čistotě od zbytků kůry a dřeva, kde by se mohli líhnout dřevokazní škůdci. Prostor skladu by měl být suchý bez vegetace na zpevněném podloží s mírným sklonem pro odtok dešťové vody. Kulatina by neměla být v kontaktu se zemí (Reinprecht a Pánek 2016). Ze skladu se poté výřezy dávkuje do pilnice.

3.3 Pilnice

Pilnice je výrobní hala, která obsahuje hlavní a vedlejší pilařské stroje. Hlavní stroje přetváří kulatinu na řezivo, patří sem:

- kmenové pásové pily,
- kmenové kotoučové pily,
- rámové pily,
- pilařské agregáty.

Zatímco vedlejší stroje doplňují činnost hlavních pilařských strojů. Upravují řezivo na finální výrobek pilnice (Goglja 1994). Spadají mezi ně:

- zkracovací pily,
- omítací pily,
- rozmítací pily,
- stroje na úpravu odpadu.

Poslední skupinu, která se na výrobě řeziva přímo nepodílí, označujeme jako pomocnou skupinu. Napomáhá udržovat chod celého výrobního systému v pilnici. Do této skupiny spadají:

- ošetření nástrojů,
- energetika,
- údržba.

Charakteristickým rysem je, že pilnice určuje technologické, technické, organizační a kapacitní podmínky celého provozu (Detvaj 2003, Afanasiev 1968).

Základní úkol hlavního pilařského stroje je pořez. Pořez je technologická operace, při níž se podélně dělí výřez a vzniká řezivo. Vzhledem k počtu pilových jednotek rozlišujeme pořez:

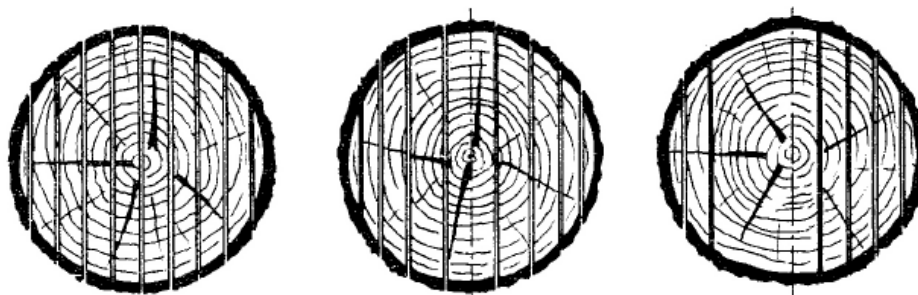
- individuální,
- skupinový.

Pro individuální pořez je typické odřezávání řeziva jedním pilovým nástrojem po jednom kuse. Takový způsob je využíván u kmenových pásových pil, kmenových kotoučových pil a horizontálních rámových pil.

U skupinového pořezu probíhá dělení výřezu více pilovými nástroji najednou. Tento typ využívají rámové pily, kmenové vícekotoučové pily a pilařské agregáty. Dále jsou využívány základní typy pořezů pro pořezové schémata jako:

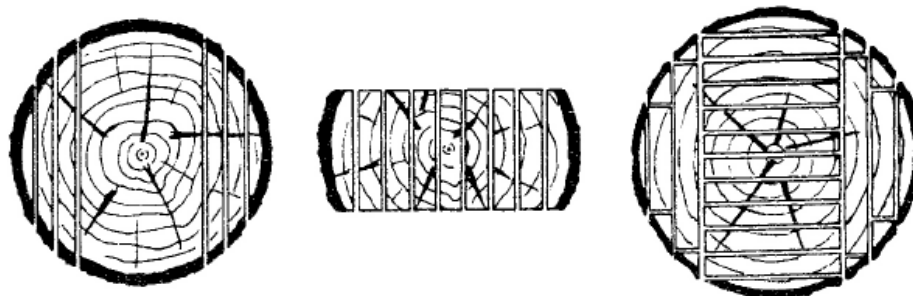
- pořez na ostro,
- pořez prizmováním,
- pořez segmentový.

Mezi nejjednodušší způsob pořezu patří **pořez na ostro** (obr. 1). Princip spočívá pouze v jednom průchodu rámovou pilou, kde jsou předem nastaveny tloušťky budoucího řeziva. Nevýhodou je vznik několika různých šířek neomítaného řeziva.



Obrázek 1 Pořez na ostro
Zdroj: Klement a Detvaj 2007

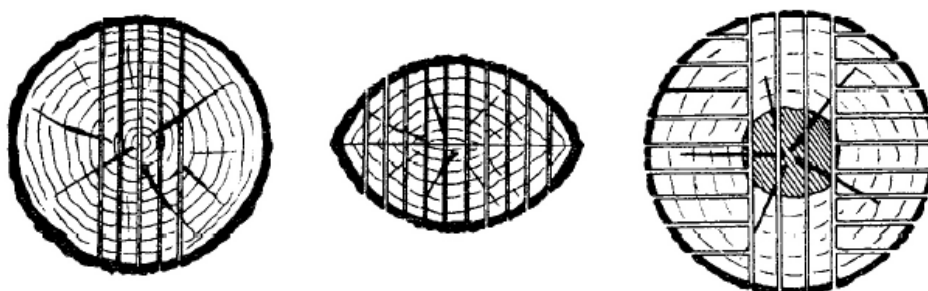
Následný **pořez prizmováním** (obr. 2), spočívá v dvojím průchodu rámovou pilou. Zpravidla bývají dvě za sebou. Výška středové prizmy určuje budoucí šířku řeziva. Výhodou tohoto způsobu pořezu je možné oddělení boční části od středové, kde bychom se mohli setkat s horší jakostí v jednotlivých zónách dřeva.



Obrázek 2 Pořez prizmováním

Zdroj: Klement a Detvaj 2007

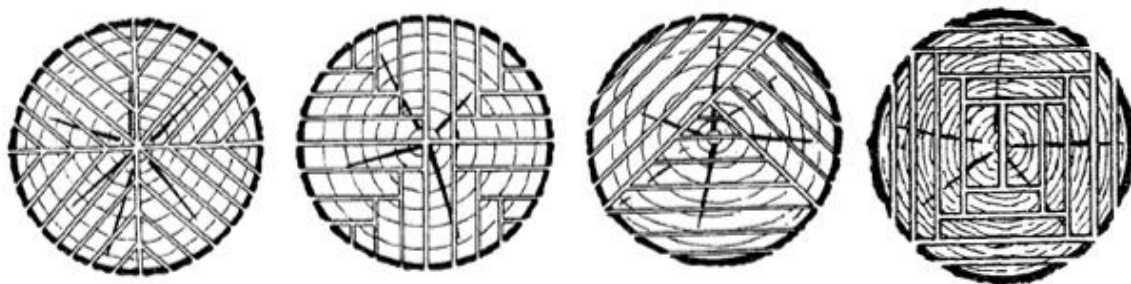
Jako poslední způsob pořezu je používán **pořez segmentový** (obr. 3). Pro tento typ jsou nejvíce používány kmenové pásové pily. Své uplatnění našel především u listnatých dřevin z důvodu většího výskytu vad ve středové části kmene (např. nepravé jádro).



Obrázek 3 Pořez segmentový

Zdroj: Klement a Detvaj 2007

Na obrázku 4, jsou málo využívané způsoby pořezů jako čtvrtkový, Moreau, Cantabay a kruhový (Hájek a kol. 2018). Takové způsoby se provádí za účelem lepších vlastností sesychání a vzniku fládového řeziva.



Obrázek 4 Pořez čtvrtkový, Moreau, Cantabay a kruhový

Zdroj: Klement a Detvaj 2007

Jako pilařské výrobky a polotovary označujeme sortiment zvaný řezivo, přířezy, pražce a štěpky. Početnou skupinu těchto výrobků tvoří řezivo. Křupalová (2008) řezivo dělí podle tvaru na:

- deskové (prkna, fošny),
- hraněné (hranolky, hranoly, latě, lišty),
- polohraněné (polštáře, trámy).

Deskové řezivo musí mít šířku větší než dvojnásobek tloušťky. Prkna mají tloušťku do 40 mm a fošny od 40 do 100 mm. Podle způsobu opracování se dělí na omítané a neomítané. Naopak šířka hraněného řeziva musí být menší než dvojnásobek tloušťky. Zpravidla má příčný průřez pravý úhel. Tloušťka hranolů je nad 100 mm a hranolky do 100 mm. Latě a lišty mají plochu průřezu do 25 cm². Polohraněné řezivo se oproti hraněnému vyznačuje dvěma oblými boky. Polštáře mají tloušťku do 100 mm a trámy nad 100 mm (Křupalová 2000). Hotové výrobky z pilnice jsou dále přemístěny na sklad řeziva.

3.4 Sklad řeziva

Z odborného hlediska spadá sklad řeziva pod adjustaci. Adjustace má několik operací, které mohou být jak výrobní tak nevýrobní. Očkajová a kol. (2011) uvádí tyto operace:

- předběžné třídění řeziva,
- ukládání řeziva do hrání,
- sušení řeziva,
- rozebírání hrání,
- zkracování řeziva,
- konečné třídění řeziva,

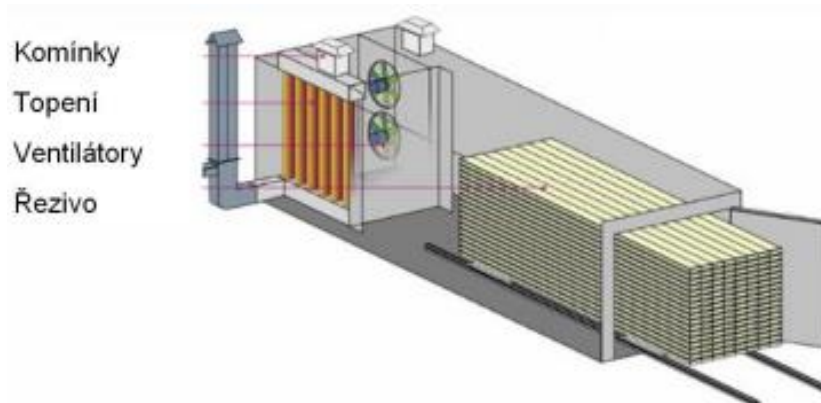
- svazkování řeziva.

Bez ohledu na velikost skladovací plochy v provozu a ročního pořezu kulatiny, jsou sušení a ukládání řeziva do hrání nevyhnutelnými body pro každý sklad řeziva.

Technologie sušení se řadí mezi nejdražší a nejdelší procesy, a je základem pro ostatní zpracovatelský dřevařský průmysl (Trebula a Klement 2002). Sušení též patří mezi důležité fáze výrobního procesu pily, protože je to místo, kde dřevo získává úroveň vlhkosti požadovanou trhem (Vanzetti a kol. 2021).

Sušení je proces, při kterém se snižuje obsah vody ve dřevě, za účelem změny jeho technologických vlastností. Po vysušení má dřevo nové pozitivní vlastnosti jako např. zachování stálého tvaru a rozměrů, lepší odolnost vůči dřevokazným biotickým činitelům, nižší tepelnou i elektrickou vodivost a zlepšení mechanických vlastností (Klement a Pánek 2018). Sušení je možné provést *uměle*, nebo *přírodně*.

Umělé sušení je moderní rychlejší způsob, kde je využíváno teplo ze zvláštního zdroje. Podle teploty se dá umělé sušení rozdělit na sublimační a nízkoteplotní, kde teplota nepřevyšuje 50°C, a teplovzdušné a vysokoteplotní, při kterých dosahuje teplota až 130°C. Asi nejznámější je sušení v komorových sušárnách (obr. 5) (Gašparík a Macků 2015).



Obrázek 5 Komorová sušárna

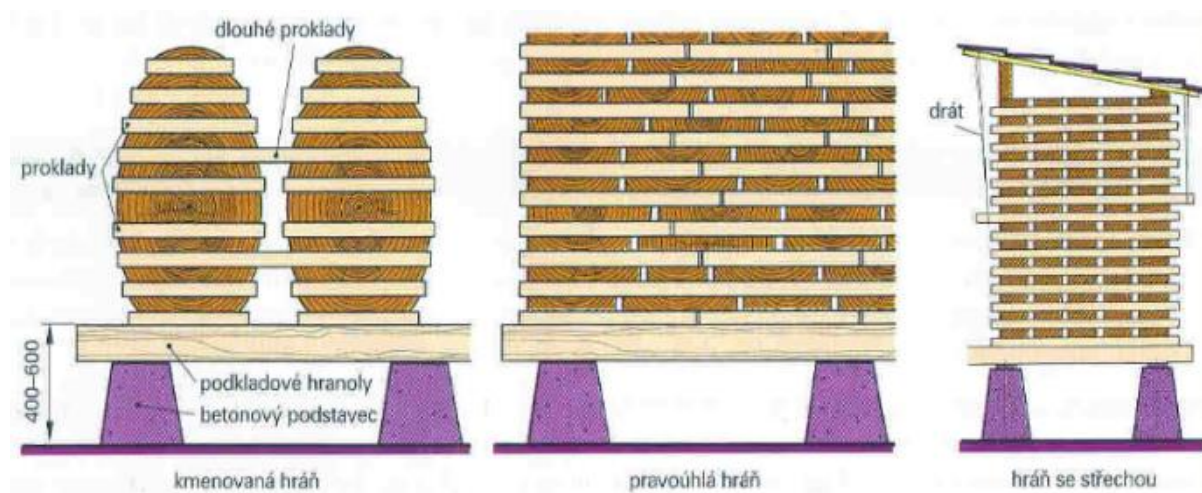
Zdroj: Dejmal 2017

Přírodní sušení funguje na bázi odpařování vody za pomoci proudění atmosférického vzduchu. Konečná vlhkost závisí na teplotě vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu a rychlosti proudění vzduchu. Z toho lze odvodit, že v zimě je řezivo vysušeno přibližně na 18 – 21%, zatímco v létě je možné dosáhnout vlhkosti 12 – 14%. Nedílnou

součástí této technologie je **stavba hráně** řeziva. Existují dva typy hrání, *kmenové* a *pravoúhlé*.

Kmenové hráně (obr. 6) se staví z neomítaného řeziva do původního tvaru kmene. Využívá se především pro cenné kvalitní řezivo. Prokládání funguje stejně jako u pravoúhlé hráně.

Pravoúhlá hráň (obr. 6) je stavěna z omítaného řeziva do tvaru kvádru. Pro stavbu hráně platí obecně několik zásad. Hráň se ukládá na betonové podstavce zpravidla ve tvaru komolého jehlanu. Na tyto podstavce se položí impregnovaný hranol a teprve na něj se začne stavět hráň s řezivem. Mezi každou vrstvou řeziva se dá proklad (špánek) o tloušťce 18 - 25 mm, který zaručí, že bude mezi jednotlivými vrstvami proudit vzduch. Proklady se umísťují nad sebe a rozpětí mezi proklady je v řádu od 600 mm do 1200 mm. Zajišťují, aby se řezivo neprohýbalo. Řezivo se ukládá pravou stranou nahoru, protože dřevo má vlastnost bortit se do tvaru U, tudíž by se v řezivě držela voda. Délka hráně závisí na délce řeziva. Šířka hráně je nanejvýš 200 cm. Výška maximálně 4 m při ručním skládání a 6 m při použití mechanizace. Postavená hráň se musí zastřešit. Mezi jednotlivými mezerami v hráni proudí vzduch, který vytahuje nepotřebnou vlhkost. V poslední fázi lze zatřít čela řeziva ochranným nátěrem, aby nedošlo ke vzniku čelních trhlin.



Obrázek 6 Kmenová a pravoúhlá hráň

Zdroj: Kacálek 2013

Pozemek, na kterém se nachází sklad řeziva, musí být na zpevněném povrchu bez vegetace, který je dobře odvodněn. Pokud to dovoluje dispozice skladu, jsou hráně dobře přístupné větru ze všech stran a je využito západních větrů, které jsou v ČR

nejčastější, aby profukovali hráně z boku (Klement a Pánek 2018). Sklad řeziva by neměl být u frekventované cesty, z důvodu množství poletujícího prachu a kamínků.

Prostorové členění skladu vychází především z celkové orientace provozu. Pila, která řeže hlavně na zakázku, bude mít jiné nároky na technologické uspořádání skladu, než pila pracující pro sériovou (hromadnou) výrobu. Pokud pila provádí pořez ve mzdě, není sklad řeziva nutností. Vnitřní dispozice skladu pak záleží na použití druhu mechanizace. Např. boční vysokozdvíhový vozík dokáže lépe využít skladovací plochu. Postačí šířka uličky odpovídající šířce stroje (Friess 2006).

3.5 Velikost provozu

Pokud chceme určit velikost provozu, musíme nejprve rozebrat problematiku týkající se velikostí pilařských provozů z jednotlivých strategických pohledů.

V tomto případě se jedná o podnik, který spadá z odborného hlediska do kategorie mikro podniků a obecně řečeno do malých podniků. Svou velikostí a nabídkou služeb, vyplňuje mezery na trhu a uspokojí tak poptávku maloodběratelů s malou zakázkou, kteří neuspějí u velkokapacitních firem, pro které je prioritní hromadná výroba s enormním výkonem.

Velikost provozu může být vyjádřena např. podle počtu instalovaných pilových jednotek, množství zpracované kulatiny, nebo počtem zaměstnanců.

Podle počtu strojů (pilové jednotky):

- méně než 3 = malý podnik,
- více než 3 = velký podnik.

Podle počtu zaměstnanců:

- do 10 osob = drobný podnik,
- více jak 250 osob = velký podnik.

Podle množství zpracované kulatiny (měření):

- při vstupu,
- při výstupu.

Za nejmenší provozy byly označovány na konci 20. stol. pily s pořezem kulatiny do 3000 m³. V současnosti s nárůstem mikro podniků se musela hranice ročního pořezu pro nejmenší pily posunout do 1000 m³ (Friess 2006). Naopak Šedivka (2010) ve své práci uvádí, že na začátku 21 stol. se snížil podíl objemu zpracovávané suroviny u malých pilařských provozů.

Co se týče označení výkonu v m³, v severoamerickém teritoriu a ve skandinávských zemích je takto označován výstup vyrobeného řeziva, zatímco ve střední Evropě se vyjádření objemu používá pro měření zpracované kulatiny (Fronius 1989).

4 Metodika

Tato práce je rozdělena do 3 hlavních částí. Pro vytvoření následné optimalizace je klíčovým bodem znát problematiku řešeného tématu a zaznamenat každý detail v provozu.

V úvodní části byla rozebrána problematika pilařského zpracování podle odborné literatury. Díky této části bylo možné získat ucelený přehled o daném tématu a použít jej například k porovnání, nebo sestavení vlastních výsledků.

Ve druhé části práce je popsána současná situace podniku. Bylo nutné seznámit se s technologickým tokem suroviny, samotnou výrobou, využití odpadu a používanou mechanizací. Umístění areálu pro lepší představu bylo znázorněno a vloženo formou obrázku z Google mapy. Pro zhotovení situačního plánu bylo nutné zmapovat v areálu všechny objekty, příjezdové a manipulační cesty. Všechna schémata a situační plán byly nakresleny v programu AutoCAD. Budova pilnice byla změřena pro případné návrhy vylepšení a umístění nových technologických zařízení. Vše se důkladně fotograficky zdokumentovalo a zakreslilo. Dále bylo nutné získat technické údaje o používaných strojích. Ty byly poskytnuty majitelem a částečně zjištěny z výrobních štítků umístěné na každém stroji. Po domluvě s majitelem se vyvodila slabá místa a nedostatky v provozu, které jsem se v poslední části práce pokusil eliminovat.

Třetí část je věnována samotnému návrhu optimalizace v jednotlivých uzlech výroby za účelem zvýšení výkonu, úspory času a navýšení ročního počtu kulatiny a tím i spojený vyšší zisk. Součástí bylo i provedení orientační kalkulace jednotlivých položek navrhovaných částí a zvolit nejvhodnější firmu pro nákup nových zařízení.

Po návštěvách provozu a rozhovorech s pracovníky a majitelem firmy, se dospělo k tomu, že je potřeba se věnovat dvěma částem v provozu. A to je sklad řeziva, který v areálu zcela chybí a pilnice, kde by bylo vhodné se zaměřit i na položku výkon k stávající výtěži, aniž by to bylo kontraproduktivní k orientaci individuálních zakázek.

4.1 Představení podniku

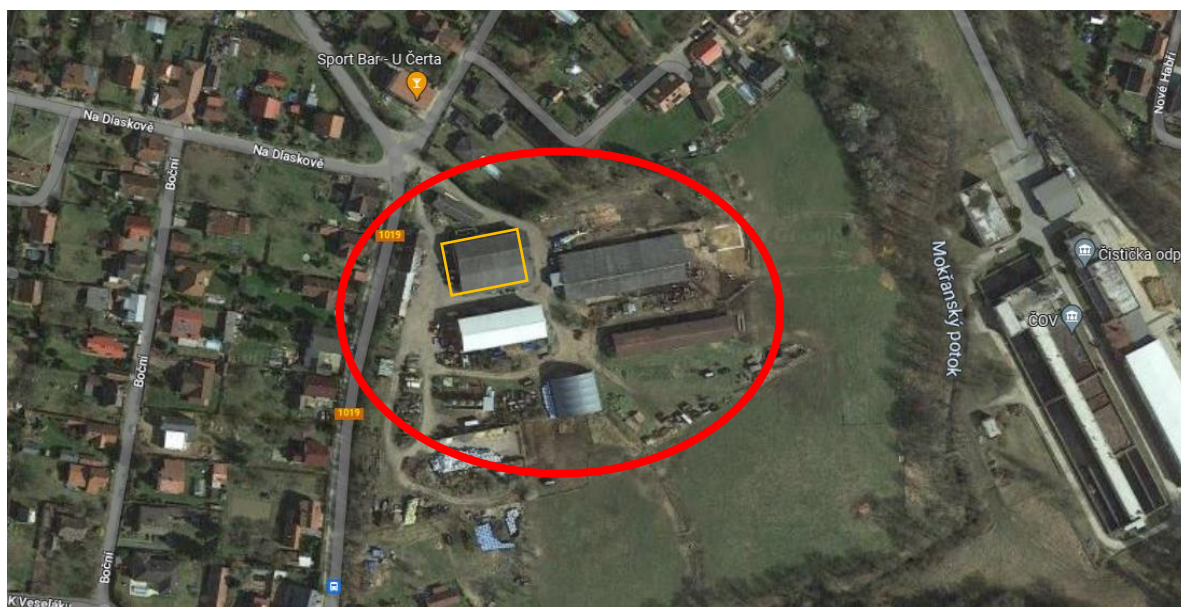
Jedná se o menší rodinný pilařský provoz, který vznikl v roce 2018 jako **druhotná činnost** pro zemědělství. Pila zpracovává z 80 % jehličnatou surovinu a ročně zvládne pořezat dříví do objemu 500 cm³. Zmíněný pilařský provoz se zabývá převážně zakázkovou výrobou a tím pochopitelně spojenou i maximální výtěž, ale také provozuje pořez ve mzdě. Pila slouží jako přivýdělek a druhotná činnost k zemědělství právě v době, kdy není tolik práce na polích, tedy mimo sezónu.

Majitel firmy nejprve začínal podnikání přibližně 7 km od stávajícího podniku ve své rodné domovině, kde začínal jako truhlář a malý zemědělec. V 90. letech 20. století, měl vizi rozšířit své hospodářství a tak zprivatizoval státní statek ve Velkých Popovicích. Jeho rozloha činí přibližně 30 000 m². Dnes majitel hospodaří na 500 ha orné půdy a luk, a chová přes 100 kusů dobytčích jednotek. Právě vize majitele do budoucna byla mimo farmy i dřevařská výroba specializovaná právě na zpracování dřeva pomocí kmenové pásové pily. Tuto myšlenku naplnil v roce 2018, kdy koupil stacionární vodorovnou kmenovou pásovou pilu značky Wood-Mizer. Na pilu byly využity dotace od Evropské Unie z programu rozvoje venkova (PRV). Tím se přispělo i k podpoře zpracování dřevní suroviny na území české republiky a nikoli její export do zahraničí, z důvodu přetížených tuzemských firem, a následně import hotové komodity zpět do ČR.

Podnik se nachází 30 km jihovýchodně od hlavního města Praha v obci Velké Popovice. Území obce Velkých Popovic zaujímá z velké části lesní pozemky, a to v rozloze až 597 ha, přičemž obci patří lesní kultura o rozloze 35 ha, zbytek je v soukromém vlastnictví. Celkově se z geografického hlediska Velkopopovické území řadí mezi pahorkatiny, kde převažuje kopcovitý terén, pro který jsou typické dubové lesy. Druhá skladba místních lesů, je téměř z poloviny smrková, kterou doplňuje s menším zastoupením modřín a jiné jehličnany, a druhá část lesních pozemků se skládá ze smíšených listnatých dřevin, kde převažuje výše zmíněný dub (Velké Popovice 2023).

Výhodou podniku je poměrně frekventovaná infrastruktura v obci a okolí a široká silnice vedoucí k podniku, čili se do areálu nemá problém dostat i nadrozměrná technika. Pila se nachází na dobrém místě, co se týče poptávky po řezivu a blízko hlavnímu silničnímu tahu a to je dálnice D1, která má velký vliv na logistiku

převážně suroviny a s tím spojený i prodej a distribuce vyrobených komodit mimo vlastní okres. Jak můžeme spatřit na obrázku 7, areál je vsazen doprostřed vesnice, kde je z jedné strany obklopen rodinnými domy, a z druhé strany k němu přiléhají louky. Žlutě označená část, která je umístěna hned z kraje areálu blízko příjezdové cesty, je hlavní budova, ve které se nachází pilnice.



Obrázek 7 Umístění areálu

Zdroj: Google, Maps.cz (25. 2. 2023)

Na pile dělají 2 zaměstnanci a třetí pouze narázově. Kromě stálých zaměstnanců do firmy chodí vypomáhat i brigádníci, kteří ve firmě nedělají na plný úvazek, a jsou tam pouze dočasně (např. studenti). Nejčastěji se řeže od listopadu do konce března. V průběhu roku je samozřejmě pila také v provozu, ovšem v omezené časové míře. Provoz na pile je pouze jednosměrný. Pracovní doba je od 7:30 do 16:00 hod. a převážně ve všední dny. Není však pevně stanovena, odvíjí se od množství zakázek a objednávek. V zimním období se pracovní doba téměř dodržuje z důvodu nepříznivého chladného počasí a brzkého setmění a tím zhoršená manipulace mimo osvětlený prostor (prostor mimo pilnici). Naopak v jarním a letním časovém období je obvykle pracovní doba přetahována a tím i navýšen denní pořez suroviny. O víkendech a ve večerních hodinách se dělá minimálně, z důvodu hlučnosti provozu a tím spojené stížnosti obyvatel. Areál je totiž umístěn ve středu vesnice, který obklopují rodinné domy. Musí tedy zde být respektován jak večerní, tak i polední klid a též klidový bezhlučný režim ve vyhrazené sváteční dny.

Z největší části, až 75 %, firma řeže na zakázku a zprostředkovává pořez ve mzdě neboli dřevo zákazníků, které si ihned odebírají. Zbýlých 25 % pila řeže pro vlastní účely a na sklad, své vlastní dříví. Zpracované dříví v podobě řeziva využívá zejména jako stavební materiál na výstavbu nových objektů v areálu, jako jsou střechy budov, přístřešky, pomocné konstrukce apod. Na pile se řeže převážně stavební řezivo jako jsou prkna, fošny, hranole, latě, a v menší míře se produkuje řezivo truhlářské.

V 1. případě zprostředkování dříví si zákazník kulatinu buďto přiveze, či si sjedná k tomu určený typ přepravy, nebo majitel firmy s ohledem na množství přepravované kulatiny nabízí možnost vlastní přepravy dřeva na pilu svojí technikou (viz obr. 8). Majitel využívá traktor značky Fendt s čelním nakladačem a drapák na dřevo, se kterým kulatinu nakládá na podvalník za traktor a následně jej převezze z místa nakládky na pilu, kde je vyložen na hlavní sklad. Vůz je dlouhý 8 m a jeho čistý objem pro náklad je 25 m³.



Obrázek 8 Přeprava kulatiny

Pila se zaměřuje hlavně na pořez jehličnaté suroviny, a to z důvodu enormní poptávky a vlastního využití stavebního řeziva, pro které je právě typické jehličnaté dříví. Vzhledem k tomu, že pila nese jisté výhody, co se týče pořezu listnaté suroviny (jako například rychlá variabilita výšky řezu), zpracovává se v malé míře i tento druh. Listnatá surovina se zpracovává jako truhlářské řezivo na prkna a fošny do tloušťky až 80 mm. Jehličnatá surovina, kterou je pro tento případ smrk, modřín a borovice, tedy dřeviny převažující v pořezovém plánu pily, je hlavní obživou daného podniku. Zpracovává se kulatina už od středového průměru 15 cm. Maximální dosavadní středový průměr kmene, který byl na pile již pořezán, byl 54 cm. Nejčastěji dovážený

a následně řezaný průměr kmene se pohybuje v rozmezí 25–40 cm. Délka suroviny je závislá na maximální délce lože pily, které činí 9,90 m. Výřezy jsou nejčastěji dováženy ve standardních délkách krácených už v lese, jako jsou 4, 6 nebo 8 metrů. Zákazník si ale často přiváží kulatinu svou, která je už nakráčená na atypické rozměry. Po dovezení na sklad, se kulatina může ještě zkrátit dle přání zákazníka na finální rozměry motorovou pilou. Co se týče manipulace s kmenem v provozu při přepravě ze skladu do pilnice, je upřednostňována spíše kulatina s délkou do 6 metrů. Na pile se zpracovává převážně dříví 3. jakostní třídy, kvality A, B, popřípadě C.

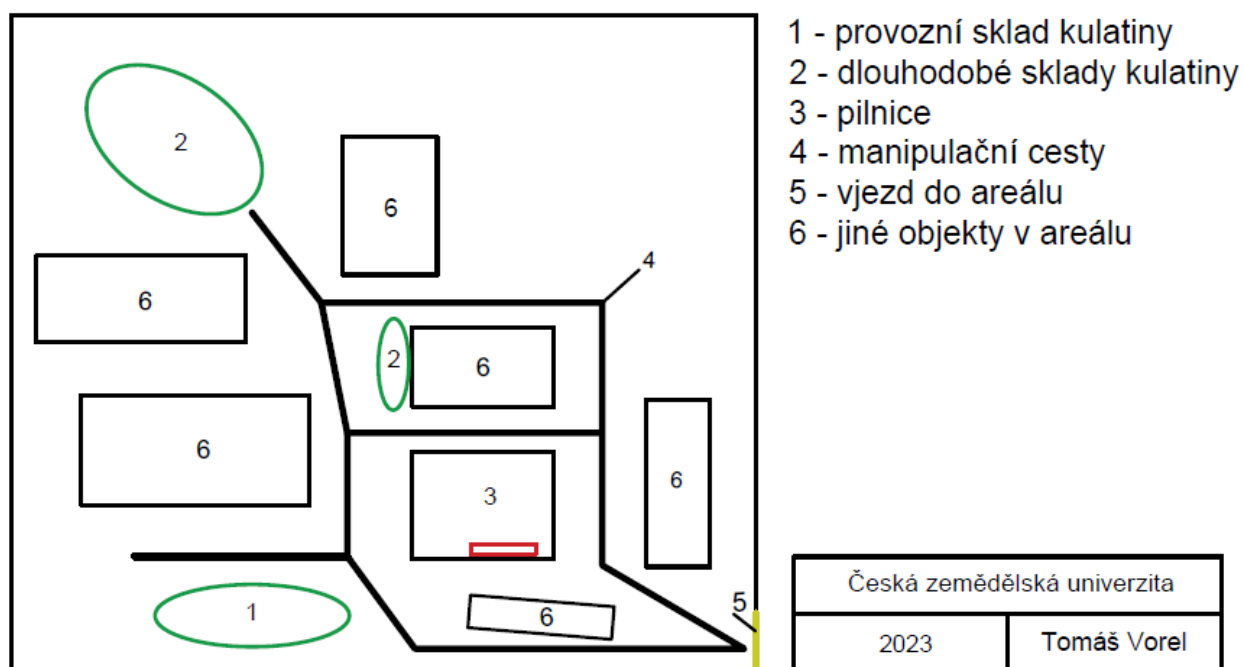
Při zpracování suroviny vzniká na pile **vedlejší produkt** ve formě kůry, pilin, odřezků a krajinových prken. Tyto vzniklé produkty podnik využívá pro energetické účely jako tepelný zdroj pro objekty v areálu. Provoz disponuje kotlem na biomasu, který je umístěn ve velké kotelně pod administrativní budovou, ke které je připojena i místnost pro uskladnění dřevěného odpadu, kde má možnost snížit svou vlhkost díky proudění tepla od kotle na požadovanou hodnotu. Dlouhé kusy krajinových prken a ostatních odřezků jsou drceny na krátké kusy, které se následně vejdou do kotle. Daný proces, je prováděn štěpkovačem.

Štěpkovač URBAN TR110 (obr. 9) je stroj určený ke zpracování dlouhé dřevní hmoty do průměru až 120 mm na štěpku/ špalíky. Štěpkovač je zapojen na tříbodovém závěsu v zadní části traktoru. Pohon je řešený přes vývodovou hřídel (kardan) traktoru, ze kterého se pohyb přenáší na převodovku štěpkovače s olejovou lázní, a ta uvádí do pohybu drtící nože umístěné na dvou proti sobě uložených bubnech, kterými prochází materiál. Za drtícím ústrojím hotové špalíky padají na pásový dopravník, který už sype materiál na místo dle potřeby (např.: valník nebo vak). Pro maximální účinnost stroje, je potřebný výkon traktoru min. 70 Hp (koňská síla) a více.



Obrázek 9 Štěpkovač za traktorem

Na obrázku 10, je vidět **situační plán areálu**. Skládá se z deseti hlavních objektů, přičemž tři z toho jsou sklad kulatiny. Sklady jsou zakresleny oválně zelenou barvou, protože nejsou vedeny jako zastavěná plocha. Objekt číslo 3 je pilnice, ve kterém zakreslená červená část značí umístění kmenové pásové pily. Ke všem objektům v areálu vede příjezdová cesta.



Obrázek 10 Situační plán areálu

Firma disponuje **sklady** na 4 místech. Tři jsou pro dlouhodobé uložení materiálu a jeden v blízkosti pilnice, který je v provozu a plní se podle denního/ týdenního plánu, co se bude řezat za dřevinu, popřípadě druh sortimentu, nebo přivezené dříví zákazníka. Nejvzdálenější sklad se nachází přibližně 3 km od pilnice a je obklopen lesem, který vlastní majitel. Tento sklad slouží k dlouhodobému uložení a pro surové kulatiny ponechané v celé její délce, které jsou převážně těžené z vlastního lesa. Sklad mimo areál podniku je pouze na louce, tedy nezpevněném povrchu a kulatina je uložena na betonových podkladech. To zabrání rychlému napadení dřeva měkkou hnilobou. Dle potřeby se kulatina převáží na pilu pomocí zemědělské techniky. Druhý sklad pro dlouhodobé uložení zaujímá místo v areálu v čele druhé haly vedle pilnice, kde se využilo prostoru pro dlouhé kulatiny, které měří až 12 m, aby nepřekážely běžnému dennímu provozu v podniku. Třetí sklad (obr. 11), též pro dlouhodobé uložení, zaujímá místo necelých 100 m od pilnice. U tohoto skladu je nevýhodou již zmíněný nezpevněný povrch na vegetaci, kde je kulatina též uložena pouze na betonových podkladech. Běžně je tu uloženo přibližně 30 m³. Čtvrtý sklad se nachází před budovou s pilnicí a slouží jako hlavní manipulační sklad. Na tento sklad se naváží kulatina dle denní až týdenní potřeby nebo plánu pořezu.

Skladiště v areálu nemá jasně oddělené řezivo od kulatiny připravenou pro pořez. Pro řezivo v areálu není přesně stanovené místo, tudíž se hráně a štosy s řezivem ukládají tam, kde je místo. To má značnou nevýhodu v určité systematičnosti a logistice v areálu.

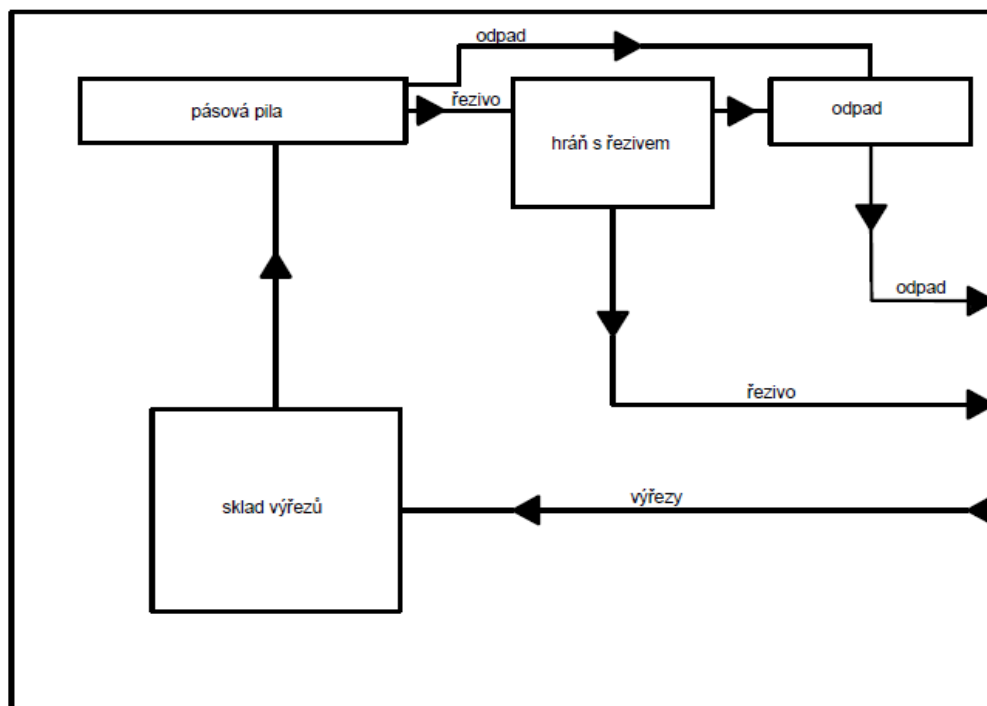


Obrázek 11 Sklad kulatiny

Pilnice (obr. 12) se nachází v jedné z největších hal, která je v areálu. Jedná se o starou budovu (halu), která má funkci skladovací. Skladují se zde zemědělské komodity, a parkují tu i zemědělské stroje. Část haly byla vyhrazena právě pro umístění pily a manipulační plochu s kulatinou a řezivem. Hala je oproti příjezdové cestě vyvýšená a vjezd do ní je krátký ale poměrně prudký. Podlaha je zpevněný hrubý betonový podklad. Tím že pila nedisponuje odkorňovačem, podlaha je znečištěná kůrou, a pomocné pojízdné odkládací vozíky mají na takovém povrchu problém s pojezdem. Hala má rozměry 23x35 m, zatímco využívaný prostor samotné pilnice je 7 m široký a 25 m dlouhý. Výška haly je v hřebeni 12 m vysoká a u obvodové zdi pouhých 8 m. Tyto rozměry jsou dostačující pro danou techniku, která je v provozu používaná. Jedná se například o vysokozdvizný vozík Transporta nebo teleskopický manipulátor. Střecha je pokrytá původním eternitovým vlnkovým „plechem“. Na obrázku 13 je schéma pilnice, ve kterém je popsán tok materiálu a umístění pily.



Obrázek 12 Pilnice



Obrázek 13 Schéma pilnice

Ze skladů pro dlouhodobé uložení se kulatina převáží na provozní sklad nejčastěji manipulátorem, nebo traktorem s čelním nakladačem a drapákem. Z provozního skladu se kulatina naváží do pilnice pomocí teleskopického manipulátoru za pomoci dvou pracovníků, jak je vidět na obrázku 14. Jeden obsluhuje stroj a druhý uvazuje a koriguje pohyb kulatiny, kterou je potřeba nasměrovat do prostoru pilnice. K převozu kulatiny je využíván dvoj řetěz se zajišťovacími háky na konci, který je zavěšen na rameno manipulátoru. Převážet je možno i více kusů najednou. Záleží na velikosti a hmotnosti břemene. Dále pro krátkou přepravu kulatiny je také využíván vysokozdvizný vozík Transporta.



Obrázek 14 Navážení kulatiny do pilnice

4.2 Rozbor jednotlivých strojů

Vodorovná kmenová pásová pila – Wood-Mizer LT40

Dominantní místo v pilnici ve firmě zaujímá hlavní stroj pro zpracování dřeva, vodorovná kmenová pásová pila značky Wood-Mizer LT40 (obr. 15). Historie značky Wood-Mizer sahá svými kořeny až do USA.



Obrázek 15 Kmenová pásová pila

Pila se skládá ze dvou hlavních částí, a to je lože pily a hlavní mostový rám s motorem a řezným ústrojím. Hlavním zdrojem pohonu pilového pásu je elektromotor o výkonu 15 kW s příkonem 380 V. Motor je srdcem pásové pily. V případě, že dojde při řezání k velkému odporu, je zapotřebí více proudu (Cheng a Wei 2020). Pila se dá zakoupit i s výkonem elektromotoru 11 nebo 18,5 kW. Pro např. mobilní varianty pily, je zde možnost i spalovacího benzínového motoru s výkonem až 38 Hp. Vzhledem k místu, stanoveném pro pilu, tedy polo uzavřeném prostoru s možností napojení do elektrické sítě, byl zvolen elektrický motor.

Vertikální pohyb řezné hlavy pro změnu výšky řezu je prováděn samostatným elektromotorem za pomoci řetězu s ozubeným kolem a celá hlava jezdí v ližinách. Pohyb směrem do řezu a zpět, je koncipován regulovatelným motorickým posuvem. Posuvná rychlost je ovládána potenciometrem, kterou určuje obsluha. Poslední elektromotor ovládá pohyb ramene s vodítkem pilového pásu, který zajišťuje jeho oporu proti spadnutí v řezu. Vnější vodítko pilového pásu by nemělo být dál od kmene, než 25 mm. Jeho poloha se v průběhu řezání upravuje podle průměru suroviny.

Jako pracovní nastavení slouží digitální výpočetní systém Setworks (obr. 16), který obsahuje dva hlavní programy pro pořez kulatiny a také ukazuje aktuální výšku pilového pásu, což obsluze umožní lepší orientaci. Pracovní nastavení též ovládá zmíněné pohyby hlavního rámu s řezným ústrojím. Je pevně spojeno s pilovou jednotkou, tudíž má obsluha po celou dobu řezání kontrolu nad vykonávaným řezem.



Obrázek 16 Pracovní nastavení Setworks

Maximální řezná šířka neboli průchodnost kmene mezi kladkami je 62 cm, zatímco maximální průměr kmene může být až 90 cm. To je z důvodu, že maximální průměr kmene je pouze uprostřed, zatímco směrem po obvodu k hornímu okraji se průměr zmenšuje. Pokud tedy budeme přesílenou kulatinu postupně od shora odřezávat a následně ji převracet o 90°, zmenšíme tak celkový průměr kmene. To umožní zpracovat i neobvykle přesílenou kulatinu mimo maximální průchodnost pilou.

Napínání pilového pásu se provádí hydraulicky s měřidlem tlaku (obr. 17). Obsluha tak má nepřetržitou kontrolu nad stavem napnutého pilového pásu. Správně napnutý pilový pás ovlivňuje kvalitu provedeného řezu.



Obrázek 17 Systém napínání pilového pásu

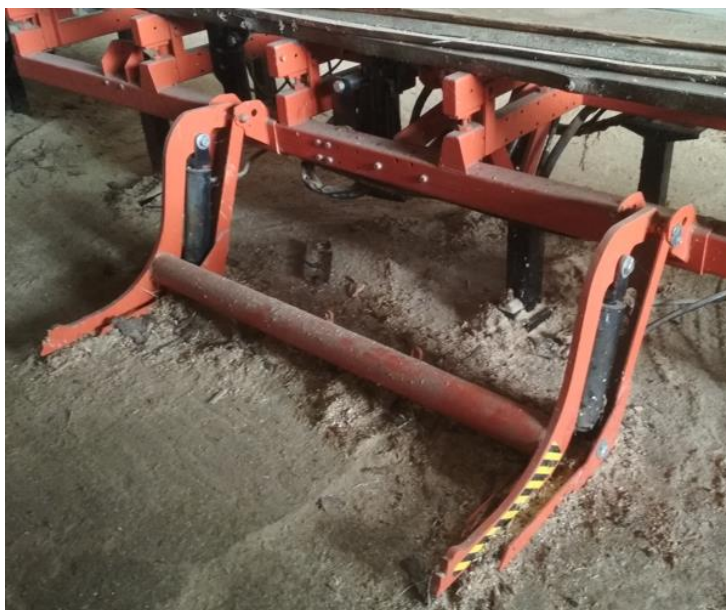
Zdroj: <https://woodmizer.cz/lt40-sawmill> (8. 3. 2023)

Pro správnou funkci pilového pásu je nutné ho mazat a chladit. To zaručuje, že bude pás čistý a nebude se přebytně zahřívat, což by mohlo způsobit i poškození pásu. To vše je možné díky nádobě s mazací směsí, která je přiváděna rovnou do řezu pomocí elektrického ventilu „LubeMizer“. V zimě je nutné použít nemrznoucí směs.

Další výhodou pily je předřez. Ten je umístěn na vlastním pohyblivém rameni pár desítek centimetrů před dráhou pilového pásu. Jeho pohyb a vzdálenost ovládá obsluha na pracovním nastavení podle průměru kmene. Je tvořen pilovým kotoučem, který je poháněn svým elektromotorem. Úlohou předřezu je kopírovat tvar kmene a zbavit dráhu hlavního řezu kůry a případných nečistot (kamínky, bláto). To prodlužuje životnost a stav pilového pásu.

K pile je přidáno prodloužené provedení pracovního stolu (lože), což umožňuje řezat kmene o délce skoro 10 metrů. Lože pily obsahuje všechny potřebné mechanismy pro manipulaci s kmenem. Manipulace s kmenem je plně hydraulická a je ovládána rozvaděčem pomocí páček ovládající jednotlivé funkce.

Kmen je dopraven vedle pily, kde obsluha pomocí ručního obraceče naválí kmen na nakládací vidle (obr. 18), které nahodí kmen na lože pily. Konicita kmene se vyrovná válečkovými vyrovnávači. Vyrovnávače jsou dva, jeden v přední části pily pro oddenkovou část a druhý v prostřední části pro středovou a čepovou část kmene. Po vyrovnání se kmen pevně opře o 3 svislé boční opěry a upne se přítlačnou patkou (obr. 19). Nyní je výřez připraven pro pořez.



Obrázek 18 Nakládací vidle



Obrázek 19 Přítlačná patka

Zdroj: <https://woodmizer.cz/lt40-sawmill> (8. 3. 2023)

Nevýhodou pásových pil je menší produktivita práce oproti rámovým pilám. Ovšem výhodou je možnost pořezu netříděných výřezů podle průměru z důvodu rychlého přizpůsobení pilové jednotky danému výřezu. Tím odpadá nutnost skladovacího místa pro jednotlivé třídy tloušťek (Kvietková 2015).

Technické údaje:

- výkon: elektromotor 15 kW
- max. průměr kmene: 90 cm
- max. řezná šířka: 62 cm
- délka lože: 9,90 m
- pracovní nastavení: SW 10
- pohyb jednotky: elektromotorický
- systém mazání: elektrický ventil LubeMizer
- systém napínání: hydraulické s měřidlem
- předřez: 0,75 kW
- manipulace s kmenem: hydraulická
- šíře pilového pásu: 35 mm

Boční vysokozdvížený vozík – Transporta

Transporta patřila k českým firmám, která vznikla v 40. letech 19. století ve městě Chrudim. Jedná se o stroj, který je určen pro převoz dlouhých břemen a má funkci bočního vyložení. Stroj je vybaven bočními opěrnými patkami, tudíž při bočním vyložení těžkého břemene (mimo těžiště stroje) se nemůže převrátit.

Transporta (obr. 20) je využívána převážně pro odvoz a uskladňování řeziva v areálu a také odvoz krajinových prken, určených k energetickému zpracování. Zřídka se také používá pro převoz kulatiny ze skladu do pilnice.

Technické údaje:

- typ: YB50A-35
- rok výroby: 1990
- váha stroje: 6600 kg
- motor: Avia, 4 válce, diesel
- výkon: 61 kW
- nosnost: 5000 kg
- max. zdvih: 3500 mm



Obrázek 20 Boční vysokozdvížený vozík

Teleskopický manipulátor – Merlo P 38.13

Společnost Merlo vzniklo v roce 1964 v Itálii. Z malé rodinné firmy se stal postupem času závod, který dnes dodává své stroje po celém světě. Tento typ patří do skupiny Panoramic, který byl vyvinut v roce 1987. Jedná se o nový technologický koncept v oblastech panoramatického výhledu, bezpečnosti, výkonu a komfortu (Merlo 2023)

Manipulátor (obr. 21) je využíván hlavně pro manipulaci s kulatinou/ výřezy. Vzhledem k jeho vybavení a možnostem funkcí, se používá i pro přepravu sypkých nebo drobných materiálů (dřevěný odpad, piliny). Hlavní nástroje používané pro chod pily jsou: paletovací vidle, drapák a lopata. Jako strategické výhody u tohoto stroje považují délku vysunutí ramene a to až 13 m, posuv ramene do boku o 340 mm, svahové vyrovnávání celého rámu, dvě přední opěrné patky proti převážení a tři režimy řízení: 1. zatáčí dvě přední kola, 2. zatáčí všechna kola, 3. krabí chod. Stroj byl zakoupen jako starší a na provoz není nijak složitý. Údržby typu výměna oleje a malé opravy si firma dělá sama.

Technické údaje:

- rok výroby: 2006
- váha stroje: 8700 kg
- motor: Perkins, 4 válce, diesel
- výkon: 62 kW
- nosnost: 3800 kg
- výška zdvihu: 12560 mm
- max. čelní dosah: 8650 mm



Obrázek 21 Teleskopický manipulátor

5 Výsledky práce – optimalizace ve vybraných uzlech výroby

Současný stav podniku vyhovuje aktuálnímu ročnímu požezu ke svým možnostem. Ovšem nynější poptávka na trhu je enormní, alespoň v dané lokalitě, a pila tak nestíhá vyhovět všem zákazníkům a není schopna přijmout zakázky o větších rozměrech z důvodu nedostatku kapacity a malého výkonu na jednotku času.

Návrh této optimalizace by měl zajistit zvýšení výkonu v dané výrobě a to jak ve smyslu ročního požezu (do 1000 m³), tak i navýšení zisku. Dále by měl zajistit úsporu času, který bude investován právě do zrychlení toku suroviny. Návrh se bude také týkat navýšení kapacity skladovacích zásob, aby mohla pila provozovat i volný prodej již hotových a vysušených výrobků, které si může zákazník na místě vybrat a odvézt. Navrhovanou optimalizaci jsem zaměřil na 3 části a to:

- úspora času a zvýšení výkonu v pilnici,
- navýšení kapacity skladovacích zásob hotových výrobků,
- zvýšení počtu zaměstnanců.

Pro úsporu času bylo navrženo dokoupení **laseru** od značky Wood-Mizer, pro hlavní technologické zařízení – kmenovou pásovou pilu. Za stávajících okolností, kdy na pile není laser, se měří na začátku a na konci bod řezu, aby bylo dosaženo co největší výtěže. Laserový paprsek promítá čáru, která znázorňuje dráhu řezu (obr. 22). To umožní obsluze lepší orientaci výšky pilového pásu před provedením řezu. Výhoda spočívá v tom, že obsluha nemusí chodit na konec kmene nebo se složitě dorozumívat v hlučném prostředí s dalším pracovníkem, aby se metrem ujistila, jak velkou část z kmene odřízne. Tudíž hned po navalení a vyrovnání kmene do roviny obsluha vidí, jaká je síla krajínového prkna u oddenkové části a jaká u čepové, aniž by bylo potřeba cokoli měřit. Díky tomu se ušetří enormní množství času, který je úzce spjatý s vyšším výkonem. Laserový modul se připevní k pojízdnému mostovému rámu pily na k tomu předurčené místo, tudíž se pohybuje zároveň s pilou, a to jak výškově, tak vodorovně. Laserový paprsek má připravený spínač na hlavním ovládacím panelu. Doporučené použití laseru pro maximální využití je ideální ve vnitřních pilách, protože přímé sluneční záření zeslabuje kontrast svitu a čára není tak zřetelná. Vzhledem k tomu, že pilnice je v zastřešené hale, jsou podmínky splněny.



Obrázek 22 Laserová čára

Zdroj: Deltalasers, portfolio.com (8. 3. 2023)

K navýšení výkonu v pilnici kromě použití laseru, bylo navrženo zakoupení omítací pily. Vybral jsem **omítací pilu Wood-Mizer EG300** (obr. 23). Značka byla zvolena stejná jako firma vlastní kmenovou pásovou pilu a to z důvodů: například dlouholeté spolupráce s prodejci, co se týče kvalitního servisu, broušení pilových pásů, objednávání náhradních dílů apod. Pila má také stejné pracovní nastavení a podobně řešené ovládací a konstrukční prvky.

Technické údaje:

- výkon: elektromotor 15 kW (lze i 18,5 kW)
- max. šířka materiálu: 550 mm
- max. řezná tloušťka: 60 mm
- prořez pilového kotouče: 4 mm
- délka pily: 4,7 m
- šířka pily: 1,7 m



Obrázek 23 Omítací pila EG300

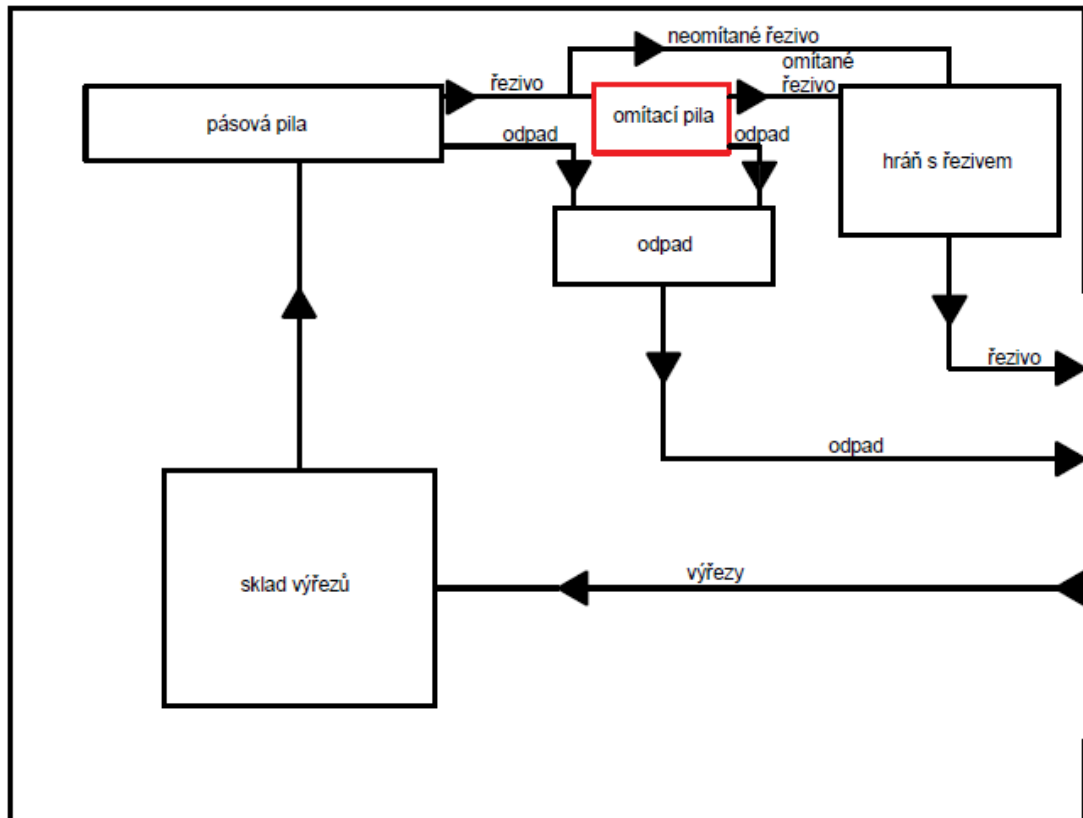
Zdroj: <https://woodmizer.cz/edgers-and-multirips> (9. 3. 2023)

Typy omítacích pil, mezi kterými jsem vybíral, byly následující:

- Omítací pila EG250,
- **Omítací pila EG300,**
- Omítací pila EG350.

Omítací pila EG300 byla zvolena nikoli jako zlatá střední cesta, ale kvůli technickým parametrům, které nejlépe splňují představu a kritéria pro daný podnik. Oproti typům EG250 a EG350 má vybraná pila dvě funkce: omítání a vícenásobné dělení. Na jedné hřídeli může mít až 5 pilových kotoučů. To najde využití například pro výrobu latí, hranolků, prokladů apod. Obsluha na kmenové pásové pile tak nemusí ztrácet čas několikanásobným otáčením výřezu a dělením řeziva na drobné výrobky. Mimo to, omítací pila umí i klasické omítání řeziva pomocí dvou pilových kotoučů, kde jeden kotouč je pevný, a druhý je elektronicky nastavitelný z ovládacího panelu na přesnou šířku řeziva. Pro dosažení větší výtěžnosti a rychlejší přehled, lze pilu osadit dvěma polohovacími lasery, které ukazují dráhu řezu. Obsluha tak přesně ví bez jakéhokoli měření, kde bude veden řez a jak má polohovat řezaný materiál pro maximální výtěžnost. Pila také disponuje horními válečky pro zpětný návrat prken, které zajišťují menší fyzickou zátěž pro obsluhu. Rychlost posuvu určuje obsluha a pohybuje se v rozmezí 0 – 20 m/min. Systém posuvu zajišťují 4 poháněné válečky, díky kterým se řezivo samo posouvá do řezu. Výrobce udává, že celková produktivita v pilnici s tímto strojem se navýší až o 30%.

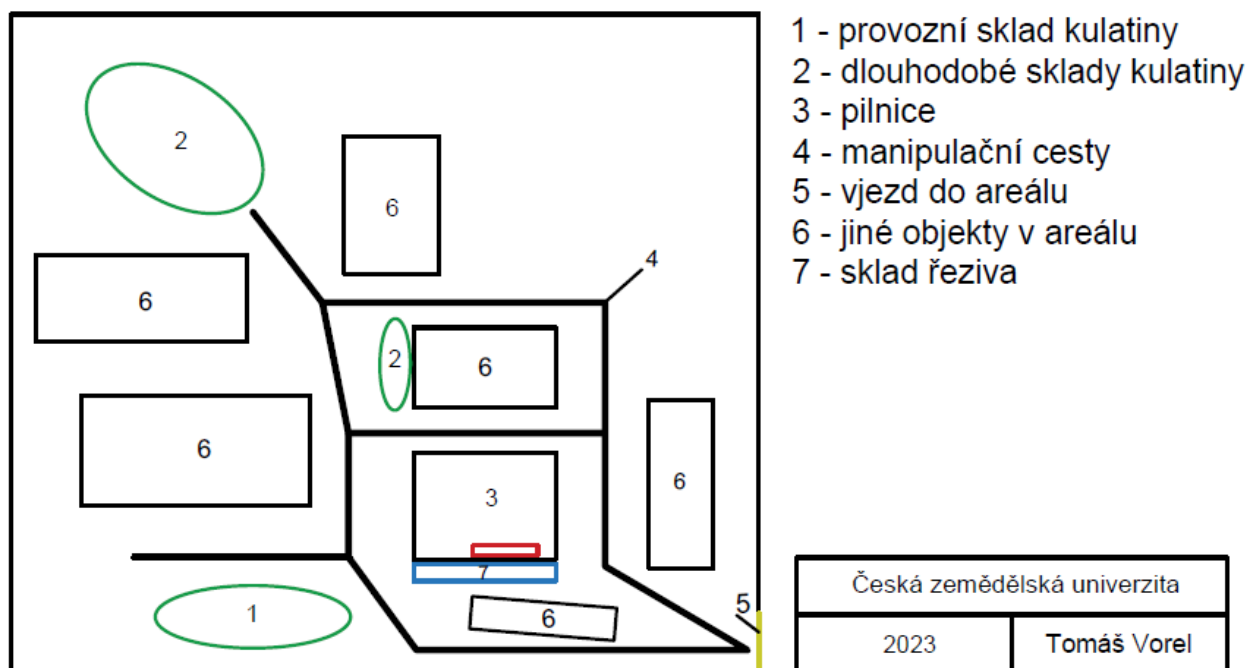
Omítací pila by se umístila za kmenovou pásovou pilu, jak ukazuje schéma na obr. 24, tudíž řezivo odebírané od kmenové pily může obsluha rovnou posouvat po podávacím stole skrz omítací pilu. Vzhledem k tomu, že délka celé omítací pily je necelých 5 metrů, vejde se s přehledem za kmenovou pilu a ještě za oběma pily zbyde místo pro řezivo, které se může skládat do hráně a následně odvézt.



Obrázek 24 Schéma pilnice - umístění omítací pily

Mezi další návrh optimalizace patří navýšení kapacity pro skladování řeziva. Tím, že si zákazníci řezivo ihned odebírají, podnik nepotřebuje sklad řeziva s enormní kapacitou, tudíž stačí hráně s řezivem odkládat na volném místě kdekoli v areálu, jako je tomu do teď. To má ovšem jistou nevýhodu v samotné logistice a určité systematizaci v provozu. Návrh spočívá v **realizaci nového skladu řeziva**, který bude ucelen na jednom místě a podnik by tak mohl navýšit příjem zakázek a řezivo skladovat delší dobu. To s sebou nese jistou výhodu. Podnik může začít provozovat i volný prodej řeziva. Osloví tím novou skupinu zákazníků, kteří hledají hotové řezivo v malém množství a mohou si tak vybrat přesně počet kusů a typ řeziva přímo jim na míru.

Sklad řeziva bych umístil vedle pilnice podél celé haly (obr. 25). Hala je dlouhá 35 m. Uvažovaná hráň s řezivem je 1,2 m široká, 1,6 m vysoká a 4 m dlouhá. Pokud by se počítalo s celou délkou haly, uložením dvou hrání vedle sebe a dvou hrání na sebe, zabraná plocha skladu by byla 84 m² a hrubý objem využitého placu necelých 300 m³. Podloží skladu je třeba vyrovnat a upravit pro odtok dešťové vody. Dále je zapotřebí sklad s řezivem zastřešit, aby na hráně nepršelo. To se provede buď zastřešením samotných hrání (např. trapézovým plechem), anebo zastřešením celého skladu. Zastřešení by mohlo být provedeno prodloužením střechy z původní haly (pilnice) vedle které je sklad navrhován, nebo vytvořením nového přístřešku, který bude k hale ukotven. Výhody navrhovaného skladu jsou v podélném uložení hrání, čímž se k uložení řeziva využije bočního vysokozdvížného vozíku, kterým firma disponuje. Také byla využita plocha, díky které je sklad hned vedle pilnice, tudíž se řezivo nepřeváží na velkou vzdálenost (= úspora času a pohonných hmot). Jediná nevýhoda, kterou spatřuji je, že hráně jsou umístěné z jedné strany ke zdi. Jak bylo uvedeno výše v kapitole sklad řeziva, cituji: „pokud to dovoluje dispozice skladu, jsou hráně dobře přístupné větru ze všech stran“, tento návrh se neslučuje s odbornou literaturou, a hráně tak nejsou profukovány ze všech stran. V tomto případě to dispozice skladu nedovolovala na úkor již zmíněných převažujících výhod a úspory místa v areálu.



Obrázek 25 Situační plán areálu - návrh umístění skladu řeziva

Mezi poslední návrh optimalizace v daném podniku, je **navýšení stavu počtu zaměstnanců**. Při stávajícím počtu 2 zaměstnanců (příležitostně 3), je provoz téměř nereálné udržet v chodu. Pokud bych rozebral dělbou práce v daném provozu za ideálních podmínek, vypadala by takto. Jeden pracovník obsluhuje kmenovou pásovou pilu. Druhý odebírá od kmenové pily a následně řezivo třídí a upravuje na omítací pile. Třetí pracovník odebírá řezivo z omítací pily a skládá jej případně do hráně nebo ucelených svazků. Čtvrtý pracovník se stará o přísun výřezů do pilnice též s odvozem hotového řeziva a jeho konečné uskladnění. Pátý pracovník by zajišťoval veškeré režijní a nápomocné funkce ostatním pracovníkům např. pomoc při navážení výřezů, nebo skládání řeziva do hráně a vyřizování administrativy.

Pila by tedy potřebovala nejméně 5 zaměstnanců pro plynulý chod provozu, aby vše fungovalo a plynule navazovalo. Pokud by to nebylo možné, provoz by se udržel v chodu i se čtyřmi zaměstnanci, ovšem v omezené produktivitě a výkonu práce.

5.1 Náklady optimalizace

Ve vyčíslení přesných celkových nákladů hraje roli několik proměnných. Výdaje potřebné k zrealizování navrhované optimalizace jsou tedy pouze **přibližné**. Cena laserového ukazovátka pro kmenovou pásovou pilu je 16 400 Kč. Montáž laseru vzhledem k minimální náročnosti, si podnik provede svépomocí. Vyčíslení ceny u omítací pily Wood-Mizer EG300 záleží na výbavě, kterou si podnik bude chtít na pilu dokoupit. Cena pily v základu začíná na 375 000 Kč. Po výše zmíněné výbavě pily, by se cena mohla vyšplhat až na 450 000 Kč. Montáž a uvedení omítací pily do provozu je zahrnuta v ceně. U skladu řeziva by též záleželo, zdali by si podnik přístřešek a zemní práce zařídil svépomocí nebo si sjednal jinou firmu. Vzhledem k zaměření podniku na práci se dřevem, produkování stavebního řeziva a specializované odbornosti některých zaměstnanců, by si přístřešek zvládnul postavit sám. Tím by byla ušetřena velká část finančních prostředků za stavební firmu. Zemní úpravu je též schopen podnik zrealizovat sám, za využití zemědělské techniky, teleskopického manipulátoru a ručního náradí. Tím, že je povrch zpevněný, nejsou zapotřebí betonové panely, nebo vytváření nové základové desky. Vymezený plac stačí pouze uklidit, zbavit vegetace a provést jednoduché zemní úpravy. Nejdražší položkou jsou mzdy zaměstnanců. Ty se odvíjí od druhu vykonávané práce a to ve formě časové nebo úkolové. Vzhledem k tomu, že podnik provozuje pouze sezónní pořez, který není

pevně stanoven, nelze vypočítat předem přesnou roční mzdu pro určitý počet zaměstnanců. Pokud by se uvažovala měsíční výplata 30 000 Kč, 3 zaměstnanci navíc a pracovní poměr od listopadu do března, výše mezd by byla v hodnotě až 450 000 Kč. Je nutno dodat, že částky jsou pouze **orientační**. Ve skutečnosti bude jiné platové ohodnocení pro obsluhu pily a jiné pro řidiče strojů.

Shrnutí:

- Laser: 16 400 Kč
- Omítací pila: 450 000 Kč
- Sklad řeziva: svépomocí
- Mzdy nových zaměstnanců za jednu sezónu (listopad - březen): 450 000 Kč

Sečtená cena za nové technologie = 466 400 Kč

Celková cena i s výdaji za mzdy = **916 400 Kč**

6 Diskuze

Navrhovaná optimalizace se dá dle mého názoru snadno a rychle zrealizovat, protože návrh nevyžaduje žádnou razantní změnu v technologii ani toku suroviny a řeziva. Nejvíce času by zabrala stavba přístřešku pro sklad řeziva.

V článku „Znovuzrození dědečkova statku“ říká Větrovský (2008) pro společnost Wood-Mizer Europe, že po zakoupení omítací pily k stávající kmenové pásové pile Wood-Mizer LT40 stoupla celková produktivita jejich provozu o 30 – 40%. Kmenová pásová pila tak produkuje pouze neomítané řezivo, které následně prochází omítací pilou. Stejná technologie byla navržena v této práci. Článek tím potvrzuje, že je možné navýšení výkonu se zmíněnou omítací pilou až o 40%. Tvrzení s procentuálním navýšením produktivity práce ve výše navrhované optimalizaci je tedy reálné.

Tento proces znamená zvýšení produktivity práce, zlepšení jakosti řeziva a větší rozměrové přesnosti. K téhle skutečnosti došel i Richter (2007).

Obdobné tematické se věnuje Káš (2020). Ten si vybral podnik o stejném množství zpracovávané suroviny, kde se podnik též věnoval i dalším činnostem jako tesařské a truhlářské práce. V jeho optimalizaci se zaměřil na sklad suroviny, pro který navrhnul pořízení odkorňovače. Jeho celkové náklady na investice jsou 1 900 000 Kč. Taková částka by byla pro podnik řešený v mé práci zbytečně vysoká a návratnost též dlouhá. Pořízením takového stroje, by se hlavně nezvýšil výkon a ani neuspořil čas. To jsou dvě hlavní priority, kterých jsem chtěl docílit. Pro jeho práci je to ovšem relevantní návrh, protože provoz je vybaven jak omítací pilou, tak i skladem řeziva.

Tato práce je výjimečná především navržením laseru pro pásovou pilu. Takový typ optimalizace dosud nikdo ze zmíněných autorů nevzal v úvahu a nezabývá se s tím ani použitá odborná literatura přesto, že laser má několik výhod a předpoklady pro vyšší výkon.

Co se týče odhadované částky navrhovaného projektu, ta je pouze orientační a to z důvodu několika proměnných, jak bylo již zmíněno. Pokud by se realizace návrhu uskutečnila později než v daný rok, náklady budou vzhledem k současné situaci vyšší. V úvahu je třeba brát zvyšování mezd zaměstnanců, inflaci, aktuální kurz měny (protože navržené technologie nejsou vyráběné v České Republice) atd.

Do budoucna by se další investice a vylepšení provozu měli týkat skladu kulatiny, kde by se mohlo uvažovat o odkorňovači aby v pilnici nebylo příliš mnoho odpadu v podobě kůry. Odkorňovač by se ale dle mého názoru v provozu uplatnil až od zpracování min. 2000 m³ ročně. Do té doby bych preferoval jiné podstatnější investice. Do skladu by bylo vhodné zakomponovat především zkracovací pilu, aby se vyřadilo používání ruční motorové pily. Tím by se hlavně zlepšila bezpečnost v provozu, přesnost a produktivita práce. Dále by se mělo uvažovat o instalaci dopravníků a to jak pro odvod odpadu mimo pilnici, tak zautomatizovat přísun výřezů do pilnice, to by nahradilo jednoho až dva zaměstnance, kteří se starají o navážení výřezů do pilnice. Odvod odpadu od kmenové pily bych spatřoval v pásovém hnaném dopravníku a k omítací pile by bylo možné připojit odsávání pilin s externím zásobníkem. Pro pohyb řeziva v pilnici by postačil válečkový dopravník nehnaný. Ovšem pro vstup výřezů do pilnice je nutný dopravník dávkovací hnaný. Pro pilnici by se také mělo uvažovat o pořízení brusky a šraňkovačky pilových pásů, aby byl podnik soběstačný a nezávislý v údržbě hlavního pilového nástroje. Pro precizní povrch řeziva a lepší tvarové přesnosti by se mohlo uvažovat o srovnávací frézce, která by řezivu dala přidanou hodnotu. S navýšením ročního pořezu kulatiny, by vznikalo více odpadu. Ten by se mohl prodávat pro energetické účely, výrobu aglomerovaných materiálů nebo zpracovat briketovacím lisem, a následně prodat s vyšším ziskem. Poslední investice by se týkala sušárny na řezivo, která by dala podniku též přidanou hodnotu. Vysušené řezivo na požadovanou vlhkost má větší cenu a podnik by tak mohl sušit řezivo i na zakázku. Kulatina o nižší jakostní třídě by se mohla využít pro prodej štípaného dřeva, které bych produkoval pomocí štípacího poloautomatu. Zmíněné možné investice a vize podniku do budoucna by znamenaly především navýšení počtu zaměstnanců a jiné dispoziční řešení areálu.

6.1 Přínos pro vědu a praxi

Výsledky práce mohou být přínosem pro čtenáře zajímaví se o dané téma ale především těm, kteří se chystají pro start nového pilařského provozu nebo též provádí optimalizaci se stejným cílem a mohou se tak inspirovat nebo vyvarovat zmíněným nedostatkům. Navrhovaná optimalizace je určena hlavně pro majitele tohoto podniku, kterému jsem tímto zprostředkoval svůj názor s možným řešením a sjednotil veškeré důležité informace do jednoho projektu.

7 Závěr

V úvodní části této bakalářské práce je shrnuta problematika technologie pilařské výroby, která čtenáři ucelí širší přehled o daném tématu. Ve druhé části je popsán současný stav podniku, který pomohl k vytvoření následné optimalizace.

V navrhované optimalizaci se dospělo k zakoupení laseru pro hlavní technologické zařízení – kmenovou pásovou pilu. Dále bylo navrženo pořízení nového stroje do pilnice a to omítací pilu značky Wood-Mizer EG300. Optimalizace v samotné pilnici by podle dostupných zdrojů a stanovisek měla docílit navýšení výkonu a úspory času. Jednotlivá stanoviska byla v práci uvedena a rozebrána. Optimalizace se týká i nevýrobní části provozu a to je návrh skladu řeziva, který by měl přispět k možnosti navýšení ročního pořezu suroviny společně s optimalizací v pilnici a tím i docílení vyššího zisku. S realizací skladu řeziva se otevírá i nový druh příjmů a to je možnost provozování volného prodeje řeziva. Pro zajištění plynulého chodu provozu po zavedení nových technologických celků, je nutné navýšit počet zaměstnanců. Po rozdělení dělby práce se dospělo k výsledku, že je potřeba navýšit stav na 5 lidí.

Výhodu optimalizace spatřuji v malé investici, která nepřesahuje výši půl milionu korun, pokud nepočítám mzdy, které jsou průběžné v čase. Dle mého názoru není tak třeba vyřizování úvěru.

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

- AFANASIEV, P. 1968.: Woodworking Machinery and Cutting Tools, Higher School Publishing House, Moskva, s.601.
- BORZ, S., OGHNOUM, M., MARCU, M., LORINCZ, A., PROTO, A. Performance of Small-Scale Sawmilling Operations: A Case Study on Time Consumption, Productivity and Main Ergonomics for a Manually Driven Bandsaw. Forests [online]. 2021, 12(6) [cit. 2023-03-20]. ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f12060810
- DETVAJ, J. 2003.: Technológia piliarskej výroby. 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, s. 232, ISBN 80-228-1248-X.
- FRIESS, F. Velikost provozu a strategie firmy v pilařské výrobě. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2006. ISBN 8021315334.
- FRONIUS, K. Spaner, Kreissägen, Bandsägen, 1989.: Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Band 2, Stuttgart: DRW-Verlag Stuttgart, s. 300, ISBN 3-87181-332-X.
- GAŠPARÍK, M., MACKŮ J. Sušení dřeva. Agrojournal [online]. Hradec Králové: Vega, 2015 [cit. 2023-02-03]. Dostupné z: <https://www.agrojournal.cz/clanky/suseni-dreva-91>
- GOGLJA, V. 1994.: Strojevi i alati za obradu drva. I. dio Šumarski fakultet Zagreb, s.236.
- HÁJEK, M., VRABCOVÁ P., GAFF M., et al. Lesnická bioekonomika. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2018. ISBN 978-80-213-2838-9.
- CHENG, Ch., WEI, Ch. Study of Sawing Performance of Band Saw Machine on Honeycomb Structure Material. In: JAMALUDIN, Zamberi a Mohd Najib ALI MOKHTAR, ed. Intelligent Manufacturing and Mechatronics [online]. Singapore: Springer Singapore, 2020, 2020-07-04, s. 308-320 [cit. 2023-03-05]. Lecture Notes in Mechanical Engineering. ISBN 978-981-13-9538-3. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-13-9539-0_31
- KLEMENT, I., DETVAJ, J. Technológia prvostupňového spracovania dreva: [vysokoškolská učebnica]. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. ISBN 9788022818117.

- KLEMENT, I., PÁNEK, M. Sušení a hydrotermická úprava dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2018. ISBN 978-80-213-2892-1.
- KŘUPALOVÁ, Z. Nauka o materiálech: pro 1. a 2. ročník SOU učebního oboru truhlář. 3., upr. vyd. Praha: Sobotáles, 2008. ISBN 9788086817255.
- KŘUPALOVÁ, Z. Technologie pro 1. ročník SOU oborů zpracování dřeva. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 8085920743.
- KVIETKOVÁ, M. Analýza prípravných a technologických časov a ich optimalizáciu z hľadiska ekonomickej efektívnosti v drevárskej spoločnosti [online]. Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 2014, 119-126 [cit. 2023-02-21]. ISSN 1339-8350. Dostupné z: <https://kod.tuzvo.sk/sites/default/files/kvietkova.pdf>
- LORENCOVÁ, R. Lesnictví: obrázková statistika ze světa lesů a lesníků. Ilustroval VYORAL, P. Praha: Národní zemědělské muzeum, 2017. Obrázková statistika. ISBN 9788086874906.
- OČKAJOVÁ, A., KUČERA, M.: Materiály a technologie 1 – Drevarske technologie. Univerzita Mateja Bela, V Banskej Bystrici: Fakulta prírodných vied, 2011., ISBN 978-80-557-0262-9.
- PALOVIČ, J. 1981.: Technológia piliarskej výroby. Vysokoškolská učebnice. 1. vydání. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, s. 230.
- PRAŽAN, P., PŘÍKASKÝ, F., 2007: Postavení malých a středních pilarských provozů v CR, Lesnická práce 3/2007: Lesnická práce, s.r.o., s. 23, ISSN 0322-9254.
- REINPRECHT, L. (2008): Ochrana dreva, Vysokoškolská učebnica, Technická univerzita vo Zvolene, 1. Vydanie, 453 s.
- REINPRECHT, L., PÁNEK, M. Trvanlivost a ochrana dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.
- SANDBERG, D., KUZMAN, M., GAFF, M. Engineered wood products: wood as an engineering and architectural = Kompozitní materiály na bázi dřeva: dřevo jako kompozitní a konstrukční materiál. České vydání. Prague: Czech University of Life Sciences, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2018. ISBN 978-80-213-2869-3.
- KVIETKOVÁ, M. Obrábění dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, 2015. ISBN 978-80-213-2604-0.

- ŠEDIVKA, P. Ekonomická specifika zejména prvovýrobních firem malokapacitního zpracování dřeva. Praha, 2010. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská.
- TREBULA, P., KLEMENT, I.: Sušenie a hydrotermická úprava dreva, vysokoškolská učebnice, TU vo Zvoleně, 2002
- VANZETTI, N., STEITZER, N., CORSANO, G., MONTAGNA, J. Energy Optimization for the Operation of a Sawmill. In: ROSSIT, Daniel Alejandro, Fernando TOHMÉ a Gonzalo MEJÍA DELGADILLO, ed. Production Research [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021, 2021-05-12, s. 71-84 [cit. 2023-02-20]. Communications in Computer and Information Science. ISBN 978-3-030-76306-0. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-76307-7_6
- ŽÁK, J. Materiály pro 1. ročník SOU oborů Zpracování dřeva a Výroba hudebních nástrojů. 10., dopl. vyd. Praha: Informatorium, 2000. ISBN 8086073661.

Lasers Technology: Laser projection for horizontal sawmill machine. Deltalasers [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné z: <https://deltalasers.com/portfolio/laser-projection-for-horizontal-sawmill-machine/>

KACÁLEK, L. DUM č. 9 - Tdř: Sušení dřeva. Documen.site [online]. 13. 1. 2013 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: https://documen.site/download/dum-9-td_pdf

DEJMAL, A. HUD MOD obr pril 2017.pdf: Sušení a modifikace dřeva. In: Fraxinus.mendelu [online]. 2017, s. 10 [cit. 2023-01-22]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_BC/Povinne_predmety/Hydrotermicka_uprava_dreva/HUD%20MOD%20obr%20pril%202017.pdf

Velké Popovice: lesy [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.velkepopovice.cz/lesy/ms-3982/p1=3982>

Google: Maps [online]. [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/@49.9153424,14.6369335,256m/data=!3m1!1e3>

Merlo: Our History [online]. [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.merlo.com/ITA/eng/company/our-history>

Wood-Mizer: Pila LT40 [online]. [cit. 2023-03-08]. Dostupné z:
<https://woodmizer.cz/lt40-sawmill>

Wood-Mizer: Omítací pily [online]. [cit. 2023-03-09]. Dostupné z:
<https://woodmizer.cz/edgers-and-multirips>