

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMEDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika-navazující

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Ověření výkonnosti harvestorové technologie
rozdílných pracovních činností při těžbě lesních
dřevin**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Karel Liebl

České Budějovice, 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel LIEBL**
Osobní číslo: **Z15517**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Ověření výkonnosti harvesterové technologie rozdílných
pracovních činností při těžbě lesních dřevin**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je provést měření časů dílčích pracovních operací pro stanovení skutečné výkonnosti harvesterové technologie při rozdílných pracovních činnostech v rámci těžby lesních dřevin.

Metodický postup:

1. Provést analýzu dosud zveřejněných publikací s tematickou vazbou na řešenou problematiku.
2. Studium harvesterové technologie a těžebních operací.
3. Vypracování metodiky pro realizaci měření parametrů pro stanovení výkonnosti.
4. Ověření výkonnosti používaných technologií pozorováním a měřením ve vybraných firmách zabývajících se těžební činností harvestory.
5. Stanovení skutečné výkonnosti vybraných harvesterů v závislosti na prováděných těžebních operacích.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy - dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **70 - 90 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dvořák, J. Harvestorové technologie v lesním hospodářství v rámci programu SAPARD. Praha: ČZU, 2004. 45 s. ISBN 80-213-1154-1;

Neruda, J. - Šimanov, V. Technika a technologie v lesnictví. Skripta. Brno: MZLU, 2006. 150 s. ISBN 80-7157-988-2;

Klíma, J. at al. Lesář - dřevorubec. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1991. 40 s. ISBN 80-209-0183-3;

Kajzar, O. Práce operátora těžebně dopravních strojů. Článek. Lesnická práce 3/2008. 40 s.;


Neruda, J. at al. Harvestorové technologie lesní těžby. Skripta. Brno: MZLU, 2008. 65 s. ISBN 978-80-7375-146-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**


Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **22. ledna 2016**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. dubna 2018**


prof. Ing. Miloš Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
78 100 1898, 370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 10. října 2016

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne: 12. 3. 2018

.....

Bc. Karel Liebl

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Ivo Celjakovi, CSc. za odbornou pomoc, metodické vedení, konzultace, připomínky a cenné rady.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou harvestorové technologie těžby lesních dřevin, především pak jejich výkonností. V diplomové práci jsou popsány druhy těžby, ve kterých nacházejí harvestory největší využití a je zde provedeno porovnání s technologií těžby lesních dřevin pomocí řetězové pily. S výkonností velice úzce souvisejí vnější a vnitřní faktory, které výkonnost ovlivňují negativně a pozitivně. Na základě měření dílčích cyklů při těžbě a terénního pozorování při rozmanitých těžebních činnostech jsou hodnoceny vlivy faktorů na výkonnost. Mezi hlavní faktory lze zařadit zkušenosti obsluhy, druh těžného dřeva a charakter porostu, výkon motoru a výkonnost hydraulických systémů, druh podvozku, vlastnosti terénu a vlivy meteorologických podmínek. Účelem této diplomové práce je provést veškerá potřebná měření a na jejich základě upravit výpočet teoretické výkonnosti na výkonnost skutečnou volbou opravných koeficientů.

Klíčová slova:

Harvestor; dřevina; les, faktory; výkonnost

Abstract

This Master's thesis deals with harvester technology used for forest harvesting, mainly with its efficiency (performance). The thesis describes various types of harvesting in which harvesters are used the most and compares their usage for forest harvesting with the usage of chainsaws. Efficiency is very closely related to the series of inner and outer factors, which influence it both positively and negatively. The impact of these factors is evaluated based on the individual cycles during the harvest and field observations during the variety of harvesting operations. Amongst the most prominent factors are for example operator's experience, type of harvested wood and its characteristics, engine power, performance of hydraulic systems, type of chassis, terrain quality or the influence of meteorological conditions. The aim of this Master's thesis is to perform all necessary measurements and, while using corrected coefficients, alter the calculation of theoretical efficiency to correlate with the actual efficiency.

Key words:

Harvester; wood; forest; factors; efficiency

OBSAH

1.	Literární přehled.....	11
1.1	Les	11
1.2	Lesní hospodářství.....	13
1.2.1	Vznik a počátky lesního hospodářství.....	13
1.2.2	Lesní hospodářství v Čechách.....	14
1.3	Všeobecné vlastnosti dřevin a dřeva	15
1.3.1	Dřevo jako palivo	16
1.4	Druhy a možnosti těžby.....	17
1.4.1	Malá mechanizace	17
1.4.2	Jednomužná motorová řetězová pila.....	17
1.4.3	Velká mechanizace.....	18
1.5	Těžené dřeviny	19
1.5.1	Smrk ztepilý (<i>Picea exelsa</i>).....	20
1.5.2	Borovice lesní (<i>Pinus sylvestris</i>).....	21
1.5.3	Jedle bělokorá (<i>Abies alba</i>).....	23
1.5.4	Modřín evropský (<i>Larix decidua</i>)	24
1.5.5	Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)	25
1.5.6	Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>)	26
1.6	Harvestor a jeho popis	28
1.6.1	Rozdělení harvestorů:.....	29
1.6.2	Denní údržba harvestoru	32
1.6.3	Klady a zápory těžby harvestorem.....	33
2.	Cíle práce	34
3.	Materiál a metody	35
3.1	Výběr Měřených harvestorů	35
3.2	Metodika.....	37

3.3	Výpočet teoretických výkonností	38
3.4	Výpočet skutečných výkonností.....	40
4.	Výsledky	43
4.1	Výsledky z prováděných měření	46
4.2	Faktory ovlivňující výkonnost.....	54
4.2.1	Zkušenost a proškolení obsluhy.....	54
4.2.2	Druh prováděné těžby	55
4.2.3	Roční období a počasí	55
4.2.4	Složitost a členitost terénu, ve kterém harvester pracuje.....	56
4.2.5	Druh těžené dřeviny	57
4.2.6	Výkon a kroutící moment motoru harvestoru	58
4.2.7	Ostrost hoblovacího řetězu.....	59
4.2.8	Celkový stav stroje z hlediska opotřebení.....	59
5.	Diskuze.....	62
6.	Závěr	65
7.	Seznam zdrojů.....	66
8.	Seznam obrázků	68
9.	Seznam tabulek	70
10.	Přílohy.....	71

Úvod

Plocha české republiky je tvořena necelými 34 procenty lesů. Ať už se jedná o mladé nebo staré je potřeba je obhospodařovat. Hospodaření se zalesněnou krajinou je dáno legislativou České republiky, která ustanovuje povinnost vypracovat lesní hospodářský plán, dle kterého se následně řídí těžba a zalesňování. Obhospodařování lesů se provádí méně či více složitými stroji nebo náradím. Těžba dřeva se nejčastěji provádí dvěma způsoby a to pomocí malé mechanizace (motorová řetězová pila) nebo pomocí velké mechanizace (lesní těžební stroje - harvestory). Harvester je pracovní stroj, který má za úkol šetřit lidskou práci a zvyšovat produktivitu při těžbě lesních dřevin. V dnešní době je čím dál tím více kladen nárok na produktivitu práce při pokud možno co nejmenším počtu pracovníků se zajištěním bezpečnosti práce. Jelikož dřevo je v současnosti velice žádanou komoditou, která nachází široké využití jako stavební materiál, palivo, ale také jako materiál pro výrobu nábytku, papíru a mnoho jiných výrobků. Navíc je dřevo bráno jako obnovitelný zdroj energie a eliminátor koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší. Tudíž je uznáváno i z ekologického hlediska. Je též důležité pro obchod jak vnitrozemský tak zahraniční.

1. Literární přehled

1.1 Les

Je velmi složitý ekosystém, který je tvořen mnoho složkami, mezi nejdůležitější pak řadíme složku rostlinnou a živočišnou. Je nutné také zmínit retenční (zádržnou) vlastnost, která chrání zbytek krajiny zhruba 66 procent před přívaly vody například při bouři. Lesy dělíme na jehličnaté, listnaté viz obrázek 2 a smíšené viz obrázek 1. Hlavní surovinou, kterou nám poskytuje rostlinná složka lesa je dřevo. V našich lesích se nejčastěji můžeme setkat s následujícími stromy smrk, borovice, jedle, modřín, dub, buk, břiza, javor, jasan a mnoho dalších, které nejsou příliš časté (<https://cs.wikipedia.org/wiki/Les> „staženo dne 2. 5. 2017“).

Podle Oxfordského slovníku je les definován jako velká oblast pokryta hlavně stromy a podrosty. Websterský slovník také definoval les jako hustý růst stromů a houštiny pokrývající velkou plochu (<http://aranya.gov.in/Static%20Pages/ForestDefinition.aspx> „staženo dne 30. 11. 2017“).

Les podle vegetačního porostu řadíme na čtyři patra, které označujeme čísly 0 až 3.

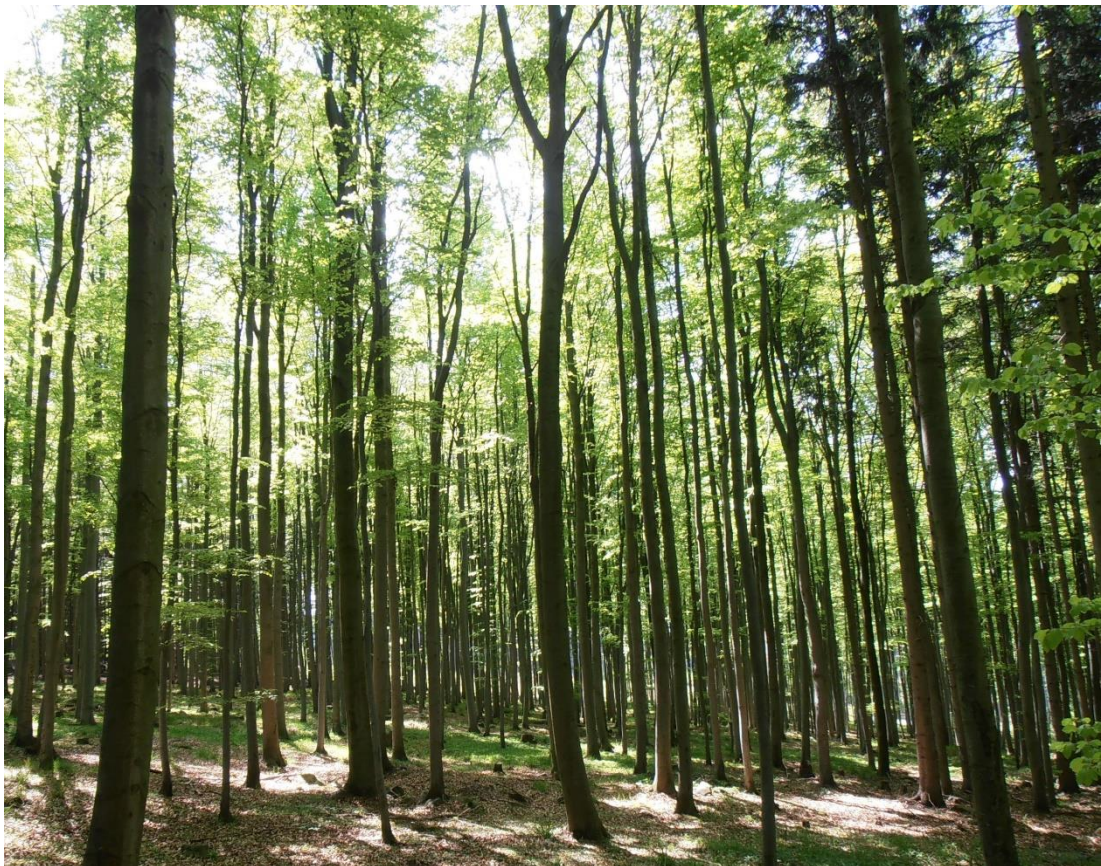
Vegetační patra:

- 0 - lišejníky a mechy (výška do 5 cm),
- 1 - bylinné patro (výška do 1 m),
- 2 - křovinné patro (výška od 1 až 3 m),
- 3 - stromové patro (výška od 3 m),

(HRABÁK, PORUBA 2015).



Obrázek 1 - Smíšený les



Obrázek 2 - Jednodruhový bukový les

1.2 Lesní hospodářství

Již od pradávna byly různé pohledy na to jakým způsobem nakládat s lesními pozemky. Odvětví, které se nazývá, lesní hospodářství vznikalo postupem času. V současné době je velice rozdílný pohled na to jak nakládat se zalesněnými pozemky. Dnes se na lesy nepohlíží jako na zásobárnu dřeva, ale také jako část ekosystému, která je potřebná pro život všech živých organismů.

1.2.1 Vznik a počátky lesního hospodářství

Mezi lesem a lidskou společností byly odedávna úzké vztahy. Vytvářeli se různé vzájemné vazby, protože les ovlivňoval hospodářský a kulturní rozvoj společnosti a naopak společnost zpětně velmi výrazně ovlivňovala tvář lesa. Snad žádný jiný přírodní činitel při vývoji společnosti takových názorových změn a psychologických zvrátů jako les. Ve vzájemném vztahu lesa a společnosti můžeme totiž během tisíce letého vývoje zaznamenat několik etap. (HRABÁK, PORUBA 2015).

Jednotlivé etapy:

- Primitivní člověk viděl od pradávna v lese nepřítele. Les mu odebíral zemědělskou půdu a byl i domovem nebezpečné a dravé zvěře. Proto mýtil a pátil les všude, kde jen mohl. Takovýto stav zaznamenávají i některé oblasti Afriky, Asie a Jižní Ameriky. S obdobným stavem se můžeme setkat i v některých částech Evropy, a to tam, kde je ještě možnost volné pastvy dobytka (HRABÁK, PORUBA 2015).
- Další období přichází v polovině minulého tisíciletí, v době rozvoje osad a počátků drobného průmyslového podnikání, kdy se les stal důležitým dodavatelem dřeva, pryskyřice, popela, dřevěného uhlí. V této době v „období vykořisťování“ bylo na les odkázáno výživou mnoho obyvatel a to jako lesníci, myslivci, uhlíři, smolaři a mnoho jiných. Rozvíjející se průmysl potřeboval kromě surovin také energii. Jedinými zdroji byla voda a dřevo. V závislosti na oblasti a vývoji průmyslu byl ovlivňován i vývoj lesa. Toto období trvalo až do zhruba poloviny 18. století kdy si společnost začínala uvědomovat, že z lesa nelze brát neomezeně a je potřeba začít i zde hospodařit (HRABÁK, PORUBA 2015).

- V posledních desetiletích je úplně změnila forma náhledu na les. V současné době pohlížíme na les jako na zásobárnu vody, kyslíku a také jako přírodní součást, která zabraňuje půdní erozi (HRABÁK, PORUBA 2015).

1.2.2 Lesní hospodářství v Čechách

Hospodaření s lesním porostem má v České republice dlouholetou tradici, která sahá až do 14. století. V dnešní době nařizuje lesní zákon povinnost vypracovávat lesní hospodářský plán, ve kterém je především popsána maximální možná těžba, aby nedocházelo neregulovanou těžbou k pustošení našich lesů. Stromy se obhospodařují pomocí mnoha strojů a různého nářadí. V soukromých lesích se lze setkat s dřevorubci, kteří provádí těžbu pomocí řetězových pil. Dále je také velice rozšířená metoda využívající harvestory. Těžbu dělíme na mýtní, předmýtní, obnovní, nahodilou a mimořádnou. Podle plánovaného druhu těžby pak volíme malou či velkou mechanizaci (<http://www.lesy.cz/pece-o-les/hospodarska-uprava-lesu/Stranky/default.aspx> „staženo dne 10. 5. 2017“) (<http://www.lesy.cz/drevo/lesni-tezba/Stranky/default.aspx> „staženo dne 10. 5. 2017“).

Dle statické klasifikace ekonomických činností CZ NACE kategorizace A Zemědělství, lesnictví, sekce 02 lze definovat lesní práce jako:

Definice lesnictví a těžby dřeva:

- Tento oddíl zahrnuje produkci kulatiny a sběr a získávání volně rostoucích lesních plodů a materiálů jiných než dřeva. Vedle toho sem patří i lesnické činnosti vedoucí k produktům vyžadujícím pouze drobné opracování, jako je palivové dřevo, dřevěné uhlí nebo dřevo k průmyslovému použití (např. důlní výdřeva, dřevní hmota atd.). Tyto činnosti lze provádět jak v přírodních tak v uměle vysazených lesích (<http://www.nace.cz/nace/02-lesnictvi-a-tezba-dreva/> „staženo dne 30. 11. 2017“).

1.3 Všeobecné vlastnosti dřevin a dřeva

Dřeviny jsou vytrvalé rostliny, jejichž nadzemní část neodumírá, ale dřevnatí. Dřeviny se dělí na jehličnaté a listnaté (LIEBL 2015).

Složení dřeva:

- Celulóza (40 až 50 %)
- Lignin (20 až 30 %)
- Hemicelulóza (20 až 30 %)
- Doprovodné složky
- Voda (množství je závislé na ročním období a stupni proschnutí)
(<https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evo> „staženo dne 26. 2. 2018“)

Dřevo je nejstarší materiál, který lidé používají pro stavbu po kameni. I přes svou složitou chemickou povahu má dřevo vynikající vlastnosti, které jsou vhodné pro lidské použití. Je snadno a ekonomicky dostupný; snadné obrábění; přizpůsobitelné k výrobě do nekonečné řady velikostí a tvarů pomocí jednoduchých stavebních technik na místě
(<https://www.aboutcivil.org/Properties%20of%20Wood%20and%20Timber.html> „staženo dne 30. 11. 2017“).

Z hlediska možnosti opracovávání a zpracování dělíme dřeviny na tvrdé a měkké v tabulce 1 jsou uvedeny příklady.

Tabulka 1 Tvrdost dřeva

Skupina	Tvrdost [MPa]	Příklady
Měkké	<40	Lípa, jedle, smrk
Středně tvrdé	≥40	Jasan, jilm, dub
Tvrdé	≥80	Habr, akát

(<https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evo> „staženo dne 26. 2. 2018“)

Jako další z možností jak lze dělit dřevo je podle objemové hmotnosti. Podle objemových hmotností dělíme dřevo na lehké s objemovou hmotností do $650 \text{ kg} \times \text{m}^3$ a těžké s objemovou hmotností nad $650 \text{ kg} \times \text{m}^3$. Hodnoty uvedené v následující

tabulce 2 jsou pouze orientační, protože objemová hmotnost je velice závislá na konkrétních podmínkách, ve kterých daná dřevina roste a také vlhkosti.

Tabulka 2 Objemové hmotnosti vybraných dřevin

Dřevo	Typická objemová hmotnost [kg×m ³]
Smrk	455
Borovice	515
Jedle	515
Modřín	570
Bříza	610
Buk	670

(<https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evo> „staženo dne 26. 2. 2018“)

Dřevo je přirozený, udržitelný a recyklovatelný materiál s širokým spektrem aplikací. Dřevo si dlouho drželo přirozené místo v našich domovech a zahradách, ve formě podlah, lišt, obkladů, podlah, oplocení a tak dále. Dřevo je také populární a osvědčený stavební materiál. Dnes je asi 90 procent rodinných domů postaveno v dřevě. Pokud jde o vícepodlažní budovy, dřevo je materiál na vzestupu moderní konstrukce, s téměř 20% výškových bloků s dřevěným konstrukčním rámem. Dřevo je také využíváno v jiných stavbách, přičemž se jedná o náklad v halách (40% novostavby) a mosty (20% novostavby)

(https://www.swedishwood.com/about_wood/ „staženo dne 5. 12. 2017“).

1.3.1 Dřevo jako palivo

Dřevo má dlouhou historii jako palivo, tedy jako zdroj tepla nebo jiné energie. Ve které se pokračuje i dnes většinou ve venkovských oblastech světa kde není možnost získat teplo jiným zdrojem. Většinou jsou upřednostňovány tvrdé dřeviny, (buk, dub a jiné) na rozdíl od měkkých dřevin déle hoří a vytváření méně kouře a mají větší výhřevnost (<https://en.wikipedia.org/wiki/Wood> „staženo dne 22. 2. 2018“).

1.4 Druhy a možnosti těžby

Je mnoho druhů těžby dřeva, při které se využívá rozmanitá mechanizace. Volba mechanizace se provádí dle plánovaného množství zpracovávaného dřeva, charakteru porostu a terénních podmínek. V praxi jsou používány sekery, motorové pily, traktory s lesnickou nástavbou, vyvážecí soupravy, harvestory a mnoho druhů speciální mechanizace. Dále mechanizaci lze volit podle složitosti, členitosti a druhu terénu. V některých případech, stejně jako v historii, se používají koně. Například v chráněných krajinných oblastech (LIEBL 2015).

1.4.1 Malá mechanizace

Za malou mechanizaci lze považovat takové nářadí a stroje, které nosí dřevorubci v ruce nebo je mají připevněny na opasku, či v kapsách pracovního oděvu. Jsou to následující pracovní pomůcky a stroje. Jednomužná motorová řetězová pila, sekera, kalač nebo palice, dřevorubecká přetlačná lopatka, klíny, pásmo na měření délky kmenů a dále pak různé malé nářadí na drobné opravy a seřízení motorové pily (LIEBL 2015).

1.4.2 Jednomužná motorová řetězová pila

Zjednodušeně řečeno motorová pila je mechanické pracovní zařízení s různými variantami pohonu. Nejpoužívanější pohon, který pila využívá je spalovací dvoutaktní motor nebo elektromotor. Motorová pila nejčastěji nachází využití při práci se dřevem, ale je možné, při použití speciální vodící lišty a řetězu, opracovávat materiály na kamenné bázi. Z hlediska četnosti využití dělíme motorové pily na profesionální, poloprofesionální (farmářské) a hobby. Nejčastěji motorové pily používají dřevorubci, slouží jim při kácení stromů, krácení dřeva na požadovanou délku (sortiment) a při odvětvování. Pila však nachází využití i v mnoha jiných povoláních, jako je tesařství, ale i například v záchranných složkách (LIEBL 2015), (KUNT 2012).

1.4.3 Velká mechanizace

Pokud je nutné zpracovávat velké množství dřevní hmoty je používána velká mechanizace. Do skupiny velké mechanizace se zařazují nákladní automobily s hydraulickým jeřábem se svěrným drapákem, univerzální kolové traktory upravené pro práci v lese, speciální lesní kolové traktory, harvestory a vyvážecí traktory s klanicovým návěsem. Většina této velké mechanizace, kromě harvestorů, nachází využití především při dopravě a manipulaci dřevní hmoty. Na obrázcích 3 a 4 je vidět rozdíl při těžbě s malou mechanizací, resp. řetězovou pilou a velkou mechanizací, resp. harvestorem.



Obrázek 3 - Těžba ruční pomocí motorové řetězové pily



Obrázek 4 - Těžba pomocí harvestoreové technologie (probírka)

1.5 Těžené dřeviny

Jednou z nevýhod harvestorů je jejich omezená schopnost zpracovávat všechny druhy dřevin. Těžít a plně zpracovávat lze pouze takové dřeviny, které nemají příliš silné větve, protože v případě silných větví by nastal problém s odvětvováním. Proto je možné těžít a zpracovávat jen některé vybrané dřeviny a těmi jsou smrk, borovice, buk, modřín a jedle, ale i v případě těchto dřevin není vždy zaručená a bezproblémová těžba. U smrku, jedle, borovice a modřínu může nastat komplikace, například rozdvojený kmen, nebo v některých ojedinělých případech i roztrojený kmen. V případě buku mohou být problémy s příliš silnými větvemi. V některých výjimkách je možné těžít i ostatní dřeviny, ale nemůže být zaručené, že takové dřeviny nebudou nikterak poškozené, což by velice omezilo jejich další využití. Na obrázku 5 je vidět zpracovaný vzrostlý rozdvojený buk, který byl těžен harvestorem.



Obrázek 5 - Těžba buků pomocí harvestorů je možná, ale složitá

1.5.1 Smrk ztepilý (*Picea exelsa*)

Čeleď: Borovicovité

Smrk ztepilý je typickou dřevinou severoevropské taigy a horských lesů ve střední Evropě, v západní Evropě s přímořským klimatem se přirozeně nevyskytoval. Ve střední Evropě vytváří čisté porosty vysoko v horách při lesní hranici, v nižším pásmu pak smíšené porosty s bukem lesním a jedlí bělokorou. Vyhovují mu především chladné oblasti s vysokými srážkami, do nižších pahorkatin proniká v chladných a vlhkých údolích potoků.

Smrk ztepilý, viz obrázek 6, je statný strom dorůstající výšky 40 až 50 metrů a vytvářející hustou zašpičatělou kuželovitou korunu, sahající při osamělém postavení hluboko k zemi. Jeho červenohnědá kůra se mění ve stáří v šupinově odlupčivou hnědou borku. Jehlice kosočtverečného průřezu, 10 až 20 milimetrů dlouhé, přisedají na listové polštářky, které po opadu způsobují bradavčitý vzhled holých větví. Květy rozkvétají v květnu, samčí ve žlutých jehnědách, červené samičí šištice stojí na vztyčené na konci větví. Po opylení se stácejí dolů a vyvíjejí se

z nich válcovité šišky, 8 až 16 centimetrů dlouhé. Na jaře se otevírají a vylétá z nich tmavě hnědé okřídlené semeno, 4 až 5 milimetrů velké. Plodit začíná smrk v porostech kolem 50. roku věku. Pro svou plochou talířovitou kořenovou soustavu, sahají až za obvod koruny, trpí dosti větrnými vývraty. Je polostinnou dřevinou, snáší dobře tuhé mrazy a žádá větší vzdušnou vlhkost a čerstvé půdy. Poskytuje měkké, pružné dřevo se širokým použitím, zvláště ve stavebnictví. Dřevo s pravidelnými úzkými letokruhy se hodí jako rezonanční dřevo na výrobu hudebních nástrojů, ze smrkové kůry se vyrábí tříslo. Pro své široce použitelné dřevo a vysoké hmotné výnosy je smrk dnes pěstován v čistých porostech i v nižších polohách, kde původně nerostl (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o bezproblémovou dřevinu.



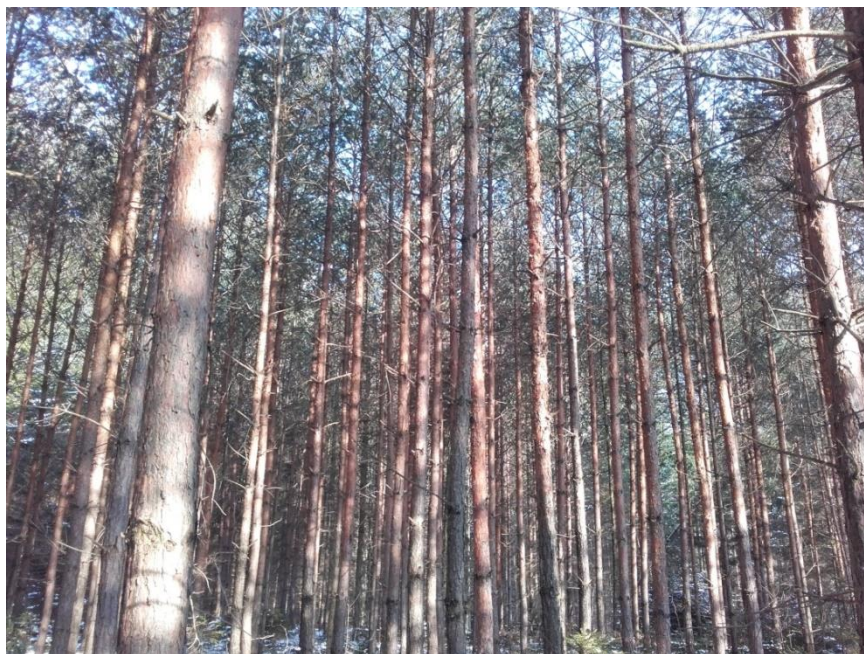
Obrázek 6 - Mladý smrkový porost

1.5.2 Borovice lesní (*Pinus sylvestris*)

Čeled': borovicovité

Je dominantní dřevinou borových porostů. Má rozsáhlé rozšíření téměř po celé Evropě, roste od Španělska a Řecka na sever až po polární kruh. Na jihu Evropy

je dřevinou horskou, na severu sestupuje do rovinatých nížin. Dorůstá výšek 30 až 40 metrů a vytváří z počátku úzce kuželovitou, později široce rozloženou korunu posazenou vysoko na hladkém kmenu. Spodní část kmene je kryta tlustou rozpukanou borkou, horní část kryje oranžově hnědá kůra. Jehlice jsou 4 až 7 centimetrů dlouhé a stojí ve svazečku po 2 dosti řídce na větvkách. Kvete v květnu, kdy vítr roznáší v porostech oblaky jejího žlutého pylu. Šišky dozrávají na podzim druhého roku a v následujícím jaru z nich vylétá okřídlené semeno. Šišky jsou asi 3 centimetry velké, s matnými šedými štítky. Pod některými stromy vidíme velké množství odhozených šišek. Způsobují to strakapoudi, kteří si snášením na vhodné stromy borové šišky, kde je zaklesnou do štěrbin a dobývají z nich dozrávající semeno. Borovice lesní viz obrázek 7, je nenáročnou a přizpůsobivou dřevinou. Roste jak na suchých písčitých půdách, tak i na půdách podmáčených. Najdeme ji na drsném severu i v teplých vinorodých krajích. Hluboký kůlový kořen upevňuje ji dobře v půdě a umožňuje jí růst i na suchých lokalitách. Borovice lesní poskytuje lehké dřevo, vhodné na výrobu dveří, okenic i levného nábytku. Místy se z ní těží i pryskyřice pro chemický průmysl (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o středně obtížnou dřevinu.

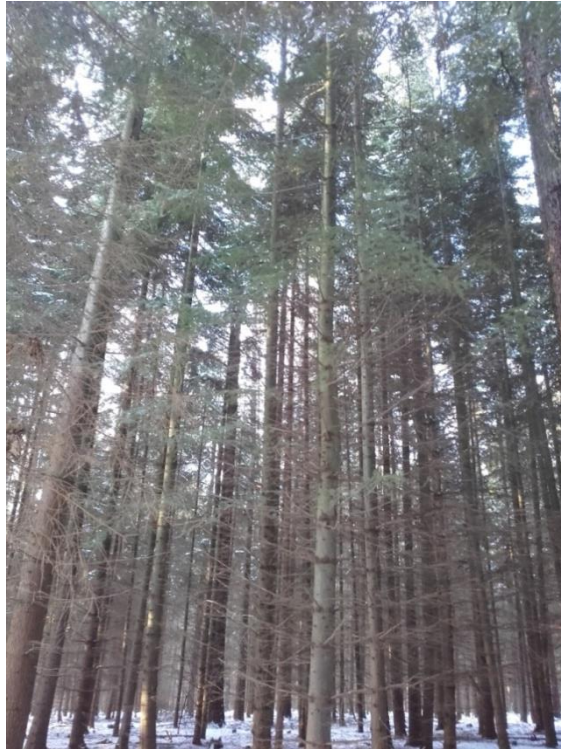


Obrázek 7 - Borový porost vhodný k probírkové těžbě

1.5.3 Jedle bělokorá (*Abies alba*)

Čeleď: borovicovité

Jedle bělokorá viz obrázek 8, je dřevinou střední a jižní Evropy, na západ do Francie a Pyrenejí. Neproniká ani na sever do skandinávských zemí, ani na východ, protože je citlivá na tuhé zimní mrazy. Ve střední Evropě roste od pahorkatin až do horských lesů, od 300 do 1200 metrů. Dorůstá výšek až přes 50 metrů a je nejvyšším evropským stromem. V pralesovitých porostech se dožívá stáří 500 až 600 let a dorůstá průměru do 2 metrů. Kmen jedle je kryt hladkou, bělošedou kůrou, koruna je válcovitá a sahá hluboko k zemi. Jehlice jsou ploché, 2 až 3 centimetry dlouhé, na konci vykrojené a na rubu s dvěma bělavými proužky. Na větévce jsou dvouřadě rozložené. Květy jedle rozkvétají koncem května, samčí žlutavé jsou nahloučeny na spodní straně loňských větviček, samičí zelenavé šištice stojí v horní části koruny. Do podzimu se z nich vyvíjejí válcovité šišky, 10 až 20 centimetrů dlouhé. Na rozdíl od smrku jsou kolmo vztyčené, koncem října se rozpadají a okřídlené semeno padá k zemi. Jedle bělokorá snáší v mládí dosti silné zastínění, má ale vyšší nároky na vzdušnou a půdní vlhkost. V sušších oblastech se srážkami pod 600 milimetrů a se znečištěným ovzduším dnes odumírá. Nejlépe se jí daří ve vlhčích podhorských oblastech na těžších, čerstvých půdách. Má hluboké zakořenění a netrpí větrnými vývraty. Její měkké a lehké dřevo se používá na vodní stavby, trámy a k výrobě celulózy (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o bezproblémovou dřevinu.



Obrázek 8 - Jedlový porost vhodný k probírkové těžbě

1.5.4 Modřín evropský (*Larix decidua*)

Čeleď: Borovicovité

Modřín evropský viz obrázek 9, je opadavý jehličnatý strom rozšířený v horách a pahorkatinách střední Evropy, hlavně v oblasti Alp a Karpat. Dnes se hojně pěstuje i mimo oblast svého přirozeného rozšíření. Je 30 až 40 metrů vysoký, s rovným kmenem a vysoko nasazenou korunou. Jeho měkké jehlice stojí na jednoletých výhonech jednotlivě, a na starších větévkách ve svazečcích po 25 až 40 kusech. Rozkvétá brzy na jaře začátkem dubna, kdy současně s rašícími jehlicemi se na větvích objevují červené a zelené samičí a žluté samčí květy. Do podzimu se z nich vytvářejí vejčité šišky, 1 až 3 centimetry velké, zůstávající několik let na stromě. Plodit začíná modřín již od 15 let. Je slunnou rychle rostoucí dřevinou, vyžadující vzdušné polohy a plný přístup světla. Je odolný k mrazu i horku, a jeho srdčitý kořen jej dobře upevňuje v půdě. Na jaře je ozdobný svou svěží zelení, na podzim zlatožlutě zbarvenými jehlicemi. Poskytuje velmi dobrou pryskyřici a kvalitní dřevo s hnědočerveným jádrem, používané na vodní stavby, obklady stěn,

dřevěná schodiště a lehký nábytek (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o bezproblémovou dřevinu.



Obrázek 9 - Vzrostlé modřiny

1.5.5 Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Čeleď: Bukovité

Buk lesní je rozšířen v západní, střední a jižní Evropě, neroste v severských zemích a východní Evropě. Kde jsou poměrně drsné zimy. Je stinnou, expanzivní dřevinou, často tvoří čisté nesmíšené porosty, jindy roste ve směsi s jehličnatými a listnatými dřevinami. V nižších polohách (400 až 600 metrů) jej často doprovází dub, jedle a habr, ve vyšších polohách (700 až 1200 metrů) jedle a smrk. Vyhýbá se podmáčeným a mrazivým polohám, dává přednost lehčím půdám a zvláště půdám vápenatým. Protože opadem listů udržuje půdu v dobrém stavu a je málo ohrožen škůdci, je v lesním hospodářství ceněnou dřevinou. Buk lesní viz obrázek 10, dorůstá výšek 30 až 35 metrů a vytváří dlouhé, hladké kmeny se stříbřitě šedou kůrou a vysoko nasazenou korunou. Jeho střídavě postavené listy jsou vejčité, 5 až 10 centimetrů veliké, na obvodu celokrajné. Svěží zeleň po vyrašení listů činí bukové lesy krásné na jaře, bronzově hnědé zbarvení pak na podzim. Samčí a samičí květy

rozkvétají v květnu, plody dozrávají v říjnu. Trojboké, červeno hnědé olejnaté bukvice sedí v ostrnitě čížce a po opadu jsou s oblibou vyhledávány zvěří. Bohaté semenné roky u buku jsou dosti řídké, dostavují se v intervalech 5 až 8 let. Buk je v mládí pomalu rostoucí dřevinou, která snáší zástin a dobře se obnovuje ze semene pod matečním porostem. Poskytuje tvrdé dřevo používané na výrobu nábytku, parket, prahů a celulózy (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o problémovou dřevinu.



Obrázek 10 - Mladý bukový porost

1.5.6 Bříza bělokorá (*Betula pendula*)

Čeleď: Bukovité

Bříza bělokorá je rozšířena téměř po celé Evropě, na sever zasahuje za polární kruh, na jihu proniká v horských polohách do Itálie a na Balkánský poloostrov a na východ jde až do Sibíře. V západní a střední Evropě roste od nížin až do hor, do výšek 1500 metrů nad mořem. Místy vytváří i čisté porosty, zvláště na severu Evropy. Dorůstá do výšek 20 až 25 metrů a vytváří štíhlý kmen a korunu z tenkých převislých větví. Kmen je kryt ozdobnou bílou kůrou, která se ve stáří jen na bázi kmene mění v černou rozpukanou borku (odumřelou kůru). Bříza bělokorá má listy kosníkovité až trojúhelníkovité, 3 až 6 centimetrů velké, na obvodu dvakrát pilovité. Květy rozkvétají současně s rašením listů v dubnu. Drobné nažky směstnané ve

válcovitých plodenstvích dozrávají v srpnu a jsou roznášeny větrem na velké vzdálenosti. Tato okolnost a současně i skromné nároky břízy na úrodnost půdy a její vlhkost činí z břízy důležitou průkopnickou dřevinu, která osidluje paseky, pastviny i ladem ležící půdu. Je světlomilnou rostlinou a snáší dobře mráz i velké teplo. V lesích je ozdobná svými bílými kmeny, čerstvou jarní zelení a zlatým zbarvením listů na podzim. Z navrtaných kmenů poskytuje březovou vodu používanou v kosmetice, z mladých bříz se řeže proutí na košťata a její tvrdé a pružné dřevo je hledané v kolářství a na jiné truhlářské práce (HRABÁK, PORUBA 2015). Z hlediska těžby se jedná o středně bezproblémovou dřevinu.

Březový porost je také možné zpracovávat pomocí harvestoru. viz obrázek 11.



Obrázek 11 - Bříza vytěžená a zpracovaná harvestorem

1.6 Harvestor a jeho popis

Víceúčelové stroje (harvestory) představují v současné době vrchol těžební techniky. Tyto víceúčelové stroje jsou na pásových, nebo kolových podvozcích. Jsou to speciální traktory, které jsou vybaveny hydraulickým jeřábem se stříhacím mechanismem, nebo řetězovou pilou (KYSEL 1980).

Harvestor (viz. obrázek 12) je samojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu. Jednotlivé výřezy (sortimenty) v porostu v neurovnaných, či urovnaných hraních (ULRICH et al. 2006).



Obrázek 12 - Harvestor Vimek 404 T 5

V současné době roste množství těžeb realizovaných pomocí harvestoru. V roce 2004 bylo realizováno cca 15 % těžby pomocí harvestorové technologie, v roce 2007 to bylo 29 % a v roce 2013 31% těžby. Do budoucna lze předpokládat navýšení těžby harvestorovou technologií. V České republice je 60 až 70 % plochy vhodná pro tuto technologii. V severních zemích Evropy je realizováno více než 90 % těžby pomocí harvestorů, v USA to je 35 až 45% a v Irsku až 95% (<https://www.agrojournal.cz/clanky/harvestorova-technologie-moderni-a-k-prirode-setrny-tezebne-dopravni-system-105> „staženo dne 27. 11. 2017“).

Největší podíl těžby dle dostupných zdrojů pomocí harvestorů je v Irsku. Irský web forestryfocus.ie popisuje:

Dnes se většina těžby lesů provádí pomocí mechanizovaných harvestorů. Tyto stroje obsahují základní stroj s kácecí hlavou namontovanou na hydraulické rameno, která pokácí strom, odstraní větve a rozřeže kmen do požadovaných délek za méně než jednu minutu. Operátor v kabině řídí pohyb stroje a palubní počítačový systém. Může být naprogramován tak, aby řezané stromy byly kráceny na velikost a délku určenou zákazníkem (pily, katry) (<http://www.forestryfocus.ie/growing-forests-3/harvesting/> „staženo dne 4. 12. 2017“).

Cena harvestorů je vysoká, proto je důležité, aby byly provozovány pokud možno nepřetržitě, k čemuž jsou přizpůsobeny výkonným systémem osvětlení pracovního prostředí před strojem. Vyžadují rozsáhlé plochy kácení, aby byl jejich provoz rentabilní. I když jsou schopny pracovat velmi efektivně na mnoha lesních místech, mají také svá omezení. Jsou schopné kácet stromy velmi efektivně s přímými kmeny. Používají se většinou na jehličnatých lesích. Těžba velmi vzrostlých stromů s velkými průměry, větvemi a odchylkami ve formě kmenů se obvykle provádí pomocí řetězové pily. Také harvestory nejsou schopné pracovat na velmi strmých svazích nebo hrubých půdách s velkými balvany a za těchto okolností se nejlépe provádí kácení ručními metodami (<http://www.forestryfocus.ie/growing-forests-3/harvesting/> „staženo dne 4. 12. 2017“).

Tabulka 3 vývoj počtu harvestorů v ČR

Rok	1976	1977	1978	1979	1980	2010	2013
Harvestory [ks]	0	1	3	10	13	369	408

(<https://www.agrojournal.cz/clanky/harvestorova-technologie-moderni-a-k-prirode-setrny-tezebne-dopravni-system-105> „staženo dne 27. 11. 2017“).

1.6.1 Rozdělení harvestorů:

Základní rozdělení vychází z druhu podvozku, podle toho jsou rozděleny na:

- Kolové
- Pásové
- Kombinované (Menzi Muck)
- Kráčející

(ULRICH et al. 2006)

Rozdělení podle výkonu motoru harvestorů je lze rozřídít na:

- Malé s výkonem do 70 kW
- Středně velké s výkonem do 140 kW
- Velké s výkonem přes 140 kW

(ULRICH et al. 2010)

Rozdělení podle hmotnosti harvestoru:

- Malé s hmotností v rozmezí 8 až 13 tun
- Střední s hmotností v rozmezí 13 až 17 tun
- Velké s hmotností v rozmezí 17 až 24 tun

(<http://www.matur-svoboda.estranky.cz/clanky/stroje-a-zarizeni/tezebni-stroje.html>
„staženo dne 15. 1 2018“)

Rozdělení podle dosahu výložníku s kácecí hlavicí:

- Malé s dosahem 7 až 10 metrů
- Střední s dosahem 8 až 12,5 metrů
- Velké s dosahem 8 až 12,5 metrů

(<http://www.matur-svoboda.estranky.cz/clanky/stroje-a-zarizeni/tezebni-stroje.html>
„staženo dne 15. 1 2018“)

Z hlediska celkové výkonnosti harvestoru jsou nejdůležitější parametry jako je maximální hmotnatost kmenů a roční výkonnost. Rozdělení je v tabulce 4.

Tabulka 4 rozdělení harvestorů dle hmotnatosti a roční výkonnosti

Velikost harvestoru	Maximální hmotnatost [m³]	Roční výkonnost [m³ × rok⁻¹]
Malé	0,1 až 0,3	12400
Střední	0,2 až 0,7	26000
Velké	0,5 až 1,5 i více	40000

(<http://www.matur-svoboda.estranky.cz/clanky/stroje-a-zarizeni/tezebni-stroje.html>
„staženo dne 15. 1 2018“).

Další z možností, jak rozdělit harvestory, je podle druhu pracovního adaptéru, resp. kácecí hlavice (ULRICH et al. 2010).

Rozdělení podle druhu kácecí hlavice:

- Hlavice švédského typu (viz obrázek 14)
- Hlavice finského typu (viz obrázek 13) (ULRICH et al. 2006)



Obrázek 13 - Harvestorová hlavice finského typu

(https://www.google.cz/search?q=harvestorov%C3%A9+hlavice&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiV5sOLj5bZAhVREVAKHf_9CfYQ_AUICigB&biw=1280&bih=628#imgrc=LXPq2mhT6q1EVM: „staženo dne 8. 2. 2018“)



Obrázek 14 - Harvestorová hlavice švédského typu

(https://www.google.cz/search?q=harvestorov%C3%A9+hlavice&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiV5sOLj5bZAhVREVAKHf_9CfYQ_AUICigB&biw=1280&bih=628#imgrc=eptjHL4uZELC6M: „staženo dne 8. 2. 2018“)

Hlavní rozdíl mezi finským a švédským typem hlavice spočívá v počtu podávacích válců. Hlavice švédského typu je vybavena dvěma podávacími válci, což jí spíše předurčuje k práci s rovnými kmeny. Oproti tomu je hlavice finského typu vybavena čtyřmi posuvnými válci což umožňuje snadnější práci s nerovnými kmeny (ULRICH et al. 2006).

1.6.2 Denní údržba harvestoru

Pro bezporuchový bezpečný a spolehlivý provoz stroje je důležitá jeho pravidelná kontrola, kterou by měl operátor harvestoru provádět každý den dle pokynů výrobců těchto strojů. Většinou se jedná o následující kroky.

Základní stroj:

- Kontrola hladiny hydraulického oleje
- Kontrola hladiny motorového oleje
- Kontrola chladicí kapaliny
- Kontrola ukazatele vzduchového filtru
- Odstranění a usazenin z primárního palivového filtru
- Kontrola stavu a nahuštění pneumatik
- Kontrola napnutí a upevnění namontovaných řetězů
- Kontrola čistoty mřížky chladiče
- Vyčištění a kontrola všech těsných prostor včetně motorového, ochranného krytu podvozku a jiných. Zvláště v zimních měsících je důležité stroj vyčistit, aby nepřimrzl sněh nebo jiné nečistoty.
- Kontrola případných závad a trhlin na stroji

Hydraulický jeřáb:

- Optická kontrola konstrukce hydraulického jeřábu to znamená kontrola těsnosti hadic, spojů a válců a případné poškození konstrukce jeřábu.

Harvestorová hlavice:

- Kontrola řetězu a lišty pily (ostrost, napnutí, poškození)
- Kontrola upevnění a stavu senzorů průměru

- Kontrola čistoty měřicího zařízení délky
- Kontrola případných průsaků oleje
- Kontrola funkce mazání
- Promazání mezikusu rotátoru
- Promazání a upevnění válce odvětvovacích nožů
- Promazání uložení odvětvovacích nožů
- Promazání uložení kácecího kloubu a upevnění válců posuvu
- Promazání upevnění válců pily
- Promazání upevnění měřicího kolečka v pouzdru
- Promazání uložení válců posuvu – rameno
- Promazání uložení válců pro válce posuvu – ramena

(ULRICH et al. 2006)

1.6.3 Klady a zápory těžby harvestorem

V podstatě, jako je to u všech strojů, mají harvestory své výhody a nevýhody a zároveň své zastánce i odpůrce.

Klady:

- šetrná práce s ohledem na okolní porost a půdu
- vysoká produktivita práce (až 1 strom/min)
- poměrně nízké náklady na vyrobený sortiment
- menší úrazovost než u ostatních strojů

Zápory:

- vysoké pořizovací (12 - 15 mil. Kč) a provozní náklady
- nutná dokonalá organizace práce
- nutnost nasazení na větších lesních plochách
- nemožnost pracovat na prudkých svazích

(http://work.adamna.net/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-8 „staženo dne 8. 2. 2018“)

2. Cíle práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo provedení měření dílčích časů při základní pracovní technologii při alespoň dvou těžebních činnostech. Z naměřených časů a objemu zpracované kmenové dřevní hmoty stanovit skutečnou výkonnost v závislosti na podmínkách pracovního prostředí a charakteru porostu. Tuto skutečnou výkonnost harvesterů, při rozmanité těžbě lesních dřevin, porovnat s údaji o teoretické výkonnosti ze strany výrobců a navrhnout opravné koeficienty pro výpočet skutečné výkonnosti při znalosti teoretické výkonnosti a reálného prostředí při těžbě.

3. Materiál a metody

Pro splnění cíle DP bylo potřebné vybrat vhodné harvestory při rozdílných těžbách a po dohovoru s operátory provést měření pracovních cyklů a stanovit objemy zpracovaných stromů za stanovený časový úsek. Součástí měření musela být detailní rekognoskace terénu a charakteru porostu. Důležitou součástí byl sběr dat komplexním pozorováním pracovní technologie, aby mohly být stanoveny hodnoty opravných koeficientů.

Pro měření nebylo v zásadě zapotřebí speciálních nebo zvláštních přístrojů nebo pomůcek.

Materiálové vybavení:

- Stopky
- Svinovací metr
- Průměrka
- Papír a psací potřeby
- Videokamera.

3.1 Výběr měřených harvestorů

Výběr harvestorů pro měření nebyl vůbec jednoduchý, byť v České republice je dostatek společností, které se zabývají těžbou dřeva touto metodou. V mnohých případech jsem se totiž setkal s odmítavými stanovisky vůči prováděnému měření. I tak se mi podařilo sehnat dostatečné množství harvestorů s ochotnými kvalifikovanými operátory, kteří byli nápomocni při měření a byli schopni pracovat bez předstírání, resp. jiným způsobem, než je u nich obvyklé, když nejsou pozorováni a jejich pracovní činnost vyhodnocována měřením.

Jako zástupce za skupinu malých harvestorů jsem vybral následující stroje, viz obrázky 15 a 16.

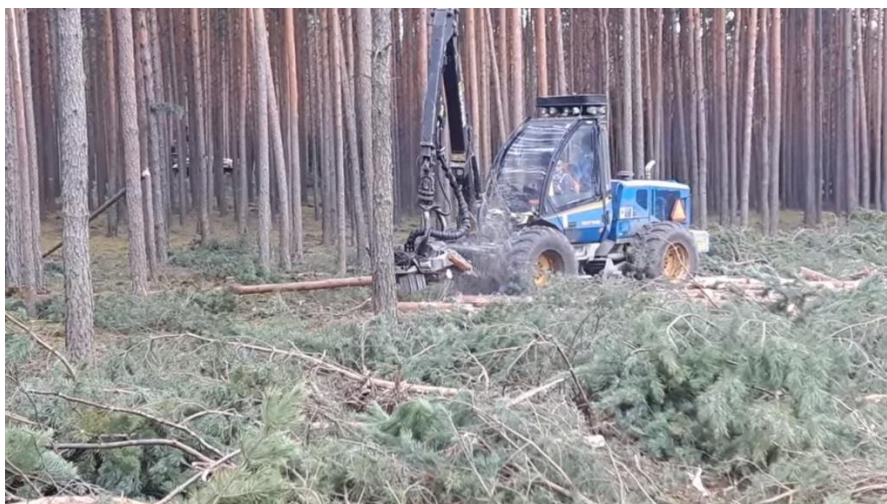


Obrázek 15 - Harvester VIMEK 404 T5



Obrázek 16 - Harvester Timberjack 770

Jako zástupce ze skupiny středních harvestorů jsem vybral následující stroj, viz obrázek 17.



Obrázek 17 - Harvester Rothne H 8

Jako zástupce za velké harvestory jsem vybral následující stroj, viz obrázek 18.



Obrázek 18 - Harvester Logset 8H TH 65

3.2 Metodika

Pro měření byl zvolen následující postup. Veškerému měření a pozorování pracovní činnosti předcházel dohovor s operátorem. Začátek prvního měření probíhal tak, že měření dílčích pracovních časů a zápis údajů probíhal bezprostředně na místě měření, tedy v bezpečné vzdálenosti od harvestoru. Po zpracování několika stromů bylo zjevné, že dochází k nepřesnostem, protože změření dílčích časů bylo obtížné. Jelikož vždy byl z každého měření proveden videozáznam, na kterém se zkreslené časy ověřily, bylo možné je opravit na základě detailního rozboru videa. Z tohoto důvodu následující část měření a každé další bylo zaměřeno na pořízení kvalitního

videozáznamu. Na videozáznamu bylo možné provést měření dílčích cyklů opakovaně a tím zpřesnit hodnoty měřených údajů. Po pořízení kvalitního videozáznamu následovalo měření délek a průměrů sortimentů, aby následně mohl být spočítán objem zpracovaného dřeva. Z pracovních časů a objemu zpracovaného dřeva byly vypočítány jednotlivé výkonnosti, z hlediska porovnatelnosti je nejdůležitější hodinová výkonnost.

Při měření byly následující meteorologické podmínky:

- Teplota: 7,4 – 16,8 °C (malé harvestory a střední harvestor)
- Teplota: -1,5 – 0,4 °C (velký harvestor)
- Vlhkost vzduchu: 51,4 – 59,7 % (pro všechny harvestory v daném rozsahu)

(měřeno přístrojem Voltcraft VC výrobní číslo 10122941)

3.3 Výpočet teoretických výkonností

Teoretické průměrné výkonnosti jednotlivých skupin harvestorů dle webu <http://www.matur-svoboda.estranky.cz/clanky/stroje-a-zarizeni/tezebni-stroje.htm> a publikace Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi od Ulricha a kol. z roku 2006 jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Výkonnost harvestorů dle jednotlivých skupin

Velikost harvestoru	Roční výkonnost [m ³ × rok ⁻¹]
Malé	12400
Střední	26000
Velké	40000

Vztah pro výpočet teoretické hodinové objemové výkonnosti:

$$Q_{hod} = \frac{V}{t} [m^3 \times h^{-1}] \quad (1)$$

$$Q_{hod} = \text{hodinová výkonnost} \quad [m^3 \times h^{-1}]$$

$$V = \text{zpracovaný objem dřeva} \quad [m^3]$$

$$t = \text{čas} \quad [h^{-1}]$$

Pro výpočet teoretické průměrné výkonnosti jsem vycházel z hodnot z tabulky 3. Ze které jsem rozpočítal, následují teoretické výkonnosti pro jednotlivé skupiny. Bylo počítáno pouze s pracovními dny.

Vztah pro výpočet pracovních dnů:

$$D_{prac} = D_{celk} - D_{vik} - D_{sv} \text{ [dny]} \quad (2)$$

$$D_{prac} = \text{pracovní dny} \quad \text{[dny]}$$

$$D_{celk} = \text{celkem všechny dny v roce} \quad \text{[dny]}$$

$$D_{vik} = \text{víkendy} \quad \text{[dny]}$$

$$D_{sv} = \text{státní svátky} \quad \text{[dny]}$$

Vztah pro výpočet D_{vik} :

$$D_{vik} = \left(\frac{D_{celk}}{7} \right) \times 2 \text{ [dny]} \quad (3)$$

$$D_{vik} = \text{víkendy} \quad \text{[dny]}$$

$$D_{celk} = \text{celkem všechny dny v roce} \quad \text{[dny]}$$

$$7 = \text{počet všech dnů v týdnu}$$

$$2 = \text{počet volných dnů v týdnu (sobota, neděle)}$$

Vztah pro výpočet směnové, resp. denní výkonnosti:

$$Q_{SM} = Q_{hod} \times t_{SM} \text{ [m}^3 \times \text{směna}^{-1}] \quad (4)$$

$$Q_{SM} = \text{směnová výkonnost} \quad \text{[m}^3 \times \text{směna}^{-1}]$$

$$Q_{hod} = \text{hodinová výkonnost} \quad \text{[m}^3 \times \text{h}^{-1}]$$

$$t_{SM} = \text{čas směny} \quad \text{[h} \times \text{směna}^{-1}]$$

Vztah pro výpočet týdenní výkonnosti:

$$Q_{tyd} = Q_{SM} \times 5 [m^3 \times týden^{-1}] \quad (5)$$

$$Q_{tyd} = \text{týdenní výkonnost} \quad [m^3 \times týden^{-1}]$$

$$Q_{SM} = \text{směnová (denní) výkonnost} \quad [m^3 \times směna^{-1}]$$

5 = počet pracovních dnů v týdnu

3.4 Výpočet skutečných výkonností

Při měření je možné provádět pouze výpočet jednotkové výkonnosti (neboli okamžité). Jedná se tedy o výkonnost vztahenou na jeden strom.

Vztah pro výpočet skutečné jednotkové výkonnosti:

$$Q_{skut_{jed}} = \frac{V}{t} [m^3 \times s^{-1}] \quad (6)$$

$$Q_{skut_{jed}} = \text{výkonnost skutečná jednotková} \quad [m^3 \times s^{-1}]$$

$$V = \text{objem stromu} \quad [m^3]$$

$$t = \text{doba zpracování jednoho stromu} \quad [s^{-1}]$$

Vztah pro výpočet objemu stromu:

$$V = S \times l [m^3] \quad (7)$$

$$V = \text{objem stromu} \quad [m^3]$$

$$S = \text{středová plocha stromu} \quad [m^2]$$

$$l = \text{délka stromu} \quad [m]$$

Vztah pro výpočet středové plochy stromu:

$$S = \pi \times r^2 [m^2] \quad (8)$$

$$S = \text{středová plocha stromu} \quad [m^2]$$

π = konstanta

r = středový poloměr stromu [m]

Po změření fyzikálních veličin a spočítání objemu zpracovaného stromu byla vypočtena skutečná jednotková výkonnost, ze které pak bylo možné vypočítat jednotlivé skutečné výkonnosti a to hodinovou, směnovou (denní), týdenní a roční.

Vztah pro výpočet skutečné hodinové výkonnosti:

$$Q_{skut_{hod}} = 3600 \times Q_{skut_{jed}} [m^3 \times h^{-1}] \quad (9)$$

$Q_{skut_{hod}}$ = skutečná hodinová výkonnost [m³ × h⁻¹]

3600 = přepočítání sekunda / hodina

$Q_{skut_{jed}}$ = výkonnost skutečná jednotková [m³ × s⁻¹]

Vztah pro výpočet skutečné směnové (denní) výkonnosti:

$$Q_{skut_{SM}} = Q_{skut_{hod}} \times t_{SM} [m^3 \times směna^{-1}] \quad (10)$$

Q_{SM} = směnová (denní) výkonnost [m³ × směna⁻¹]

$Q_{skut_{hod}}$ = skutečná hodinová výkonnost [m³ × h⁻¹]

t_{SM} = čas směny [h × směna⁻¹]

Vztah pro výpočet skutečné týdenní výkonnosti:

$$Q_{skut_{tyd}} = Q_{skut_{SM}} \times 5 [m^3 \times týden^{-1}] \quad (11)$$

$Q_{skut_{tyd}}$ = skutečná týdenní výkonnost [m³ × týden⁻¹]

$Q_{skut_{SM}}$ = směnová (denní) výkonnost [m³ × směna⁻¹]

5 = počet pracovních dnů v týdnu

Vztah pro výpočet skutečné roční výkonnosti:

$$Q_{skut_{rok}} = Q_{skut_{SM}} \times D_{prac} [m^3 \times rok^{-1}] \quad (12)$$

$Q_{skut_{rok}}$ = skutečná roční výkonnost $[m^3 \times rok^{-1}]$

$Q_{skut_{SM}}$ = směnová (denní) výkonnost $[m^3 \times směna^{-1}]$

D_{prac} = pracovní dny $[dny]$

(Fotografický záznam měření uveden v kapitole 10 v příloze A)

4. Výsledky

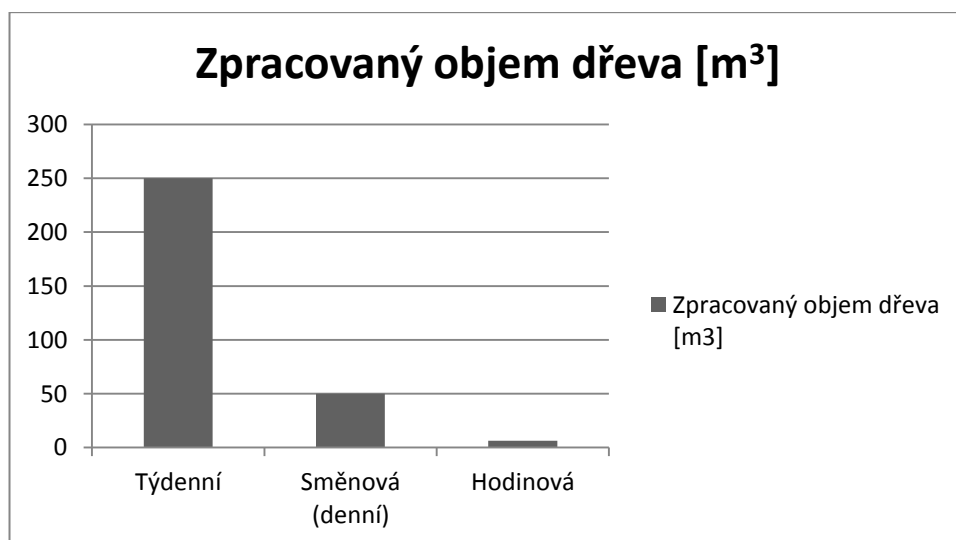
Z výše uvedených vztahů (2) a (3), při zaokrouhlení na celé dny vyplývá, že rok má 248 pracovních dnů. Směnová, resp. denní výkonnost byla vypočítána za předpokladu, že operátoři harvestorů mají běžnou pracovní směnu, tedy 8 hodin denně.

Hodnoty jednotlivých teoretických výkonností jsou uvedené v tabulkách 6, 7 a 8, které byly vypočteny ze vztahů (4) a (5) a v grafech, viz obrázky 19, 20 a 21.

Pro skupinu malých harvestorů:

Tabulka 6 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro malé harvestory

Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m ³]
Roční	12400
Týdenní	250
Směnová (denní)	50
Hodinová	6,25



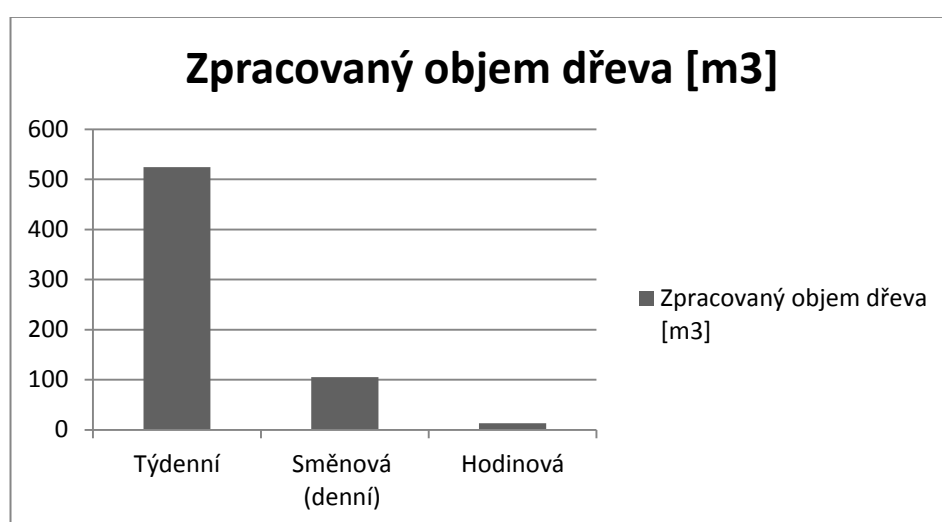
Obrázek 19 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 6

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

Pro skupinu středních harvestorů:

Tabulka 7 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro střední harvestory

Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m³]
Roční	26000
Týdenní	524,19
Směnová (denní)	104,83
Hodinová	13,10



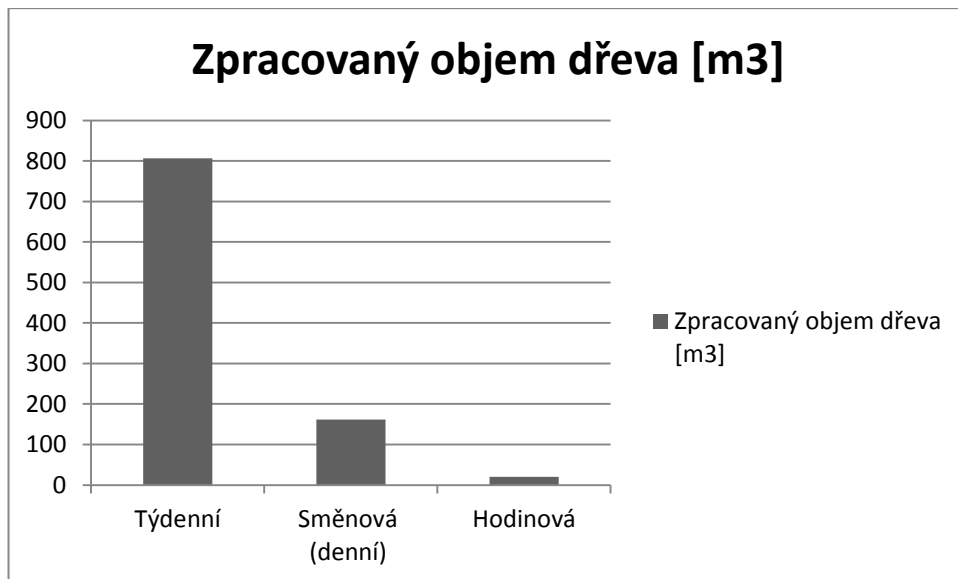
Obrázek 20 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 7

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

Pro skupinu velkých harvestorů:

Tabulka 8 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro velké harvestory

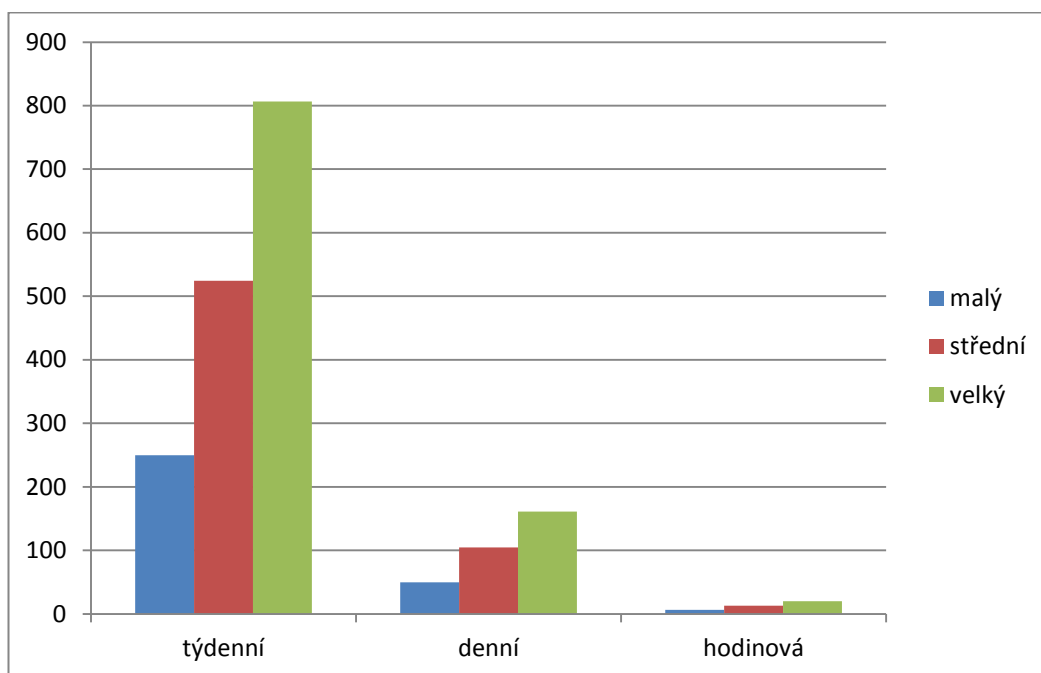
Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m³]
Roční	40000
Týdenní	806,45
Směnová (denní)	161,29
Hodinová	20,16



Obrázek 21 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 8

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

Graf teoretických výkonností viz obrázek 22.



Obrázek 22 - Grafické porovnání jednotlivých teoretických výkonností

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

4.1 Výsledky z prováděných měření

Na základě prováděných měření, pozorování a výpočtů ze vztahů (6), (7) a (8) byly zjištěny následující hodnoty, které jsou uvedeny v tabulkách 9, 10, 11, 12, 13.

Tabulka 9 Naměřené hodnoty pro harvestor 1

Strom	Přípravné časy [s ⁻¹]	Časy sortimentování [s ⁻¹]	Čas celkem [s ⁻¹]	l [m]	S [m ²]	Q_{skut jed} [m ³ × s ⁻¹]
1	78,46	2,44	80,90	10	0,00502	0,000620
2	40,04	2,88	42,92	9	0,00384	0,000805
3	45,83	1,87	47,70	8	0,00384	0,000644
4	64,97	2,00	66,97	8	0,00502	0,000599
5	43,75	2,29	46,04	8	0,00502	0,000872

Tabulka 10 Naměřené hodnoty pro harvestor 2

Strom	Přípravné časy [s ⁻¹]	Časy sortimentování [s ⁻¹]	Čas celkem [s ⁻¹]	l [m]	S [m ²]	Q_{skut jed} [m ³ × s ⁻¹]
1	68,14	1,81	69,95	8	0,00502	0,000574
2	36,15	2,10	38,25	8	0,00636	0,001330
3	32,58	3,38	35,96	8	0,00636	0,001414
4	76,33	2,40	78,73	8	0,00502	0,000510
5	25,26	2,23	27,49	7	0,00384	0,000977

Tabulka 11 Naměřené hodnoty pro harvestor 3

Strom	Přípravné časy [s ⁻¹]	Časy sortimentování [s ⁻¹]	Čas celkem [s ⁻¹]	l [m]	S [m ²]	Q_{skut jed} [m ³ × s ⁻¹]
1	160,66	19,45	180,11	8	0,00502	0,000222
2	138,12	14,09	152,21	10	0,00785	0,000515
3	395,59	23,12	418,71	12	0,02010	0,000576

4	247,38	11,94	259,32	12	0,01130	0,000522
5	184,71	19,55	204,26	8	0,00384	0,000150

Tabulka 12 Naměřené hodnoty pro harvestor 4

Strom	Přípravné časy [s⁻¹]	Časy sortimentování [s⁻¹]	Čas celkem [s⁻¹]	l [m]	S [m²]	Q_{skut jed} [m³ × s⁻¹]
1	39,01	7,17	46,18	14	0,01767	0,005356
2	57,45	9,07	66,52	18	0,03141	0,008499
3	40,98	4,39	45,37	10	0,00785	0,001730
4	32,07	6,24	38,31	16	0,02010	0,008394
5	32,53	4,79	37,32	8	0,00384	0,000823

Tabulka 13 Naměřené hodnoty pro harvestor 5

Strom	Přípravné časy [s⁻¹]	Časy sortimentování [s⁻¹]	Čas celkem [s⁻¹]	l [m]	S [m²]	Q_{skut jed} [m³ × s⁻¹]
1	51,51	4,96	56,47	20	0,04523	0,016019
2	41,04	2,24	43,28	16	0,02010	0,007430
3	33,25	3,94	37,19	18	0,02544	0,012312
4	24,87	4,65	29,52	20	0,02544	0,017235
5	42,79	4,21	47,00	18	0,03141	0,012029

V tabulce 14 uvádím přehled skutečných jednotkových výkonností pro jednotlivé harvestory, které byly vypočteny ze vztahu, uvedeném v metodice.

Tabulka 14 Průměrné hodnoty skutečných jednotkových výkonností

Harvestor	Q_{skut jed} [m³ × s⁻¹]
Malý	0,000688
Střední	0,004960

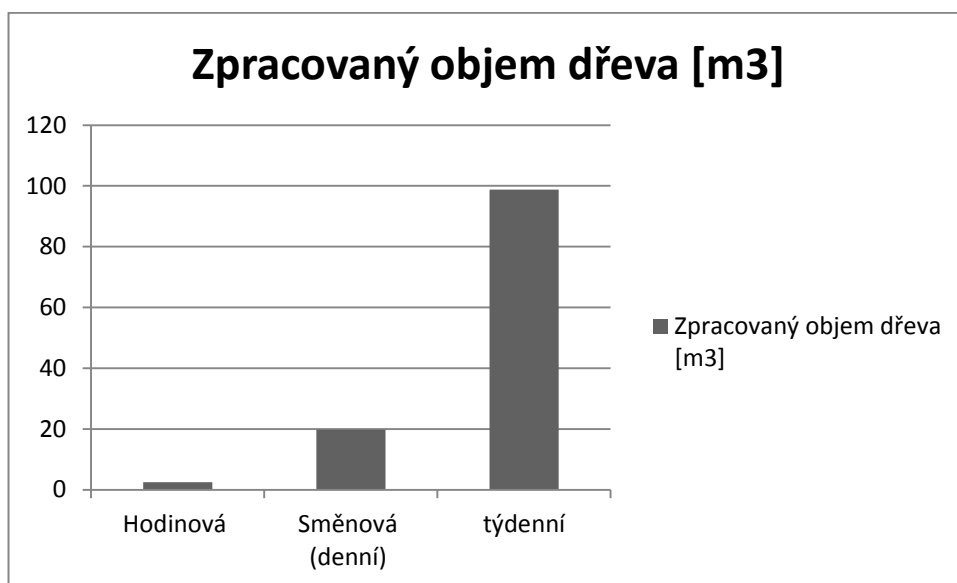
Velký	0,013005
-------	----------

Ze vztahů (9), (10), (11), (12) jsou získány hodnoty jednotlivých skutečných výkonností pro jednotlivé harvestory, které jsou uvedené v tabulkách 15,16 a 17.

Pro skupinu malých harvestorů:

Tabulka 15 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro malé harvestory

Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m ³]
Hodinová	2,47
Směnová (denní)	19,76
týdenní	98,80
Roční	4900,48



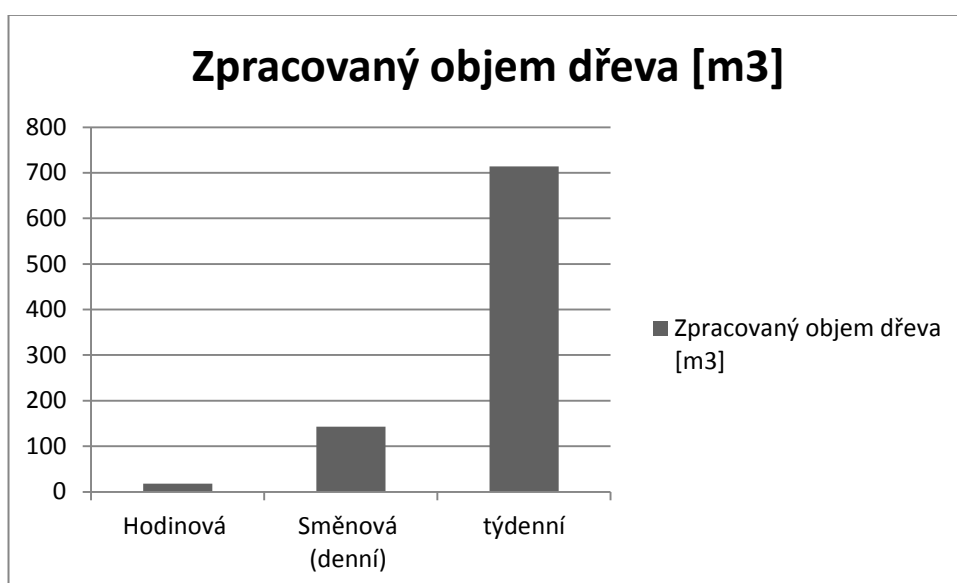
Obrázek 23 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 15

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

Pro střední harvestory:

Tabulka 16 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro střední harvestory

Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m ³]
Hodinová	17,85
Směnová (denní)	142,80
týdenní	714,00
Roční	35414,40



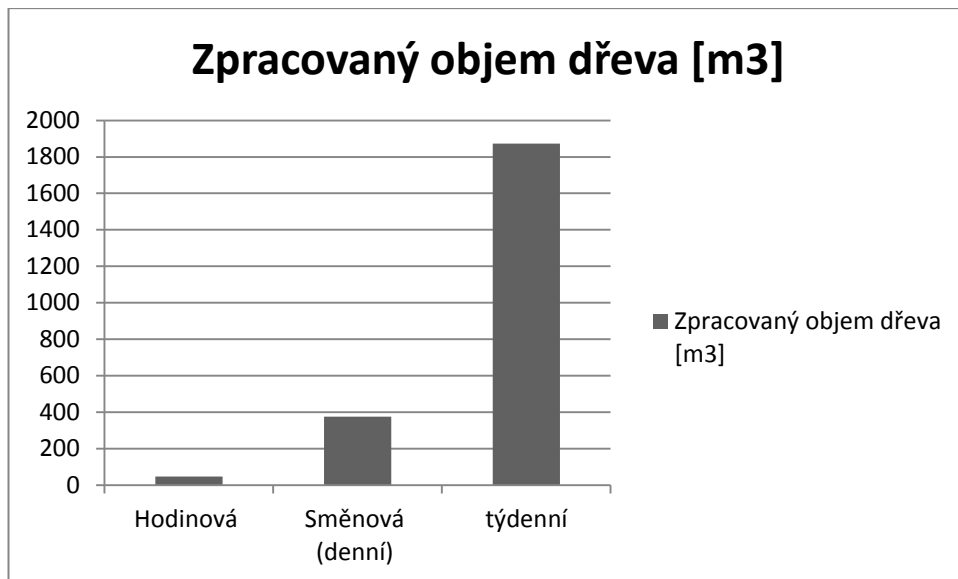
Obrázek 24 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 16

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

Pro skupinu velkých harvesterů:

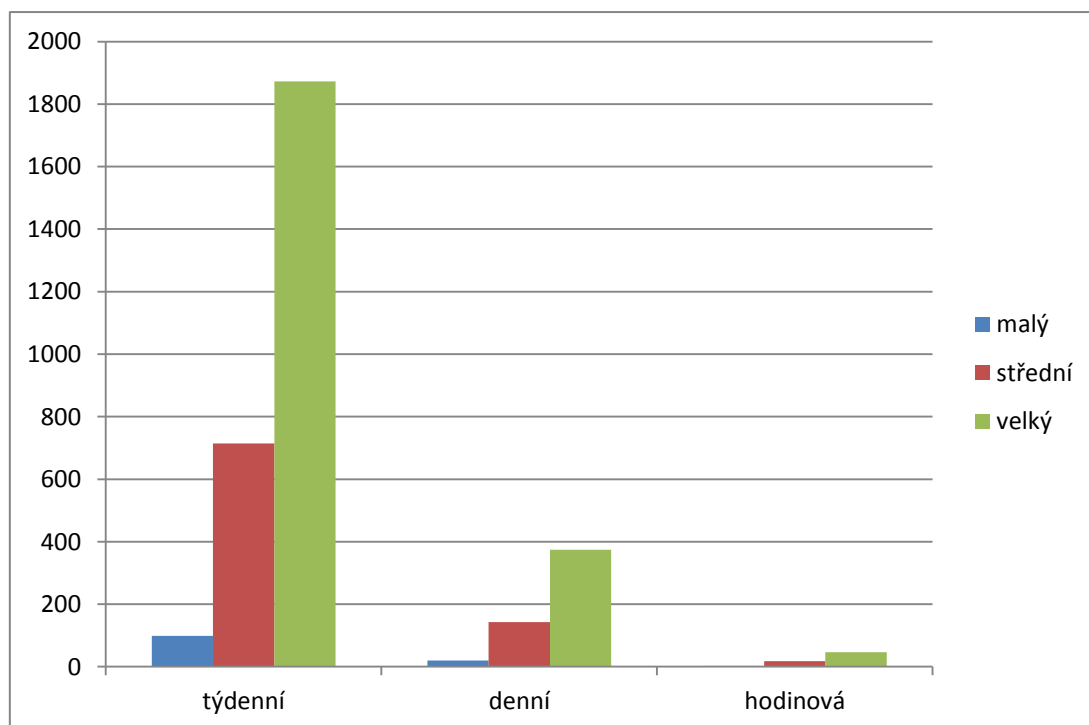
Tabulka 17 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro velké harvestory

Druh výkonnosti:	Zpracovaný objem dřeva [m ³]
Hodinová	46,81
Směnová (denní)	374,48
týdenní	1872,40
Roční	92871,04



Obrázek 25 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 17

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

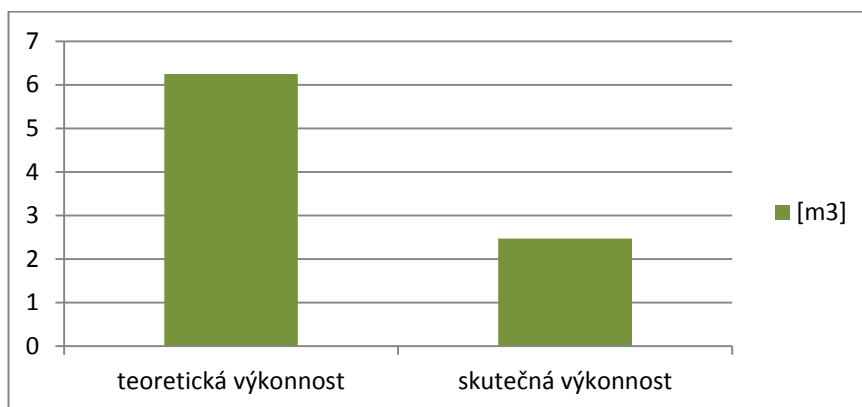


Obrázek 26 - Grafické porovnání skutečných výkonností

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť má velký rozsah a ostatní výkonnosti by v grafu neměly správnou vizuální výpověď.

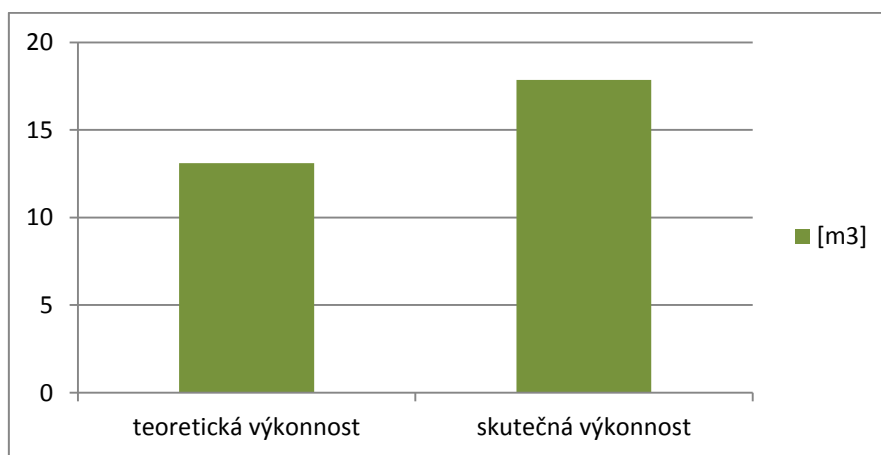
Z hlediska těžby považuji jako nejdůležitější hodinovou výkonnost, neboť podle ní lze nejnázorněji porovnat kolik hodin bude harvester potřebovat na vytěžení daného objemu dřeva. Porovnání hodinových výkonností uvádím v následujících grafech, viz obrázky 27, 28, 29.

Hodinové výkonnosti pro malé harvestory:



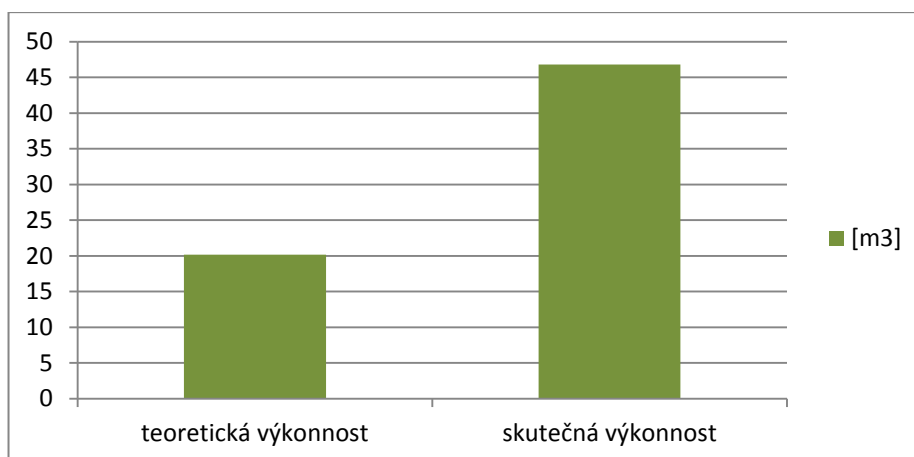
Obrázek 27 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro malé harvestory

Hodinové výkonnosti pro střední harvestory:



Obrázek 28 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro střední harvestory

Hodinové výkonnosti pro velké harvestory:

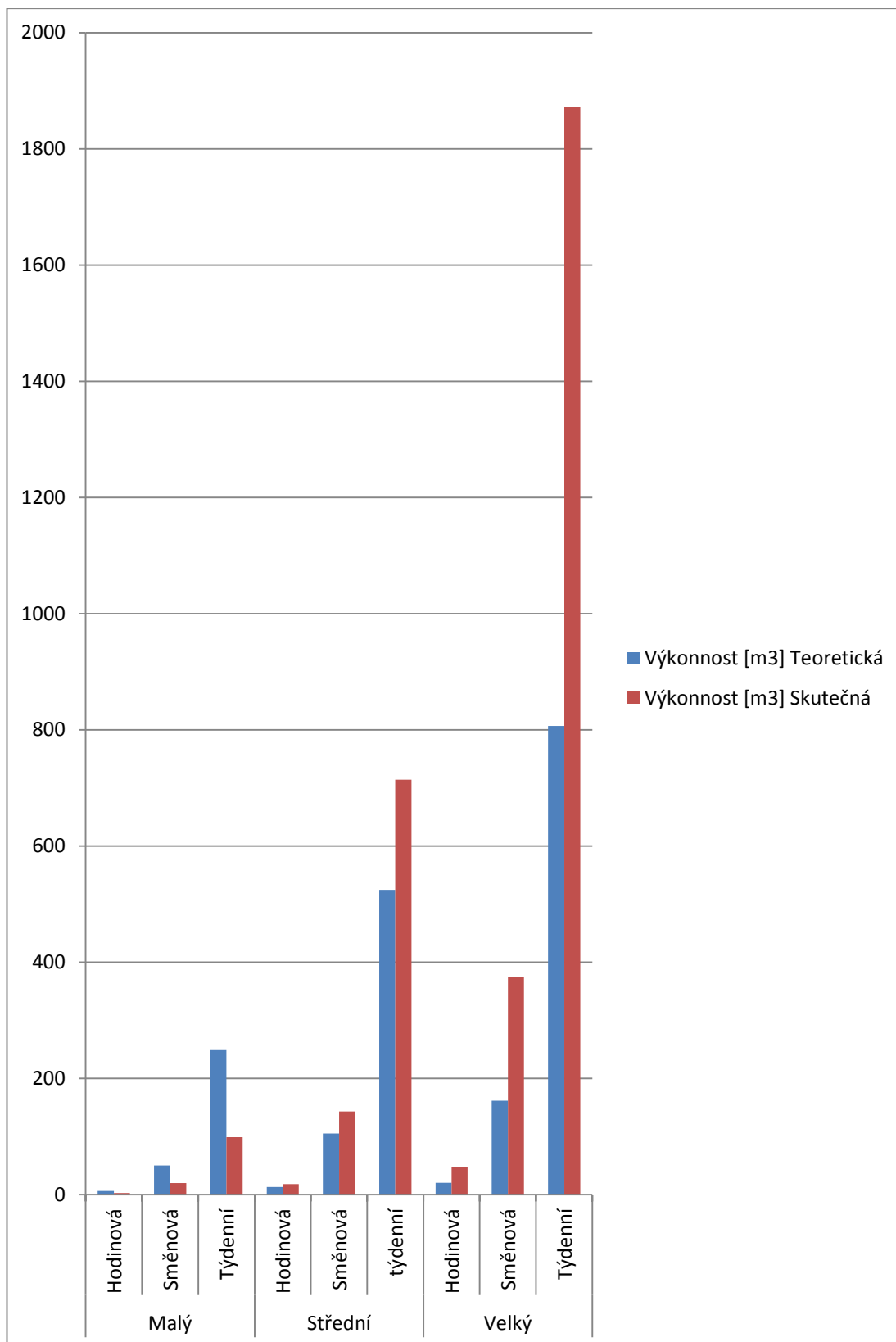


Obrázek 29 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro velké harvestory

V tabulce 18 uvádím celkový přehled teoretických a skutečných výkonností pro malé, střední i velké harvestory. Grafické porovnání hodnot z tabulky 18, viz obrázek 30.

Tabulka 18 Souhrn skutečných a teoretických výkonností

Harvestor	Výkonnost [m ³]		
	Druh výkonnosti	Teoretická	Skutečná
Malý	Hodinová	6,25	2,47
	Směnová	50	19,76
	Týdenní	250	98,80
Střední	Hodinová	13,10	17,85
	Směnová	104,83	142,80
	týdenní	524,19	714,00
Velký	Hodinová	20,16	46,81
	Směnová	161,45	374,48
	Týdenní	806,45	1872,40



Obrázek 30 - Souhrnný graf skutečných a teoretických výkonností

Z důvodu přehlednosti neuvádím v grafu roční výkonnost, neboť nemá pro řešenou problematiku důležitost.

4.2 Faktory ovlivňující výkonnost

Je mnoho faktorů a okolností, které přímo či nepřímo ovlivňují výkonnost při těžbě lesních dřevin. Za nejvýznamnější faktory lze považovat zkušenost a proškolení obsluhy, druh prováděné těžby, roční období a počasí, složitost a členitost terénu, ve kterém harvester pracuje, druh těžené dřeviny, výkon a dispoziční kroutící moment motoru harvestoru, ostrost hoblovacího řetězu a celkový stav stoje z hlediska opotřebení, zejména hydraulických částí. Proto na základě provedeného studia literatury, provedených měření, výpočtů a pozorování stanovují následující opravné koeficienty, které mohou být využity při výpočtech skutečné výkonnosti, resp. upraví teoretickou výkonnost na skutečnou. Vzhledem ke skutečnosti, že působení faktorů je velmi rozmanité, nelze stanovit pouze jedinou hodnotu opravných koeficientů, ale musí být stanoveno rozmezí hodnot. Zároveň je vždy nutné, aby subjekt, který výpočet výkonnosti provádí, byl obeznámen se skutečným prostředím, v němž těžební zásahy probíhají, aby hodnoty opravných koeficientů zpřesnil. K tomu je nejvýhodnější rekognoskace terénu, seznámení se s porostem a také se strojem. Pokud se z nějakých příčin nemůže seznámit se skutečným prostředím, je vhodné stanovit střední hodnotu z rozmezí, která je u každého opravného faktoru.

4.2.1 Zkušenost a proškolení obsluhy

Jako první udávám právě tento faktor, neboť jej řadím mezi nedůležitější. Tento faktor může mít jeden z největších dopadů na výkonnost a to tím, že každý operátor má trochu jiný styl, kterým harvester ovládá. Správné najetí v lince, které zaručí bezpečný úchop stromu při probírkách je samozřejmostí spíše u zkušenějších operátorů. Méně zkušená obsluha harvestoru musí často popojíždět tak, aby byla zaručena ideální pozice harvestoru vůči kácenému stromu, což má za následek snížení celkové výkonnosti, zvýšení poškození podloží a zvýšené riziko poškození ostatních stromů, které nejsou určeny k vytěžení. Při probírkových těžbách se jako nejvhodnější jeví odvětňování stromu po celé délce, při kterém oddělené větve od kmenu odpadávaly do linky a tvořily tak jakousi ochrannou vrstvu pro podloží. Poté následovalo krácení kmenu na požadované sortimenty a ukládání do hrání.

Pro zkušenost a proškolení obsluhy stanovují opravný koeficient k_o : 0,90 až 1,08

4.2.2 Druh prováděné těžby

Lesy už od nepaměti patří do krajiny, jsou významnou a neopominutelnou hospodářskou a rekreační plochou. Z hlediska hospodářského i rekreačního je nezbytné je udržovat tak, aby byly bezpečné a hospodářsky významné. Proto je někdy potřebné a také nezbytné provádět plánovanou i operativní těžbu. Těžbu lze provádět dvěma základními typy a to ruční s pomocí motorové řetězové pily a strojní, kterou provádíme pomocí víceoperačních kácecích strojů tedy harvesterů. Rozlišujeme tři základní druhy těžeb a to mýtní, probírkovou a nahodilou. Každá z těchto těžeb má svá specifika. Mýtní těžba spočívá v tom, že veškerý porost (stromy) je vytěžen. Probírková těžba spočívá v tom, že lesní hospodář označí stromy, které mají být vytěženy tak, aby umožnily růst ostatním. Nahodilá těžba spočívá v tom, že se těží stromy poškozené (například větrem) nebo napadené (například kůrovcem, hnilobou). Výkonnost je nejnižší při nahodilé těžbě a nejvyšší při mýtní těžbě. Opravné koeficienty viz tabulka 19.

Tabulka 19 opravné koeficienty pro druh těžby

Druh těžby	Opravný koeficient k_{DT}
Mýtní	1,20 až 4,00
Probírková	0,80 až 1,60
Nahodilá	0,50 až 0,80

4.2.3 Roční období a počasí

Roční období a počasí mají, stejně tak jako u každých pracovních činnostech, které jsou vykonávány ve vnějším prostředí, svůj podíl na výkonnosti.

Roční období:

Při zohledňování ročního období lze předpokládat, že výkonnost bude klesat při vysokých teplotách (léto) a naopak při nízkých teplotách (zima). Při vysokých letních teplotách se musí nejvíce počítat s tím, že může docházet k přehřívání motoru a hydraulického vybavení harvestoru, což může mít za následek snížení výkonnosti nutnými přestávkami, resp. častějšími kontrolami stroje. Dále vysoké teploty nepůsobí jen na harvester, ale také na obsluhu, které se zvyšující se teplotou klesá pozornost a zvyšuje se potřeba většího času na občerstvení a odpočinek. Pro udržení

pozornosti obsluhy jsou již běžně harvestory vybaveny klimatizací, částečně to řeší i problém s přijímáním tekutin obsluhy, ale zvýšená potřeba tekutin převládá, neboť klimatizovaný vzduch je velmi suchý. Při nízkých zimních teplotách je potřeba předpokládat možné problémy zamrznutí motorové nafty nebo určité omezení dodávky potřebného objemu hydraulického oleje, což by mělo za následek snížení výkonnosti téměř na nulové hodnoty. Dále s delším časem potřebným pro zahřátí motoru a hydraulického vybavení na provozní teploty, při kterých má harvester optimální výkonnost. Opravný koeficient nelze volit na zamrznutí provozních kapalin, protože se spíše jedná o havarijní stav.

Pro roční období stanovují opravný koeficient k_{RO} : 0,95 až 1,00

Počasí:

Vliv počasí na výkonnost strojů, které se pohybují v terénu, je zcela běžný. Jelikož se jedná o velmi proměnlivý faktor, není možné určit, nebo stanovit opravné koeficienty se 100% přesností. Do počasí, jako nejvíce omezující, lze zařadit především srážky, zejména sníh. Harvestory jsou konstrukčně vybaveny pro pohyb v náročných terénních podmínkách, pakliže dojde vlivem srážek k rozmočení podloží, po kterém se harvester pohybuje, sníží se adhezní schopnosti a začne docházet k prokluzu kol, což sníží rychlost jízdy přejezdů, operačních pohybů stroje a zvýší manipulační časy. To má za následek prodloužení času na přejezd ke kácenému stromu a tím se snižuje celková výkonnost.

Pro počasí stanovují opravný koeficient k_{PO} : 0,95 až 1,00

4.2.4 Složitost a členitost terénu, ve kterém harvester pracuje

Vliv složitosti a členitosti terénu, ve kterém má harvester vykonávat svou práci má na jeho výkonnost velký vliv. Do této části spadá více parametrů, které je nutné zohlednit a těmi jsou svažítost plochy na kterém harvester pracuje (převládající úhel sklonu terénu), podloží po kterém se harvester pohybuje (hrabanka, skála, jíl apod.), výška pařezů po minulé těžbě, zbytky po vývratech stromů a hustota současného porostu. Je poměrně běžné, že harvester nemá vždy ideální podmínky pro svou práci a většinou záleží na zkušenostech obsluhy a na svažité dostupnosti stroje zdali bude schopen v daném terénu těžít. Na svazích s velkým úhlem sklonu často dochází k prokluzu kol a tím k prodloužení času přejezdu, což nejen snižuje

celkovou výkonnost, ale také zvyšuje spotřebu paliva a zároveň dochází k poškozování podloží, což není žádoucí z hlediska ochrany lesa a také ekologického hlediska. Na obrázku 7 je dobře viditelné poškozování podloží prokluzem kol.



Obrázek 31 - Harvester na svažitém terénu - poškozování podloží

Výška pařezů, které vznikly po předešlé těžbě také harvestoru snižuje celkovou výkonnost. Nízké pařezy harvester překoná bez větších problémů. Vysoké pařezy představují pro harvester riziko uvíznutí nebo poškození podvozkové části a je tedy nutné je objet, což má za následek prodloužení času přejezdu a tím snížení výkonnosti. Hustota porostu také přímo ovlivňuje čas při přejezdu, ale také čas těžení. Při těžbě v hustém porostu dochází často k problémům s uchopením jednotlivých stromů, ale také k častému zakleštění káceného stromu v okolních stromech.

Pro složitost a členitost terénu stanovují opravný koeficient k_T : 0,60 až 1,00

4.2.5 Druh těžené dřeviny

Druh těžené dřeviny také přímo ovlivňuje celkovou výkonnost harvestoru. Harvester je primárně určený pro těžení smrku a borovice skandinávského typu, ale dokáže však těžít a zpracovávat i jiné dřeviny jako jsou buk, modřín jedle a v ojedinělých případech i ostatní dřeviny. Každá z těchto dřevin je rozdílná. Většinou se od sebe nejvíce liší svou tvrdostí. Tvrdost dřeva přímo ovlivňuje čas potřebný na

její přeřezání. K časové ztrátě také dochází při odvětvození. Každá dřevina má charakteristicky rostlé větve. V některých případech je nutné, aby operátor několikrát opakoval cyklus odvětvození. Nejčastěji k tomu dochází u silných větví a také u větví, které vyrůstají z kmene v nevhodném postavení, tedy například když s kmenem svírají příliš tupý, nebo naopak ostrý úhel.

Tabulka 20 Opravné koeficienty pro dřeviny

Druh dřeviny	Opravný koeficient k_a
Smrk	0,9 až 1,1
Borovice	1,0
Buk	0,5 až 0,8
Modřín	0,9
Bříza	0,7 až 0,9

Při výpočtech s opravnými koeficienty z tabulky 20 je potřeba dbát na to, že upravují jen čas potřebný na přeřezání dané dřeviny, ale nikoliv čas celého cyklu.

4.2.6 Výkon a kroutící moment motoru harvestoru

Harvestor využívá pro svůj pohyb hydrostatický motor, kterému dodává energii pro provoz nejčastěji běžný spalovací naftový motor prostřednictvím hydrogenerátoru. Právě výkon spalovacího motoru předurčuje rozdělení harvestorů do jednotlivých skupin (malé, střední a velké). Podle jednotlivých skupin lze předpokládat nasazení harvestoru. Malé harvestory dokáží ročně zpracovat okolo 12 400 m³, střední harvestory mají roční výkonnost okolo 26 000 m³ a velké i více než 40 000 m³ dřevní hmoty za rok. Výkon a kroutící moment spalovacího motoru předurčují velikost a výkon hydrostatického motoru. Jelikož je výkon definovaný jako práce za časovou jednotku dá se tedy říci, že množství zpracovaného dřeva harvestorem bude přímo úměrné jeho výkonu.

Z hlediska výkonnosti se výkon a kroutící moment bude podílet na celkovém množství pracovaného dřeva, ale je potřeba počítat s tím že čím výkonnější harvestor bude v porostu nasazen, tím bude mít větší spotřebu pohonných hmot. Proto je

potřeba volit kompromis mezi výkonem a spotřebou paliva tak, aby těžba dřeva byla co nejehospodárnější.

Pro výkon a kroutící moment motoru harvestoru stanovují opravný koeficient k_v : 0,90 až 0,95

4.2.7 Ostrost hoblovacího řetězu

Ostrost hoblovacího řetězu řadím mezi nejdůležitější faktory, které negativně ovlivňují výkonnost. Harvestor je víceúčelový pracovní stroj, který v jednom cyklu strom krátí, odvětvuje a ukládá. Ostrost hoblovacího řetězu ovlivňuje čas potřebný pro kácení a krácení. Při řezání s tupým řetězem se tento čas bude prodlužovat a tím i čas celého pracovního cyklu. Při zpracovávání dřeva se často stává, že bývá někde v jeho struktuře vrostlý kamínek, nebo je spodní část stromu v místě řezu obalena křemičitými složkami vlivem deště. Pokud dojde ke kontaktu mezi břitem hoblovacího řetězu a kamínkem dojde k jeho rychlému otupení, pokud je řetěz provozován v povrchově znečištěném dříví, dojde k pomalému otupení. Při výpočtech s opravnými koeficienty z tabulky 21 je potřeba dbát na to, že upravují pouze čas potřebný na přeřezání dané dřeviny, ale ne čas celého cyklu.

Tabulka 21 Koeficient otupení břitu řetězu

Trvání práce v hodinách	Opravný koeficient k_n
0	1
1	0,8
2	0,7
3	0,6
4	0,5
5	0,4

4.2.8 Celkový stav stroje z hlediska opotřebení

Množství zpracovaného dřeva je také závislé na technickém stavu stroje. U nových harvestorů, nebo i jiných strojů, lze očekávat přesný a bezporuchový stav a také méně častou údržbu a servis. Naopak tomu může být u starých nebo málo udržovaných a také u opotřebovaných strojů. U starých nebo opotřebovaných strojů

se dají častěji očekávat různé poruchy. Příkladem udávám úniky provozních kapalin, nepřesnosti při měření délek sortimentů, únik tlaku v pneumatikách způsobený časovou degradací pryže, ze které je pneumatika vyrobená, malý výkon hydraulických zařízení a mnoho dalších. Každá porucha stroje se velmi významně podílí na celkové výkonnosti, neboť při poruše je celková výkonnost rovna nule, protože stroj nemůže těžít. V závislosti na stáří, značce a četnosti stroje jsou k dispozici náhradní díly a servis. U starých nebo málo používaných strojů se mnohdy musí náhradní díly vyrábět na zakázku, což velice prodlužuje dobu opravy, takže jsou někdy provozovány stroje i s opotřebenou součástí. Každý lesnický stroj má počítadlo motohodin, které udává množství odpracovaných hodin při plném výkonu. Se stoupajícím číslem motohodin se dá předpokládat i zvýšený počet oprav.

Pro celkový stav stroje z hlediska opotřebení stanovují opravný koeficient k_S : 0,50 až 1,00.

V následující tabulce 22 uvádím přehled všech opravných koeficientů.

Tabulka 22 Seznam opravných koeficientů

Název koeficientu	Zkratka koeficientu	Opravná hodnota
Zkušenost a proškolení obsluhy	k_O	0,90 až 1,08
Druh prováděné těžby	k_{DT}	0,5 až 4,00
Roční období	k_{RO}	0,95 až 1,00
Počasí	k_{PO}	0,95 až 1,00
Složitost a členitost terénu	k_T	0,60 až 1,00
Druh těžené dřeviny	k_d	0,50 až 1,10
Výkon a kroutící moment	k_V	0,90 až 0,95
Ostrost hoblovacího řetězu	k_n	0,40 až 1,00
Opotřebení harvestoru	k_S	0,50 až 1,00

Celkový opravný koeficient se získá, jako součin všech opravných koeficientů viz vztah (13).

$$k_c = k_O \times k_{DT} \times k_{RO} \times k_{PO} \times k_T \times k_d \times k_V \times k_n \times k_S \quad (13)$$

Hodnoty a názvy jednotlivých koeficientů jsou uvedeny v tabulce 22. Při volbě těchto koeficientů je nutné mít dobré znalosti o daném stroji a také o místech, ve kterých má být harvester nasazen a především jaký druh těžby bude vykonávat.

Na základě provedených měření, pozorování harvesterů, studia navrhuji vztah pro výpočet skutečné výkonnosti harvesterů v následující podobě:

$$Q_{Skut} = 3600 \times \frac{V \times k_c}{t} [m^3 \times h^{-1}] \quad (14)$$

Q_{skut} = skutečná výkonnost harvesteru $[m^3 \times h^{-1}]$

V = zpracovaný objem dřeva $[m^3]$

3600 = přepočítání sekunda / hodina

t = čas $[s^{-1}]$

k_c = celkový opravný koeficient

5. Diskuze

Web <http://aranya.gov.in> udává, že podle Oxfordského slovníku je les definován jako velká oblast, která je pokryta hlavně stromy a podrosty. Oproti tomu web <https://cs.wikipedia.org> udává, že les je velmi složitý ekosystém, který je tvořen mnoho složkami, mezi nejdůležitější pak řadíme složku rostlinnou a živočišnou. HRABÁK, PORUBA (2015) ve své publikaci udávají, že les je biocenóza, ve které dochází k největší směně energie na pevninách země, a má proto veliký význam pro zachování biodiverzity a tím i existence člověka.

Avšak já les vidím jako nesmírně složitou a komplikovanou část přírody, ve které se nachází nepřehledné množství živočichů, rostlin, bakterií, plísňů a hub, které jsou potřebné pro život veškeré živé sféry na zemi, ale také jako součást přírody ve které nacházejí lidé zaměstnání, například dřevorubci, operátoři harvesterů a vyvážedčů a také zábavu, například houbaření, turistiku a myslivost.

Pro udržitelnost takto složité části přírody bývá nezbytně nutný případný zásah člověka. Jelikož dřevo, jako hlavní surovina, kterou nám les poskytuje, je velice důležitá pro obchod, jak vnitrozemský tak zahraniční, je nutné o lesní porosty komplexně a kontinuálně pečovat. Tyto zásahy se nazývají lesním hospodařením.

Web www.lesy.cz udává, že hospodaření s lesním porostem má v České republice dlouholetou tradici, která sahá až do 14. století. V dnešní době nařizuje lesní zákon povinnost vypracovávat lesní hospodářský plán, ve kterém je především popsána maximální možná těžba, aby nedocházelo neregulovanou těžbou k pustošení lesů.

HRABÁK, PORUBA (2015) udávají, že jedním z nejdůležitějších faktorů výroby v lesním hospodářství v posledních desetiletích byla náhrada lidské pracovní síly. Je nejen drahá, avšak hlavně nepostačuje současným požadavkům ani svou kapacitou, ani svým výkonem. Hlavní cestou náhrady lidské pracovní síly je mechanizace všech prací.

LIEBL (2015) udává, že je mnoho druhů těžby dřeva, při které se využívá různě méně či více složitá mechanizace. Volba mechanizace se provádí dle

plánovaného množství zpracovávaného dřeva, charakteru porostu a terénních podmínek. V praxi jsou používány sekery, motorové pily, traktory s lesnickou nástavbou, vyvážecí soupravy, harvestory a mnoho další mechanizace. Dále mechanizaci lze volit dle složitosti, členitosti a druhu terénu.

Každý z mechanizovaných strojů má své klady i zápory a svou výkonnost. Právě výkonnost je v současné době často řešená otázka, proto jsem se ve své diplomové práci zaměřil na ověření výkonnosti harvesterů, což je moderní technika, která se využívá k těžbě dřeva.

ULRICH et al. (2006) udávají ve své publikaci, že roční výkonnost malých harvesterů je 12400 m³ za rok u středních harvesterů 26000 m³ za rok a u velkých harvesterů 40000 m³ za rok. Což při následném rozpočítání odpovídá výkonnosti 6,25 m³ za hodinu u malých harvesterů, 13,10 m³ za hodinu u středních harvesterů a 20,16 m³ za hodinu u velkých harvesterů. Není však napsáno zda se jedná o údaje od výrobců těchto strojů, nebo jakousi vypočtenou výkonnost nebo naměřenou. Proto jsem ji považoval za teoretickou a také s ní tak počítal.

V DP jsem prováděl pozorování a měření harvesterů od různých výrobců těchto strojů. Byly zde zástupci od všech velikostních skupin. Mnou naměřené a vypočtené hodnoty výkonnosti byly 2,47 m³ za hodinu u malých harvesterů, 17,85 m³ za hodinu u středních harvesterů a 46,81 m³ za hodinu u velkých harvesterů. Což odpovídá výkonnosti 4900,48 m³ za rok u malých harvesterů, 35414,40 m³ za rok u středních harvesterů a 92871,04 m³ za rok u velkých harvesterů.

Domnívám se, že rozdíly ve výkonnosti u malých harvesterů mohou být způsobeny tím, že jsem neměl možnost měřit mýtní těžbu, která by v průměrném hodnocení výkonnost zvedala. Avšak malé harvestory jsou primárně určeny pro probírkové těžby v mladých porostech a nikoliv pro mýtní těžbu, kde podle mého názoru více než na výkonnosti záleží na tom, aby nebyl poškozen okolní porost a podloží.

U velkých a středních harvesterů byla naměřena výkonnost vyšší, než udává ULRICH et al. (2006), což přisuzuji absenci měření probírkových a nahodilých těžeb, které jsem neměl možnost měřit, protože ve většině případů jsou tyto těžby vykonávány klasickou ruční metodou, tedy dřevorubci, neboť nahodilá těžba za

pomocí harvestorů je z ekonomického hlediska nerentabilní. Z ekologického hlediska je také nevhodná, dochází tam k velké spotřebě pohonných hmot vůči malému množství zpracovaného dřeva a také ke zbytečnému poškozování podloží, neboť hmotnost těchto strojů se pohybuje v rozmezí 13000 až 24000 kilogramů. Jako další z možností rozdílu mezi mnou naměřenými hodnotami výkonnosti a výkonnostmi, které udává ULRICH et al. (2006) může být modernizace těchto strojů, kterou v průběhu cca 10 až 11 let harvestory prodělaly.

Ke shodě dochází v poznání, že těžba za pomoci harvestorové technologie je dostatečně výkonná, při dodržení pracovní technologie je šetrná, ekologická a je na vzestupu ve všech zemích, kde jsou alespoň trochu vhodné podmínky pro práci těchto strojů. Vyhlídka do budoucnosti je taková, že většina těžby vhodných dřevin bude probíhat touto metodou, neboť cena lidské práce stále stoupá a zřejmě stále stoupat bude. Věřím, že harvestory budou stále modernizovány, zejména v oblasti ergonomie a emisí výfukových plynů a hluku. Tato technologie bude více nápomocná při zdolávání různých kalamitních stavů, například stromů napadených kůrovcem v jeho počátku a dílčích polomů po bouřích a orkánech.

6. Závěr

S přihlédnutím k současnému stavu přírody, ovzduší a stále prohlubujícímu se suchu, které má částečně za důsledek rozšiřování kůrovcové kalamity, je velice probíraným tématem správné lesní hospodářství, ke kterému neodmyslitelně patří těžba dřevin. Těžba dřeva je, byla a bude stále aktuálním tématem. V dnešní době se těžba provádí buď ručně pomocí motorové řetězové pily nebo za pomoci harvestorů. Cílem této diplomové práce bylo provedení všech potřebných měření dílčích pracovních časů harvestorů pro stanovení skutečné výkonnosti těchto strojů, aby bylo zpřesněno plánování těžebních zásahů v rozmanitém lesním porostu. Při studiu a zpracovávání literární rešerše jsem zjistil, že výrobci harvestorů neudávají žádné údaje o výkonnosti. To se zpočátku jevilo jako klamavé pro zákazníky, kteří zvažují nákup harvestoru do svého podniku. Při měření jsem pozoroval, že výkonnost má velice proměnný charakter v závislosti na různých proměnných vlivech a tím jsem zároveň přišel na to, proč výrobci neudávají žádné údaje o výkonnosti. Jsou to právě proměnné vlivy, které dokáží výkonnost ovlivnit až o 400 % a tyto vlivy nelze dostatečně věrohodně předpovídat. Na základě těchto vlivů jsem se rozhodl popsat a stanovit jednotlivé opravné koeficienty, které budou kompenzovat jednotlivé proměnné vlivy. Domnívám se tedy, že cíle této diplomové práce se podařilo splnit.

Hlavním přínosem této diplomové práce by mohlo být usnadnění práce a studia lesních podniků při nákupu těchto strojů. Jelikož harvestory jsou drahé stroje, jejichž pořizovací ceny se pohybují i v řádech desítek milionů českých korun. Koupě nedostatečně výkonného, nebo nevhodného harvestoru by pro daný podnik mohla mít fatální důsledky v podobě zbytečného zadlužení nebo krachu podniku.

Dalším přínosem by mohlo být zamyšlení výrobců harvestorů, zda by nestálo za úvahu začít udávat výkonnost, ke které by byla připojena tabulka opravných koeficientů a tím zjednodušit problémy při výběru těchto strojů.

Domnívám se, že v běžné praxi se obdobná měření provádět nebudou. Z objektivního pohledu na měření, které jsem prováděl je zjevné, že výkonnost je variabilní údaj, který je závislý na mnoha proměnných faktorech.

7. Seznam zdrojů

HRABÁK R., PORUBA M., (2015), *Les*, Aventinum s. r. o., 312 s, ISBN 978-80-7442-050-4,

KUNT L., (2012), *Nové trendy v oblasti řetězových pil*, bakalářská práce Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 86 s, Ing. Václav Vávra Ph.D.,

KYSEL M., BLAHOTA L., KOVÁČ J., (1980), *Mechanizační prostředky lesnické*, Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 280 s, DT 634.036/37.(075)

LIEBL K., (2015), *Stanovení potřebného výkonu motorové řetězové pily v závislosti na dřevině*, bakalářská práce Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 59 s, Ing. Ivo Celjak CSc.,

ULRICH R., JANATA P., MIKITA T., KLIMÁNEK M., SUCHOMEL J., (2010), *Praktické uplatnění družicových navigačních systémů k navigaci a logistice těžebně dopravních strojů*, Mendelova univerzita v Brně, ISBN 978-80-7375-413-6

ULRICH R., NERUDA J., ZEMAN V. ST., ZEMEN V. ML., ZEMÁNEK T., (2006), *Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi*, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Merimex s. r. o, 87 s ISBN 80-7375-012-0

Webové zdroje:

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Les> „staženo dne 2. 5. 2017“

<http://www.lesy.cz/pece-o-les/hospodarska-uprava-lesu/Stranky/default.aspx> „staženo dne 10. 5. 2017“

<http://www.lesy.cz/drevo/lesni-tezba/Stranky/default.aspx> „staženo dne 10. 5. 2017“

<https://www.agrojournal.cz/clanky/harvestorova-technologie-moderni-a-k-prirode-setrny-tezbe-dopravni-system-105> „staženo dne 27. 11. 2017“

<http://www.nace.cz/nace/02-lesnictvi-a-tezba-dreva/> „staženo dne 30. 11. 2017“

<http://www.matur-svoboda.estranky.cz/clanky/stroje-a-zarizeni/tezebni-stroje.html>
„staženo dne 15. 1 2018“

<http://aranya.gov.in/Static%20Pages/ForestDefinition.aspx> „staženo dne 30. 11. 2017“

<https://www.aboutcivil.org/Properties%20of%20Wood%20and%20Timber.html>
„staženo dne 30. 11. 2017“

<http://www.forestryfocus.ie/growing-forests-3/harvesting/> „staženo dne 4. 12. 2017“

https://www.swedishwood.com/about_wood/ „staženo dne 5. 12. 2017“

https://cs.wikipedia.org/wiki/B%C5%99%C3%ADza_b%C4%9Blok%C3%A1
„staženo dne 23. 1 2018“

https://www.google.cz/search?q=harvestorov%C3%A9+hlavice&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiV5sOLj5bZAhVREVAKHf_9CfYQ_AUICigB&biw=1280&bih=628#imgrc=LXPq2mhT6q1EVM: „staženo dne 8. 2. 2018“

[https://www.google.cz/search?q=harvestorov%C3%A9+hlavice&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiV5sOLj5bZAhVREVAKHf_9CfYQ_AUICigB&biw=1280&bih=628#imgrc=eptjHL4uZELC6M:\)](https://www.google.cz/search?q=harvestorov%C3%A9+hlavice&dcr=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiV5sOLj5bZAhVREVAKHf_9CfYQ_AUICigB&biw=1280&bih=628#imgrc=eptjHL4uZELC6M:) „staženo dne 8. 2. 2018“

http://work.adamna.net/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-8 „staženo dne 8. 2. 2018“

<https://en.wikipedia.org/wiki/Wood> „staženo dne 22. 2. 2018“

<https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C5%99evo> „staženo dne 26. 2. 2018“

<https://translate.google.cz/>

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Smíšený les

Obrázek 2 - Jednodruhový bukový les

Obrázek 3 - Těžba ruční pomocí motorové řetězové pily

Obrázek 4 - Těžba pomocí harvestoreové technologie (probírka)

Obrázek 5 - Těžba buků pomocí harvestorů je možná, ale složitá

Obrázek 6 - Mladý smrkový porost

Obrázek 7 - Borový porost vhodný k probírkové těžbě

Obrázek 8 - Jedlový porost vhodný k probírkové těžbě

Obrázek 9 - Vzrostlé modřiny

Obrázek 10 - Mladý bukový porost

Obrázek 11 - Bříza vytěžená a zpracovaná harvestorem

Obrázek 12 - Harvestor Vimek 404 T 5

Obrázek 13 - Harvestorová hlavice finského typu

Obrázek 14 - Harvestorová hlavice švédského typu

Obrázek 15 - Harvestor VIMEK 404 T5

Obrázek 16 - Harvestor Timberjack 770

Obrázek 17 - Harvestor Rothne H 8

Obrázek 18 - Harvestor Logset 8H TH 65

Obrázek 19 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 6

Obrázek 20 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 7

Obrázek 21 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 8

Obrázek 22 - Grafické porovnání jednotlivých teoretických výkonností

Obrázek 23 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 15

Obrázek 24 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 16

Obrázek 25 - Grafické porovnání výkonností z tabulky 17

Obrázek 26 - Grafické porovnání skutečných výkonností

Obrázek 27 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro malé harvestory

Obrázek 28 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro střední harvestory

Obrázek 29 - Grafické porovnání teoretické a skutečné výkonnosti pro velké harvestory

Obrázek 30 - Souhrnný graf skutečných a teoretických výkonností

Obrázek 31 - Harvester na svažitém terénu - poškozování podloží

9. Seznam tabulek

Tabulka 1 Tvrdost dřeva

Tabulka 2 Objemové hmotnosti vybraných dřevin

Tabulka 3 vývoj počtu harvestorů v ČR

Tabulka 4 rozdělení harvestorů dle hmotnosti a roční výkonnosti

Tabulka 5 Výkonnost harvestorů dle jednotlivých skupin

Tabulka 6 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro malé harvestory

Tabulka 7 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro střední harvestory

Tabulka 8 Jednotlivé teoretické výkonnosti pro velké harvestory

Tabulka 9 Naměřené hodnoty pro harvestor 1

Tabulka 10 Naměřené hodnoty pro harvestor 2

Tabulka 11 Naměřené hodnoty pro harvestor 3

Tabulka 12 Naměřené hodnoty pro harvestor 4

Tabulka 13 Naměřené hodnoty pro harvestor 5

Tabulka 14 Průměrné hodnoty skutečných jednotkových výkonností

Tabulka 15 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro malé harvestory

Tabulka 16 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro střední harvestory

Tabulka 17 Jednotlivé skutečné výkonnosti pro velké harvestory

Tabulka 18 Souhrn skutečných a teoretických výkonností

Tabulka 19 opravné koeficienty pro druh těžby

Tabulka 20 Opravné koeficienty pro dřeviny

Tabulka 21 Koeficient otupení břitu řetězu

Tabulka 22 Seznam opravných koeficientů

10. Přílohy

Příloha A

Vlastní foto – Bc. Karel Liebl



Foto 1 - Příjezd harvestoru na linku.



Foto 2 – Dílčí pracovní operace uchopení stromu.



Foto 3 - Harvester při kácení (řezání).



Foto 4 - Ukládání stromu.



Foto 5 - Výjezd harvestoru z linky za účelem zpracování stromu, který měl větší průměr, než je požadovaný a tudíž bude nadále zpracováván odděleně.



Foto 6 - Odvětvení a krácení na požadované sortimenty.



Foto 7 - Kontrola délek a průměrů sortimentů.