

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská



Bakalářská práce

Analýza výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou

Šejba Martin

© 2021 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Šejba

Lesnictví
Ekonomika a řízení lesního hospodářství

Název práce

Analýza výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou

Název anglicky

Performance Analysis of Log Handling Machines

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je porovnání provozních, technických a ekonomických parametrů v technologii manipulace s kulatinou ve velkokapacitních provozech. Vyhodnotit možnosti optimalizace v jednotlivých výrobních uzlech, přičemž tyto postupy optimalizace by měly zvýšit efektivitu a snížit provozní náklady.

Metodika

Seznámení se s provozem a stručný popis jeho geneze a výroby. Měření a výpočet výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou. Ekonomická analýza provozních nákladů.

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

1/ červenec – srpen 2021: 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 2021: seznámení se s provozem, přiblížení uzlů výroby,

3/ listopad – prosinec 2021: vypracování analýzy výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou,

4/ leden – březen 2022: sepsování výsledků, závěrů a dokončení závěrečné práce,

5/ duben 2022: odevzdání závěrečné práce.

Doporučený rozsah práce

35 – 50 stránek

Klíčová slova

výkonost, stroje, manipulace, kulatina

Doporučené zdroje informací

- 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.
- JANÁK, K. Sklady dřevní suroviny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2008. s. 133., ISBN 978-80-7375-214-9.
- JANÍČEK, F., ZBOŘIL, F. a VOŽÁR, J. Výrobní zařízení pro učební obory Zpracování dřeva. 3. aktualiz. vyd. Praha: Informatorium. 1999. 264 s., ISBN 80-86073-48-3.
- KLEMENT, I., DETVAJ, J. Technologia prvostupňového spracovania dreva. Vysokoškolská učebnice. 1 vydání. Zvolen: Vydavateľství TU vo Zvolene. 2007. 136 s., ISBN 978-80-228-1811-7.
- ROLAND, J. Complete Illustrated guide to band saws. The Taunton Press. 2010. 208 s., ISBN 978-1-60085-096-7.
-

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 1. 5. 2021

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Analýza výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. 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..... dne.....

Martin Šejba

Poděkování

Rád bych poděkoval své vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Monice Sarvašové Kvietkové, PhD. za odborné vedení, trpělivost a pomoc při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat společnosti Stora Enso Wood Products s.r.o. se závody Ždírec a Planá za umožnění měření potřebných hodnot, přístupu do obou závodů, za odborné konzultace a cenné rady.

Abstrakt

Název: Analýza výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou, konkrétně v závodech Stora Enso Ždírec a Planá. Práce se skládá z několika částí. V literární rešerši je podrobné seznámení s manipulací dřevní suroviny od příjmu až na sklad surovin. V další části jsou představeny oba závody z pohledu všeobecných informací a dále jednotlivé technologie použité při zpracování dřevní suroviny. Poslední část práce analyzuje výsledky a měření výkonnosti, které jsou doplněny o možnou optimalizaci při manipulaci s kulatinou. V závěru práce je uvedeno vyhodnocení výsledků a možné optimalizace v závodech.

Návrhem pro optimalizaci je změna skladby strojů v obou závodech a to následovně. V případě závodu ve Ždírci je optimalizace pouze ve skladbě strojů. Čelní kolový nakladač značky VOLVO je úspornější k navážení suroviny ze skladu směrem na kaskádu pilnice. Pro manipulaci suroviny z třídících boxů směrem na sklad je ekonomicky úspornější použití stroje Liebherr. Do provozu Planá bych navrhoval pořídit čelní nakladač VOLVO nebo Liebherr na příjem suroviny z důvodu snížení provozních nákladů.

Klíčová slova:

Výkonnost, stroje, manipulace, kulatina

Abstract

Topic: Performance Analysis of Log Handling Machines

This bachelor thesis is focused on analysis of performance log handling machines, especially in manufacturing plants Stora Enso Ždírec and Planá. My thesis consists of several parts. There is detailed introduction with handling of wood raw material from receipt to raw material warehouse in literature review. In next part both manufacturing plants are introduced from the general information perspective and further individual technology which are used during wood raw material processing. The last part of bachelor thesis analysis results and performance measurement, which are completed by possible optimization during wood raw manipulation.

The suggestion for optimization is to change composition of machines in both manufacturing plants as follows. In case of manufacturing plant in Ždírec the optimization is only in composition of machines. Wheel loader VOLVO is more economical to induce the raw material from the warehouse toward files cascade. For manipulation with raw material from sorting boxes toward warehouse is more economical usage Liebherr machine. To plant Planá acquire wheel loader VOLVO for reducing operating costs and Liebherr to raw material intake.

Key words:

Performance, machines, manipulation, wood raw material, log

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíl práce.....	10
3. Literární rešerše.....	11
3.1. Historie dřevařského průmyslu.....	12
3.2. Technologie zpracování dřeva.....	13
3.3. Vykládka suroviny.....	13
3.4. Příjem suroviny	14
3.5. Kontrola kovových předmětů v surovině	14
3.6. Měření suroviny.....	15
3.7. Krácení suroviny	16
3.8. Úprava kořenových náběhů.....	17
3.9. Odkornění suroviny	17
3.10. Třídění výřezů	19
3.11. Ochrana suroviny.....	21
3.12. Manipulace suroviny	22
3.13. Čelní drapákové nakladače.....	23
4. Metodika a představení provozů	26
4.1. Stora Enso Planá.....	26
4.2. Stora Enso Ždírec nad Doubravou	28
4.3. Porovnávané stroje	30
5. Analýza výkonnosti a výsledky měření.....	34
6. Diskuse	42
7. Závěr.....	43
8. Přehled použitých zdrojů.....	44

Seznam obrázků

Obr. 1: Uspořádání sestavy měření povrchové křivky 3D	16
Obr. 2: Schéma principu odstranění kůry frézovacím odkorňovačem	18
Obr. 3: Schéma principu odkornění surového dřeva škrabacím odkorňovačem	19
Obr. 4: Schéma třídění výřezů dvoustranným třídícím dopravníkem	20
Obr. 5: Schéma třídění výřezů třídícím vozíkem	21
Obr. 6: Postřik suroviny stabilními postřikovači	22
Obr. 7: Schéma čelního nakladače s drapákem	23
Obr. 8: Čelním nakladač s drapákem, pojízdným na svislém vedení	25
Obr. 9: Schéma provozu Planá	27
Obr. 10: Schéma provozu Ždírec	29
Obr. 11: VOLVO L180H High lift	30
Obr. 12: Liebherr LogHandler	32
Obr. 13: Kalmar RTD 1723	33

Seznam tabulek

Tabulka 1: Naměřené a vypočtené hodnoty VOLVO L180H HL	34
Tabulka 2: Naměřené a vypočtené hodnoty Liebherr L580 LH	36
Tabulka 3: Naměřené a vypočtené hodnoty Kalmar RTD1723	37
Tabulka 4: Vybrané porovnávané hodnoty	39
Tabulka 5: Finanční srovnání nákladů	40

Seznam grafů

Graf 1: Provozní náklady	40
Graf 2: Teoretická výkonost cena / m ³	41
Graf 3: Operativní výkonnost cena / m ³	41

1. Úvod

V dnešní době je kladen velký důraz na vysoký výkon a nízké náklady všech technologií u dřevozpracujícího závodu. Mezi klíčové technologie závodu patří manipulace kulatiny, která musí být optimálně zvolena dle charakteristiky skladu, suroviny a výkonu pořezu pily. Správná volba manipulační techniky výrazně snižuje možné prostoje pily a dále se odráží na nákladech za pohonné hmoty, servis a opravy strojů. Nedílnou součástí je i pohled na emisní normy, které u motorů s výkonem od 130 kW do 560 kW znamenají povinnou emisní normu Stage V. Snahou je snížení počtu pevných částic pomocí filtru pevných částic a oxidy dusíku (NO_x) systémem SCR (AdBlue). Důležité je u výběru stroje myslet na komfort obsluhy, který se následně může projevit ve výkonnosti. Všechny porovnávané stroje mají srovnatelné vybavení v komfortu obsluhy a liší se pouze výrobcem, stavbou stroje a pohonným ústrojím.

Bakalářská práce porovnává provozní a finanční parametry, které se následně projevují ve výsledné ceně produktu, ale i z hlediska dopadu na životní prostředí. Proto bylo důležité oba závody navštívit a provést řadu měření.

Tato bakalářská práce se zabývá velkokapacitními závody společnosti Stora Enso ve Ždírci a v Plané, tato nadnárodní společnost byla v roce 2018 na druhém místě podle čistého zisku mezi evropskými společnostmi z lesnického a papírenského průmyslu. Celosvětově zaměstnává přibližně 22 000 zaměstnanců. Historie společnosti sahá až k nejstaršímu dochovanému podílovému listu na světě a je považována za nejstarší společnost s ručením omezeným na světě. Společnost každoročně pomáhá udržitelnosti přírodních zdrojů výsadbou 5 000 000 nových sazenic.

2. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je porovnání provozních, technických a ekonomických parametrů v technologii manipulace s kulatinou ve velkokapacitních provozech. Dále pak vyhodnocení možnosti optimalizace v jednotlivých výrobních uzlech, přičemž tyto postupy optimalizace by měly zvýšit efektivitu a snížit provozní náklady. Pro analýzu je potřeba provést měření výkonnosti přímo v provozu a na základě dat udávaných výrobcem vypracovat srovnání.

První část analýzy vychází z měření přímo v provozu závodu, při kterém bude měřena teoretická a operativní výkonnost všech porovnávaných strojů. Druhá část se zaměří na finanční srovnání nákladů od pořízení stroje až k provozním nákladům.

3. Literární rešerše

Pojem lesnatost v České republice udává důležitá data obnovy a těžby suroviny, která má vysoký předpoklad pro další zpracování. Česká republika patří mezi země s vysokou měrou zalesnění. Lesy tu zaujímají 2 677 329 ha, což představuje zhruba jednu třetinu z celkové plochy. Celková zásoba dřeva činí 701,1 mil. m³ s celkovým běžným přírůstkem 22,4 mil. m³. Státní lesy pokrývají 1 405 712 ha, lesy měst a obcí 449 437 ha a lesy ve vlastnictví fyzických osob 500 041 ha. Druhové složení lesů zaujímají ze 70,4 % jehličnaté dřeviny a 28,2 % listnaté dřeviny. Dřevina smrk ztepilý je na 48,8 % celkové plochy porostní půdy a borovice na 16,1 %. V roce 2020 postihla lesní hospodářství kůrovcová kalamita, při které se vytěžilo celkem 35,75 mil. m³ a v nahodilé těžbě rekordních 33,91 mil. m³. Nahodilá těžba dosáhla 95 % z celkové těžby. I přes vysokou míru těžby se provedla obnova lesních porostů na ploše 40 286 ha, což je zhruba o 20 % více než v roce 2019. Tuzemský trh se surovým dřívím na základě ročního výkazu ČSÚ Les (MZe) za rok 2020 dosáhl těžby dřeva 35 754 tis. m³, z toho jehličnatá dřevina 96 % a listnatá dřevina 4 %.

Většina tuzemského surového dříví se zpracuje v dřevařském průmyslu, nejvyšší podíl má jehličnatá a listnatá kulatina na řezivo. Dřevozpracující závody v České republice neustále naráží na nedostatečné kapacity skladů při kůrovcových kalamitách i přesto však výroba dosáhla 5 358 tis. m³, tedy vyšší výroba o 542 tis. m³ proti roku 2019. Zahraniční závody mají vyšší cenu proti tuzemským, což jim poskytuje jistotu stálého exportu ve střední Evropě, ale i ve vzdálených zemích například USA, Čína a Japonsko. Pořez kulatiny dosáhl v roce 2020 9 700 tis. m³ a výroba řeziva na 5 358 tis. m³. Dalším důležitým odběratelem dřeva jsou závody pro výrobu papírenské a viskózní buničiny se spotřebou 4 491 tis. m³ jehličnaté suroviny, z toho bylo 2 957 tis. m³ vlákniny a 1 534 tis. m³ dřevěných štěpek a třísek (Zelená zpráva, 2020).

První data o měření lesnatosti se začala zaznamenávat již v 18. století, ale samotná historie dřevařského průmyslu je delší, kromě pilařských a celulóz papírenských závodů je v České republice rozvinuta výroba různých druhů aglomerovaných desek, lepených konstrukcí a stavebně truhlářských prvků. Dlouholetou tradici má výroba nábytku, hudebních nástrojů, zápalek a dalších produktů ze dřeva. Z toho důvodu je důležité se podívat na vývoj dřevařského průmyslu v České republice, který bude přiblížen v další kapitole.

3.1. Historie dřevařského průmyslu

Dřevozpracující průmysl má v České republice významnou pozici a řadí se tak k odvětvím s nejstarší tradicí. Využívání dřeva jako přírodního a obnovitelného zdroje má u nás dlouhodobou tradici. Dřevo jako stavební materiál je stále více využíváno hlavně díky modernějším technologiím zpracování. Pokud však chceme porovnat spotřebu dřeva na obyvatele s dalšími státy, nejsme zdaleka na tak vysoké úrovni spotřeby dřeva jako např. Rakousko s cca 0,62 m³ a s cca 1,0 m³ spotřeby dřeva na obyvatele. Česká republika dosahuje spotřeby 0,23 m³ (Janíček, 1999).

V roce 1949 vznikla Rada vzájemné hospodářské pomoci, která pro československý dřevařský průmysl znamenala útlum rozvoje. Veškerý obchod mezi státy se odehrával prostřednictvím takzvaného volně směnitelného rublu a umožnil tak státům RVHP snížit potřebu dolaru při jejich obchodní výměně. Pádem totalitních režimů přešla většina států RVHP na tržní ekonomiku a její existence ztratila své opodstatnění. Po zrušení RVHP v roce 1991 začíná dřevařský průmysl opět expandovat díky dobrému základu suroviny. Vládou ČR byla schválena privatizace celkem 90 lesních akciových společností v celkové hodnotě 7,7 miliardy Kčs, dále přímé prodeje 10 samostatně privatizovaných jednotek se jměním v celkové hodnotě 240 milionu Kčs společně s ručeným omezeným a 14 dalších projektů na privatizaci majetku v hodnotě 240 milionu Kčs prostřednictvím ostatních forem velké privatizace (Lesnická práce, 1991).

Každý Evropan má k dispozici téměř 1,0 m³ dorůstajícího dříví ročně. Každých 80 let vyroste v Evropě na každou tříčlennou rodinu 240 m³ dřeva, ze 140 m³ lze postavit rodinný dům a 80 let ho velmi levně vytápět. Zbývajících 100 m³ lze využít na nábytek a řadu ostatních výrobků a takto zpracované dřevo i po letech několikanásobně recyklovat nebo ho spálit a vzniklé teplo opět využít. Za dobu životnosti dřevěného domu vyroste nový les.

Princip technologie zpracování dřeva se v dnešních poměrech výrazně neliší od historie, ale díky pokroku technického vybavení a možnostem přesného měření se snížil poměr manuálních prací.

3.2. Technologie zpracování dřeva

Ke zpracování dřeva je však potřeba technologie a vůbec prvním strojem pro jeho zpracování byla pila. Funkce pily přetrvává až do dnešní doby, i když samozřejmě prošla technologickými vylepšeními má nezastupitelnou úlohu při práci se dřevem. Stále platí, že více než polovina vytěženého dřeva na našem území se následně zpracovává na pilách. Předtím než dojde k samotnému zpracování dřeva, musí dojít k jeho přípravě, která započne kácením a odvětvováním stromů. Tyto úkony se provádí buď jednomužnými řetězovými motorovými pilami (tato metoda převažuje) anebo harvestory. Následuje převoz vytěženého dříví traktory, lanovkami nebo zvířecími potahy na místa určená k následnému odvozu. Na tzv. odvozních místech může docházet i k dalšímu kroku, kterým je druhování. Pod tímto pojmem rozumíme krácení, třídění a přípravu výřezů s ohledem na následné další zpracování dřeva. Do zpracovatelských závodů je surovina dodávána ve formě výřezů anebo sdružených délek požadované jakosti, rozměrů, objemu a samozřejmě v dohodnutých termínech (Lisičan, 1996).

První technologický krok v dřevozpracujících závodech začíná na vstupu, kde se setkáváme s první manipulací suroviny. Ve skladu dřevozpracujícího závodu se setkáváme s několika operacemi a činnostmi, které jsou přiblíženy v následujících kapitolách.

3.3. Vykládka suroviny

V dřevozpracujících závodech jsou různé způsoby vykládky suroviny lišící se podle velikosti závodu. Menší závody využívají hydraulické ruky odvozních souprav, případně manipulační techniku vlastní. Dále je rozlišujeme na stacionární hydraulické ruky nebo pojízdné na koleji. Velké závody využívají nejčastěji jeřáby, které mohou být věžové, mostové nebo portálové. Tato technologie je pokládána za jedno z nejlepších možných řešení, ale zároveň se jedná o nejnákladnější variantu vykládky. Další možností je použití čelních nakladačů s drapákem na kulatinu. Čelní nakladače mohou v závodě vykonávat další práce podle zařízení upnutého v rychloupínání stroje (Janák, 2006).

Na vstupu každé výroby je nutné danou surovinu přijmout a zavést do evidence. Přesný příjem je velmi důležitý z hlediska vztahů mezi dodavateli, ale i pro výpočet množství finálního řeziva, které je možné vyrobit.

3.4. Příjem suroviny

Následně se dřevo ve formách výřezů či sdružených délek dopraví do pilařských provozů za pomoci automobilů, železniční dopravy anebo vodní dopravy, kde se dále připravuje pro pořez a kde probíhají další dílčí operace jako jsou např. ochrana suroviny, redukce kořenových náběhů, odkorňování, zjišťování přítomnosti kovů, krácení, třídění, skladování a ochrana výřezů.

Před samotnou manipulací se dřevem musí dojít k jeho přejímce. Při přejímce se kontroluje správnost dodané suroviny dle dodacího listu a dodávka se zaeviduje do systému daného závodu. Ověřuje se počet kusů, středová tloušťka, délka, objem, jakost, značení a doba těžby. Samotná přejímka se může provádět několika možnými způsoby; náhodným výběrem, kusovou přejímkou, elektronickou přejímkou, hmotnostní přejímkou anebo nejméně častou prostorovou přejímkou (Friess, 2004).

Po řádné přejímce a uskladnění suroviny je třeba dbát na faktory, které ohrožují kvalitu a výslednou výtěžnost výroby. Kapacita skladu musí být optimálně nastavená tak, aby měla potřebnou rezervu v případě zpoždění dodávek suroviny, ale naopak u předimenzovaného skladu hrozí možná zkáza suroviny. Každou kulatinu před vstupem do odkorňovače a třídící linky je nutné zkontrolovat na přítomnost kovových předmětů.

3.5. Kontrola kovových předmětů v surovině

Kontrola kovových předmětů v surovině je nevýrobní operací a jak sám název napovídá jedná se o kontrolu přítomnosti kovových předmětů, které mohou být zarostlé v surovině, nebo se mohou nacházet na jejím povrchu.

Nejčastější kovové předměty v surovině jsou střepiny a projektily z myslivecké činnosti a pozůstatky po druhé světové válce. Na povrchu to mohou být tzv. S-háky, nejčastěji na čelní straně suroviny, kde zabraňují trhlinám. Zamezení kovových předmětů má velmi významný vliv proti škodám, které dále mohou způsobit při pořezu v pilnici. V případě střetu kovového předmětu s nástrojem může dojít k trvalému poškození nebo k poruše ostří zubů, a tím pádem ke snížení kvality řezné plochy. Tupý nástroj nedokáže udržet přesnou rovinu a podřezává. Finální výrobek nesplňuje požadované rozměry a hrozí možné

poškození pilnice. Prováděním kontroly kovových předmětů v surovině dojde k eliminaci výše uvedených možných problémů.

Pro detekci kovových předmětů využíváme sledování změn elektromagnetického pole v detektoru. Elektromagnetické vlny, které jsou vysílány pomocí cívek z prstence a zpět i přijímány. Surovina prochází prstencem na pasovém dopravníku, kde konstrukce v místech detektoru je dřevěná. Pokud dojde k porušení magnetického pole a detekci kovových předmětů v surovině, obsluha je upozorněna světelnou a zvukovou signalizací. V tomto případě dojde k vyřazení z technologického procesu a surovina dále do pilnice nepokračuje. Pokud detektor přesně lokalizuje přítomnost kovového předmětu a místo přesně označí barevným nástřikem, tak je možné nevhodnou část oddělit zkracovací pilou.

Nevhodné části surového dřeva s kovovými předměty se zpracovávají na menší kusy, aby bylo snadnější dohledání kovových úlomků. Vyrobená štěpka se dále využívá pro výrobu deskových materiálů na bázi dřeva vyrobené spojením drobných dřevních částic vláken, třísek a pomocí lepidla a tlaku (Detvaj, 2003).

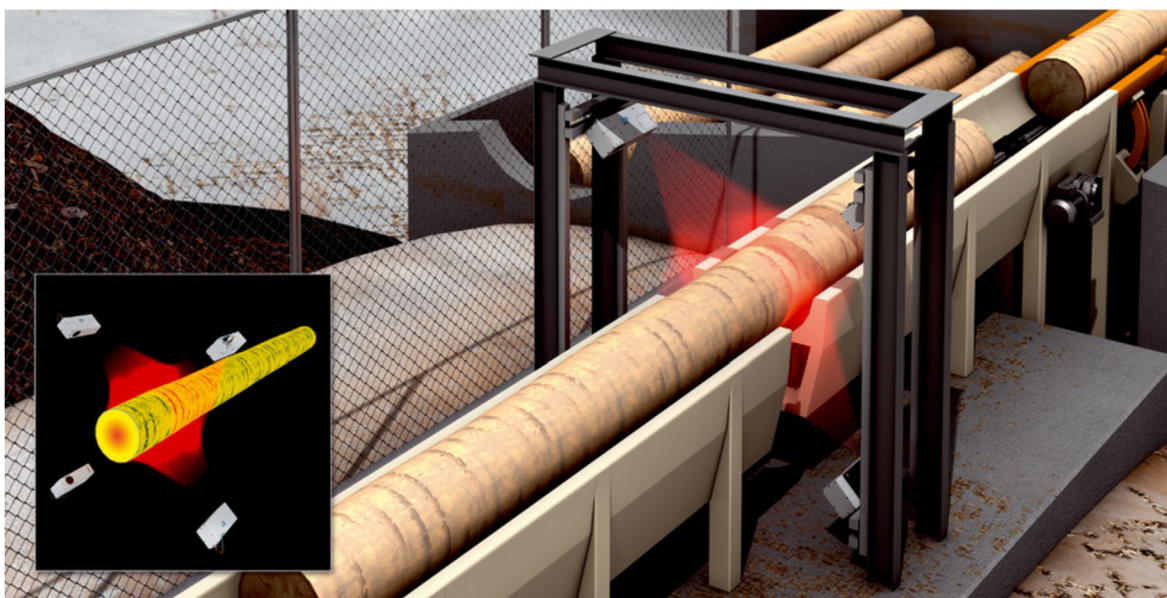
Pokud je surovina bez kovových předmětů, pokračuje k měření, které následně určí další operace úprav.

3.6. Měření suroviny

Zjišťování rozměrů je důležité pro potřebu příjmu, krácení a třídění výřezu. Při přejímce dojde k měření tloušťky výřezu ve středu délky. Další měření se provádí na čepu výřezu před pořezem, tak aby bylo možné správně vytřídit do jednotlivých boxů a skládek. Z těchto hodnot měření vychází výpočet objemu, ale bez započítaných nadměrků. Zařazení do jakostních tříd a příprava schématu pro zkrácení vychází z měření tvaru (Mañas, 1979)

Způsoby měření jsou rozděleny podle způsobu a počtu směrů, ze kterých surovinu měříme. Snímání v jednom směru vodorovném nebo svislém označujeme (1D měření). Měření je pouze pro orientaci a vlastní potřebu. Způsob snímání ve směru svislém a vodorovném pomocí dvou snímačů označujeme (2D měření), je vhodné pro všechny druhy operací a zároveň je nejčastějším způsobem měření. V případě měření křivky celého obvodu suroviny (Obr. 1) nebo daného místa označujeme měření (3D měření). Na povrchu suroviny

se kolmo na osu promítne paprsek, který je vysílán ze 3 – 4 laserů umístěných okolo dopravníku. Světelný paprsek na povrchu suroviny snímá pomocí 3 – 4 kamer ze šikmého směru. Každá kamera snímá část povrchové křivky nebo polohy jednotlivých bodů křivky. Počítač za pomoci programu měří příčný řez suroviny a z dat vypočítá průměrnou hodnotu nebo vybere nejmenší hodnotu tloušťky výřezu (Fronius, 1989).



Obr. 1:Uspořádání sestavy měření povrchové křivky 3D

<https://www.sick.com/cz/cs/3d-mereni-drevne-kulatiny/c/p518951> 9.3.2022)

Další variantou je ruční měření posuvnými měřidly tzv. průměrky. Ty mohou být klasické, elektronické s pamětí nebo s počítačem. Délka se měří ručním pásmem nebo s pomocí bezdrátového přenosu do počítače. Ruční měření se provádí u menších nebo středních dřevoskladů při kontrole a přejímce (Janák, 2006).

Po provedeném měření surovina musí být upravena na přesné délky pro skladování a následnou pilařskou výrobu.

3.7. Krácení suroviny

Krácení suroviny zahrnuje přípravu výřezů na potřebné délky pro dosažení vysoké výtěžnosti při následném zpracování a výřezu vadných částí s přítomností kovových předmětů (Lisičan, 1996).

Dlouhé kulatiny v délkách nad 12 m je nutné krátit na pilařské výřezy v délkách 2-6 m. Délka výřezu se krátí i se započítáním potřebného nadměrku. Průměry výřezů jsou omezeny technickým zařízením pilnice. Čepové průměry musí souhlasit s požadavky pilařských schémat pro dosažení vysoké výtěžnosti a eliminaci zbytků z kulatiny. Návrh krácení se rozlišuje na surovinu s vadou a bez vady (Lisičan, 1988).

Varianty zkracování se dělí podle způsobu na řetězové a kotoučové. Řetězové pily jsou využívány ke zkracování v malých závodech. Velké průměry suroviny se zkracují pomocí mobilních řetězových pil nebo stabilních řetězových pil, které jsou součástí pořezové linky a jsou plně automatizované. Tato aplikace je vhodná pro střední závody. Velkokapacitní závody používají pro zkracování suroviny kotoučové pily pro svůj vysoký výkon, ale pouze do poloměru kotouče. Pily jsou ideální pro jehličnatou surovinu (Janák, 2008). Další důležitou úpravou po krácení suroviny je úprava jejího tvaru především oddenkových částí.

3.8. Úprava kořenových náběhů

Redukce kořenových náběhů se provádí pro plynulý chod výroby a úpravy tvaru oddenkových částí výřezu. Úpravy tvaru provádí reduktor s válcovými frézami nebo reduktory s průchozím rotorem. Rotorový reduktor je vhodný pro jehličnatou surovinu (Klement, 2007). Po úpravě kořenových náběhů surovina pokračuje do odkorňovací linky, kde je zbavena kůry.

3.9. Odkornění suroviny

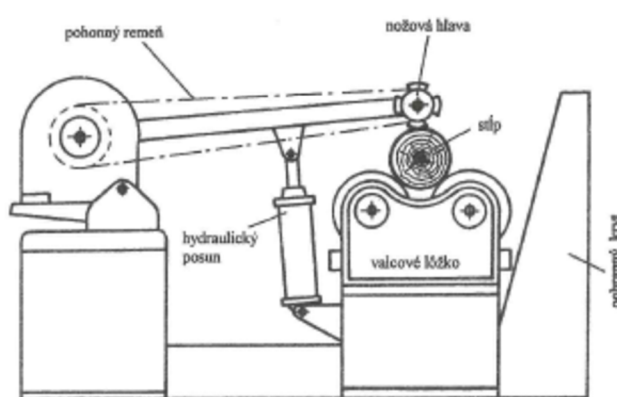
Operaci řadíme jako výrobní s cílem odstranění kůry na vrstvu kambia. V dřevozpracovatelském průmyslu je kůra nežádoucí, proto je nutné ji odstranit. Kůra během těžby a přibližování absorbuje množství mechanických nečistot, které by bez odkornění zvýšily riziko poškození nástrojů, vyšší spotřeby elektrické energie, nepřesné řezy a špatnou kvalitu řeziva. V ideální případě by měla kůra zůstat v lese pro lepší reprodukci a výživu půdy, což nám průmyslová výroba nedovoluje a surovinu je efektivnější odkornit v dřevozpracovatelském závodě. Vyrobená kůra odkorňovacím strojem se soustřeďuje

v určitém místě závodu a pro manipulaci se nejčastěji využívají kolové nakladače s velkoobjemovou lopatou.

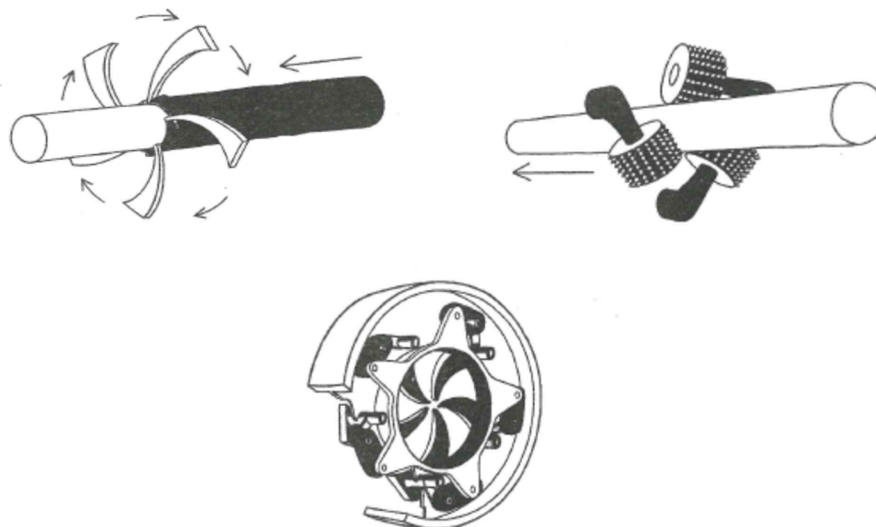
Kůra může sloužit společně s dalším dřevěným odpadem jako palivo v městských teplárnách nebo přímo v závodě jako zdroj tepla a energie. Další využití má v kompostování nebo jako dekorativní efekt v zahradách. V případě neodstranění kůry ze suroviny může docházet k poškození hnilobou a rozvoji dalších nežádoucích škůdců (Josten, 2010).

Rozdělení odkorňovacích strojů je na základě samotného principu odstranění kůry a také podle specializace závodu:

- rotorové odkorňovače (Obr. 3) mají nejčastější využití na pilách,
 - odkornění kůry pomocí tupých nožů,
- frézovací odkorňovače (Obr. 2) používané v dýhárnách,
 - odkornění pomocí frézy s ostrými noži,
- odírací odkorňování při výrobě vlákniny a buničiny,
 - výřezy se o sebe vzájemně odírají,
- hydraulické odkornění při výrobě vlákniny a buničiny, málo používané,
 - odkornění vodním paprskem.



Obr. 2: Schéma principu odstranění kůry frézovacím odkorňovačem (Kvietková a Bomba, 2013)



Obr. 3: Schéma principu odkornění surového dřeva škrabacím odkornovačem (Detvaj, 2003)

3.10. Třídění výřezů

Jedná se o nevýrobní operaci, jejíž hlavní podstatou je rozdělení výřezů do skupin dle jejich užitkových vlastností. Samotné rozdělení se odvíjí od několika aspektů, mezi které řadíme např. zpracovatelskou technologii v pilnici, kvalitativní a kvantitativní vlastnosti, technologické možnosti třídícího zařízení, prostorové možnosti skladu výřezů a požadavky na třídění výřezů. Jedním z nejdůležitějších faktorů pro výběr správné technologie je volba hlavního pilařského stroje, který určíme dle zpracovávané suroviny.

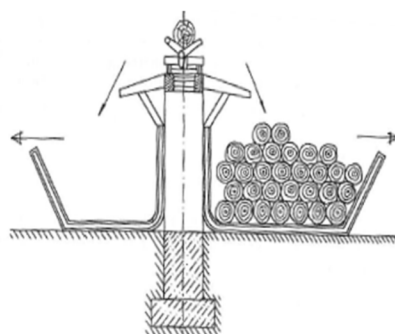
Jehličnatá pilařská technologie je v nejčastějším spojení s hlavním pilařským strojem rámová pila, která má pevně určenou sestavu nástrojů pro pořez výřezů na základě optimálního pořezového schématu. Před zpracováním výřezů na hlavním pilařském stroji s pevně určenou sestavou nástrojů je nutné vytrdit podle druhu dřeviny, tloušťky čepu, délky a kvality výřezu. Třídění se provádí do hlavní skupiny smrk a borovice vedlejší skupiny pro ostatní jehličnany.

Listnatá pilařská technologie využívá kmenovou pásovou pilu, která dovoluje individuální způsob pořezu s aplikací hlavních a speciálních pořezových schémat, které se postupně při výrobě pořezu mění dle kvalitativních vlastností daného výřezu.

V případě využití pilařského stroje kmenové pásové pily, kotoučové pily a skupiny částečných pilařských agregátů je možné pořezové schéma během pořezu upravovat a tím

nevznikají vysoké nároky na přesnost třídění. Před zpracováním výřezů listnaté suroviny na hlavním pilařském stroji s možností změny pořezového schémata za chodu je každý výřez individuálně měřen. Kmenová pásová pila umožňuje postupně otvírat bukové výřezy a podle vad dále zvolit další pořezové schéma, a tak zabezpečit požadovanou jakostní a rozměrovou specifikaci výrobku. Vzniká tedy otázka, zda je nutné třídít výřezy před pořezem, když tyto stroje umožňují individuální pořez s možností okamžité změny pořezového schématu pro různé jakosti a tloušťky výřezu. Naopak jsou i kritéria, kvůli kterým je nutné třídění výřezů před pořezem na kmenových pásových pilách pro udržení plynulého chodu linky a zabezpečení vysokého výkonu hlavního stroje.

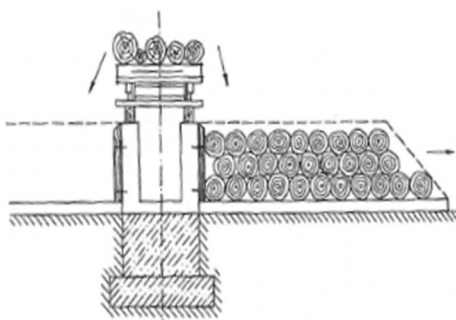
Ve velkokapacitních pilařských závodech jsou nejčastěji použity dva typy třídících zařízení. Podélný dopravník (Obr. 4) s výškou konstrukce 2,0 – 2,5 m nad terénem je osazen nekonečným řetězem, který zajišťuje dopravu výřezů a pomocí vyhazovačů je třídí do přidělených boxů. Jednotlivé boxy jsou umístěny pod konstrukcí a mohou být po obou stranách dopravníku. Mechanika vyhazování výřezů je sestavená tak, aby bylo zabezpečeno přesné přemístění výřezu do příslušného boxu. Objem boxu je shodný s kapacitou záběru zařízení určeného pro jeho vyprázdnění. Počet boxů musí souhlasit s počtem specifikovaných skládek výřezů. Pro vysokokapacitní závody jsou dodávány dopravníky výřezů ze zahraničí, které jsou doplněny o lokální automatické řízení (Kvietková a Bomba, 2013).



Obr. 4: Schéma třídění výřezů dvoustranným třídícím dopravníkem (Pražan, 2007)

Pro malokapacitní závody se na třídění výřezů používají třídící vozíky (Obr. 5). Vozík se pohybuje po kolejích pomocí lan nebo vlastního pohonu a třídění zajišťuje hydraulická ruka, která je součástí vozíku. Jednotlivé výřezy se překládají po zastavení

vozíku do určených boxů nebo skládek. Plošina vozíku pojme množství 15 – 20 kusů výřezů a po jeho vyprázdnění se vrací zpět na začátek dráhy, kde se celý cyklus opakuje (Friess, 2004).



Obr. 5: Schéma třídění výřezů třídícím vozíkem (Pražan, 2007)

3.11. Ochrana suroviny

Dřezozpracující sklad má i funkci na ochranu suroviny, kterou je nutné provádět v dobách, kdy je vysoká zásoba suroviny a není možné jí průběžně zpracovávat. Nejčastěji při kalamitních těžbách.

Mokrý ochrana je založena na principu udržení vysoké vlhkosti ve dřevě s cílem vytvořit nepříznivé podmínky pro rozvoj biologických škůdců a zároveň zamezit vzniku výsušných trhlin. Aplikace může být prováděna buď postřikem (Obr. 6) anebo bazénováním. Nejčastěji tímto způsobem ochraňujeme listnaté suroviny.

Suchá ochrana je založena na principu velmi rychlého snížení vlhkosti ve dřevě, čímž dochází k omezení výskytu škůdců a hub. Tento způsob ochrany využíváme u jehličnaté suroviny, kterou musíme odkornit a uložit do skládky s překladem pro zabezpečení rychlého vysušení. Tvorbu výsušných trhlin se snažíme omezit pomocí mechanického zajištění S-hákem.

Velmi důležitým faktorem je přesné dispoziční členění skladu surovin v pilařském závodu na prostor pro uskladnění dlouhých kulatin, prostor pro uskladnění výřezů a prostor ve kterém je situovaná manipulační linka a ostatní prostory.

Sklady dřeva by měly být bez vegetace, odvodněné a na zpevněném povrchu. Dodávky suroviny mohou být zajištěny cestami pro odvozní soupravy, železniční vlečkou, případně kanály a přístavištěm pro vodní dopravu (Ille, 1959).



Obr. 6: Postřik suroviny stabilními postřikovači (Janák, 2008)

3.12. Manipulace suroviny

Pokud závod nedisponuje vybavením pro vykládku, proběhne vykládka hydraulickou rukou odvozní soupravy. Hydraulická ruka vybavená drapákem nebo rotátorem je vhodná pro malé a střední závody, do kterých je dováženo dřevo po silnicích anebo železnicích. Dalším typem vybavení pro manipulaci je jeřáb.

Jeřáby rozeznáváme trojího typu – věžový, portálový a mostový. Obecně lze říct, že jeřáb představuje vyšší investici, ale následně díky nakladačům nižší provozní náklady a není ani náročný na nutnost zpevněných ploch, což rovněž přispívá k nižší finanční zátěži pro podnik. K rychlejší práci při vykládce přispívá použití čelního nakladače (Obr. 7), který však vyžaduje zpevněnou plochu skladu a větší prostor pro manipulaci, ale lze u něj měnit manipulační vybavení (lopata, drapák, vidle apod.).

Pro dosažení plynulého chodu pilnice je nutné surovinu skladovat v optimálním množství. Pokud je zásoba suroviny příliš vysoká, zvyšují se nároky na skladovanou plochu, na kapacitu zařízení a na ochranu suroviny. Naopak pokud je zásoba suroviny příliš nízká, může docházet k výpadkům výroby. Optimální množství pokrývá výrobu na 15 až 30 dnů.

Sklad surovin má výrobní funkci, která v sobě zahrnuje operace, při kterých měníme surové dřevo na pilařské výřezy. Dále plní funkci pro ochranu suroviny, aby nedošlo k jejímu znehodnocení (Fronius, 1989). V další podkapitole jsou rozděleny čelní drapákové nakladače s krátkým popisem stavby, parametry a výhody dalšího využití.



Obr. 7: Schéma čelního nakladače s drapákem (VOLVOCE.COM 9. 3. 2022)

3.13. Čelní drapákové nakladače

Stroje rozdělujeme podle stavby a umístění pracovního nástroje do níže uvedených skupin.

Rozdělení strojů:

- Čelní drapák

Nejčastěji se setkáváme s čelním nakladačem od 6 t do 50 t, který vychází ze stavebního stroje. Kloubové řízení, pohon všech kol a 100% uzávěrka diferenciálu poskytuje bezpečnou práci i na nezpevněném povrchu za každého počasí. Mezi výhody těchto strojů řadíme rychlost a široké využití v celém provozu, a to díky rychlé výměně náradí jako je drapák, vysoko výklopná lopata, zametací zařízení, jeřabové rameno a paletizační vidle (Fischer, 1986).

- Horní uchycení drapáku

Čelní nakladače s horním uchycením drapáku jsou v kategorii od 30 t do 35 t, kapacitou drapáku 3,2 - 3,5 m³. Drapák je uložen v rotátoru a umožňuje manipulaci i z boku skládky. Hlavní výhodou je vysoká výška založení kulatiny, stabilita a obratnost díky kloubové technologii. Dále jsou stroje vybaveny čelním nahrnovačem kulatiny, ochranným rámem zadní části stroje a širokými pneumatikami pro vysokou stabilitu a rozložení váhy (Krutel, 1990). Drapák není možné vyměnit za jiné nářadí, čímž má stroj pouze jedno využití.

Čelní nakladače s teleskopickým výložníkem v kategorii od 30 t do 50 t a kapacitou drapáku 4,5 – 7 m³. Stroj s pevným rámem je vybavený říditelnou zadní nápravou a drapákem, který visí na rotátoru. Výhodou je vysoká výška zakládání velkých objemů kulatiny. Mezi nevýhody těchto strojů patří nižší stabilita na nezpevněném povrchu, průchodnost terénem a jednostranné využití (Gašparík, 2017).

- Kolové podvozky s jeřábem a drapákem

Stroje jsou nejčastěji využívány pro manipulaci kulatiny z vagónové nebo kamionové dopravy na vstupu třídící linky. Stabilitu stroje zlepšují hydraulické výsuvné opěrné patky při manipulaci. Pro lepší výhled operátora jsou kabiny opatřeny zdvihovým zařízením. Výhodou strojů je dlouhý dosah ramene 8 až 15 m a vysoká stabilita na pevném povrchu.

- Svislé vedení

Stroje tohoto typu jsou konstruovány s pevným rámem, vidlicemi nebo drapákem na pojízdném svislém vedení (Obr. 8). Stroje jsou vybaveny říditelnou zadní nápravou s velkým úhlem natáčení kol, které stroji dovoluje značnou manévrovatelnost. Konstrukce strojů je přizpůsobena vykládce suroviny na jedno uchopení (Strakoš, 2015).



Obr. 8: Čelním nakladač s drapákem, pojížděným na svislém vedení
(<https://www.stabau.com/en/products/specialsolutions/commercial-vehicles/9>. 3. 2022)

4. Metodika a představení provozů

V této kapitole jsou stručně popsány oba dřevozpracující závody a strojní vybavení určená k manipulaci s kulatinou. Výpočet a měření výkonnosti bude vycházet z dat, která udávají výrobci a budou doplněny o výsledky z obou provozů. Cílem analýzy je vyhodnocení všech provozních nákladů proti objemu manipulované suroviny. Na základě dosažených výsledků bude možné navrhnout optimalizaci provozu. Lze předpokládat, že financování stroje není předmětem této práce. Plánovaná životnost vychází z dlouholetých zkušeností obou závodů a zahrnuje pouze běžné provozní náklady.

4.1. Stora Enso Planá

Výstavba pily v Plané začala v roce 1970 jako součást tehdejších Západočeských dřevařských závodů. Od té doby se zde zpracovává bohatství našich lesů. V roce 1995 pilu v Plané koupila firma Holzindustrie Schweighofer, která po dvou letech koupila i závod ve Ždírci. Další změna přišla v roce 2001, kdy se 100% vlastníkem stává společnost Stora Enso jako jeden z nejvýznamnějších světových koncernů papírenského a dřevozpracujícího průmyslu. V rámci novodobé historie se závod dočkal řady rozsáhlých inovací a modernizací výrobních technologií a procesů. Není to jen dřevo, které předurčuje společnost Stora Enso být významným producentem stavebního a konstrukčního řeziva, ale je to i firemní kultura a filozofie. Stora Enso vyrábí produkty na bázi obnovitelných surovin a snaží se maximálně využívat zdroje, které poskytuje naše planeta, dodržuje firemní etické kodexy a snaží se naplňovat vize trvale udržitelného podnikání. Součástí této filozofie je i přístup k zaměstnancům jako k nepostradatelné hodnotě společného úspěchu. Nejdůležitější prioritou je bezpečnost, zdraví a spokojenost (<https://www.storaenso.com/cs-cz/about-storaenso> 9.3.2022).

Společnost Stora Enso Planá s.r.o. (dále „pila Planá“) zaměstnává 250 zaměstnanců s roční produkcí 650 000 m³ kulatiny. Celková výroba pily je 370 000 m³ řeziva, následně se vysouší 281 000 m³ řeziva a 230 000 m³ řeziva se hobluje.

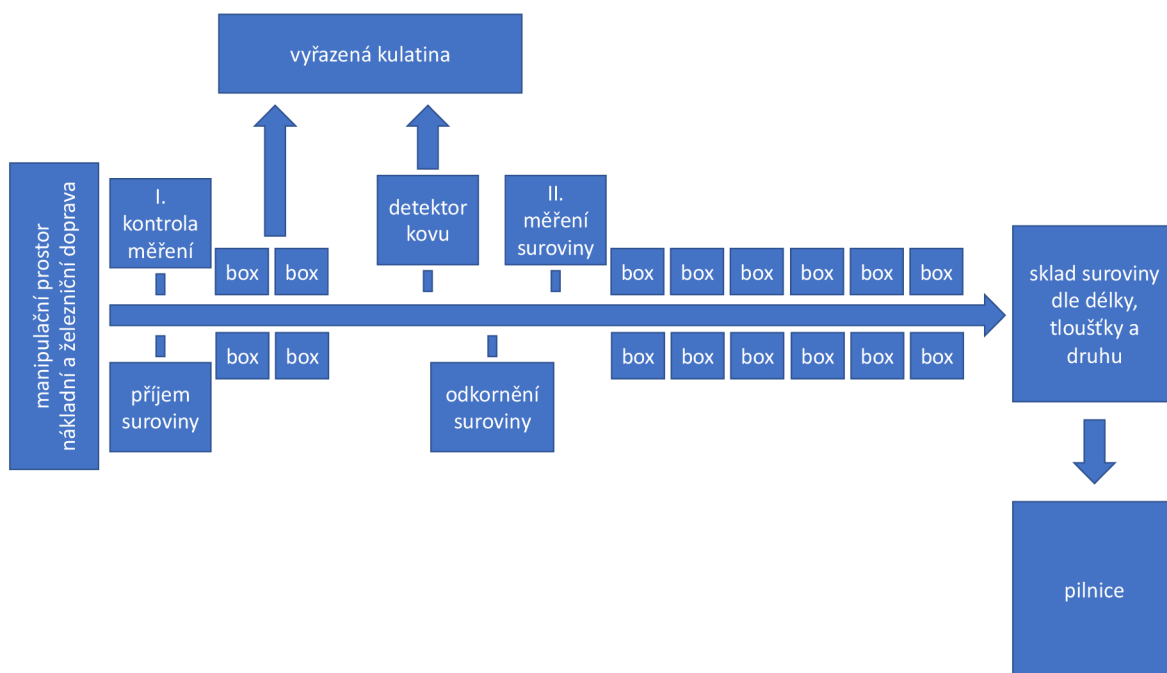
Ročně zde vzniká 641 106 prm štěpek a 454 894 prm pilin. Roční obrat činí 2 881 487 tis. Kč. Exportuje se 74 % vyrobeného řeziva. Firma se rozkládá na ploše 26 ha.

Zásobování:

Pila Planá zpracuje 700 000 m³ dříví a podíl tvoří z 83 % smrková kulatina a borovice ze 17 %. Země původu suroviny je z 87 % Česká republika, Německo 13%. Kamionová doprava zásobuje závod z 81 % a o zbytek se stará vlaková doprava. Každý den do závodu přijede zhruba 3 000 m³ suroviny.

Třídění a skladování:

Výřezy o průměru 10 - 36 cm v délkách 2,7 - 4 m se dále zpracovávají pro účely pily a výřezy mimo tyto rozměry jsou určené pro jiné podniky. Dalším krokem je odkornění odkorňovačem Nicholson A8 s rychlostí 120 m/min. Třídění výřezů podle průměru do 70 boxů zajišťuje 2D a 3D kontrola Specher a dopravník Kolger s rychlostí 160 m/min.



Obr. 9: Schéma provozu Planá

Tok suroviny je znázorněn ve schématu (Obr. 9). Vykládka suroviny je prováděna z kamionu na kaskádu linky příjmu, kde se u suroviny kontroluje kvalita a provádí se první měření v kůře. Závod neprovádí hmotnostní přejímku, ale vychází z údajů na prvotním

příjmu. Jednotlivé dodávky se označují metrovou mezerou na podavači. Rychlost posuvu linky je maximálně 130 m / min. V případě přesílení, křivosti a hniloby je surovina vyřazena do 10 boxů podle rozřazení operátora linky.

Surovinu je nutné zkontrolovat na přítomnost kovových předmětů pomocí detektoru kovu a následně odstranit kůru odkorňovačem Nicholson A8. Surovina po kontrole detektorem a bez kůry prochází druhým měřením pomocí laserové technologie, kde je surovina rozdělena podle tloušťky čepu, délky a druhu dřeviny do 70 boxů po obou stranách linky.

Manipulaci z jednotlivých boxů na sklad provádí jeden čelní nakladač a v případě nerovnoměrného ukládání v boxu je zde kolové rýpadlo vybavené drapákem, které rovná kulatinu. Podle požadavku pilnice je kulatina v požadované délce a tloušťce čepu navážena na kaskádu pilnice ze skladu suroviny pomocí kolového nakladače Kalmar.

4.2. Stora Enso Ždírec nad Doubravou

Parní pila ve Ždírci nad Doubravou vznikla v roce 1872 pro zpracování bohatství našich lesů. Znárodnění společnosti a začlenění do Východočeských dřevařských závodů přišlo v roce 1948 a zhruba po 30 letech pilu postihl požár. V roce 1997 pilu ve Ždírci koupila firma Holzindustrie Schweighofer. Další změna přišla v roce 2001, kdy se 100% vlastníkem stává společnost Stora Enso. Modernizace pořezové linky byla provedena v roce 2005. V současnosti Stora Enso ve Ždírci nad Doubravou investuje přibližně 80 milionů euro do nové výrobní linky na CLT panely. Spojení se stávajícím závodem přinese další výhody, například sdružené zajištění suroviny, energií a logistiky. Výstavba začala v prvním čtvrtletí roku 2021 a zahájení výroby se plánuje koncem roku 2022. Odhadovaná roční kapacita výroby bude po skončení úvodní fáze zhruba 120 000 m³. Díky tomuto projektu dojde k navýšení počtu zaměstnanců na plný úvazek o 110 míst (<https://www.storaenso.com/cs-cz/about-stora-enso> 9.3.2022).

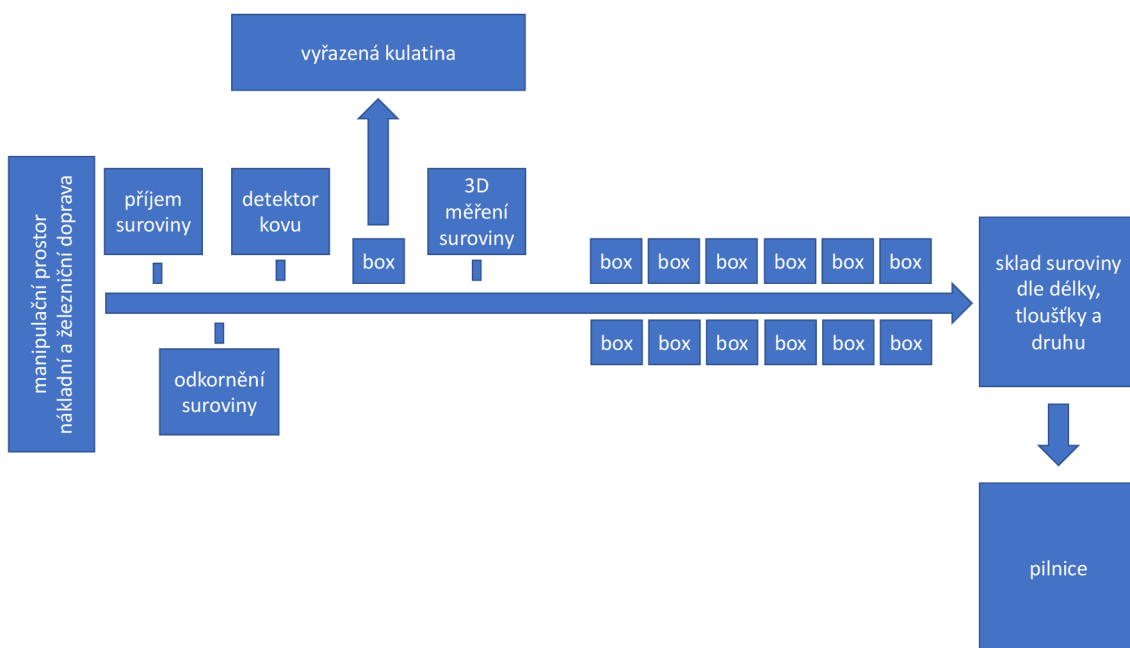
Společnost Stora Enso Wood Products Ždírec s.r.o. (dále „pila Ždírec“) zaměstnává 350 zaměstnanců s roční produkcí 979 026 m³ kulatiny. Celková výroba je 603 543 m³ řeziva, následně se vysouší 372 000 m³ řeziva, 26 500 m³ řeziva se hobluje.

Ročně zde vzniká 1 039 026 prm štěpek a 498 866 prm pilin. Roční obrat činí 5 838 387 tis. Kč Exportuje se 49 % vyrobeného řeziva. Firma se rozkládá na ploše 19 ha.

Třídění a skladování:

Tok suroviny je znázorněn ve schématu (Obr.10) v průměrech 14 – 48 cm a délkách 4 – 5 m se dále zpracovávají pro účely pily a výřezy mimo tyto rozměry jsou určeny pro jiné podniky. Dalším krokem je odkornění odkorněvačem Nicholson A8 s rychlostí 120 m/min. Třídění výřezů podle průměru do 52 boxů zajišťuje 2D a 3D kontrola Specher a dopravník Kolger s rychlostí 110 m/min.

Manipulaci tříděné suroviny na sklad zajišťují čtyři kolové nakladače s horním uložením drapáku a rovnání suroviny v boxu dvě kolová rýpadla s prodlouženým ramenem a drapákem. Podle požadavku pilnice je kulatina v požadované délce a tloušťce čepu navážena na kaskádu pilnice ze skladu suroviny pomocí jednoho kolového nakladače s horním uložením drapáku VOLVO nebo Liebherr.



Obr. 10: Schéma provozu Ždírec

4.3. Porovnávané stroje

Výběr strojů byl sestaven na základě použité technologie v obou závodech. Jako první stroj je představen kolový nakladač výrobce VOLVO, který provozuje závod Ždírec.

VOLVO L180H High Lift



Obr. 11: VOLVO L180H High lift (11. 3. 2022)

Čelní kloubový nakladač, který vychází původně ze stavebního stroje, je vyrobený pouze pro manipulaci kulatiny. První řadu strojů tohoto typu společnost VOLVO představila v roce 1992. Hlavním rozdílem oproti čelnímu nakladači je tvar a úprava předních ramen, která se skládají z dvoudílného výložníku a drapáku kulatiny (Obr. 11).

Dvoudílný výložník je osazen párem zdvihových hydraulických válců, které umožňují maximální zdvih spodní hrany otevřeného drapáku do výšky 6 700 mm. Dalším párem hydraulických válců se výložník pohybuje dopředu a dozadu v délce 2 760 mm. Drapák s rotátorem je umístěný na konci výložníku a je možné ho otáčet pomocí hydromotoru rotátoru a naklápět pomocí samostatného hydraulického válce. Dále je stroj vybaven nahrnovačem kulatiny, ochranným rámem zadní části stroje, automatickým hasícím systémem a širokými pneumatikami pro vysokou stabilitu.

Výkon 250 kW a kroutící moment 2 024 Nm stroji zajišťuje řadový šestiválcový přeplňovaný vznětový motor V-ACT VOLVO D13J o objemu 13 litrů, který je vybaven rozvodem OHC se 4 ventily připadajícími na každý válec a elektronickými řízenými

vstřikovači paliva. Motor je zařazen v emisní třídě Tier 4f / stupeň IV s filtrem pevných částic DPF a systémem AdBlue. Během regenerace sazí ve filtru DPF nedochází k přerušení provozu stroje, výkonu ani produktivity. Motor má mokré výměnné vložky válců a výměnná vodítka i sedla ventilů.

Přenos síly z motoru do převodovky umožňuje hydrodynamický měnič momentu, který je možné uzamknout pro dosažení 100% přenosu síly. Převodovka s funkcí rychlého a plynulého řazení převodových stupňů 1 – 4 pro jízdu vpřed a vzad, dále 100% uzávěrka diferenciálu na přední pevné nápravě a možnost samosvorného diferenciálu na zadní výkyvné nápravě.

Hydraulická soustava strojů VOLVO s funkcí snímání velikosti zatížení dodává výkon jednotlivým hydraulickým agregátům podle skutečné potřeby, čímž snižuje spotřebu paliva. Výkonná soustava zajišťuje rychlou odezvu při kratších dobách cyklu a současně umožňuje plynulejší provoz prostřednictvím lepšího ovládaní jak pohybu nákladu, tak i činnosti pracovního příslušenství. Dvě axiální pístová čerpadla typu „load sensing“ s proměnným množstvím dodávaného oleje.

Dvouokruhový brzdový systém VOLVO využívá tlakové akumulátory s dusíkem. Hydraulicky ovládané mokré lamelové brzdy jsou zcela utěsněné a chlazené olejem. Posádka může zvolit funkci neutralizace převodovky při aplikaci brzd.

Za ekvivalent stroje L180H HL můžeme považovat kolový nakladač německého výrobce značky Liebherr.

Liebherr L580 LogHandler

Stroj byl speciálně vyvinutý pro požadavky dřevařského průmyslu a rovněž je vybaven dvoudílným výložníkem ramene. Kolový nakladač je vhodný zejména pro úkoly jako je nakládání a vykládání nákladních automobilů a manipulace suroviny na odkorňovací a třídící linku. V produkci značky Liebherr se jedná o 2. generaci strojů pro manipulaci s kulatinou od roku 2017 až po současnost (Obr.12).



Obr. 12: Liebherr LogHandler (11. 3. 2022)

Dvoudílný výložník je osazen párem zdvihových hydraulických válců, které umožňují maximální zdvih spodní hrany otevřeného drapáku do výšky 6 556 mm. Dalším párem hydraulických válců se výložník pohybuje dopředu a dozadu v délce 2 760 mm. Drapák s rotátorem je umístěný na konci výložníku a je možné ho otáčet pomocí hydromotoru rotátoru a naklápět pomocí samostatného hydraulického válce.

Vznětový šestiválcový motor s řadovým uspořádáním a přeplňováním o objemu 10,5 l dosahuje maximálního výkonu 250 kW a kroutící moment 1969 Nm. Motor je zařazen v emisní třídě Tier 4f / stupeň IV s filtrem pevných částic DPF a systémem AdBlue.

Pohon stroje s označením XPower spojuje hydrostatický a mechanický pohon. Interakce mezi těmito dvěma různými pohony se průběžně automaticky přizpůsobuje dané aplikaci. Umožňuje plynulou regulaci zrychlení ve všech rychlostních rozmezích bez znatelného řazení nebo přerušování tahové síly. Výsledkem je, že XPower nabízí optimální úroveň efektivity při nakládání a přepravě suroviny, a také poskytuje maximální zrychlení a výkon při všech nakládacích cyklech – včetně dlouhých tras. Všechny komponenty jsou vzájemně přizpůsobeny pro maximální účinnost.

Samosvornost hnacího ústrojí XPower (působí na všechna čtyři kola) a přídavný brzdový systém čerpadla s akumulátory a mokkými vícekotoučovými brzdami ve dvou samostatných okruzích zajišťují potřebnou brzdovou sílu.

Poslední vybraný stroj konstrukčně vychází z nosiče kontejneru.

Kalmar RTD 1723

Stroj finské výroby s pevným rámem je vybavený jednodílným teleskopickým výložníkem, rotátorem a drapákem na kulatinu (Obr. 13). Teleskopický výložník je osazen párem vnějších hydraulických válců, které umožňují maximální zdvih spodní hrany otevřeného drapáku do výšky 11 050 mm. Drapák s objemem od 4,5 až 7,0 m³ je nesen na rotátoru a pro naklápění je zde hydraulický válec. Motor VOLVO PENTA TAD1171VE je uložený ve střední části stroje, což má kladný vliv na těžiště a stabilitu stroje. Jedná se o řadový šestiválcový přeplňovaný vznětový motor o objemu 11 litrů s výkonem 265 kW a kroutícím momentem 1 750 Nm. Motor je zařazen v emisní třídě Tier 4f / stupeň IV s filtrem pevných částic DPF a systémem AdBlue. Pohon stroje zajišťuje automatická převodovka a hydrodynamický měnič momentu se zámkem pro delší vzdálenosti. Převodovka disponuje pěti rychlostními stupni vpřed a třemi stupni vzad. Zadní řízená náprava umožňuje velkou manévrovatelnost a nízký poloměr otáčení. Pohon je pouze na přední kola stroje.



Obr. 13: Kalmar RTD 1723 (11. 3. 2022)

5. Analýza výkonnosti a výsledky měření

Cílem analýzy je měření výkonnosti a vyčíslení provozních nákladů jednotlivých strojů použitých pro manipulaci kulatiny. Měření bylo provedeno na obou závodech a u každého stroje bylo měřeno 10 cyklů při manipulaci a byla vypočtena výkonnost (Tab.1).

Tabulka 1: Naměřené a vypočtené hodnoty VOLVO L180H HL

Měřený parametr	Počet	Jednotka
Počet cyklů	10	-
Celkové množství kulatiny	99,2	m ³
Celkový čas manipulace	2016	s
Celková spotřeba paliva	8,71	l
Hodinová spotřeba paliva	15,53	l.h ⁻¹
Spotřeba paliva na m ³ kulatiny	0,0877	l.m ⁻³
Průměrné množství kulatiny v drapáku	9,92	m ³
Ujetá vzdálenost	4110	m
Průměrný čas nakládky	10,7	s
Průměrný čas zvedání a začelení	9,9	s
Průměrný čas vyložení	5,3	s
Průměrný čas na pracovní cyklus	201,6	s

Jak je patrné z tabulky č. 1, byl čas manipulace kulatiny naměřen 2016 s a čelní nakladač Volvo L180H HL spotřeboval 8,71 l paliva. Na základě dat z měření pilnice a udávané spotřeby dostáváme spotřebu 0,0877 l.m⁻³.

Výpočet teoretické výkonnosti:

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} \quad (1)$$

Kde Q je objem drapáku

T_1 je hlavní čas (nakládka, zvednutí, vyložení)

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} = \frac{9,92}{10,7 + 9,9 + 5,3} = 0,38 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1\,378,84 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Teoretická výkonnost udává pouze hodnotu, kterou by byl stroj schopný naložit, zvednout a vyložit. Ostatní potřebné časy pro jízdu s nákladem a bez nákladu nejsou započítány. Z toho důvodu je nutné vypočítat i operativní výkonnost, která vychází z níže uvedeného vzorce.

Výpočet operativní výkonnosti:

$$W_{02} = W_1 \cdot k_{02} \quad (2)$$

$$k_{02} = \frac{T_1}{T_{02}} = \frac{T_1}{T_1 + T_2} \quad (3)$$

Kde k_{02} je součinitel využití operativního času

T_{02} je čas operativní

T_2 čas pro činnosti nutné pro práci

$$W_{02} = W_1 \cdot k_{02} = 0,38 \cdot \frac{25,90}{201,60} = 0,0492 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 177,14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Naměřená operativní výkonnost stroje vychází $177,14 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ s průměrnou ujetou vzdáleností 411 m za jeden pracovní cyklus.

Tabulka 2: Naměřené a vypočtené hodnoty Liebherr L580 LH

Měřený parametr	Počet	Jednotka
Počet cyklů	10	-
Celkové množství kulatiny	98,9	m ³
Celkový čas manipulace	2250	s
Celková spotřeba paliva	14,14	l
Hodinová spotřeba paliva	0,0894	l.h ⁻¹
Spotřeba paliva na m ³ kulatiny	9,89	l.m ⁻³
Průměrné množství kulatiny v drapáku	9,89	m ³
Ujetá vzdálenost	4280	m
Průměrný čas nakládky	11,1	s
Průměrný čas zvedání a začelení	9,7	s
Průměrný čas vyložení	4,8	s
Průměrný čas na pracovní cyklus	225	s

Výpočet teoretické výkonnosti:

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} = \frac{9,89}{11,1+9,7+4,8} = 0,39 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1\,390,78 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet operativní výkonnosti:

$$W_{02} = W_1 \cdot k_{02} = W_1 \cdot \frac{T_1}{T_1 + T_2} = 0,39 \cdot \frac{25,60}{225,00} = 0,044 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 158,24 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Z tabulky č. 2 vyplývá, že čas manipulace kulatiny byl naměřen 2225 s a čelní nakladač Liebherr L580 LH spotřeboval 8,84 l paliva. Na základě dat z měření pilnice a udávané spotřeby dostáváme spotřebu 0,0894 l.m⁻³. Naměřená operativní výkonnost stroje vychází 158,24 m³.h⁻¹ při průměrné ujeté vzdálenosti 428 m.

Tabulka 3: Naměřené a vypočtené hodnoty Kalmar RTD1723

Měřený parametr	Počet	Jednotka
Počet cyklů	10	-
Celkové množství kulatiny	103,7	m ³
Celkový čas manipulace	1920	s
Celková spotřeba paliva	11,99	l
Hodinová spotřeba paliva	22,5	l.h ⁻¹
Spotřeba paliva na m ³ kulatiny	0,1157	l.m ⁻³
Průměrné množství kulatiny v drapáku	10,37	m ³
Ujetá vzdálenost	4 760	m
Průměrný čas nakládky	11,4	s
Průměrný čas zvedání a začelení	8,2	s
Průměrný čas vyložení	10,3	s
Průměrný čas na pracovní cyklus	192	s

Výpočet teoretické výkonnosti:

$$W_1 = \frac{Q}{T_1} = \frac{10,37}{12,4+8,2+13,3} = 0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1248,56 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Výpočet operativní výkonnosti:

$$W_{02} = W_1 \cdot k_{02} = W_1 \cdot \frac{T_1}{T_1 + T_2} = 0,35 \cdot \frac{29,90}{192,00} = 0,054 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 194,44 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Na základě dat z tabulky č. 3 byl celkový čas manipulace 1920 s a čelní kolový nakladač s teleskopickým výložníkem Kalmar RTD 1723 spotřeboval 11,99 l paliva. Dle dat z měření pilnice a udávané spotřeby dostáváme spotřebu 0,1157 l.m⁻³. Naměřená operativní výkonnost stroje vychází 194,44 m³.h⁻¹ při průměrné ujeté vzdálenosti 476 m.

V tabulce č. 4 nalezneme hodnoty naměřené a vypočtené při testu výkonnosti všech tří strojů. Každý stroj vykazuje rozdílné parametry výkonnosti a spotřeby paliva.

Nejvyšší operativní výkonnost byla naměřena u stroje Kalmar RTD 1723 s hodnotou 194,44 m³.h⁻¹, na druhém místě se umístil stroj VOLVO L180H HL s hodnotou 177,14 m³.h⁻¹ a na třetím místě je stroj Liebherr L580 LH s hodnotou 158,24 m³.h⁻¹.

Z hlediska spotřeby paliva za hodinu jsou stroje v následujícím pořadí: nejnižší spotřebu má stroj Liebherr L580 LH 14,14 l.h⁻¹, na druhém místě je stroj VOLVO L180H HL se spotřebou 14,14 l.h⁻¹ a nejvyšší hodnoty dosáhl Kalmar RTD 1723 spotřebou 22,50 l.h⁻¹.

Po přepočtu spotřeby paliva na m³ manipulované suroviny nejnižších hodnot dosáhl stroj VOLVO L180H HL spotřebou 0,0877 l.m⁻³, lehce pod ním byl stroj Liebherr L580LH se spotřebou 0,0894 l.m⁻³ a na posledním místě se umístil stroj Kalmar RTD 1723 se spotřebou 0,1157 l.m⁻³.

Finanční porovnání v tabulce č. 5 představuje náklady na pořízení stroje a další provozní náklady, které jsou uvedeny v hodnotě Kč / mth a vycházejí z očekávaných nákladů do plánované životnosti stroje, což je 27 000 mth. Znázornění nákladů najdeme v grafu č. 1. Nejnižších nákladů dosahuje stroj Liebherr, za ním stroj VOLVO a nejvyšší náklady má stroj Kalmar.

Tabulka 4: Vybrané porovnávané hodnoty

Měřený parametr	VOLVO L180H	Liebherr L580 LH	Kalmar RTD 1723
Výkon motoru ISO 9249, SAE J1349 net	250 kW	250 kW	265 kW
Spotřeba paliva za hodinu	15,53 l.h ⁻¹	14,14 l.h ⁻¹	22,50 l.h ⁻¹
Spotřeba paliva na m ³ suroviny	0,0877 l.m ⁻³	0,0894 l.m ⁻³	0,1157 l.m ⁻³
Teoretická výkonnost	1378,84 m ³ .h ⁻¹	1390,78 m ³ .h ⁻¹	1248,56 m ³ .h ⁻¹
Operativní výkonnost	177,14 m ³ .h ⁻¹	158,24 m ³ .h ⁻¹	194,44 m ³ .h ⁻¹

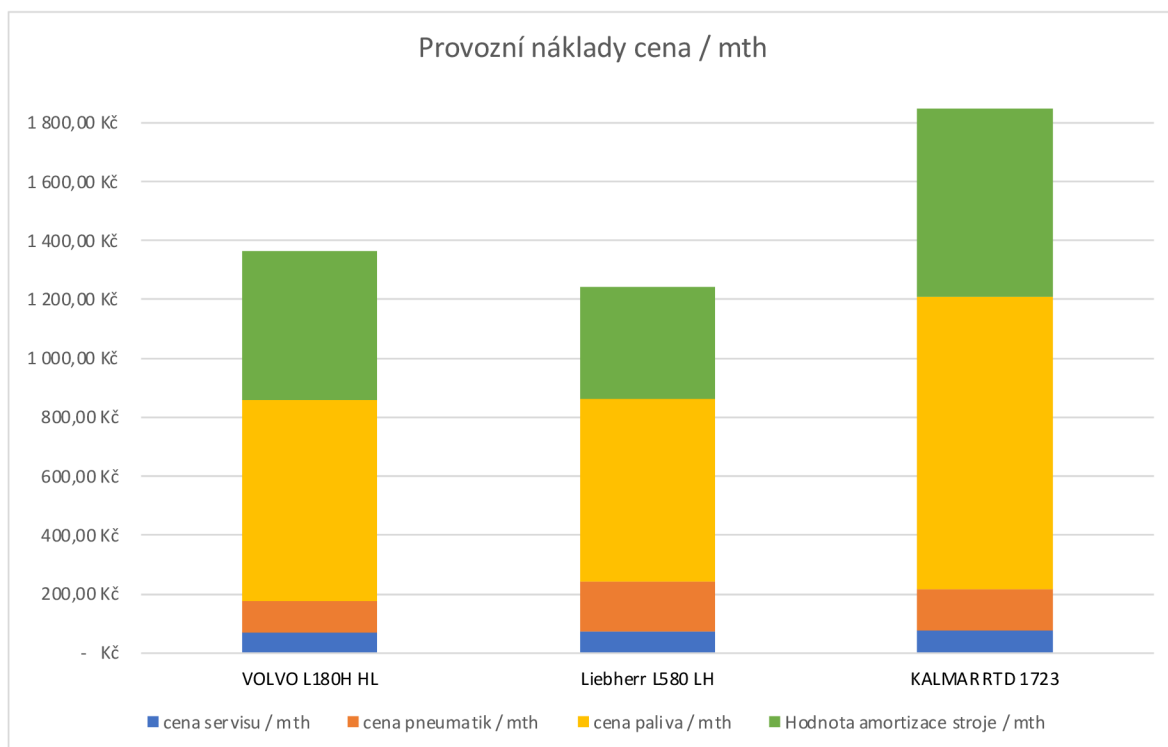
Další porovnání nákladů je znázorněné v grafu č. 2, který porovnává jednotlivé stroje v teoretické výkonnosti proti nákladům v hodnotě Kč / m³. Nejnižší náklady vycházejí následovně: stroj Liebherr 0,89 Kč / m³, VOLVO 0,99 Kč / m³ a Kalmar 1,48 Kč / m³.

Poslední porovnání nákladů je zjištěno z operativní výkonnosti, proti nákladům v grafu č. 3. Operativní výkonnost zahrnuje celý pracovní cyklus stroje. Z výpočtu je patrné, že nejnižší náklady byly u stroje VOLVO 7,70 Kč / m³, vyšší u stroje Liebherr 7,85 Kč / m³ a s nejvyššími náklady stroj Kalmar 9,49 Kč / m³.

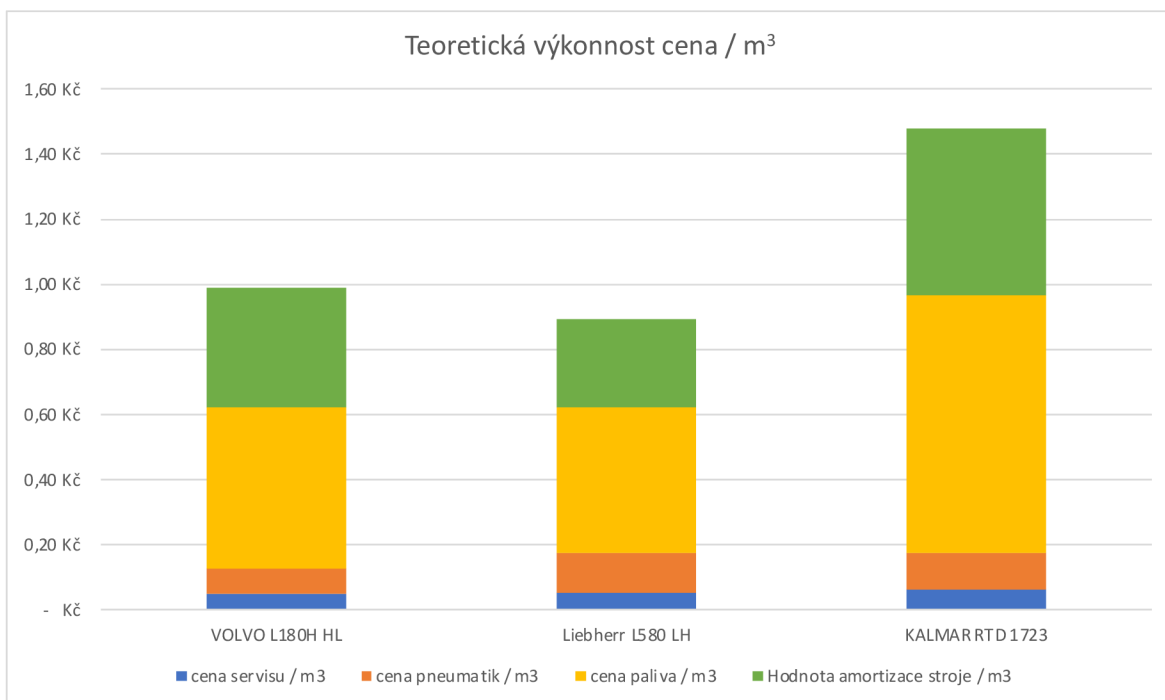
Podle jednotlivých měření je neoptimálnější v závodě Ždírec stroj VOLVO pro navážení suroviny směrem k pilnici, díky nejnižším nákladům v operativní výkonnosti. Pro krátké vzdálenosti a rychlé třídění jsou nejnižší náklady v teoretické výkonnosti u stroje Liebherr. Optimalizace strojů v Plané by znamenala úpravu výšky kaskády pilnice, která je v současné době vyhovující pouze pro stroj Kalmar. Možná úspora by byla v případě nasazení stroje Liebherr nebo VOLVO na příjem suroviny, kde by dosahovaly nižších provozních nákladů na manipulované surovině.

Tabulka 5: Finanční srovnání nákladů

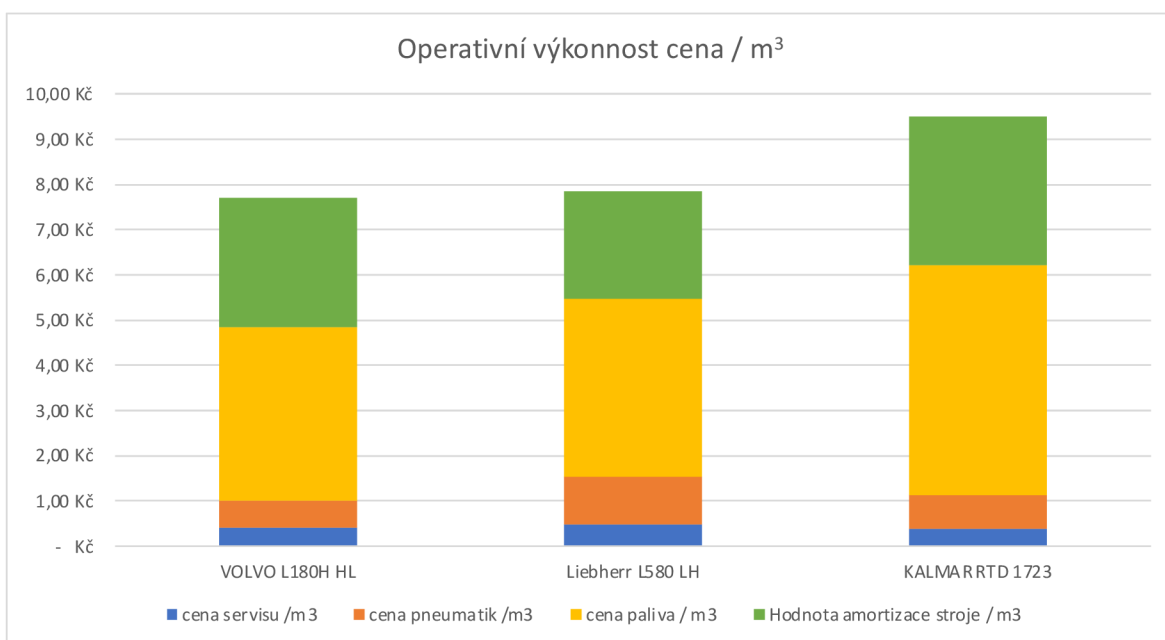
Finanční analýza	VOLVO L180H	Liebherr L580 LH	Kalmar RTD 1723
Cena nového stroje	13 600 000 Kč	10 200 000 Kč	17 212 500 Kč
Cena servisu Kč/mth	70,00 Kč	74,00 Kč	76,00 Kč
Cena pneumatik Kč/mth	106,67 Kč	167,84 Kč	142,60 Kč
Cena paliva Kč/mth	683,10 Kč	622,16 Kč	990,00 Kč
Amortizace Kč/mth	504 Kč	378 Kč	638 Kč
Plánovaná životnost	27000 mth	27000 mth	27000 mth
Výsledná cena Kč/mth	1 363 Kč	1 242 Kč	1 846 Kč



Graf 1: Provozní náklady



Graf 2: Teoretická výkonnost cena / m³



Graf 3: Operativní výkonnost cena / m³

6. Diskuse

Výsledky bakalářské práce jsou vázány ke konkrétním pilařským závodům bez specifických podmínek a za běžného provozu, není možné srovnání výsledků s literaturou a s jinými pilařskými závody. Každý závod má svá specifika, kvůli kterým nelze jednoznačně a přesně porovnat podmínky daného provozu.

Problematikou výkonnosti čelních nakladačů se zabývalo více autorů. Například Gabriel (2010) ve své práci porovnával vliv výkonnosti podle typu pohonu samojízdných nakladačů. Během svého měření vypočítal teoretickou a operativní výkonnost u dvou čelních nakladačů s rozdílným pohonem. Finanční analýza se věnovala rozdílům ve spotřebě paliva na tunu naloženého materiálu.

Tento princip analýzy byl využitý i v této bakalářské práci, do které byla doplněna finanční porovnání dalších nákladů od nákupu stroje a očekávaných nákladů do plánované životnosti stroje 27 000 mth. Výsledné hodnoty byly přepočítány na jednotky Kč za m³ suroviny. Jak je patrné ze všech grafů provozní náklady nemusejí zaručovat nejnižší náklady na převezený m³ suroviny.

Další porovnání výkonnosti řešil Pavela (2013), který ve své práci porovnával stroje pro zpracování a kultivaci půdy. Výsledky jeho měření srovnávají výkonnost dvou strojů v určeném časovém snímku na ploše pozemku. Finanční analýza je doplněna o odpisové plány, náklady na uskladnění strojů, hodnoty nákladů na pohonné hmoty, oleje a maziva.

Stejně jako u autora Pavely (2013) byly stroje srovnávány z hledisek výkonů udávaných výrobcem, spotřebou a provozními náklady. Výpočet teoretické a operativní výkonnosti vycházel z měření přímo v terénu. Obě práce, jak práce pana Pavely, tak tato bakalářská práce dospěly k závěrům, že nejnižší počáteční investice neznamená jistou úsporu do budoucna. Z tohoto důvodu je nutné správně zvolit kritéria pro vypracování analýzy.

7. Závěr

Cíle této práce byly naplněny tím, že byla vytvořena analýza výkonnosti strojů pro manipulaci s kulatinou, které se používají ve velkokapacitních dřevařských závodech. Z výše uvedených jsem vybral tři stroje, které využívá společnost Stora Enso Ždírec a Planá pro manipulaci kulatiny. Na základě zjištěných výsledků bylo navrženo optimální využití a skladbu strojů v obou závodech.

V případě závodu ve Ždírci je optimalizace pouze v rozdílném nasazení strojů a není nutné provádět konstrukční úpravy. Na základě výsledků měření je zde daleko vhodnější použití čelních kolových nakladačů značky VOLVO k navážení suroviny ze skladu směrem na kaskádu pilnice. Pro manipulaci suroviny z třídících boxů směrem na sklad je ekonomicky úspornější použití stroje Liebherr. Stroje musí pracovat v daleko menších prostorech a v daleko členitějším skladu suroviny, a proto použití stroje Kalmar nelze doporučit.

Závod v Plané by v případě optimalizace provozu musel podstoupit konstrukční úpravu kaskády pilnice a snížení výšky skladových zásob. Závod má omezené skladovací plochy a výhodnějším strojem je zde čelní nakladač Kalmar, který díky teleskopickému výložníku dosahuje vyššího zdvihu ramen, a tím dochází k úspoře plochy skladu. Možné snížení provozních nákladů je v případě pořízení čelního nakladače VOLVO nebo Liebherr na příjmu suroviny, kde by oba stroje splňovaly požadovaný dosah.

V současné době jsou oba závody vybaveny relativně novou technikou a možné prvky optimalizace budou otázkou budoucnosti. Současní výrobci manipulační techniky usilují o snížení provozních nákladů a zároveň zvýšení výkonnosti strojů, což by ovlivnilo cenu výsledného produktu v pilařském závodě. V budoucnu se manipulační technika začne pomalu transformovat na přechod k čistě elektrickému pohonu, a to by mohlo být i hodnotícím kritériem koncových zákazníků.

8. Přehled použitých zdrojů

Literární zdroje:

Afanasiev, P. 1968.: Woodworking Machinery and Cutting Tools. Higher School Publishing House. Moskva, s.601.

Beer, P. 2007.: Niekonwencjonalne narzedzia do obróbki drewna. Poznaň: Wydawnictwo Akademii Rolniczej, s.70, ISBN 978-83-7160-445-4.

Bomba, J., Šedivka, P., Böhm, M. 2008.: Vývoj pilařských podniků na území ČR se zaměřením na jejich kapacitu a hlavní stroj. In Coyous 2008. Sborník příspěvků z konference mladých vědeckých pracovníků. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská, s.17-25, 978-80-213-1778-9.

Detvaj, J. 2003.: Technológia piliarskej výroby. 2. vydání. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, s. 232, ISBN 80-228-1248-X.

Fischer, R. 1986.: Wood recognition – basis of automation in wood processing. International symposium Lignoautomatica. Bratislava:

Friess, F. 2004.: Pilařské zpracování dřeva. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, s.80, ISBN 80-213-1148-7.

Fronius, K. Spaner, Kreissägen, Bandsägen, 1989.: Arbeitenund Anlagenim Sägwerk. Band 2. Stuttgart: DRW-Verlag Stuttgart, s. 300, ISBN 3-87181-332- X.

Gašparík, M. 2017.: Manipulační a dopravní technika II. V Praze: Česká zemědělská univerzita, ISBN 978-80-213-2760-3.

Ille, R. a kolektiv. 1959.: Konservace dřeva. Státní nakladatelství technické literatury, Praha: s. 375.

Janák, K. 2008.: Sklady dřevní suroviny. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-214-9.

Janák, K. Ondráček, K., Pejzl, J. 2006.: Využití měřících systémů dřevní suroviny v ČR. Sborník přednášek z mezinárodní konference pořádané Lesnickou a dřevařskou fakultou Brno: MZLU v Brně, 12 s.

- Janiček, F., Zbořil, F. a Vozár, J. 1999.: Výrobní zařízení pro učební obory Zpracování dřeva. 3. aktualiz. vyd. Praha: Informatorium, s. 264, ISBN 80-86073-48-3.
- Josten, E., Reiche, T., Wittch, B. 2010.: Dřevo a jeho obrábění. Průvodce truhláře, přel. Friess, F., Šedivka, P., Zeidler, A., 1. vydání. Praha: Grada Publishing, ISBN 978-80-247-2961-9.
- Klement, I., Detvaj, J. 2007.: Technológia prvostupňového spracovania dreva. Vysokoškolská učebnice. 1. vydání. Zvolen: Vydavateľství TU vo Zvolene, s. 136, ISBN 978-80-228-1811-7.
- Krutel, F., Detvaj, J. 1990.: Technológia piliarskej výroby. Zvolen: VŠLD Zvolen, ISBN 80-228-0061-9.
- Lisičan, J. et al. 1996.: Teória a technika spracovania dreva. Zvolen: Mat – centrum, s.102-104, 567-568, ISBN 80-967315-6-4.
- Maňas, L., Kočara, F. 1979.: Stroje a zařízení pro dřevařský průmysl: učební text pro 2., 3. a 4. ročník střední průmyslové školy dřevařské. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. Řada strojírenské literatury.
- Pražan, P., Příkaský, F. 2007.: Stav a vývoj pilařského průmyslu ve střední Evropě a ČR se zaměřením na malé a střední podniky. In Dřevařský průmysl v ČR, současný a budoucí vývoj průmyslu založeného na bázi dřeva. Sborník odborných příspěvků z celostátního semináře Brno, s. 21-30.
- Roland, J. 2010.: Complete Illustrated guide to band saws. The Taunton Press, s.208, ISBN 978-1-60085-096-7.
- Kvietková, M., Bomba, J. 2013.: Pilařské zpracování dřeva: technologie pořezu rámovou pilou. Praha: Powerprint, ISBN 978-80-87415-79-5.
- Strakoš, V. 2015.: Převážní a manipulační prostředky I. Přerov: Vysoká škola logistiky, ISBN 978-80-87179-41-3.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky. stav 2021.: Praha: Ministerstvo zemědělství v nakladatelství Lesnická práce, ISSN 978-80-7434-625-5.

Internetové zdroje:

<http://www.kalmar.cz/doc/prumysl/kalmar-prekladac-kulatiny-rtd-1623-a-3026.pdf>
(11. 3. 2022)

<https://www.liebherr.com/en/cze/products/material-handling-equipment/wheel-loaders/details/241929.html> (11. 3. 2022)

<https://www.sick.com/cz/cs/3d-mereni-drevene-kulatiny/c/p518951> (9. 3. 2022)

<https://www.stabau.com/en/products/specialsolutions/commercial-vehicles/> (9. 3. 2022)

<https://www.storaenso.com/cs-cz/about-stora-enso/stora-enso-locations/zdirec-sawmill>
(16. 3. 2022)

<https://www.storaenso.com/cs-cz/about-stora-enso/stora-enso-locations/plana-sawmill>
(16. 3. 2022)

<https://www.volvoce.com/-/media/volvoce/global/global-site/product-archive/documents/03-wheel-loaders/09-volvo-f-series/all-common/v-l50e-l330e-timber-22a1001571-0604.pdf?v=ECEyPw> (9. 3. 2022)

<https://www.volvoce.com/europe/en/products/wheel-loaders/l180hhl/> (11. 3. 2022)