

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra pěstování lesů



**Výpočet objemových ztrát a optimalizace druhování
při výrobě dříví harvestorem ve vybraných výrobních
podmínkách**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor: Pavel Kopřivík

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D.

Praha, 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Výpočet objemových ztrát a optimalizace druhování při výrobě dříví harvestorem ve vybraných výrobních podmínkách* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Dvořáka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 14. června 2020

.....
Pavel Koprivík

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Dvořákovi, Ph.D. za věnovaný čas při poskytování odborných konzultací, cenné rady a připomínky, metodické vedení a také trpělivost. Rovněž děkuji panu Miroslavu Burianovi, majiteli harvestoru, za vstřícnost a ochotu při získávání dat v terénu.

Abstrakt

Harvestorová technologie nabývá na významu nejen v ČR, ale v celé Evropě. Podíl výroby sortimentní těžební metodou, na kterou je harvestorová technologie vázána, se pohybuje v posledních deseti letech mezi 28-38% z ročního objemu vyrobeného dříví. Hlavním důvodem využívání harvestorové technologie je především automatizovaná výroba, která zvyšuje výkonnost práce a přináší úsporu pracovních sil. Harvestorová technologie přináší i další výhody ve výrobě, mezi které patří optimalizovaná výroba na podkladě zadaných cenových matic a evidence dříví ve výrobně-evidenčních softwarech. Tyto přidané hodnoty harvestorů nejsou dosud v provozu plně využívány. Důvodem je neznalost práce s těmito systémy nebo nedůvěra k nim ze strany technicko-hospodářských pracovníků. Cílem práce je výpočet faktických objemových ztrát a návrh optimálního druhování dříví při výrobě dříví harvestory. Měření byla prováděna v nahodilých těžbách zpracovávaných harvestorem Neuson Ecotec 9002 HV na Lesní správě Český Šternberk. Faktické ztráty byly sledovány v rozdílech objemů mezi manuálním a elektronickým měřením objemu dříví harvestorem a v objemu nadměrků, které nejsou vedeny pro lesní hospodářskou evidenci. V rámci optimalizace práce byla posuzována také skutečná výroba versus hypotetická výroba, která by mohla přinést vyšší zhodnocení vyrobeného dříví s ohledem na zařazení sortimentů do jakostních tříd. Ze souhrnných měření vyplývá, že celková výroba byla podhodnocena výrobně-evidenčními softwarey o 5,7% a podíl objemu nadměrků tvořil 0,3%. Celkový nízký podíl objemu nadměrků je dán především výrobou vlákniny, ke které se nadměrek nepřidává (vyjma řezacího okna). Hypotetické finanční ztráty, které vznikají nevhodným zařazením dříví do špatné jakostní třídy nebo nedodržením nadměrku, se při měřeních odrazily na téměř 8% objemu vyrobeného dříví.

Klíčová slova

harvestorová technologie, faktické ztráty dříví, kubírování dříví, druhování dříví, nadměrky, příjem dříví

Abstract

Harvester technology is gaining in importance not only in the Czech Republic, but throughout the Europe. The share of production by the assortment mining method, to which the harvester technology is tied, has ranged in the last ten years between 28-38% of the annual volume of wood produced. The main reason for using harvester technology is primarily automated production, which increases work efficiency and saves labour. Harvester technology also brings other advantages in production, which include optimized production on the basis of specified price matrices and wood records in production-record software. These added values of harvesters have not been fully utilized in operation yet. The reason is ignorance of work with these systems or distrust of them by technical workers and economic workers. The aim of the thesis is to calculate the actual volume loss of wood and design the optimal sorting of wood in the production of wood harvesters. The measurements were performed in random harvests processed by a Neuson Ecotec 9002 HV harvester at the forest administration in Český Šternberk. Actual losses of wood were monitored in the differences in volumes between manual and electronic measurement of the volume of wood by the harvester and in the volume of excesses, which are not kept for forest management records. As part of the optimization of thesis, the actual production versus hypothetical production was also assessed, which could bring a higher appreciation of the wood produced with regard to the classification of assortments into quality classes. The summary measurements show that the total production was underestimated by production-record software by 5,7% and the share of the volume of surpluses was 0.3%. The overall low share of the volume of excesses is mainly due to the production of pulp, to which the excess is not added (except for the cutting window). Hypothetical financial losses, which arise from inappropriate classification of wood in the wrong quality class or non-compliance with the excess, were reflected in the measurements of almost 8% of the volume of wood produced.

Keywords

harvester technology, actual loss of wood, timber cutting, sorting of wood, over-size, timber intake

Obsah

1	Úvod	8
2	Hlavní cíle práce	9
3	Literární rešerše	10
3.1	Technologie výroby dříví harvestory	10
3.1.1	Harvestor	10
3.1.2	Harvestorová technologie	11
3.1.3	Výhody a nevýhody harvestorové technologie	12
3.1.4	Sortimentní těžební metoda	13
3.1.5	Softwarové vybavení harvestorů	14
3.2	Výčet fiktivních a faktických ztrát při výrobě dříví	14
3.2.1	Fiktivní ztráty	15
3.2.2	Faktické ztráty	15
3.3	Druhování dříví	16
3.4	Nadměrek	16
3.5	Dělení výroby do jakostních tříd	16
4	Metodika bakalářské práce	18
4.1	Stanovení objemu při měření bez kůry	18
4.2	Stanovení objemu při měření s kůrou	18
4.3	Určení chyby výpočtu objemů	18
4.3.1	Chyba objemu výřezů bez kůry	20
4.3.2	Chyba objemu výřezu s kůrou	20
4.4	Postup měření	21
5	Výsledky měření	22

5.1	Popis lokalit	22
5.1.1	Měření I., II. – Pracoviště č.1	22
5.1.2	Měření III., IV. – Pracoviště č.2	22
5.1.3	Sortimenty	22
5.2	Analýza dat	23
6	Diskuse výsledků	31
6.1	Návrh optimálního druhování	31
6.2	Potenciální reklamace výroby	32
7	Závěr	34
	Seznam použité literatury	35
	Seznam obrázků	36
	Seznam tabulek	37
	Seznam použitých zkratk	38
A	Přílohy	40
A.1	Technické údaje harvestoru	40

1. Úvod

Hlavním cílem této práce je při výrobě dříví harvestorem evidovat vyráběné dříví a pomocí vypočítání objemu na základě manuálního měření vyčíslit objemové ztráty vznikající při výrobě touto technologií a ověřit tak správnost údajů, které zaznamenává při výrobě dříví výrobně-evidenční software harvestoru.

V teoretické části práce je představena technologie výroby dříví harvestory, jsou zde představeny její výhody a nevýhody. Dále je zde popsán výrobně-evidenční software harvestoru a nejčastěji používaná sortimentní těžební metoda. Součástí rešerše je také výčet fiktivních a faktických ztrát dříví vznikajících při výrobě harvestory. Je zde popsáno druhování dříví a jeho zařazování do jakostních tříd.

V praktické části práce jsou nasbíraná data použita ke stanovení výběru optimálního druhování a vypočítání objemu vyrobeného dříví včetně porovnání této skutečnosti s daty uváděnými harvestory. Výpočty objemu jsou zpřesněny metodou určení chyb manuálním měřením a vzniklé výsledky jsou porovnávány za dodržení určitých předpokladů s celkovou výší těžby „kůrovcového“ dříví v České republice za rok 2018, čímž se dopracujeme k závěru ohledně hypotetického vyčíslení ztrát vzniklých vlivem nadměrků napříč celoroční těžbou, která se vlivem kůrovcové kalamity každoročně zvyšuje a nahodilá těžba tvoří již dominantní část výše těžby v České republice.

2. Hlavní cíle práce

V této práci se zaměříme na problematiku výroby a evidence dříví harvestory. Hlavním cílem práce bylo v průběhu výroby dříví harvestorem verifikovat hodnoty objemu vyráběných sortimentů zaznamenávaných výrobně-evidenčním softwarem daného víceoperačního stroje, vyčíslení jejich případných rozdílů ve vztahu k výpočtům na základě vlastního měření a zjištění skutečnosti navrnutí optimálního druhování sortimentů.

Díličními cíly praktické části k dosažení hlavního cílu bylo manuální nasbírání dat v terénu, která byla podkladem k vyčíslení objemu dané výroby v kombinaci s vizuální kontrolou reálných sortimentů sloužící k revizi optimálního druhování.

3. Literární rešerše

3.1 Technologie výroby dříví harvestory

3.1.1 Harvester

V současnosti jsou v lesním hospodářství harvestory považovány za nejmodernější těžebně-dopravní systémy. Jedná se o víceoperační těžební stroj, který kromě samostatného pohybu terénem kácí, odvětvuje, druhuje dříví na sortimenty a vyklizuje ho na vývozní místo u vyvážecích linek. Všechny pracovní operace se dějí v jednom kontinuálním cyklu a některé činnosti probíhají souběžně (odvětvení, druhození) (Schlaghamerský, 2001).

Harvestory byly zkonstruované zejména pro zpracování jehličnaté dřeviny, původně smrku a borovice skandinávského typu, kde je štíhlostní poměr na rozdíl od dřevin rostoucích v našich podmínkách odlišný. U borovice dochází mnohdy k problémům s odvětvením, protože jejich větve jsou silnější a tvrdé, i následná výroba sortimentů je vzhledem k vyšší křivosti u borovice problematičtější než u rovného smrku. I to je důvod zvýšené poptávky po harvesterové technologii v současnosti, nahodilá těžba vlivem hmyzové kalamity postihuje smrkové porosty. Přijatelné pracovní podmínky pro harvestory mají i mladší bukové porosty, s větším zastoupením rovných stromů (Schlaghamerský, 2001).

Dnešní konstrukce harvesterů jsou rozšířeny o funkci nivelace kabiny operátora (vyrovnání do vodorovné polohy na prudších svazích), čímž se také zvětšila stabilita stroje při jízdě napříč svahem. V nejméně příznivých podmínkách se dá zajistit harvester například trakčním navijákem (Schlaghamerský, 2001).

Harvestory dělíme nejčastěji podle výkonu motoru na malovýkonové (do 70 kW), středněvýkonové (71–140 kW) a vysokovýkonové (nad 140 kW). Stroje se také mohou dělit podle trakčního ústrojí na kolové, pásové, krácející nebo kombinované (Rehák, 2014).

Nedílnou součástí harvesteru Neuson Ecotec 9002 HV, s kterým bylo pracováno v této studii je těžební hlavice Logmax 928, která je vybavena hydraulicky poháněnou pilou s kontrolovaným tlakem řezné síly a regulovanou rychlostí řetězu. Tento vysoce výkonný hydraulický systém slouží k zajištění plného průtoku k pile s cílem zajistit rychlý řez. Bližší technické podrobnosti o harvesteru a těžební hlavici viz. Příloha A.

3.1.2 Harvestorová technologie

Mezi léty 2002 a 2018 se v České republice zvýšil počet harvestorů z 58 na 744 kusů (MZe, 2019). Hlavním důvodem rozvoje harvestorové technologie bylo její nasazení při zpracování poškozených porostů v nahodilých těžbách. V České republice se jednalo zejména o emisemi zasaženou oblast bývalých Severočeských státních lesů, kde došlo k nasazení prvních harvestorů v sedmdesátých letech minulého století, ve Slovenské republice se harvestorová technologie velmi uplatnila při odstraňování následků větrné kalamity v roce 2004 (Kováč a kol., 2017).

Vývoj situace v lesním hospodářství v posledních letech v ČR je pro používání harvestorové technologie potažmo sortimentní těžební metody nakloněn. V roce 2018, zejména vlivem extrémně nepříznivých klimatických podmínek, kdy jak vysoce nadprůměrné teploty, tak i hluboce podprůměrné srážky překonaly své extrémní hodnoty z roků 2003 a 2015, docházelo k dalším masivním poškozením především smrkových porostů podkorním hmyzem. Díky tomuto faktu nahodilá těžba dosáhla v roce 2018 také na své maximum z posledních let, když její objem byl 23,01 mil. m^3 z celkové roční těžby dřeva 25,69 mil. m^3 , což představuje 90% (MZe, 2019).

Existují reálné předpoklady, že tato metoda těžby může svým podílem na roční výši těžeb v budoucnu dosáhnout až na 50% z objemu ročních těžeb a to zejména díky zvýšené produktivitě harvestorové technologie a tím snížení výrobních nákladů na výrobní jednotku (plnometr) v porovnání s motomanuální těžbou, ale také z důvodu vhodných výrobních podmínek, kdy harvestorová technologie je využitelná na více než 70% rozlohy lesních pozemků v ČR (Dvořák a Natov, 2016).

Poměrně rychlý a expanzivní vývoj harvestorové technologie zapříčinila také nutnost rychlých výchovných zásahů v pohraničních oblastech, které byly v posledních desetiletích zanedbávané z různých důvodů (nedostatek pracovních sil, omezená mobilita lidí a prostředků), dále zvyšující se mzdové náklady. Při tomto rozmachu harvestorové technologie vznikaly první poznatky o výhodách, ale zároveň i nevýhodách přímo v praxi. Mezi nejvýznamnější klady dané technologie patřilo téměř výhradní používání sortimentní těžební metody, díky ní velmi rychlá reakce na požadavky odběratelů, nižší potřebná kapacita manipulačních skladů a meziskladů, výrazná úspora pracovních sil proti motomanuální těžební technologii (více než o 70%), přesná registrace odvedeného výkonu operátorem harvestoru a díky tomu i snazší kontrola práce a odměňování, v neposlední řadě také rychlý a lehký přesun technologie na požadovaná pracoviště (Kováč a kol., 2017).

Jasně zřetelnou nevýhodou nasazení harvestorové technologie bylo navýšení výrobních nákladů (o více než 35%) a to zejména díky vysoké pořizovací ceně stroje, nákladný servis spojený s čekacími lhůtami na dodání náhradních dílů, které vede k neefektivitě práce vinou prostojů, náročnou organizací provozu směřující k rychlému zajištění návratnosti vložené investice, nepříznivá situace na trhu práce s operátory harvestorů a slabší možnost kvalitního druhování těžného dřeva (Kováč a kol., 2017).

3.1.3 Výhody a nevýhody harvesterové technologie

Nasazení a použití jakékoliv těžební technologie je podmíněno řadou faktorů, v současné době při aktuální krizové situaci na trhu se dřívím v důsledku křivkové kalamity, je ekonomická otázka i v lesním hospodářství téměř hlavní prioritou. Mezi další podstatné faktory patří povinnost vycházet při nasazení strojů ze zákonných norem a výrobních podmínek, které jsou při volbě technologie a mechanizace dominantní. V neposlední řadě jsou aspekty ekologické a sociální, jejich postavení s vývojem společnosti nabývá na významu. Z těchto faktorů je důležité vycházet při volbě harvesterové technologie, přesně specifikovat všechny výhody a nevýhody při jejím nasazení při těžebně-dopravní činnosti (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).

Výhody harvesterové technologie:

- **Úspora mzdových nákladů a s nimi spojenými pracovními silami.**
Úspora při použití harvesterové technologie je přímá, zahrnuje náklady na pracovní sílu, která by musela být vynaložena k odvedení stejné výkonnosti motomanuální těžební technologií. Nepřímé úspory pracovních sil získáme na manipulačních skladech, protože dříví je vyrobeno v lese a následuje transport zpravidla přímo k odběratelům, čímž na nich končí potřeba například vícesměnného provozu, investic, mnohdy se ruší úplně. Budeme-li vycházet z výstupů normativních, narůstá výkonnost harvestoru v porovnání s motomanuální těžbou tři- až šestinásobně v závislosti na objemu těženého stromu ve středoevropských podmínkách. V severských státech se uvádí výkonnost harvestoru až desetkrát vyšší než motomanuální těžba (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).
- **Měřicími a řídicími systémy probíhá optimální druhování jednotlivých sortimentů na základě podmínek odběratele.**
Záznam o vyrobeném objemu dříví je uložený v elektronické podobě (počet a objem zpracovaného dříví a sortimentů), díky tomu se snadněji provádí kontrola práce a je možné provádět velmi pružný způsob organizace práce od těžebně dopravních činností až po odvoz dříví k odběratelům (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003)..
- **Operátoři harvestoru mají zajištěnou vysokou ergonomičnost systému a hygienu práce.**
Fyzická náročnost práce se snižuje na úkor psychické a dochází ke zvýšení bezpečnosti práce, zejména při nasazení v nepříznivých klimatických podmínkách. Harvestory jsou často nasazované v kalamitních těžbách, kde mohou provádět kompletní výrobu od těžby počínaje, nebo v případě motomanuálně předkácených stromů nahrazovat práci procesoru a dokončit zbývající fáze výroby. Intenzivní nasazení harvesterové technologie bylo použito například v polomech a vývratech po větrné smršti ve Vysokých Tatrách v roce 2004, nebo při likvidaci následků kalamity Kyrill u Vojenských lesů a statků, s.p., v divizi Horní Planá v roce 2007. Zde se podíl objemu vytěženého dříví harvesterovou technologií na jednotlivých lesních správách pohyboval kolem 50% (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).

- **Čistota suroviny pro následné zpracování v dřevozpracujícím průmyslu.**

Z těžebními stromy je během celé fáze výroby možná uvážená a šetrná manipulace, od přenosu hydraulickým jeřábem v harvesterové hlavici při kácení, přes odvětňování a druhování sortimentů, přenosu hydraulickou rukou vyvážecího traktoru až po samotný transport na odvozní místo (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).

- **Omezení škod na lesních dřevinách a tím požadovaná čistota práce.**

Podíl poškozených stromů se odhaduje pod 10%, nižší podíl v porovnání s klasickou technologií není však příliš ovlivněný samotnou mechanizací, jako spíše zvolenou těžební metodou. V případě kmenové metody může dosahovat podíl škod způsobených strojem až 10% z celkového počtu, 90% škod je však způsobeno samotnými soustředovanými kmeny. Harvester může způsobit stejný počet škod jako traktor v kmenové metodě, nevznikají však škody na porostech od vyváženého dřeva (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).

Nevýhody harvesterové technologie:

- **Náročná organizace práce pro pokud možno nepřetržitý provoz harvestoru s ohledem na návratnost vložené investice.** Pořizovací finanční prostředky jsou vysoké. Návratnost těchto prostředků závisí na vytížení stroje, jakékoliv prostoje související v současné době nejčastěji s poruchou a nebo převozem na jiné pracoviště zvyšují výrobní cenu na jednotku (m^3) (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003).
- **Déletrvajícím a nákladným zaškolením operátorů harvestoru.** Provoz a řízení těchto sofistikovaných strojů by měla vykonávat osoba se zodpovědným přístupem, současná legislativa nevyžaduje žádné speciální oprávnění k obsluze stroje, stačí pouze řidičský průkaz skupiny T (k přepravě harvestoru po veřejných komunikacích), dále by měla disponovat znalostmi z technických oborů strojírenství, elektrotechniky a lesnictví. Některé lesní společnosti proto pořádají školicí kurzy pro své zaměstnance, které jsou dosti nákladné a leckdy i ztrátové, protože na trhu je kvalitních operátorů nedostatek a ti přecházejí k jiným zaměstnavatelům za lepší finanční nabídkou. Výsledným řešením častokrát bývá najmutí harvestoru bez nutnosti pořízení stroje (Kováč a kol., 2017), (Simanov, 2003)..

3.1.4 Sortimentní těžební metoda

Tato metoda výroby jednotlivých sortimentů, na základě druhu dřeviny, minimálních rozměrů a kvality dříví byla vyvinuta z klasických metod těžby dřeva, při níž byl přímo v porostu při těžbě vyduhován požadovaný sortiment, čímž se dosáhlo snížení celkové transportní hmotnosti pro následné soustředování dříví animálními silami a potvrzuje tím, že sortimentní těžební metoda není vázána

pouze na harvestorovou technologii (Kováč a kol., 2017), (Spinelli a kol., 2014).

Sortimentní těžební metoda v roce 2017 v České republice byla použita pro výrobu více než třetiny z celkového objemu těžného dříví (MZe, 2019), potenciál sortimentní metody v České republice není stále zcela využit. Naproti tomu stojí fakt, že zejména v severských státech Evropy je v současné době sortimentní metoda používána téměř při zpracování celého objemu roční těžby (Lundbäck a kol., 2018). Důvody zvyšující využívání sortimentní těžební metody harvestorovou technologií jsou produktivita výroby dříví, v zemích s vysokými osobními náklady snižuje výrobní náklady proti motomanuální těžbě. (Kováč a kol., 2017), (Spinelli a kol., 2014).

3.1.5 Softwarové vybavení harvestorů

Součástí víceoperačních strojů jsou speciální softwarová vybavení obsahující několik samostatných softwarových produktů. V případě harvestoru některé tyto speciální produkty slouží například ke komunikaci s měřicími senzory, které jsou umístěny na těžební hlavici. Údaje o změřených veličinách (impulsy a napětí) získané těmito senzory převádí z analogové formy do podoby digitální a poté jsou přepočítány na metrické míry (délka, tloušťka). Převod do digitální formy se provádí ukládáním získaných údajů v jednotném datovém formátu a tato data jsou následně předávána například operátorovi na monitoru harvestoru. Softwarové produkty se dělí do dvou skupin: výrobně-plánovací software a výrobně-evidenční software (Natov a Dvořák, 2018).

Pro evidenci výroby jsou primární výrobně-evidenční softwary. Jedná se o skupinu produktů, která zajišťuje získávání, zpracování a záznam výrobních dat, komunikaci s operátorem a měřicími senzory. Cílem této činnosti je evidence, kontrola a sledování výroby. Mezi hlavní funkce softwaru lze zařadit registraci porostu, operátora, délky pracovní doby, dále druhu a rozměrů zpracovávané dřeviny. Navrhuje optimální sortimentaci kmene a registruje počet vyrobených sortimentů včetně stanovení jejich objemu. Tímto systémem musí být vybaveny všechny harvestory z důvodu zajištění jejich správné funkčnosti (Natov a Dvořák, 2018).

3.2 Výčet fiktivních a faktických ztrát při výrobě dříví

Změny evidovaného objemu vznikající v průběhu výroby dříví jsou jak fiktivní, vznikající zejména rozdílnými výsledky určování objemu dříví v důsledku používaných metod, tak faktické, kde se jedná o ztrátu dříví v podobě hmotné (Simanov, 2003), (Löwe a kol., 2019).

3.2.1 Fiktivní ztráty

Nejčastěji rozdíly této kategorie vznikají při předávkách dříví, kdy obě obchodující strany používají odlišné způsoby měření objemu dříví, nebo při samotném prodeji uskutečňujícím se v rozdílných měrných jednotkách, například prostorový objem dříví versus přejímka hmotnostní, kde je přihlíženo k okamžité vlhkosti materiálu (Simanov, 2003), (Löwe a kol., 2019).

Mezi dalšími je potřeba zmínit také zaokrouhlování tloušťek výřezů, kdy dle Doporučených pravidel pro měření a třídění dříví v ČR se zaokrouhluje vždy na celé centimetry dolů, místa za desetinnou čárkou se neuvažují (Wojnar, 2007).

Fiktivní ztráty vznikají také použitím různých algoritmů nastavitelných ve výrobně-evidenčních softwarech harvesterů (Löwe a kol., 2018).

3.2.2 Faktické ztráty

Tyto rozdíly množstevního charakteru vznikají při samotné těžební činnosti. Patří mezi ně například vyzdravování kmene, nadměrky, ztráta při každém příčném řezu stromem, ulomení vršku stromu způsobené pádem, nezpracování vrcholové části stromu či v případě listnatých dřevin nezpracování větví patřících svoji tloušťkou do hroubí stromu. V těchto případech se jedná o ztráty před prvotní evidencí vyrobeného dříví, nezmění tedy stav této hodnoty. Dále zde můžeme zařadit i ztráty vzniklé při soustřeďování dříví¹. Mezi hlavní faktické rozdíly můžeme zařadit (Schlaghamerský, 2001):

- **Ztráta objemu příčným řezem** - je přímo úměrná tloušťce řezné spáry, velikostí přerézávaného profilu kmene a počtem řezů.
- **Odkorňování** - nesprávné nastavení přítlaku odkorňovacích nožů nebo hniloba zpracovávaného kmene způsobuje vytrhávání zdravého dříví.
- **Přetřídění sortimentů** - vzniká ztráta buď nedodržením požadovaných hodnot výřezů a tím snížení jakostního stupně, nebo i chybou v zařazení do požadované skupiny vzniklé lidským faktorem.
- **Objem surového dříví** - pro činnosti evidenční, fakturační či odměňovací se používá objem surového dříví v m^3 bez kůry. Existují však odlišné jednotky obchodování dříví a také odlišné ukazatele odměňování. Protože lesní hospodářská evidence vyžaduje záznam produkce dřeva jednotlivých porostů právě v m^3 bez kůry, nelze se této metodě vyhnout.
- **Huberův vzorec** - pro stanovení objemu kmene se velmi často používá tento vzorec, který nahrazuje kmen válcem. Čím je jednotlivý výřez vzdálen tvaru válce, tím vyšší je rozdíl mezi skutečným objemem a vypočítaným objemem výřezu. Protože však každá část kmene se od ideálního válce liší

¹Nenalezené nebo ztracené přijaté výřezy a ulomení jejich částí.

jinak, jsou i rozdíly odlišné v závislosti na části kmene, z které se jednotlivé výřezy vyrábějí. U výřezů z oddenkových částí kmene bývají zpravidla výpočty objemu Huberovým vzorcem nižší, než skutečná hodnota, u střední části kmene se obě hodnoty téměř vyrovnávají, u výřezů z vrškových částí kmene je objem dle vzorce nadhodnocen.

- **Harvestory** - elektronické měření a zjišťování objemu dříví průběžným krychlením pomocí senzorů na ramenech odvětvovacích nožů harvestoru bývá velmi přesné, nutnou podmínkou je ovšem pravidelná kalibrace měřícího systému stroje a kontrolní měření před zahájením těžby.

3.3 Druhování dříví

Druhování dříví je rozdělení kmene stromu příčnými řezy na sortimenty odpovídající dřevinou, rozměry a jakostí ustanovení norem, obchodních uzancí, v tomto případě zejména ale dohodě mezi dodavatelem a odběratelem (Natov a Dvořák, 2018).

3.4 Nadměrek

Jedná se přídavek ke jmenovité délce některých sortimentů, nejčastěji se používá hodnota 2%. Nadměrek ke jmenovité délce sortimentu je vyžadován odběrateli jako kompenzace technologických ztrát. Je vyžadován pro sortimenty určené k výrobě řeziva, naopak není potřeba u sortimentů určených ke zpracování chemickou metodou, popřípadě výrobě dezintegrovaného materiálu (vláknina). Rozptyl přesnosti měřícího zařízení délek harvestoru se i přes pravidelnou a správnou kalibraci pohybuje v pásmu ± 2 cm. Tento fakt je třeba zohlednit při zadávání hodnoty délky vyráběného sortimentu² (Natov a Dvořák, 2018).

3.5 Dělení výroby do jakostních tříd

Druhování dříví se přizpůsobuje mezinárodním normám, předpisům a obchodním zvyklostem³. Význam ČSN a ON ustupuje do pozadí s rozvojem tržních vztahů a na významu nabývají individuální ujednání. Význam ztrácí normativní stanovení minimálních rozměrů dříví, protože ty se mění v závislosti na technologii zpracování a poptávce. Rozhodujícím kritériem zůstává technologická jakost dříví, tj. použitelnost pro určitou skupinu výrobků ze dřeva. Vyrobené jehličnaté i list-

²*Druhování dříví* – technologické operace, při kterých se z pokácených a odvětvých stromů vyrábí příčným řezem sortimenty na základě požadavků odběratele.

³Dle Směrnice Rady Evropy č.68/89 EHS ke sblížení právních předpisů členských států, vztahujících se ke klasifikaci surového dřeva

naté sortimenty dříví se dle kvality a rozsahu vad se dělí do šesti jakostních tříd (Wojnar, 2007) (Natov a Dvořák, 2018), (Simanov, 2003):

- **Jakostní třída I.** *Rezonanční výřezy, výřezy pro výrobu krájené dýhy.*
Zahrnuje výřezy pro výrobu hudebních nástrojů, krájených a nábytkářských dých a speciálních technických potřeb.
- **Jakostní třída II.** *Výřezy pro výrobu loupané dýhy, jiné speciální výřezy.*
Zahrnuje výřezy pro výrobu překližkových dých loupáním, pro výrobu zápa-
lek, sportovních a zdravotnických potřeb a sudů.
- **Jakostní třída III.** *Výřezy pro pilařské zpracování.*
Je určena především pro výrobu řeziva. Zařazují se do ní u jehličnatých dřevin i sloupové výřezy, speciální důlní výřezy (vzpěry) a výřezy pro stavební účely (používané bez rozřezání). U listnatých dřevin je zařazována i pražcovina. Pilařské výřezy III. jakosti se dělí na čtyři jakostní stupně - A, B, C, D dodávané v kůře i odkorněné.
- **Jakostní třída IV.** *Dříví pro výrobu dřevoviny, dolovina a důlní výřezy, tyčovina.*
Skupina s poměrně nesourodými sortimenty: důlní výřezy, tyčovinu (tyče a tyčky) a výřezy na výrobu dřevoviny (pro výrobu celulózy broušením dříví). Dřevovina se vyrábí pouze ze smrku.
- **Jakostní třída V.** *Dříví pro výrobu buničiny, desek na bázi dřeva–vláknina.*
Sdružuje sortimenty určené k výrobě celulózy (vlákninového dříví), dřevotřískových a dřevovláknitých desek a drobných dřevěných předmětů.
- **Jakostní třída VI.** *Palivové dříví.*
Zahrnuje dříví nejnižší technologické jakosti, využitelné jen jako palivo.

U zařazování dříví do jakostních tříd hrají podstatnou roli následující charakteristiky: suky zdravé a nezdravé, srostlé a nesrostlé, jejich četnost a rozestupy, trhliny dřeňové, hvězdicovité, mrazové, odlupčivé, vysušné, přecházející a případně i jejich současný výskyt, vady růstové – točitost, křivost, sbíhavost, křemenitost a excentrická dřeň, vady způsobené houbami – zbarvení jádra, hniloba tvrdá i měkká, trouchnivost a skvrny, dále napadení hmyzem, zploštění a v neposlední řadě samozřejmě rozměry - délka, stoupání délek, tloušťka čela a čepu v hodnotách maximálních, případně minimálních, šíře letokruhů a další (Natov a Dvořák, 2018).

4. Metodika bakalářské práce

Výpočet rozdílu objemu výřezů byl rozdělen do dvou skupin, kdy v některých případech byl počítán objem bez kůry V_{bk} a ve zbylých případech objem s kůrou V_{sk} . Rozdělení do těchto skupin záviselo na aktuálním stavu výřezu ihned po vyrobení, kdy vlivem poškození podkorním hmyzem (*Ips typhographus*) byly některé výřezy po projetí těžební hlavicí kůry zbaveny.

4.1 Stanovení objemu při měření bez kůry

Na výpočet objemu výřezů bez kůry je použit tzv. “Huberův vzorec”, který je možno vyjádřit jako (Wojnar, 2007):

$$V_{bk} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{bk}^2 \cdot l \cdot 10^{-4}, \quad (4.1)$$

kde V_{bk} je objem výřezů bez kůry v m^3 , d_{bk} je středová tloušťka výřezů bez kůry v cm , l je jmenovitá délka výřezu v m a π je Ludolfovo číslo.

4.2 Stanovení objemu při měření s kůrou

Pro stanovení objemu výřezu s kůrou je použita modifikace rovnice 4.1, kterou je možno vyjádřit jako (Wojnar, 2007):

$$V_{sk} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{sk} - 2k)^2 \cdot 10^{-4}, \quad (4.2)$$

kde $2k$ je hodnota dvojnásobku tloušťky kůry, kterou můžeme vyjádřit jako (Wojnar, 2007):

$$2k = p_0 + p_1 \cdot d_{sk}^{p_2}, \quad (4.3)$$

kde p_0 , p_1 a p_2 jsou parametry funkce závislosti tloušťky na průměru. Parametry se liší dle druhu dřeviny. Níže je uvedena tabulka 4.1, která určuje tyto parametry pro výpočet koeficientu $2k$ pro pět různých dřevin (smrk, borovice, modřín, buk, dub), z nichž borovice je ve dvou variantách (kůra a borka) (Wojnar, 2007).

4.3 Určení chyby výpočtu objemů

Z výrazů 4.2 a 4.1 je zřejmé, že objem výřezů je počítán nepřímou, proto na určení chyby objemu je použita metoda určování chyb nepřímého měření. Pro účely této práce není nutné podrobně rozebírat uváděnou metodu, více informací o ní se

Tabulka 4.1: Parametry p_0, p_1 a p_2 pro různé druhy dřevin (Wojnar, 2007).

Dřevina	p_0	p_1	p_2
smrk	0,57723	0,006897	1,3123
borovice-kůra	0,001915	0,006897	1,7866
borovice-borka	0,008762	0,006897	1,4568
buk	-0,04088	0,16634	0,56076
dub	1,2474	0,042323	1,0623

dá získat například v (Taylor, 2018). Obecný vzorec na výpočet chyb nepřímého měření se dá napsat jako (Taylor, 2018):

$$\sigma_{f(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\partial f(x_i)}{\partial x_i} \right)^2 (\sigma_{x_i})^2 \right]}, \quad (4.4)$$

kde $f(x_i)$ nepřímo počítaná veličina. V tomto případě jde o V_{sk} a V_{bk} , dále σ_{x_i} jsou chyby jednotlivých proměnných, které do daného vzorce vstupují a jsou zatížené určitou chybou, která je buď měřitelná, nebo odhadnutelná.

Celkově je možné chyby měření rozdělit do několika skupin a to (Sequens, 2018):

- **Hrubé chyby** - jsou většinou způsobené roztržitostí osoby, která měření vykonává, nebo jiným faktorem, který je však zřejmý a víme, že nastal právě v tomto případě a znemožnil korektní měření dané veličiny. Tyto chyby musí být z výpočtu vyloučeny, protože by měly negativní dopad na správnost výsledků měření.
- **Náhodné chyby** - jsou chyby, které není možné odstranit, ale je-li proveden velký počet měření, jsou tyto chyby výrazně eliminovatelné. Tyto chyby vznikají například odečítáním údajů ze stupnice použitých měřících přístrojů.
- **Systematické chyby** - mají většinou jasný původ, proto je můžeme téměř úplně vyloučit z měření, případně je můžeme zakomponovat do výsledku, čímž zohledníme určitý rozptyl měřené veličiny, při kterém stále nabývá korektních hodnot. Mezi systematické chyby řadíme: *chyby měřících přístrojů, chyby způsobené měřící osobou, chyby způsobené zvolením nevhodné metody měření, chyby při zaokrouhlování částečných výsledků* a jiné.

V tomto konkrétním případě je uvažováno o přípustnosti dvou druhů chyb. V první řadě se jedná o chybu způsobenou použitým měřícím přístrojem, kterou odhadneme na jednonásobek nejmenšího dílku stupnice, tedy 5 mm . V celkové chybě je třeba také počítat s dopředu stanovenými podmínkami zaokrouhlování měřených tloušťek výřezů směrem dolů¹. Maximální možná chyba délky a tloušťky výřezu může být až $1,4 \text{ cm}$.

4.3.1 Chyba objemu výřezů bez kůry

Do obecného vztahu 4.4 dosadíme funkci 4.1, čímž je spočítána chyba určení objemu V_{bk} :

$$\sigma_{V_{bk}(d_{bk},l)} = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{bk}}{\partial d_{bk}}\right)^2 (\sigma_{d_{bk}})^2 + \left(\frac{\partial V_{bk}}{\partial l}\right)^2 (\sigma_l)^2}, \quad (4.5)$$

kde $\sigma_{d_{bk}} = \sigma_{mp} + \sigma_{z_i}$ a $\sigma_l = \sigma_{mp} + \sigma_{z_i}$, přičemž σ_{mp} je chyba měřícího přístroje, která je odhadnuta na jednonásobek nejmenšího měřícího dílku, tedy 1 mm a σ_{z_i} je chyba zaokrouhlení výsledku měření směrem dolů na celou hodnotu centimetrů².

Po dosazení rovnice 4.1 do vztahu 4.5 získáme vzorec pro výpočet $\sigma_{V_{bk}}$:

$$\sigma_{V_{bk}(d_{bk},l)} = \sqrt{\left(\frac{\pi \cdot d_{bk} \cdot 0,0001 \cdot l}{2}\right)^2 (\sigma_{d_{bk}})^2 + \left(\frac{0,0001 \cdot \pi \cdot d_{bk}^2}{4}\right)^2 (\sigma_l)^2}. \quad (4.6)$$

4.3.2 Chyba objemu výřezu s kůrou

Do obecného vztahu 4.4 dosadíme funkci 4.2, čímž je spočítána chyba určení objemu V_{sk} :

$$\sigma_{V_{sk}(d_{sk},l)} = \sqrt{\left(\frac{\partial V_{sk}}{\partial d_{sk}}\right)^2 (\sigma_{d_{sk}})^2 + \left(\frac{\partial V_{sk}}{\partial l}\right)^2 (\sigma_l)^2}, \quad (4.7)$$

kde

$$\left(\frac{\partial V_{sk}}{\partial d_{sk}}\right)^2 = \left(\frac{l \cdot \pi \cdot 0,0001 \cdot (d_{sk} - 2k) \cdot (1 - p_1 \cdot p_2 \cdot d_{sk}^{p_2-1})}{2}\right)^2 \quad (4.8)$$

¹Tuto skutečnost proto nemůžeme zanedbat a musíme ji promítnout do celkových výpočtů určování objemu ($0 - 9 \text{ mm}$). Je potřeba se zamyslet nad tím, že toto rozmezí se nemění při jakýchkoliv velikostech výřezů. Jinými slovy, čím menší hodnoty délky a tloušťky výřezu používáme, tím výrazněji se projeví chyba zaokrouhlování.

²Je zřejmé, že σ_{z_i} je vždy záporná, když je délka a tloušťka výřezu podhodnocena, na rozdíl od σ_{mp} , která může buď podhodnocovat, nebo nadhodnocovat celkové měření. Proto je třeba uvažovat znaménka $-\sigma_{z_i}$ a $\pm\sigma_{mp}$. Aby byla tato skutečnost zjednodušena, bude uvažována maximální chyba podhodnocení objemu a proto σ_{mp} bude dále vystupovat pouze v záporných znaménkách.

a

$$\left(\frac{\partial V_{sk}}{\partial l}\right)^2 = \left(\frac{0,0001 \cdot \pi \cdot (d_{sk} - 2k)^2}{4}\right)^2. \quad (4.9)$$

Chyby $\sigma_{d_{sk}} = \sigma_{mp} + \sigma_{z_i}$ a $\sigma_l = \sigma_{mp} + \sigma_{z_i}$ podléhají stejné diskuzi jako v případě výše popsané sekce určení chyby objemu výřezů bez kůry.

4.4 Postup měření

Celkově byly provedeny čtyři rozsáhlá měření rozdělená na částečná měření jednotlivých stromů a sortimentů z nich vyrobených (viz. tabulka 5.2). Před skácením jednotlivých stromů byla zaznamenána hodnota vyrobeného dříví z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru. Ihned po dokončení výroby sortimentů z daného stromu byla hodnota zaznamenána opětovně a rozdíl³ byl porovnán s objemem stanoveným na základě ručního měření pomocí manuální lesnické průměrky a dřevorubeckého pásma (viz. tabulka 5.2).

U výřezů byly změřeny následující hodnoty: celková délka (nejkratší vzdálenost mezi čelem a čepem sortimentu), středová tloušťka (měřena v polovině jmenovité délky sortimentu) a čepová tloušťka (měřená na tenčím konci sortimentu).

Celková délka výřezu byla změřena v metrech s přesností na 0,01 *m*. Jmenovitá délka výřezu (L_j), tj. stanovená délka bez přídavků na délce byla 400, 250, 200 *cm*. Pouze sortiment 400 byl včetně přídavku k délce ve výši 2%, ostatní sortimenty byly bez přídavku.

Středová tloušťka byla měřena ve středu jmenovité délky sortimentů. Sortimenty se středovou tloušťkou do 20 *cm* byly měřeny jedenkrát v horizontálním směru, sortimenty se středovou tloušťkou nad 20 *cm* byly měřeny ve dvou na sebe kolmých rovinách, z nichž se vypočítal aritmetický průměr. Hodnoty byly uváděny v celých centimetrech. Čepová tloušťka byla měřena na slabším konci výřezu (čepu). Tato hodnota byla použita jednak pro výpočet objemu nadměrků, ale zároveň také ke kontrole minimálních povolených tlouštěk jednotlivých sortimentů (viz. tabulka 5.1). Hodnoty byly uváděny v celých centimetrech (údaje za desetinnou čárkou se neuvažují).

³Objem vyrobených sortimentů dle výrobně-evidenčního softwaru.

5. Výsledky měření

5.1 Popis lokalit

5.1.1 Měření I., II. – Pracoviště č.1

Těžba probíhala v katastrálním území obce Drahňovice, LS Český Šternberk v LHC 106704, oddělení 16, dílec B, v porostní skupině 5 na ploše 2,25 *ha* o stáří 53 let. Obnovní doba je stanovena na 30 let, doba obmýtl 100 let. Pracoviště se nacházelo na lesním typu 3S2, Smrk ztepilý (*Picea abies*) byl dle LHP zastoupen 80%, Bříza bělokorá (*Betula pendula*), Modřín opadavý (*Larix decidua*), Borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a Buk lesní (*Fagus sylvatica*) po 5%. Probíhající těžba byla nahodilá, hmyzová, v důsledku kůrovcové kalamity. Používána byla sortimentní metoda, přičemž pouze jeden sortiment byl vyráběn dle přesného požadavku odběratele. Celý porost smrku ztepilého (*Picea abies*) byl napaden škůdci a byl určen k vytěžení. Průměrná výčetní tloušťka u smrku ztepilého (*Picea abies*) je uváděna 21 *cm*, průměrná výška stromu 20 *m*. Z výsledků měření vychází následující průměrné parametry: výčetní tloušťka 19 *cm*, výška stromu 22 *m*. Celková porostní zásoba smrku ztepilého (*Picea abies*) byla vyčíslena na 245 m^3/ha , zásoba těženého porostu tedy 551 m^3 . Sortimentní těžební metodou byly vyráběny následující 3 sortimenty: kulatina 400, agregát 250, vláknina 200 (*cm*).

5.1.2 Měření III., IV. – Pracoviště č.2

Těžba probíhala opět v katastrálním území obce Drahňovice, LS Český Šternberk v LHC 106704, oddělení 15, dílec F, v porostní skupině 6b na ploše 0,56 *ha* o stáří 67 let. Obnovní doba je stanovena na 30 let, doba obmýtl 110 let. Pracoviště se nacházelo na lesním typu 3S3. Smrk ztepilý (*Picea abies*) byl dle LHP zastoupen 100%. I zde probíhala těžba nahodilá, hmyzová v důsledku kůrovcové kalamity. Celková porostní zásoba smrku ztepilého (*Picea abies*) byla vyčíslena na 375 m^3/ha , zásoba těženého porostu tedy 210 m^3 . Průměrná výčetní tloušťka u smrku ztepilého (*Picea abies*) je uváděna 23 *cm*, průměrná výška stromu 23 *m*. Z výsledků měření vychází následující průměrné parametry: výčetní tloušťka 18 *cm*, výška stromu 22 *m*. Těžba probíhala sortimentní těžební metodou a vyráběny byly sortimenty kulatina 400, agregát 250, vláknina 200 (*cm*).

5.1.3 Sortimenty

Níže uvedeme tabulku 5.1, která popisuje velikosti sortimentů.

Tabulka 5.1: Sortimenty

Sortiment	Jmenovitá délka [cm]	Minimální čepová tloušťka [cm]
Kulatina	400	15
Agregát	245-255	5
Vláknina	200	7

5.2 Analýza dat

Na základě výše popsané teorie byla zpracována všechna naměřená data v Excel 2010. Data byla rozdělena do dvou skupin, které se lišily vzorcem pro výpočet příslušných sortimentů. V jednom případě byl použit vzorec 4.4 a v druhém případě vzorec 4.5, z čehož následně vyplýval pozměněný vzorec na výpočet chyby určení daného objemu (viz. Kapitola výpočet objemu výřezu).

Tabulka 5.2: Počty stromů a sortimentů tří druhů, pro všechna měření jednotlivě.

	Měření I.		Měření II.		Měření III.		Měření IV.		Celkem	
	Počet [ks]	Podíl [%]	Počet [ks]	Podíl [%]	Počet [ks]	Podíl [%]	Počet [ks]	Podíl [%]	Počet [ks]	Podíl [%]
Počet stromů	9	-	10	-	20	-	10	-	49	-
Počet sortimentů	71	-	59	-	146	-	66	-	342	-
3D, kulatina, 400	15	-	3	-	4	-	15	-	37	-
Nadměrek	11	73,3	2	66,7	4	100	9	60	26	70,3
Reklamace	2	13,3	0	0	0	0	5	33,3	7	18,9
3D, agregát, 250	36	-	39	-	33	-	41	-	149	-
Nadměrek	0	0	0	0	9	27,3	3	7,3	12	8,1
Reklamace	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0,7
5, vláknina, 200	20	-	17	-	109	-	10	-	156	-
Nadměrek	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reklamace	1	5	0	0	6	5,5	0	0	7	4,5

Tabulka 5.2 zaznamenává počty všech stromů a sortimentů z nich vyrobených v průběhu celé práce (měření I., II., III., IV.) Jsou zde vyčísleny počty a procentuální zastoupení jednotlivých kusů sortimentů z celkového počtu, u nichž byl zaznamenán nadměrek nad hodnotu délky sortimentů stanovenou požadavky odběratele a počty a procentuální zastoupení jednotlivých kusů sortimentů z celkového počtu, které by byly reklamovány z důvodu nedodržení požadovaných parametrů (minimální délky a tloušťky čepu výřezu).

Dále jsou postupně uváděna všechna data, která jsou zaznamenána formou tabulek. Přitom je potřebné dbát na fakt, že příslušná měření mohla ¹obsahovat dva druhy dat, která se zpracovávala mírně odlišnými vzorci.

¹Slovo *mohla* je na místě, protože celé měření může obsahovat sadu dat, která se dají zpracovat jediným vzorcem. To však není pravidlo a proto se odlišný vzorec výpočtu objemu promítl do samostatných tabulek.

Tabulka 5.3: Měření I.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m^3]	V_{sk} [m^3]	$\sigma_{V_{sk}}$	V_{nad} [m^3]	V_{rek} [m^3]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
1.	26,0	0,54	0,55	0,010	0,0009	0,185	435	369
3.	24,3	0,40	0,43	0,009	0,0005	0,000	312	312
4.	25,9	0,77	0,80	0,017	0,0041	0,000	521	521
5.	24,7	0,37	0,39	0,008	0,0005	0,105	281	244
6.	25,0	0,45	0,46	0,010	0,0016	0,000	313	313
7.	22,9	0,28	0,30	0,009	0,0000	0,000	174	174
8.	22,8	0,19	0,20	0,005	0,0000	0,000	159	159
9.	22,9	0,21	0,22	0,006	0,0000	0,000	174	174
10.	25,7	0,67	0,68	0,015	0,0054	0,000	460	460

Tabulka 5.3 zaznamenává měření jednotlivých stromů² a z nich vyrobených sortimentů na lokalitě Měření I. l_{cel} reprezentuje celkovou délku káceného stromu³, který byl po skácení vydruhován na požadované sortimenty, jinými slovy Měření I. představuje měření všech vyrobených sortimentů, přičemž daná tabulka zaznamenává součty sledovaných veličin, kde V_{harv} je objem vyrobených sortimentů zaznamenaný výrobně-evidenčním softwarem harvestoru, V_{sk} je objem vyčíslen na základě ručního měření všech vyrobených sortimentů měřených v kůře (sk), $\sigma_{V_{sk}}$ je chyba výpočtu ručního měření objemu sortimentů v kůře, V_{nad} je objem nadměrků nad požadované délky sortimentů, V_{rek} zaznamenává objem sortimentů, které by byly reklamovány z důvodu nedodržení požadovaných rozměrů sortimentů, C_p je vyčíslení původní ceny sortimentů před reklamací, C_r je cena sortimentů po reklamaci a zařazení do nižší jakostní třídy a tomu odpovídající nižší ceně za jednotku m^3 .

Tabulka 5.4: Měření II.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m^3]	V_{sk} [m^3]	$\sigma_{V_{sk}}$	V_{nad} [m^3]	V_{rek} [m^3]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
3.	17,6	0,14	0,15	0,004	0,0000	0,000	105	105
4.	16,7	0,07	0,09	0,003	0,0000	0,000	62	62
5.	18,2	0,09	0,10	0,003	0,0000	0,000	81	81
6.	21,1	0,27	0,29	0,007	0,0010	0,000	207	227
7.	20,9	0,24	0,26	0,008	0,0000	0,000	160	160
8.	18,2	0,08	0,08	0,002	0,0000	0,000	61	161
9.	20,2	0,24	0,27	0,006	0,0000	0,000	185	185
10.	20,6	0,27	0,29	0,007	0,0018	0,000	169	169

Tabulka 5.4 uvádí sledované stejné veličiny jako tabulka 5.3 z lokality Měření II.

Tabulka 5.5: Měření II.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m^3]	V_{bk} [m^3]	$\sigma_{V_{bk}}$	V_{nad} [m^3]	V_{rek} [m^3]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
1.	20,7	0,22	0,21	0,006	0,0000	0,000	141	141
2.	18,8	0,14	0,13	0,004	0,0000	0,000	105	105

Tabulka 5.5 obsahuje stromy z Měření II., u nichž měření sledovaných veličin a

²Strom č.2 není zařazen z důvodu hrubé chyby měření.

³Délka celého stromu včetně špičky stromu, která zůstala nezpracována v porostu.

výpočty probíhali v odkorněném stavu, kde V_{bk} zaznamenává vypočítaný objem všech vyrobených sortimentů měřených bez kůry a $\sigma_{V_{bk}}$ je chyba výpočtu ručního měření objemu sortimentů bez kůry, ostatní sledované veličiny jsou totožné s tabulkou 5.4.

Tabulka 5.6: Měření III.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m ³]	V_{sk} [m ³]	$\sigma_{V_{sk}}$	V_{nad} [m ³]	V_{rek} [m ³]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
2.	20,2	0,31	0,33	0,009	0,0009	0,000	105	105
3.	22,7	0,23	0,25	0,006	0,0018	0,000	174	174
4.	21,0	0,23	0,25	0,008	0,0000	0,030	116	106
9.	19,6	0,05	0,10	0,003	0,0003	0,004	51	51
11.	20,4	0,15	0,16	0,005	0,0000	0,005	85	82
16.	21,3	0,32	0,35	0,007	0,0036	0,000	266	266
20.	24,3	0,64	0,67	0,018	0,0035	0,000	432	432

Tabulka 5.6 uvádí sledované stejné veličiny jako tabulka 5.4 z lokality Měření III.

Tabulka 5.7: Měření III.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m ³]	V_{bk} [m ³]	$\sigma_{V_{bk}}$	V_{nad} [m ³]	V_{rek} [m ³]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
1.	20,6	0,25	0,26	0,008	0,0000	0,000	144	144
4.	21,0	0,23	0,25	0,008	0,0000	0,027	116	106
5.	19,3	0,10	0,11	0,004	0,0000	0,006	49	49
6.	21,0	0,13	0,14	0,005	0,0000	0,000	62	62
7.	21,4	0,27	0,27	0,007	0,0000	0,000	190	190
8.	21,3	0,30	0,31	0,007	0,0044	0,000	224	224
10.	20,1	0,16	0,17	0,005	0,0007	0,000	102	102
12.	18,2	0,10	0,10	0,003	0,0006	0,000	44	44
13.	21,4	0,22	0,22	0,006	0,0002	0,000	145	145
14.	19,0	0,13	0,14	0,004	0,0000	0,000	59	59
15.	22,6	0,24	0,25	0,007	0,0000	0,000	163	163
17.	15,1	0,06	0,06	0,002	0,0000	0,006	26	25
18.	16,0	0,10	0,11	0,003	0,0000	0,000	47	47
19.	20,1	0,13	0,14	0,004	0,0003	0,006	77	76

Tabulka 5.7 obsahuje stromy z Měření III. u nichž měření sledovaných veličin a výpočty probíhali v odkorněném stavu, viz tabulka 5.5.

Tabulka 5.8: Měření IV.

Strom	l_{cel} [m]	V_{harv} [m ³]	V_{sk} [m ³]	$\sigma_{V_{sk}}$	V_{nad} [m ³]	V_{rek} [m ³]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
1.	27,6	0,80	0,84	0,016	0,0009	0,645	619	386
2.	27,4	0,69	0,72	0,014	0,0053	0,000	533	533
3.	27,5	0,46	0,48	0,008	0,0036	0,000	370	370
4.	19,6	0,15	0,17	0,004	0,0000	0,000	133	133
5.	17,7	0,06	0,06	0,002	0,0000	0,000	53	53
6.	24,8	0,28	0,32	0,008	0,0014	0,000	234	234
7.	25,7	0,35	0,37	0,010	0,0000	0,000	240	240
8.	20,8	0,10	0,12	0,003	0,0003	0,000	92	92
9.	22,2	0,22	0,27	0,008	0,0000	0,000	159	159
10.	28,4	0,46	0,45	0,008	0,0037	0,093	352	319

Tabulka 5.8 uvádí sledované stejné veličiny jako tabulka 5.6 z lokality Měření IV.

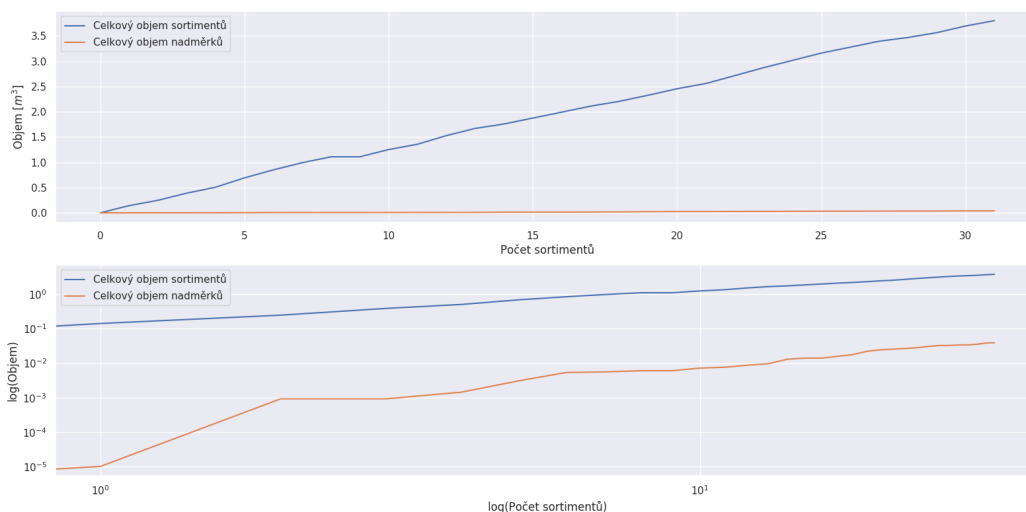
Tabulka 5.9: Celkové součty sledovaných veličin na všech lokalitách měření (I., II., III., IV.)

Strom	l_{pr} [m]	V_{harv} [m^3]	V_{cel} [m^3]	$\sigma_{V_{cel}}$	V_{nad} [m^3]	V_{rek} [m^3]	C_p [Kč]	C_r [Kč]
I.	24,0	3,88	4,04	0,089	0,0130	0,290	2828	2725
II.	19,0	1,76	1,89	0,049	0,0028	0,000	1276	1276
III.	20,0	4,12	4,39	0,120	0,0157	0,059	2462	2450
IV.	24,0	3,59	3,79	0,081	0,0142	0,747	2783	2517
Σ	-	13,35	14,11	0,339	0,0458	1,96	9349	8968

Tabulka 5.9 uvádí sumy v úhrnu na všech lokalitách, kde l_{pr} je průměrná délka zpracovávaných stromů, V_{harv} je objem vyrobených sortimentů na základě výstupu z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru, V_{cel} je objem vypočítaný na základě ručního měření všech vyrobených sortimentů, $\sigma_{V_{cel}}$ je chyba výpočtu ručního měření objemu sortimentů, V_{nad} je objem nadměrků nad požadované délky sortimentů, V_{rek} zaznamenává objem sortimentů, které by byly reklamovány z důvodu nedodržení požadovaných rozměrů sortimentů, C_p je vyčíslení původní ceny sortimentů před reklamací, C_r je cena sortimentů po reklamaci a zařazení do nižší jakostní třídy a tomu odpovídající nižší ceně za jednotku m^3 . Součet jednotlivých sledovaných veličin ze všech lokalit měření je uveden v posledním řádku dané tabulky.

Níže je uváděna závislost objemu na narůstajícím počtu sortimentů délky 400 cm –“kulatina” a 250 cm –“agregát”. Leckdy se při daných délkách může vyskytovat nadměrek nad stanovenou délku (včetně přídatku k délce), takže dané grafy obsahují s objemem vyráběného sortimentu i nárůst nadměrku vzhledem k narůstajícímu objemu vyrobených sortimentů určené délky.⁴

⁴Příslušné grafy obsahují jen ty sortimenty, které nepodléhají reklamaci na základě nedodržení požadovaných parametrů.

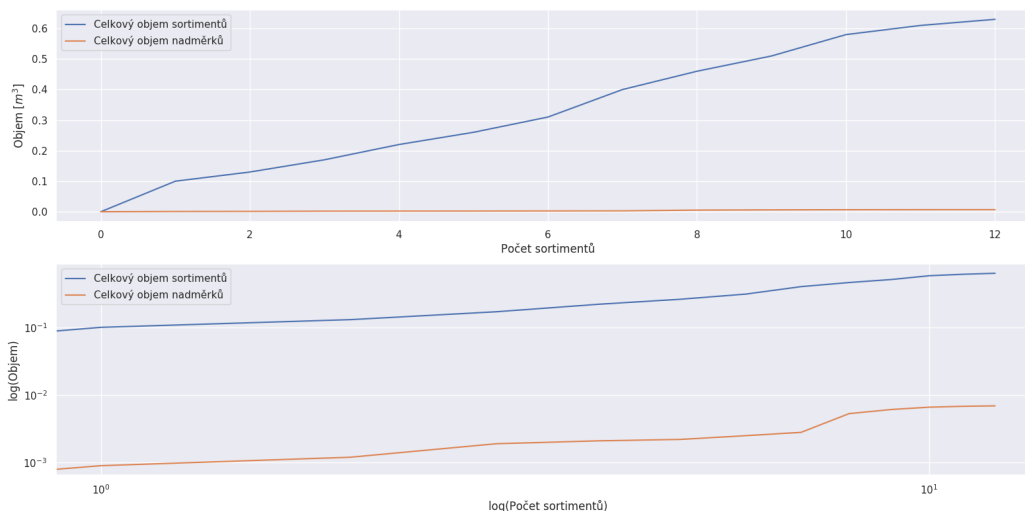


Graf 5.1: Porovnání závislosti objemů sortimentu 400 *cm* –“kulatina” a jejich nadměrků na zvyšujícím se počtu sortimentů.

Na grafu 5.1 je vynesena závislost objemu sortimentu 400 *cm* –“kulatina” a jeho nadměrků na zvyšujícím se počtu sortimentů. Leckdy je objem nadměrků o víc jak dva řády menší proti objemu příslušného sortimentu, proto jsou uváděny dva typy grafů. Na grafu 5.1 je znázorněna závislost v klasické škále, kde však zmiňovaný několika řádový rozdíl znemožňuje přesnou interpretaci, protože trend křivky objemu nadměrků se jeví konstantní. Pro názornější porovnání byla zvolena logaritmická škála (graf 5.2), který realističtěji vykresluje obě závislosti.

Vidíme, že modrá křivka grafu 5.2 není na žádném úseku konstantní, což je očekávaný výsledek, protože každý další nově zaevidovaný sortiment má určitě nenulový objem. To však není možno tvrdit o oranžové křivce, která je skutečně konstantní na určitých úsecích. Tato konstantnost je způsobena přesností řezu sortimentu, který neobsahuje nadměrek a tak v tomto případě přičítá nulový objem nadměrku, což nezmění předcházející výsledek a tím ponechá konstantnost počítaného logaritmu⁵.

⁵Kdybychom zvažovali situaci, že všechny sortimenty mají ideální požadované parametry, tudíž neobsahují žádné nadměrky, poté by oranžová křivka splýnula s *x*–ovou osou.



Graf 5.2: Porovnání závislosti objemů sortimentu 250 cm – “agregát” a jejich nadměrků na zvyšujícím se počtu sortimentů.

Graf 5.2 na rozdíl od grafu 5.1 vykresluje závislost objemu sortimentu 250cm – “agregát” a jeho patřičných nadměrků nad požadovanou délkou na jeho zvyšujícím se počtu. Další diskuze je identická s diskuzí pro graf 5.1.

Uvážíme-li, že celková evidovaná roční těžba “kůrovcového” dříví za rok 2018 v České republice představuje 13,06 mil. m^3 , můžeme takto vztáhnout výsledky práce za určitých předpokladů na celkovou roční těžbu. Hlavní předpoklady, které musí být splněny, aby tento krok bylo možno provést jsou:

- Musí být dodrženy shodné způsoby a podmínky měření včetně shodných měřících přístrojů.
- Musí být dodrženy totožné postupy druhození dříví v přepočtu na vytěžené objemy.
- Musí být předpokládány shodné velikosti nadměrků v přepočtu na vytěžené objemy
- Musí být splněny obdobné reklamace v přepočtu na vytěžené objemy.
- Musí být shodné hrubé chyby měření, které se do výsledku nedostanou.
- Musí být splněny všechny ostatní aspekty měření a stejné stanovení cenových tříd, do nichž je vyrobené dříví zařazeno.

Podstatný fakt, který musíme brát v úvahu mimo výše zmiňované je, že údaj 13,06 mil. m^3 může být údaj z výrobně-evidenčních softwarů harvestorů, údaj z ručních měření, nebo kombinace obou případů. Proto použijeme obě hraniční hodnoty, aby byl zjevný možný rozptyl vzhledem ke všem existujícím kombinacím. Jinými slovy, údaj 13,06 mil. m^3 budeme v prvním případě považovat jako hodnotu udanou pouze výrobně-evidenčními softwary harvestoru a v druhém případě tuto

hodnotu budeme považovat jako údaje poskytnuté pouze ručním měřením, tím znázorníme maximální možný rozsah intervalu, do kterého mohou patřit celkové hodnoty.

Tabulka 5.10: Přepoččet naměřených údajů na výši roční těžby “kůrovcového” dříví.

	RM	Přepoččet RM na H	% hodnota	Přepoččet ZH	Přepoččet ZRM
V_{harv}	-	13,35	-	13 060 000	12 356 556
$V_{harv, 400cm, BR}$	-	3,65	27,4	3 572 757	3 380 319
$V_{harv, 400cm, SR}$	-	0,99	7,4	971 864	919 517
$V_{harv, 250cm, BR}$	-	4,81	36,0	4 701 970	4 448 710
$V_{harv, 250cm, SR}$	-	0,06	0,5	62 014	58 674
$V_{harv, 200cm, BR}$	-	3,76	28,1	3 674 571	3 476 650
$V_{harv, 200cm, SR}$	-	0,07	0,5	64 791	61 301
V_{rm}	14,11	-	-	13 803 491	13 060 000
$V_{rm, 400cm, BR}$	3,86	-	27,4	3 776 150	3 572 757
$V_{rm, 400cm, SR}$	1,05	-	7,4	1 027 191	971 864
$V_{rm, 250cm, BR}$	5,08	-	36,0	4 969 648	4 701 970
$V_{rm, 250cm, SR}$	0,07	-	0,5	65 545	62 014
$V_{rm, 200cm, BR}$	3,97	-	28,1	3 883 760	3 674 571
$V_{rm, 200cm, SR}$	0,07	-	0,5	68 479	64 791
V_{nad} nad DP	0,046	0,043	0,3	45 001	42 577
V_{zjt}	1,10	1,04	7,8	1 076 105	1 018 143
Cenový rozdíl	382	361	-	373 701 873	353 573 352

Tabulka 5.10 zaznamenává přepočítané hodnoty ve vztahu k roční výši těžby “kůrovcového” dříví v České republice pro všechny měřené sortimenty s ohledem na výše popsanou diskuzi. Jednotlivé údaje v tabulce 5.10 charakterizují: V_{harv} je objem udaný výrobně-evidenčními softwary harvestoru⁶, V_{rm} je objem získaný na základě ručního měření, V_{nad} je objem nadměrků nad požadované rozměry sortimentů⁷, V_{zjt} je objem reklamací, tzn. pokud musel být sortiment zařazen do nižší jakostní třídy na základě nedodržení požadovaných parametrů, RM je ruční měření, H je měření udané harvestorem, ZH je přepoččet celkové výše roční těžby “kůrovcového” dříví na základ hodnoty udané výrobně-evidenčními softwary harvestorů a ZRM je přepoččet celkové výše roční těžby “kůrovcového” dříví na základ hodnoty udané ručním měřením.

V tabulce 5.10 není započítána chyba celkového objemu na základě ručního měření, protože tento údaj úplně chybí v případě harvestoru a není známa rovnice nebo metoda, kterou byly objemy počítány, respektive není známý údaj o chybě z výstupu použitého softwaru. Pro hodnotu objemu získanou na základě ručního měření však můžeme konstatovat, že chyba vztažená na celkovou roční těžbu je

⁶Výstupy z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru byli přejímány v podobě součtu všech vyrobených sortimentů z jednoho stromu, přičemž chybí údaje o objemu jednotlivých sortimentů, na které byl strom vydruhován. Tyto hodnoty však můžeme relativně dobře odhadnout na základě faktu, že máme zmiňované objemy sortimentů spočítány formou ručního měření. Pokud máme k dispozici celkový konečný objem sortimentů pomocí ručního měření a současně i hodnotu získanou z výrobně-evidenčního softwaru harvestoru, pak je možno vyčíslit relativní zastoupení objemu sortimentů vyčíslených pomocí ručního měření, které vynásobíme koeficientem vzniklým z podílu celkového objemu spočítaného pomocí ručního měření a celkového objemu udaného z výstupu výrobně-evidenčního softwaru harvestoru.

⁷Musíme připustit stejnou diskuzi jako v případě V_{harv} , jelikož nemáme údaj o nadměrcích stanovený harvestorem.

313 773 m^3 .

Nejmarkantnější údaj je však celkový objem dříví z roční těžby “kůrovcového” dříví, kde byly sortimenty zařazeny do nižší jakostní třídy z důvodu nedodržení požadovaných parametrů. Tato hodnota se pohybuje na úrovni více jak 1 mil. m^3 , což hypoteticky představuje finanční ztrátu více jak 350 mil. Kč. Roční ztráta objemu dříví v podobě nevidovaných nadměrků je na úrovni 42 000 m^3 .

Pokud by jsme chtěli zohlednit pouze evidovanou roční výši těžby smrkového “kůrovcového” dříví v České republice za rok 2018, která činila 11 934 mil. m^3 pak je nezbytné přepočítat tabulku 5.10.

Níže uvedená tabulka 5.11 zohledňuje tento přepočet pro danou výši těžby “kůrovcového” smrkového dříví. Následná diskuze a závěry tohoto přepočtu jsou analogické s tabulkou 5.10.

Tabulka 5.11: Přepočet naměřených údajů na výši roční těžby “kůrovcového” smrku.

	RM	Přepočet RM na H	% hodnota	Přepočet ZH	Přepočet ZRM
V_{harv}	-	13,35	-	11 934 000	11 291 205
$V_{harv, 400cm, BR}$	-	3,65	27,4	3 264 723	3 088 877
$V_{harv, 400cm, SR}$	-	0,99	7,4	888 072	840 238
$V_{harv, 250cm, BR}$	-	4,81	36,0	4 296 578	4 065 154
$V_{harv, 250cm, SR}$	-	0,06	0,5	56 667	53 615
$V_{harv, 200cm, BR}$	-	3,76	28,1	3 357 759	3 176 902
$V_{harv, 200cm, SR}$	-	0,07	0,5	59 205	56 016
V_{rm}	14,11	-	-	12 613 389	11 934 000
$V_{rm, 400cm, BR}$	3,86	-	27,4	3 450 580	3 264 723
$V_{rm, 400cm, SR}$	1,05	-	7,4	938 629	888 072
$V_{rm, 250cm, BR}$	5,08	-	36,0	4 541 178	4 296 578
$V_{rm, 250cm, SR}$	0,07	-	0,5	59 893	56 667
$V_{rm, 200cm, BR}$	3,97	-	28,1	3 548 912	3 357 759
$V_{rm, 200cm, SR}$	0,07	-	0,5	62 575	59 205
$V_{nad DP}$	0,046	0,043	0,3	41 121	38 906
V_{zjt}	1,10	1,04	7,8	983 326	930 361
<i>Cenový rozdíl</i>	382	361	-	341 482 247	323 089 157

6. Diskuse výsledků

6.1 Návrh optimálního druhování

Druhování přímo v terénu prováděl operátor harvestoru. V tomto případě se jedná o druhování úplné, výsledkem jsou definitivní obchodovatelné sortimenty. Vyráběny byly tři sortimenty, “kulatina 400”, “agregát 250” a “vláknina 200”(viz. tabulka 5.1).

Pokud kmen splňoval stanovené podmínky minimální tloušťky čepu pro sortiment “kulatina 400” a operátor po prvním řezu zjistil hnilobu na čele výřezu, což nepřipouští DP, vyráběl z něj pouze 2 *m* kusy do jakostní třídy V. – vláknina, kde je tato vada povolena, do momentu než na čele dalšího potenciálního kusu sortimentu nebyla hniloba vizuálně zjištěna. Tímto způsobem byla vyloučena varianta složit z dvou kusů sortimentu “vláknina 200” jeden kus sortimentu “kulatina 400”. Při snaze takto učinit u sortimentu “agregát 250” kontrola potřebných podmínek rozměrů tohoto sortimentu ukázala, že stanovená minimální tloušťka čepu by této požadované hodnoty nedosáhla.

Další důležitý aspekt druhování byla ekonomická stránka věci. Dříví poškozené hmyzem je možné řadit pouze do jakostní třídy III. kvality D. Hodnoty potřebné k zařazení do této třídy splňoval sortiment “kulatina 400”. Do téhož jakostního stupně jsou zařazeny i sortimenty “agregát 250”, kde je použita podmínka z Doporučených pravidel pro měření a třídění dříví v České republice minimální délka 300 *cm*, nebo dle dohody mezi dodavatelem a odběratelem. Cena sortimentu “agregát 250” smluvně dohodnutá s odběratelem byla identická ceně za jakostní třídu III. kvality D a jediný tento sortiment byl vyráběn na zakázku s průběžným odběrem vyrobeného dříví, takže pro vlastníka lesů se jednalo o přímý zdroj financí. Za zmínku stojí i fakt, že tento jediný sortiment byl hrazen bez přejímky odběratelem, pouze na základě vyčíslení objemu hráně zaměstnancem dodavatele, zřejmě na základě dlouhodobé spolupráce a dobrých obchodních vztahů mezi oběma subjekty.

Sortiment „kulatina 400“ a “vláknina 200 “ nebyly určeny k přímému prodeji a byly skladovány na odvozních místech. U ostatních vyrobených sortimentů je velký předpoklad, že z důvodů přebytku dříví na trhu nebude prodán.

Připustíme-li skutečnost, že operátor harvestoru je na těžbu od majitele lesu najatý jako OSVČ, nabízí se možnost záměrného vyrábění sortimentů větší délky a objemu místo sortimentů kratších a to z důvodu menší amortizace stroje, úsporou pohonných hmot při jejich výrobě a v neposlední řadě i snadnější manipulací s výřezy. Platební vztah mezi operátorem harvestoru a majitelem lesů je nastaven tak, že operátor po měsíci práce předloží výpis všech “výstupů” z výrobně-evidenčního softwaru a dostane zálohově uhrazeno 90% za nárokováný objem z

těchto dat, zbylých 10% se hradí až po příjemce od odběratele v případě její bezzávadnosti. Při příjemce odběratelem by tedy případné nevhodné druhození dříví bylo zjištěno. I to je důvod, aby operátor raději vyráběl dříví v požadovaných parametrech včetně nadměrků, než by se případně musel vracet na nějakou lokalitu s ohledem na reklamaci výroby, protože transport harvestoru je nákladný.

Vlivem těchto skutečností nebyla zjištěna chyba v druhození sortimentů a vyráběné sortimenty byly jediné možné a přípustné řešení nejen v závislosti na požadavky odběratele, ale i ve vztahu k Doporučeným pravidlům pro měření a třídění dříví v ČR. I přesto však došlo ve výrobě sortimentů k chybám. Z celkového počtu všech výřezů (342 ks) bylo zjištěno 15 případů nedodržení smluvních podmínek (minimální délka, čepová tloušťka) a výřez byl zařazen do nižší jakostní třídy. Cena jednotlivých jakostních tříd byla převzata z ceníku Českého statistického úřadu a byla použita hodnota z III. čtvrtletí roku 2019 (jakostní třída 3 kvalita D, jakostní třída 5, jakostní třída 6), i když v současné době klesá hodnota dříví v daleko kratších periodách. Celkem byl takto vyreklamován objem $1,1 m^3$ a vznikla škoda 382 Kč.

6.2 Potenciální reklamace výroby

Porovnáme-li hodnotu objemových nadměrků napříč všemi čtyřmi uskutečněnými měřeními ve vyráběných sortimentech během této práce, zjistíme, že nejvyšší procentuální zastoupení bylo naměřeno v sortimentu “kulatina 400”, kde byl nadměrek evidován ve více než 70% celkového počtu vyrobených sortimentů. Důvodem tak vysokého počtu kusů sortimentu této délky s nadměrkem je fakt, že stromy byly silně poškozené podkorním hmyzem a při protažení kmene těžební hlavice byla kůra většinou oddělována a hromadila se v ní, čímž znemožňovala měřicím sensorům těžební hlavice bezchybnou činnost. V kategorii “agregát 250” byl nadměrek zjištěn ve výši přibližně 8%, což lze přičítat faktu, že tento sortiment byl odběratelem požadován ve jmenovité délce 245-255 cm, díky čemuž mohlo být při výrobě tohoto sortimentu nastaveno řezací okno v rozmezí ± 5 cm na délku 250 cm. V kategorii “vláknina 200” byl nadměrek nulový, tento fakt je odůvodnitelný tím, že tento sortiment má velmi mírné požadavky na minimální jmenovitou délku, která je 100 cm a sortiment je odběrateli přejímán hmotnostní metodou, tudíž dodržení jmenovité délky 200 cm je nezávazné.

Při pohledu na počet reklamací v důsledku nedodržení požadovaných rozměrů sortimentu vidíme, že v největší procentuální zastoupení reklamovaných výřezů je opět v sortimentu “kulatina 400” a to 18%. Ve všech případech se jednalo o nedodržení požadovaného přídatku k délce ve výši 2%, což lze stejně jako v problematice nadměrků přičítat špatné kvalitě těžných stromů a z ní vyplývající zhoršená činnost měřicích sensorů těžební hlavice. Tyto výřezy byly vyreklamovány ve stejném objemu do jakostní třídy V. – vláknina, kde ovšem přicházela finanční ztráta vlivem nižší ceny za jednotku této kategorie na rozdíl od jakostní třídy III. kvality D, kde byly původně sortimenty zařazeny. V kategorii sortimentů “agregát 250” byla zjištěna reklamace pouze v necelém 1% celkového počtu výřezů, což

je důsledkem výše zmíněného rozpětí akceptovaných délek výřezu. V kategorii “vláknina 200” bylo vyreklamováno téměř 5% všech sortimentů, všechny z důvodu nedostatečné tloušťky čela požadovaného pro tento sortiment. Tyto výřezy byly zařazeny do jakostní třídy VI. – palivové dříví a opět byla ponížena cena sortimentu. Objem vyreklamovaného dříví byl více než 8% z celkového objemu měřeného dříví.

Vytěžený objem vypočítaný na základě hodnot získaných metodou ručního měření ($14,11 \text{ m}^3$) byl ve vztahu k hodnotám zjištěným výrobně-evidenčním softwarem harvestoru ($13,35 \text{ m}^3$) vyšší o $0,76 \text{ m}^3$ (5,7%). Jak již bylo výše zmiňováno, vztáhneme-li tuto ztrátu k oficiálně evidované výši těžby “kůrovcového” dříví v České republice, nebo pro ještě přesnější údaje k výši těžby smrkového “kůrovcového” dříví v České republice za rok 2018, zjistíme při hypotéze dodržení všech parametrů těžby ve stejné rovině velmi zajímavé výsledky. V celkovém součtu by byla ztráta vznikající formou nedodržení maximální délky sortimentů, tzn. zvýšení podílu nadměrků nad požadovanou délku sortimentu včetně přídatku k délce ve výši minimálně $930\,361 \text{ m}^3$.

7. Závěr

Druhování dříví v této práci bylo shledáno jako optimální v závislosti na podmínkách stanovených odběrateli, ale také vzhledem k podmínkám stanoveným Doporučenými pravidly pro měření a třídění dříví v České republice.

V průběhu této práce byly zjištěny následující hodnoty. Na vytěžený objem dříví změřeným pomocí manuální metody ve výši $14,11 \text{ m}^3$ byla spočítána ztráta ve formě neevidovaných nadměrků ve výši $0,046 \text{ m}^3$, což bylo přibližně 0,3% objemu vyrobeného dříví. Objem dříví zařazeného do nižší jakostní třídy z důvodu nedodržených požadovaných parametrů byl ve výši $1,1 \text{ m}^3$, což bylo téměř 8%.

Na základě provedených měření a výpočtů faktických objemových ztrát ve vztahu k výši celkové evidované těžby „kůrovcového“ smrkového dříví v České republice za rok 2018 můžeme konstatovat, že hypoteticky při dodržení identických podmínek shodných s touto prací, by finanční výše faktických ztrát dříví ve formě neevidovaných nadměrků mohla dosáhnout až do výše 341 mil. Kč.

Dalším nezanedbatelným faktem v této práci je objem dříví, které bylo reklamováno z důvodu nedodržení požadovaných rozměrů sortimentů a z tohoto důvodu bylo zařazeno do nižší jakostní třídy. Tato hodnota by dosahovala až 41 tis. m^3 . Z tohoto zjištění vyplývá skutečnost, že správná kalibrace a nutnost provádění pravidelných kontrolních měření sloužících k jejímu správnému nastavení je velmi důležitá.

Seznam použité literatury

- DVOŘÁK, J. a NATOV, P. (2016). Plošný výrobní potenciál pro harvestorovou technologii v ČR k 31.12.2015.(specializované mapy s odborným obsahem). page 32.
- KOVÁČ, J., KRILEK, J., JOBBÁGY, J. a DVOŘÁK, J. (2017). Technika a mechanizácia v lesníctve. page 354.
- LUNDBÄCK, M., HÄGGSTRÖM, C. a NORDFJELL, T. (2018). Worldwide trends in the methods and systems for harvesting, extraction and transportation of roundwood. in: Proceedings of the 6th international forest engineering conference "quenching our thirst for new knowledge". **48**, 3. URL <http://www.foresteng.canterbury.nz/FEC2018.shtml>.
- LÖWE, R., SEDMÍKOVÁ, M., NATOV, P., HEJCMANOVÁ, P. a JANKOVSKÝ, M. (2018). Differences in timber volume estimates using various algorithms available in the control and information systems of harvesters. **10**(5), 388. doi: 10.3390/f10050388.
- LÖWE, R., SEDMÍKOVÁ, M., NATOV, P., DVOŘÁK, P. a JANKOVSKÝ, M. (2019). Analýza neevidovaného objemu dříví v přidavcích k délce výřezů při výrobě smrkového dříví harvestorovou technologií. **64**(4), 207–216. URL <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2020/01/577.pdf>.
- MZE (2019). Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství v r. 2018. page 110.
- NATOV, P. a DVOŘÁK, J. (2018). Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestory v ČR 2018. page 136.
- REHÁK, L. (2014). Analýza času směny a výkonnosti práce harvestoru v úmyslných těžbách. URL https://is.czu.cz/zp/portal_zp.plprehled=pracoviste;zpet=pracoviste;pracoviste=138;id=138;lang=cz.
- SCHLAGHAMERSKÝ, A. (2001). Harvestorové technologie v lesních porostech. URL <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/>.
- SEQUENS, J. (2018). Dendrometrie. URL https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf.
- SIMANOV, V. (2003). Rozdíly v evidovaném objemu dříví. **82**(2), 32–34.
- SPINELLI, R., LOMBARDINI, C. a MAGAGNOTTI, N. (2014). The effect of mechanization level and harvesting system on the thinning cost of mediterranean softwood plantations. **48**, 1–15. doi: 10.14214/sf.1003.
- TAYLOR, J. (2018). An introduction to error analysis: The study of uncertainties in physical measurements. URL http://hep.ucsb.edu/courses/ph128_18f/Taylor.pdf.
- WOJNAR, T. (2007). Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v ČR 2008. page 147.

Seznam obrázků

5.1	Porovnání závislosti objemů sortimentu 400 <i>cm</i> –“kulatina” a jejich nadměrků na zvyšujícím se počtu sortimentů.	27
5.2	Porovnání závislosti objemů sortimentu 250 <i>cm</i> –“agregát” a jejich nadměrků na zvyšujícím se počtu sortimentů.	28
A.1	Použitý harvester Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	42

Seznam tabulek

4.1	Parametry p_0, p_1 a p_2 pro různé druhy dřevin (Wojnar, 2007).	19
5.1	Sortimenty	23
5.2	Počty stromů a sortimentů tří druhů, pro všechna měření jednotlivě.	23
5.3	Měření I.	24
5.4	Měření II.	24
5.5	Měření II.	24
5.6	Měření III.	25
5.7	Měření III.	25
5.8	Měření IV.	25
5.9	Celkové součty sledovaných veličin na všech lokalitách měření (I., II., III., IV.)	26
5.10	Přepočtené naměřené údaje na výši roční těžby “kůrovcového” dříví.	29
5.11	Přepočtené naměřené údaje na výši roční těžby “kůrovcového” smrku.	30
A.1	Technické údaje modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	40
A.2	Jízdní a otočný mechanismus modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	40
A.3	Údaje o motoru modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	41
A.4	Hydraulický systém modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	41
A.5	Káčecí hlavice Logmax 928 modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.	41

Seznam použitých zkratek

ČSN Československá státní norma

ON Oborová norma

LS Lesní správa

EHS Evropské hospodářské společenství

RM Ruční měření

BR Bez reklamace

SR S reklamací

H Harvestor

DP Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice

ZH Základ harvestor

ZRM Základ ruční měření

LHC Lesní hospodářský celek

V_{bk} Objem při měření bez kůry

V_{sk} Objem při měření s kůrou

V_{rm} Objem získaný ručním měřením

V_{zjt} Objem změny jakostní třídy

d_{bk} Středová tloušťka výřezu bez kůry

d_{bk} Středová tloušťka výřezu s kůrou

l Jmenovitá délka sortimentu

l_{cel} Celková délka stromu

V_{harv} Objem udaný harvestorem

V_{nad} Objem nadměrků

V_{rek} Objem reklamovaných sortimentů

V_{cel} Objem vypočítaný na základě ručního měření

$\sigma_{V_{sk}}$ Chyba stanovení objemu při měření s kůrou

$\sigma_{V_{bk}}$ Chyba stanovení objemu při měření bez kůry

$\sigma_{V_{cel}}$ Chyba stanovení objemu na základě ručního měření

σ_{z_i} Chyba zaokrouhlení výsledku

σ_{mp} Chyba měřicího přístroje

C_p Původní cena sortimentů před reklamací

C_r Původní cena sortimentů po reklamací

A. Přílohy

A.1 Technické údaje harvestoru

Níže uvádíme technické specifikace a obrázek použitého harvestoru Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Tabulka A.1: Technické údaje modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Popis	Parametry
Vlastní hmotnost s kabinou, bez hlavy	12 500 <i>kg</i>
Celková výška	3 400 <i>mm</i>
Šířka	2 250 <i>mm</i>
Šířka dle použitých pásů	2 150-2 300 <i>mm</i>
Délka při transportní poloze	7 400 <i>mm</i>
Délka podvozku	3 315 <i>mm</i>

Tabulka A.2: Jízdní a otočný mechanismus modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Popis	Parametry
Rychlosti pojezdu	2,44; 4,16 <i>km/h</i>
Stoupavost	21°(40%)
Rozchod pásů (standartní pás)	500 <i>mm</i>
Tažná síla pojezdu	91,5 <i>kN</i>
Světlá výška	425 <i>mm</i>
Tlak na zem (plochý povrch)	0,33 <i>kg/cm²</i>
Rychlost otáčení nástavby	10,5 <i>ot/min</i>
Síla otoče	14,6 <i>kNm</i>
Hydraulický jeřáb	Neuson Forstkran

Tabulka A.3: Údaje o motoru modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Popis	Parametry
Motor	Deutz BF4M2012
Typ	4-válec, přeplňovaný, vznětový motor
Chlazení	Chladicí kapalinou
Zdvihový objem	4 038 cm^3
Výkon podle DIN	74 kW (101 PS)
Max. počet otáček	2 350 ot/min
Baterie	12 V/2x 88 Ah
Nádrž na naftu	170 l
Alternátor	12 V/150 A

Tabulka A.4: Hydraulický systém modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Popis	Parametry
Hydraulické čerpadlo pracovní hydrauliky	2 pístové, 2-dílné zubové
Výkon čerpadla	2x88 l/min +1x54 l/min +1x19 l/min
Provozní tlak–pracovní, jízdní hydraulika	300 $barů$
Výkon pro kácecí hlavici	190 l/min
Provozní tlak – hlava nakladače	250 $barů$
Hydraulická nádrž (systém tankování)	120 l
Spětný hydraulický filtr	standard 20 μm

Tabulka A.5: Kácecí hlavice Logmax 928 modelu Neuson Ecotec, typ 9002 HV.

Popis	Parametry
Hmotnost	407 kg
Min. šířka	815 mm
Max. šířka	1 050 mm
Max. úřez	420 mm
Délka pily	48 cm
Objem hydromotorů	365 cm^3
Síla posunu	14,9 kN
Rychlost posunu	3 m/s



Obr. A.1: Použitý harvester Neuson Ecotec, typ 9002 HV.