

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav lesnické a dřevařské techniky



**Stanovení potenciálního množství biomasy pro
energetické využití u LDO Přibyslav**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Brno 2016

Bc. Martin Benc

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Stanovení potenciálního množství biomasy pro energetické využití u LDO Příbyslav** zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje diplomová práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne 28. 4. 2016

.....

Bc. Martin Benc

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. et. Ing. Jiřímu Kadlecovi, Ph.D za veškeré poskytnuté rady při zpracovávání diplomové práce, umožňování pravidelných odborných konzultací a za zapůjčení nezbytných pomůcek, bez kterých by tato práce nemohla nikdy vzniknout. Poděkování patří rovněž zaměstnancům Lesní správy Staré Ransko, panu Petru Ondráčkovi za poskytnutí veškerých podkladních materiálů. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině za veškerou podporu při mém studiu na Mendelově univerzitě v Brně a při samotném sběru dat v terénu.

Abstrakt

Bc. Martin Benc

Název práce: **Stanovení potenciálního množství biomasy pro energetické využití u LDO Příbyslav**

Cílem diplomové práce bylo stanovení potenciálního množství biomasy pro energetické využití u LDO Příbyslav, zejména na lesní správě Staré Ransko.

Na řešeném území bylo stanoveno celkové potenciální množství biomasy, kterou lze získat z daného mýtního porostu pro energetické využití. Dále je v práci řešena problematika vhodné technologie shromažďování a dopravy těžebních zbytků a možnosti jejich zpracování na lesní štěpku. Při šetření bylo zjištěno celkem 49 019,07 tun disponibilního množství biomasy v mýtních porostech. Na základě tohoto zjištění byla navrhována technologie vyvážení klestu na odvozní místo a jeho štěpkování.

Klíčová slova: biomasa, klest, lesní štěpka, štěpkovač, těžební zbytky

Abstract

Bc. Martin Benc

Name of the work: **Determination of potential volume of biomass for energy utilization at LDO Přebyslav**

Aim of this diploma work was assessment of biomass potential quantity for energetic using at LDO Přebyslav, especially at forest administration of Staré Ransko.

Total quantity of biomass, which can be obtained from mature stand for energetic using was determined at study area. Further issues of appropriate technology of collecting and transporting of logging residues and possibilities of wood chips processing are dealt. There was found in total 49 019.07 tons of available quantity of biomass at the mature stand at research area. Technology of logging residues transporting to a roadside landing and its chipping was designed on the base of findings.

Key words: biomass, wood chips, chipper, logging residues

Obsah:

1 Úvod	8
2 Cíl práce	10
3 Současný stav řešené problematiky.....	11
3. 1 Biomasa	11
3. 2 Vznik biomasy	11
3. 3 Rozdělení rostlinné biomasy.....	12
3. 4 Legislativní zakotvení energetické biomasy	12
3. 5 Rozdělení biomasy dle vyhlášky	13
3. 6 Dendromasa nehroubí.....	14
3. 7 Dendromasa pařezové a kořenové části.....	14
3. 8 Kvantifikace dendromasy k energetickému využití.....	15
3. 9 Dostupnost dendromasy.....	16
3. 9. 1 Rizika odnámání dendromasy z lesních ekosystémů.....	16
3. 9. 2 Kategorizace lesů.....	16
3. 9. 3. Terénní dostupnost.....	19
3. 10 Odstraňování dendromasy nehroubí z porostní plochy.....	21
3. 10. 1 Likvidace lesních těžebních zbytků v porostu	21
3. 10. 2 Likvidace mimo porostní plochu	22
3. 10. 3 Lokalita výroby energetické štěpky	23
3. 11 Typy strojů pro výrobu štěpky.....	24
4 Metodika a materiál.....	26
4. 1 Výběr porostů pro zjišťování biomasy.....	26
4. 2 Zjišťování objemu biomasy ze vzorníků	26
4. 3 Laboratorní stanovení vlhkosti	27
4. 4 Porovnání zjištěných výsledků s jinými autory	28
5 Výsledky.....	29
5. 1 Charakteristika území Lesního družstva obcí Příbyslav	29

5. 1. 1 Poměry orografické.....	29
5. 1. 2 Poměry hydrologické.....	29
5. 1. 3 Poměry geologické	29
5. 1. 4 Poměry pedologické	30
5. 1. 5 Poměry bioklimatické.....	30
5. 1. 6 Základní údaje o LDO Příbyslav a předmět jeho činnosti	31
5. 1. 7 LHP LDO Příbyslav.....	32
5. 1. 8 Věková a druhová skladba porostů.....	33
5. 1. 9 Hospodářské soubory.....	34
5. 2 Výsledky měření vzorníků.....	36
5. 2. 1 Základní parametry vzorníků.....	36
5. 2. 2 Stanovení objemové hmotnosti kmene	38
5. 2. 3 Stanovení koeficientů výtěžnosti dle jednotlivých tloušťkových intervalů... 40	40
5. 2. 4 Stanovení hmotnosti nadzemní biomasy podle tabulek prof. Dejmal..... 42	42
5. 2. 5 Stanovení hmotnosti dendromasy na základě vypočtené měrné hmotnosti... 43	43
5. 2. 6 Porovnání koeficientů výtěžnost s jinými autory..... 46	46
5. 2. 7 Výpočet celkového množství dendromasy na těžené ploše	47
5. 2. 8 Stanovení množství dendromasy na plochu 1 ha	48
5. 2. 9 Stanovení celkového množství biomasy na území LDO Příbyslav	49
5. 2. 10 Navržení vhodné technologie pro zpracování biomasy	53
6 Diskuze.....	55
7 Závěr.....	58
8 Summary	59
9 Seznam použité literatury	60
10 Seznam příloh.....	62

1 Úvod

Lesy a jejich produkty využíval člověk jako zdroj energie od nepaměti. Zpočátku sloužily lesy člověku především jako zdroj obživy a zdroj dřeva, kterým vytápěl svá obydlí, využíval ho ke svícení a pro přípravu potravy. Dřevo získané z lesů bylo využíváno především jako palivové a pouze malá část byla využita jako dříví stavební. Teprve s objevem kamenného uhlí začala spotřeba palivového dříví klesat a začalo se více využívat na stavební účely. Prakticky od dob průmyslové revoluce převzaly fosilní paliva hlavní úlohu energetického zdroje pro lidstvo. Postupem času se však začalo ukazovat, že intenzivním využíváním těchto paliv, především jejich spalováním, dochází k postupnému nárůstu obsahu CO_2 v atmosféře a tím i k pomalým změnám klimatu. Proto se řada vyspělých států zavázala, že bude postupně snižovat množství energie vyrobené z těchto zdrojů a navýší výrobu energie z obnovitelných zdrojů jako je slunce, vítr, voda a především biomasa. Výhoda těchto zdrojů spočívá především v jejich nevyčerpatelnosti a v jejich minimálním dopadu na životní prostředí. Bohužel tuto energii nelze získávat všude. Nelze získat energii z větru tam, kde vítr nefouká, stejně tak získat vodní energii tam, kde voda nemá dostatečnou rychlost a průtok. Těchto lokalit, kde by se dala tato energie získávat, již není v České republice mnoho a naráží se také na nevoli lidí při stavbách těchto zařízení.

V důsledku toho se jeví jako nejjednodušší způsob získávání energie z biomasy, a to z biomasy jak cíleně pěstované, tak i biomasy odpadní, která vzniká především při zemědělské a lesnické činnosti. Nespornou výhodou využívání biomasy je její nepřetržitost a nevyčerpatelnost produkce. Biomasu může člověk pěstovat na plochách, které neumožňují běžné zemědělské a lesnické využívání jako jsou např. plochy po rekultivaci skládek, prostory pod elektrovody a další méně úrodné půdy. Další nesmírná výhoda biomasy je její vyrovnaná bilance CO_2 , tj. uvolní se do ovzduší pouze tolik látek, které byly fixovány v rostlině během jejího růstu. Tyto látky jsou lehce odbouratelné a rovněž popel, který zbude po spalování lze dále využít např. jako hnojivo. Proto lze očekávat zvýšený zájem o zpracování a využívání biomasy jako zdroje energie a v závislosti na tom, i větší ekonomickou motivaci při pěstování a zpracovávání. Tento zájem lze sledovat i ze strany státu, který vyvíjí tlak na zvyšování podílu využívání biomasy pro výrobu energií na území našeho státu a snahou schvalovat koncepce, které zakotví legislativně využívání obnovitelných zdrojů, respektive biomasy v našem

případě. Příkladem této koncepce je Akční plán pro biomasu na období 2012 – 2020, který byl schválen vládou 12. 9. 2012. Cílem této koncepce je vymezit opatření a priority, které povedou k efektivnímu a účelnému využití energie ze zdrojů potenciálu biomasy. Tento podíl by se měl na hrubé domácí spotřebě energie podílet do roku 2020 až 13,5 % a do roku 2050 až 23 %. (Anon. 2012)

Z dnešního pohledu využívání energie získané z biomasy, která je produkována jak ze zemědělských, tak i lesnických provozů, kde dříve tato biomasa představovala různé druhy odpadů, které nebyly nijak intenzivně využívány, se tato biomasa začíná prezentovat jako předmět obchodu, který poskytuje zemědělským i lesnickým provozům nemalé finanční příspěvky do jejich hospodaření.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce bylo stanovení potenciálního množství biomasy, kterou lze získat a dále efektivně zpracovávat pro energetické využití v teplárnách a elektrárnách. Dalšími dílčími cíli bylo posouzení lesních porostů na lesní správě Staré Ransko, lesnickém úseku Slavětín, z hlediska dřevinné skladby, terénní dostupnosti, stanovištních podmínek a těžebních technologií. Dalším dílčím cílem bylo zjištění celkového objemu klestu, který bude možno odebrat z reprezentativního lesního porostu a v návaznosti na to byla i stanovena nejvhodnější technologie shromažďování a zpracování klestu na štěpku při udržení stávajících podmínek pro udržení trvalého hospodaření se stávajícím majetkem na území LDO Příbyslav.

3 Současný stav řešené problematiky

3.1 Biomasa

Biomasou rozumíme souhrn všech látek, které tvoří těla všech živých organismů po celém světě, ať už rostlin či živočichů. V souvislosti s energetickým využíváním biomasy se zabýváme především s rostlinou biomasou. Rostlinná biomasa je v podstatě primární produkce rostlin, které využívají sluneční záření a energii získávanou při fotosyntéze, k produkci rostlinných pletiv a buněk. Při bližším studiu lze samotnou biomasu označit jako sluneční záření, které bylo během fotosyntéze akumulováno v rostlině, a které lze dále při energetickém zpracování efektivně využít.

Biomasa má široké spektrum definic, z nichž ta nejjednodušší vymezuje biomasu takto: Biomasa je hmotnost sušiny organické hmoty, která je vyprodukována rostlinami nebo živočichy v určitém časovém okamžiku na jednotku plochy, kde se organismy vyskytují. U rostlin je to výsledek produkčních procesů (fotosyntézy, chemosyntézy) a degradačních procesů (dýchání, opadu odumřelých částí, spotřeby herbivory, exsudace, apod.). U živočichů je biomasa definována jako výsledek životních procesů. Jednotky biomasy jsou různé, u rostlin se vyjadřuje, jako hmotnost, u živočichů je možnost vyprodukované biomasy uvést i v čerstvé hmotnosti, většinou je ale udávána v joulech nebo obsahu vázaného uhlíku. Dále může být vztažena také k celkovému objemu (m^2 , m^3 , l, apod.).

3.2 Vznik biomasy

Aby rostliny mohly produkovat biomasu, potřebují přijímat z atmosféry oxid uhličitý (CO_2) a za pomoci slunečního záření jako zdroje energie, a fotochemicky aktivního barviva chlorofylu a při procesu zvaném fotosyntéza, redukuje tento jednoduchý oxid a vytvářejí z něj glukózu a další složité chemické sloučeniny, které dále využívají při svém růstu. Kromě zisku energie z oxidu uhličitého produkují rostliny také kyslík (O_2) jako odpadní produkt. Celý proces fotosyntézy je obsažen v již notoricky známé chemické rovnici: $6 CO_2 + 6 H_2O + E \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6 O_2$. Aby rostlina mohla produkovat biomasu, využívá pouze fotosynteticky aktivní záření o vlnové délce mezi 400-700 nm a ostatní záření odráží. Kromě těchto základních látek se při fotosyntéze uplatňuje také řada dalších látek, které rostlina získává především z půdy nebo vody. Při těchto procesech rostlina ukládá získaný uhlík (C) do chemických vazeb ve svých pletivech a zde je část uhlíku spotřebovávána samotnou rostlinou a část je zde

vázána jako zásoba. To znamená, že celkové množství primární produkce, které rostlina vyprodukuje, se sníží o tu část, kterou sama rostlina spotřebuje pro nezbytné pochody při svém růstu jako jsou dýchání, vodní režim a rozmnožování. (Řepka a Koblížek 2007)

3. 3 Rozdělení rostlinné biomasy

Biomasu jako takovou lze rozdělit podle několika kritérií, a to jestli se jedná o biomasu podzemní či nadzemní. Podzemní biomasa je tvořena především částmi, které, jak název napovídá, se vyskytují hlavně v podzemí. Jedná se hlavně o pařezy, jednotlivé kořeny a oddenky rostlin. Nadzemní biomasa je u cíleně pěstovaných rostlin pro energetické využití tvořena celým nadzemním tělem, avšak biomasa z lesních porostů, které jsou primárně určeny na produkci stavebního dříví a dříví na různé výrobky, je tvořena především odpadním klestem po těžbě, který je dále těžko zpracovatelný, z důvodu tvarové rozmanitosti a většinou je slabší než 7 cm a je zařazen do nehroubí. Toto nehroubí, pokud je zpracováváno na energetické účely, může zvýšit efektivnost využívání potenciálu lesních stanovišť a zároveň přinést danému podniku další zisky ve formě prodeje štěpky. Biomasu dále lze rozčlenit i podle původu. Rostlinná biomasa, která je tvořena částmi jednoděložných či dvouděložných nedřevnatých rostlin, se někdy označuje jako fytohmota, biomasa ze stromů či keřů je označována jako dendromasa. Mrtvé části organismů, především živočichů lze také označit pojmem nekromasa. (Kulhavý a kol. 2003).

3. 4 Legislativní zakotvení energetické biomasy

V rámci tzv. Kjótského protokolu, který je zakotven v Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách, se řada vysoce průmyslově rozvinutých zemí zavázala, že budou postupně snižovat produkci skleníkových plynů, a to minimálně o 5,2 %. Mezi skleníkové plyny se rovněž řadí i oxid uhličitý, který se produkuje především při spalování fosilních paliv. I při spalování biomasy se uvolňuje, ale zde se jedná o vyrovnanou bilanci. Českou republikou byl protokol podepsán 23. 11 1998 na základě usnesení vlády č. 669/1998. Na ratifikace tohoto usnesení Česká republika přistoupila 15. 11. 2001. Tím byl položen základní kámen pro vytvoření vlastní legislativy, která by upravovala a stanovovala využívání biomasy za účelem zisku energie a snižování skleníkových plynů. (Svítil a Polák 2005)

Pro oblast lesnictví je stěžejní především zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), ve kterém jsou vylišeny kategorie lesa a v těchto kategoriích vylišeny hospodářské způsoby a tvary lesa. V součinnosti s těmito vylišeními se zde vymezují i stanoviště, kde lesní biomasu bezproblémově odebírat. V zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, se vymezují hlavně chráněná území, a podmínky pro hospodaření na těchto chráněných územích. V tomto zákoně jsou také popsány podmínky pro vytvoření a schválení lesních hospodářských plánů a osnov pro lesní hospodaření na ekologických principech. Zákon, který se přímo dotýká problematiky výroby elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů, je zákon 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů). Účelem tohoto zákona je v zájmu ochrany klimatu a ochrany životního prostředí podpořit využití obnovitelných zdrojů energie a zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů na spotřebě primárních energetických zdrojů, vyrobit 8 % elektřiny do roku 2010 z obnovitelných zdrojů a vytvořit podmínky pro trvalé zvyšování tohoto podílu po roce 2010. (Zákon 180/2005 Sb.)

Mezi vyhlášky pro využívání biomasy jako obnovitelného zdroje patří vyhláška 475/2005 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona č. 180/2005 Sb. Nejdůležitějším předpisem je vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů pro výrobu elektřiny, tepla a biometanu a o stanovení a uchovávání dokumentů.

3. 5 Rozdělení biomasy dle vyhlášky

Podle vyhlášky č. 477/2012 Sb. je veškerá biomasa rozdělena do 5 hlavních kategorií podle původu vzniku a charakteru biomasy. Lesní biomasa je v této vyhlášce zařazena do kategorie 2, jako „Zbytková hmota z těžby dřeva, tzv. nehroubí, tj. dřevo do průměru 7 cm a zbytkové produkty z jejího zpracování včetně kořenů (pařezů), biomasa vzniklá v lese z probírek a prořezávek, dřevní hmota z údržby veřejné i soukromé zeleně, včetně tratí vodotečí, rozvodů elektřiny apod. a zbytkové produkty jejího zpracování, včetně úprav pro přepravu ke konečnému spotřebiteli biomasy“. V případě cíleného pěstování energetických rostlin na pozemcích, které nejsou určeny k plnění funkcí lesa, (dále jen „PUPFL“), bylo by zde možno zahrnout kategorii 1 – cíleně pěstovaná biomasa.

3. 6 Dendromasa nehroubí

Dendromasou nehroubí se rozumí především veškeré potěžeční zbytky, které jsou slabší než 7 cm a které zůstávají na místě těžby. Jedná se tedy o odpad jak po mýtní těžbě, který bývá při holosečných způsobech dosti koncentrovaný, tak i při výběrných způsobech hospodaření, kdy je potřebný odpad situován v menším množství po větší ploše. V tomto těžebním odpadu bývají většinou i vrcholové části stromu, které splňují parametry hroubí, tj. jsou silnější než 7 cm, ale jejich kvalita a především pracnost zpracování převyšuje následný zisk při prodeji jako palivové dříví. Tyto části jsou často velmi zavětvené, ale především nefragmentované na menší části, které znemožňují plynulé soustředování k odvoznímu místu. Mezi tento odpad lze zařadit také zářezy, které vznikají při samotném kácení stromu, ale také různorodé odřezky, které svojí délkou nelze zatřídit do žádné třídy jakosti. (Neruda a kol. 2013)

3. 7 Dendromasa pařezové a kořenové části

Mezi dendromasu lze zařadit i dendromasu podzemní, tj. dříví z vyklüčených pařezů a kořenů. Ve středověku bylo toto dřevo ponecháváno lidem jako jediný zdroj paliva, neboť ostatní dříví využívala vrchnost nebo výrobní provozy (hutě, sklárny, apod.) Toto dříví bylo dobýváno ručně s velmi malou efektivitou. Po objevu uhlí začal zájem o pařezové dříví upadat a ponechávaly se v lese na pasekách k přirozenému rozpadu. Ve 20. století s nástupem těžké mechanizace v lesních porostech bylo na určitých stanovištích (přirozená borová a lužní stanoviště) prováděno klučení pařezů s následným vyčesáváním zbytkových kořenů. Takto vyklüčené pařezy se shrnovaly do valů podél pasek, nebo se zahrabávaly do tzv. hrobů a překrývaly se zeminou. Pálení pařezů na pasekách se neosvědčilo z důvodu špatného hoření centrálního pařezu a vysoké pracnosti a nákladovosti. Velký rozmach klučení pařezů byl také v 70. a 80. letech 20. století při likvidaci následků imisí v našich horách. Klučily se pařezy a s nimi byla shrnována svrchní vrstva půdy do valů podél kalamitních ploch. (Neruda a kol. 2013)

Technologií, kterými by bylo možné efektivně klučit a shromažďovat pařezy, je již popsána celá řada a jsou dostatečně propracovány. Mezi nejčastěji používaný postup se využívá klučení pomocí radlice dozeru, kterou se pařez vyvrátí a většinou shrne do valu. Takto vyklüčený pařez obsahuje však velký objem přimíšenin, které brání dalšímu efektivnímu zpracování. Jako nejvýhodnější možností těžby pařezů se jeví klučení pomocí speciálních adaptérů na výložnicích bagrů. Tyto adaptéry mají nejčastěji formu

trhacího zubu, kterým je pařez vytrhnut z půdy, a před uložením je vibracemi oklepána zemina ulpěná na pařezu. Nejnovější typ klučící hlavice je tzv. čtyřramenná klučící hlavice, která kromě vytrhnutí pařezu a jeho oklepání umožňuje i jeho rozstříhnutí na několik částí, čímž se urychluje jejich vysychání. Následně jsou části pařezů vyváženy na odvozní místo, kde probíhá jejich skladování a poté zpracování. Mezi méně obvyklé klučení patří také klučení pomocí lana navijáku nebo pomocí trhavinou. Tyto způsoby se však v dnešní době používají sporadicky. Dále je možno klučit pařezy systémem rozmělnění nebo vyvrtáním hmoty pařezu. Používají se pařezové fréza nebo vrtáky. Tímto způsobem se pařez rozdrť většinou přímo na místě. Hmota, která takto vznikne, je pro energetické využití nevhodná pro velké promísení se zeminou a jinými nečistotami. (Neruda a kol. 2013)

Byť je tato hmota lukrativní pro energetické využití, zájem o tuto komoditu je malý. Problémem zpracování pařezů je jejich rozměrová nesourodost, ale především obsah přímíšenin a vysoká počáteční vlhkost. Rovněž dezintegrace není možná obvyčejnými štěpkovači, ale silnými a robustními drtiči, jejichž pracovní nástroje (ocelová kladiva) pařez rozdrť. Výsledkem je tedy drť, která má jiné vlastnosti spalování než klasické štěpka, a jak už bylo řečeno, je o tuto komoditu v České republice malý zájem.

Produkce pařezů není nutně vázána jen na lesní hospodářství, byť by zde produkce měla být nejvyšší, ale výrazné procento pařezů je produkováno především při různých stavbách, údržbách veřejné zeleně, apod. a tato hmota by mohla být dále využita. (Neruda a kol. 2013)

3. 8 Kvantifikace dendromasy k energetickému využití

Při úvahách, zda využít těžební zbytky na energetické využití, se nabízí otázka, zda bude v následujících letech v České republice dostatek dříví a zda se vůbec tímto směrem orientovat. Podle některých autorů se v rámci stromu vyskytuje kolem 60-65 % dendromasy, která je odvážena ve formě kmenového dříví. V tomto množství je obsaženo cca. 10 % kůry, takže čistý podíl kmenového dříví se pohybuje kolem 50-55 %. Zbytek tedy připadá na potěžeční zbytky a pařezy. Pokud se v České republice těží ročně kolem 15-16 mil. m³ dříví, teoreticky stejné množství dendromasy zůstává v našich lesích. Toto množství však nelze zpracovat z různých důvodů (technické, ekonomické, ekologické), takže se předpokládá efektivní využití 1/3 tohoto objemu,

tedy 5 mil. m³ dendromasy. V tomto odhadu není započítána dendromasa z prvních prořezávek (ročně 600 tis. m³) a dendromasa z prvních probírek (ročně 825 tis. m³). (Neruda a kol. 2013)

3. 9 Dostupnost dendromasy

3. 9. 1 Rizika odnámání dendromasy z lesních ekosystémů

Vzhledem k tomu, že při odnámání těžebních zbytků je celkový objem odebrané dendromasy větší než při běžném hospodaření, panují určité obavy, že to může ovlivnit koloběh přírodních látek a živin na úkor budoucího porostu a způsobovat postupnou degradaci lesních stanovišť. Kvalita stanoviště je dána mnoha faktory: zásobou živin v půdě, režimem půdní vlhkosti a hloubkou půdních horizontů. Tyto vlastnosti jsou v lesnické praxi vyjádřeny různými bonitními stupni. Proto je nutno si uvědomit, že by se dendromasa měla odebírat přednostně z porostů, které mají bonitu ohodnocenou stupněm vyšším než je průměrný. Na stanovištích s podprůměrnou bonitou by měla veškerá zbytková dendromasa zůstat, aby byl zajištěn přírodní koloběh látek. Bylo prokázáno, že totální odebrání drobného opadu zapříčinilo pokles produktivnosti zejména na chudších stanovištích. Proto je striktně zakázáno hrabání steliva v lesních porostech dle lesního zákona. Odebírání kmenového dříví, jako faktor snižující kvalitu stanoviště, nebylo prokázáno. Důvodem je zřejmě nestejný obsah živin v jednotlivých složkách dendromasy. (Neruda a kol. 2013)

3. 9. 2 Kategorizace lesů

V České republice v současnosti není v platnosti žádná vyhláška, která by striktně vymezovala lesní stanoviště, ze kterých lze bez obavy odnámát dendromasu a ze kterých nelze. Tato problematika je částečně řešena v zákoně č. 289/1995 Sb. (lesní zákon), kde je v v hlavě III., § 19 Užívání lesů, odstavec 1., uvedeno: „ Každý má právo vstupovat do lesa na vlastní nebezpečí, sbírat tam pro vlastní potřebu lesní plody a suchou na zemi ležící klest. Při tom je povinen les nepoškozovat a nenarušovat prostředí a dbát pokynů vlastníka“. Nelze však jednoznačně určit stanoviště, odkud lze dendromasu odebírat a odkud nelze. V lesním zákoně jsou proto specifikovány 3 kategorie lesů, na jejichž základě lze rozhodnout o možnostech odběru dendromasy:

- lesy hospodářské – z těchto lesů bude získávána největší část dendromasy, protože se jedná o lesy intenzivně využívané a obhospodařované a dobře zpřístupněné. Při odebírání však musí být

dodržena podmínka, bude zachována stálost a ekologická stabilita. Odebírání dendromasy by mělo vždy přinést pozitivní výsledek, ať už finanční, nebo např. při umělé obnově a nemělo by na lesní prostředí působit negativně.

- lesy zvláštního určení – i v těchto lesích lze odebírat dendromasy, pouze za předpokladu, že nebude negativně ovlivněna prioritní funkce těchto lesů, pro niž byly zařazeny do lesů zvláštního určení. Mezi lesy, kde lze odebírat biomasu, patří např. vojenské lesy, příměstské, lesy sloužící lesnickému výzkumu a výuce nebo lesy lázeňské. Mezi lesy zvláštního určení, kde není možné biomasu odebírat, patří především lesy pro zachování biologické diverzity, lesy v I. zónách CHKO, přírodních rezervacích a parcích, nebo lesy se zvýšenou funkcí půdoochranou, vodoochranou, klimatickou nebo krajinnou.
- lesy ochranné – zde se vylučuje odebírání jakékoli biomasy, z důvodu extrémně chudých podmínek a specifických podmínek.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, se sice odebíráním biomasy nezabývá, ale je všeobecně aplikován pro utlumení produkční funkce krajiny. Ve velkoplošných a maloplošných chráněných územích (národní parky, I. a II. zóny CHKO, národní přírodní rezervace, přírodní rezervace, národní přírodní památky a přírodní památky) je zakázáno používat intenzivní technologie a prostředky při hospodaření, které mohou způsobit změny v biologické rozmanitosti, struktuře a funkci ekosystémů, anebo nevratně poškodit půdní povrch, a proto i zde je nemožné biomasu odebírat. (Nikl 2007)

Dle metodiky ÚHÚL byla vypracována tabulka, která řeší a stanovuje vhodná a nevhodná stanoviště pro zisk zbytkové dendromasy. Vhodnost byla posuzována podle stanovištních podmínek a edafických kategorií, které nejsou závislé na ponechávání zbytkové dendromasy v porostech, z důvodu ochuzování stanoviště. Tato metodika byla vypracována rámcově pro celou Českou republiku v roce 2010. (Nikl a kol. 2015)

Tab. 1 Vhodnost odběru biomasy dle edafických řad a kategorií

Edafická řada	Edafická kategorie	Vhodný odběr zbytkové dendromasy	Nevhodný odběr zbytkové dendromasy
Extrémní	X, Z, Y		
Kyselá	K, I		
	M, N		
Živná	S, B, H		
	F, C, W		
Obohacená	D, A, J, L, U, V		
Oglejená	O, P, Q		
Podmáčená	T, G		
Rašelinná	R		

U nevhodných ekologických řad je ve výjimečných případech s přihlédnutím k současným přírodním stanovištním podmínkám zbytkovou dendromasu možno odebrat. Toto je možno jen ve výjimečných případech, kdy se daná nevhodná edafická kategorie nachází na malé a pro techniku snadno dostupné ploše a kde nehrozí poškození lokality. Jedná se např. o svahy, kde je těžba prováděna směrově po svahu a klest se hromadí na spodním konci svahu. Z hlediska lesní vegetační zonace jsou příhodnější podmínky v nižších a středních polohách, do 5. lesního vegetačního stupně. Ve vyšších lesních vegetačních stupních se odebírání dendromasy nedoporučuje.

V následující tabulce jsou vylišeny jednotlivé soubory lesních typů, které jsou vhodné pro odběr biomasy, a zároveň jsou zařazeny do cílových hospodářství.

Tab. 2 Vhodné SLT a cílové hospodářské soubory a podsoubory (Nikl a kol. 2015)

Soubory lesních typů	Cílové hospodářství
1-2 K, 1-2 I	23 a
1-2 S	23 b
1-2 B, 1-2 H	25 a
3-4 K, 3-4 I	43 a
3-4 S, 3-4 B, 3-4 H	45
5-6 K, 5-6 I	53
5-6 S, 5-6 B, 5-6 H	55

3. 9. 3. Terénní dostupnost

Využitelnost přijatelných stanovišť můžeme dále zpřesnit s přihlédnutím k terénní dostupnosti podle charakteristiky terénních typů. Hlavně porosty únosné bez větších terénních překážek se sklonem 0 až 40 % se jeví jako vhodné pro využití biomasy kvůli dostupnosti pro mechanizované technologie. Následující terénní typy se jeví jako dostupné pro sběr lesních těžebních zbytků: 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32, 33, 41 a 42. Obecně se jedná o stanoviště únosná, bez terénních překážek a sklonem 0 - 40 %. Terénní typy, které se jeví jako obtížně dostupné nebo nedostupné pro sběr lesních těžebních zbytků, jsou: 15, 16, 25, 26, 29, 35, 36, 39, 43, 45, 46, 49, 59, 69. Tyto terénní typy lze obecně charakterizovat jako stanoviště se sklonem nad 40 %, neúnosná a překážkami a nerovnostmi (Bureš a kol. 2009)

Další terénní klasifikace od různých autorů jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 3 Terénní klasifikace (Lesprojekt 1980)

Sklon terénu		1. únosné terény		2. neúnosné terény		3. terény s překážkami	
		Terénní typ	Skupina	Terénní typ	Skupina	Terénní typ	Skupina
1	Do 8 %	11	A	21	D	31	E
2	9 – 15 %	12		22		32	
3	16 – 25 %	13		23		33	
4	26 - 40 %	14	B	24		34	
5	Nad 40 %	15	C	25		35	

Starší terénní klasifikace, která je zobrazena v tabulce 3, vylisuje terénní typy na základě sklonu a sdružuje je do podobných skupin. Tyto skupiny sloužily pro určení vhodné technologie soustředování dříví.

Tab. 4 Nový návrh terénní klasifikace (Macků, Popelka a Simanov 1993)

Sklon v %	Edafické kategorie	Terénní typ	Charakteristika
≤ 10	M K S B W C I H	11	Trvale únosné, nerovnosti ○
≤ 10	X Z N A W	12	Trvale únosné, nerovnosti □
≤ 10	O P Q L V U (D)	13	Podmíněně únosné, nerovnosti ○
≤ 10	T G R V 9	15	Neúnosné
≤ 10	s překážkami (včetně Y, J)	16	Překážky (velké)
11-20	M K S B W C I H	21	Trvale únosné, nerovnosti ○
11-20	X Z N A W	22	Trvale únosné, nerovnosti □
11-20	O P Q L V U (D)	23	Podmíněně únosné, nerovnosti ○
11-20	T G R V 9	25	Neúnosné
11-20	s překážkami (včetně Y, J)	26	Překážky (velké)
11-20	Svážné (D9)	29	Podmíněně únosné až neúnosné, nerovnosti ○
21-33	M K S B W C I H	31	Trvale únosné, nerovnosti ○
21-33	X Z N A W	32	Trvale únosné, nerovnosti □
21-33	O P Q L V U (D)	33	Podmíněně únosné, nerovnosti ○
21-33	T G R V 9	35	Neúnosné
21-33	s překážkami (včetně Y, J)	36	Překážky (velké)
21-33	Svážné (D9)	39	Únosnost a nerovnosti různé, včetně překážek
34-50	C M K S B W F H	41	Trvale únosné, nerovnosti ○
34-50	X Z N A W	42	Trvale únosné, nerovnosti □
34-50	V U (D)	43	Podmíněně únosné, nerovnosti ○
34-50	V 9 U	45	Neúnosné
34-50	s překážkami (včetně Y, J)	46	Překážky (velké)
34-50	Svážné (D9)	49	Únosnost a nerovnosti různé
51-70	Extrémní (všechny)	59	Včetně všech překážek
≥ 71	Extrémní (všechny)	69	Včetně všech překážek
Nerovnosti ○	≤ 0,3 m s rozestupem ≤ 5 m		
Nerovnosti □	≤ 0,5 m s rozestupem ≤ 5 m		
Překážky	nerovnosti ≥ 0,5 m a užší než trojnásobek jejich hloubky při rozestupu ≤ 5 m		
Únosnost podloží	schopnost půdy odolávat účinkům vnějších sil, které v ní způsobují přechodné nebo trvalé deformace		
Únosné podloží	odolávání měrnému tlaku ve stopě ≥ 200 kPa, a to i při změnách vlhkosti půdy		
Neúnosné podloží	odolávání měrnému tlaku ve stopě ≤ 50 kPa		
Únosnost podmíněná	proměnlivá únosnost v rozmezí 50-200 kPa v závislosti na změnách okamžité vlhkosti půdy		

Terénní klasifikace v tabulce 4 tyto terénní typy vylišuje ještě navíc podle edafických kategorií a jsou zde blíže specifikovány terénní podmínky (např. velikosti překážek)

3. 10 Odstraňování dendromasy nehroubí z porostní plochy

Z ekologického hlediska by bylo nejlepší veškerou zbytkovou dendromasu nehroubí ponechávat na místě pro přirozený rozklad. Ale z hlediska umělé obnovy, ať už prováděné mechanizovaně či ručně, představuje tato dendromasa značnou překážku a proto dochází k jejímu odstraňování a to buď přímo v porostech, nebo se odváží k dalšímu zpracování. V následující kapitole si představíme základní principy likvidace této dendromasy. (Nikl 2007)

3. 10. 1 Likvidace lesních těžebních zbytků v porostu

Jedná se o nejjednodušší způsob likvidace těchto zbytků. Donedávna nejrozšířenější způsob likvidace bylo ruční shazování do valů či do hromad, které se ponechávaly při krajích porostů nebo rozptýleně po porostu, kde přirozeně zetlely. Součástí této ruční likvidace bylo také často pálení klestu, které se již dnes ve větší míře z ekologických důvodů nepreferuje a raději se tato dendromasa využívá jinak. Pálení se však dodnes provádí v lesních porostech menších vlastníků do 5 ha. Úklid těžebních zbytků je možný provádět i mechanizovaně, a to především pomocí shrnovačů klestu, které jsou nesený na SLKT nebo v jednodušší formě na UKT. Shrnovač klestu je tvořen pevným rámem, na kterém jsou upevněny výkyvné ocelové prsty, nejčastěji v počtu 3 – 5, které pomocí výkyvného odpružení kopírují terén a shrnují klest do valů, a to buď do porostních okrajů, nebo do pruhů, které jsou rozmístěny rovnoměrně po holině ve vzdálenosti 20–50 m. Další, dnes již nepoužívaná metoda je pohřbívání klestu s kombinací dozeru. (Neruda a kol. 2013)

Další metodou likvidace v porostu je dezintegrace těžebních zbytků nesenými drtiči nehroubí s následným zapracováním do svrchní části půdy. Výhodou je ponechání veškerého zbytkového materiálu na ploše a jeho postupný rozklad umožní pomalé navrácení živin do půdy. Nevýhodou je vysoká náročnost na výkon traktoru, protože drtiče jsou robustní nesené stroje, které nejsou příliš citlivé na poškození. Zbytky se mohou dezintegrovat na celé ploše, nebo pouze v pruzích, kde bude prováděna nová výsadba. Šíře pruhů je odvozena od velikosti a výkonu stroje, nejčastěji se pohybuje mezi 100 až 200 cm. Rovněž průměr zpracovávaného materiálu se liší, pohybuje se od 8 cm až do 25 cm u těch nejvýkonnějších strojů. (Neruda a kol. 2013)

3. 10. 2 Likvidace mimo porostní plochu

Využití těžebních zbytků nehroubí mimo porost může mít mnoho podob v závislosti na tom, za jakým účelem budou tyto zbytky využity. Okrajově se mohou těžební zbytky využívat jako zdobný klest pro účely vazby věnců, kytic, výzdobu interiérů, apod. Množství tohoto klestu, který je využit na ozdobné účely, je však velmi zanedbatelné a je především vázané pouze na určité období, např. Vánoce. Tento klest se těží podle přání a požadavků odběratele a využívají se často zbytky po výchovných zásazích. Dále je možno využít tyto zbytky jako technický klest pro zahradnické a sadovnické účely, kdy slouží k zákrytu pěstovaných rostlin. Z hlediska objemového má v dnešní době největší potenciál využívání těžebních zbytků na energetické účely, kdy se klest zpracovává především na energetické štěpky. (Neruda a kol. 2013)

Jedna ze základních definic štěpky: Lesní, či dřevní štěpka je strojně nakrájená a nadrcená dřevní hmota na částice o délce od 3 do 250 mm. Je získávána z odpadů lesní těžby a průmyslového zpracování dřeva nebo rychle rostoucích dřevin. Jedná se o levné biopalivo určené k vytápění větších budov nebo ke spalování v lokálních spalovnách. (Stupavský a Holý 2010)

Zpracování energetické štěpky je oproti technologické štěpce velmi jednoduché - jak po technické stránce, tak po stránce jakostní. Technologická štěpka musí splňovat konkrétní parametry rozměrů, jakosti, podílu zelené hmoty, kůry a příměsí. Parametry energetické štěpky se většinou omezují na velikost frakce, ta je dána zařízením, které bude štěpky spalovat. Kvalita a velikost frakce energetické štěpky je také závislá na strojním zařízení, které ji vyrobí. Energetická štěpka rovněž obsahuje příměsí, které vznikají při sběru těžebních zbytků (zemina, drny, apod.). V současné době platí pro tuhá biopaliva obecná norma ČSN EN ISO 17225-1, která definuje biopaliva podle původu – dřevní, bylinná a ovocná.

Štěpku lze rozdělit na 3 základní druhy podle obsahu jednotlivých částí stromu:

- zelená (lesní) štěpka – vyrábí se především z dehomogenizace těžebních zbytků po mýtní nebo předmýtní těžbě, rovněž se využívají celé stromky z prořezávek a výchovných zásahů. Jsou známy i technologie štěpkování celých stromů. Tyto technologie se v ČR využívají omezeně. Tato štěpka obsahuje veškeré části, tj. kůru, dřevo a asimilační aparát. Zelené štěpky se mohou dodávat v tunách, prostorových metrech nebo v m³. Převodní

koeficienty z prostorových metrů se pohybují kolem 0,38. Obsah vody bezprostředně po těžbě dosahuje hodnot kolem 50-60 % vody, v závislosti na době těžby, objemová hmotnost se pohybuje kolem 300 kg/m³. Obsah vody po přirozeném dosoušení přes léto na slunném a větrném místě jak ve formě neseštěpkovaného materiálu nebo samotné štěpky zpravidla klesá na 30 % po objemové hmotnosti 250 kg/m³. Výchřevnost této štěpky je vysoce závislá na obsahu vody, její hodnotu můžeme uvažovat v rozmezí 8 až 12 MJ/kg (Stupavský a Holý 2010).

- hnědá štěpka – v této štěpce jsou obsaženy pouze kůra a dřevo, případně velice malé množství asimilačního aparátu (do 5 %). Tato štěpka se může využívat na energetické účely, více se používá na výrobu desek a aglomerovaných materiálů. Převodní koeficienty se pohybují kolem 0,40 až 0,42.
- bílá štěpka – Neobsahuje žádné příměsi, pouze čisté dřevo a výhradně se používá na výrobu desek a aglomerovaných materiálů. Vzniká při pilařské výrobě jako odpadní produkt, nebo štěpkováním odkorněných kmenů na centrálních skladech. (Roček 1991)

3. 10. 3 Lokalita výroby energetické štěpky

Technologie zpracování těžebních zbytků můžeme rozdělit i podle místa zpracování. Nejčastěji se jedná o tyto 3 varianty:

- Na odvozní lince, nebo na lokalitě pařez – při tomto způsobu štěpkování se těžební zbytky nacházejí přímo na mýcené ploše, a to buď volně, nebo mohou být shazovány do hromad či valů, jak ručně tak i mechanizovaně. Štěpkovač pojíždí po ploše a výsledná štěpka je ukládána buď do zásobníku umístěném na štěpkovači, nebo na samostatném vozidle, které pojíždí po ploše spolu se štěpkovačem. Nevýhodou této technologie je velká pracnost a nákladnost při shromažďování klesu, ale především velmi malé využití síly štěpkovače. Rovněž není vhodné do míst, kde by byla poškozena přirozená obnova. Proto tato technologie není v České republice příliš rozšířená.

Obdobou této varianty je, pokud stroj pojíždí po linkách a drapákem na výložníku sbírá těžební zbytky nebo nehroubí po prořezávkách po obou stranách linky. Tato varianta se hodí především do prvních výchovných

zásahů, spolu s kombinací ručního snášení stromků k lince. (Neruda a kol. 2013)

- Lokalita odvozní místo – zde se těžební zbytky shromažďují z více ploch a z většího území. Zbytky, které jsou zde uloženy, tu mohou být ponechány i k přirozenému proschnutí v hromadách. Na odvozním místě je větší a především pevnější prostor pro manipulaci se zbytky a je zde prostor pro prostředky, které výslednou štěpku odváží rovnou k odběrateli. Odpadá tedy překládka štěpek ze štěpkovače či terénního prostředku na odvozní soupravu vybavenou pro odvoz štěpek kontejnery. Rovněž štěpkovač může být umístěn na silničním podvozku, protože nemusí pojíždět po ploše. Výhodou je velká výkonnost štěpkovače. Tato technologie je v České republice v současnosti nejrozšířenější pro relativně nízké náklady a vysokou produktivitu. Je zde možnost použít kombinaci se stromovou metodou, při které dochází ke kumulaci klestu na místě odvětvení, tj. na odvozním místě, a odpadá nutnost sběru těžebních zbytků po ploše a jejich vyvážení. (Nikl 2007)
- Centrální místo zpracování – jedná se především o sklady u velkoodběratelů (teplárny, spalovny). Tyto sklady jsou umístěny od místa těžby ve větší vzdálenosti a zbytky jsou tam většinou dodávány od více dodavatelů. Hlavní nevýhodou této varianty je vysoká nákladnost a malá efektivnost dopravy těžebních zbytků na tento sklad. Těžební zbytky se dopravují na sklad volně ložené, ale výhodnější je využití balíkovačů klestu, které zvýší objem přepravy klestu na vozidlo. Tyto balíky klestu je rovněž možno dopravovat pomocí obyčejné odvozní soupravy. Štěpkovače na těchto skladech jsou často stacionární, robustní a velmi výkonné. Proto je nutné mít zajištěn větší objem štěpkovaného materiálu na skladě a jeho plynulou dopravu. (Nikl 2007)

3. 11 Typy strojů pro výrobu štěpky

Stroje pro výrobu štěpky rozdělujeme podle pracovního ústrojí na 3 základní typy: bubnové, šnekové a diskové. Každý sekací stroj je vybaven ostrými noži a protinoži, které rotují a sekají dřevo, které je podáváno podél své osy do vstupního otvoru.

Bubnové sekací stroje – na rotujícím bubnu je umístěn různý počet ostrých nožů, které bývají umístěny rovnoběžně s jeho osou. Materiál je vkládán do podávacího otvoru a přítlačným válcem, který mačká štěpkovanou hmotu a umožňuje zpracování i chaoticky uspořádané klestu. U tohoto typu není zaručená stejná geometrie výsledné štěpky, právě z důvodu různorodé orientace klestu, který nemusí být sekán příčně, ale i podélně. Rovněž úhel řezu se mění. Pro energetickou štěpku je však tato nevýhoda naprosto nevýznamná. (Simanov a Kohout 2004)

Šnekové sekací stroje – u těchto strojů je hmota vkládána do spirály, která svou rotací mele hmotu. Velikost výsledné štěpky je možno regulovat nastavením stoupání spirály. Jedná se o konstrukčně nenáročný stroj s vysokou efektivitou výroby. Využívá se především pro výrobu energetické štěpky.

Diskové sekací stroje – oproti předchozím typům strojů je u diskových sekacích strojů nesmírná výhoda zachování stejných rozměrů a parametrů výsledné štěpky. Diskové sekací stroje jsou výhodné pro štěpkování dlouhého dříví a které není chaoticky uspořádané. Pokud se zpracovává chaoticky uspořádaný materiál, jsou přidávány přítlační a posuvné válce. U zpracování kratších kusů zde může hrozit vzpříčení materiálu, a proto jsou vstupní otvory menší. Tyto stroje se využívají pro výrobu štěpky, která je dále zpracovávána a neslouží primárně na energetické účely.

Pohon bývá zajištěn motorem traktoru, u velkých strojů pro energetickou náročnost vlastním motorem nezávislým na motoru traktoru. U stacionárních strojů na skladech zpracovatelů je pohon řešen silným elektromotorem. (Simanov a Kohout 2004)

4 Metodika a materiál

Při zpracování této diplomové práce bylo vycházeno z poznatků, které byly získány z odborné literatury a odborných učebnic, které jsou uvedeny v seznamu literatury. Při stanovení okamžité vlhkosti hroubí a nehroubí autor použil dvouhrotový vlhkoměr Elbez WHT 860 a pro laboratorní stanovení analyzátor vlhkosti Kern MLB – C s přesnou analytickou váhou. Samotný převoz nehroubí za účelem zjištění hmotnosti na váze zemědělských komodit Vishay Transducers probíhal pomocí traktoru Zetor 5211. Nedílnou pomocí byla i konzultace s personálem lesní správy, s panem Petrem Ondráčkem.

4. 1 Výběr porostů pro zjišťování biomasy

Porost 112A12, kde byl zjišťován objem a vlhkost biomasy, byl vybrán z důvodu plánované mýtní těžby, a také proto, že představuje typický porost pro tuto lesní správu. Jedná se o čistý smrkový porost ve věku 118 let. Pod porostem se objevují plošky přirozeného smrkového zmlazení, které musí zůstat při těžbě a samotném zpracování těžebních zbytků zůstat v maximální míře nepoškozeno. Plocha, která byla těžena, leží uvnitř porostu, a proto se zde nevyskytují žádné jedinci, kteří by dosahovali extrémních rozměrů (okraje cest, apod.). Porost je podle hospodářské knihy zařazen do souboru lesních typů 6H - hlinitá. Jedná se tedy o živná stanoviště, kde by odběr těžebních zbytků neměl přinést žádná rizika narušení koloběhu živin. Plocha celé porostní skupiny je 5,20 ha. Celková zásoba tohoto porostu je stanovena na 3 073 m³ bez kůry. Sklon terénu se pohybuje kolem 6 %, a proto je porost zařazen do terénního typu 11. Na ploše porostu se nevyskytují žádné velké překážky (balvany, výmoly).

4. 2 Zjišťování objemu biomasy ze vzorníků

Před zahájením mýtní těžby byla celá mýcená plocha vyprůměrkována naplno a jednotlivé stromy byly zařazené do jednotlivých 4 centimetrových tloušťkových intervalů. Výčetní tloušťka se měřila ve standardní výšce 1,3 m. Rovněž byly spočítány veškeré stromy určené k těžbě. Z každého intervalu byli vybráni 2 jedinci, kteří byli označeni, a z nich byl zjišťován objem biomasy. Celkově byl objem stanoven u 18 jedinců, z nichž bude poté objem stanoven na celou mýtní plochu. Vzorníky byly pokáceny a zpracovány klasickou sortimentní metodou pomocí motorové pily. U jednotlivých výřezů byla změřena délka a středový průměr a podle setinných krychlících tabulek byl stanoven objem výřezů bez kůry. Součtem jednotlivých výřezů z jednoho stromu byl získán celkový objem hroubí jednotlivých stromů. Po skácení

vzorníků byly okamžitě odebrány vzorky z jednotlivých částí kmene pro laboratorní stanovení sušiny. Vzorky byly odebírány z 3 míst, a to z kmene, cca. 1 m od oddenku, ze dřeva nehroubí z koruny a z asimilačního aparátu. Vzorky byly odebírány do uzavíratelného plastového sáčku, aby nedocházelo ke ztrátám vysycháním. Pro stanovení vlhkosti dřeva v lese byl použit hrotový vlhkoměr značky Elbez WHT 860. Tato vlhkost byla změřena na kmeni ve stejné vzdálenosti, kde probíhal odběr vzorků pro laboratorní stanovení, tj. 1 m od oddenku a ze dřeva nehroubí. Vlhkost vzorníku byla měřena v terénu přes kůru, v laboratorních podmínkách byla vlhkost měřena pouze z dřevní části. U nehroubí byla vlhkost měřena i s kůrou z toho důvodu, že při zpracování na energetickou štěpku je spolu s dřevní částí nehroubí zpracovávána i kůra. Pouze z asimilačního aparátu nebylo možné stanovit okamžitou vlhkost pomocí hrotového vlhkoměru, neboť asimilační aparát svou velikostí neumožňuje zapíchnutí obou hrotů.

Pro zjišťování hmotnosti nehroubí byly veškeré těžební zbytky z každého vzorníku nakládány na vozík za traktor, následně byly odvezeny do místa mého bydliště, kde byly zváženy v místním zemědělském podniku na digitální váze značky Vishay Transducers. Tato váha je určena k vážení zemědělských komodit a váží s přesností 1 kg. Ze zjištěné hmotnosti byla poté odečtena váha traktoru s prázdným vozíkem. Takto byla zjištěna hmotnost nehroubí u všech vzorníků. Z hodnot byl vypočten průměr pro jednotlivé intervaly.

4. 3 Laboratorní stanovení vlhkosti

Ze vzorků, které byly odebrány ihned po těžbě, byla v laboratorních podmínkách stanovena vlhkost pomocí analyzátoru vlhkosti Kern MLB – C. Do tohoto analyzátoru, ve kterém je zabudovaná velmi přesná analytická váha, vložíme na sušící misky vzorek a vložíme do analyzátoru. Samotné sušení probíhá pomocí halogenového krystalového 400 W zářiče. Vlhkost je automaticky odváděna mimo přístroj, aby neovlivňovala dále sušený vzorek. Výsledná hodnota vlhkosti je přímo stanovena na digitálním displeji analyzátoru v procentech. Vzorky odebírané z 3 míst, tj. hroubí, nehroubí a asimilační aparát, byly analyzovány vždy po 5 opakováních, aby byla zaručena správnost měření a eliminovaly se možné chyby. Hmotnost jednotlivých navážek byla vždy 5 g, aby bylo sušení co nejrychlejší a nejsnadnější. Při větší navážce trvá sušení déle, ale vůči vzorku je sušení přesnější. Pokud v sušeném vzorku již dále nestoupá % vlhkosti, analyzátor se automaticky vypne a uchová zjištěné výsledky. Zjištěné výsledky ze vzorků byly

přepočítány na celé vzorníky a následně byl spočítán celkový objem biomasy z jednotlivých intervalů. Stanovení objemu celkové biomasy bylo provedeno pomocí vzorce, který se aplikuje při stanovení sušiny atro metodou. Tento vzorec je uveden v Doporučených pravidlech pro měření a třídění dříví v České republice.

4. 4 Porovnání zjištěných výsledků s jinými autory

Zjištěné výsledky byly porovnány s jinými autory, kteří se danou metodikou zabývali, především s prací prof. Dejerala, který se touto problematikou dlouho zabýval a vytvořil tabulky s koeficienty výtěžnosti biomasy, ale objem biomasy stanovoval poněkud jinou metodou a také s diplomovými pracemi, které zpracovali autoři Novosad (2010) a Černota (2013). Pro přehlednost byly vlastní výsledky pro porovnání s ostatními autory uspořádány do přehledného grafu.

5 Výsledky

5. 1 Charakteristika území Lesního družstva obcí Přibyslav

Veškeré bližší informace o oblasti, ve které se nachází LHC Lesní družstvo obcí Přibyslav, byly převzaty z platného hospodářského plánu (1. 1. 2009 - 31. 12. 2018).

5. 1. 1 Poměry orografické

Dle orografického třídění náleží území LHC LDO Přibyslav ke geomorfologickému celku Českomoravská vysočina, zaujímá větší části geomorfologických podcelků Žďárské vrchy, Křižanovská vrchovina a okraj podcelku Železné hory. Nejvyšší polohu má část Žďárského masivu s nejvyšší lokalitou Brožova skála s nadmořskou výškou 780 m n. m., v části Ransko je nejvýše poloha Babylon 673m n. m. Nejnižší lokalita je v jižní části LHC na lesní správě Nové Veselí u Polákovy hájovny – 550 m n. m. Reliéf je charakterizován mírně zvlněnými tvary s převážně táhlými, plochými hřbety a poměrně rozsáhlými plošinami s charakteristickým střídavým zamokřením půd. (Anon. 2009)

5. 1. 2 Poměry hydrologické

Z hlediska hydrografického je území důležitou pramennou oblastí (CHOPAV Žďárské vrchy). Nachází se na hlavním evropském rozvodí mezi Severním a Černým mořem. Vody jsou odváděny do úmoří Severního moře řekami Doubravou a Sázavou a jejich přítoky. Řeka Oslava se svými přítoky odvádí vodu do úmoří Černého moře. (Anon. 2009)

5. 1. 3 Poměry geologické

Geologicky náleží území ke krystaliniku Českého masivu. Celý český masív, jehož součástí je Českomoravská vrchovina, je zbytkem starého (Hercynského) pohoří, které bylo pravděpodobně již začátkem starších třetihor zarovnáno v parovinu. Na území se vyskytují převážně migmatitické ruly až migmatity střídané ortorulami a amfibolity. V S části vystupují fility a amfibolický granodiorit. Výjimečnou stavbu má ranský masív, který je tvořen hlubinnými ultrabazickými horninami (gabra a gabrodiority) a s menšími výchozy hadců. Mezi obcemi Krucemburk a Hluboká se nachází křídový výběžek tvořen pískovci a opukami. Pokryvy tvoří svahoviny, balvanové soliflukční proudy a rašeliny. (Anon. 2009)

5. 1. 4 Poměry pedologické

Půdní poměry odpovídají zastoupeným lesním typům. Obecně dominují dystrické kambizemě. Ve vyšších polohách se na stanovištích neovlivněných vodou vyskytuje kryptopodzol typický, na kyselých st. oligotrofní a na živných stanovištích mezotrofní. Při přechodu do 5. lesního vegetačního stupně přechází kryptopodzol do kambizemě typické. Na kamenitých st. je zastoupena kambizem rankerová. Na extrémních kyselých st. se nachází litozem typická silikátová a na extrémních živných st. se nachází ranker typický. Na hlinitých stanovištích převládá kambizem luvizemní až luvizem typická. Na půdách ovlivněných střídavým zamokřením se vyskytuje kryptopodzol pseudoglejový až pseudoglej typický. Stanoviště obohacená proudící vodou jsou typická pro glej pseudoglejový. Možné jsou i přechody do dalších glejových subtypů. Podmáčené stanoviště jsou typické pro gleje rašelinové, typické zbahnělé nebo humózní. Na stanovištích s vysokou vrstvou rašeliny jsou zastoupeny organozemě typické až glejové.

Pro celé území je z hlediska hydrologického výrazné zastoupení lesních půd ovlivněných vodou. Jsou to především rašeliny a olšiny (edafické kategorie R, L), prameniště, plochy (většinou mírné až střední svahy) s proudící vodou v půdním profilu (svahové semigleje kategorie V), trvale zamokřená dna a aluvia (kategorie G) a výrazné zastoupení střídavě zamokřené půdy na uléhavých a nepropustných spodinách (pseudogleje – edafická kategorie O, P). (Anon. 2009).

5. 1. 5 Poměry bioklimatické

LHC Lesní družstvo obcí Přibyslav je z hlediska klimatu rozděleno do několika oblastí a okrsků. Jsou to tyto oblasti a okrsky:

- C – chladná oblast
okrsek C₁ – mírně chladný - zaujímá pouze nejvyšší část Žďárského masivu
- B – Mírně teplá oblast
okrsek B₈ – mírně teplý, vlhký, vrchovinný – tvoří přechodnou oblast
okrsek B₅ - mírně teplý, mírně vlhký, vrchovinný – nižší polohy LHC

Dle Quitta je území členěno na tyto klimatické oblasti:

- CH 7 – chladná oblast (většina území LHC)
- MT 3 – mírně teplá oblast (výběžek západně od Žďáru nad Sázavou)
- MT 5 – mírně teplá oblast (pouze na jihovýchodním okraji LHC)

Průměrná roční teplota vzduchu je na převážné části území v rozmezí 6 – 7 °C. Polohy nad 650 m n. m. mají průměrnou teplotu pod 6°C a polohy nad 700 m n. m. mají teplotu pod 5°C.

Roční průměrný úhrn srážek je v nejvyšších polohách komplexu Žďárského masívu nad 800 mm, polohy nad 600 m n. m. (většina území LHC) nad 700 mm.

Z hlediska převládajících a nebezpečných větrů převládají větry západní a severozápadní, a to jak ve vegetačním, tak i v zimním období. V zimním období se projevuje zvýšené zastoupení jihovýchodního proudění, které přináší teplý a vlhký vzduch, který při vstupu do chladnějších poloh namrzá na podchlazených stromech a vytváří výrazné nebezpečí námrazy, hlavně na jižních a jihovýchodních expozicích.

Počet dní se sněhovou pokrývkou je výrazně rozdílný od 60 do 120 dní v centru komplexu Žďárských vrchů. V nižších polohách je významný výskyt těžkého mokrého sněhu.

Průměrná délka vegetační doby je cca 140 dní. Ve vyšších polohách je pouze kolem 120 dní. Délka vegetační doby je výrazně ovlivňována i mezoklimaty. Nejvýznamnějším faktorem je častý výskyt mrazových poloh ve sníženinách a na podmáčených lokalitách. (Anon. 2009)

5. 1. 6 Základní údaje o LDO Příbyslav a předmět jeho činnosti

Lesní družstvo obcí se sídlem v Příbyslavi (dále jen LDO), obnovené po 36 letech v roce 1995, hospodaří na více než 5700 ha lesní půdy. Vlastníkem obhospodařovaného majetku je 44 podílnických obcí v regionu Žďársko a Příbyslavsko v centrální části Českomoravské vrchoviny. Na většině území LHC se nachází 6. lesní vegetační stupeň – smrkobukový, který zabírá plochu ze 79 %. Přibližně na 19% území se vyskytuje 5. lesní vegetační stupeň – jedlobukový. Na podmáčených stanovištích v mrazových polohách se nachází v malé míře, asi 1 % 7. lesní vegetační stupeň – bukosmrkový. Na zbytku území LHC (1 %) se nacházejí přirozená borová stanoviště, SLT 0C.

Celé území LHC patří do přírodní lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina. Podle údajů z oblastních plánů rozvoje lesa pro lesní oblast 16, byly porosty na území LHC LDO Příbyslav zařazeny do pásem ohrožení imisemi D a C. (Anon. 2009)

Veškerý majetek je obhospodařován pomocí 3 lesních správ, které jsou dále členěny na jednotlivé lesnické úseky. Součástí LDO je také Oddělení lesnických služeb se sídlem v obci Sklené.

Základní činností LDO je obhospodařování svěřeného lesního majetku, zajištění výkonu lesního odborného hospodáře na privátních majetcích, výkup a doprava dřeva, zajištění komplexních služeb pro malé vlastníky lesů v regionu. Doplnkovou aktivitou je zajištění poplatkových lovů ve vlastní honitbě, prodej řeziva a plošného materiálu, pronájem rekreačních zařízení, chov ryb, specializovaný maloobchod, vnitrostátní nákladní doprava, vedení účetnictví, ošetřování rostlin proti škodlivým činitelům, atd.. (Kamarád 2005)

5. 1. 7 LHP LDO Přibyslav

Lesní hospodářský plán Lesního družstva Přibyslav byl zpracován na decennium od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2018 a navazuje na lesní hospodářský plán vyhotovený na období od 1. 1. 1999 do 31. 12. 2008. Zpracovatelem plánu je Lesprojekt Brno, a.s., Jezuitská 12, 602 00 Brno. Plán je zpracován pro celý lesní hospodářský celek Lesního družstva obcí Přibyslav, který se organizačně člení na 3 lesní správy, které se dále člení na 11 jednotlivých lesnických úseků. Lesnický úsek Slavětín, na kterém je zpracována tato diplomová práce má výměru 652,54 ha a patří pod lesní správu Staré Ransko. Přehled jednotlivých výměr pozemků LHC LDO Přibyslav dle jejich zařazení je uveden v následující tabulce č. 5. (Anon. 2009)

Tab. 5 Přehled ploch na území LHC LDO Přibyslav

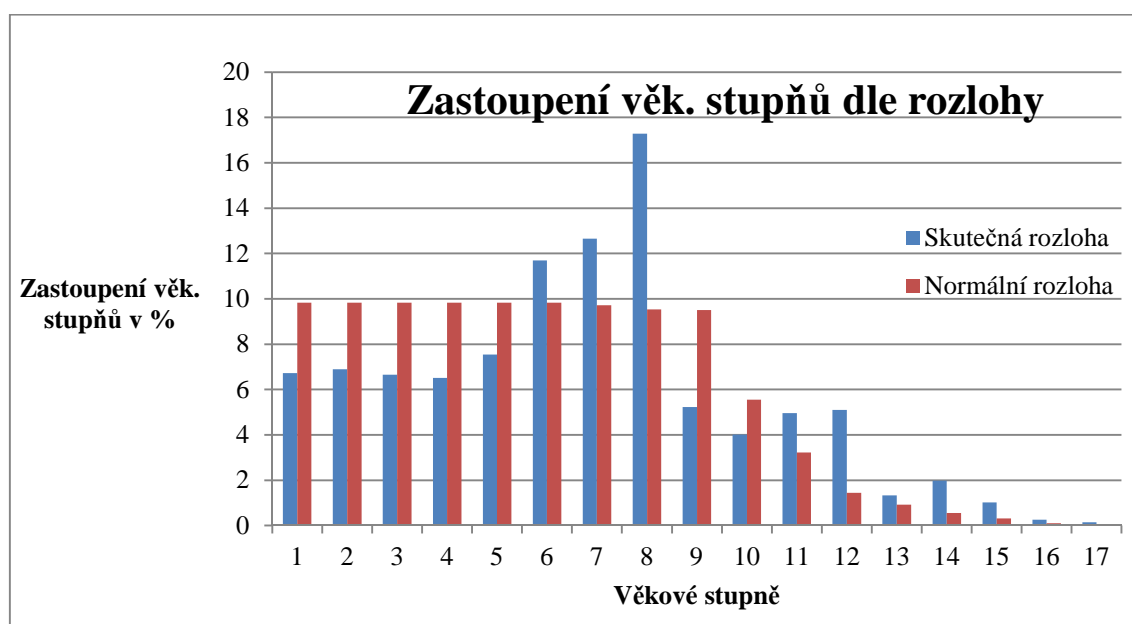
Ostatní pozemky	Porostní půda	Bezlesí	Lesní pozemky	Celkem PUPFL	Jiné pozemky
178,52	5613,16	49,94	5663,10	5716,76	53,66

LHC LDO Přibyslav je vyčleněn z bývalých LHC Přibyslav, Nové Město na Moravě, Nasavrky a Jihlava. Katastrální výměra majetku činí 5895,3041 ha, zařízená výměra v LHP je 5895,28 ha. Rozdíl tvoří parcely pod 50 m², které nelze zahrnout do skupin parcel. Veškeré hranice a pozemky LDO jsou v terénu zřetelně vytyčeny kamennými mezníky a souvislými hraničními příkopy. Celé území LDO je podle

územně - správního členění zařazeno do Kraje Vysočina, do okresů Havlíčkův Brod a Žďár nad Sázavou. (Anon. 2009)

5. 1. 8 Věková a druhová skladba porostů

Věková skladba porostů na území LHC je z hlediska vyrovnanosti jednotlivých věkových stupňů značně nevyrovnaná. Mladé porosty 1. až 5. věkového stupně jsou cca. 20 až 30 % pod normální výměrou. U ostatních věkových stupňů, vyjma 9. a 10. věkového stupně, je patrný dvojnásobný až trojnásobný nadbytek. Pro větší přehlednost jsou rozdíly mezi jednotlivými věkovými stupni uvedeny v grafu č. 1. Starší věkové stupně, u nichž je nadbytek, jsou pozůstatky porostů, které přežily velké kalamity, kterými bylo lesní družstvo postihnuto ve 30. letech minulého století. Největší kalamita na území budoucího lesního družstva byla 26. – 27. října roku 1930. Na území padlo přes 470 000 m³ polomu. Tato kalamita měla nejvýznamnější vliv na věkovou rozrůzněnost porostů. Zastoupení jednotlivých věkových stupňů je znázorněno v následujícím grafu. (Kamarád 2005)



Obr. 1 Graf rozložení věkových stupňů na území LDO Příbyslav

Ač je na většině území 6. lesní vegetační stupeň – smrkobukový (79 %), je zde většina porostů, kde byl v minulosti upřednostňován pouze smrk. Čisté bukové porosty se zachovaly především na hřebeni ranského masivu, kde tvoří nádherné dominantní bukové porosty. Od obnovení družstva v roce 1995 je kladen větší důraz na obnovení přirozené druhové skladby, především zvýšení podílu jedle a buku. Celkové zastoupení jednotlivých dřevin je v následující tabulce.

Celková zásoba dřevní hmoty je dle platného hospodářského plánu stanovena na 1 940 350 m³ bez kůry. Průměrná hodnota zásoby dřevní hmoty na 1 ha se pohybuje kolem 330 m³ bez kůry.

Tab. 6 Jehličnaté dřeviny

Dřevina	SM	BO	MD	JD	DG	Ostatní jehličnaté	Celkem
Zásoba v (%)	89,89	3,37	1,18	0,43	0,05	0,02	94,94
Plocha v (%)	83,32	4,08	1,29	0,77	0,10	0,03	89,59

Tab. 7 Listnaté dřeviny

Dřevina	BK	JV	JS	BR	OL	Ostatní listnaté	Celkem
Zásoba v (%)	2,52	0,19	0,53	0,30	1,50	0,02	5,06
Plocha v (%)	5,21	0,57	0,81	0,54	3,21	0,07	10,41

Z výše uvedených tabulek je vidět výrazná převahu smrkových porostů na úkor ostatních dřevin, především buku, který by zde měl dominovat. Tyto skutečnosti vznikly v minulosti velkými kalamitními plochami, které byly ve velké míře zalesňovány smrkem, který produkoval velké množství potřebné dřevní hmoty. Proto bude většina lesní štěpky ze smrkových porostů a jen velmi malé procento objemu bude listnatá štěpka.

5. 1. 9 Hospodářské soubory

Na základě přírodních podmínek a po zhodnocení současného stavu lesa bylo celkem vylišeno na území LHC 17 hospodářských souborů. Z těchto 17 souborů je

celkem 8 souborů pro kategorii lesa hospodářského a 9 souborů pro kategorii lesa zvláštního určení. Pro přehled jsou v následující tabulce uvedeny veškeré hospodářské soubory, které se na území LHC v kategorii lesa hospodářského nacházejí. Tyto hospodářské soubory jsou z důvodu zařazení do hospodářského lesa nejvhodnější pro zisk zbytkové dendromasy z mýtních těžeb, pouze u hospodářského souboru 51 – hospodářství exponovaných stanovišť vyšších poloh by nemělo probíhat odebírání dendromasy z důvodu rizika ohrožení následujících porostů a degradaci půdy. Tento soubor však zaujímá pouze malé procento výměry, a tak není z hlediska zisku dendromasy důležitý. Největší zastoupení zaujímá hospodářský soubor 571 – hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh, který má rozlohu 2644,95 ha. To je skoro 47,2 % porostní půdy LHC.-

Tab. 8 Přehled hospodářských souborů v kategorii lesa hospodářského

Označení	Hospodářský soubor	Plocha v ha	Plocha v %
131	13 – hospodářství přirozených borových stanovišť	55,75	0,99
511	51 – smrkové hospodářství exponovaných stanovišť vyšších poloh	9,81	0,17
531	53 – smrkové hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh	1313,79	23,41
551	55 – smrkové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh	452,93	8,07
556	55 – bukové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh	131,18	2,34
571	57 – smrkové hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh	2644,97	47,12
577	57 - hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh	43,74	0,78
591	59 – smrkové hospodářství podmáčených stanovišť vyšších poloh	234,78	4,18
Celkem lesy hospodářské:		4886,93	87,06

5. 2 Výsledky měření vzorníků

5. 2. 1 Základní parametry vzorníků

V následující tabulce jsou uvedeny základní taxační veličiny porostu 112A12, ve kterém byla zaznamenána data pro zjištění potenciálního množství biomasy u LDO Příbyslav. Porost je již rozpracován pro přirozenou obnovu pomocí postupného uvolňování kotlíků přirozené obnovy. V místě, kde byla získávána data, byl vytvořen větší kotlík o rozměrech cca. 40 x 50 m.

Tab. 9 Taxační veličiny porostu

Porost:	Plocha por. skupiny:	Lesní typ:	LVS
112A12	5,20 ha	6H1	6
Hospodářský soubor:	551	Věk:	118
Zakmenění:	9	Zastoupení: (%)	SM 100
Výčetní tloušťka (cm):	42	Průměrná výška: (m)	32
Objem středního kmene: (m³ b. k.)	1,80	Bonita absolutní:	30
Zásoba celkem: (m b. k.)	3073	Těžba: (m b. k.)	130

Výsledky měření vzorníků, tj. skutečný objem v m³ bez kůry, a hmotnost nehroubí v čerstvém po skácení jsou uvedeny v následující tabulce. Pro lepší orientaci jsou jednotlivé výsledky z měření vzorníků rozděleny do jednotlivých tabulek dle vzorníků.

Tab. 10 Výsledky měření vzorníků z 1. zkusné plochy dle tloušťkových intervalů

Vzorníky měřené dle jednotlivých intervalů na 1. zkusné ploše		
Tloušťkové intervaly	Skutečný objem kmene (m ³ b. k.)	Hmotnost nehroubí (kg)
26	0,53	83
30	0,85	96
34	1,14	118
38	1,26	148
42	1,53	171
46	1,71	213
50	1,86	229
54	2,15	264
58	2,69	313

Tab. 11 Výsledky měření vzorníků z 2. zkusné plochy dle tloušťkových intervalů

Vzorníky měřené dle jednotlivých intervalů na 2. zkusné ploše		
Tloušťkové intervaly	Skutečný objem kmene (m ³ b. k.)	Hmotnost nehroubí (kg)
26	0,61	93
30	0,71	102
34	1,05	138
38	1,47	163
42	1,62	203
46	1,84	239
50	1,98	263
54	2,37	287
58	2,94	389

Výsledky měření na obou zkusných plochách ukazují vzrůstající tendenci hmotnosti nehroubí se stoupajícím objemem jednotlivých vzorníků. Hmotnost nehroubí se pohybuje většinou ve stejných hodnotách, i když někteří jedinci ve stejném tloušťkovém intervalu (např. interval 58) dosahují dosti odlišných hodnot.

Tab. 12 Vlhkosti vzorníků na 1. zkusné ploše

Vzorníky na 1. zkusné ploše: vlhkost měření v terénu		
Tloušťkové intervaly v cm	Vlhkost hroubí v %	Vlhkost nehroubí v %
26	78,14	51,32
30	79,58	53,48
34	77,46	51,95
38	82,41	50,87
42	82,98	51,38
46	80,24	50,41
50	81,69	52,59
54	81,59	54,68
58	82,17	53,07
Průměrná vlhkost:	80,69	52,19

Tab. 13 Vlhkost vzorníků na 2. zkusné ploše

Vzorníky na 2. zkusné ploše: vlhkost měření v terénu		
Tloušťkové intervaly v cm	Vlhkost hroubí v %	Vlhkost nehroubí v %
26	79,56	49,25
30	77,64	52,36
34	78,58	50,84
38	80,52	53,69
42	81,17	50,47
46	80,57	49,92
50	81,82	52,32
54	80,63	53,21
58	81,29	51,39
Průměrná vlhkost:	80,20	51,49

Při stanovení vlhkosti v laboratoři pomocí analyzátoru vlhkosti byla brána v potaz podobná vlhkost, a proto bylo odebráno 5 vzorků z hroubí a nehroubí a ještě 5 vzorků asimilačního aparátu, tj. jehličí. Pomocí dvouhrotového vlhkoměru nebylo možno stanovit vlhkost jehličí, a proto byla vlhkost stanovena pouze laboratorně.

Tab. 14 Laboratorně stanovená vlhkost vzorků

Číslo vzorku	Vlhkost dřeva hroubí bez kůry v (%)	Vlhkost nehroubí v (%)	Vlhkost asimilačního aparátu v (%)
1	60,70	46,32	48,59
2	59,87	47,86	48,13
3	63,45	45,83	46,47
4	62,11	46,26	48,67
5	59,25	47,79	49,23
Průměr:	61,08	46,81	48,22

Při porovnání vlhkosti stanovené v terénu dvouhrotovým vlhkoměrem a v laboratorních podmínkách, lze vidět značný pokles vlhkosti u dřeva bez kůry, skoro o 20%. Tato skutečnost je způsobena kůrou, kde probíhá většina vodivých pletiv stromu. U nehroubí jsou vlhkosti stanovené v terénu a v laboratoři podobné.

5. 2. 2 Stanovení objemové hmotnosti kmene

Z důvodu nemožnosti zvážit jednotlivé kmene vzorníků v porostu a tím zjistit jejich přesnou objemovou hmotnost v kg byla tato hmotnost zjištěna pomocí modifikovaného vzorce, který byl převzat z doporučených pravidel pro měření a třídění

dříví v České republice 2008. Na základě okamžité vlhkosti (%) a absolutní hmotnosti suchého dřeva (kg/m^3) bude stanovena hmotnost vlhkého dřeva (%). Tento vzorec byl již aplikován při zjišťování objemu dendromasy v jiných diplomových pracích (Novosad 2010, Černota 2013), se kterými budou mimo jiné výsledky porovnány.

Vzorec pro stanovení objemové hmotnosti hroubí :

$$W = m_w - m_o / m_o * 100 [\%]$$

W – vlhkost dřeva (%)

m_w – hmotnost mokrého dřeva (kg/m^3)

m_o – hmotnost absolutně suchého dřeva (kg/m^3)

Absolutní hmotnost suchého dřeva (smrkového) byla stanovena dle skript Nauka o dřevě na 420 kg/m^3 . (Gandelová a Horáček 2002)

$$W = 61,08 \%$$

$$m_o = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$W = m_w - m_o / m_o * 100$$

$$m_w = m_o + W * m_o / 100$$

$$m_w = 420 + 61,08 * 420 / 100$$

$$m_w = 675,5 \text{ kg/m}^3$$

Obdobně lze stanovit i měrnou hmotnost nehroubí, kdy je známa zjištěná vlhkost 46,81 %.

$$W = m_w - m_o / m_o * 100 [\%]$$

W – vlhkost dřeva (%)

m_w – hmotnost mokrého dřeva (kg/m^3)

m_o – hmotnost absolutně suchého dřeva (kg/m^3)

$$W = 46,81 \%$$

$$m_o = 420 \text{ kg/m}^3$$

$$W = m_w - m_o / m_o * 100$$

$$m_w = m_o + W * m_o / 100$$

$$m_w = 420 + 46,81 * 420 / 100$$

$$m_w = 616,6 \text{ kg/m}^3$$

Měrná hmotnost nehroubí (bez asimilačního aparátu) je $616,6 \text{ kg/m}^3$. Jedná se pouze o informační údaj, neboť pro stanovení objemu zbytkové dendromasy podle sortimentačních tabulek prof. Dejerala je nutno znát objemovou hmotnost kmene, a proto je dále počítáno s hmotností $675,5 \text{ kg/m}^3$.

5. 2. 3 Stanovení koeficientů výtěžnosti dle jednotlivých tloušťkových intervalů

Dle výše stanovené objemové hmotnosti dříví získáme hmotnost jednotlivých stromů z tloušťkových intervalů. Na základě této hmotnosti dříví stanovíme jednotlivé koeficienty nadzemní biomasy. Přepočtená hmotnost hroubí je zaokrouhlována na celé kilogramy.

Tab. 15 Koeficienty výtěžnosti vzorníků na 1. zkusné ploše

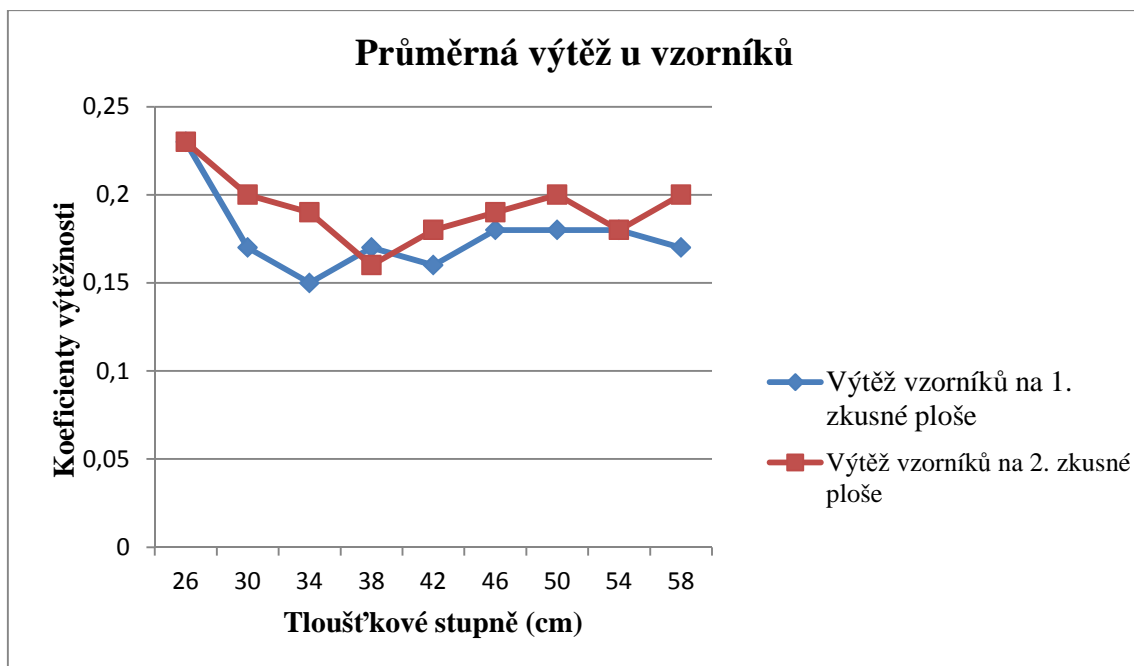
Tloušťkový interval	Objem hroubí v m³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Hmotnost nehroubí v kg	Koeficient výtěžnosti
26	0,53	358	83	0,23
30	0,85	574	96	0,17
34	1,14	770	118	0,15
38	1,26	851	148	0,17
42	1,53	1033	171	0,16
46	1,71	1155	213	0,18
50	1,86	1256	229	0,18
54	2,15	1452	264	0,18
58	2,69	1817	313	0,17
Průměr:	1,52	1030	182	0,18

Tab. 16 Koeficienty výtěžnosti vzorníků na 2. zkusné ploše

Tloušťkový interval	Objem hroubí v m³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Hmotnost nehroubí v kg	Koeficient výtěžnosti
26	0,61	412	96	0,23
30	0,71	479	94	0,20
34	1,05	709	138	0,19
38	1,47	992	163	0,16
42	1,62	1094	203	0,18
46	1,84	1242	239	0,19
50	1,98	1337	263	0,20
54	2,37	1600	287	0,18
58	2,94	1985	389	0,20
Průměr:	1,62	1094	208	0,19

Tab. 17 Průměrné hodnoty koeficientů výtěžnosti

Tloušťkový interval	26	30	34	38	42	46	50	54	58
1. vzorníky	0,23	0,17	0,15	0,17	0,16	0,18	0,18	0,18	0,17
2. vzorníky	0,23	0,20	0,19	0,16	0,18	0,19	0,20	0,18	0,20
Průměrné hodnoty:	0,23	0,19	0,17	0,17	0,17	0,19	0,19	0,18	0,19



Obr. 2 Porovnání zjištěných koeficientů výtěžnosti

Z grafu jsou patrné vyšší zjištěné koeficienty výtěžnosti u vzorníků z 2. zkusné plochy, i přesto že se obě plochy nacházejí ve stejném porostu a ve stejných přírodních podmínkách. Toto může být způsobeno např. větším slunečním nebo vodním požitkem pro vzorníky z 2. zkusné plochy.

5. 2. 4 Stanovení hmotnosti nadzemní biomasy podle tabulek prof. Dejerala

V této variantě je celková výtěž dendromasy vypočtena podle návodu, který je uveden v sortimentačních tabulkách prof. Dejerala, tj. kde se dosazuje měrná objemová hmotnost $0,740 \text{ t/m}^3$. Poté bude tentýž výpočet proveden s koeficientem, který byl vypočítán autorem této práce, tj. $0,6755 \text{ t/m}^3$. Zjištěné výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tab. 18 Hmotnost dendromasy dle prof. Dejmalu u 1. vzorníků, měrná hmot. 0,740 t/m³

Tloušťkový interval	Objem hroubí v m ³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Výtěž jehličí v kg	Výtěž dřeva z větví v kg	Výtěž celkem v kg
26	0,53	392	27	39	66
30	0,85	629	38	63	101
34	1,14	844	42	84	126
38	1,26	932	47	93	140
42	1,53	1132	45	113	158
46	1,71	1265	51	127	178
50	1,86	1376	55	138	193
54	2,15	1591	63	159	222
58	2,69	1991	79	199	278

Tab. 19 Hmotnost dendromasy dle prof. Dejmalu u 2. vzorníků, měrná hmot. 0,740 t/m³

Tloušťkový interval	Objem hroubí v m ³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Výtěž jehličí v kg	Výtěž dřeva z větví v kg	Výtěž celkem v kg
26	0,61	451	31	45	76
30	0,71	525	32	53	85
34	1,05	777	39	78	117
38	1,47	1088	59	109	168
42	1,62	1199	48	120	168
46	1,84	1362	54	136	190
50	1,98	1465	59	147	206
54	2,37	1754	70	175	245
58	2,94	2176	87	218	305

Zjištěné hodnoty hmotnosti dendromasy, výše uvedené byly spočítány podle měrné hmotnosti, stanovené prof. Dejmallem 0,740 t/m³. Tyto výsledky nemusí odpovídat skutečnému množství biomasy na zkusných plochách, protože měrná hmotnost 0,740 t/m³ byla stanovena v rámci mnoha měření prof. Dejmalu a neodpovídá zjištěné měrné hmotnosti přímo na zkusných plochách autorem.

5. 2. 5 Stanovení hmotnosti dendromasy na základě vypočtené měrné hmotnosti

Nyní je do výpočtu dosazena měrná objemová hmotnost 0,6755 t/m³, která byla zjištěna při stanovení vlhkosti vzorníků.

Tab. 20 Hmotnost dendromasy u 1. vzorníků, měrná hmotnost 0,6755 t/m³

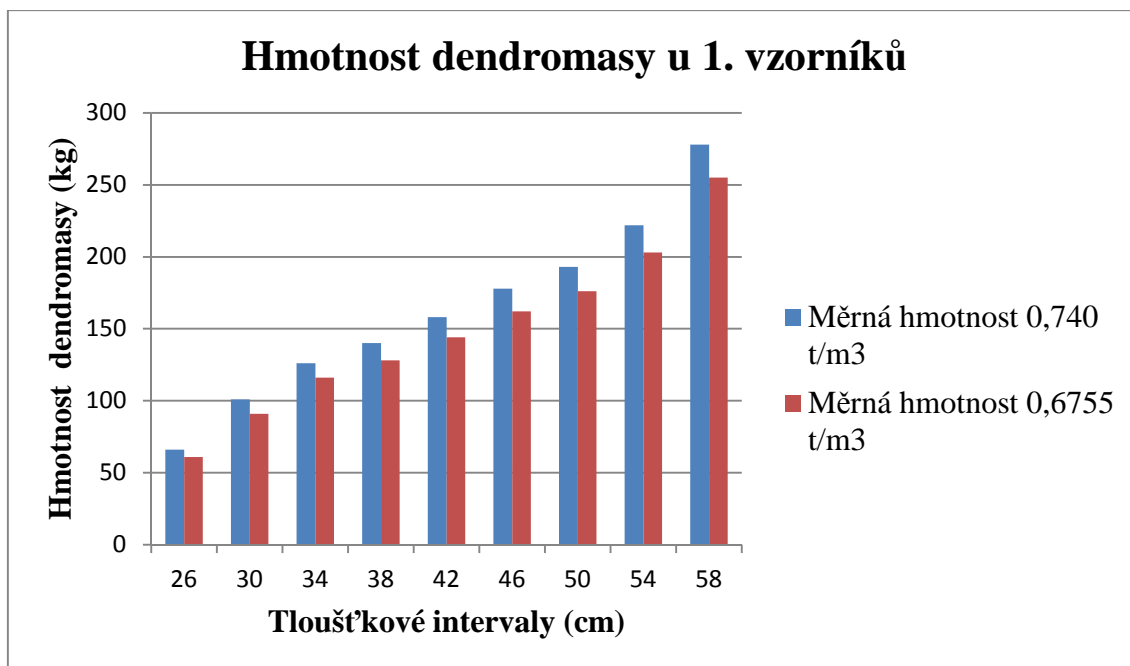
Tloušťkový interval	Objem hroubí v m ³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Výtěž jehličí v kg	Výtěž dřeva z větví v kg	Výtěž celkem v kg
26	0,53	358	25	36	61
30	0,85	574	34	57	91
34	1,14	770	39	77	116
38	1,26	851	43	85	128
42	1,53	1034	41	103	144
46	1,71	1155	46	116	162
50	1,86	1256	50	126	176
54	2,15	1452	58	145	203
58	2,69	1817	73	182	255

Tab. 21 Hmotnost dendromasy u 2. vzorníků, měrná hmotnost 0,6755 t/m³

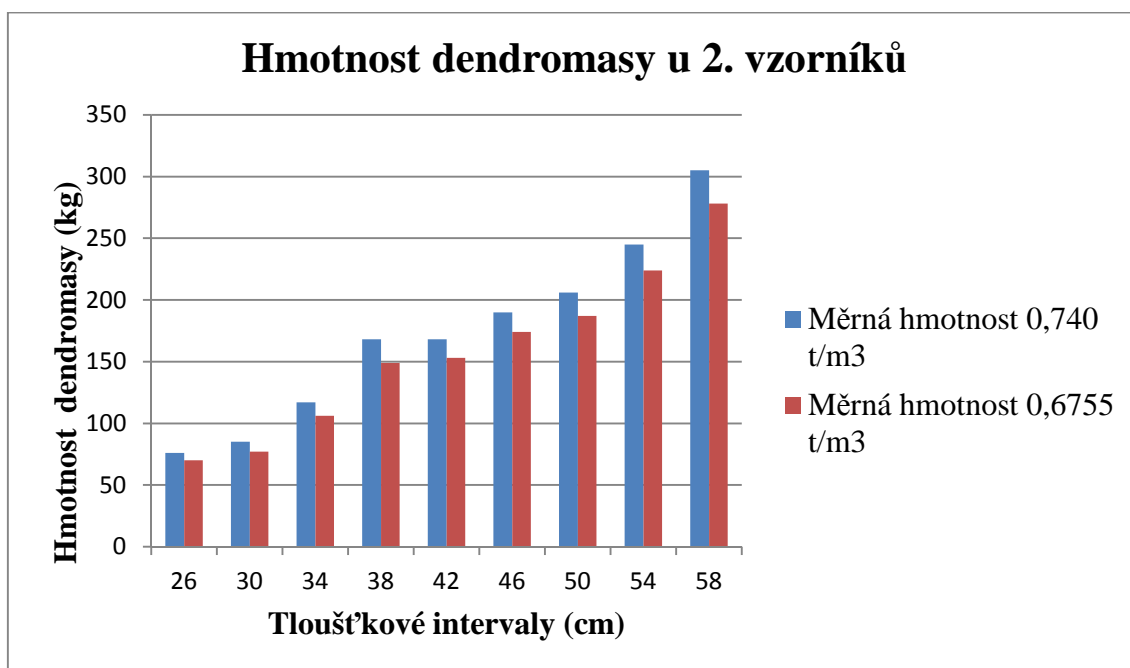
Tloušťkový interval	Objem hroubí v m ³ bez kůry	Hmotnost hroubí v kg	Výtěž jehličí v kg	Výtěž dřeva z větví v kg	Výtěž celkem v kg
26	0,61	412	29	41	70
30	0,71	480	29	48	77
34	1,05	709	35	71	106
38	1,47	992	50	99	149
42	1,62	1094	44	109	153
46	1,84	1243	50	124	174
50	1,98	1337	53	134	187
54	2,37	1601	64	160	224
58	2,94	1986	79	199	278

Tab. 22 Průměrná hmotnost vzorníků

Tloušťkový stupeň	1. vzorník – hmotnost v kg	2. vzorník – hmotnost v kg	Průměr v kg
26	61	70	66
30	91	77	84
34	116	106	111
38	128	149	139
42	144	153	149
46	162	174	168
50	173	187	182
54	203	224	214
58	255	278	266



Obr. 5 Porovnání hmotnosti dendromasy dle prof. Dejerala u 1. vzorníků



Obr. 6 Porovnání hmotnosti dendromasy dle prof. Dejerala u 2. vzorníků

U všech tloušťkových intervalů jsou vlastní zjištěné hmotnosti nižší, což je způsobeno nižší stanovenou měrnou hmotností. Tato měrná hmotnost, a tudíž zjištěné hmotnosti jednotlivých tloušťkových intervalů, lépe charakterizují porost, ve kterém byla data zpracována.

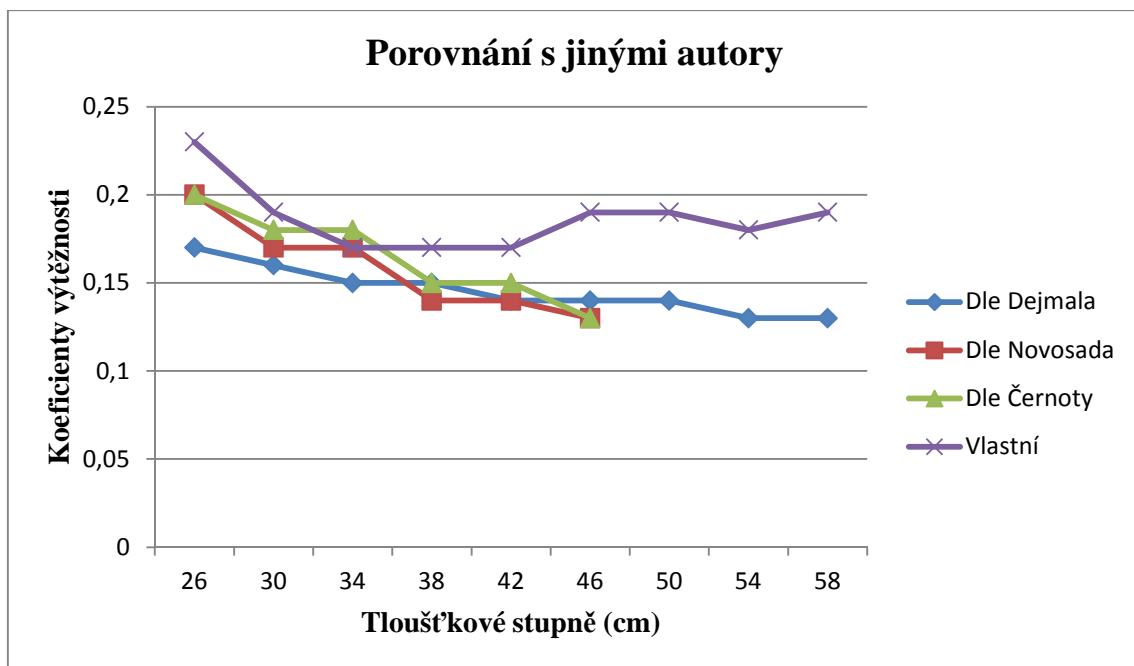
5. 2. 6 Porovnání koeficientů výtěžnost s jinými autory

Pro posouzení byly výsledné koeficienty zjištěné na vzornících porovnány s jinými autory, především s prof. Dejmalou (1986), podle jehož sortimentačních tabulek byl spočítán objem dendromasy ve variantě s jeho měrnou hustotou a s měrnou hustotou zjištěnou dle aktuální vlhkosti. Dále byly výsledky porovnány s koeficienty zjištěnými Novosadem (2010) a Černotou (2013).

Tab. 23 Porovnání s jinými autory

Tloušťkové intervaly	26	30	34	38	42	46	50	54	58
Dle Dejmal (1986)	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
Dle Novosada (2010)	0,20	0,17	0,17	0,14	0,14	0,13			
Dle Černoty (2013)	0,20	0,18	0,18	0,15	0,15	0,13			
Vlastní	0,23	0,19	0,17	0,17	0,17	0,19	0,19	0,18	0,19

V tabulce č. 23 jsou uvedeny tloušťkové intervaly a koeficienty výtěžnosti stanovené autorem práce, které byly porovnávány s jinými autory, kteří se problematikou také zabývali. S prací prof. Dejmal byly porovnány všechny koeficienty výtěžnosti, u autorů Novosada a Černoty byly porovnány pouze ty tloušťkové intervaly, které se shodovaly s intervaly autora této práce.



Obr. 7 Porovnání s jinými autory

Vlastní hodnoty porovnávané s jinými autory, jsou výrazně vyšší především u silnějších tloušťkových intervalů. U nižších tloušťkových intervalů jsou sice patrné také vyšší hodnoty zjištěných koeficientů, ale tyto rozdíly mohou být způsobeny odlišností měření vzorníků, kdy každý autor používal jiné stanovení hmotnosti dendromasy, nebo také nepřesností měření.

5. 2. 7 Výpočet celkového množství dendromasy na těžené ploše

Na ploše 40 x 50m, která byla těžena, se před těžbou nacházelo 68 jedinců určených k těžbě. Hmotnost dendromasy z plochy je uvedena v tabulce 24.

Tab. 24 Hmotnost dendromasy na těžené ploše 40 x 50 m

Tloušťkové stupně	Počet kusů	Průměrná hmotnost dendromasy v kg	Celkem dendromasy z plochy při měrné hmotnosti 675,5 kg/m ³ v kg
26	3	66	198
30	6	84	504
34	4	111	444
38	3	139	417
42	12	149	1788
46	17	168	2856
50	13	182	2366
54	7	214	1498
58	3	266	798
Celkem:	68	1379	10869

Na zkusné ploše 40 x 50 m se celkem nacházelo 68 jedinců smrku. Celkové množství dendromasy na zkusné ploše ze všech jedinců činí 10,869 tun.

5. 2. 8 Stanovení množství dendromasy na plochu 1 ha

V hospodářské knize je plánovaný objem těžby na decennium 130 m³ bez kůry. Na těžené ploše 40 x 50 (2000 m²) bylo získáno celkem 106,95 m³ bez kůry.

Tab. 25 Celkové množství nehroubí v porostní skupině

Objem dříví (m ³ b. k.)	Hmotnost dendromasy (t) na těžené ploše	Hmotnost dendromasy (t) na ploše 1 ha	Hmotnost dendromasy (t) na ploše porostní skupiny (5,20 ha)
106,95	10,869	54,345	282,594

Množství dendromasy, která zůstane v porostu po těžbě je také možno spočítat dle vzorce, který bere v potaz množství vytěženého dříví, které se vynásobí koeficientem výtěžnosti stanoveným autorem. Pokud je průměrná výčetní tloušťka porostu 42 cm, tomu odpovídá tloušťkový interval 42 (40,1 až 44 cm) náleží sem koeficient 0,17.

$$h = H * k$$

h – množství dendromasy v (t)

H – objem vytěženého dříví (m³ b. k.)

k – koeficient výtěžnosti

$$h = H * k$$

$$h = 106,95 * 0,17$$

$$h = 18,18 \text{ t}$$

Podle výše uvedeného výpočtu je patrné navýšení množství dendromasy na zkusné ploše o 7,31 t. Tento rozdíl je způsoben tím, že není brán zřetel na jednotlivé tloušťkové intervaly a jejich koeficienty, ale bere se v potaz průměrná výčetní tloušťka a k tomu odpovídající koeficient.

5. 2. 9 Stanovení celkového množství biomasy na území LDO Příbyslav

Pro stanovení potenciálního množství biomasy, kterou lze efektivně využít na energetické účely na celém území LDO Příbyslav a přitom nijak výrazně nepoškodit odběrem biomasy stanoviště, byly použity autorem zjištěné koeficienty výtěžnosti v závislosti na edafických řadách a kategoriích, které se na území nacházejí. Dle metodiky ÚHÚL byly vybrány pouze edafické kategorie, u kterých lze bez problémů zbytkovou dendromasu odebrat. Jedná se především o tyto edafické kategorie.

Tab. 26 Edafické kategorie vhodné pro odběr u LDO Příbyslav

Edafická řada	Edafické kategorie
Kyselá	K - kyselá
	I - ilimerizovaná
Živná	S – svěží
	B – bohatá
	H - hlinitá

Dále je uvažováno pouze s odběrem zbytkové dendromasy pouze u lesů hospodářských, lesy ochranné a zvláštního určení jsou z této bilance vyřazeny z důvodu jiné funkce hospodaření.

Tab. 27 Přehled výměry jednotlivých SLT vhodných pro odběr biomasy dle platného LHP

Hospodářský soubor	Označení SLT	Výměra SLT v ha	Plošné zastoupení SLT v %
531	5K, 5I, 6K, 6I	1313,79	23,41
551	5B, 5S, 5H, 6B, 6S, 6H	452,93	8,07
556	5B, 5H, 5S, 6B, 6S, 6H	131,18	2,32
577	5K, 5I, 6K, 6I, 5S, 5H, 5B, 6S, 6H, 6B	43,74	0,78
Celkem:		1941,64	34,58
Pouze smrkové porosty:		1766,72	31,48

Zbytkovou dendromasu lze efektivně a bez ohrožení stanoviště odebírat z 1941,64 ha porostní půdy, což je 34,58 % celkové výměry LHC Příbyslav, tedy téměř jedna třetina. U hospodářských souborů, které jsou zeleně zvýrazněné, sice připadá v úvahu

možnost odebrat zbytkovou dendromasu pro energetické účely, ale v těchto hospodářských souborech se v současnosti příliš nevyskytují smrkové porosty, v hospodářském souboru 556 se zde jedná převážně o bukové porosty. K souboru 577 – hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh, kde jsou v současnosti převážně ostatní listnaté porosty (olše, bříza) byly dle platného hospodářského plánu také přiřazeny výše uvedené soubory lesních typů, proto jsou zde uvedeny. Z důvodu absence rozsáhlejších smrkových porostů v těchto souborech musí být celková možná výměra pro odběr zbytkové dendromasy ponížena o výměru těchto souborů z důvodu nemožnosti aplikace zjištěných koeficientů výtěžnosti ze smrkových porostů na porosty listnaté. Potenciální množství lze stanovit u 1766,72 ha.

Pokud budeme stanovovat celkové množství zbytkové dendromasy pomocí stanoveného koeficientu výtěžnosti a výše uvedeného vzorce, kdy se objem dendromasy zjistí dle vzorce $h = H \cdot k / 100$, musíme znát celkovou výši těžeb pro decennium, průměrné tloušťky stromů, které se nacházejí v mýtních porostech, aby bylo možno stanovit koeficient výtěžnosti.

Celková výše těžeb na LHC Příbyslav je stanovena na 538 000 m³ bez kůry za decennium. Z toho zaujímá těžba mýtní úmyslná 424 841 m³ bez k. a těžba předmýtní úmyslná 113 159 m³ bez k. Pokud zaujímá smrk, jako hlavní dřevina 89,9 % zásoby, dá se očekávat, že i 89,9 % vytěženého dříví z těžby mýtní úmyslné bude pocházet ze smrkových porostů.

Objem těžby smrku z mýtní těžby: $424\,841 \cdot 0,899 = \mathbf{381\,932,06\ m^3\ bez\ kůry}$.

Pokud chceme stanovit potenciální množství biomasy u mýtních porostů smrku, musíme znát průměrnou výčetní tloušťku u těchto porostů. Výsledná tloušťka byla zjištěna na základě doby obmýtí a absolutní bonity. Tyto veličiny byly zjištěny z rámcových směrnic hospodaření. Doba obmýtí po celém území LHC Příbyslav je u smrkových porostů stanovena na 110 let a absolutní bonita smrkových porostů se pohybuje mezi bonitními stupni 26 až 30, v závislosti na souborech lesních typů. Průměrný bonitní stupeň byl stanoven 28. Dle těchto veličin byla odečtena průměrná výčetní tloušťka 30 cm. Dle čtyřcentimetrových intervalů je tato výčetní tloušťka zařazena do intervalu 30. V tomto intervalu byl autorem zjištěn koeficient výtěžnosti u

smrkových porostů 0,19. při měrné hmotnosti 675,5 kg/m³. Po přenásobení objemu těžného dříví koeficientem výtěžnosti dostaneme hodnotu celkového potenciálního množství biomasy.

$$381\,932,06 * 0,6755 = 257\,995,11 \text{ kg/m}^3$$

$$257\,995,11 * 0,19 = \mathbf{49\,019,07 \text{ t}}$$

Tato výsledná hodnota byla zjištěna pomocí koeficientu výtěžnosti získaným autorem diplomové práce. Pro porovnání bude stanoveno množství zbytkové dendromasy pomocí sortimentačních tabulek prof. Dejmalá a to s měrnou hmotností dle tabulek, tj. 740 kg/m³, a poté s měrnou hmotností, která byla stanovena na základě vlhkosti jednotlivých vzorníků, tj. 675,5 kg/m³.

Měrná hmotnost 740 kg/m³

- průměrná výčetní tloušťka 30 cm
- objem dříví ve smrkových mytních těžbách 381 932,06 m³ bez kůry

$$381\,932,06 * 0,74 = 282\,629,72 \text{ kg/m}^3$$

$$282\,629,72 * 0,16 = \mathbf{45\,220,76 \text{ t}}$$

Měrná hmotnost 675,5 kg/m³

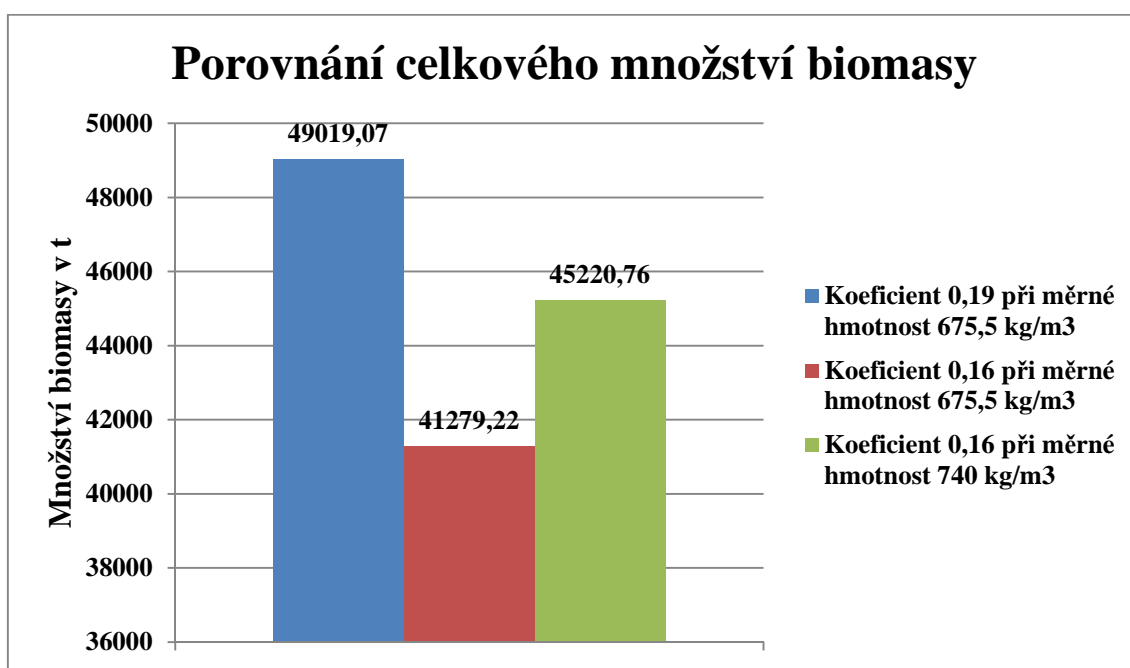
- průměrná výčetní tloušťka 30 cm
- objem dříví ve smrkových mytních těžbách 381 932,06 m³ bez kůry

$$381\,932,06 * 0,6755 = 257\,995,11 \text{ kg/m}^3$$

$$257\,995,11 * 0,16 = \mathbf{41\,279,22 \text{ t}}$$

Tab. 28 Celkové potenciální množství biomasy v mýtních porostech v t

	Zjištěný koeficient výtěžnosti při měrné hmotnosti 675,5 kg/m ³	Koeficient dle prof. Dejerala při měrné hmotnosti 675,5 kg/m ³	Koeficient dle prof. Dejerala při měrné hmotnosti 740 kg/m ³
Koeficient	0,19	0,16	0,16
Celkové množství biomasy (t)	49 019,07	41 279,22	45 220,76



Obr. 7 Porovnání celkového množství biomasy

Uvedené výsledky v grafu poskytují velkou variabilitu při použití koeficientů výtěžnosti různých autorů. Autorem stanovený koeficient 0,19 při měrné hmotnosti 675,5 kg/m³ vykazuje o 7 739,85 t vyšší množství potenciální biomasy než koeficient 0,16 při stejné měrné hmotnosti od prof. Dejerala. Při využití stejného koeficientu, ale měrné hmotnosti 740 kg/m³ dosahuje rozdíl 3 798,31 t. Jak již bylo uvedeno, rozdíly jsou způsobeny především rozdílnými hodnotami měrných hmotností na základě rozdílnosti a četnosti měření obou autorů.

5. 2. 10 Navržení vhodné technologie pro zpracování biomasy

Pro návrh ekonomicky výhodného shromažďování a využití biomasy z těžebních zbytků je nutno vycházet z co největší minimalizace přejezdů pracovních strojů a jejich pracovních operací, kdy dochází k manipulaci s těžebními zbytky. Nejeftivnější shromažďování těchto zbytků by nastalo, pokud by byla uplatňována tzv. stromová metoda. Stromy by na ploše, kde probíhalo měření dat ze vzorníků, byly směrově pokáceny, aby poškození přirozeného zmlazení bylo co nejmenší. Následně by byly celé stromy i s klestem soustředovány od lokality pařez (P) na lokalitu odvozní místo (OM) pomocí speciálního lesního kolové traktoru, kde by byly následně odvětveny např. pomocí protahovacích strojů nebo pomocí procesorů. Hroubí by bylo ukládáno na skládky na OM a těžební zbytky by se shrnovaly na dané místo, kdy by proběhlo jejich seštěpkování.

Tato varianta shromažďování těžebních zbytků naráží na skutečnost, že stromová metoda těžby dříví se v tuzemsku uplatňuje čím dál méně na úkor metody sortimentní, kdy se jednotlivé výřezy vyrábějí přímo na lokalitě pařez, buď motomanuálně nebo pomocí harvestorů. Výřezy se následně vyvázejí pomocí vyvázečích souprav nebo forvardů na odvozní místa. Sortimentní metoda je hojně využívána i u LDO Příbyslav, kde se stromová metoda prakticky nepožívá. Těžební zbytky zůstávají na ploše těžby buď nerovnoměrně rozloženy (motomanuální metoda), nebo se při těžbě harvestorem ukládají jako ochranný koberec před samotný harvestor, kvůli eliminaci poškození půdního povrchu.

Pro navržení vhodné technologie je nutno vycházet i ze stanovištních podmínek místa, kde jsou těžební zbytky odebírány, jestli se jedná o místa únosná nebo neúnosná. Jako hlavní východisko bylo vycházeno z faktu, že těžební zbytky budou přednostně využívány z lokalit k tomu vhodných a terénně dostupných, tj. únosných se sklonem, který dovolí nasadit autorem navrženou technologii.

Navrženou technologii je možno rozdělit na 2 varianty, a to díky samotnému odvozu biomasy z těžebních zbytků, která je zpracována především na zelenou štěpku. Samotné soustředování zbytků na odvozní místo probíhá pomocí vyvázečích souprav nebo forvardem, které se pohybují buď přímo v porostu, nebo po přibližovacích linkách a sbírají a následně vyvázejí těžební zbytky. Zde jsou zbytky ukládány do hromad, kde zůstávají podle potřeby až 2 měsíce a kde dojde k jejich pozvolnému proschnutí. Je

velmi výhodné při zpracování tohoto materiálu soustředit veškeré zpracování těchto zbytků do blízkého okolí.

Obě varianty mají shodný postup shromažďování zbytků, jejich zpracování sekacími stroji na zelenou štěpku. V první variantě se výsledný produkt štěpkování ukládá do odvozních prostředků, které ho odvezou na deponii, kde se shromažďuje ve větším množství a následně je nakládán na silniční soupravy a transportován k dalším zpracovatelům. Druhá varianta počítá s přímým nakládáním na odvozní soupravy.

I přesto, že LDO Příbyslav má na svých majetcích vybudovanou velmi kvalitní cestní síť, která by umožňovala přímý odvoz štěpky z místa výroby přímo ke zpracovatelům, převládá zde způsob shromažďování štěpky z jednotlivých odvozních míst na dané deponii a následné nakládání na silniční soupravy a pak transport ke zpracovatelům. Tato varianta je již na majetku LDO Příbyslav úspěšně vyzkoušena a plně vyhovuje požadavkům jak výrobcům štěpky, tak i zpracovatelům. Proto je tato varianta navržena jako optimální pro zpracování těžebních zbytků.

6 Diskuze

Pro zjištění podkladních dat pro vypracování diplomové práce na téma Stanovení potenciálního množství biomasy pro energetické využití u LDO Příbyslav byl záměrně vybrán porost 112A12, kde došlo k vytěžení lesního porostu o rozměrech cca. 40 x 50 m, a to z důvodu uvolnění přirozeného zmlazení. Zároveň se tento porost nachází v lesním typu 6H1, který je dle metodiky ÚHÚL zařazen mezi lesní typy, kde je odběr zbytkové dendromasy vhodný a nepředstavuje žádné velké riziko.

Na těžené ploše byly veškeré stromy vyprůměrkovány naplno a zařazeny do tloušťkových intervalů, kde z každého intervalu byli vybráni 2 jedinci jako reprezentační kusy. Jelikož se těžená plocha nacházela uvnitř porostu, nevyskytovali se zde jedinci extrémních tvarů (přesílení či naopak přeštíhlení jedinci), byli vybráni jedinci, kteří odpovídali průměru porostu. U každého jedince byl změřen po skácení objem vyrobených výřezů a následně se orientačně stanovovala okamžitá vlhkost hroubí s kůrou a vlhkost nehroubí pomocí dvouhrotového vlhkoměru. Pro zajištění obdobných podmínek měření byla vlhkost hroubí měřena vždy 1 m od oddenku a u nehroubí bylo měření prováděno na standardních větvích průměru cca. 3 – 4 cm. Následně byly veškeré těžební zbytky (zářez, klest zbytky vršků) naloženy a odvezeny ke zvážení na digitální váze, kde byla stanovena hmotnost těchto zbytků na 1 kg. Celkem bylo zváženo 18 vzorníků. Pro přesné zjištění vlhkosti bylo přikročeno na analyzátoru vlhkosti, kde byla stanovena vlhkost hroubí, nehroubí a samotného asimilačního aparátu (jehličí). Vždy bylo měřeno 5 vzorků, které byly odebrány ve stejných místech, jako se měřila vlhkost v terénu. Z těchto vzorků byla následně vypočítaná průměrná vlhkost.

Pro stanovení koeficientů výtěžnosti byla hmotnost jednotlivých vzorníků vypočítána podle vzorce $W = m_w - m_o / m_o * 100$ [%] z doporučených pravidel pro měření a třídění dřív v ČR. Pro zjištění hmotnosti dřeva byla použita průměrná vlhkost 61,08 % zjištěná autorem této práce a hmotnost absolutně suchého dřeva 420 kg/m^3 . Vypočítaná objemová hmotnost hroubí je $675,5 \text{ kg/m}^3$.

Na základě těchto veličin byly stanoveny jednotlivé koeficienty výtěžnosti pro měřené tloušťkové intervaly a byly následně porovnány s ostatními autory a jsou uvedeny v tabulce 23. Z hodnot uvedených v tabulce 23 je patrné, že autorem stanovené koeficienty výtěžnosti jsou ve všech tloušťkových intervalech vyšší než u ostatních autorů, kteří se danou problematikou zabývali. Nejvyšší rozdíly jsou patrné především

v intervalech 38 až 58, kdy jsou výrazně nadprůměrné. Data autorů Novosada (2010) a Černoty (2013) nejsou porovnávána od tloušťkových intervalů 50 a výš z důvodu chybějících koeficientů. Skutečnost nadprůměrných hodnot může být způsobena nepřesností měření, tj. odlišným způsobem stanovení hmotnosti jak hroubí, tak i nehroubí a následným výpočtem, nebo malým počtem vzorníků. Prof. Dejmal, se kterým byla práce srovnávána především, při stanovení vycházel ze stovek měření, oproti 18 vzorníkům v případě této práce. Odlišnost zjištěných výsledků může být ovlivněna i různými edafickými kategoriemi, ve kterých byly dané koeficienty stanoveny. Prof. Dejmal (1986) ve své publikaci neuvádí, v jakých stanovištních podmínkách sbíral data a dá se předpokládat, že výsledné koeficienty mohou být aritmetickým průměrem z daných měření. Značný rozdíl může způsobit i skutečnost, že měření dat autora této práce byly prováděny v lesním typu 6H1, který patří mezi živná stanoviště a proto mohou být zjištěné výsledky ovlivněny tímto faktem.

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit potenciální množství biomasy, kterou lze bezpečně odebrat z lesních porostů a následně využít k dalším účelům, především energetickým. Stanovení množství bylo provedeno výpočtem nejprve na plochu, kde byla sbírána data, poté na 1 ha a nakonec na celou porostní skupinu. Výpočtem bylo zjištěno potenciální množství 54,345 t na 1 ha porostu. V tabulce 26 jsou uvedeny soubory lesních typů, kde je na území LDO Příbyslav vhodné odebírat zbytkovou biomasu. Z důvodu ekologických a stanovištních poměrů se autor zaměřil pouze na lesy hospodářské a především na lesy kde je dominantní dřevinou smrk spolu s malým procentem příměsí ostatních dřevin, ať už jehličnatých nebo listnatých. Dle LHP bylo zjištěno, že tyto porosty zaujímají 1766,72 ha porostní půdy, což je 31,48 %.

Mýtní těžba úmyslná, vztažená na smrkové porosty činí za 1 decenium 381 932,06 m³ bez kůry. Pro stanovení celkového množství se vycházelo z průměrné doby obmýtí smrkových porostů, která je stanovena na 110 let a z průměrné výčetní tloušťky 30 cm. Na tomto základě bylo pomocí autorem stanoveného koeficientu výtěžnosti a zjištěné objemové hmotnosti stanoveno celkové potenciální množství biomasy z mýtních smrkových porostů využitelné pro další zpracování. Toto množství činí 49 019,07 tun. Na závěr bylo zjištěné množství biomasy porovnáno s množstvím biomasy, které se stanovilo podle koeficientu prof. Dejmal (1986), který pracoval směrnou hustotou 740 kg/m³. Jednotlivé výsledky stanovení množství jsou uvedeny v tabulce 28.

Dílčím úkolem bylo navrhnout vhodnou technologii zpracování biomasy v podmínkách LDO Příbyslav. V úvahu připadají při současném hospodaření 2 varianty. Soustředování těžebních zbytků při OM a jejich následné zpracování na zelenou štěpku sekacími stroji. Následně je štěpka dopravována na deponii, kde je následně nakládána na silniční odvozní soupravy a distribuována k odběratelům. Druhá varianta pracuje s myšlenkou vyrobenou štěpku přímo z odvozního místa ukládat na silniční odvozní soupravy a distribuovat přímo k odběrateli. Tato varianta by byla vhodná při velkém soustředění těžebních zbytků z mýtních těžeb v blízkém okolí, aby nebyla výroba štěpky zatěžována dlouhými přejezdy. V podmínkách LDO Příbyslav se jeví jako nejideálnější 1. varianta, která se již ekonomicky osvědčila a je zde zatím úspěšně využívána.

7 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo stanovení potenciálního množství biomasy pro energetické využití u LDO Příbyslav a následné navržení vhodné technologie zpracování.

Data byla získána ze smrkového porostu ze vzorníků, kde byl změřen objem hroubí, stanovena hmotnost těžebních zbytků vážením a poté změřena okamžitá vlhkost hroubí a nehroubí. V laboratoři byla stanovena vlhkost dřeva hroubí a na tomto základu byla stanovena měrná hmotnost hroubí. Pomocí hmotnosti hroubí a nehroubí byly stanoveny koeficienty výtěžnosti pro jednotlivé tloušťkové intervaly.

Pomocí těchto koeficientů bylo stanoveno množství biomasy, které bylo na zkusné ploše, kde probíhal sběr dat. Výsledky byly poté přepočteny na plochu 1 ha a poté na celou porostní skupinu.

Dále byly zjištěny veškeré smrkové porosty, které odpovídají kritériu obmýtí 110 let a byly vhodné pro odběr biomasy stanovištními podmínkami, a kde nedojde k degradaci stanoviště tímto odběrem.

Dílčím cílem bylo navržení vhodné technologie pro sběr a dopravu těchto zbytků a homogenizaci na lesní štěpku. Byla navržena technologie sběru pomocí vyvážecího traktoru nebo soupravy, která vyváží těžební zbytky na odvozní místo, kde jsou ukládány a poté pomocí štěpkovačů zpracovávány na štěpku a dále pak odváženy k odběrateli.

Celkové množství disponibilní biomasy, kterou lze odebrat z mýtních smrkových porostů, při respektování doporučení, ze kterých míst lze biomasu odebrat a ze kterých ne, bylo u LDO Příbyslav stanoveno na 54,345 tun na 1 ha smrkového mýtního porostu. Na celkové výměře 1 766,72 ha mýtních smrkových porostů, by se jednalo o 49 019,07 tun biomasy.

Lze doporučit, aby LDO Příbyslav, jako hospodařící subjekt na lesních pozemcích, využilo této práce a jejích výsledků, jako podklad pro další možnosti využívání těžebních zbytků a technologií jejich shromažďování pro zvýšení svého zisku v oblasti lesního hospodářství.

8 Summary

Aim of this diploma work was assessment of biomass potential quantity for energetic use at LDO Přebyslav and following designing of appropriate processing technology.

Data were obtained from spruce stand sample trees where volume of timber to the top of 7cm was measured, weight of logging residues was defined and then immediate humidity of timber to the top of 7 cm and smallwood were measured . In the laboratory humidity of timber to the top of 7 cm was determined and on this base specific weight of this timber was defined. Per weight of timber to the top of 7 cm and smallwood ratio of yield for particular thickness intervals were determined.

Per this ratio quantity of biomass was defined which was at the trial area where collecting of data took place. Results were then calculated per area of 1 ha and then for the whole stand group.

Further there were found all spruce stands corresponding with criterion of rotation of 110 years and were suitable for consumption of biomass by site conditions and where there will be no degradation of biomass by this consumption.

Particular aim was designing of appropriate technology for consumption and transporting of these residues and homogenization for wood chips. There was a technology designed of collecting by help of a forwarder or a set which takes logging residues away to roadside landing where they are loaded and then by means of chippers manufactured to chips and further transported to a consumer.

The total amount of available biomass, which can be removed from final clear cut of spruce stands, respecting the recommendation of which places the biomass can be removed and of which not, was at LDO Přebyslav established 54,345 tonnes on 1 ha of spruce removal. On the total area of 1, 766.72 ha final clear cut of spruce stands, it would be a 49 019.07 tonnes of biomass.

It is advisable that LDO Přebyslav, as the managing entity on forest land, take advantage of this work and its results as a basis for further possibilities of using logging residues and technology of gathering to increase their profits in the forestry sector.

9 Seznam použité literatury

Alexandr, P., Roček, I., 1991, technika a technologie výroby lesních štěpek. Vysoká škola zemědělská Praha, Editpress, 134 s

Anonymus, 2009, Lesní hospodářský plán pro LHC LDO Příbryslav, s platností od 1. 1. 2009 – 31. 12. 2018. Brno, Lesprojekt Brno a. s.

Anonymus, 2012, Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020, Praha, Ministerstvo zemědělství, 55 s.

Bureš a kol., 2009, Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost, Brandýs n. L., Úhul, 48 s.

ČSN EN ISO 17 225 – 1 Klasifikační norma pro tuhá biopaliva

Dejmal, J., 1986, Tabulky pro sortimentaci těžebního fondu. Vysoká škola zemědělská v Brně, 20 s.

Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice, 2008, 65 s.

Gandelová, L., Horáček, P., 2002, Nauka o dřevě, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 176 s.

Kamarád, M., 2005, Lesní družstvo obcí v Příbryslavi – historie a současnost. Příbryslav, Lesní družstvo obcí, 61 s.

Kulhavý, J., Suchomel, J., 2003 Ekologie lesa, Multimediální učební text, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, [CD - ROM]

Neruda, J. a kol., 2013, technika a technologie v lesnictví, 2. díl, Brno, Mendelova univerzita v Brně, 300 s.

Nikl, M., 2007, Zdroje energeticky využitelné dendromasy v LH. Lesnická práce, 2

Nikl, M. a kol., 2015, Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely, Brandýs nad Labem, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, 43 s

Simanov, V., Kohout, V., 2004, Těžba a doprava dříví. Písek, Matice lesnická s r. o., 441 s.

Simanov, V., Macků J., Popelka, J., 1993, Nový návrh terénní klasifikace a technologové typizace. Lesnictví – Forestry 39 s.

Řepka, R., Koblížek, J., 2007, Systematická botanika, Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 212 s.

Terénní klasifikace Lesprojektu, používané od roku 1980

Vyhláška č. 477/2012 Sb., o stanovení druhů, způsobu využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.

Zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky

Zákon o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie č. 180/2005 Sb.

Zákon o lesích a o změně a doplnění některých zákonů č. 289/1995 Sb. a jeho prováděcí vyhlášky

Internetové zdroje

Svítil, R., Polák, M., Co přináší Kjótský protokol, 2005, [online] citováno 29. 3. 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://ekolist.cz>>

Stupavský, V., Holý, T., Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá, 2010, [online] citováno 15. 3. 2016. Dostupné na World Wide Web: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>

10 Seznam příloh

Příloha č. 1

Obr. 8 Zkusná plocha po odstranění těžebních zbytků

Příloha č. 2

Obr. 9 Soustředění těžebních zbytků u OM I.

Obr. 10 Soustředění těžebních zbytků u OM II.

Obr. 11 Soustředění těžebních zbytků u OM III.

Příloha č. 1



Obr. 8 Zkusná plocha po odstranění těžebních zbytků

Příloha č. 2



Obr. 9 Soustředění těžebních zbytků u OM I.



Obr. 10 Soustředění těžebních zbytků u OM II.



Obr. 11 Soustředění těžebních zbytků u OM III.