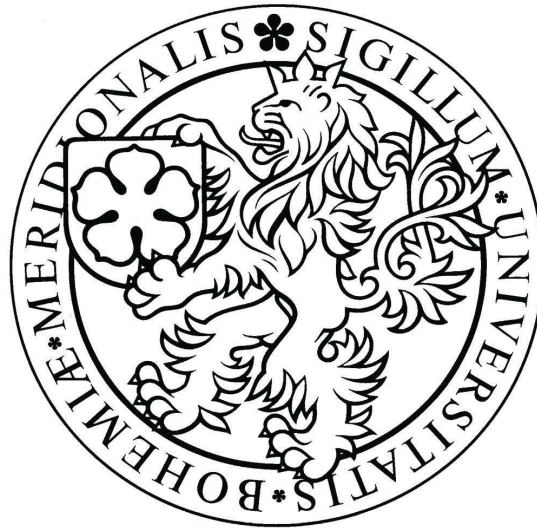


JIHOČESKÁ UNIVERZITA

Zemědělská fakulta
v Českých Budějovicích



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rok 2008

Otakar Vokáč

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra: Zemědělské techniky

Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby



Bakalářská práce

Analýza technologií těžebních prací v lesním
hospodářství

Otakar Vokáč

2008

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Analýza technologií těžebních prací v lesním hospodářství“ vypracoval samostatně, na základě vlastních zjištěných materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích 12. dubna 2008

.....

Otakar Vokáč

Poděkování:

Děkuji Václavu Kopfovi a Vlastimilu Koubovi za ochotu a informace poskytnuté při měření, dále bych chtěl poděkovat Vlastimilu Zemanovi z firmy Merimex s.r.o. za konzultace a poskytnuté informace.

V neposlední řadě chci poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za odborné vedení a rady, které mi poskytl při zpracování této bakalářské práce.

1	Úvod	1
1.1	Cíl práce	1
2	Přehled o současném stavu	3
3	Těžební práce a její specifikace	5
3.1	Definice pojmu lesní těžba.....	5
3.2	Lesní hospodářský plán	6
3.3	Dělení těžebních prací a využití technologie	8
4	Historie nejpoužívanějších těžebních technologií v České republice	9
4.1	Historie motorové pily	9
4.2	Historie harvesterové technologie	10
4.3	Konstrukční charakteristika motorové pily.....	10
4.3.1	Motorová část	11
4.3.2	Chlazení motoru	12
4.3.3	Čistič vzduchu (Vzduchový filtr)	13
4.3.4	Karburátor.....	13
4.3.5	Zapalovací soustava.....	13
4.3.6	Spouštěcí (startovací) ústrojí	14
4.3.7	Spojka	15
4.3.8	Brzda řetězu	16
4.3.9	Olejové čerpadlo.....	17
4.3.10	Nádrž paliva.....	18
4.3.11	Napínací ústrojí	18
4.3.12	Řetězové kolo	19
4.3.13	Konstrukce řezací části.....	19
4.3.14	Konstrukce nosné části motorové řetězové pily	23
4.4	Konstrukční charakteristika harvestoru	24
4.4.1	Podvozek	24
4.4.2	Nápravy	27
4.4.3	Přenos hnací síly.....	27
4.4.4	Hydraulický systém	30
4.4.5	Hydraulický jeřáb	30
4.4.6	Harvesterová hlavice	32
4.4.7	Kabina harvestoru.....	35
4.4.8	Měřicí a řídicí systémy harvesterů a vyvážecích traktorů.....	38
4.4.9	Základní funkce měřicího systému Timbermatic TM 300.....	42
5	Volba vhodnosti jednotlivých technologií.....	43
5.1	Kritéria hodnocení	43
5.1.1	Stav porostu	43
5.1.2	Produkční sortiment.....	44
5.1.3	Konfigurace terénu	44
5.2	Volba vhodnosti těžebních technologií vzhledem k charakteristice porostu, produkčnímu sortimentu a konfiguraci terénu.....	45
6	Experimentální část	46
6.1	Postup a metodika při sběru dat.....	46
6.1.1	Měřené stroje	46
6.1.2	Podmínky zkoušky	47

6.1.3	Doplňující údaje	48
6.1.4	Přístroje na měření.....	49
6.1.5	Popis jednotlivých měření	49
6.2	Metodika práce	52
6.2.1	Metodika práce s motorovou pilou.....	52
6.2.2	Metodika práce harvestoru	54
7	Naměřené hodnoty.....	56
7.1	Naměřené hodnoty u těžby motorovou pilou.....	56
7.2	Naměřené hodnoty u harvestorové těžby.....	57
8	Diskuse a závěr.....	60
9	Přehled použité literatury.....	65

1 Úvod

Lesní hospodářství je pro člověka zdrojem jednoho z nejpoužívanějších materiálů - dřeva. Surovina byla využívána pro potřeby lidí od pradávna. Naše republika vždy oplývala velkým lesním bohatstvím a dřevní hmota byla dostatečně využívána. Již v 17. století však začal poměr vytěženého dřeva převyšovat výsadbu nového porostu. Člověk zjistil, že není možné z lesů stále jenom čerpat, ale že je také potřeba o ně pečovat a hospodařit v nich. Začalo se tak přistupovat k výsadbě rychle rostoucího smrkového dřeva. V současnosti ale zkušenosti ukázaly, že je výhodnější vysazovat lesy smíšené s ohledem na lepší odolnost vůči životnímu prostředí a odolnosti vůči lesním škůdcům.

Vývojem lidstva a zvyšování jeho dovedností došlo k progresivitě těžby, proto lze dnes těžbu dřevní hmoty provádět několika těžebními metodami. V České republice do roku 1980 převládala metoda kácení celých stromů, která byla prováděna motorovou pilou.

Po roce 1990 nastoupila do lesního hospodářství nová těžební metoda, při které je strom pokácen a hned rozřezán na požadované délky dle přání odběratele, toto umožnily nové těžební stroje tzv. harvestory v kombinaci s vyvážecími traktory. Tyto dva stroje tvoří tzv. harvesterový uzel, který umožňuje přímo dodávat změřené, označené a vyříděné sortimenty dřeva na odvozní místo. Nové těžební stroje pracují rychle, bezpečně, s nízkou pracností, jsou ekologicky a ekonomicky výhodné. Přestože je nová technologie ve srovnání s klasickou technologií úspěšnější, nelze ji přesto využít vždy a všude ve srovnání s klasickým způsobem těžby pomocí motorové pily.

1.1 Cíl práce

Cílem práce je provést analýzu rozdílných technologií těžebních prací v závislosti na charakteru porostu, produkčním sortimentu a na konfiguraci terénu. Práce je zaměřena na srovnání harvesterové technologie s technologií zpracování lesního porostu pomocí motorové pily ve stejném prostředí s podobnou charakteristikou porostu, při podobné konfiguraci terénu a při shodném produkčním sortimentu. Výsledkem práce je srovnání

těchto technologií a časů zpracování 1m^3 dřeva. Dále určení jejich výhod a nevýhod a dopad na životní prostředí.

Úvodem této práce byl zpracován přehled o současném stavu těžební technologie, který poukazuje na směr, kterým se ubírají technologie lesní těžby a jaký vliv má vývoj techniky na dobu zpracování 1m^3 dřevní hmoty.

Jelikož celá práce je zaměřena na způsoby lesní těžby, je pro lepší orientaci v textu v následujících kapitolách 4 a 5 vysvětlení pojmu těžba a její dělení. Těžba je brána jako proces plánovaného hospodaření v lese, proto se postupuje podle předem stanoveného lesního hospodářského plánu. Definice lesního hospodářského plánu je také zmíněna v této kapitole.

Po definování základních pojmů lesní těžby jsou popsány nejpoužívanější těžební technologie. V dalších kapitolách byly analyzovány metody těžby a používání technologií při těchto metodách včetně popisu jednotlivých strojních zařízení a její historie.

Jako následující krok pro splnění cíle této práce bylo nutné popsat kritéria hodnocení vhodnosti užití dané technologie, podle kterých se rozhoduje při jejich výběru.

Vlastní experimentální část této práce obsahuje vybrání jednoho stroje od každé technologie a změření časů dosažených při práci v lesním hospodářství. V následující diskuzi se nachází zhodnocení naměřených výsledků a jejich porovnání s výsledky uváděnými v literatuře. Závěrem jsou zmíněny výhody a nevýhody jednotlivých technologií. Zejména však hodnocení harvesterové technologie z hlediska ochrany životního prostředí, ekonomické stránky a z hlediska bezpečně prováděné práce.

2 Přehled o současném stavu

Mechanizaci v lesním hospodářství lze vysvětlit jako aplikaci strojů a zařízení ve výrobním procesu těžby dřeva. Používání mechanizace vede ke zvyšování produktivity práce, snižování spotřeby času na jednotku produkce, snižování podílu živé lidské práce, snižování podílu namáhavé práce a zlepšování sociálních, hygienických a bezpečnostních podmínek při práci [3].

Za poslední desetiletí je velice patrný rozvoj mechanizace v lesním hospodářství a nástup zahraničních strojů zejména v těžbě dřeva. Snížila se pracnost výroby a zvýšila se produktivita práce.. Tento vývoj také potvrzuje množství spotřebovaného času na kácení, odvětvění a krácení (Tabulka 1). Například v roce 1970 bylo spotřebováno celkově 2,4 min. m⁻³ a v roce 1999 to bylo jen 4,8 minuty na m³ dřeva [1]

Tabulka 1 – Doba potřebná na zpracování 1m³ dřeva v jednotlivých letech

Rok	Doba potřebná na zpracování 1m³ (min)
1975	78
1980	54
1985	48
1990	24
1995	7,2
1999	4,8

Velký pokrok zaznamenal vývoj v oblasti motorových pil. Motorové pily jsou dnes mnohem bezpečnější, šetrnější k obsluze a k životnímu prostředí. Modernizace se také výrazně projevila na hmotnosti těchto strojů, kde je využíváno tvrzených plastů a lehkých kovových slitin.

Usnadnila se rovněž práce v oblasti strojního kácení stromů a jejich dalšího zpracování v podobě :

- a) *procesorů*, jedná se o zařízení, který je určen především k odvětvení a krácení probírkového materiálu na určené sortimenty.
- b) *Feller Buncherů*, jedná se o pásový dopravní prostředek, jež má na hydraulickém rameni připevněnu speciální kácecí hlavici s kotoučovým řezným ústrojím. Tento stroj je určen pro zpracování porostu stromovou metodou.
- c) *Harvestorů*, začaly se používat od 90. let v České republice. Přístup k této technologii byl velice skeptický a odmítavý, zejména ze strany ekologických sdružení, ale nakonec se tato technologie ujala a dnes je v České republice těchto strojů více než 140 kusů.

3 Těžební práce a její specifikace

3.1 Definice pojmu lesní těžba

Pro snazší orientaci v dalším textu je potřebné definovat pojem lesní těžba, nebo také těžba dřeva.

S možnými specifikacemi těžby se lze setkat v:

- a) Lesním zákoně
- b) Lesnickém slovníku naučném
- c) Podnikatelských normách

LESNÍ ZÁKON

Lesní zákon sám výslovně pojem “lesní těžba” nedefinuje, protože jde o pojem odborné lesnické veřejnosti dostatečně známý. Definuje však – „těžbu lesního porostu“ zmíněnou pod písmenem d) § 2 lesního zákona, jako jednu z činností zahrnutých do obsahu pojmu „hospodaření v lese“, dále je v § 2 podrobnější členění širšího pojmu „těžba dříví“ nebo „lesní těžba“ a to na: „

- 1) „těžba předmýtní úmyslná“ (písm. l),
- 2) „těžba mýtní úmyslná“ (písm. m),
- 3) „těžba nahodilá“ (písm. n),
- 4) „těžba mimořádná“ (písm. o).

Těžbě dříví je věnován samostatný § 33 lesního zákona [10].

LESNICKÝ NAUČNÝ SLOVNÍK

Lesnický naučný slovník, který byl vydán v roce 1995 Ministerstvem zemědělství, obsahuje definici ve druhém dílu, str. 443, kde definuje pojem “těžba lesní” jako rozsáhlou lesnickou činnost zahrnující kácení stromů, odvětvování stromů včetně odřezávání vršků, dopravu, manipulaci v porostu nebo na skladech i expedici s tím, že “těžba lesní” zahrnuje vedle těžby dříví také tzv. přidruženou vedlejší těžbu, tj. získávání a dopravu jiných materiálů z lesa nebo z lesní půdy než dřevo (např. kůra, pryskyřice, lesní plody, semena,

tráva, klest, kámen, písek, rašelina apod.). Z této definice vyplývá, že pojem “těžba lesní” je pojmem obsahově širším než pojem “těžba dříví”[10].

PODNIKOVÁ NORMA

Posledním zdrojem definice je platná podniková norma PN 480004 - Těžba dřeva - Názvy a definice, která v I. části definuje pojem “těžba dřeva” jako jednu nebo více těžebních technologických operací (podle těžební metody) počínaje kácením, odvětčováním, včetně soustředování dříví [10].

VÝSLEDNÁ DEFINICE TĚŽBY

Těžba dřeva ve smyslu ustanovení § 33 lesního zákona je jednou z lesnických činností, která se provádí při hospodaření v lese. Tato činnost zahrnuje kácení stromů, odvětčování pokácených stromů včetně odřezávání vršků stromů, v některých případech také odkorňování kmenů a v závislosti na použité těžební metodě také další manipulace.

Provádění těžby se dá chápat, jako výsledek hospodářského plánování na určitém území. Toto plánování se zaznamenává do lesního hospodářského plánu.

3.2 Lesní hospodářský plán

Při provádění těžby se musí vždy postupovat podle lesního hospodářského plánu. Lesní zákon lesní hospodářské plány (dále jen "plány") definuje jako nástroje vlastníka lesa, zpracovávané zpravidla na deset let. Obsahují ustanovení závazná a doporučující. Závaznými ustanoveními plánu jsou maximální celková výše těžeb a minimální podíl melioračních a zpevňujících dřevin při obnově porostu. Pro státní lesy a lesy ve vlastnictví obcí je závazným ustanovením též minimální plošný rozsah výchovných zásahů v porostech do 40 let věku. Právnícké osoby, kterým je svěřeno nakládání se státními lesy, ostatní právnícké a fyzické osoby vlastníci více než 50 ha lesa v obvodu územní působnosti schvalujícího orgánu státní správy lesů (§27), jsou povinny zabezpečit zpracování plánů.

Hospodařit podle plánu mohou též právnické a fyzické osoby vlastníci méně než 50 ha lesa. Jeden plán může být zpracován pro lesy o výměře nejvýše 20 000 ha.

Právnické a fyzické osoby, pro které byly plány schváleny, jsou povinny dodržovat jejich závazná ustanovení [10].

3.3 Dělení těžebních prací a využití technologie

Těžbu dříví lze rozdělit do dvou základních skupin:

- a) **Těžba plánovaná** – hospodářská
- b) **Těžba nahodilá** – hmyzová, exhalační, živelní, ostatní

Jak již bylo zmíněno u definice těžby dřeva podle podnikové normy, lze těžbu také dělit podle metod, což je podle zmíněné normy způsob realizace těžebního procesu, které jsou:

- a) **metoda sortimentová**: při této metodě se sortimenty vyrábějí přímo v porostu (u pařezu).
- b) **metoda kmenová**: těžební metoda, při této těžební metodě se v porostu uskuteční operace kácení a odvětvení (včetně oddělení vršku) a další operace jsou přeneseny na místa koncentrace dřevní suroviny, tzn. na odvozní místa (lesní sklady) a na hlavní sklady.
- c) **metoda stromová**: metoda, při které se v porostu uskuteční jediná výrobní operace, a to kácení vyznačených stromů, ostatní výrobní operace jsou přeneseny na jiná místa koncentrace dřevní suroviny (na sklady).
- d) **metoda výřezů standardních délek**: jedná se o úpravu sortimentové metody, při které se v porostu zkrátí kmeny na výřezy standardních délek odpovídajících technickým parametrům dopravních prostředků a potřebám odběratelů.

Ve všech těžebních metodách lze uplatnit dvě v současnosti nejvíce využívané technologie kácení stromů. Jedná se o kácení motorovou pilou a těžbu pomocí harvesterové technologie. U stromové a kmenové metody se nejčastěji používá motorová pila. Harvestory jsou doporučovány přednostně pro sortimentovou metodu a metodu výřezu standardních délek, dále pak pro kalamitní těžbu.

4 Historie nejpoužívanějších těžebních technologií v České republice

Mezi nejpoužívanější technologie, na které je tato práce zaměřena, je těžba motorovou pilou a harvesterová těžba.

4.1 Historie motorové pily

První použitelná motorová pila ke kácení byla sestrojena v USA mezi rokem 1860 -1880 A. Rausomem a byla poháněna parou. S dalším vývojem motorových pil byli spojeni: Charles Wolf (USA), Robert Lagues (Finsko), Andrea Stihl (Německo)

Charles Wolf byl první, který sestrojil v roce 1908 pilu s elektrickým pohonem. Na tuto technologii navázal Andrea Stihl, který sice v roce 1906 sestrojil první motorovou pilu se spalovacím motorem, ale dále konstruoval pily s elektrickým pohonem.

První zmínka o užití motorové pily v lesním hospodářství spadá do roku 1929, kdy byla první motorová pila nasazena v Německu. Tyto pily ale nenašli širší uplatnění, jelikož se vyznačovali velkou hmotností a malou výkonností [5].

Po druhé světové válce zažil vývoj motorových pil velký krok kupředu díky membránovému karburátoru, novou konstrukcí z lehkých slitin a hoblovacím řetězem.

V Československé republice byly po druhé světové válce používány kanadské pily značky Hornet a nebo dvoumužná pila Rinco vyráběná v Motoru České Budějovice. Na počátku padesátých let začala Československá republika vyrábět pily vlastní, a to: MP - 50 dvoumužná a později JMP - 54 jednomužná.

V šedesátých letech se veškerý vývoj a výroba v ČSSR zastavila a bylo rozhodnuto natrvalo motorové pily dovážet ze zahraničí. Tak se zde objevily značky Stihl – BLK, Stihl- Contra, Homelit, aj.

Pily se u nás jenom zřídka využívaly k odvětvování z důvodu velké hmotnosti, vysokého hluku a vibrací. Teprve od roku 1966 se začíná s pilami odvětvovat a od roku 1973 se hovoří o tzv. motomanuálním způsobu těžby motorovými pilami [4].

4.2 Historie harvestorové technologie

Toto zařízení bylo vyvinuto na základě dlouholetého vývoje a uspokojení potřeb na mobilní, rychlý, technicky spolehlivý stroj.

Jedná se tedy o samojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětjuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu. Jednotlivé výřezy zůstávají v porostu v neurovnaných či urovnaných hraních. Celkový cyklus je plně mechanizovaný a automatizovaný.

Celá historie spadá do skandinávských zemí především Finska a Švédka, které se vyznačují vysokým podílem zalesněné plochy. U Finska se jedná o 76,7 % a u Švédska 68,6 % území zakryté lesy. Tato technologie je velice mladá a k největšímu rozmachu došlo v období mezi rokem 1990 – 1998, kdy přes počáteční skepsi ze stran zájemců, dokázala přesvědčit svojí vysokou produktivitou práce a šetrností při manipulaci a při probírkách.

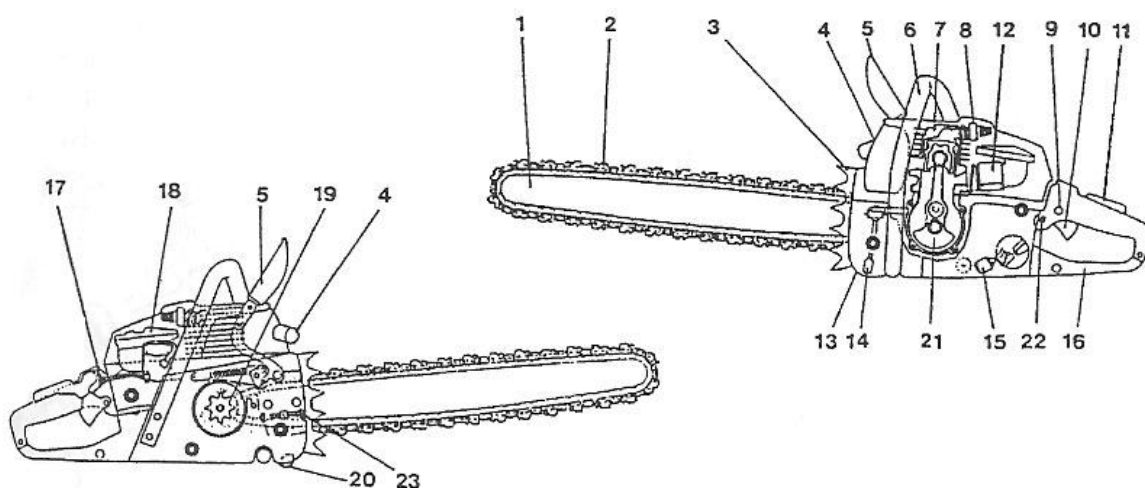
V České republice se objevily první stroje kolem poloviny 90. let dvacátého století, jednalo se například o značku Timberjack 1270 a Timberjack 1490. Od této chvíle se zvedl zájem o harvestorovou technologii. Tento zájem lze dobře zaznamenat v roce 2002, kdy na území ČR již pracovalo přibližně 60 kusů harvestorů. V roce 2005 bylo v ČR již 140 harvestorů, což znamená nárůst více jak o 130% za tři roky [1].

4.3 Konstrukční charakteristika motorové pily

Motorová pila se skládá ze tří základních částí - motorová, řezací a nosná část. Tyto části se skládají z následujících komponentů (Obrázek 1):

- Motor
- Skříň motoru
- Tlumič výfuku
- Chlazení motoru
- Čistič vzduchu
- Karburátor
- Zapalovací soustava

- Spouštěcí (startovací) ústrojí
- Spojka
- Brzda řetězu
- Olejové čerpadlo
- Nádrž paliva
- Napínací ústrojí
- Řetězové kolo
- Zubová opěrka



Obrázek 1 – Schéma konstrukce motorové pily (Sachs – Dolmar)

1- vodící lišta, 2 – pilový řetěz, 3 – zubová opěrka, 4 – tlumič výfuku, 5 –brzda řetězu, 6 – přední rukojeť, 7 – válec motoru , 8 – zapalovací svíčka, 9 – aretace páčky plynu, 10 – páčka plynu, 11 – pojíska páčky plynu, 12 – čistič vzduchu, 13 – olejová nádrž, 14 – sací potrubí oleje, 15 – palivová nádrž, 16 – zadní rukojeť, 17 – vzduchová klapka (sytič), 18 – tlumič sání vzduchu, 19 – hnací řetázka, 20 – zachycovač přetrženého řetězu, 21 – kliková hřídel, 22 – spínač zapalování , 23 – šroub napínání řetězu

4.3.1 Motorová část

Motor je používán u motorových pil výhradně dvoudobý jednoválcový. Výjimečně se využívá čtyřdobý motor. Objevily se také snahy využít dvouválcový motor (Solo) nebo Wanklův motor (Sachs – Dolmar), ale tyto snahy se ovšem v praxi neujaly [2].

Válec a píst jsou odlity z lehkých kovových slitin hliníku a hořčíku. Píst je pomocí ojnice spojen s klikovou hřídelí. Kliková hřídel převádí předozaďní pohyb pístu na pohyb rotační

a přímo pohání ventilátor, který je zároveň rotorem magnetu zapalování a nepřímo přes odstředivou spojku pohání řetězové kolo – hnací řetězku pilového řetězu.

Poloha válce vzhledem ke skříni může být trojí:

- 1) podélná
- 2) svislá
- 3) šikmá

Poloha válce výrazně ovlivňuje vnější vzhled motorové části pily (protáhlý tvar při podélné poloze válce, zkrácený tvar při svislé poloze válce).

4.3.1.1 Skříň motoru

Skříň motoru se skládá ze dvou vzájemně utěsněných částí, které jsou vyrobeny z lehkých slitin, případně z umělé hmoty. Mohou obsahovat i olejovou nádrž pro mazání řezací části pily. Ke skříni je dále připevněna jak řezací část, tak nosná část pily.

4.3.1.2 Tlumič výfuku

Jedná se o ocelový box, který je upevněn na stěnu válce. Tlumič je zevnitř opatřen labyrintem, který napomáhá snižovat hluk motoru, ochlazovat výfukové plyny a odvádět je od pracovníka.

Dnešní konstrukce tlumičů výfuku dosahuje hladiny akustického tlaku, L_{peq} zjišťovaná dle normy ISO 7182, kolem 100 dB (Husquarna, Stihl).

4.3.2 Chlazení motoru

Chlazení je zabezpečováno ventilátorem (lopatkové kolo připevněné na levou část klikové hřídele). Takovýto způsob chlazení vytváří proud vzduchu nasávaný z vnějšího prostředí pily přes otvory v krytu spouštěcího ústrojí a tento proud vzduchu je dále hnán na žebrovaný válec.

4.3.3 Čistič vzduchu (Vzduchový filtr)

Tento komponent má za úkol odstranit nečistoty ze vzduchu nasávaného do karburátoru a snižovat hluk působený vzduchem nasávaným do motoru.

Vzduchový filtr má dvojí provedení a) dvojitý v podobě ploché krabičky se dvěma stěnami opatřenými suchými kovovými nebo plastickými sítky

b) jednoduchý plochý filtr

Některé pily mají více vzduchových filtrů (hrubý a jemný). Dříve se jako jemný filtr používal tzv. mokrý vzduchový filtr, který byl tvořen z plstěné vložky napuštěné olejem.

Dnes se používají filtry vyrobené z materiálu připomínající plst nebo velurovou tkaninu.

Některé motorové pily mívají možnost nastavení tzv. zimního režimu, při kterém se přednastaví cesta vzduchu do vzduchového filtru tak, že vzduch je veden kolem povrchu motorové pily a tím pádem je temperován.

4.3.4 Karburátor

Připravuje jemně rozprášenou směs paliva a vzduchu stabilně ve všech režimech chodu motoru v poměru 1:13 až 1:15 hmotnostních dílů.

Bez výjimky se používají karburátory bezplovákové membránové, které jsou schopné zaručovat práci ve všech polohách. Karburátory jsou opatřeny palivovými tryskami, nebo tryskami vstřikovacími. Nejznámější typy karburátorů jsou Tillotson, Walbro a Zama.

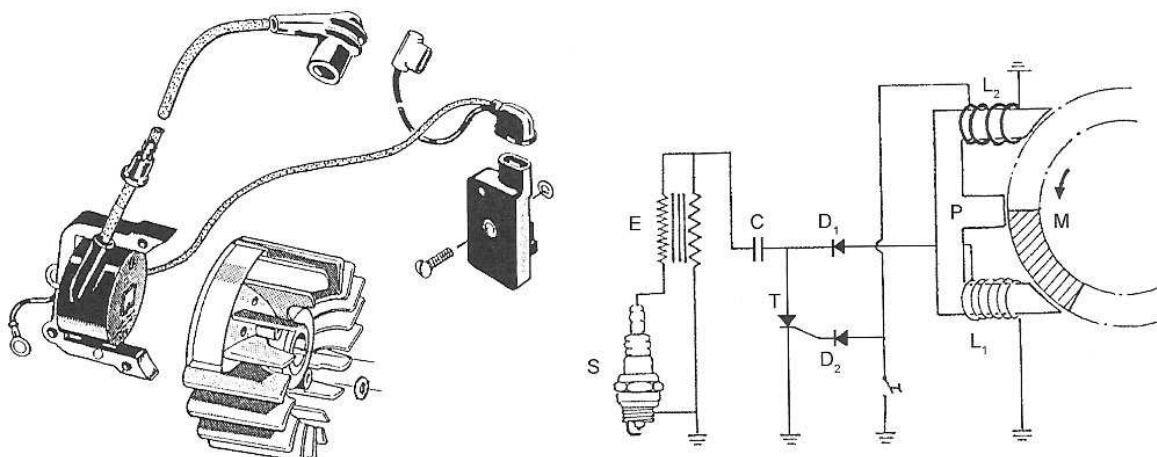
4.3.5 Zapalovací soustava

Úkolem je ve vhodném okamžiku, kdy se blíží píst k horní úvratí, zajistit přeskok jiskry na elektrodách svíčky a zažehnout tak směs ve válci motoru. V dnešní době se výhradně používá tyristorová elektronická bezkontaktní zapalovací soustava. Přednosti tohoto systému zapalování jsou:

- spolehlivost i při vysokých otáčkách

- velmi přesný okamžik zapálení, jehož načasování zařízení samočinně optimalizuje v závislosti na okamžitých otáčkách motoru
- kompaktní, plně izolovaná, mechanicky odolná, bezkontaktní a bezúdržbová konstrukce zaručuje odolnost proti nepříznivému počasí a nečistotám.

Zapalovací soustavu lze vidět na obrázku 2.



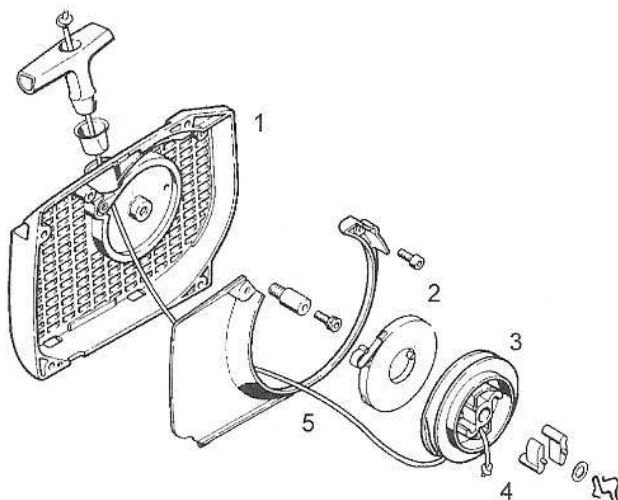
Obrázek 2 – Elektronická bezkontaktní zapalovací soustava motoru (Husquarna)

Jádro (p), indukční cívka (L_1), řídicí cívka (L_2), diody (D_1, D_2), tyristor (T), kondenzátor (C), Zapalovací cívka (E), Zapalovací svíčka (S), permanentní magnet (M)

4.3.6 Spouštěcí (startovací) ústrojí

Toto zařízení (Obrázek 3) zabezpečuje roztočení klikového hřídele motoru při startování motorové pily.

Spouštěcí ústrojí se skládá z navíjecí kladky, startovacího lanka opatřeného madlem, předepnuté navíjecí pružiny a různé konstrukce unášečů (ozuby, západky, háčky apod.) upevněných na navíjecí kladce. Někteří výrobci montují na startovací lanko odpružená madla z důvodu snížení silových rázů způsobených vlivem komprese motoru (systém ElastoStart by Stihl).



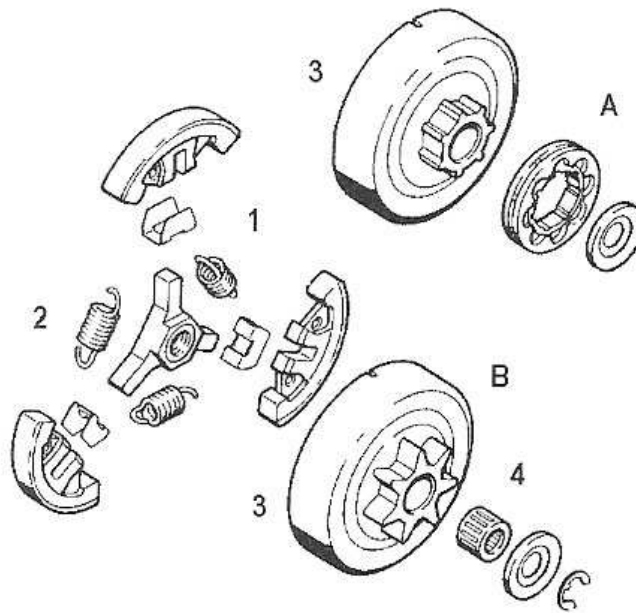
Obrázek 3 – Spouštěcí ústrojí (Stihl)

1 – kryt, 2 – vinutá pružina, 3 – cívka, 4 – západky, 5 - lanko

4.3.7 Spojka

Úkol spojky (Obrázek 4) u motorových pil je takový, že přenáší točivý moment na hnací řetězku pilového řetězu. Spojka je suchá, odstředivá a je upevněna na klikové hřídele.

Spojka se skládá ze 3 až 5 segmentů, které se předpjatými pružinami stahují k sobě směrem k ose klikové hřídele, na níž je upevněn držák spojky. Při zvýšení otáček klikové hřídele na 3000 až 4000 ot.min⁻¹ se překoná přítlačná síla pružin a třecí segmenty začínají přiléhat na stěnu hnané části spojky (bubínky spojky). Tato síla je dále přenášena na řetězku a na řetěz.



Obrázek 4 – Odstředivá spojka a hnací řetězové kolo (Stihl)

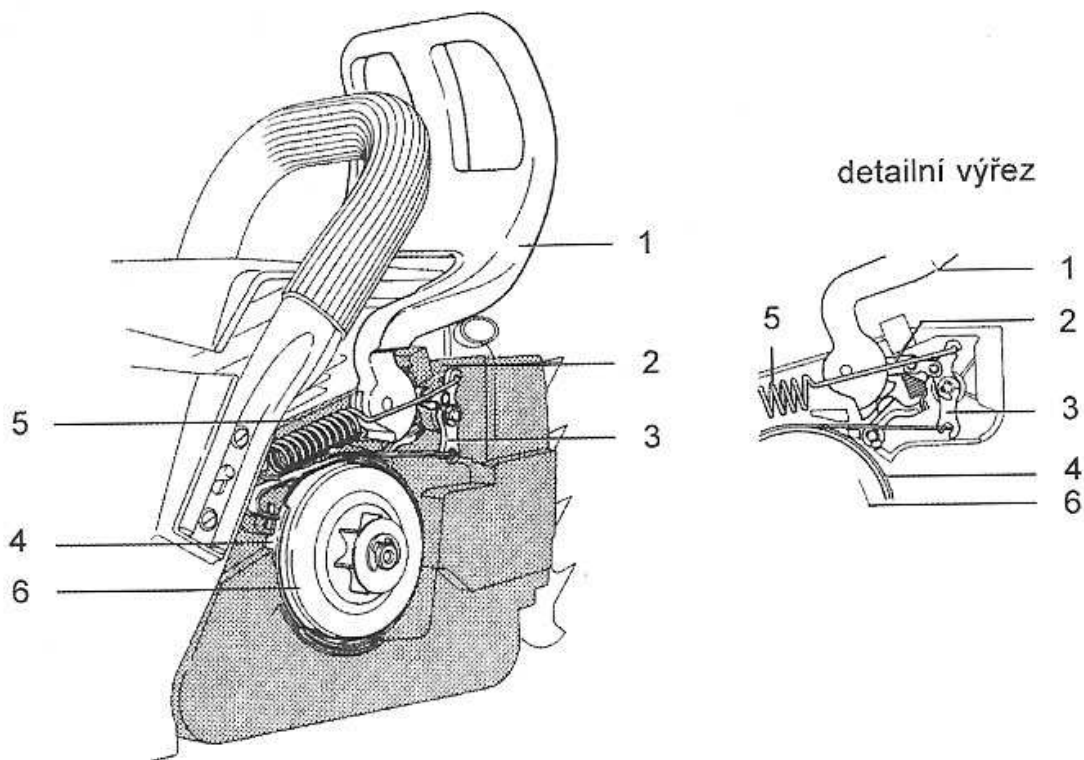
1 – třecí segment, 2 – pružina, 3 – bubínek spojky, 4 – jehlové ložisko, A – hnací řetázka prstencová,
B – hnací řetázka hvězdicová

4.3.8 Brzda řetězu

Úkol brzdy je co nejrychlejší zastavení pilového řetězu (za 0,1 sekundy z plné rychlosti) při vzniku nekontrolovatelného pohybu lišty směrem k pracovníkovi, způsobený stykem řetězu s předmětem v místě horní části špičky lišty.

Brzda (Obrázek 5) pracuje na principu pásové brzdy, která přiléhá na plášť bubínku spojky. Činnost brzdy se spustí tlakem na ochranný kryt levé ruky, nebo automaticky při zpětném rázu. Takto způsobený tlak uvolní aretaci silné pružiny, která utáhne pásek brzdy kolem bubínku spojky.

Brzy řetězu patří již k povinné výbavě motorových pil [2].



Obrázek 5 – Brzda řetězu (Stihl)

1 – ochranný kryt levé ruky, 2 – zapínací páka, 3 – brzdová páka, 4 – pás brzdy, 5 – vinutá pružina brzdy,
6 – buben spojky

4.3.9 Olejové čerpadlo

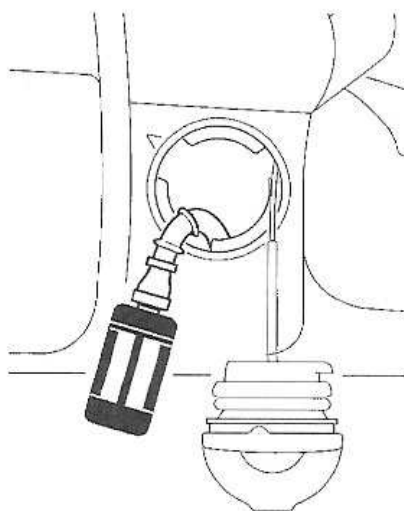
Čerpadlo má za úkol dopravovat mazací olej ze zásobníku nádrže do otvorů v liště a tedy k řetězu. Nejčastěji pracuje automaticky, ale u starších typů pil nebo u tzv. třídy hobby je čerpadlo ruční. Avšak některé profesionální pily mohou mít k automatickému čerpadlu i ruční z důvodu nárazové větší potřeby oleje při přezávání velmi silných stromů.

Automatická čerpadla jsou poháněná od bubínku spojky, což je výhodnější oproti staršímu systému pohonu přímo od klikového hřídele, který dopravoval mazivo i v době, kdy řetěz nebyl v činnosti.

Olejové čerpadlo je konstruováno jako pístové s možností regulace zdvihu pístu. V běžných podmínkách by čerpadlo mělo dodávat cca $10 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$.

4.3.10 Nádrž paliva

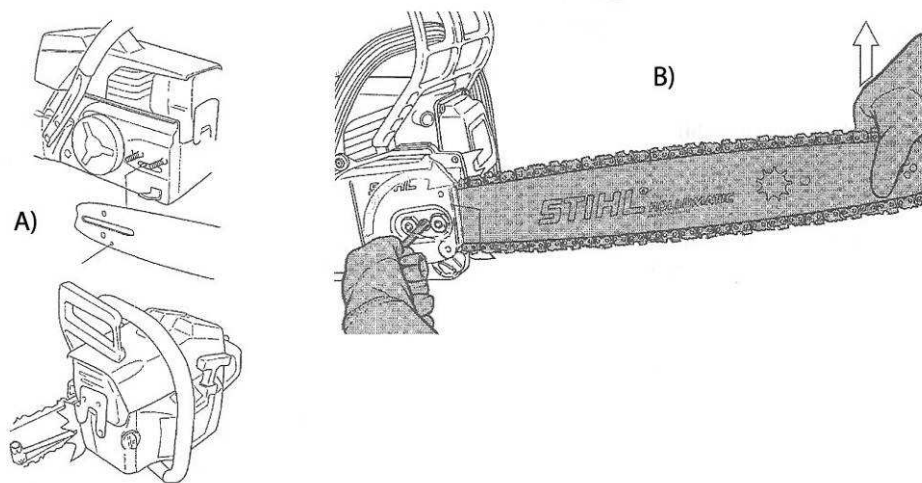
Nádrž je tvořena plastovým výliskem, který je připevněn k nosné konstrukci zadní části pily. Nádrž je uzavřena odvětrávacím šroubovým uzávěrem. Vně nádrže je ohebná pryžová hadička, na jejímž konci se nachází sací koš opatřený filtrem (Obrázek 6). Sací filtr svou tíhou ohýbá hadičku a udržuje tak nepřetržitě svůj sací otvor pod hladinou paliva v nádrži, a tím zabezpečuje přítok paliva ve všech pracovních polohách. Nádrže jsou nejčastěji vyráběny s objemem paliva tak aby došlo dříve palivo, než-li olej. Objem nádrží se pohybuje od 0,25 až 0,7 l.



Obrázek 6 – Palivová nádrž s uzávěrem a sacím košem (Stihl)

4.3.11 Napínací ústrojí

Tato část motorové pily má za úkol nastavit lištu vůči řetězovému kolu do polohy odpovídající optimálnímu vypnutí řetězu. Napínání je prováděno nejčastěji ručně otáčením stavěcího šroubu, který posunuje stavěcím mechanismem a tedy i lištou. Přístup k stavěcím šroubům může být buď z boku nebo zepředu (Obrázek 7). Umístění šroubu se liší dle výrobce, ale v poslední době se začínají tyto provedení podobat. Například Husqvarna začala umisťovat toto napínací zařízení z boku, stejně jako je tomu již po dlouhou dobu u pil značky Stihl.



Obrázek 7 – Napínací ústrojí pilového řetězu

A – napínací ústrojí s čelním ovládáním u starších typů pil Husquarna

B – napínací ústrojí s bočním ovládáním u pily Stihl a dalších soudobých typů pil

4.3.12 Řetězové kolo

Jiným názvem hnací řetězka, která pohání pilový řetěz. Jedná se o prstencové kolo, které je nasazené na drážkované osazení bubínkové spojky. Nové motorové pily mají velkou výhodu v možnosti výměny samotné řetězky, oproti starému provedení, kdy řetězka a bubínek spojky tvořily jeden celek.

4.3.12.1 Zubová opěrka

Zubová opěrka slouží k vedení a stabilizaci pily při řezu zejména při kácení a přeřezávání kmene. Opěrka je upevněna na motoru v blízkosti pilové lišty.

4.3.13 Konstrukce řezací části

Řezací část motorové pily je tvořena vodící lištou a pilovým řetězem. Obě tyto ústrojí musí svými rozměry i provedením sobě vzájemně odpovídat. Danému typu řetězu musí odpovídat hnací řetězka a vodící řetězka na liště.

Životnost řezacích částí je: 1) lišta = 800h

2) hnací řetězka = 400h

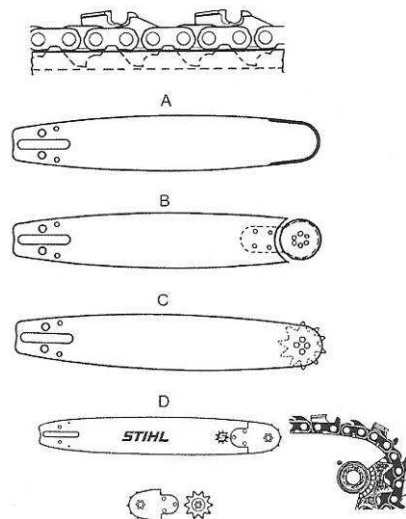
3) řetěz = 200 h

4.3.13.1 Vodící lišta

Tato řezací část vede ve své drážce vodící články řetězu a udržuje řetěz napjatý. Vodící lišta může být vyrobena ze tří výlisků z ocelových plechů, nebo je vytvořena z jednoho kusu plechu s vyfrézovanou drážkou. Na jednom konci je lišta tvarově upravena pro připevnění k motorové části (opatřena podélnými otvory, jimiž prochází upevňovací šrouby), dále je zde drážka pro trn napínacího ústrojí. Lišta je také opatřena jednostrannými otvory procházející stěnou drážky, jimiž se do ní přivádí olej k mazání řetězu.

K motorové části pily je lišta připevněna šroubovými spoji. U slabších pil je použito jednoho, u silnějších pil pak dvou upevňovacích šroubů s maticemi.

Na obrázku 8 je zobrazeno provedení vodících lišt.



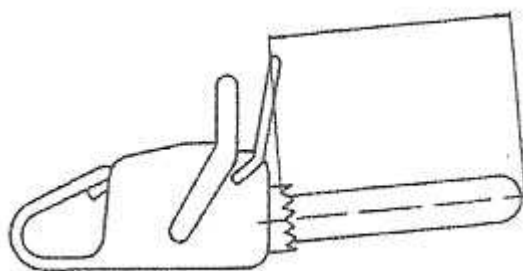
Obrázek 8 – Vodící lišty, jejich funkce a varianty provedení (Schlaghamersky

A – lišta s pevnou špičkou, B – lišta s vodícím kolečkem, C – lišta s vodící řetězkou, D – lišta s výměnnou špičkou a vodící řetězkou)

Rozlišují se dvě základní koncepce vodících lišt:

- a) lišty s pevnou špičkou – (Hard-top)
- b) lišty s vodící řetězkou (kolečkem) – Roll – Top

Účinná délka vodící lišty (Obrázek 9), tj. část lišty vyčnívající z pily neopatřené zubovou opěrkou, nebo část lišty vyčnívající zubovou opěrkou. Délka lišty je důležitá hodnota pro těžaře vzhledem k délce jednoho řezu dřeva. Velikost lišt se nejčastěji volí podle výkonnosti motoru pily (Tabulka 2).



Obrázek 9 - Účinná délka vodící lišty

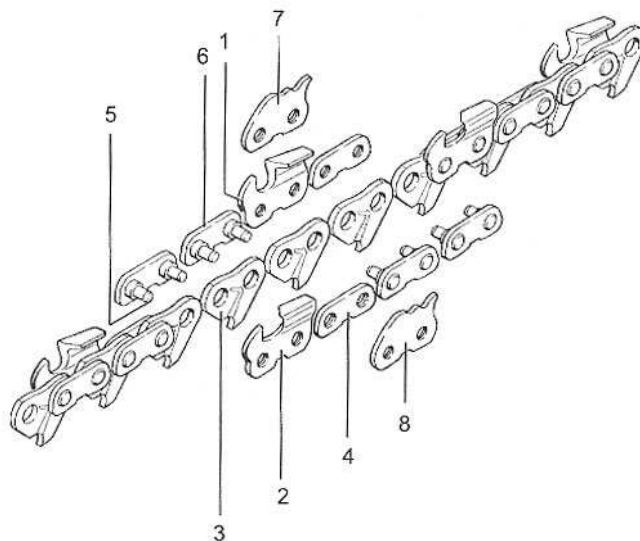
Tabulka 2 - Délka lišt podle výkonnosti motoru pily

VÝKONNOSTNÍ TŘÍDA (KW)	2,5	5
Max. délka lišty (cm)	40	80

4.3.13.2 Pilový řetěz

Jedná se o nekonečný řetěz tvořený vodícími, spojovacími a řezacími články s různě tvarovanými břity (Obrázek10). Články jsou navzájem spojeny nýty. Řezací články využívají principu hoblovacího zubu. Existují dva základní druhy - pravé a levé. Tyto články jsou střídavě v pravidelném rozestoupení rozmístěny po obvodu řetězu.

Materiál řezacích článků je ocel. Svými parametry odpovídá oceli třídy 12. Povrch hřbetu a boční strany řezacího článku jsou z důvodu menšího opotřebení pokryty vrstvou tvrdokovu (nejčastěji chróm).



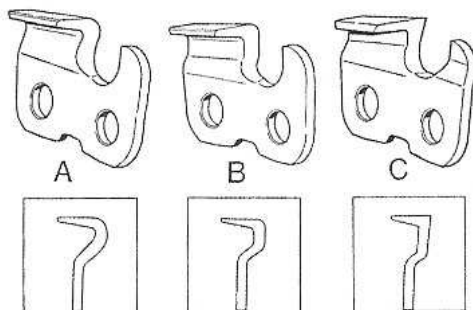
Obrázek 10 – Základní části pilového řetězu

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

Jednotlivé řetězy jsou charakteristické zejména tvarem hoblovacího článku, roztečí a šířkou vodícího článku.

Tvary hoblovacího článku (Obrázek 11):

- a) oblý
- b) polodlátový
- c) dlátový

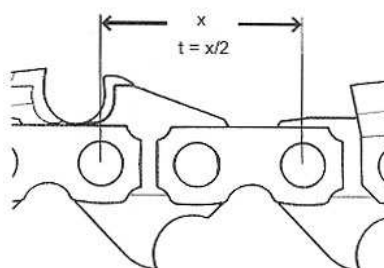


Obrázek 11 – Základní tvary profilů hoblovacích článků (Schlaghamersky)

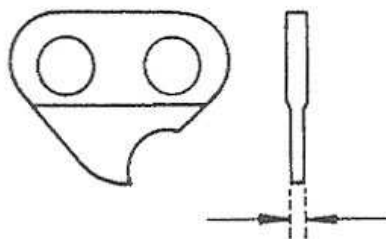
A – oblý, B – polodlátový, C - dlátový

Rozteč řetězu

Tento údaj udává vzdálenost mezi třemi sousedními nýty (Obrázek 12). Rozteč se udává v palcích a musí vždy odpovídat rozteči hnacího i vodícího kola motorové pily. Nejčastěji používaný typ řetězu v našich podmínkách je s roztečí 0,325" a 3/8"



Obrázek 12 – Rozteč pilového řetězu (Stihl)



Obrázek 13 – Tloušťka vodícího článku

Šířka vodícího článku a délka řetězu

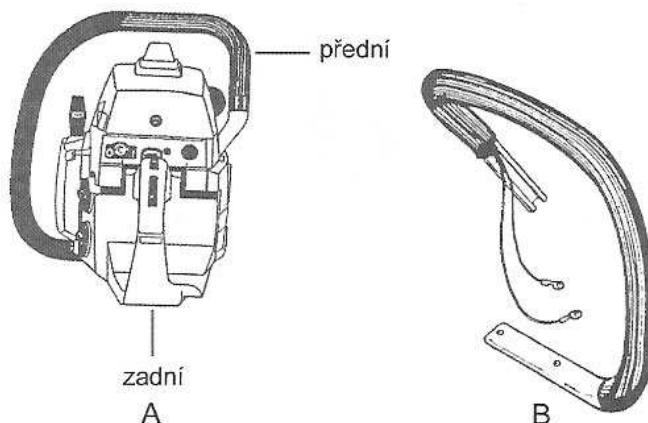
Na obrázku 13 lze vidět provedení vodícího článku a měření jeho tloušťky. Délka řetězu se udává počtem vodících článků, případně účinnou délkou použité vodící lišty.

4.3.14 Konstrukce nosné části motorové řetězové pily

Nosná část motorové pily slouží k nejjednodušší manipulaci s pilou. Konstrukce nosné části se skládá z přední a zadní rukojeti (Obrázek 14). Přední rukojeť slouží k přesnému vedení a polohování pily při kácení, odvětvování a přerezávání dříví. Provedení rukojeti je

nejčastěji zhruba kolmo nebo mírně šikmo k podélné ose pily a je tvořena kovovým trubkovým obloukem s pryžovým povlakem nebo plastem.

Zadní část je součástí plastového odlitku obsahující palivovou nádrž a úchytné body závěsných prvků.



Obrázek 14 – Přední a zadní rukojeti motorové pily (A),
elektrické vyhřívání rukojeti (B) (Husquarna)

Vývoj jde stále kupředu, proto na dnešním trhu lze konkurovat pouze s motorovou pilou, která se vyznačuje nízkou hmotností, vysokou spolehlivostí, vysokou řeznou rychlostí, jednoduchostí obsluhy, ale také splňující požadavky na hygienu práce vzhledem k vibracím a hluku.

4.4 Konstrukční charakteristika harvestoru

4.4.1 Podvozek

Základní rozdělení podvozků je podle jejich konstrukčního řešení. Ty mohou být:

- a) kolové (Obrázek 15)
- b) pásové (Obrázek 16)
- c) kombinované – Menzi Muck (Obrázek 17)

Kolové harvestory jsou schopny se pohybovat po spádnici (podélný sklon) do sklonu 25 - 50%, záleží také na typu harvestoru (Tabulka 3). Nad 50% sklonu je nutno použít kolopásky nebo jinou variantu podvozku (pásová, či kombinovaná). V takovýchto terénech se používají pásové harvestory s vyrovnáváním kabiny řidiče.

Na velmi prudkých svazích je doporučována technologie kombinace harvestoru a přibližovacího navijáku. V takovém případě je strom pokácen motorovou pilou a přiblížen k hlavici harvestoru, kde je dále zpracován. Nevýhodou je velké snížení výkonnosti harvestoru.

Podvozek se většinou skládá ze dvou částí spojených zlamovacím kloubem. Části jsou ovládány hydrostatickým systémem, takže lze dosáhnout výborné říditelnosti a vysoké stability.



Obrázek 15 – Kolový harvestor (John Deere 1470D)



Obrázek 16 – Pásový harvester (John Deere 759JH)



Obrázek 17 – Menzi Muck harvester

Tabulka 3 - Orientační technická data kolových harvestorů

Orientační technická data kolových harvestorů	Jednotka	Malý harvestor	Střední harvestor	Velký harvestor
Hmotnost	t	8 – 13	13 – 17	17 -24
Šířka	cm	200 – 250	250 – 270	270 – 310
Dosah ramene výložníku	m	7 – 10	8 – 12,5	8 – 12,5
Optimální hmotnost zpracovaných stromů	m ³	0,10 – 0,3	0,2 – 0,7	0,5 – 1,5
Maximální průměr úřezu	mm	550	620	750
Průměrná hodinová výkonnost	m ³ /h	7	9	14
Průměrná roční výkonnost	m ³ /rok	1240	26000	40000
Výkon motoru	kW	80 – 110	110 – 150	150 - 210
Počet kol	ks	4	6	6

4.4.2 Nápravy

Další navazující prvek na podvozek je náprava. Typy náprav u harvestorů : pevná, výkyvná, tandemová. Boční výkyv podvozku je větší u nápravy se dvěma koly, oproti tandemové nápravě, kde je tento výkyv menší. Proto se u prořezávek více používají harvestory se čtyřmi nápravami.

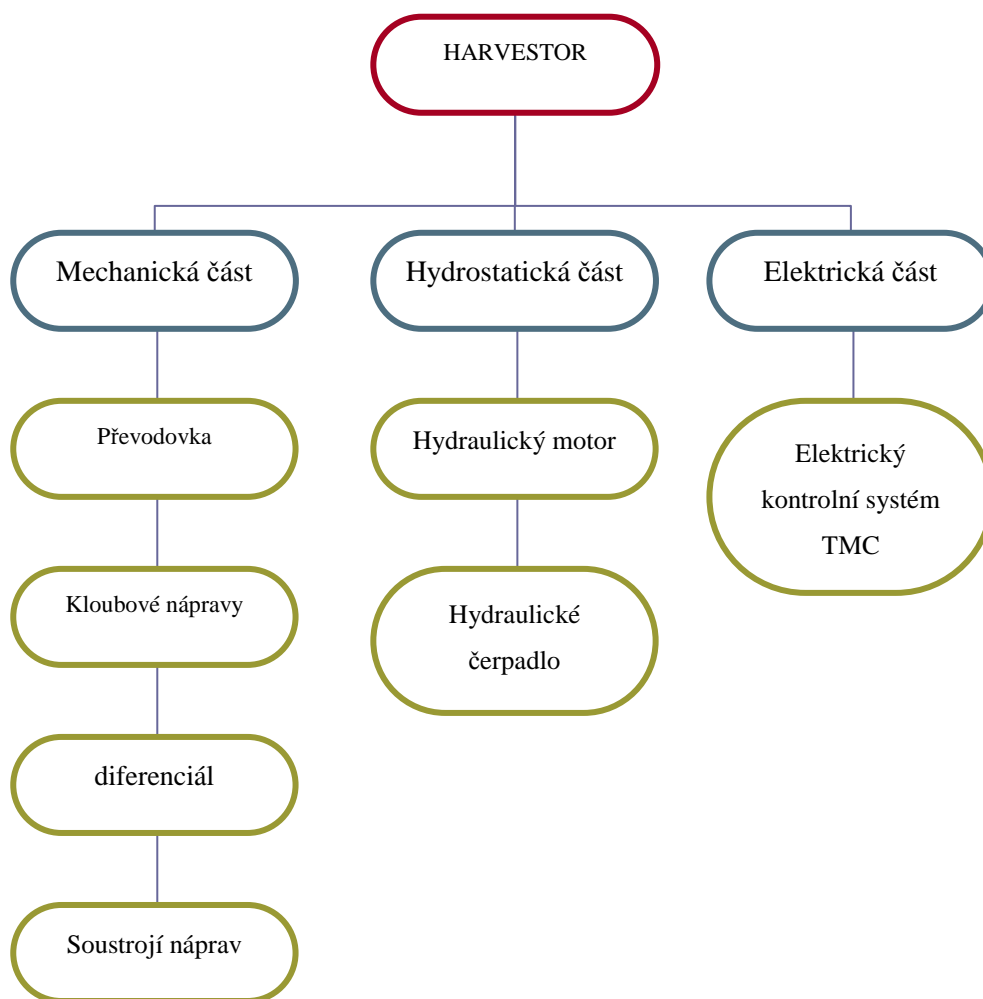
4.4.3 Přenos hnací síly

Celý mechanismus se skládá ze tří základních částí :

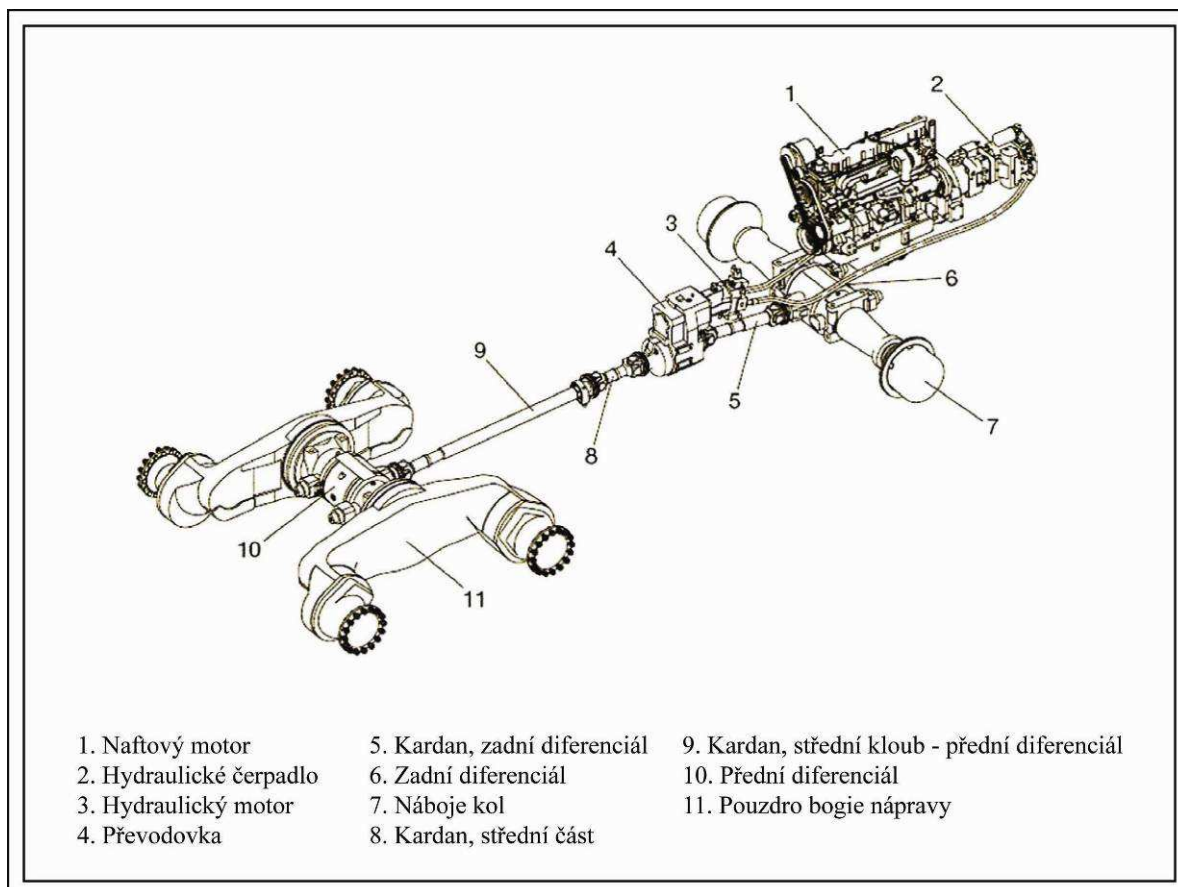
- mechanická část
- hydrostatická část
- elektrická část

Na obrázku 18 jsou uvedeny jednotlivé části.

U harvestorů je nejčastěji využíván hydrostaticko – mechanický přenos síly, jak je patrné z obrázku 19.



Obrázek 18 - Diagram složení jednotlivých částí harvestoru



Obrázek 19 – Konstrukce a funkce přenosu síly

Přenos mezi dieslovým motorem a koly je hydrostaticko – mechanický - viz obrázek 5. Mezi motorem (1) a převodovkou (4) je řazeno hydraulické čerpadlo (2) a za ním je umístěn hydraulický motor, který je namontován na hnanou hřídel převodovky, kde přenáší požadovanou sílu na ozubená kola dle zvoleného rychlostního stupně. Zde dochází k plynulému řazení mezi směrem vpřed a vzad.

Od převodovky je hnací síla přenášena na kardanovou hřídel (5,8), odtud diferenciály (6,10) až na koncové převody kol.

Speciální systém přenosu hnací síly na koncové převody je u společnosti John Deere chráněn patentem. Systém poskytuje stálou trakci na všechna kola, při záběru tak nedochází k nadzvedání jednotlivých kol nad povrch terénu. Díky tomuto systému mohou

být koncové převody umístěny do disků jednotlivých kol, což zvyšuje světlost a průjezdnost [6].

4.4.4 Hydraulický systém

Je tvořen uzavřeným obvodem skládající se z čerpadla a hydromotoru. Čerpadlo i hydromotor jsou pístového typu.

Směr osy otáčení čerpadla je konstantní, jeho posun, tím pádem směr rotace motoru a směr jízdy, je řízen elektrickými proporcionálními ventily.

Rychlost hydromotoru lze také nastavit zvětšením, popřípadě zmenšením průtoku čerpadla. Velikost otáček motoru udává úhel vyklonění osy motoru, přičemž deska zůstává na svém místě. Úhly čerpadla a motoru jsou na sobě nepřímo úměrně závislé. To znamená, když je úhel motoru v maximální vychýlené poloze a čerpadlo v minimálním úhlu vytočení, je stroj v klidovém stavu. Rozjížděním se začne úhel čerpadla zvyšovat oproti úhlu motoru, který se začíná snižovat. Stroj má maximální rychlost, dosáhlo-li čerpadlo maximálního stavu vychýlení a motor je ve svém minimu.

4.4.5 Hydraulický jeřáb

Hydraulický jeřáb je jedna z nejdůležitějších částí harvestoru (Obrázek 20), jelikož je na něj upevněna harvestorová hlavička. Pomocí jeřábu vykoná obsluha všechny potřebné pohyby při zpracování stromu, mezi které patří:

- 1) zvedání a klesání výložníku
- 2) pohyb teleskopického ramene
- 3) pohyb vlevo a vpravo
- 4) pohyb rotátoru s hlavicí
- 5) vychýlení jeřábu v rámu
- 6) otevírání a zavírání úchytných odvětvovačích nožů
- 7) spouštění a zastavování motorové pily
- 8) aktivace podávacích válců pro odvětvování

Existují dva druhy upevnění jeřábu:

- a) vedle kabiny obsluhy (méně časté a používá se spíše u pásových harvestorů)
- b) před kabinou obsluhy

4.4.5.1 Dělení jeřábů

Hydraulické jeřáby se mohou dělit podle dvou základních parametrů:

- 1) Podle konstrukce
- 2) Podle zvedacího momentu (nosnosti)

Podle konstrukce se dělí jeřáby na:

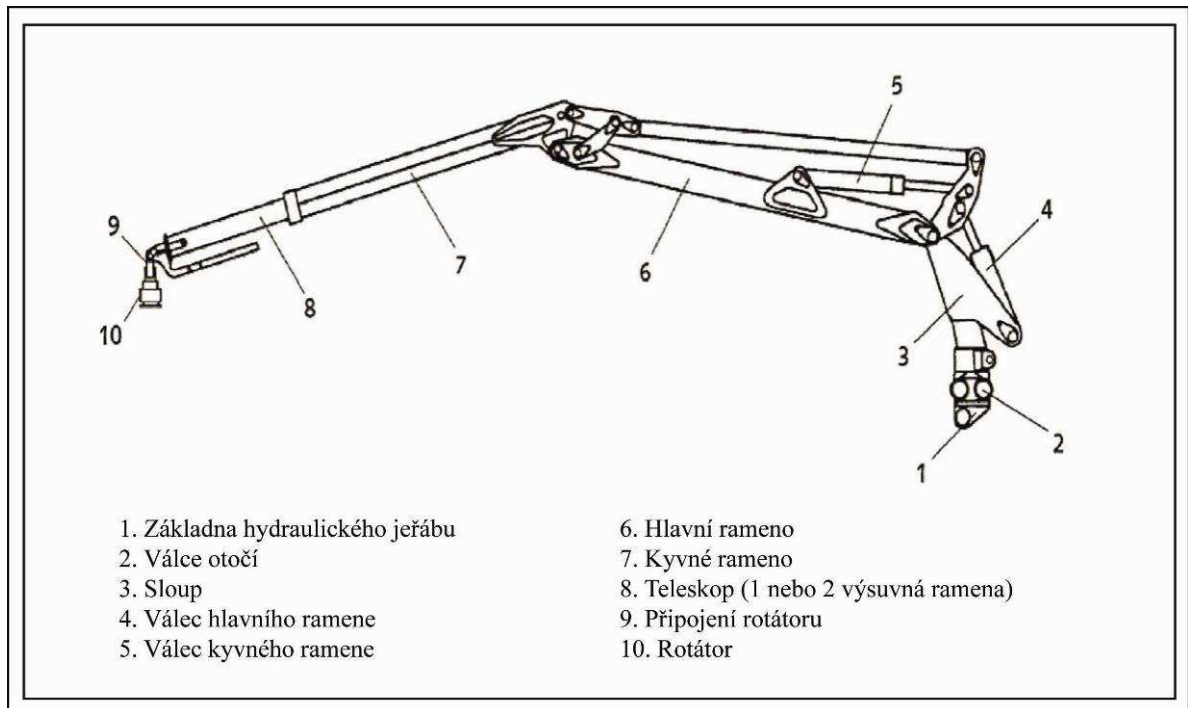
- Jeřáby s hlavním výložníkem, zlamovacím a teleskopickým ramenem (nebo jen výložníkem se zlamovacím systémem)
- Jeřáb se zlamovacím a teleskopickým výložníkem
- Jeřáb s paralelně vedenými výložníkovými rameny

Podle zvedacího momentu¹ (nosnosti) se jeřáby rozdělují na:

- Malé - zvedací moment do 100 kNm
- Střední – zvedací moment 100 – 160 kNm
- Velké – zvedací moment nad 160 kNm

Veškerý pohyb jeřábu je ovládán hydraulicky a pracovní tlak hydraulické kapaliny se zde pohybuje v rozmezí 200 – 280 barů (20 – 28 MPa). Takto vysoký tlak hrozí při poškození hydraulického vedení velkým únikem hydraulické kapaliny do prostředí a rovněž je zde nebezpečí ohrožení obsluhy jeřábu při poklesu tlaku v hydraulickém obvodu. Proto jsou jednotlivé hydraulické okruhy vybaveny automatickým uzávěrem, který se uzavře při poklesu tlaku v obvodu.

Sloup jeřábu (Obrázek 20, součást č.3) je upevněn otočně a u některých typů harvestoru je dokonce umožněn pohyb vzad i v před, což zajišťuje větší stabilitu harvestoru při manipulaci s kmeny.



Obrázek 20 - Konstrukce hydraulického jeřábu s paralelně vedenými rameny

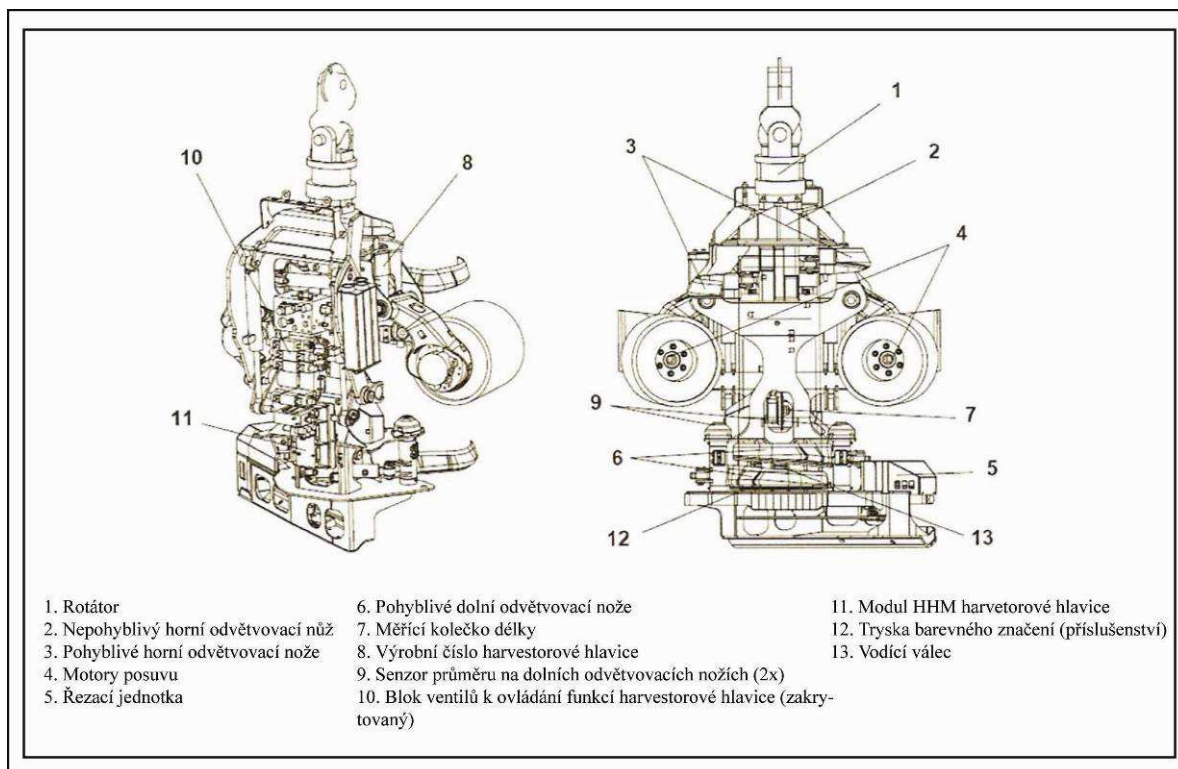
4.4.6 Harvestorová hlavice

Hlavice (Obrázek 21) je nástroj, pomocí něhož obsluha vybraný strom uchopí, uřízne, sklopí do pracovní polohy, odvětví, zkrátí a uloží na vybrané místo.

Existují základní dva typy hlavic, které se od sebe liší nejenom konstrukcí, ale i užitím.

Tyto typy jsou:

- 1) Harvestorová hlavice švédského typu (Obrázek 22, vlevo)
- 2) Harvestorová hlavice finského typu (Obrázek 22, vpravo)



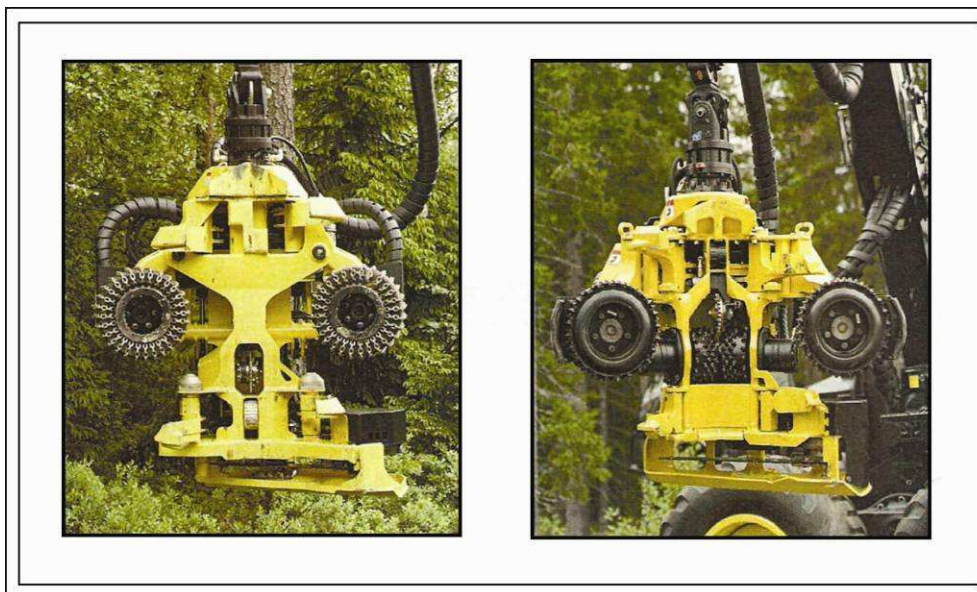
Obrázek 21 – Konstrukční prvky harvesterové hlavice

4.4.6.1 Hlavice švédského typu

Vyznačuje se robustnější konstrukcí, tím pádem i větší hmotností, má delší základní rám. Vkládací ústrojí je tvořeno dvojicí vkládacích válců, které mají větší protahovací sílu a oproti holandskému typu dokáže zpracovat kmen s nižším průměrem. Tato hlavice je doporučována pro práci s dlouhými a rovnými kmeny s minimálním počtem nerovností.

4.4.6.2 Hlavice finského typu

Tato hlavice má kratší rám, který má kompaktnější konstrukci a menší hmotnost a zjednodušuje manipulaci s jeřábem. Je vybavena čtyřmi vkládacími válci, její kratší délka je vhodná pro lepší kopírování nerovností na kmeni.



**Obrázek 22 - Harvestorová hlavice švédského typu John Deere H752 (vlevo)
Harvestorová hlavice finského typu John Deere H754 (vpravo)**

Hlavice je uložena ve dvou ložiskách tak, aby mohla být v pohybu i stranově sklopena. Postup při kácení je takový, že hlavice se nasadí vertikálně na spodní část kmene, dále se sevrou odvětvovací nože a vysune se hydraulicky ovládaná řetězová pila, která strom odřízne. Ve fázi řezu lze tlakem vytvořeným podávacími válci ve stromě vyvolat předpětí a tudíž odlehčit pilu, která by neměla být v řezu pevně sevřená.

Po odříznutí kmene je strom sklopen do horizontální polohy, kde je pomocí hydraulických válců a odvětvovačích nožů odvětvěn. Dobré odvětvení je závislé na přítlačném tlaku odvětvovačích nožů a na jejich koncovém překrytí. Nože mají obloukovitý tvar, proto je důležité vědět, jaký průměr kmene bude zpracováván. Nože mohou být při protahování otevřeny z důvodu překonání křivosti kmene.

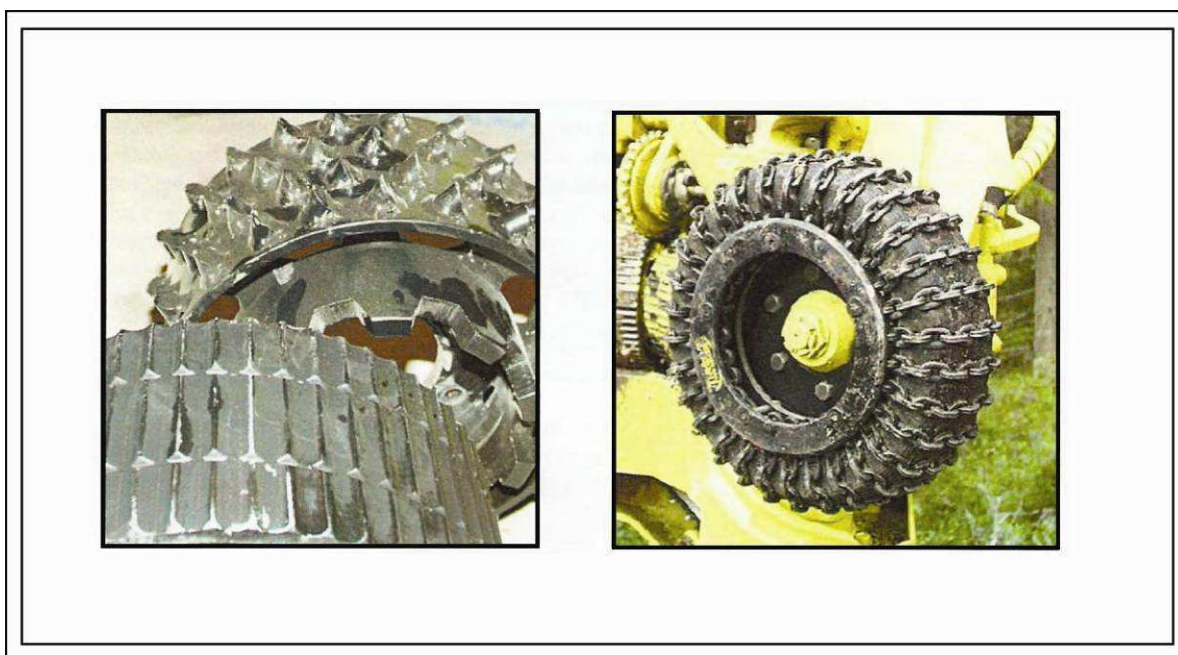
Kvalita zpracování kmene závisí na konstrukci hydraulicky poháněných podávacích válců, ty mohou být dvojího provedení (Obrázek 23).

První jsou válce celokovové (Obrázek 23, vlevo), opatřené na povrchu kónickými, nebo plochými hroty, nebo žebrováním. Válce se vyznačují velmi dobrým přenášením posuvné

síly na kmen a dlouhou životností. Lze je využít u těžko odvětvitelných stromů s velkou hmotností a u stromů, kde nevaří stopy ve dřevě způsobené těmito válci.

Druhý typ podávacího ústrojí se nazývá Tireco válce (Obrázek 23, vpravo). Skládá se z ocelové obruče, na níž je připevněn gumový plášť, na který jsou nataženy řetězy s ostrými hranami.

Gumový plášť může být na obruč našroubován, natažen pod tlakem nebo nalepen. Oproti předchozím válcům je zde menší přenos síly posuvu, avšak gumový plášť umožňuje tlumit rázy vzniklé při posuvu kmene, tím pádem se prodlužuje životnost agregátu. Tyto válce lze použít u kmenů, kde je kladen větší důraz na kvalitu sortimentu.



**Obrázek 23 – Kovové válce posuvu s přítlačnými hroty a s žebrováním (vlevo),
Tireco válce s řetězy (vpravo)**

4.4.7 Kabina harvestoru

Kabina harvestoru (Obrázek 24) splňuje veškeré standardy ISO ROPS, FOPS a OPS. Kabiny jsou nejenom zvukotěsné a klimatizované, ale jejich řešení zajišťuje sníženou úroveň vibrací.

Operátor obsluhuje stroj z ergonomického sedadla, které lze přizpůsobit jeho hmotnosti a tělesným proporcím. Dále jsou sedadla vybavena vyhříváním, které je využíváno v chladnějším období. Prostor kabiny lze vytápět nezávislým topením, stejně jako nádrž hydraulického oleje.

Kabina je osazena skly z vysoce odolného tónovaného polykarbonátu, jejich vyduté provedení snižuje reflexní odraz světla.

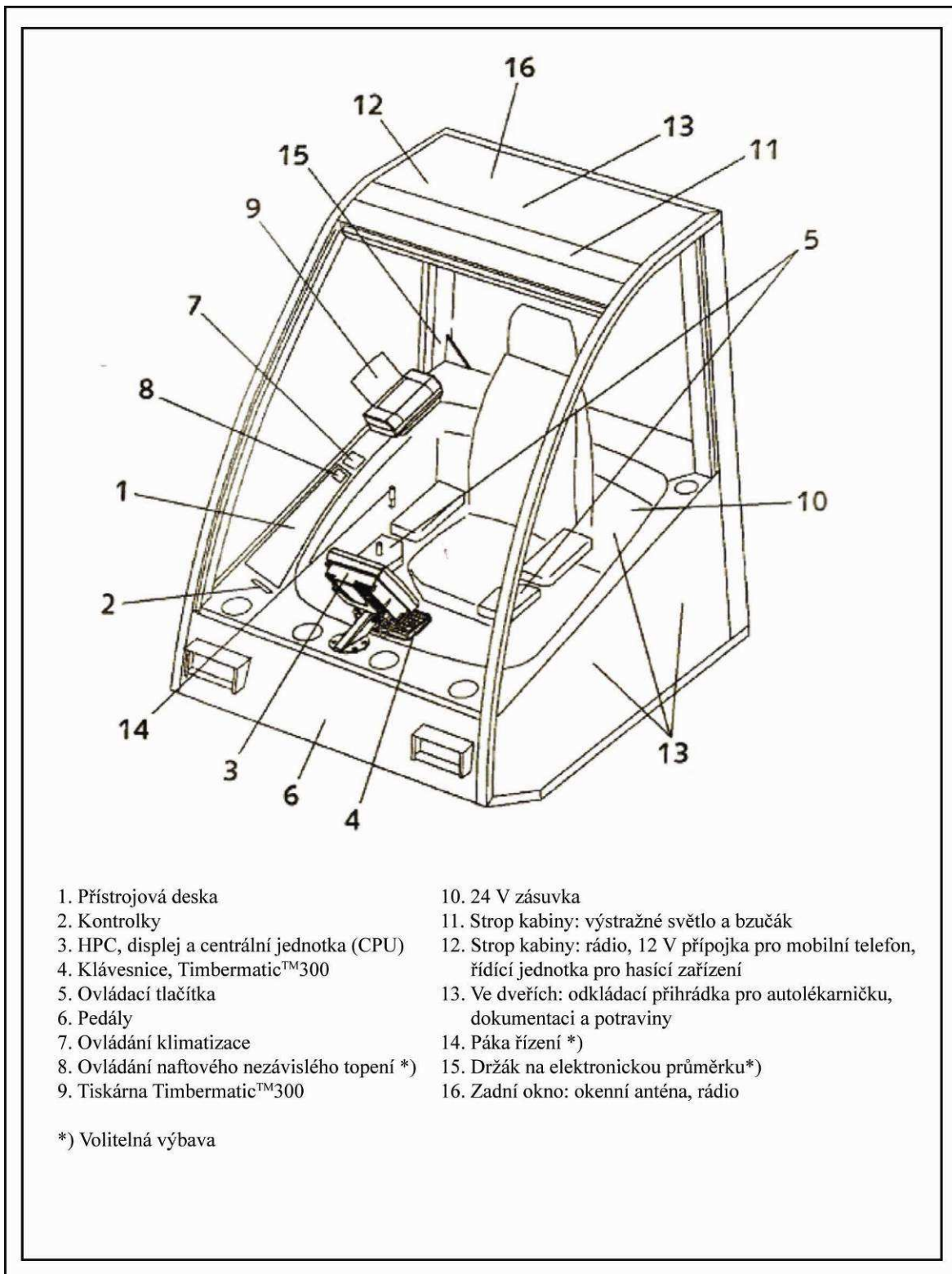
Horní části bezpečnostního rámu kabiny se nachází xenonové nebo halogenové reflektory.

Kabinu lze vyrovnávat do všech čtyřech směrů a také otáčet kolem své osy. Tyto pohyby jsou na sobě vzájemně nezávislé a lze je možno řídit ručně, a nebo automaticky.

Stupačky, které umožňují přístup do kabiny jsou opatřeny protiskluzným povrchem a mohou být spouštěny hydraulicky.

Ovládání jeřábu je umístěno na sedadle obsluhy, a to na loketních opěrkách operátora. Jedná se o dvojici řídicích pák pracujících logicky (čím je páka vykloněna více, tím se zvyšuje rychlost pohybu částí jeřábu). Na loketních opěrkách jsou také umístěny klávesnice pro ovládání harvesterové hlavice.

Kabiny jsou mimo jiné vybaveny přípojkou na mobilní telefon, rádiem, slunečními clonami, zásuvkou 24 V a tiskárnou.



Obrázek 24 – Součásti kabiny

4.4.8 Měřicí a řídicí systémy harvestorů a vyvážecích traktorů

V oblasti lesní těžby, obzvláště u harvestorové technologie, se využívá moderních systémů řízení, které jsou schopny vykonat miliony operací za vteřinu a jednoduše tak lze nahradit lidský mozek s omezenou kapacitou.

Harvestorová technologie je založena na využívání výpočetní techniky a elektronických měřících zařízení. Stroje se skládají ze tří systémů: naftový motor, hydraulický systém, elektrický systém. Princip strojů je takový, že motor pohání hydraulický systém, který vykonává veškeré požadované činnosti týkající se funkce pojezdu. Oba systémy (motor a hydraulický systém) jsou individuálně řízeny pomocí elektroniky. Například harvestory a vyvážecí traktory značky John Deere se skládají ze tří navzájem propojených okruhů: řídicí jednotka motoru, ovládání základních funkcí stroje a řídicí okruh pro speciální funkci stroje (u harvestoru se jedná o harvestorovou hlavici a u vyvážecích traktorů o nákladový prostor)

4.4.8.1 Ovládání základních funkcí stroje

Základní funkcí harvestoru a vyvážecích traktorů je ovládací systémem „Total Machine Control“ nebo-li TMC. Tento systém ovládá základní funkce stroje pomocí digitální datové sítě CAN. Tato síť má 6 vzájemně propojených modulů, které ovládají jednotlivé funkce stroje. Názvy jednotlivých modulů a jejich činnost je popsána v tabulce 3.

Tabulka 4 - Názvy modulů a jejich činnosti

Modul	činnost
Hub modul	centrální propojovací modul
Obrazovka	zpracování informací z ostatních modulů a zobrazuje informace operátorovi
Sedačkový modul	zpracovává příkazy operátora z ovládacích panelů
Transmisní modul	ovládá pojezdové funkce stroje a zajišťuje spojení s řídicí jednotkou motoru ECU
Modul hydraulického jeřábu	ovládá funkce hydraulického jeřábu
Multifunkční modul	zajišťuje speciální funkce stroje

TMC systém zobrazuje běžné provozní parametry, mezi které patří například: teplotu motorového a hydraulického oleje, hladinu paliva v nádrži, spotřebu paliva, napětí na baterii, otáčky naftového motoru, ujetou vzdálenost, rychlost jízdy atd..

Systém, do kterého všechny tyto informace ústí se nazývá TimbermaticTM300, jenž zobrazuje veškeré informace na dotykovém LCD monitoru, aby je mohl mít operátor neustále na očích.

TimbermaticTM300 není pasivní systém, který by sloužil pouze pro zobrazování provozních informací, ale jde o systém aktivní, který umožňuje ovládat různé provozní parametry stroje.

Tento systém je konstruován tak, aby si operátor mohl řadu těchto parametrů upravovat dle svých vlastních potřeb a požadavků a docílit toho, aby mu jednotlivé funkce stroje“padly na míru“. Jako příklad lze uvést možnost vytvoření několika různých nastavení funkcí jeřábu jako předvoleb. Každý operátor stroje si může nastavit své funkce jeřábu, které mu vyhovují (např. rychlost pohybu, zrychlení, zpomalení a progresse) a toto nastavení uložit jako předvolbu.

Jako další možnost tohoto systému je nutno zmínit upozornění operátora o překročení kritických hodnot na základě nastavených parametrů. Jako příklad lze uvést pokles paliva

pod stanovenou hodnotu; teplotu motorového nebo hydraulického oleje, která stoupne nad určitou maximálně stanovenou mez atd.. Dokáže identifikovat příčiny problémů a informovat operátora již v samotném zárodku určitého technického problému.

4.4.8.2 Ovládání naftového motoru ECU

Jednotka ECU (Engine Control Unit) je systém, který slouží k ovládání naftového motoru v návaznosti na základní řídicí systém jenž zpracovává informace o stroji.

Do pracovních charakteristik operátor nemůže zasahovat, jelikož jsou upraveny na základě naprogramovaných parametrů.

Výjimku tvoří pouze počet pracovních otáček naftového motoru, které si operátor může zvolit. Z toho vyplývá, že se tímto nastavením částečně ovlivňuje výkon stroje a spotřeba paliva.

ECU jednotka také zodpovídá za množství emisí vyprodukovaných strojem.

4.4.8.3 Řídicí okruh pro speciální funkci stroje

Měřicí systém harvestoru je založen na bázi stolního počítače s operačním systémem, nejčastěji Windows. Díky tomuto řešení se nabízí kromě primární funkce, kterou je ovládána harvestorová hlavice i funkce sekundární. Tou může být instalace jakéhokoliv programu určeného pro operační systém Windows. Program pak může být využitelný buď přímo pro těžbu dřeva a jeho následného ocenění, nebo jej lze využít na činnost nepřímo související s těžbou. Jako příklad lze uvést tabulkový procesor, klient elektronické pošty, textový editor a internetový prohlížeč.

Timbermatic 300 je digitální řídicí a měřicí systém, jehož architektura je stejně jako u systému TMC založena na technologii CAN digitální sběrnice dat a rozděleného ovládání.

Systém Timbermatic 300 se skládá z nezávislých modulů, které mezi sebou komunikují pomocí datové sítě CAN. Tato síť také dovoluje jednoduché propojení a multifunkční diagnostiku různých situací.

Systém Timbermatic 300 pracuje při zpracování stromů na sortimenty optimalizační metodou, jenž vychází na základě uložených parametrů sortimentů (délka, středový průměr

a průměrná cena), dále sem spadá sbíhavost kmenů v dané oblasti a optimální zpracování stromu tak, aby byla jeho výtěžnost v následném prodeji maximální. Nastavení těchto parametrů jednotlivých sortimentů se provádí v programu SilviA.

Přenos informací a dat mezi strojem a počítačem v kanceláři může být proveden následujícími způsoby:

- Počítač lze připojit přes mobilní telefon s modemem a všechna data jsou přenášena elektronickou poštou
- Použití přenosného počítače (notebook, PDA) a jeho propojení s počítačem
- Přenos na paměťovém médiu (USB Flash, Compact Flash Card)

Pro zpracování kmenů je nastaveno několik stupňů automatického režimu zpracování z důvodu , aby měl operátor více času na zhodnocení kvality kmenů a nemusel věnovat tolik pozornosti činnosti harvesterové hlavice.

V praxi vzniká často problém, kdy stroj přejíždí mezi porosty různých vlastníků a každý z vlastníků má jiného odběratele, který si klade odlišné požadavky na sortimenty.

System Timbermatic 300 umožňuje řešit onen problém použitím velkého množství různých nastavení sortimentů, mezi kterými se může operátor přepínat podle odpovídajícího vlastníka a tudíž se přejezd obejde bez zbytečných prostojů a zvýší se tak využitelnost stroje.

Další velkým pomocníkem při hodnocení využitelnosti stroje je systém statistik práce a oprav. Každý operátor, který se strojem pracuje, má své vlastní nastavení. Nastavení aktivuje obsluha vždy při nástupu na pracovní směnu a od této chvíle systém registruje celou pracovní dobu (přestávky, opravy, čekání na náhradní díly a všechna zastavení stroje). Součástí statistik jsou rovněž údaje o množství zpracovaného dříví za směnu, objem celkového zpracovaného dříví v (ten se udává v m³, v kusech, podíl z celkové výroby pro jednotlivé dřeviny nebo kmeny), průměrná výroba za hodinu práce, nevynucené prostoje, kdy stroj může pracovat, ale stojí (operátor nepracuje), vynucené prostoje, kdy stroj nemůže pracovat (oprava, údržba, transport).

System také zahrnuje jednoduchý způsob kalibrace měření délek a průměru prováděný manuálně nebo pomocí elektronické průměrky, kterou lze připojit ke komunikačnímu portu harvesterového počítače.

Velkou výhodou daného systému je, že při jakémkoliv jednoduchém nastavení provozních parametrů harvestorové hlavice (posuv, uchopení kmene, pila, nebo systém barevného značení, atd.) není nutné celý systém restartovat. Nastavení je aktivní v okamžiku změny parametrů.

Součástí systému je diagnostický režim umožňující rychlou identifikaci problému v elektronickém systému harvestorové hlavice. Daný systém současně provádí testování senzorů průměru a lišty pily, tím dochází ke zlevnění a zrychlení kvalifikovaného servisu.

Celý systém je vybaven barevnou bublinkovou tiskárnou, na které je možno vytisknout z nabídky systému Timbermatic TM300 několik desítek různých dokumentů se zpracovanými statistikami o výrobě, parametrech stroje, pracovních směnách, kalibracích atd.

4.4.9 Základní funkce měřicího systému Timbermatic TM300

Systém je konstruován tak, aby dokázal zabezpečit tři základní funkce, které jsou pro provoz harvestoru nezbytné.

Tyto funkce jsou:

- a) Registrace pracovních dat – výrobní data, pracovní doba
- b) Ovládání harvestorové hlavice – provozní parametry
- c) Diagnostika elektrického systému hlavice

Každá funkce je tvořena několika podfunkcemi

Registrace pracovních dat – výrobní data, pracovní doba

U registrace pracovních dat hraje velkou roli porost. Tento systém umožňuje registrovat výrobní data vztahující se k danému porostu.

Následující funkce měřicího systému je registrace průběhu pracovní doby, jedná se o modul, který se nazývá „ Statistika směn a oprav“. Je zde možno zjistit, obsluhu stroje, začátek porostu, začátek směny, druh porostu, délku směny, atd.

Poslední funkcí v modulu registrace pracovních dat jsou tiskové výstupy. Zde je možno vytisknout a archivovat různá data, např. práce a opravy, výroba, data kmene, nastavení stroje, data kalibrace, výpis, nastavení tlačítek, protokol o měření.

Ovládání harvesterové hlavice – provozní parametry

Tato funkce systému TimbermaticTM300 umožňuje operátorovi upravit provozní parametry hlavice dle aktuálních pracovních podmínek. Lze zde nastavit posuv kmene, uchycení kmene, řezání, kalibraci měřidel atd.

5 Volba vhodnosti jednotlivých technologií

Při volbě jednotlivých těžebních technologií, ať už se jedná o použití různého typu harvestoru nebo pracovníka s motorovou pilou, je nutné brát vždy v úvahu různé druhy kritérií, které souvisejí s těžbou.

5.1 Kritéria hodnocení

Mezi kritéria, podle kterých se hodnotí vhodnost dané těžební technologie, patří:

- a) stav porostu,
- b) produkční sortiment,
- c) konfigurace terénu.

5.1.1 Stav porostu

Stav porostu je závislý na klimatu a vegetačním společenství. Vztah mezi těmito činiteli lze vyjádřit formalizovanou lesnickou jednotku nazývajícím se lesní vegetační stupeň. Každý vegetační stupeň je reprezentován tzv. klimaxovými dřevinami. Popisuje tak ve zjednodušené podobě vegetační stupňovitost.

Existuje celkem 10 lesních vegetačních stupňů členěných dle nadmořské výšky výskytu dřeviny :

1. dubový,
2. buko-dubový
3. dubo-bukový
4. bukový
5. jedlo-bukový
6. smrko-bukový
7. buko-smrkový
8. smrkový
9. klečový

Dále charakteristika porostu zahrnuje zastoupení dřevin, což je jeden z nejdůležitějších ukazatelů v tomto kritériu. Jedná se o procentuální zastoupení jednotlivých druhů dřevin v daném porostu.

Do charakteristiky porostu spadá také stáří stromů a lze zde zmínit i zdravotní stav porostu. V této práci se zaměříme na les s převážným zastoupením borovice a smrku [8].

5.1.2 Produkční sortiment

V tomto kritériu záleží, jaký druh sortimentu odběratel požaduje. Existují čtyři základní druhy zpracování stromů. Dnes se nejčastěji využívá sortimentová metoda zpracování kmene. Dnešní technologie jsou schopny vyhovět všem požadavkům odběratelů.

5.1.3 Konfigurace terénu

Kritérium konfigurace terénu patří k nejdůležitějším, jelikož nám udává dostupnost v místě těžby. Zahrnuje svahovitost, strukturu povrchu, únosnost půdy a veškeré údaje o půdě, jestli se jedná o půdu pevnou, obohacenou vodou, oglejenou, podmáčenou, nebo rašelinu. Při tomto kritériu se volí vhodnost užití dané technologie, zejména však u harvestorů. Zmíněná kritéria ovlivňující těžbu se projeví na výsledném čase potřebném na zpracování 1m³ dřeva.

5.2 Volba vhodnosti těžebních technologií vzhledem k charakteristice porostu, produkčnímu sortimentu a konfiguraci terénu

Pro doporučení vhodnosti užití jedné z porovnávaných technologií se musejí brát v potaz tyto faktory, které ukazují na vhodnost, popřípadě nevhodnost volby technologie těžby.

Při volbě vhodné technologie musí být těžba vždy prováděna v souladu s lesním hospodářským plánem [8]. Dále musí být vhodnost vyhodnocena na základě těchto kritérií:

U harvesterové technologie je důležité:

- Zjištění celkového objemu dřeva pro těžbu dle převládajících hmotností na základě předpisu hospodářského plánu. Přitom se musí respektovat profil a půdní podloží porostu, což znamená sklon, druh a stav pojízdnosti podloží, pro pojízdnost harvestoru musí být únosnost půdy nejméně 5 – 7 % CBR.
- Zjištění stavu přístupových cest k probírkovému porostu.
- Počet sortimentů, které mají být vyrobeny s ohledem na požadavky trhu. Vyšší počet sortimentu než tři způsobuje při odkládání dřeva v porostu potíže a snižuje se výkonnost stroje.
- Plánování denního těžebního objemu předem.
- Těžební bloky by měly poskytnout několikadenní práci pro jeden těžební řetězec. Minimální objem těžebních prací v jednom bloku by se měl pohybovat od cca 1000m³ v probírkách a 3000 m³ v mýtních těžbách.
- Přesun po vlastní ose stroje by neměl být delší než 20 km.
- Po prohlídce porostu by měl majitel harvesterové technologie zvolit dle terénu a těžené hmotnosti vhodný typ stroje.
- Při práci v porostu se klade velký důraz na bezeškodný průběh těžebních prací.
- Cena práce se odvíjí od nákladů na provoz stroje a parametrů zakázky, tj. klasifikace terénu, těžená hmotnost, vyvázečí vzdálenost, počet sortimentů, množství náletu atd. [6].

U těžby motorovou pilou je důležité:

Těžbu motorovou pilou lze brát jako základní technologii zpracování porostu, proto se nasazuje vždy na místech, kde těžba nesplňuje podmínky vhodné pro použití harvestorové technologie jak z hlediska porostu, tak objemu těžby, terénu, počtu sortimentů atd.

6 Experimentální část

6.1 Postup a metodika při sběru dat

Pro měření byla vybrána firma a jeden živnostník. Firma Kopf zajišťující těžbu pomocí harvestorové technologie a soukromý podnikatel pan Kouba Vlastimil, zabývající se těžbou stromů pomocí motorové pily.

Při sběru dat bylo postupováno následovně. Nejdříve byly specifikovány **počáteční podmínky** – byly zjištěny parametry jednotlivých strojů, nadefinovány podmínky, ve kterých měření probíhalo, včetně uvedení přístrojů použitých k vlastnímu měření. Dále byly podrobně popsány **praktické způsoby práce s jednotlivými technologiemi**.

6.1.1 Měřené stroje

Měření proběhlo s profesionální motorovou pilou Stihl 036 a harvestorem John Deere. 1470D.

a) Motorová pila

Pila Stihl (Obrázek 25):

Typ 036

Výkonu motoru 3,4kW

Hmotnost 5,7 kg

Objem válce 61,5 cm³

Rozteč řetězu 3/8"

Rok výroby: 1999

Délka lišty: 40cm

Lišta motorové pily byla před měřením již používána, řetěz byl nový.

b) Harvester

Měřený harvester byl výrobkem firmy John Deere (Obrázek 31):

Typ: 1470D

Dosah hydraulického manipulátoru: 8,3 - 10,7 metru

Výkon motoru: 180 kW/ 1.400 - 2.000 ot.min⁻¹.

Hmotnost stroje dle výbavy: 19,7 tuny

Šířka stroje: 2.960 - 3.050 mm

Světlost: 710 mm

Rok výroby: 2006

Na jeřábu byla připevněna hlavice finského typu John Deere (Obrázek 32)

Typ: 758HD

Maximální délka úřezu: 650 až 720 mm

Délka hlavice: 1330 mm

Otevření válců posuvu: 770 mm

Sílu posuvu: 23,7 – 30,2 kN

Rychlostí posuvu: 4,5 – 6 m.s⁻¹

Hmotností: 1190 kg [10].

Před těžbou byl na lištu přimontován nový řetěz

6.1.2 Podmínky zkoušky

a) Měření motorové pily

Porost byl smíšený, smrkový a borový. Při těžbě nebylo potřeba žádného zvláštního adaptéru, kácení proběhlo výše uvedenou pilou Stihl opatřenou klasickým řetězem a vodící lištou doporučenou výrobcem.

Provozní podmínky byly v souladu s podmínkami stanovenými v technologickém postupu práce.

b) Měření harvestoru

Porost byl smíšený, převážně borový. Terén byl rovinný až mírně svahovitý, nebylo tedy zapotřebí používat řetězy, nebo kolopásky.

Provozní podmínky byly v souladu s podmínkami stanovenými v technologickém postupu práce.

6.1.3 Doplnující údaje

Měření motorové pily

Oblast měření: severozápadně od obce Bavorov

Teplota v den měření: mezi -2 a -3°C

Rychlost větru: 4 m.s⁻¹

Vlhkost vzduchu: 70%

Půda: pevná, zmrzlá

Terén: mírně svahovitý 5 - 10°, neskálnatý,

Průměrné stáří lesa: odhadnuto vlastníkem na 70 let

Způsob těžby: prořezávkový provedený sortimentní metodou

Měření harvestoru

Oblast měření: v blízkosti Nové Vsi u Českých Budějovic.

Teplota v den měření: mezi -4 a -5°C

Rychlost větru: 5 m.s⁻¹

Vlhkost vzduchu: 60%

Půda: byla pevná, zmrzlá

Terén: rovinný, svahovitost 2°, neskálnatý

Průměrné stáří lesa: odhadnuto vlastníkem na 70 let

Způsob těžby: mýtní, sortimentní metodou.

6.1.4 Přístroje na měření

Při měření byly použity:

Stopky

Značka: Siemens

Měřicí pásmo

Délka: 5m

Průměrka

Přesná taxační, hliníková průměrka

Výrobce: HAGLÖF Sweden AB

Přesnost 0,5 cm

6.1.5 Popis jednotlivých měření

Před samotným měřením byly změřeny veličiny pro popsání prostředí, ve kterém probíhala těžba. Výstupem tohoto popisu byla charakteristika porostu, druhy stromů, produkční sortiment a terén.

6.1.5.1 Postup měření motorové pily

K vlastnímu měření práce s motorovou pilou byly zapotřebí stopky pro zjištění času pokácení, odvětvení a sortimentaci. Jednotlivé časy byly měřeny:

- čas pokácení = jedná se o časový údaj, který nám udává dobu, po kterou je strom řezán až do fáze pádu. Doba je měřena od prvotního kontaktu pilového řetězu s kmenem zpracovávaného stromu až do jeho pádu.
- čas odvětvení = jedná se o dobu, po kterou pilař připravuje kmen (zbavení větví) pro další zpracování. Doba je měřena od prvotního kontaktu pilového řetězu s první větví kmene, toto měření pokračuje až do odříznutí poslední větve kmene.

- čas sortimentování = jedná se o dobu, kdy pilař odřízne sortimenty zadané odběratelem. Tato doba je měřena od prvotního kontaktu pilového řetězu s kmenem zpracovávaného stromu až do doby odříznutí posledního sortimentu.
- čas celkový = jedná se o čas, po který byl strom zpracováván. Tento údaj určí součet času pokácení, odvětvení, sortimentace.

Následně po naměření jednotlivých časů byla změřená délka a průměr řezaného kmene a jednotlivých sortimentů pomocí pásma a průměrky.

Výsledky tohoto měření byly zaznamenány do tabulky 6.

6.1.5.2 Postup měření harvestoru

Při měření práce harvestoru byly použity jako měřicí přístroj na měření času stopky, kterými se měřily jednotlivé časy:

- čas přejezdu = jedná se o dobu, po kterou harvestor přejíždí od stromu ke stromu a hledá co nejvýhodnější pozici pro zpracování sortimentů. Tento čas je měřen od doby zpracování posledního sortimentu a uvedení stroje do pohybu do doby zastavení stroje pro ustavení jeřábu.
- čas ustavení jeřábu = tato doba udává, časovou potřebu stroje na ustavení jeřábu s harvestorovou hlavicí na kmen stromu. Měření navazuje na dobu přejezdu. Měří se od doby zastavení stroje až po dobu, kdy operátor sevře kleště hlavice kolem kmene zpracovávaného stromu.
- čas pokácení = jedná se o čas, po který harvestor řeže strom. Doba je měřena od spuštění pily až po pád stromu.
- čas sortimentování = tento ukazatel udává čas potřebný k rozřezání kmene na jednotlivé sortimenty zadané příjemcem. Měření navazuje na proces pokácení, probíhá od doby spuštění válců posuvu až do doby odříznutí sortimentu. Po sečtení těchto časů dostaneme celkový čas sortimentování kmene.

- čas celkový = jedná se o čas, po který byl strom zpracováván. Tento údaj určí součet času ustavení jeřábu, času pokácení a sortimentace.

Jelikož harvester má předprogramovanou délku sortimentu, odpadá tedy její měření a počítá se jenom jejich počet, průměr se měří průměrkou pouze na pařezu. Výsledky tohoto měření byly zaznamenány do tabulky 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Objem stromu v m^3 se zjistí pomocí tzv. krychlících (kubírovacích) tabulek pro pilařské výřezy.

Z výše uvedených časů a objemů byla vypočítána průměrná doba zpracování $1m^3$ pro každou technologii.

Ke zjištění objemu je potřebné znát druh stromu, celkovou délku a průměr kmene. Toto měření se provede u pilaře zde uvedeným způsobem. U harvestoru se vynásobí délka požadovaného sortimentu (m) a počet sortimentů, tak se zjistí délka stromu.

6.1.5.3 Použité vzorce:

$$L = L_1 \cdot p \quad (1)$$

kde:

L	celková délka stromu (m)
L_1	délka sortimentu (m)
p	Počet sortimentů (ks)

$$t_{zp} = t_{zk} \cdot V_{zk}^{-1} \quad (2)$$

Kde:

t_{zp}	doba zpracování $1m^3$	(min)
t_{zk}	doba zpracování kmene	(min)
V_{zk}	objem zpracovaného kmene	(m^3)

$$t_{pz} = \sum t_{zp} \cdot p_k^{-1} \quad (3)$$

Kde:

- t_{pz} průměrná doba zpracování 1m^3 (min)
 t_{zp} doby zpracování 1m^3 (min)
 p_k počet zpracovaných kmenů (ks)



Obrázek 25 – Motorová pila použitá při měření (Stihl 036)



Obrázek 26 – Traktor Zetor 5745

6.2 Metodika práce

6.2.1 Metodika práce s motorovou pilou

Pracovník Vlastimil Kouba se spolupracovníky má dlouholeté zkušenosti s prací v lesním hospodářství, touto praxi vykonává již 8 let.

Způsob těžby byl brán jako probírková těžba sortimentní metodou za účelem omlazení lesa a uvolnění místa v růstu mladému smrkovému podrostu. Těženy byly



Obrázek 27 – Sevření motorové pily ve kmeni stromu

borovice na žádost odběratele s malým výskytem suků, za účelem jejich dalšího zpracování.

Další stroj, který byl využit v těžbě, byl traktor Zetor 5745 (Obrázek 26) s navijákem pro přibližování stromů

Po příjezdu na místo těžby proběhla příprava ke kácení, která zahrnovala - zpřístupnění kmenů pro pracovníka s motorovou pilou a odstranění drobných keřů.

Poté začalo vlastní kácení. Jako první pracovník vyřízl směrový klín do 1/3 tloušťky kmene. Následovala fáze podřezávání kmene z opačné strany směrového klínu a strom byl poražen. V jednom případě však došlo k sevření pily, které lze vidět na obrázku 27. Pracovník byl nucen sevřenou pilu vyprostit pomocí dřevěných klínů.

Po poražení stromu nastala fáze odvětvování (Obrázek 28). Zde u jednoho z měřených stromů došlo k další komplikaci a to v podobě zapření kmene (Obrázek 29) o sousední strom. Problém byl řešen traktorem, který zapřený kmen uvolnil pomocí navijáku.

Následně po odvětvění kmene nastala sortimentace, při níž si pracovník pásmem zaměřil délku sortimentu a na označeném místě provedl řez. U prvních dvou stromů musel pracovník oříznout zahnutou část kmene, která byla pro odběratele nepotřebná (obrázek 30).



Obrázek 28 – Odvětvování stromu



Obrázek 29 – Zapření kmene o vedlejší strom



Obrázek 30 – Výřez zahnuté části kmene

Výsledky naměřených časů jsou uvedeny v tabulce 6. V tabulce 5 je uvedená charakteristika kácených stromů. V tabulce 7 je uveden průměrný čas na zpracování 1m^3 dřeva u jednotlivých stromů.

6.2.2 Metodika práce harvestoru

Po příjezdu operátora na místo těžby, byl harvestor uveden do provozu a proběhla základní registrace dat - např. nastavení operátora, nastavení sortimentů, atd.

Sortiment byl nastaven na 3 m a 2 m vlákna. Poté nastala vlastní práce harvestoru, kdy operátor přešel ke stromu, ustavil jeřáb s harvestorovou hlavicí. Po umístění zadní části hlavice na kmen byly sevřeny odvětvovací nože a byl proveden řez. Po odříznutí byl kmen položen pomocí jeřábu a započala fáze sortimentace, kdy vkládací válce posunovaly kmen na patřičnou délku sortimentu a pila automaticky odřízla sortiment po dosažení jeho délky.

Výsledky naměřených časů lze zjistit z tabulky 9. V tabulce 8 je uvedena charakteristika stromů. Tabulka 10 udává průměrný čas na zpracování 1m^3 dřeva u jednotlivých stromů.



Obrázek 31 – Harvestory John Deere 1470 při těžbě



**Obrázek 32 - harvesterová hlavice
758HD**

7 Naměřené hodnoty

7.1 Naměřené hodnoty u těžby motorovou pilou

Tabulka 5 – Charakteristika skupin kácených stromů

Průměrné hodnoty	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3
Průměr kmene [m]	0,41	0,37	0,4
Délka stromu [m]	14	21,7	21,2
Druh	Borovice	Borovice	Borovice
Počet sortimentů na 1 stromě	5	7	6
Objem [m ³]	1,69	1,95	2,49

Tabulka 6 – Naměřené časy při zpracování skupin stromů

Průměrné časy jednotlivých operací	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3
Čas kácení [s]	5:44:47	5:49:09	5:40:26
Čas odvětvení [s]	4:41:38	4:23:46	4:39:16
Čas sortimentace [s]	3:39:24	5:29:20	5:23:56
Výřez zahnutého kmene [s]	3:36:18	0:34:25	X
Čas celkový [s]	17:42:07	16:16:40	15:43:38

Tabulka 7 – Čas potřebný na zpracování 1m³ dřeva u skupin stromů

	Čas zpracování (min)	Objem stromu (m³)	Čas na zpracování 1m³ dřeva (min)
Skupina 1	17:42:07	1,69	10,5
Skupina 2	16:16:40	1,95	8,4
Skupina 3	15:43:38	2,49	6,3

Průměrná hodnota času pro zpracování 1 m³ dřeva je u motorové pily **8,4 min.**

7.2 Naměřené hodnoty u harvestorové těžby

Tabulka 8 - Charakteristika kácených stromů druhu borovice

	Strom 1	Strom 2	Strom 3	Strom 4	Strom 5	Strom 6	Strom 7	Strom 8
Průměr	220	440	210	450	430	410	280	470
Délka [cm]	18	24	18	25	22	21	20	25
Počet sortimentů	7	9	6	10	8	8	7	10
Objem [m³]	0,64	2,92	0,59	3,36	2,82	2,49	1,2	3,6

Tabulka 9 - Naměřené časy při zpracování jednotlivých stromů

Operace	Strom 1	Strom 2	Strom 3	Strom 4	Strom 5	Strom 6	Strom 7	Strom 8
Čas přejezdu [s]	0:02:28	0:55:01	0:46:23	0:53:29	0:43:18	0:26:53	0:24:53	0:11:33
Čas ustavení jeřábu [s]	0:08:08	0:07:15	0:05:37	0:05:38	0:02:04	0:04:38	0:03:46	0:05:13
Čas pokácení [s]	0:06:27	0:04:44	0:07:36	0:07:54	0:06:49	0:08:12	0:05:14	0:05:43
Čas sortimentace [s]	0:36:38	1:42:30	1:22:33	1:11:35	1:33:20	1:16:45	1:18:19	2:04:51
Čas celkový [s]	0:53:41	2:49:30	2:22:09	2:18:36	2:25:31	1:56:28	1:52:12	2:27:12

Tabulka 10 - čas potřebný na zpracování 1m³ dřeva na zpracovávaném stromu

	Čas zpracování (min)	Objem stromu (m³)	Čas na zpracování 1m³ dřeva (min)
Strom 1	00:53:41	0,64	1,4
Strom 2	02:49:30	2,92	1,24
Strom 3	02:22:09	0,59	4,01
Strom 4	02:18:36	3,36	0,7
Strom 5	02:25:31	2,82	0,9
Strom 6	01:56:28	2,49	0,8
Strom 7	01:52:12	1,2	1,6
Strom 8	02:27:20	3,6	0,7

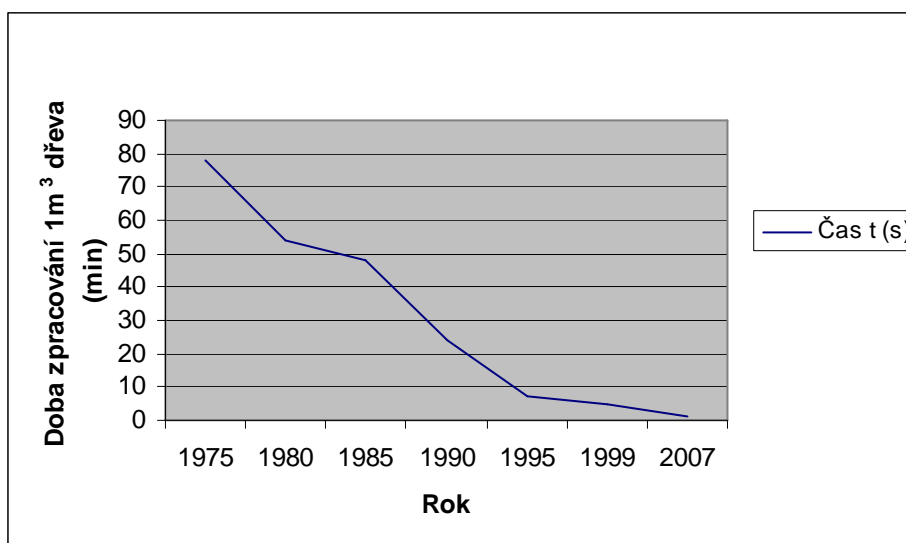
Průměrná hodnota času pro zpracování 1 m³ dřeva je u harvestorové technologie **1,4 min.**

8 Diskuse a závěr

Z výše naměřených výsledků lze zjistit, že průměrný čas na zpracování 1m^3 dřeva je u pracovníka s motorovou pilou v průměru 8,4 minut oproti harvestoru, který má průměrnou dobu zpracování 1m^3 dřeva 1,4 min.

Z této doby lze vycházet a možno ji porovnat s hodnotami uvedenými v literatuře [1] (tabulka 4). Z porovnání vyplývá, že se čas zpracování snížil oproti roku 1999 o 3,4 min. Jak je patrné z grafu 1, má doba zpracování kmene klesající charakter, což dokazuje, že mechanizace v lesním hospodářství v podobě harvestorové technologie se stále modernizuje a tedy s modernizací se zvyšuje výkonnost práce.

Graf 1 - Doba zpracování 1m^3 v jednotlivých letech



Harvestorovou technologii lze řadit podle naměřených hodnot do třídy strojů lesní mechanizace s vysokou produktivitou práce a oproti těžaři s motorovou pilou se jedná o velice rychlé zpracování kmene.

Jak je již výše zmíněno, představuje uvedená doba mezi měřeními motorové pily a harvestoru značný rozdíl – 7 minut. Musí se také brát v potaz, že u harvestoru se do doby zpracování započítává čas přejezdu, který je závislý na charakteristice porostu v podobě vzdálenosti jednotlivých stromů a také je zde závislost na druhu těžby (jedná-li se o probírkovou těžbu nebo o mýtní těžbu). V případě měření týkající se této práce se jednalo

o mýtní těžbu, což znamená minimální dobu přejezdů, jelikož stroj pracuje na jednom místě a využívá dosahu hydraulického jeřábu.

Produktivita práce je u pracovníka s motorovou pilou do značné míry ovlivněna vzdáleností jednotlivých stromů od sebe. Jak bylo uvedeno v praktickém měření může být těžba ztížena zapřením káceného kmene o sousední strom. V takovémto případě se prodlouží doba zpracování kmene. Tento problém u harvestoru odpadá, jelikož pokládání a nasměrování kmene při pádu je zabezpečeno hydraulickým jeřábem.

Srovnáním uvedených technologií vzhledem k produkčnímu sortimentu bylo zjištěno, že využití harvestoru je pro sortimentní metodu těžby nejefektivnější, protože při kmenové nebo stromové metodě zpracování by nebyly využity všechny funkce harvestorové hlavice a tudíž by nebyla využita plně výkonnost stroje. Na tyto dvě metody je nejvhodnější pracovník s motorovou pilou, ale harvestorovou technologii lze zvážit z hlediska velikosti množství těžby. Pro dobrou práci harvestoru, který pracuje v technologické lince s vyvážecí soupravou, je nutná perfektní příprava pracoviště - vyznačení přibližovacích linek, stromy určené k těžbě je třeba srozumitelně a viditelně vyznačit, vyznačit směry přibližování a umístění skládek.

Porovnáním uvedených technologií z hlediska konfigurace terénu bylo zjištěno, že harvestorová technologie je, co se týče únosnosti půd, členitosti a sklonu terénu značně omezena oproti pracovníkovi s motorovou pilou, který má dostupnost mnohem větší a omezení minimální.

Posledním hlediskem podle kterého lze srovnávat tyto technologie je bezpečnost práce. Harvestorová technologie je mnohem bezpečnější, jelikož zde není přímý kontakt pracovníka s káceným stromem a veškeré úkony jako řezání, pokládání, odvětvování kmene, jsou prováděny z bezpečnostní kabiny. Pracovník s motorovou pilou je v přímém kontaktu s řezacím ústrojím pily a často dochází ke zranění. Další zranění může vzniknout při pádu stromu. Pracovník s motorovou pilou je také více ovlivňován negativním působením prostředí (déšť, snížená teplota, šero).

Z výše uvedeného srovnání a provedeného pozorování lze stanovit tyto výhody a nevýhody obou technologií.

Hodnocení motorové pily:

Výhody těžby motorovou pilou spočívají v :

- Technologická nezastupitelnost při individuální těžbě s malým objemem těžby
- Přístupnost na těžko dostupná místa
- Kratší nároky na zaškolení obsluhy
- Nízké pořizovací náklady a náklady na servis a údržbu

Nevýhody těžby motorovou pilou:

- Malá produktivita práce
- Časté úrazy a nemoci z povolání, fyzická náročnost
- Poškození okolního porostu
- Závislost na povětrnostních podmínkách

Hodnocení harvesterové technologie

Výhody harvesterové technologie oproti motorové pile spočívají ve snížení negativních vlivů na lesní porost, a to zejména ve:

- snížení poškození stromů, kořenových náběhů a kořenů stromů způsobené pojezdem techniky porostem a vlečením celých kmenů
- téměř úplná nezávislost práce na povětrnostních vlivech
- snížení zhutňování půdy ukládáním klestu do vyvážecích linií (vrstva větví ve vyvážecích liniích zamezuje také přímému kontaktu strojů s kořeny stojících stromů)
- snížení poškození stojících stromů usměrněným kácením při pádu stromů
- omezení tvorby rýh po průjezdu techniky, které by mohli zapříčinit erozi používáním širokých nízkotlakých pneumatik nebo kolopásů.
- nevlečením dřeva jako při tradiční kmenové metodě a skládkování podél lesních cest
- rychlost zpracování těžeb = omezení rozvoje hmyzích škůdců.

Výhody harvestorové technologie lze hodnotit také vzhledem k ekonomickým stránkám:

- produktivita práce, ergonomické podmínky a hygiena práce
- uplatnění počítače v harvestoru - programování a optimalizace výroby sortimentů dle kvality a ceny
- přesné elektronické měření délek, průměrů a objemu sortimentů
- usnadnění příjmu a evidence dřeva a celkové těžby, okamžitý přehled o těžném množství a objemu jednotlivých sortimentů
- možnost dodávek dříví z lesa přímo odběrateli
- možnost rychlé reakce na požadavek odběratelů ke změně výroby sortimentů
- úspora nákladů při převozu dřeva z lesa na manipulační sklady
- odpadá násobné překládání dříví
- zkrácení doby celého výrobního procesu a snížení rozpracovanosti výroby = snížení vázanosti kapitálu

Nejdůležitějším i určujícím ekonomickým činitelem těchto technologií je výkon harvestoru, jenž ovlivňuje zejména typ harvestoru a provedení těžební hlavice. Jak již bylo v této práci zmíněno, kvalita a zkušenost operátora, počet a délka sortimentů, přístupnost terénu (sklon), druh zeminy a vlhkost, povětrnostní podmínky (roční doba), výčetní průměr kmene, zakmenění, dřevina, viditelnost v porostu, množství těžené dřevní suroviny na 1 ha, technologická příprava a příprava pracoviště, vyznačení stromů a linek, plán nasazení, počet nutných přemístění stroje a denní využití stroje. Veškeré tyto faktory ovlivňují vhodnost těžby harvestorovou technologií.

Existují i sociálně-ekonomické aspekty, podle kterých lze tyto dvě technologie srovnávat. Harvestory mají jednoznačně výhodu v:

- předcházení nemocem z povolání - zejména vazoneuróze a těžkým úrazům při práci s motorovou pilou
- plynulý dvousměnný provoz
- úspory energetických vstupů

- použitelnost technologií pro širokou škálu vlastníků a uživatelů lesa
- zvyšování společenské úrovně činnosti v lesním hospodářství a konkurenceschopnosti v relaci s okolními lesnickými vyspělými státy.

Nevýhody harvesterové technologie oproti technologii kácení motorovou pilou

- harvesterové technologie není možné nasazovat bez poměrně náročné technologické přípravy pracovišť
- náročnost opravy stroje jak mechanické, tak elektronické poruchy
- poměrně dlouhá doba pro zaškolení obsluhy než podává průměrné výkony - přibližně 6 měsíců
- profesních znalostí a zkušeností technicko-hospodářských pracovníků THP a zejména operátorů – obsluh harvesterů a vyvážecích traktorů
- vysoké pořizovací náklady (v závislosti na výkonové třídě se cena bez kapitálových nákladů u malých a středních harvesterů nejčastěji pohybuje mezi 7–9 mil. Kč, u vyvážecího traktoru mezi 6–8 mil. Kč)
- vysoké požadavky na úlohu lidského činitele a dostatečné množství dříví (koncentrace pracovišť) pro provozní nasazení celé harvesterové technologie.
- vysoké náklady na opravy strojů, čekací doby na dodávku náhradních dílů
- relativní nevýhodou těchto technologií je také skutečnost, že jsou především určeny ke zpracování jehličnatých porostů.

Z uvedené práce vyplývá, že harvesterová technologie je vysoce produktivní způsob těžby s velice rychlým zpracováním stromu, ale rychlost zpracování je závislá na spoustě vnějších faktorů a zkušenosti operátora. Technologie zpracování porostu motorovou pilou má navzdory výše uvedeným výhodám harvesterové technologie stále nezastupitelnou úlohu při těžbě lesní hmoty, obzvláště v těžko dostupných terénech, individuální těžbě a prořezávkách s malým objemem těžby.

9 Přehled použité literatury

- (1) Celjak Ivo: Stroje pro zemní a lesní práce druhý díl. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, interní učební text, České Budějovice 2000: s. 195
- (2) Neruda Jindřich, Černý Zdeněk: Motorová a řetězová pila a křovinořez. Praha 2006: s. 91; ISBN 80 – 7271 – 175 – X
- (3) Petříček Věšvold a kol.: Mechanizační prostředky v lesnictví. Praha 1984: s. 285
- (4) Rada Otakar: Práce s motorovou pilou. Olomouc 1991: s. 194; ISBN 80 - 209 – 0225-2
- (5) Rada Otakar: Těžba dřeva v lesích zemědělských podniků. Praha 1999: s. 51; ISBN 80 -7105 -186 -1
- (6) Urlich, J. a kol.: Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi. Brno, 2006: s. 86; ISBN 80-7375-012-0
- (7) www.johndeere.com
- (8) www.lesnimorava.cz
- (9) www.merimex.cz
- (10) www.silvarium.cz