

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

**Aljašský “katr“ jako alternativa běžných pilnic**  
**Bakalářská práce**

**Vypracoval: Vít Tošovský**  
**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.**

**© 2019 ČZU v Praze**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vít Tošovský

Dřevařství

Název práce

Aljašský "katr" jako alternativa běžných pilnic

Název anglicky

Alaska "katr" as an alternative to common saws

---

Cíle práce

Cílem práce je analýza technicko – technologických parametrů řetězových pil uzpůsobených pro podélné řezání. Typové varianty nástrojů pro podélné řezání řetězovou pilou, jejich provoz a údržba. Analýza procesu výroby řeziva touto metodou ve srovnání s běžnými pilnicemi.

Metodika

Teoretický rozbor konstrukce řetězových pil. Historie a vývoj řetězových pil. Popis nástrojů pro podélné řezání. Přednosti a nedostatky řetězových pil při výrobě řeziva oproti rámovým a pásovým pilám.

Doporučený rozsah práce

35 – 45 stránek

Klíčová slova

zpracování dřeva, výřez, řezivo, řetězová pila, pilnice

---

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.

BESCHORNER, V. Mechanické technologie nářadí a nástrojů k obrábění dřeva. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství. 1929. 102 s.

FRONIUS, K. Spaner, Kreissägen, Bandsägen : Arbeiten und Anlagen im Sägewerk. Band 2. Stuttgart: DRW-Verlag Stuttgart, 1989. 300 s., ISBN 3-87181-332-X.

KVIETKOVÁ, M. Obrábění dřeva. CARTER Praha. 2015. 295 s., ISBN 978-80-213-2604-0.

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.

MIKOLÁŠIK, Ľ. Drevárske stroje a zariadenia I. Alfa, Bratislava, SNTL, Praha 1981.

---

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Monika Sarvašová Kviťková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

---

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

---

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2019

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že bakalářskou práci jsem sepsal sám, samostatně, pod vedením vedoucího práce a sice doc. Ing. Moniky Sarvašové Kvietkové, PhD., a použil jsem prameny, které jsou uvedeny v seznamu pramenů a jsou řádně citovány. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 19.4.2019

Podpis autora \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

V této části bych velmi rád poděkoval všem, kteří mě během studia podporovali a věřili ve mne.

Dále bych rád poděkoval mé vedoucí práce, doc. Ing. Monice Sarvašové Kvietkové, PhD., která mi poskytla mnoho cenných rad, podkladů a metodicky mne při psaní práce vedla.

## **Abstrakt**

Tato bakalářské práce se zabývá využitím motorových řetězových pil při výrobě řeziva.

V teoretické části práce je popsána problematika motorových řetězových pil, konstrukční řešení motorových řetězových pil a popis jednotlivých částí. Další část se soustředí na doplňkové produkty motorových řetězových pil rozšiřující jejich využití a konstrukčně-technická řešení v závislosti na požadavcích uživatele.

V praktické části je popis postupu výroby řeziva motorovou řetězovou pilou s nástavcem ALASKAN, definice použitých technologií a vstupních surovin. Dále praktická část obsahuje analýzu tohoto procesu z ekonomického hlediska za pomoci určení efektivity práce, výtěžnosti a kvality výrobku, která je následně porovnána s obdobnou analýzou na rámové a pásové pile.

Závěr práce zhodnocuje tyto tři technologické postupy pro výrobu řeziva a definuje podmínky, kdy použití motorové řetězové pily by mohlo být preferováno před rámovými a pásovými pilami.

**Klíčová slova:** zpracování dřeva, výřez, řezivo, řetězová pila, pilnice

## **Abstract**

This work is focused on usage of chainsaw mills for lumber production. The theoretical part is to describe problematics of chainsaw, construction of chainsaws and description of individual parts. Furthermore focuses on additional products extending usage of chainsaw, their construction regarding customer needs.

The practical part describes lumber production using chainsaw mill with extender ALASKAN type, defines used equipment and processed material. There is economical analysis of this process by monitoring production efficiency, yield and quality of final product. This analysis is then repeated on frame saw and band saw under similar condition.

Conclusion of this work compares those three methods of lumber production and defines condition when usage of chainsaw mill could be beneficial.

**Keywords:** wood processing, cutout, lumber, chainsaw, wood mill

# Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Rozbor problematiky .....</b>	<b>10</b>
3.1 Historie motorových řetězových pil.....	10
3.1.1 Konstrukce motorových řetězových pil.....	11
3.1.2 Řezací část .....	19
3.1.3 Nosná část .....	22
3.2 Doplnky rozšiřující využitelnost motorových řetězových pil.....	23
3.2.1 Nástavce pro podélné řezání kulatiny.....	23
3.2.2 Doplnky měnící funkci motorové pily.....	27
<b>4 Praktická část práce.....</b>	<b>28</b>
4.1 Metodika .....	28
4.2 Charakteristika použitých zařízení.....	28
4.2.1 Aljašský “katr“.....	28
4.2.2 Rámová pila .....	31
4.2.3 Pásová pila .....	31
4.3 Charakteristika zpracovávané dřeviny .....	32
4.4 Výrobní postup pomocí Aljašského “katru” .....	33
4.5 Naměřené hodnoty .....	36
<b>5 Výpočty a výsledky.....</b>	<b>41</b>
5.1 Výstupy měření .....	41
5.2 Definování variabilních a fixních nákladů.....	41
5.3 Porovnání procesů pomocí diagramu přelomu .....	43
5.4 Zjištění ziskovosti .....	44
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>46</b>
<b>7 Závěr.....</b>	<b>49</b>
<b>8 Seznam pramenů.....</b>	<b>51</b>

# 1 Úvod

Dřevařská prvovýroba (zpracování kulatiny na řezivo) je v našich podmínkách řešeno předně dvěma způsoby.

Prvním a nejrozšířenějším je použití rámové pily, lidově “katru“. Rámová pila je založena na nejstarším typu technologie pořezu, kdy posuv pilového pásu je veden přes klikovou hřídel. Jejimi přednostmi jsou především efektivita práce, vysoká výtěžnost a údržbová nenáročnost. Hlavní nevýhodou rámových pil je samotný rozměr rámu, definující maximální průměr zpracovávané kulatiny.

Druhým způsobem zpracování kulatiny je použití kmenové pásové pily. Její hlavní výhodou je především univerzálnost, nevýhodou oproti rámovým pilám je nižší efektivita práce.

Díky tomu, že rozšíření středních a malých dřevozpracujících podniků v České republice není ojedinělé a jejich flexibilita z pohledu požadavků na pořez od zákazníků je široká, může se jevit, že další technologické postupy pro zpracování kulatiny nejsou v našich podmínkách zapotřebí. Je zde ovšem jeden technologický postup, který je při zpracování dřeva využíván prakticky vždy, pro výrobu řeziva je však využíván pouze ojediněle. Je jím motorová řetězová pila.

Ačkoliv je motorová řetězová pila využívána především v místě těžby, její možnosti a místa využitelnosti jsou mnohem pestřejší. Jedním z nich je využití nástavce typu „ALASKAN“ (volně přeloženo Aljašský “katr“) pro podélné řezání kulatiny.



## 2 Cíl práce

Cílem této práce je definovat technologii pořezu Aljašským “katrem“ (motorovou řetězovou pilou rozšířenou o mechanický nástavec ALASKAN) a určit její výhody a nevýhody v porovnání s tradičními rámovými a pásovými pilami. Hlavními parametry sledování budou rychlost pořezu (objem výroby), výtěžnost a energetické nároky. Pomocí těchto sledovaných a dalších (již daných) parametrů se na závěr určí podmínky, pro které je Aljašský “katr“ vhodnější zvolená technologie, než rámové a pásové pily.

## 3 Rozbor problematiky

### 3.1 Historie motorových řetězových pil

Při pohledu na vývoj motorových řetězových je třeba si nejprve určit samotný důvod vzniku. Jelikož primární účel motorové řetězové pily je kácení, odvětvení a zkracování stromů, její vznik musel být zapříčiněn zefektivněním této činnosti.

Před vznikem motorové řetězové pily byla hlavním nástrojem pro kácení dříví dřevorubecká pila, která pracovala pouze vynaloženou silou obsluhy. Prvním krokem ke vzniku řetězové pily bylo tedy zautomatizování tohoto procesu.

První relativně úspěšné pokusy náhrady ručních pil při kácení stromů byly uskutečněny již koncem 19. století, kdy byly v USA vyvinuty první mobilní listové pily. Nejprve to byly pily s manuálním pohonem (pila Hamilton, vyrobená v roce 1861) a posléze pily s parním pohonem (pila Rausome, vyrobená v roce 1870). Následně byly ověřovány principy oddělování stromu od pařezu pohybujícím se drátem, přepalováním pomocí odporového drátu napájeným motoricky poháněným dynamem, či energií tlakového vzduchu. Dalším zmiňovaným typem byla např. motoricky poháněná listová pila Wade z roku 1920 (Neruda, Černý, 2006).

Konstrukce takovýchto zařízení ale musela být v místě těžby značně omezující. Pro vytvoření samotného záseku bylo nutné upravovat úhel a výšku pilového pásu, což s tak objemnými hnacími zařízeními muselo být náročné. Dalším krokem k dnešním řetězovým pilám muselo být nahrazení pilového listu.

První motorová pila typu Sector, s pilovým řetězem obíhajícím po trojúhelníkové dráze a poháněna spalovacím motorem, byla v Německu experimentálně zkoušena pro použití v lesním hospodářství (zejména krácení kmenů) již v roce 1917 a po technických zlepšeních byla od roku 1924 nasazována do provozní praxe. V počátcích své existence byly motorové pily poháněny převážně elektromotorem (např. dvoumužná řetězová pila Stihl z roku 1926). Již v tomto roce 1926 však byla firmou Stihl zkoušena pila poháněná spalovacím motorem (Stihl, 1996). V roce 1929 byla zahájena výroba prvních řetězových dvoumužných pil Stihl s benzinovým motorem. Jednalo se o pily převodové, použitelné pro kácení a přeřezávání stromů. S těmito pilami bylo možno, po přestavení polohy lišty vůči nosné části, provádět vodorovné, svislé i šikmé řezy. Jednomužná motorová pila typu

Woodboss, která byla koncepčně podobná dnešním motorovým pilám, se objevila v roce 1940 v Kanadě (Neruda, Černý, 2006).

Hlavním důvodem preferování dvoumužných řetězových pil v té době byl spjat s problematikou hnacího ústrojí. Ačkoliv byla jejich konstrukce zmenšená do téměř dnešní podoby, používání ocelových slitin mělo za následek vysokou hmotnost (až 50 kg). K posunu v tomto problému došlo až v 50. letech 20. století vývojem nových, lehkých slitin na bázi hliníku a hořčíku a vývoji vysokootáčkových motorů. Těmito úpravami se docílilo snížením hmotnosti stroje, jak lehkými slitinami, tak i eliminací převodových systému mezi motorovým a řezným ústrojím. S těmito úpravami začal vzestup jednomužné řetězové pily do podoby, jak jí známe dnes.

Konstrukce řetězových pil se od 50. let 20. století nijak radikálně nezměnila. Provedené změny od té doby měly především za následek snížení váhy a tím lehčí manipulaci se strojem a prvky pro zvýšení bezpečnosti.

### 3.1.1 Konstrukce motorových řetězových pil

Neruda a Černý (2006) dělí řetězovou pilu na tři hlavní konstrukční prvky:

- motorovou,
- řezací,
- nosnou.

Toto rozdělení je praktické tím, že každý prvek má odlišný účel a svou důležitostí jsou si rovny. Stejně tak i místa spojení těchto prvků jsou důležitá z hlediska efektivity a bezpečnosti při práci se strojem.

#### 3.1.1.1 Motorová část

Motorovou část tvoří především samotný motor, dále karburátor, vzduchový filtr, zapalovací soustava, palivová a olejová nádrž (tyto však u některých typů pil bývají součástí nosné části), spouštěcí ústrojí, výfuk, odstředivá spojka a brzda řetězu. (Neruda, Černý, 2006)

### 3.1.1.2 Motor

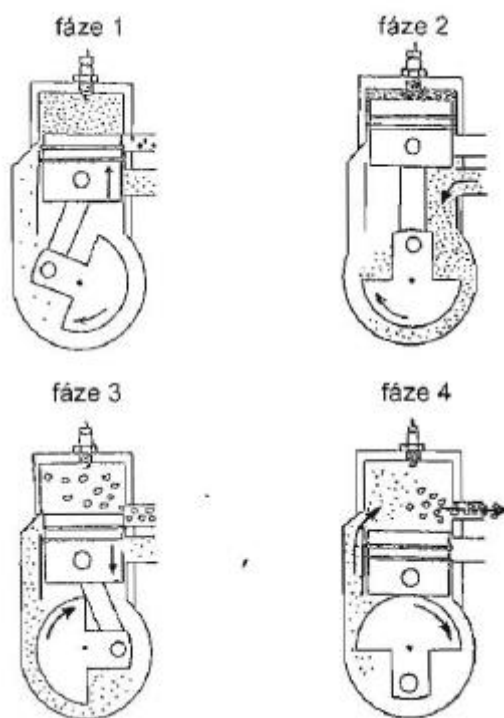
Motory řetězových pil jsou z většiny pístové dvoutaktní jednoválce chlazené vzduchem. Tento typ motoru převládá hlavně pro svou jednoduchost, spolehlivost a snadnou údržbu. Můžeme se setkat i například s dvouválcovými (fa SOLO), nebo Wankelovými motory (fa Dolmar), jsou to ale ojedinělé případy.

Jednoválcový dvoutaktní motor se skládá ze skříně motoru, hlavy válce, pístu, ojnice a klikové hřídele. Materiály použité na tyto součástky jsou slitiny hliníku, povrchově zušlechtěné v namáhaných částech (stěny válce a pístu), s výjimkou klikové hřídele, která je z důvodu svého silného namáhání vyráběna z oceli. Mazání motoru je řešeno použitím benzínu smíšeného s motorovým olejem v poměru 1:20 až 1:25 (vždy uváděno výrobcem).

Motor je pistorozvodný, tj. uzavírání a otevírání sacích, prepouštěcích a výfukových kanálů válce vykonává při svém pohybu píst. (Neruda, Černý 2006).

Na obrázku č.1 je vyobrazené schéma chodu dvoutaktního motoru ve čtyřech fázích:

- Fáze 1/2 – komprese/výbuch  
Píst se pohybuje nahoru do horní úvratě. Po otevření sacího kanálu dochází vlivem podtlaku v klikové skříně k nasátí výbušné směsi do klikové skříně. Před dosažením horní úvratě válce dojde k výbuchu.
- Fáze 3/4 – expanze/výfuk  
Píst se pohybuje do spodní úvratě, dochází k otevření výfukového kanálu. Před dosažením spodní úvratě válce dojde k otevření prepouštěcího kanálu, výbušná směs se přečerpává z klikové skříně do válce.

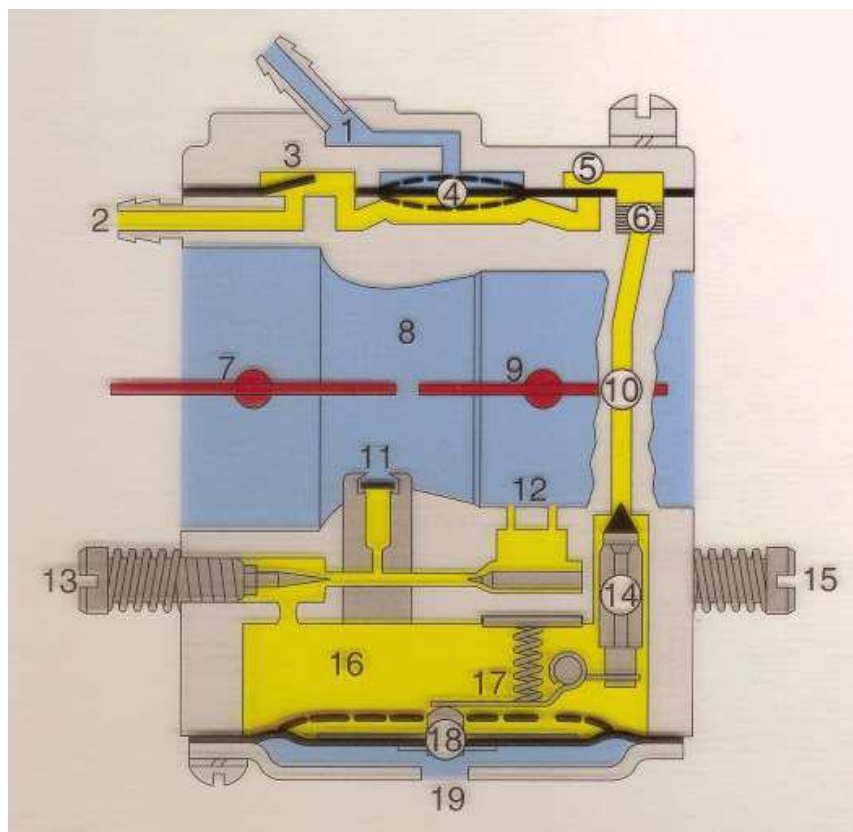


**Obrázek 1. Fáze chodu dvoutaktního motoru**  
(Neruda, Černý. 2006)

Již dříve bylo zmíněno, že motor je chlazený vzduchem. Primárním chladícím prvkem motoru je ventilátor poháněný přímo klikovou hřídelí. Další chlazení je docílené žebrováním na povrchu válce. Žebrováním se zvyšuje plocha povrchu válce a tím se zvyšuje přenos tepla mezi motorem a okolím.

### 3.1.1.3 Karburátor

Karburátor má za úkol rozprášit palivo do vzduchu v optimálním poměru a vytvořit tím výbušnou směs, která je odváděna sacím kanálem do klikové skříně. Části karburátoru jsou vyobrazeny na obrázku 2.



**Obrázek 2 Stavba dvoumembránového karburátoru**

(Neruda, Zemánek, 2013)

1 – impulsní kanál, 2 – přívod paliva, 3 – sací ventil, 4 – čerpací membrána, 5 – výtlačný ventil, 6 – palivové sítko, 7 – vzduchová přívěra (sytič), 8 – difuzér, 9 – škrťací klapka (ovládaná plynovým táhlem), 10 – přívod do palivové komory, 11 – hlavní tryska, 12 – přechodová a volnoběžná tryska, 13 – regulační šroub vysokých otáček, 14 – jehlový ventil, 15 – regulační šroub volnoběhu, 16 – palivová komora, 17 – pákové ovládání jehlového ventilu, 18 – regulační membrána, 19 – otvor spojení s atmosférou

Karburátor je vybaven dvěma membránami. První, čerpací membrána je impulsním kanálem spojena s klikovou skříní. Otáčky klikové hřídele tedy regulují vychýlení čerpací membrány, a tudíž i nasávání palivové směsi z nádrže.

Druhá, regulační membrána je vychylována vlivem objemu paliva v palivové komoře. Při dostatečném objemu paliva je vychylována směrem z palivové komory ven (její objem roste) a přes pákový mechanismus uzavírá přívod paliva jehlicovým ventilem. Regulační membrána se po uzavření přívodu paliva vrací do původní polohy a vytlačuje palivo skrze trysku (hlavní, volnoběžná).

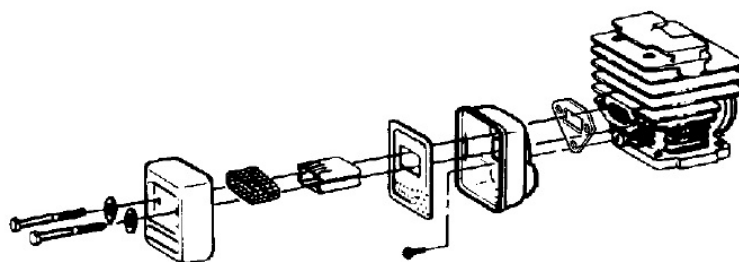
Chod celého stroje je karburátorem regulován pomocí škrťací klapky, která je páčkovým a táhlovým mechanismem spojena s ovládací páčkou plynu na zadní

rukojeti pily. Takto může obsluha pily ovládat rychlost otáčení motoru. Karburátor obsahuje ještě jednu klapku: vzduchovou přívěru, při jejímž uzavření je silně omezen průchod vzduchu karburátorem do motoru a palivová směs je obohacena benzinem. Toho se využívá při spouštění studeného motoru. Tato klapka tedy plní funkci sytiče. Ovládá se táhlem nebo páčkou (Neruda, Černý, 2006).

#### 3.1.1.4 Výfuk

Výfuk, nebo také tlumič výfuku má účel ochladit výfukové plyny vedených z válce výfukovým kanálem a rovněž tlumit hluk při chodu motoru.

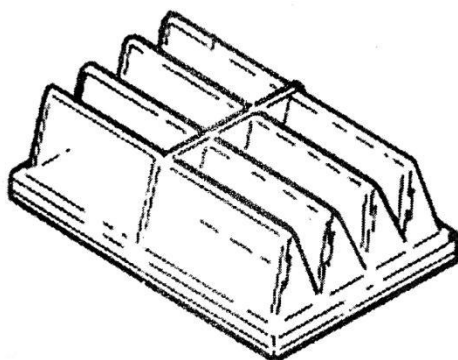
Konstrukčně je jedná o ocelový výlisek, uvnitř vybavený labyrintem, který má za následek, že výfukové plyny se o jeho stěnu ochlazují. Rovněž je možné tyto tlumiče vybavit katalyzátory pohlcující zdraví škodlivé látky. Schéma tlumiče výfuku je vyobrazené na obrázku 3.



Obrázek 3 Tlumič výfuku  
(Neruda, Černý, 2006)

#### 3.1.1.5 Vzduchový filtr

Vzduchový filtr čistí vzduch přiváděný do karburátoru od nečistot, které by měly za následek snížení výkonu, nebo dokonce i zanesení a znehodnocení motoru. Vzduchový filtr bývá složen z plošných sít (jedno i vícevrstvé) o různé jemnosti (viz. obr. 4). Tato síta se vyrábějí z kovových i umělých vláken. Pravidelné čištění vzduchového filtru značně omezuje riziko poklesu výkonu motoru.



**Obrázek 4 Sítový vzduchový filtr**

(Kunt, 2012)

### 3.1.1.6 Zapalovací soustava

Při popisu dvoutaktního motoru bylo zmíněno, že při fázi komprese dochází před dosažením pístu horní úvratě k výbuchu. K tomu dojde přeskočením jiskry mezi elektrodami svíčky umístěné v hlavě válce. Doba přeskočení jiskry je řízená zapalovací soustavou.

Zapalovací soustavu zde tvoří dva základní celky: rotující permanentní magnet uložený v kole ventilátoru a modul elektronického zapalování. Elektronický modul sestává z jádra, indukční cívky, řídicí cívky, diody, tyristoru, kondenzátoru, zapalovací cívky s primárním a sekundárním vinutím a zapalovací svíčky.

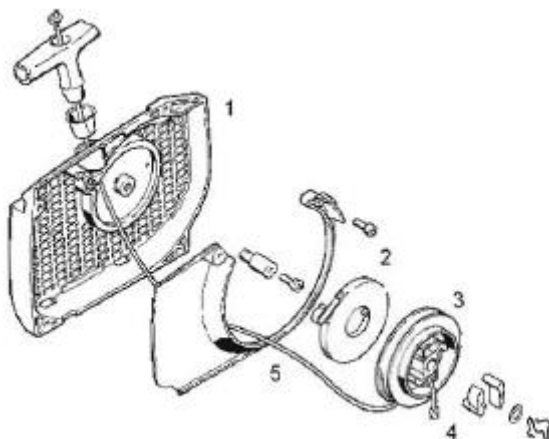
Při přechodu permanentního magnetu okolo indukční cívky se indukuje impuls střídavého napětí, které je usměrněné diodou a nabije se kondenzátor. Tyristor není otevřen. Při přechodu magnetu okolo řídicí cívky se indukuje řídicí napěťový impuls a je usměrněn diodou která je spojena s tyristorem. Tyristor se tak stane vodivým, jestliže je síla řídicího impulsu dostatečná. Energie z kondenzátoru se vybije přes tyristor a primární vedení cívky. Tato změna napětí indukuje na sekundárním vinutí zapalovací cívky velmi vysoké napětí, které způsobí přeskok jiskry mezi elektrodami zapalovací svíčky a zažehnutí palivové směsi ve válci. Systém umožňuje automatické přestavení předstihu, neboť potřebná úroveň řídicího napěťového impulsu k otevření tyristoru je dosažena tím dříve, čím rychleji se otáčí kolo ventilátoru s magnetem. Při volnoběhu je úhel předstihu asi 12", při plném chodu cca 25°. K zastavení chodu motoru slouží zkratovací spínač. Elektronické zapalování je spolehlivé a jeho údržba je minimální (Neruda, Černý 2006).



### 3.1.1.7 Startovací ústrojí

Startovací ústrojí motoru je umístěné v blízkosti ventilátoru motoru a se skládá z cívky s uvnitř navinutou zpětnou pružinou a vně navinutým startovacím lankem, které je zakončené madlem (viz. obr. 5).

Vytažení startovacího lanka uvede cívku do rotačního pohybu. Rotující cívka dosedne na ventilátor motoru, čímž jej uvede do pohybu a tím i klikovou hřídel motoru. Pohybem klikové hřídele dojde k nasátí paliva do klikové komory, magnet uložený ve ventilátoru začne indukovat napětí na zapalovací soustavě a celý systém začne pracovat. Zpětným navinutím startovacího lanka dojde i k odpojení cívky od ventilátoru.



**Obrázek 5 Startovací ústrojí**

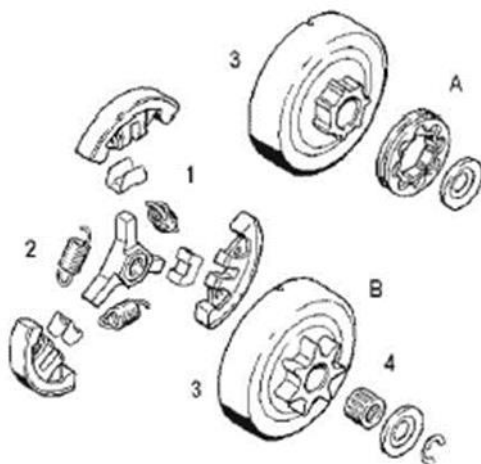
(Neruda, Černý, 2006)

1 – kryt, 2 – vinutá pružina, 3 – cívka, 4 – západky, 5 – startovací lanko zakončené madlem

### 3.1.1.8 Odstředivá spojka

Odstředivá spojka přenáší kroutící moment z klikové hřídele na řetězku. Odstředivá spojka se skládá z třecích segmentů, uchycených na klikové hřídeli a spojkového bubnu s řetězkou (viz. obr. 6). Třecí segmenty v klidovém stavu na vnitřní stěnu bubnu nedosedají. Až po dosažení určitého počtu otáček jsou třecí segmenty odstředěny na stěnu bubnu a přenáší se tak kroutící moment z klikové hřídele na řetězku. Při poklesu otáček se třecí segmenty od bubnu opět odpojí.

Tento systém má jednak svou jednoduchostí také výhodu v tom, že plní i funkci pojistky, kdy při přetížení na řetězu mohou třecí segmenty prokluzovat, čímž snižují vynakládanou zátěž na klikovou hřídel. Rovněž umožňuje, že při volnoběhu nedochází k protáčení řetězu.



**Obrázek 6 Odstředivá spojka**

(Neruda, Černý, 2006)

1 – třecí segmenty, 2 – pružina, 3 – spojkový buben s řetězkou (A – hvězdicová, B – prstencová), 4 – jehlové ložisko

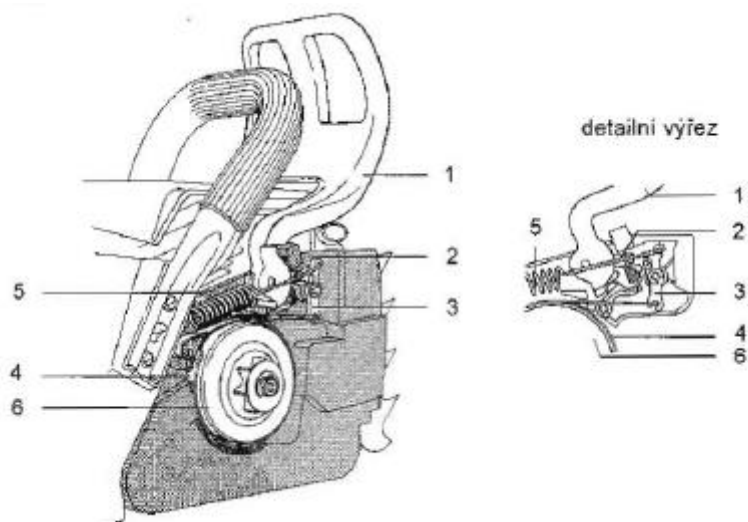
### 3.1.1.9 Palivová a olejová nádrž

Oboje nádrže bývají u dnešních pil plastové výlisky opatřené šroubovým uzávěrem. Palivová nádrž zpravidla bývá umístěná v zadní části motorové pily. Oboje nádrže jsou rovněž vybaveny pryžovou hadičkou zakončenou sacím košem s filtrem. Důvod toho je, že sací koš svou tíhou stahuje sací hadičku vždy na dno nádrže, nehledě na to, v jaké poloze se pila nachází.

Palivo je z palivové nádrže nasáváno sací membránou karburátoru. Olej určený pro mazání kluzných ploch řezacího řetězu je rozváděn do vodící lišty pomocí olejového čerpadla. Olejové čerpadlo je poháněné přes buben odstředivé spojky. Toto řešení má nespornou výhodu oproti přímému pohonu z klikové hřídele, jelikož je čerpadlo spuštěno pouze za pohybu řezacího řetězu.

### 3.1.1.10 Brzda řetězu

Tento bezpečnostní prvek má především za účel chránit zdraví a bezpečí uživatele při neočekávaných a zdraví ohrožujících situacích a to pokud možno okamžitým zastavením řetězu. Okamžité zastavení řetězu je v tomto případě klíčové, je tedy nutné tuto pojistku konstruovat nezávisle na běhu motoru (i při bezpečnostním vyzkratování obvodu by motor stále dobíhal). Bezpečnostní brzda je tedy řešená přes buben odstředivé spojky pomocí brzdového pásu, obepínajícího buben (viz. obr. 7).



**Obrázek 7 Brzda řetězu**

(Neruda, Černý, 2006)

1 – ochranný kryt, 2 - zapínací páka, 3 – brzdová páky, 4 – pás brzdy, 5 – vinutá brzda pružiny, 6 - buben spojky

### 3.1.2 Řezací část

V předchozích kapitolách zmiňovaná řetězka je přechodovým prvkem mezi motorovou a řezací částí řetězové pily. V různých pramenech je i uváděna jako prvek řezací části (např. Lysý, 1963). Řetězka uvádí do pohybu pilový řetěz, jediný práci konající prvek řezací části. Dalšími prvky jsou vodící lišta a napínací mechanismus.

### 3.1.2.1 Pilový řetěz

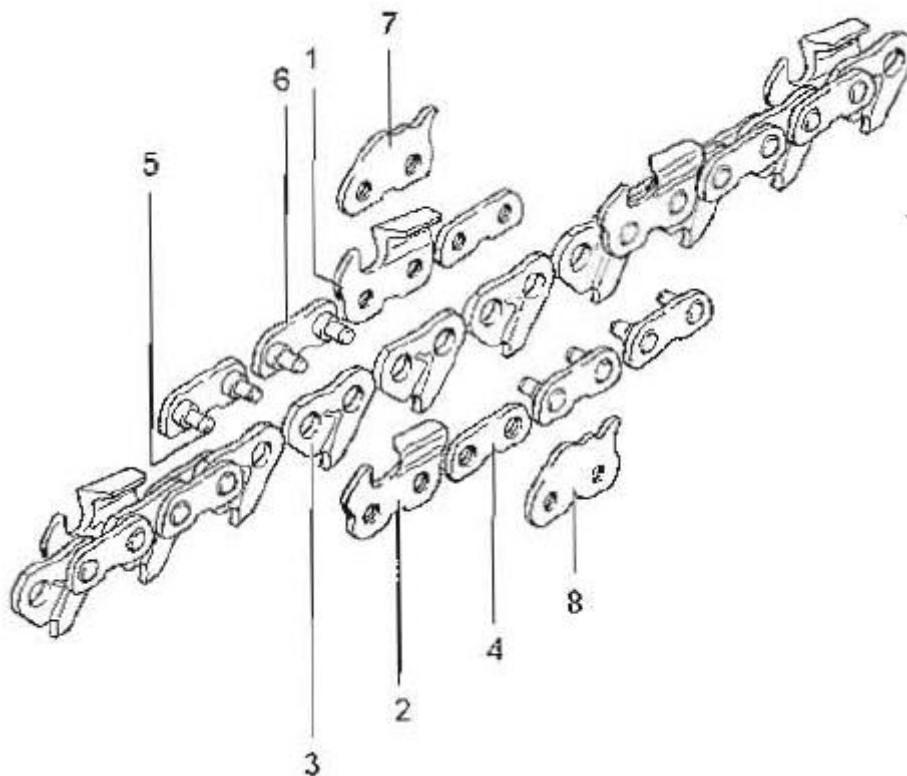
V dnešní době nejpoužívanějším typem pilového řetězu je řetěz hoblovací. Nekonečný hoblovací řetěz je tvořen těmito částmi (články):

- hoblovací článek (pravý a levý),
- vodící článek,
- spojovací článek.

Tyto články jsou vzájemně pospojovány nýty (viz. obr. 8).

Hoblovací zub obsahuje řeznou část a omezovací patku. Řezná část je tvořena boční řeznou hranou a řeznou hranou hřbetovou, která tvoří hlavní pracovní ostří. Omezovací patka udává hloubku třísky odebíranou ostřím.

Vodící články mají za úkol vést řetěz v drážce lišty, čistit drážku od nečistot, rozvádět mazací olej a přenášet krouticí moment z řetězového kolečka na pilový řetěz samotný (Kunt, 2012).



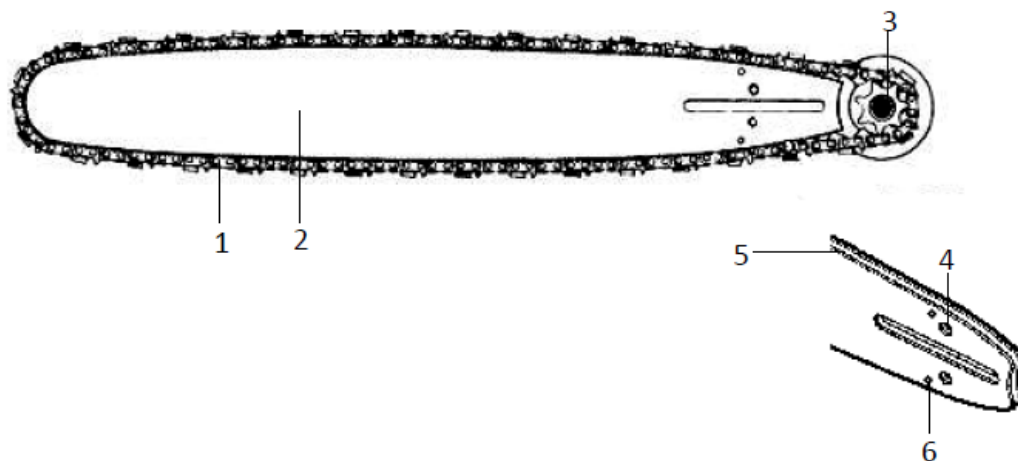
**Obrázek 8 Části pilového řetězu**

(Neruda, Černý, 2006)

1 – hoblovací článek pravý, 2 – hoblovací článek levý, 3 – vodící článek, 4 – spojovací článek, 5,6 – spojovací článek s nýty, 7,8 – bezpečnostní spojovací článek

### 3.1.2.2 Vodící lišta

Vodící lišta zajišťuje správné vedení pilového řetězu. To zajišťuje drážka po obvodu vodící lišty, v níž je pilový řetěz usazen vodícími články (viz. obr. 9). Řezací a spojovací články by se měly vodící lišty dotýkat svými spodními hranami, hlavně z důvodu přívodu maziva do článků.



Obrázek 9 Schema řezací části s detailem patky vodící lišty

(Kunt, 2012)

1 – pilový řetěz, 2 – vodící lišta, 3 – řetězka, 4 – otvor pro upínací čep, 5 – vodící drážka, 6 – mazací otvor

Vodící lišty si z konstrukčního hlediska můžeme rozdělit na dvě podskupiny:

- lišty s pevnou špičkou,
- lišty s volnou špičkou (s vodícím kolečkem nebo s vodící řetězkou).

Špička lišty je jednou z nejnámáhanějších částí lišty. Proto lišty s pevnou špičkou bývají v těchto místech zušlechťovány povrchovými úpravami pro zvýšení odolnosti. Lišty s volnou špičkou mají v tomto místě namáhání snižené pomocí pohyblivé části. Pro značné namáhání špičky vodící lišty se rovněž můžeme setkat s konstrukcí vodící lišty se špičkou výměnnou.

### 3.1.2.3 Napínací zařízení

Napínací zařízení zajišťuje, aby pilový řetěz byl napnutý co neoptimálněji. Při velkém napnutí řetězu ve vodící liště dochází ke zvýšenému tření a tím i zrychlenému opotřebením nástrojů. Při naopak volném řetězu hrozí bezpečnostní rizika při jeho používání.

V principu se jedná o převodní šroubové soukolí a matici s kolíkem, kdy kolík zapadá do otvoru na liště. Otáčením napínacího šroubu dochází k posuvu matice s kolíkem a tím napínání nebo uvolňování řetězu (Kunt, 2012).

### 3.1.3 Nosná část

Nosná část má především ulehčovat manipulaci se strojem a zajišťovat bezpečné používání. Mezi nosnou část řetězových pil patří rukojeti a jejich spojení s motorovou částí pomocí silentbloků a pružin.

#### 3.1.3.1 Rukojeti

Přední rukojeť je konstrukčně řešena jako ohýbaná ocelová trubka s protiprokluzovou povrchovou úpravou, vpředu chráněná krytem brzdy řetězu. Moderní (většinou profesionální) řetězové pily jsou často vybaveny vyhříváním přední rukojeti pomocí odporového drátu. To dává uživateli větší komfort při užívání v chladnějších podmínkách.

Zadní rukojeť je složena z obloukového plastového výlisku. Oblouk ve spodní části chrání levou ruku před poraněním. Do zadní rukojeti je rovněž vyvedeno táhlo plynu.

#### 3.1.3.2 Silentbloky a pružiny

Silentbloky a pružiny slouží k pohlcení a tím pádem utlumení nežádoucích vibrací vznikajících prací motoru a tím zabránění jejich přenosu na obsluhu motorové pily.

Pružně je tedy oddělena část motorová od části nosné a to vhodným uspořádáním pružin a silentbloků. Počet, umístění a konstrukce tlumících prvků závisí na konkrétní značce a modelu motorové pily.

Konstrukčně se tedy jedná o systém tlačných, válcových a vinutých pružin, nebo použití pryžových prvků tlumících nežádoucí vibrace (Kunt, 2012).

### 3.2 Doplnky rozšiřující využitelnost motorových řetězových pil

Motorové řetězové pily jsou velmi kompaktní, uživatelsky jednoduché na provoz a údržbu a finančně dostupné. Nabízí se tedy myšlenka upravit pracovní část pily, aby mohla sloužit i jiným účelům při zpracování dřeva, než jen kácení, odvětvování a zkracování. Těmto doplňkům se v dnešní době věnuje velké množství podniků s primárním zaměřením na výrobu motorových pil i podniků specializovaných na tyto produkty.

#### 3.2.1 Nástavce pro podélné řezání kulatiny

Motorová řetězová pila je konstrukčně řešena na ruční manipulaci. Kvalita a přesnost řezu je tedy značně ovlivněna uživatelem. Pomocí konstrukčně jednoduchých nástavců a vodících lišt je ovšem možné vedení řezu zpřesnit a využít tak motorovou pilu pro podélné řezání kulatiny. První zařízení tohoto typu bylo patentováno již v roce 1956 ve Spolkové republice Německo (Prokeš, 1978).

Na dnešním trhu se můžeme setkat s pestrou škálou takovýchto produktů s různými konstrukčními řešeními i různými stupni mechanizace.

##### 3.2.1.1 Omítací nástavec

Snad nejjednodušším z těchto nástavců je nástavec sloužící k hranění řeziva (viz. obr. 10). Motorová řetězová pila je upnuta do toho nástavce přes vodící lištu pilového řetězu. Další část přípravy je upevnění vodícího profilu na obráběný materiál, které je většinou řešeno upínacími klíny, případně šrouby. Vodící mechanismus nástavce je poté nasunut na vodící lištu. Tento nástavec najde uplatnění při výrobě stavebního řeziva s větší dimenzí jako krovů, vazníků a nosníků.



**Obrázek 10 Omítací nástavec Edging mill fy GRANBERG**

(<https://granberg.com>)

1 – upínací mechanismus, 2 – vodící mechanismus, 3 – madlo, 4 – ochranný kryt

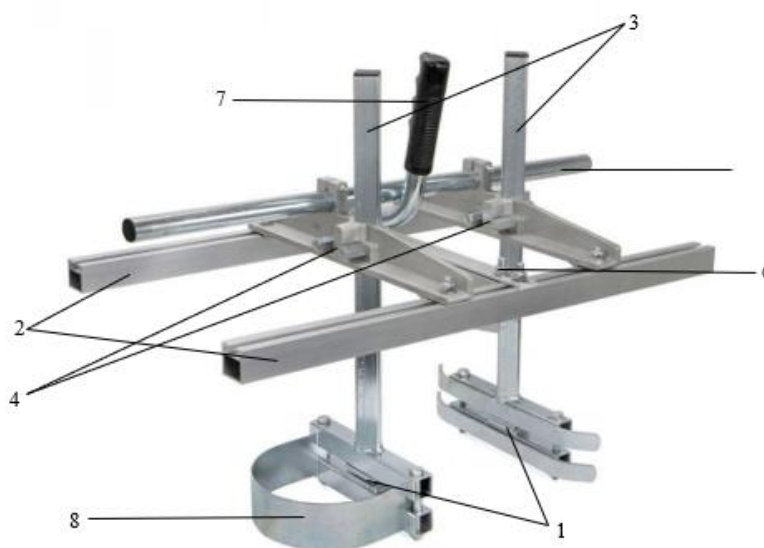
### 3.2.1.2 Nástavec typu ALASKAN

Nástavec typu ALASKAN je dalším typem nástavce, který slouží na výrobu řeziva. Jeho konstrukce je oproti předchozímu již složitější, nicméně stále uživatelsky přijatelná a dostupná. Tento nástavec slouží ke zpracování surové kulatiny na výrobu řeziva. Pila je tentokrát v horizontální poloze a tloušťka obrobku je definována vzdáleností mezi horní hranou pilového řetězu a spodní hranou horizontálních vodících lišt, která se dá upravovat posuvem horizontálních lišt po vertikálních vodítkách.

Na dnešním trhu se můžeme setkat s mnoha variantami tohoto nástavce v závislosti na výrobci a potřebě zákazníka. Americká firma Granberg, která se



výrobou těchto nástavců zabývá, nabízí nástavec ALASKAN MkIV (viz. obr. 11) v provedeních na řetězové vodící lišty s roztečí od 24 palců (60,96 cm) do 84 palců (213 cm). Pro lišty o větší rozteči rovněž nabízí externí olejovou nádrž pro mazání řetězu, kdy rozvod maziva je řešen samospádem. Pro ulehčení užívání je možné doplnit tento nástavec navijecím mechanismem, který zajišťuje plynulejší chod řeznou spárou.



**Obrázek 11 Nástavec ALASKAN MkIV, fy GRANBERG**

(<https://granberg.com>)

- 1 – upnutí vodící lišty řetězu, 2 – horizontální vodící profily, 3 – vertikální vodítka, 4 – stavěcí šrouby, 5 – aretační tyč, 6 – naváděcí profil, 7 – madlo, 8 - bezpečnostní krytování špičky vodící lišty

Tento nástavec je stejně jako předchozí doplněn vodící lištou, která je klíčová pro vedení prvního řezu. Ten je v případě surové kulatiny nezbytný, jelikož nemáme dostatečně širokou a rovnou plochu na dosednutí horizontálních lišt. Po provedení prvního řezu pak není nutné lištu využívat, jelikož rovná pracovní plocha již na kmeni je. Značně tedy závisí na kvalitě provedení prvního řezu, jelikož jeho kvalitu kopírují řезы následující. Lišty se dodávají v různém provedení (v závislosti na výrobcí), za použití ocelových prvků v kombinaci s lehkými hliníkovými slitinami (horizontální vodící profily).

### 3.2.1.3 Lavice typu Logosol

Nejsložitějším doplňkem motorových řetězových pil je pořezová lavice typu Logosol. Svou konstrukcí se již přibližuje mobilním pásovým pilám, kdy na rámu lavice je umístěné lineární vedení, na které je řetězová pila uchycena v horizontální směru (viz. obr. 12). Toto lineární vedení je fixní a tloušťka obrobku je regulována pomocí výškově nastavitelných stojin, na kterých je zpracovávaný kmen usazen. Lavici je také možné doplnit mnoha prvky, které zefektivňují její používání. Mezi ně patří například automatické vedení posuvu pily a automatické zdvihy stojin. Po těchto úpravách je zpracování kmene zcela nezávislé na člověku, který pouze zajišťuje odebírání řeziva, které je mu přisouváno vratným pohybem pily v lineárním vedení.



**Obrázek 12 Pořezová lavice Logosol F2**

(<http://cz.logosol.com/>)

1 – rám, 2 – výškově nastavitelné stojiny, 3 – lineární vedení, 4 – upnutí řetězové pily

Za velkou přednost této lavice pokládám optimální pracovní výšku při používání a bezpečnost práce, jelikož pila je upnuta ke statickému rámu. Rovněž je s touto lavicí možné provést podélné řezy pod různým úhlem, jelikož stojiny se nastavují nezávisle na sobě.

Svou konstrukcí je pořezová lavice ovšem také limitována. Nutnost přesunu kulatiny na rám omezuje rozměry zpracovávané kulatiny. Rovněž rozměry celé lavice značně omezují manipulaci s ní, na rozdíl od předchozích nástavců.

### 3.2.2 Doplnky měnící funkci motorové pily

Vedle využití motorové řetězové pily na výrobu pořezu jsou zde další možnosti, jak ji využít. Nebudeme-li brát v úvahu řezací část, stále máme jednoduchý a velice efektivní zdroj točivého momentu. Existují například velmi jednoduché odkorňovací nástavce, kdy buben spojky s řetězkou je nahrazen bubnem s řemenicí a přes řemenný převod je točivý moment přenášen na frézovací, odkorňovací hlavu. Zpřesněním a zpevněním těchto nástavců můžeme získat velmi účinné hoblovací, případně dlabací frézky, viz. obr. 13.



**Obrázek 13 Hoblovací nástavec, fy EDER**

(<https://www.eder-maschinenbau.de>)

## 4 Praktická část práce

V předchozích kapitolách byla popsána konstrukce motorové řetězové pily a možnosti jejího využití pro výrobu řeziva. S tím přichází otázka, zda takto upravený Aljašský katr“ může konkurovat běžným pilnicím, které používají na zpracování kulatiny technologií rámových a pásových pil. Cílem praktické části je určit podmínky, kdy “Aljašský katr“ je vhodná volba pro výrobu řeziva.

### 4.1 Metodika

Tato práce sleduje a analyzuje 3 výrobní procesy pořezu kulatiny. Pomocí “Aljašského “katru” byla zpracovávána smrková surová kulatina na nehraněné fošny o tloušťce 52 mm. Při tomto procesu byl sledován pracovní postup, bezpečnost práce, rychlost pořezu, opotřebení nástrojů, spotřeba paliva a kvalita výstupní suroviny.

Stejně parametry byly poté sledovány při použití rámové pily na pilnici PILA BON v Otročiněvsi. Výjimkou byla spotřeba paliva, která byla nahrazena odběrem z elektrické sítě. Rovněž bylo přihlédnuto k dalším potřebám pilnice, nezbytných pro provoz.

Obdobné sledování bylo poté provedeno na pásové pile ve společnosti LINEA spol. s.r.o. v Trubíně.

Získaná data byla následně ekonomicky zhodnocena a porovnána s výsledkem, pro jaké objemy výroby jsou uvedené technologie nejvýhodnější.

### 4.2 Charakteristika použitých zařízení

#### 4.2.1 Aljašský “katr“

Pro technologii pořezu Aljašským “katrem” byla použita motorová řetězová pila Husqvarna 272 XP opatřená nástavcem ALASKAN MkIV.

Husqvarna 272 XP je profesionální jednomužná řetězová pila stejné konstrukce, která byla v teoretické části specifikována, viz. obr. 14. Ačkoliv se jedná již o neprodávaný model, svými parametry se stále řadí k těm nejvýkonnějším motorovým pilám od tohoto výrobce na našem trhu.

### **Technické parametry motorové pily Husqvarna 272 XP:**

Zdvihový objem válce:	72,2 m <sup>3</sup>
Rychlost volnoběhu:	2500 ot./min.
Výkon:	3,6 kW
Maximální rychlost:	9300 ot./min.
Objem palivové nádrže:	0,75 l
Objem olejové nádrže:	0,45 l
Váha (bez lišty a řetězu):	6,3 kg



**Obrázek 14 Motorová pila Husqvarna 272 XP**

(<https://www.husqvarna.com>)

Standardně je tato motorová pila dodávána lištou o účinné délce 15 palců (38 cm). Pro potřeby našeho měření, kdy bylo zapotřebí provést řez až 41 cm hluboký, byla pila osazena lištou Oregon Powercut 363RNDD009 s účinnou délkou 36 palců (90 cm). Tato lišta je vybavena výměnnou vodící špičkou osazenou vodící řetězkou, viz. Obr. 15



**Obrázek 15 Vodící lišta Oregon Powercut 363RNDD009**

(<https://www.oregonproducts.com>)

Většina pilových řetězů je konstruovaných pro příčný řez. Při příčném řezu, kdy je řez veden kolmo na vlákna, je třeba řetěz konstruovat tak, aby docházelo k minimálnímu vytrhávání vláken. Většina řetězů má proto úhel ostření (úhel svírající hřbetní břit s kolmicí na osu řetězu) 30°, univerzálnější řetězy 25°. Řetězy pro podélný řez takto konstruovány být nemusí (k vytrhávání vláken nedochází), jejich úhel broušení je tedy příkřejší. Většinou se u řetězů pro podélný řez setkáváme s úhlem broušení 10°. Tento úhel broušení má i použitý řetěz Oregon 75 RD 115 E, viz. obr. 16.



**Obrázek 16 Pilový řetěz Oregon 75 RD 115 E**

(<https://alaskanmill.co.uk>)

Takto vybavená motorová pila byla osazená nástavcem ALASKAN MkIV. Jeho stavba a prvky již byly uvedeny výše. Pohled na celkovou sestavu je znázorněn na obr. 17.



Obrázek 17 "Alljašský katr" – sestava

#### 4.2.2 Rámová pila

Dalším sledovaným technologickým postupem byla pila rámová. Pila Bon v Otročiněvsi je vybavena rámovou pilou G71 R s průchodem 70 cm a možnou délkou pořezu do 13 m. Zaměřuje se na výrobu tesařského, truhlářského a stavebního řeziva. V nedávné době firma investovala do sušárny SL-5 (výrobce Kovo S Nový Knín spol. s.r.o.) s kapacitou do 9 m<sup>3</sup>.

O manipulaci na pile a provoz rámové pily se starají dva zaměstnanci. V roce 2018 vyprodukovala Pila Bon 10 500 m<sup>3</sup> řeziva.

#### 4.2.3 Pásová pila

Poslední sledovanou technologií pořezu byla pila pásová. Sledování a měření procesu bylo provedeno ve společnosti LINEA spol. s.r.o.. Společnost je primárně zaměřena na zakázkovou výrobu nábytku, rovněž se ovšem zaměřuje na výrobu a prodej truhlářského a stavebního řeziva. Pilnice je vybavena pásovou pilou Wimmer BN 110 S od firmy Baljer-Zembrod spol. s.r.o. se sídlem v Rousínově. Pila je vybavena originálním rámem s délkou pořezu do 10 m. Maximální průchodnost pily je 130 cm.

Pilařský provoz zajišťují 2 zaměstnanci (operátor pily a manipulant). V roce 2018 bylo na Pile společnosti LINEA spol. s.r.o. vyrobeno 4800 m<sup>3</sup> řeziva.

#### 4.3 Charakteristika zpracovávané dřeviny

Pro co nejpřesnější porovnání výše uvedených technologií byla pro každá měření vybrána stejná dřevina, konkrétně Smrk ztepilý. Tato dřevina je ideální volba z důvodu, že se jedná o nejčastěji zpracovávanou dřevinu. Jednotlivé kulatiny tedy mohly být vybrány tak, aby všechny použité vzorky mezi sebou měli co nejméně odlišností.

Pro každý technologický postup bylo vybráno a zpracováno deset vzorků. Charakteristiky jednotlivých vzorků (středová tloušťka –  $d_{kul}$ , délka –  $l_{kul}$  a objem bez kůry -  $V_{kul}$ ) jsou uvedeny níže, viz. tab. 1 - 3.

**Tab. č. 1 Charakteristika vzorků použitých pro “Aljašský katr”**

vzorek č.	$d_{kul}$ [m]	$l_{kul}$ [m]	$V_{kul}$ [m <sup>3</sup> ]*
1	0,41	2	0,24
2	0,32	2	0,15
3	0,4	2	0,23
4	0,31	2	0,14
5	0,36	2	0,19
6	0,3	2	0,13
7	0,36	2	0,19
8	0,39	2	0,22
9	0,32	2	0,15
10	0,39	2	0,22

**Tab. č. 2 Charakteristika vzorků použitých pro pásovou pilu**

vzorek č.	$d_{kul}$ [m]	$l_{kul}$ [m]	$V_{kul}$ [m <sup>3</sup> ]*
1	0,47	5,5	0,88
2	0,38	5,5	0,58
3	0,42	5,5	0,7
4	0,36	5,5	0,52
5	0,45	5,5	0,81
6	0,39	5,5	0,61
7	0,45	5,5	0,81
8	0,4	5,5	0,64
9	0,4	5,5	0,64
10	0,42	5,5	0,7



**Tab. č. 3 Charakteristika vzorků použitých pro rámovou pilu**

vzorek č.	$d_{kul}$ [m]	$l_{kul}$ [m]	$V_{kul}$ [m <sup>3</sup> ]*
1	0,34	4	0,34
2	0,36	4	0,38
3	0,42	4	0,51
4	0,47	4	0,64
5	0,38	4	0,42
6	0,36	4	0,38
7	0,41	4	0,49
8	0,42	4	0,51
9	0,36	4	0,38
10	0,42	4	0,51

\*pro výpočet objemu byly použity kubírovací tabulky podle Hubera  
(<https://www.drevari.cz>)

#### 4.4 Výrobní postup pomocí Aljašského “katru”

Jelikož je tato práce zaměřena především na využití Aljašského “katru“, byl výrobní postup sledován pouze u této metody.

Nejprve bylo nutné určit schéma pořezu, abychom dosáhli nejvyšší možné výtěže řeziva v kombinaci s efektivností výroby. Rovněž pro přesnost měření bylo třeba mít dostatečný počet náměrů. Konečné zvolené schéma pořezu byl pořez na ostro s tloušťkou 52 mm. Schéma pořezu je znázorněné na obr. 18.



**Obrázek 18 Schéma pořezu na ostro**

Z důvodu absence originální vodící lišty “Aljašského katru“ bylo třeba tento prvek, nezbytný pro kvalitu prvního řezu a tím i všech ostatních řezů provedených na kulatině, nahradit obdobným prvkem, který přesnost prvního řezu dokáže zajistit. Pro naše potřeby byl zvolen hliníkový žebřík, který je často užívanou náhradou originální lišty z důvodu obdobné konstrukce a kvůli vyšší požadované nosnosti i lepší stabilitě “Aljašského katru“ během prvního řezu. Pro dodržení stability prvního řezu byla na každém konci kulatiny přišroubována vodítka opatřená drážkami pro stabilitu žebříku, viz. obr. 19.



**Obrázek 19 Kulatina připravená na první řez**

Takto nachystaná kulatina byla již připravená na provedení prvního řezu. Z důvodu dimenze námi improvizované lišty pro první řez, nebylo možné od počátku nastavit Aljašský “katr“ na předem zvolenou tloušťku 52 mm, jelikož by došlo ke kolizi. Na první řez bylo tedy nutné nastavit tloušťku řezu 160 mm, čímž jsme se vodící lištou pilového řetězu dostali pod úroveň upínacího mechanismu a mohli provést první řez, viz. obr. 20, 21.



**Obrázek 20 První řez**



**Obrázek 21 Kulatina s hotovým prvním řezem**

Takto již byla kulatina připravená k postupnému odřezávání fošen o požadované tloušťce. Jelikož by ale bylo nutné po zpracování kulatiny opět přenastavit nástavec na tloušťku potřebnou k prvnímu řezu, byl nejprve proveden první řez na všech vzorcích. Až následně byla nastavena požadovaná tloušťka pro vyráběné fošny. Tím jsme se vyvarovali ztrátám způsobených opakovaným přenastavováním výšky řezu.

Celý tento výrobní proces zajišťovali 2 pracovníci, operátor pily a manipulát, kdy manipulát odebíral získané obliny a fošny a skladoval na určeném místě. Aby nedocházelo k možným ztrátám na ceně vlivem znehodnocení produktu, bylo řezivo prokládáno jako v běžných pilařských závodech, viz. obr. 22. Tím bylo zajištěno volné prosychání řeziva.



**Obrázek 22 Skladování řeziva**

Během výrobního procesu byla kromě objemu výroby rovněž sledována spotřeba pohonných hmot. Před započítáním prací byla palivová nádrž vypuštěna a následně vždy naplněna 0,7 litru pohonné směsi (poměr 1:25) po zhasnutí motoru vlivem nedostatku paliva. Při doplňování paliva byla vždy rovněž naplněna olejová nádrž. Jejich pořizovací náklady a spotřeba byla v konečném výpočtu zohledněna.

#### **4.5 Naměřené hodnoty**

Po analýze výše zmíněných procesů následovalo shromáždění získaných dat. Tato data obsahují informace o rozměrech získané suroviny a vynaložený čas na její výrobu ( $t_{1x}$  - čas přípravy a prvního řezu a  $t_x$  - čas řezu), viz. tab. 4 - 6. Z naměřených rozměrů řeziva byl dále vypočten objem jednotlivých přířezů. Objem přířezu  $V_x$  byl získán pomocí následujícího vzorce:

$$V_x = d * l * h \quad (1)$$

Kde: d – středová šířka užší strany průřezu bez kůry,

l – délka průřezu,

h – tloušťka průřezu.

**Tab. č. 4 Naměřené hodnoty pro Aljašský “katr”**

vzorek č.	d [m]	l [m]	h [m]	$V_x$ [m <sup>3</sup> ]	$t_{1x}$ [s]	$t_x$ [s]
1	0,24	2	0,052	0,02496	234	361
	0,31	2	0,052	0,03224		153
	0,37	2	0,052	0,03848		148
	0,25	2	0,052	0,026		131
2	0,22	2	0,052	0,02288	216	128
	0,29	2	0,052	0,03016		152
	0,24	2	0,052	0,02496		125
	0,2	2	0,052	0,0208		268
3	0,22	2	0,052	0,02288	205	128
	0,31	2	0,052	0,03224		131
	0,35	2	0,052	0,0364		124
	0,18	2	0,052	0,01872		116
4	0,22	2	0,052	0,02288	192	128
	0,27	2	0,052	0,02808		144
	0,2	2	0,052	0,0208		162
5	0,22	2	0,052	0,02288	208	247
	0,27	2	0,052	0,02808		152
	0,26	2	0,052	0,02704		121
	0,18	2	0,052	0,01872		115
6	0,22	2	0,052	0,02288	207	131
	0,26	2	0,052	0,02704		146
	0,21	2	0,052	0,02184		152
7	0,21	2	0,052	0,02184	197	155
	0,32	2	0,052	0,03328		150
	0,28	2	0,052	0,02912		258
	0,23	2	0,052	0,02392		154
8	0,23	2	0,052	0,02392	203	132
	0,32	2	0,052	0,03328		154
	0,35	2	0,052	0,0364		205
	0,2	2	0,052	0,0208		122
9	0,23	2	0,052	0,02392	315	122
	0,26	2	0,052	0,02704		141
	0,24	2	0,052	0,02496		274
	0,18	2	0,052	0,01872		118
10	0,21	2	0,052	0,02184	208	114
	0,21	2	0,052	0,02184		136
	0,35	2	0,052	0,0364		133
	0,2	2	0,052	0,0208		132

**Tab. č. 5 Naměřené hodnoty pro pásovou pilu**

vzorek č.	d [m]	l [m]	h [m]	$V_x$ [m <sup>3</sup> ]	$t_{1x}$ [s]	$t_x$ [s]
1	0,22	5,5	0,053	0,064	286	38
	0,36	5,5	0,053	0,105		57
	0,42	5,5	0,053	0,122		41
	0,44	5,5	0,053	0,128		39
	0,4	5,5	0,053	0,117		65
	0,36	5,5	0,053	0,105		37
	0,3	5,5	0,053	0,087		46
2	0,21	5,5	0,053	0,061	274	36
	0,16	5,5	0,053	0,047		36
	0,26	5,5	0,053	0,076		42
	0,32	5,5	0,053	0,093		40
	0,35	5,5	0,053	0,102		35
	0,31	5,5	0,053	0,090		38
3	0,21	5,5	0,053	0,061	321	41
	0,18	5,5	0,053	0,052		32
	0,28	5,5	0,053	0,082		48
	0,36	5,5	0,053	0,105		55
	0,38	5,5	0,053	0,111		39
	0,34	5,5	0,053	0,099		39
	0,28	5,5	0,053	0,082		45
4	0,22	5,5	0,053	0,064	296	39
	0,14	5,5	0,053	0,041		47
	0,22	5,5	0,053	0,064		41
	0,34	5,5	0,053	0,099		43
	0,31	5,5	0,053	0,090		58
	0,24	5,5	0,053	0,070		39
5	0,19	5,5	0,053	0,055	221	45
	0,24	5,5	0,053	0,073		41
	0,32	5,5	0,053	0,093		42
	0,38	5,5	0,053	0,111		51
	0,34	5,5	0,053	0,099		46
	0,28	5,5	0,053	0,082		62
	0,21	5,5	0,053	0,061		45
6	0,21	5,5	0,053	0,061	412	84
	0,14	5,5	0,053	0,041		36
	0,24	5,5	0,053	0,070		41
	0,35	5,5	0,053	0,102		42
	0,31	5,5	0,053	0,090		50
	0,25	5,5	0,053	0,073		32
7	0,17	5,5	0,053	0,050	286	41
	0,2	5,5	0,053	0,058		39
	0,23	5,5	0,053	0,067		38
	0,33	5,5	0,053	0,096		32
	0,4	5,5	0,053	0,117		35
	0,34	5,5	0,053	0,099		36
	0,26	5,5	0,053	0,076		36
8	0,2	5,5	0,053	0,058	321	41
	0,18	5,5	0,053	0,052		42
	0,26	5,5	0,053	0,076		41
	0,36	5,5	0,053	0,105		36
	0,3	5,5	0,053	0,087		38
	0,24	5,5	0,053	0,070		39
9	0,2	5,5	0,053	0,058	260	39
	0,24	5,5	0,053	0,070		48
	0,3	5,5	0,053	0,087		65
	0,38	5,5	0,053	0,111		45
	0,31	5,5	0,053	0,090		41
	0,22	5,5	0,053	0,064		50
10	0,22	5,5	0,053	0,064	272	38
	0,2	5,5	0,053	0,058		36
	0,24	5,5	0,053	0,070		34
	0,37	5,5	0,053	0,108		42
	0,35	5,5	0,053	0,102		47
	0,3	5,5	0,053	0,087		46
10	0,25	5,5	0,053	0,073	272	40

**Tab. č. 6 Naměřené hodnoty pro rámovou pilu**

vzorek č.	d [m]	l [m]	h [m]	$V_x$ [m <sup>3</sup> ]	$t_x$ [s]
1	0,12	4	0,03	0,0144	216
	0,19	4	0,083	0,06308	
	0,29	4	0,083	0,09628	
	0,2	4	0,083	0,0664	
	0,13	4	0,03	0,0156	
2	0,15	4	0,03	0,018	245
	0,22	4	0,083	0,07304	
	0,32	4	0,083	0,10624	
	0,26	4	0,083	0,08632	
	0,18	4	0,03	0,0216	
3	0,11	4	0,03	0,0132	267
	0,22	4	0,03	0,0264	
	0,29	4	0,03	0,0348	
	0,32	4	0,083	0,10624	
	0,37	4	0,083	0,12284	
4	0,33	4	0,083	0,10956	284
	0,3	4	0,03	0,036	
	0,23	4	0,03	0,0276	
	0,28	4	0,03	0,0336	
	0,33	4	0,03	0,0396	
5	0,37	4	0,083	0,12284	269
	0,45	4	0,083	0,1494	
	0,35	4	0,083	0,1162	
	0,33	4	0,03	0,0396	
	0,3	4	0,03	0,036	
6	0,13	4	0,03	0,0156	231
	0,2	4	0,03	0,024	
	0,26	4	0,083	0,08632	
	0,33	4	0,083	0,10956	
	0,27	4	0,083	0,08964	
7	0,2	4	0,03	0,024	267
	0,14	4	0,03	0,0168	
	0,17	4	0,03	0,0204	
	0,23	4	0,083	0,07636	
	0,31	4	0,083	0,10292	
8	0,22	4	0,083	0,07304	258
	0,16	4	0,03	0,0192	
	0,2	4	0,03	0,024	
	0,25	4	0,03	0,03	
	0,29	4	0,083	0,09628	
9	0,37	4	0,083	0,12284	241
	0,31	4	0,083	0,10292	
	0,26	4	0,03	0,0312	
	0,22	4	0,03	0,0264	
	0,24	4	0,03	0,0288	
10	0,28	4	0,03	0,0336	280
	0,32	4	0,083	0,10624	
	0,36	4	0,083	0,11952	
	0,21	4	0,083	0,06972	
	0,28	4	0,03	0,0336	
10	0,23	4	0,03	0,0276	241
	0,1	4	0,03	0,012	
	0,2	4	0,083	0,0664	
	0,25	4	0,083	0,083	
	0,33	4	0,083	0,10956	
10	0,23	4	0,03	0,0276	280
	0,16	4	0,03	0,0192	
	0,24	4	0,03	0,0288	
	0,3	4	0,03	0,036	
	0,32	4	0,083	0,10624	
10	0,4	4	0,083	0,1328	280
	0,35	4	0,083	0,1162	
	0,31	4	0,03	0,0372	
10	0,26	4	0,03	0,0312	280

Jak již bylo zmíněno, během tohoto měření byla sledována i spotřeba provozních kapalin. Během měření pořezu Aljašským “katrem“ bylo spotřebováno 3,8 l pohonných hmot a 1,7 l mazacího oleje. V rámci výpočtů provozních nákladů rámové a pásové pily byly rovněž zjištěny příkony strojů, kde 25 kW je příkon pásové pily a 58 kW rámové pily.



## 5 Výpočty a výsledky

### 5.1 Výstupy měření

Nejdůležitějšími výstupy provedených měření, která jsou nezbytná pro porovnávání zvolených technologických procesů, jsou objem výroby za časovou jednotku a výtěžnost. První zmíněný parametr získáme z tabulek 4 – 7 dosazením do vztahu:

$$Q_t = \frac{\Sigma V_x}{\Sigma t_{1x} + \Sigma t_x} * 3600 \quad (2)$$

Výtěžnost pro jednotlivé metody pořezu získáme dosazením do vztahu:

$$\varphi = \frac{\Sigma V_x}{\Sigma V_{kul}} \quad (3)$$

### 5.2 Definování variabilních a fixních nákladů

Parametry potřebné pro vytvoření diagramu přelomu dělíme na náklady variabilní (mění se s objemem výroby) a fixní (nemění se s objemem výroby).

Mezi tyto náklady bylo započítáno:

pro Aljašský “katr“ - pila – 27 990 Kč (v roce 2007)

lišta + řetěz – 4 000 Kč

nástavec – 8 000 Kč

benzín – 30,9 Kč/litr

olej pro dvoutaktní motory (1:25) – 256 Kč/litr

mazací olej - 70 Kč/litr

pro pásovou pilu - pila + rám + pilový pás – cena 1 150 000 Kč

energie – 4,82 Kč/kWh (www.cez.cz, 17.4.2019)

pro rámovou pilu - pila + vozíky + pilové pásy – 1 550 000 Kč (v roce 2000)  
základová deska s podpílím a kolejnicemi - 430 000 Kč  
energie – 4,82 Kč/kWh (www.cez.cz, 17.4.2019)

Pro každou metodu pořezu bylo dále počítáno s hrubou mzdou pro dva zaměstnance v hodnotě 484,8 Kč/hod (160 Kč/hod. čisté mzdy). Kulatina byla zakoupena v sazbě 1 100 Kč/m<sup>3</sup>.

Pro účely této analýzy bylo třeba všechny variabilní náklady převést na Kč/m<sup>3</sup>. Jejich převody udávají následující rovnice:

$$M_v = \frac{M_h}{Q_t} \quad (4)$$

,kde  $M_v$  - výrobní mzda  
 $M_h$  - mzda hrubá

$$VN_{PK} = PN_{PK} * \frac{a * V_{PK_{spotř.}}}{\Sigma V_x} \quad (5)$$

, kde  $VN_{PK}$  - výrobní náklady provozních kapalin  
 $PN_{PK}$  - pořizovací náklady provozních kapalin  
 $V_{PK_{spotř.}}$  - spotřebovaný objem provozních kapalin během měření  
 $\Sigma V_x$  - výsledný objem řeziva  
 $a$  - poměrový koeficient (pro benzín = 0,996  
motorový olej = 0,004  
mazací olej = 1

$$VN_E = \frac{PN_E * P}{Q_t} \quad (6)$$

, kde  $VN_E$  - výrobní náklady na energie  
 $PN_E$  - sazba za kWh  
 $P$  - příkon zařízení  
 $Q_t$  - objem výroby

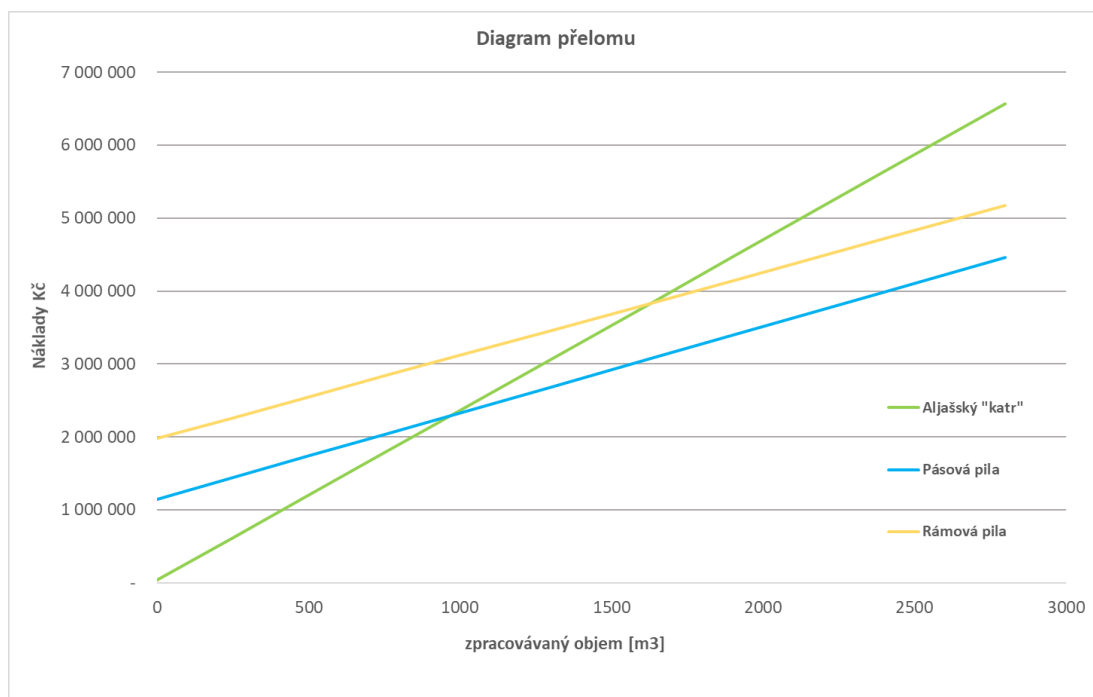
Pomocí těchto vzorců byly spočítány jednotlivé nákladové druhy, viz. tab. 7.

**Tab. č. 7 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé nákladové druhy**

Nákladové druhy	Aljašský "katr"	Pásová pila	Rámová pila
Výrobní mzda [Kč/m <sup>3</sup> ]	1054,02	146,93	88,52
Výrobní náklady provozních kapalin [Kč/m <sup>3</sup> ]	277,1	-	-
Výrobní náklady na energii [Kč/m <sup>3</sup> ]	-	36,52	51,04
<b>Variabilní náklady [Kč/m<sup>3</sup>]</b>	<b>1331,12</b>	<b>183,45</b>	<b>139,56</b>
<b>Fixní náklady [Kč]</b>	<b>39 990</b>	<b>1 150 000</b>	<b>1 980 000</b>

### 5.3 Porovnání procesů pomocí diagramu přelomu

Diagram přelomu graficky znázorňuje porovnávané metody vztažením nákladů na objem výroby. Předpoklad diagramu přelomu je takový, že mezi variabilními a fixními náklady platí nepřímá úměra, tudíž že s rostoucí vstupní investicí klesají výrobní náklady a naopak. Z tabulky č. 7 je patrné, že tento předpoklad byl splněn a po sestrojení grafu budeme schopni určit pro jaké objemy budou náklady na pořez Aljašským "katrem" nejnižší.



**Graf č. 1 Diagram přelomu**

Matematicky se jednotlivé křivky dají vyjádřit jako:

$$N_{celk} = N_{var} * X + N_{fix} \quad (7)$$

,kde  $N_{celk}$  - Celkové náklady  
 $N_{var}$  - Variabilní náklady  
 $N_{fix}$  - Fixní náklady  
 $X$  - Objem

Z grafu č. 1 bylo zjištěno, že dle našich měření dochází k bodu přelomu (hodnota celkových nákladů pro daný objem je pro dvě metody stejná) při objemu 968,18 m<sup>3</sup>. Pro vyšší objemy by se tudíž metoda Aljašského "katru" neměla uvažovat.

#### 5.4 Zjištění ziskovosti

Poslední částí analýzy je výpočet ziskovosti Aljašského "katru". Pro zpřesnění výpočtu bylo třeba doplnit již specifikované náklady o položku zohledňující opotřebení nástrojů a údržby. Prameny uvádějí, že při plném zatížení je nutná výměna řetězu každého půl roku (Lysý, 1963). V našem případě byl brán zřetel na to, že

podélné řezání motorovou pilou vykazuje mnohem větší zátěž na celou motorovou pilu a proto bylo počítáno s výměnnou řetězu každé dva měsíce. Po převedení nákladů jsme dostali hodnotu nákladů na opotřebení nástroje 30 Kč/m<sup>3</sup>.

Další potřebný parametr pro sestavení rovnice ziskovosti je celkový výnos. Celkový výnos byl vypočten pomocí vztahu:

$$V_{celk} = X * \varphi * c \quad (8)$$

kde - prodejní cena (na vyrobené fošny byla podána nabídka v hodnotě 4 700 Kč/m<sup>3</sup>, tato cena byla rovněž použita i ve výpočtech)

Míru zisku pro zvolený objem jsme následně spočetli jako rozdíl celkových výdajů a nákladů. Ačkoliv metoda nevyhází ztrátová, pro objem v bodě přelomu jsme stále nedosáhli návratnosti vstupních investic. Podnikatelský záměr tudíž nemá za daných podmínek význam.

## 6 Diskuze

Ačkoliv při daných podmínkách nebylo dosaženo uspokojivých výsledků, použití Aljašského “katru“ dle mého názoru stojí za další pozorování. Vyšších výsledků mohlo být docíleno vyššími investicemi do technologií, zefektivněním výrobního procesu, nebo již jenom samotnou volbou dřeviny.

Přestože improvizovanou vodící lištou bylo docíleno neméně kvalitního řeziva, její montáž potřebná pro první řez značně omezovala výrobní proces. Stabilita lišty byla značně závislá na jejím uchycení ke kulatině, které bylo řešené pomocí 4 šroubů. Při použití originálního vybavení by výrobní proces byl značně zjednodušen. Je také pravděpodobné, že originální lišta by mohla mít za následek vyšší výtěžnost, jelikož by první oblina nemusela pokrývat prostor uchycení improvizované lišty (viz. obr. 21).

Výtěžnost samotná měla rozhodující vliv na výsledný výnos. Ačkoliv metoda pořezu na ostro se jevila jako nejvhodnější varianta, vlivem rozdílných středových průměrů kulatin docházelo k tomu, že vlivem technologie Aljašského “katru“ nebylo možné provést řez, ačkoliv tloušťka oblina byla více než potřebných 62 mm (požadovaná tloušťka fošny s řeznou spárou). Odpad během výroby byl tedy značný a výtěžnost pro tuto technologii vycházela 0,5317 (53,17%). Odpad je sice dále zpeněžitelná položka, pro výpočet byl však zanedbán pro svou nízkou hodnotu. Lepším plánováním pořezu a investicí do optimalizace výrobního procesu bychom jistě docílili lepších výsledků.

V neposlední řadě byl další parametr, určující výsledné hodnoty, zvolená dřevina. Smrk byl zvolen pro svou dostupnost a jeho časté zpracování na pilách. Pro svou dostupnost ovšem není tak rentabilní oproti vzácnějším dřevinám a zisk z této dřeviny se promítá až při větších objemech.

Použití Aljašského “katru“ dle mého názoru má uplatnění i v našich podmínkách. Jeho nespornou výhodou oproti běžným technologiím pořezu jsou nízké pořizovací náklady a snadná manipulace. Toho můžeme využít například na odvozových místech, kde může dojít k situaci, že po těžbě máme mezi těženou dřevinou pár sortimentů jiné dřeviny, o kterou zákazník nemá zájem. Při absenci manipulačních skladů pak dochází k tomu, že tyto sortimenty zůstávají na odvozových místech dlouhou dobu a bez jakéhokoliv ošetření jejich kvalita klesá. Zde se tedy možnost zpracování dřeviny již na odvozovém místě nabízí, jelikož tím snížíme náklady na následnou dopravu

k zákazníkovi, kdy již není třeba pro sortimenty posílat kamion, který by nevyužil své kapacity, ale postačí méně nákladné formy převozu (např. osobní vůz s vlekem).

Další možnost využití Aljašského “katru“ je například zpracování kulatiny již „na pařezu“ v lokalitách, kde není možné využít těžkou techniku k manipulaci kulatiny. V lesích s členitým terénem se často setkáváme s popadanými stromy ve strmých údolích, které nejsou vytěženy a v nejlepším případě jsou správcem lesa zpeněženy jako palivo a z důvodu umístění ještě pod cenou. Aljašským “katrem“ však je možné tuto surovinu zpracovat již na místě a díky nízkým pořizovacím nákladům suroviny počítat s vysokými rozdíly mezi pořizovací a prodejní cenou výstupu. V těchto případech je ovšem nutné počítat s vyššími náklady na zpracování a nižší efektivitou práce. Získáme tak ovšem cenný materiál, který by jinak zpracován nebyl a postupem času by nebyl nijak využitelný.

Předchozí návrhy využití Aljašského “katru“ spojuje další výhoda, která je pro mne velmi sympatická, a tím je fakt, že zpracování jde “za surovinou“, což je pro dnešní dobu téměř nevídané. Dnešní doba je nastavená tak, že značné náklady na provozy podniků zahrnuje náročná logistická infrastruktura a vstupní suroviny jsou převáženy na velké vzdálenosti, což zahrnuje dopravní síť a přesouvá investice do vzdálených lokací. Zpracováním suroviny přímo v místě těžby tyto logistické požadavky značně omezujeme.

Při samotném užívání Aljašského “katru“ jsem byl velice překvapen kvalitou povrchu fošen. Z důvodu konstrukce pilového řetězu jsem očekával, že povrch bude značně zvrásněný a nerovný. Řezná spára však velmi dobře kopírovala rovinu získanou prvním řezem bez větších viditelných nerovností, viz. obr. 23. Dle mého názoru byla kvalita řezné plochy od Aljašského “katru“ srovnatelná s řeznou plochou od pily rámové.



**Obrázek 23 Povrch fošny**

Mezi nevýhody Aljašského “katru“ v použitém provedení oproti dalším sledovaným technologiím bych uvedl především nutnost častého doplňování paliva. Jelikož byla pila při výrobě řeziva prakticky neustále v plném běhu, palivová nádrž pro tyto účely není adekvátně dimenzována. Vlivem tohoto nedostatku docházelo k častým prostojeům. Tento nedostatek by se však dal vyřešit externí palivovou nádrží, stejně jako jsou nástavce pro delší vodící lišty opatřeny nádrží na mazací olej. Konstrukčně by mohla být umístěna na vertikálních vodítkách nástavce a napojena na šroubový závit palivové nádrže přes pružný kloub. Při použití průhledného materiálu této nádrže by rovněž bylo možné sledovat potřeby na doplnění paliva.

Jako další nevýhodu oproti rámové a pásové pile je nutné zmínit nižší bezpečnost práce. Na rozdíl od rámové a pásové pily, kdy je posuv materiálu nebo nástroje řízený strojem, při řezání Aljašským “katrem“ je posuv nástroje veden ručně. Operátor je tedy v přímém kontaktu s řezným nástrojem, což zvyšuje riziko úrazu. Během jeho používání je tedy nutné dbát na zvýšenou opatrnost a používat doporučené bezpečnostní prvky.



## 7 Závěr

Předpokladem této práce bylo vytvořit přehled o historickém vývoji motorových řetězových pil, jejich užívané konstrukci a přednosti. Jednotlivé konstrukční prvky byly rozepsány a graficky znázorněny, pro lepší pochopení dané problematiky. Tyto poznatky byly základem pro další skutečnosti s touto prací spojených.

Po tomto uvedení do problematiky následovalo seznámení s využitím řetězových pil pro podélné řezání. V této části byla popsána jednotlivá konstrukční řešení nástavců pro podélný řez, která byla rovněž graficky znázorněna a detailně popsána. Popisované nástavce byly zvoleny tak, aby obsáhly celé spektrum těchto výrobků v závislosti na využitelnosti a složitosti těchto výrobků. Dále byly popsány nástavce zaměnitelné za řeznou část řetězové pily, které mění primární účel nástroje a využívají pouze motorovou část jako zdroj práce. Seznámení s těmito nástavci mělo za úkol vytvořit ucelený přehled o možnostech řetězových pil i v jiných fázích procesu zpracování dřeva než jen při běžné těžbě.

Takto získané poznatky mi byly základem pro praktickou část práce, jejíž cílem bylo definovat podmínky pro zpracování kulatiny na řezivo, kdy motorová řetězová pila je vhodnější zvolená technologie z pohledu potřebných nákladů oproti běžně užívané rámové a pásové pile. Předpokladem bylo, že motorová řetězová pila svými nízkými pořizovacími náklady bude výhodnější při menších objemech výroby. Pro tyto potřeby byla provedena analýza výrobního procesu těchto technologií pořezu, kde hlavními sledovanými parametry byla rychlost pořezu, výtěžnost a spotřeba energetických zdrojů. Tyto parametry byly pomocí definovaných vzorců dále převedeny na výrobní náklady. Pro přehlednost těchto nákladů byl vytvořen diagram přelomu, ze kterého byl zjištěno, že do vyráběného objemu 968,18 m<sup>3</sup> je motorová pila výhodnější technologický postup oproti běžným pilám z pohledu potřebných nákladů. Při vyšších objemech by vhodnou volbou byla pila pásová. Tím byl potvrzen můj předpoklad a cíl práce tedy byl splněn. Pro ucelenější přehled byl následně spočítán možný zisk pro zjištěný objem. Pro tento objem bylo zjištěno, že zisk nepokrývá fixní náklady, ale nemá klesající tendenci.

Z práce tedy vyplývá, že při definovaných podmínkách nedocílíme návratnosti investice, ovšem při vyšších zpracovávaných objemech by k návratnosti investice došlo. Při těchto objemech je ovšem již vhodnější zvolit jinou technologii pořezu.

Jsem přesvědčen, že mnou zvolená metodika práce dostatečně ukázala možnosti technologie pořezu Aljašským “katrem“ a definovala její možnosti pro podnikatelský záměr. Při definovaných parametrech sice nebylo dosaženo návratnosti investice, zároveň ale výroba nevyšla jako ztrátová. Bylo by tedy nutné provést optimalizaci procesu pro docílení vyšších zisků. Subjektivní návrhy na zlepšení jsem uvedl v diskuzi, stejně tak i vlastní pohled na možnosti upotřebení Aljašského “katru“.

## 8 Seznam pramenů

PROKEŠ, S. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1978.

LYSÝ, F. *Lesní Těžba*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1963.

NERUDA, J., ČERNÝ, Z. *Motorová řetězová pila a křovinořez*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2006. ISBN 80-7271-175-X.

LISIČAN, J. a kol. *Teória a technika spracovania dreva*. Zvolen: MATCENTRUM, 1996. ISBN 80-967315-6-4

BARCÍK, Š., KVIETKOVÁ, M., SKLIENKA, M. a BOMBA, J. *Dřevoobráběcí nástroje – údržba a provozování*. Praha: Powerprint, 2013. ISBN 978-80-87415-80-1.

KORF, V. *Dendrometrie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1953.

KUNT, L. *Nové trendy v oblasti řetězových pil. Bakalářská práce*. České Budějovice: JČU v Českých Budějovicích, 2012

Kolektiv autorů. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice*. Trutnov, 2012

KOPKE, P. *Maschinen für die Holzbearbeitung*, Leipzig, 1960.

AFANASIEV, P. S. *Derevoobrabatyvajuščie mašiny*, Moskva: Gosudarstvenoe naučno techničeskoe izdatel'jstvo,, 1962.

ŽABA, R. *Mechanické kácení a údržba motorové pily*, Praha, 1961.

STEPHENS, R. R. *One Man's Forest - Pleasure and Profit from Your Own Woods*, Brattleboro, 1974.

FRONIUS, K. *Spaner, Kreissägen, Bandsägen: Arbeiten und Anlagen im Sägewerk, Band 2*, Stuttgart: DRW-Verlag, 1989. ISBN: 3-87181-332-X

OTTO, A., PARMIGIANI, J. P. *Cutting performance comparison of low-kickback saw chain*, International Journal of Forest Engineering, 05/2018.

DOUDA, V. *Řetězové pily*, Praha, 1955

MATYÁŠ, K. *Lesní těžba*, Praha, 1953

BOMBA, J., FRIESS, F. *Vývoj pilařství v českých zemích*. [online], 2009, [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyvoj-pilarstvi-v-ceskych-zemich>.

VAŠÍČEK, J., SYNEK, M., *Konverzní faktory pro výrobky ze dřeva – Řezivo*, [online], 2011, [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-90-2011/lesnicka-prace-c-5-11/konverzni-faktory-pro-vyrobky-ze-dreva-rezivo>

NERUDA, J., ZEMÁNEK, T., *Práce s motorovou pilou – Konstrukce, obsluha a údržba motorových pil*, [online], 2013, [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/9096433-Prace-s-motorovou-pilou.html>

Dřevaři, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.drevari.cz/>

Granberg international, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://granberg.com/>

Alaskan mill, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://alaskanmill.co.uk/>

OREGON, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.oregonproducts.com/en>

HUSQVARNA, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.husqvarna.com/>

EDER, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.eder-maschinenbau.de/>

LOGOSOL, [online], [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <http://cz.logosol.com/>

ČEZ, [online], [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/>