

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav lesnické a dřevařské techniky

**Využití těžebního odpadu pro energetické účely
u obecních lesů Borušov**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

VLADIMÍR TLUSTOŠ

*Prohlašuji, že jsem práci: **Využití těžebního odpadu pro energetické účely u obecních lesů Borušov** zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje 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, 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 02. 05. 2016.

Vladimír Tlustoš

Touto cestou bych rád poděkoval zejména vedoucímu bakalářské práce panu Ing. et. Ing. Jiřímu Kadlecovi za rady a vedení při jejím vypracování. Děkuji také zastupitelstvu obce Borušov, které mi umožnilo zpracovat závěrečnou práci na svém majetku. Dále velmi děkuji místnímu lesnímu hospodáři panu Aloisi Křivánkovi za kladný přístup, cenné rady a postřehy z provozu, které mi po celou dobu předával.

Abstrakt

Vladimír Tlustoš

Název práce: Využití těžebního odpadu pro energetické účely u obecních lesů Borušov

Cílem práce je stanovení objemu smrkového klestu v mýtních porostech ke konci Lesního hospodářského plánu, který lze přeměnit na štěpku. Ve vybraném mýtním porostu byly pokáceny stromy (vzorníky), zpracovány, změřeny dendrometrické veličiny a popsán zvolený postup vážení klestu. Poté byl určen objem klestu v ostatních mýtních porostech dle hospodářských souborů. Dále byl navržen výrobní postup od těžby po štěpkování klestu a určena cena prostorového metru polosuché štěpky. Nakonec byl vypočten objem štěpky z celkového objemu polosuchého klestu, potenciál štěpky z roční těžby dříví a porovnány ceny vyrobené a zakoupené štěpky na topnou sezónu.

Klíčová slova: těžba dříví, klest, lesní štěpka

Abstract

Vladimír Tlustoš

Title of thesis: Utilisation of logging debris for energy purposes in municipal forests Borušov

The aim of the thesis was assessing of Norway spruce logging debris reserve in mature stands at the end of a Forest management plan that can be converted to wood chips. The trees (samples) were felled and consequently were measured dendrometric parameters in selected mature stand. After that the procedure of brushwood weighing was described. Afterwards, brushwood volume of the other mature stands was determined according management sets of stands. It was also designed a production process from logging to chipping of slash and price spatial metre half-dry determined. Finally, the brushwood volume from total semi-dry slush volume and wood chips potential from annual logging was calculated and prices of manufactured and purchased chips were compared per heating season.

Key words: felling, slush (brushwood), wood chips

Obsah

	strana
1 Úvod	8
2 Cíl práce	9
3 Literární přehled	10
3.1 Těžba dříví	10
3.1.1 Přehled těžebních technologií.....	10
3.1.2 Těžební metody.....	11
3.2 Těžební zbytky	12
3.2.1 Likvidace těžebních zbytků.....	13
3.2.2 Zpracování pro další využití.....	14
3.3 Klest	14
3.4 Lesní štěpka	15
3.4.1 Štěpkování.....	15
3.4.2 Štěpkovače (sekačky)	16
3.4.3 Velkovýrobní technologie štěpkování.....	18
3.4.4 Malovýrobní technologie štěpkování.....	19
3.4.5 Drcení	19
3.4.6 Třídění štěpek.....	20
3.4.7 Transport.....	20
3.4.8 Skladování	21
3.5 Energetické využití	21
4 Materiál a metodika	24
5 Výsledky a Diskuze	26

5.1	LHC Obecní lesy Borušov	26
5.1.1	Přírodní poměry	26
5.1.2	Hospodářské soubory.....	28
5.1.3	Porostní poměry.....	28
5.2	Teplovodní kotel na dřevní odpad	31
5.3	Skladování paliva - štěpek	32
5.4	Doprava paliva.....	33
5.5	Objem štěpky na topnou sezónu	33
5.6	Výsledky měření a vážení klestu	34
5.7	Výsledky objemu klestu dle HS	36
5.8	Návrh těžební metody, manipulace s klestem a štěpkování klestu.....	38
5.9	Celkový objem polosuché štěpky v prm na LHC lesy Borušov	41
5.10	Roční dostupný potenciál štěpky	41
5.11	Srovnání pořizovacích cen štěpky	42
6	Závěr	44
7	Summary	45
8	Seznam literatury	46
9	Seznam příloh	48

1 Úvod

K získání energie dříve sloužily výhradně neobnovitelné zdroje, hlavně spalování fosilních paliv (uhlí). Spolu s technickým rozvojem se zvyšuje nárok na výrobu a spotřebu energie. V současnosti stále velký podíl energie pochází z neobnovitelných zdrojů. S rostoucím vývojem společnosti je kladen stále větší důraz na ochranu životního prostředí. Při výrobě energie se jedná o využití obnovitelných zdrojů energie. Do obnovitelných zdrojů energie patří sluneční záření, vodní a větrná energie, geotermální energie, energie přílivu, biomasa atd. V roce 2007 se představitelé Evropské unie dohodli na snižování emisí oxidu uhličitého, který je považován za příčinu globálního oteplování. Dohodou se členské státy zavázaly, že v roce 2020 bude 20 % vyrobené energie pocházet z obnovitelných zdrojů. Ke splnění této dohody má k dispozici ČR (Česká republika) různé druhy obnovitelných zdrojů energie. Významný zdroj představuje biomasa v oblasti zemědělské činnosti. Zdroje jsou buď cíleně pěstovány, nebo jsou součástí výrobních procesů ve formě různých odpadů. V lesním hospodářství vznikají odpady v každém výrobním procesu. V oboru lesnictví se jedná o samotné dříví, zbytky z těžební činnosti a dřevozpracujícího průmyslu. Do těžebních zbytků patří zejména klest, tenké či různě poškozené dříví. Dříve se zbytky po těžbě nechávaly ve formě valů či samostatně rozmístěné po lesní půdě k samovolnému setlení. K dalším dříve hojně používaným způsobům likvidace patřilo pálení klestu. Od těchto způsobů likvidace se upouští, zvláště pokud přírodní podmínky dovolují hospodárnější využití. K nejčastějšímu způsobu využití těžebních zbytků patří jejich přeměna na lesní štěpku pro energetické účely. Rostoucí technický vývoj lesní mechanizace dovoluje efektivně a šetrně těžební zbytky z lesa vyvézt a zároveň nepoškodit lesní porosty. Majitelům lesních pozemků se tak nabízí možnost větších výnosů, neboť štěpka se stává na trhu cenným sortimentem.

2 Cíl práce

Cílem práce je zpracování návrhu na využití těžebního odpadu z mýtních porostů, zejména klestu, který tvoří hlavní složku odpadu v místním lesním hospodářství.

Dílčí cíle:

- Zjištění objemu těžebního odpadu v mýtních porostech.
- Návrh těžební metody a přeměny odpadu na štěpku.
- Porovnání cen vyrobené a zakoupené štěpky.

3 Literární přehled

3.1 Těžba dříví

Lesní těžba je tradiční název rozsáhlé části lesnictví zabývající se kácením stromů a jejich opracováním, dopravou dříví z lesních porostů k odvozním cestám, odvozem dříví po nich, druhováním dříví na skládkách, dopravou dříví po železnici a prodejem dříví odběratelům (Neruda, Simanov 2006).

3.1.1 Přehled těžebních technologií

Manuální těžební práce

Výhradně ruční práce (např. těžba ručním nářadím ve výchovných těžbách, ruční kácení, odvětvování, odkorňování loupákem/škrabákem).

Moto-manuální těžební práce

Technologie s použitím ručních strojů, tj. jednomužných motorových pil, křovinořezů, odkorňovacích adaptérů na JMP (JMP - jednomužná motorová pila)

Mechanizované těžební práce

Jsou většinou plně mechanizované, což znamená, že lidská ruka se vyráběného dříví vůbec nedotkne (harvestory, procesory, odvětvovací protahovací stroje, štěpkovací stroje s výložníkem).

(Vyslyšel. 2007)

3.1.2 Těžební metody

Výrobní proces výroby surového dříví je tvořen výrobními fázemi - těžba dříví, soustředování dříví, odvoz dříví a výroba sortimentu. Výrobní fáze těžba dříví a soustředování dříví zahrnují operace vykonávané mezi lokalitou P (P - pařez) a OM (OM - odvozní místo), kterými jsou vždy kácení, vyklizování (sestavení nákladu) a přibližování (vyvážení). Mimoto bývají na P, VM (VM - vývozní místo), OM vykonávány operace odvětvování a krácení patřící do výrobní fáze těžba dříví a některé operace do fáze výroba sortimentů, jimiž jsou odkorňování, druhování (manipulace), třídění, štípání a štěpkování (Neruda, Simanov 2006).

Metoda sortimentní

Varianta s úplným druhováním dříví u pařezu se vyznačuje tím, že surové dříví je na odvozní místo dopraveno ve formě úplně vyduhovaných sortimentů adjustovaných k prodeji. Mohou tedy být na OM dopraveny sortimenty různých délek i tvarů, tj. výřezy, polena, i kuláčky (Neruda, Simanov 2006).

Metoda kmenová

Varianta s druhováním na odvozním místě se vyznačuje dopravou surového dříví na odvozní místo ve formě surového, resp. kráceného surového kmene a na odvozním místě je vykonáno úplné druhování na obchodovatelné sortimenty (Neruda, Simanov 2006).

Varianta s druhováním na MS (MS - manipulačním sklad) se odlišuje tím, že až na MS je provedeno úplné druhování (Neruda, Simanov 2006).

Stromová metoda

Varianta s odvětvováním na odvozním místě se vyznačuje dopravou surového dříví na odvozním místě ve formě celých stromů s větvemi. Odvětvování se realizuje na OM a druhování může proběhnout ve dvou dalších variantách: a) na OM (při použití procesorů je odvětvování a druhování integrováno), b) na MS (Neruda, Simanov 2006).

Stromová metoda se rozvinula, až když byly k dispozici prostředky pro mechanizované odvětvování a přibližovací prostředky s dostatečnou tažnou silou, protože vlečení stromu s větvemi vyžaduje tažnou sílu o 25 – 30 % vyšší než vlečení kmene (Neruda a kol. 2013).

Technologie se štěpkováním

Technologie se štěpkováním nevybočují ze systematiky těžebních metod, protože lesní štěpka je sortimentem. Při štěpkování celých stromů v porostu či na lince a dopravení štěpek na OM se jedná o metodu sortimentní, při soustředění celých stromů na odvozní místo a jejich štěpkování se jedná o metodu stromovou. Protože se však štěpkují nejen celé stromy, ale i klest po odvětvění, těžební odpad, manipulační zbytky a dříví z energetických lesů, vyčleňujeme těžební technologie se štěpkováním (drcením pařezů) samostatně, jako technologie pro využívání netradičních zdrojů dendromasy (Neruda, Simanov 2006).

3.2 Těžební zbytky

Těžebními zbytky je část dendromasy lesních stromů s nízkou technologickou kvalitou, výrazně omezující možnosti jejich využití. Jejich hlavní podíl tvoří především nehroubí, což jsou větve a nestandardní dříví z vrcholové části s tloušťkou dříví zpravidla nepřesahující hodnotu 7 cm. Součástí těžebních zbytků jsou však i další komponenty, jako krátké nesourodé odřezky kmenových částí, slabé i silné, zdravé i napadené škůdci, dlouhé max. 1 m (zpravidla jsou však kratší), případně i části kořenového systému vyvrácených či vykloučených stromů (Neruda, Simanov 2006).

Role těžebních zbytků může být hodnocena záporně i kladně. Těžební zbytky tvoří překážku např. pro obnovní práce a jeho významnou negativní úlohou je vytváření prostředí pro přemnožení podkorního hmyzu. Jsou zdrojem živin a humusu na obnovované ploše. Mohou však též tvořit i významný zdroj dendromasy vhodné pro další využití, zejména k energetickým účelům (Neruda, Simanov 2006).

Dělení těžebního odpadu

- klest
- vlastní těžební odpad
- celé stromky z prořezávek a prvních probírek
- pařezy

(Simanov 1995).

3.2.1 Likvidace těžebních zbytků

- rozptýleně ponechat po ploše porostu k přirozenému setlení
- ruční či mechanizované shromáždění shrnovači klestu a opět ponechání k přirozenému setlení, případně spálení

Shrnovače klestu

- shrnování do pruhů orientovaných s podélnou osou paseky
- shrnování do porostních okrajů - použití především na úzkých a dlouhých pasekách
- shrnování do hromad a následné pálení

Dezintegrace klestu

- povrchová pomocí drtiče nehroubí
- zapravení do půdy - bubnové drtiče (hloubka cca 10 cm), do větší hloubky - hloubkové půdní frézy
- sekačky klestu

(Neruda, Simanov 2006)

3.2.2 Zpracování pro další využití

Poměrně časté je zpracování těžebního odpadu jeho dezintegrací, zejména štěpkováním s ukládáním do přepravních prostředků, kdy dezintegrováný materiál je dál využíván. Mechanizovaný sběr těžebních zbytků - moderní metoda založená na lisování a vytváření balíků válcovitého tvaru ovázaných motouzem. U spotřebitele mohou být balíky přímo spalovány ve vhodných zařízeních nebo štěpkovány. (Neruda, Simanov 2006).

3.3 Klest

Souhrnné označení vršků stromů o tloušťce pod 7 cm (nehroubí) a větví včetně asimilačních orgánů a plodenství. Klest je významným byť málo využívaným zdrojem lesní dendromasy, na 1 m³ (m³ - metr krychlový) vytěženého dříví připadá 0,15 m³ klestu (Neruda, Simanov 2006).

Získání klestu

- oklestem (vyvětvováním)
- odvětvováním pokácených stromů
- ořezem (seřezáváním vrbových hlav)

Dělení dle skupin využití

- klest technická
- klest ozdobná
- klest palivová
- klest krmná

(Neruda, Simanov 2006).

3.4 Lesní štěpka

Je sortimentem vznikajícím dezintegrací materiálu neodpovídajícím rozměrům a jakostí jehličnatých a listnatých sortimentů dříví. Podle podílu frakcí (kůra, jehličí a listí, dřevo, mechanické nečistoty) je využitelná technologicky nebo energeticky. Jako zelená štěpka je označována štěpka obsahující stromovou zeleň, kůru a dřevo. Obsahuje-li jen dřevo a kůru, hovoříme o hnědé štěpce (v provozu lesního hospodářství je získatelná jen při štěpkování kmenů a stromů bez asimilačních orgánů) a obsahuje-li jen dřevo, hovoříme o bílé štěpce (v lesním hospodářství je vyráběna jen z odkorněných manipulačních odřezků), (Neruda, Simanov 2006).

Lesní štěpky se mohou dodávat v m^3 , prm (m^3 p.o. = m^3 prostorového objemu), a na váhu. Protože je v ČR zvykem vyčíslovat dodávky dříví v m^3 bez kůry (pro evidenci skutečné produkce dříví podle porostů), vypočítává se tento evidenční údaj z prostorového objemu štěpek s kůrou vynásobením převodním číslem (redukčním faktorem), které je v ČR (i ve většině ostatních zemí) 0,4. Převodní čísla však platí jen pro volně sypanou – nesetřesenou štěpku, protože během transportu dochází k setřesení o 1,8 - 5,6 % původního objemu. (Simanov 1995).

Obvyklé rozpětí lesní štěpky je následující (podle dřívější ON 48 0095)

- délka ve směru vláken 5 až 50 mm
- šířka ve směru vláken 5 až 30 mm
- tloušťka ve směru vláken 5 až 15 mm

(Simanov 1995).

3.4.1 Štěpkování

Štěpkování je nejobvyklejším způsobem dezintegrace dříví, jehož principem je sekání dříví podávaného podél podélné osy proti sekacímu noži a protinoži, přičemž délka štěpek je měnitelná změnou velikosti mezery mezi nožem a protinožem (Neruda a kolektiv 2013).

3.4.2 Štěpkovače (sekačky)

Podle sekacího (štěpkovacího agregátu)

Diskové

Jsou co do počtu nejrozšířenějším zařízením na výrobu štěpky. Mobilní diskové štěpkovače byly vyvinuty ze stacionárních sekaček, na kterých byly provedeny úpravy. Podávání vstupního materiálu probíhá ručně nebo hydraulickou rukou. Teoretická výkonnost těchto štěpkovačů v mobilním provedení je maximálně cca 30 prms/hod. (prms - prostorový metr sypaný / hodinu), (Příhoda 2016).

Bubnové

Sekací nože jsou uloženy na obvodu rotujícího válce. Obvykle jsou vybaveny podávacím pásem a vtahovacími válci pro transport hmoty k rotoru s břity (noži). Vtahovací pás je tvořen řetězovým nebo jiným dopravníkovým systémem. Vtahovací válce jsou opatřeny hroty, obvykle speciálně tvarovanými, aby umožňovaly dokonalé posouvání i nesourodého materiálu. Horní podávací válec je pohyblivě uchycen, což umožňuje přizpůsobení velikosti otvoru různým velikostem štěpkovaného materiálu při zachování schopnosti materiál posouvat dále k rotoru. Některé moderní stroje mohou být vybaveny nastavitelným spodním podávacím stolem, jenž lze vertikálně posouvat v závislosti na vstupním materiálu (nehomogenní klest nebo homogenní kmenové dříví). Po obvodu rotoru (bubnu) jsou pevně připevněny břity, jež jsou často horizontálně děleny na více jednotlivých břitů. Tyto nože jsou vyráběny ze směsí tvrdých, pevných a odolných kovů. Bubnovým sekacím zařízením jsou vybaveny štěpkovače o vyšších výkonech s teoretickým výkonem pohybujícím se na hranici 200 prms/h (Příhoda 2016).

Šroubové

Šroubové sekačky jsou jednoúčelové menší sekačky k sekání tenkých stromků a kmínků. Sekací agregát v podobě šroubovice se stoupajícím průměrem se při otáčení postupně zařezává do dřeva a zároveň vtahuje dřevo k většímu průměru (Příhoda 2016).

Podle způsobu dávkování materiálu

S ručním dávkováním dřeva

Pro sekání tenkého odpadového dříví menších objemů. Nasekaná štěpka se využívá pro vlastní technologické účely (např. cihlářský průmysl), k energetickým účelům, někdy také jako náhrada mulčovací kůry (Příhoda 2015).

S mechanickým dávkováním dřeva

Dávkovací zařízení je obvykle hydraulická ruka, která je umístěna na stejném podvozku jako štěpkovač nebo na traktoru nebo vyvážecím traktoru a může tak být ovládána z kabiny. Štěpkovače jsou obvykle vybaveny i elektronickou pojistkou proti přetížení, kdy v případě přetížení motoru dojde k blokadě přísunu materiálu do té doby, než je předešlý materiál zpracován a rotor získá potřebné otáčky (Příhoda 2016).

Podle technického řešení

štěpkovače zavěšené na tříbodový závěs univerzálního traktoru

štěpkovače přívěsné za traktory

Někteří výrobci nabízejí štěpkovače, které ve spojení se silným univerzálním traktorem poskytují vysokou výkonnost, dříve nabízenou pouze u štěpkovačů se samostatným spalovacím motorem (Příhoda 2016).

štěpkovače na samostatném podvozku

Pracující bez nutnosti připojení k vozidlu - stroje se samostatným pohonem, vybavené dálkovým ovládáním základních prvků a často se vkládáním vstupního materiálu externím strojem (Příhoda 2016).

štěpkovače umístěné na podvozcích nákladních automobilů a návěsů

Jedná se o skupinu nejvýkonnějších štěpkovačů. Mají obvykle vlastní pohon technologické nástavby. Nasazení těchto strojů vyžaduje důkladné vyřešení návaznosti těžby a přibližování dříví ke štěpkovači a plynulého odvozu nasekané štěpky, aby byl štěpkovač plně využit (Příhoda 2016).

štěpkovače umístěné na podvozcích vyvážecích souprav

Jsou určeny ke štěpkování dřeva mimo zpevněné cesty - mohou pracovat přímo na pasece bez předešlého shrnutí klestu nebo na odvozních místech a kontinuálně zpracovávat velké skládky těžebních zbytků. Jsou vybaveny hydraulickou rukou ovládanou z kabiny operátora. Většinou je štěpkovač poháněn samostatným motorem (Příhoda 2016).

3.4.3 Velkovýrobní technologie štěpkování

Při štěpkování klestu přetrvává názor, že je nejlépe jej seštěpkovat terénními sekačkami na pasece, co nejbližší místa jeho vzniku, a na odvozní místo transportovat štěpky. Praxe tento názor nepotvrzuje. Koncentrace klestu ke štěpkování nebývá na pasece tak vysoká, aby umožnila plné využití sekačky a jejím přejížděním a ustavováním do pracovního postavení vznikají časové ztráty. Ani doprava štěpek místo klestu není jednoznačně výhodnější, protože objemové využití ložného prostoru klestem může být při jeho hutnění téměř srovnatelné s využitím ložného prostoru štěpkami. Hustota volně sypaných štěpek je asi 200 kg/m^3 a hustota klestu hutněného hydraulickou rukou dosahuje až 80 % této hodnoty. Z toho lze odvodit, že ztráta dopravních kapacit může být překryta zvýšenou výkonností na odvozním místě. Pro přesun štěpkování z těžební plochy na odvozní místo hovoří i cenové relace. Sekačky na terénních podvozcích jsou nejméně o 20 % dražší než sekačky na automobilních podvozcích, což při srovnatelné výkonnosti znamená, že přímé náklady budou u terénních sekaček o 20 % vyšší. Vzhledem k vyšším hmotnostem terénních sekaček, jejich nízké svahové dostupnosti, maloplošným těžbám a převládajícím terénním podmínkám v ČR, lze použití technologií se štěpkováním u komunikace považovat za univerzálnější než štěpkování v terénu. Soustředování klestu před štěpkováním na odvozním místě je řešitelné vyvážecími stroji (Neruda a kol. 2013).

3.4.4 Malovýrobní technologie štěpkování

Cílem malovýrobních technologií není nejvyšší výkonnost, ale štěpkování jednoduchými, cenově dostupnými prostředky nenáročnými na kvalifikaci obsluhy. Vyrobené štěpky nemusí být ani určeny pro trh, ale pro vlastní spotřebu. Proto malovýrobní technologie používají jednoduché sekačky s ručním podáváním, tažené a poháněné traktory nižších výkonů, které jsou po část roku využívány v jiných činnostech (Neruda a kol. 2013).

3.4.5 Drcení

Materiál obsahující příměsi (pařezy se zeminou) je možné dezintegrovat jen technologií na příměsi citlivou. Tou je drcení (rozvlákňování), jejímž produktem je drť nestandardních rozměrů. Použitelná je pro chemické zpracování, ekopalivo, nebo se kompostuje (Simanov, Kohout 2004).

Pracovní principy drtičů

Kladivový drtič je charakterizován jedním, nebo více rotory s otáčkami 700 – 1 200 za minutu, s pevně či otočně uloženými tloučky - kladivy. V mezerách mezi nimi jsou pevné překážky s obdobnou funkcí jako protinože u sekaček. Jejich vzájemnou vzdáleností je totiž dán maximální rozměr frakcí. Na výstupu bývají síta vracející nadrozměrné frakce zpět do drtiče. Rotory bývají opatřeny setrvačníky pro překonání vznikajících rázů. Činnost těchto drtičů je doprovázena vysokou hladinou hluku a prašností (Simanov, Kohout 2004).

Druhým principem je rozvlákňování (rozměňování), docilované tak, že na čelní straně rozměrného setrvačníku, otáčejícího se rychlostí 10 - 100 ot. min⁻¹, jsou ve spirále umístěny tvrzené zuby, proti kterým je pohyblivou deskou přitlačován materiál k dezintegraci. Drť pak vzniká rozměňováním materiálu šroubovým pohybem zubů (Simanov, Kohout 2004).

3.4.6 Třídění štěpek

Protože všechny technologie dezintegrace dříví produkují frakce různých rozměrů a kvality, třídí se štěpky v případech, kdy je cílem jejich kombinované technologické a energetické využití. Každé třídění však znamená zvýšení výrobních nákladů a zvýšení podílu prachových částic ve štěpkách. Prostorově i energeticky úsporné je třídění na vibračních sítích, kdy je velikost frakce dána velikostí ok síta a počet frakcí počtem sít pod sebou. Další možnosti třídění jsou na rotačních třídičkách a proséváním na rotujících gumových hvězdících. (Neruda a kol. 2013).

3.4.7 Transport

Štěpky se dopravují běžnými valníkovými vozidly. Vzhledem ke strhávání vrchních vrstev nákladu proudem vzduchu při přepravě vyššími rychlostmi po komunikacích, je jejich silniční přeprava vhodná jen v uzavřených prostorech, nebo je nutné alespoň zakrytí nákladu plachtou, aby se zabránilo ztrátám během přepravy (Simanov 1995).

Nabízí se řešení kontejnerovými přepravními systémy, minimalizujícími čas nakládání a skládání tím, že odstraňují manipulaci s každým kusem a nahrazují ji manipulací s nákladem jako celkem. Doba naložení (i složení) na kontejnerový nosič nepřesahuje 2 minuty a naložení i složení kontejneru je možné kdekoliv zařízením neseným na vozidle (Neruda a kol. 2013).

3.4.8 Skladování

Činností živých parenchymatických buněk, chemickým oxidčováním, hydrolýzou celulókových komponentů v kyselém prostředí a biologickou aktivitou bakterií a hub se štěpky poměrně rychle rozkládají, čímž dochází ke ztrátě objemu a zvyšování vlhkosti materiálu (až na 230 % absolutní vlhkosti). Současně vzrůstá vnitřní teplota na 50 - 70 °C, a za určitých okolností může dojít i k samovznícení (při překročení teploty cca 100 °C). Doporučená lhůta spotřeby štěpek je do 15 dnů od jejich výroby, a za nejzazší lhůtu pro zpracování se považují 3 měsíce. (Simanov 1995).

3.5 Energetické využití

Výhřevnost dendromasy

Při oxidačních procesech probíhajících při hoření paliva se uvolňuje teplo, které se u tuhého paliva vztahuje k jeho hmotnostní jednotce, a proto se vyjadřuje v $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ (za teploty 0 °C a tlaku 0,1 MPa). V technické praxi se uvolněné teplo vyjadřuje buď jako spalné teplo Q_v , nebo jako výhřevnost paliva Q_n (Simanov 1995).

Spalné teplo Q_v je definováno jako množství tepla uvolněného dokonalým spálením paliva (obvykle 1 kg nebo 1 m^3), při ochlazení spalin až na původní teplotu paliva (0 °C), přičemž veškerá pára ve spalinách úplně zkondenzovala – odevzdala své teplo (Simanov 1995).

Výhřevnost paliva Q_n je množství tepla uvolněného z paliva, přičemž vlhkost paliva zůstane ve spalinách spolu s tepelnou energií, použitou na přeměnu vody ve vodní páru. Hodnota výhřevnosti je tedy nižší než spálené teplo o energii potřebnou k ohřevu vody z původní teploty (0 °C) na 100 °C a skupenské teplo vypařované vody. Tato celková tepelná ztráta je přibližně 2 500 kJ na 1 kg vody obsažené v palivu (Simanov 1995).

Optimální relativní vlhkost dřevních štěpek pro spalování je 30 až 35 %. Jsou-li štěpky příliš suché, má proces hoření explozivní charakter a velká část tepelné energie uniká prostřednictvím horkých kouřových plynů do atmosféry. Naopak při vlhkosti štěpek 50 až 60 % je spalování obtížné a účinnost topeniště klesá. (Simanov 1995).

Tab. 1: Efektivní výhřevnost lesní štěpky v MJ/m³ v závislosti na vlhkosti (Simanov 1995)

Smrk				
Štěpka vyrobená	Vlhkost (%)			
	0	20	40	60
z celých stromů	7 430	7 430	7 020	6 270
z klestu bez jehličí	9 160	8 880	8 400	7 450
z klestu s jehličím	8 424	8 164	7 731	6 864

Spalování štěpek

V konstrukci topenišť pro spalování štěpek, i v jejich příslušenství lze odlišit několik konstrukčních směrů, z nichž každý má své výhody i nevýhody vzhledem k použití topeniště i vzhledem k nárokům na kvalitu (pravidelnost rozměrů) štěpek (Simanov 1995).

Topeniště na štěpky

Pro nižší výkony je typické topeniště s podsvvným roštem, do kterého jsou štěpky dávkovány šnekovým dopravníkem pod rošt, přes který jsou vytlačovány vzhůru, kde shora odhořívají. Výkon topeniště je dán množstvím hořících štěpek a reguluje se tak otáčkami šnekového dopravníku. Prohoření štěpek do podávacího dopravníku brání princip dávkování paliva – hořící štěpky jsou odhrnovány novými štěpkami. V případě poruchy funguje tepelné čidlo, které při překročení nastavené teploty otevře přívod vody a podávací dopravník zaplaví vodou. Princip podávání paliva je bohužel velmi citlivý na nadrozměrné kusy paliva (třísky) a na cizorodé příměsi (kameny), (Neruda a kol. 2013).

Pro větší výkony se používají topeniště se šikmým roštem, jejichž výhodou je, že štěrky odhořívají na nakloněné rovině z ohnivzdorného materiálu, a proto jsou tato topeniště necitlivá na nadrozměrné frakce a příměsi. Jsou použitelné pro pařezové dříví, bednění ze staveb, dříví z demolic i kůru znečištěnou zeminou. (Neruda a kol. 2013).

Mimo tyto systémy existují topeniště s pohyblivým roštem a pohyblivými rošticemi, plnicími současně funkci dávkovacího zařízení, které se používají pro spalování materiálu o vysoké vlhkosti, protože umožňují jeho postupné předsušení odpadním teplem před vstupem do spalovacího prostoru. (Neruda a kol. 2013).

4 Materiál a metodika

Přípravné práce

Nejprve byly získány dostupné podklady s informacemi o LHC (LHC - Lesní hospodářský celek) Obecní lesy Borušov (textová a plochová část LHP, porostní mapa). Po jejich prozkoumání byly stanoveny mýtní porosty, ze kterých lze klest vyvézt pomocí vyvážecí soupravy a zpracovat na lesní štěpku, pomocí porostní mapy a rad lesního hospodáře pana Aloise Křivánka odpovědného za lesní majetek. Dále byl ve vybraných porostech určen terénní typ, nepovinný údaj LHP (LHP - Lesní hospodářský plán), dle terénní klasifikace Lesprojekt 1980 a stanoveno % využití klestu.

Výběr porostu pro sběr dat

Z vyhovujících porostů byl vybrán porost 1C12, v němž byla naplánována obnovní těžba z důvodu přirozeného zmlazení. V porostu byly vybrány vzorníky v podobě stromů různých tloušťek. Na těchto stanovených vzornících byly změřeny dendrometrické veličiny a vážen klest. Před samotným kácením byla u každého vzorníku změřena výčetní tloušťka $d_{1,3}$ v cm, dle které byly vzorníky rozděleny do tloušťkových stupňů po 4 cm pro porovnání hmotnosti klestu s jiným autorem.

Vzorníky byly káceny a zpracovány JMP značky STIHL MS362 s délkou vodící lišty 40 cm s pilovým řetězem značky STIHL. Při kácení a zpracování jednotlivých vzorníků byly použity následující pomůcky - dřevorubecká lopatka, tažné klíny plastové, palice, měřicí pásmo, ocelová průměrka, křída, dřevorubecký opasek a osobní ochranné prostředky.

Objem hroubí

Objem jednotlivých vzorníků byl zjištěn dle výřezů příslušného vzorníku pomocí Tabulek pro výpočet objemu kulatiny bez kůry (Černý, Pařez 2012) podle středové tloušťky měřené v kůře a délky výřezu. Sečtením hodnot jednotlivých výřezů byl určen objem každého vzorníku. Délka každého vzorníku byla vypočtena součtem jednotlivých délek výřezů. Celkový objem hroubí byl vypočítán jako násobek vzorníku a počtu vzorníků v tloušťkovém stupni.

Vážení klestu

Po zpracování jednotlivého vzorníku byl vážen klest. Větve byly svázány provazem do podoby otýpek a zváženy pomocí pérové váhy s vyraženou hmotnostní stupnicí do 40 kilogramů s tolerancí 2 gramy, zavěšené na vlastní vyrobené konstrukci. Zároveň byla změřena vlhkost digitálním vpichovým vlhkoměrem. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do poznámkového sešitu. Poté byla otýpka rozvázána a větve sházeny na hromadu. Po roce přirozeného vysychání bylo provedeno vážení klestu a změření vlhkosti stejným způsobem.

Hmotnost klestu

K porovnání hmotnosti klestu byly vybrány údaje z literatury od Prof. Ing. Jar. Dejerala, DrSc. K výpočtu hmotnosti klestu z těžných vzorníků byla nejprve zjištěna hmotnost každého kmene, která se rovná násobku objemu hroubí těžného kmene a koeficientu objemové hmotnosti (pro smrk $0,740t.m^3$). Pro výpočet hmotnosti klestu byly použity hmotnostní koeficienty uvedené v tabulkách pro sortimentaci těžebního fondu dle autora. Zjištěná hmotnost jednotlivých složek 1 vzorníku byla vynásobena počtem vzorníků v tloušťkovém stupni.

Navážená hmotnost klestu

Navážená hmotnost klestu z 1 vzorníku byla vynásobena počtem vzorníků v tloušťkovém stupni, čímž byla dosažena celková hmotnost klestu ze vzorníků v tloušťkovém stupni. Součtem jednotlivých celkových hmotností byla zjištěna celková hmotnost klestu v mýtním porostu.

Objem klestu v HS

Objem klestu v ostatních HS byl určen podle autora (Chytrý 2016) následujícím způsobem - $1m^3$ dříví se rovná 1 prm větví.

Náklady na operace

Náklad na sházený a vyvezený 1 prm smrkového klestu byl uveden dle cenového tarifu na LHC Obecní lesy Borušov a náklad na štěpkování byl stanoven podle výroby štěpky v obci Gruna.

5 Výsledky a Diskuze

5.1 LHC Obecní lesy Borušov

Administrativně správní příslušnost

Administrativně přísluší LHC Obecní lesy Borušov (viz Příloha č. 1) do působnosti Krajského úřadu Pardubického kraje, odboru životního prostředí a zemědělství. Na LHC Obecní lesy Borušov vykonává státní správu lesů Městský úřad Moravská Třebová, který je správním úřadem obce s rozšířenou působností. Katastrální výměra parcel, které jsou zařazeny v LHP činí 136,22 ha (LHP 2009 - 2018).

5.1.1 Přírodní poměry

Lesní oblast

LHC Obecní lesy Borušov se nachází v lesní oblasti 31 - Českomoravské mezihorí (LHP 2009 - 2018).

Poměry orografické a hydrografické

Území LHC se dle geomorfologického členění nachází na rozhraní celků Podorlické pahorkatiny (podcelek – Moravskotřebovská pahorkatina, okrsek – Lanškrounská kotlina) a Zábřežské vrchoviny (podcelek – Mírovská vrchovina, okrsek – Maletínská vrchovina). Reliéf má převážně charakter členité vrchoviny. Převládají členité svahy různých expozic do bočních žlebů, které ústí převážně do hlavního údolí Borušovského potoka. Nadmožská výška se pohybuje od 400 do 570 m n.m. Téměř celé území obecních lesů odvodňuje Borušovský potok do řeky Třebůvky, která patří do povodí Moravy, úmoří Černého moře. Výjimkou je pouze osamocený porost 2D na SV území, z něhož voda odtéká do Mírovky a následně do Moravy (LHP 2009 - 2018).

Poměry klimatické

Klimaticky náleží území LHC do mírně teplé oblasti, okrsku mírně teplého, mírně vlhkého, vrchovinného. Průměrná roční teplota je 6.9 °C, ve vegetačním období 13,2 °C (IV - IX měsíc). Průměrné roční srážky 633 mm, ve vegetační době 406 mm. Průměrná vegetační doba je 149 dnů (LHP 2009 - 2018).

Poměry geologické a pedologické

Po geologické stránce náleží LHC do oblasti Českého masivu, převážně krystalinika. Půdní poměry této oblasti závisí především na matečné hornině a reliéfu terénu. Většina obecních lesů se nachází na křídovém útvaru s převahou opuk, pískovců a břidlic. Vliv Zábřežského krystalinika se projevuje přítomností minerálně bohatších rul a fylitů. Z půdních typů je nejčastější kambizem typická oligotrofní či mezotrofní dle bohatosti podloží. Na hlinitých překryvech a deluviích se vyskytuje luvizem typická oglejená, na bohatších kamenitých lokalitách je zastoupena kambizem rankerová mezotrofní (LHP 2009-2018).

Poměry biogeografické, geobotanické a fyto geografické

Podle Culkova členění biogeografického se nachází území LHC na samém východním okraji regionu Svitavského 1.39, východně od něho začíná Šumperský bioregion 1.53. Bioregion se rozkládá v mezofytiku ve fyto geografickém okrese 63. Českomoravské mezihoří. Po stránce geobotanické vyšší polohy pokrývají bučiny různého typu, květnaté i bikové. V nižších polohách se vyskytují převážně dubohabřiny (LHP 2009 - 2018).

Lesní vegetační stupně

Obecní lesy Borušov se nacházejí ve 4. Bukovém lesním vegetačním stupni (lvs), ojediněle je zastoupen fragment 5. Jedlobukového lvs v severní části a jižní části LHC na stanovištích s proudící vodou v profilu (lesní typ 5V1 a 5V2) a podél hlavního hřebenu v severní části území (lesní typ 5K1). Převládají společenstva kyselé ekologické řady, která spolu s přechodovou svěží ekologickou řadou zaujímají téměř celou výměru LHC. Na bázích svahů se vyskytují pouze sporadicky živná stanoviště (LHP 2009 - 2018).

5.1.2 Hospodářské soubory

Tab. 2 Přehled hospodářských souborů (LHP 2009 - 2018)

Hospodářský soubor		Plocha	
Označení	Cílové hospodářství	ha	%
411	41 -Hospodářství exponovaných stanovišť středních poloh	1,23	0,92
431	43- Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh	74	55,23
433	43 - Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh	8,97	6,7
436	43 - Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh	6,72	5,02
451	45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh	32,98	24,09
453	45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh	2,04	1,52
457	45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh	1,04	0,78
531	53 - Hospodářství živných stanovišť vyšších poloh	3,97	2,96
1441	45 - Hospodářství živných stanovišť středních poloh	3,73	2,78
Celkem		133,98	100

5.1.3 Porostní poměry

Zastoupení věkových stupňů a dřevin

Skladba věkových stupňů je značně nevyrovnaná (viz. Příloha č. 2). Při porovnání skutečné rozlohy věkových stupňů s normální rozlohou je patrný výrazně velký podíl 12. a 13. věkového stupně, normální rozlohu ještě přesahuje 10. věkový stupeň. Kolem normální rozlohy se pohybují věkové stupně 1., 3. a 4. Normální rozlohu nedosahují 2., 5., a 8. věkový stupeň, výraznější nedostatek je patrný u 6., 7., a 9. věkového stupně (LHP 2009 - 2018).

Hlavní hospodářskou dřevinou je smrk, významnějšími borovice, modřín, buk. Zejména v mýtních porostech je zastoupena jedle. Téměř ve všech věkových stupních se vyskytuje bříza, ostatní dřeviny jsou zastoupeny okrajově (LHP 2009 - 2018).

Tab. 3 Základní údaje podle dřevin (LHP 2009 - 2018)

Dřevina	bonita(AVB)	Zásoba		plocha	
		m ³ b.k	%	ha	%
Smrk	28,42	29 825	69,28	86,56	65,37
Borovice	25,57	6 986	16,23	22,78	17,2
Modřín	29,17	1 803	4,19	6,01	4,54
Jedle	25,55	1 312	3,05	3,22	2,44
Buk	26,01	2 584	6	9,94	7,51

Přehled vyhlášených kategorií lesů

Na LHC Obecní lesy Borušov se nachází lesy hospodářské s rozlohou 132,14 ha a lesy zvláštního určení o rozloze 3,73 ha (LHP 2009 - 2018).

Výše těžeb

Těžba stanovená LHP

- mýtní: 23 993 m³ b.k
- předmětní: 1 857 m³ b.k
- maximální celková: 25 850 m³ b.k

(LHP 2009 - 2018).

Vybrané mýtní porosty

1A8 - Lesní typ 4K6, Věk – 86, Terénní typ 11, Kmenovina celkově rozvolněnější JZ okraj proředěný se zmlazením

1A9 - Les. typ 4K6, Věk - 95, Ter. typ 11, Kmenovina na J okraji lesa

1A10 - Les. typ 4K6, Věk - 105, Ter. typ 11, Kmenovina na velmi mírném svahu z expozice, tloušťkově a výškově diferencovaná

1A12 - Les. typ 4K6, Věk – 125, Ter. typ 11, Kmenovina v rozpracované fázi obnovy po okrajích procloněná s různověkým zmlazením

1B12 - Les. typ 4K2, Věk – 122, Ter. typ 11, Kmenovina s bohatým zmlazením SM v S části

1C12 - Les. typ 4K2, Věk - 124, Ter. typ 12, Kmenovina místy rozvolněná až výrazně proředěná

3A12 - Les. typ 4K1, Věk - 122, Ter. typ 11, Kmenovina celkově rozvolněná s výraznějšími proředěnými místy, zmlazení SM po okrajích kmenoviny

3B8 - Les. typ 4K2, Věk - 87, Ter. typ 11, Kmenovina, BO+, BK+

3B10 - Les. typ 4K2, Věk - 103, Ter. typ 11, Kmenovina skupinovitě smíšená, BO zastoupená v Z polovině skupiny

3B12 - Les. typ 4K2, Věk - 124, Ter. typ 11, Kmenovina s celkově rozvolněným zápojem, po okrajích řídkší s nepravidelným zmlazením různověkého smrku

3D8 - Les. typ 4K2, Věk - 83, Ter. typ 14, Kmenovina silně a tloušťkově diferencovaná, ve žlebu dimenze větší a naopak v S části slabší

1B8 - Les. typ 4S1, Věk - 86, Ter. typ 11, Kmenovina tloušťkově a výškově diferencovaná, ve spodní části svahu větší dimenze

2A9 - Les. typ 4S2, Věk - 95, Ter. typ 13, Kmenovina ve spodní části svahu tloušťkově a výškově diferencovaná, BO+, BR+

2A13 - Les. typ 4S2, Věk - 134, Ter. typ 13, Smíšená kmenovina na svahu S - SZ expozice, BO výrazně zastoupená ve V a J části skupiny

3D9 - Les. typ 4S2, Věk 88, Ter. typ 14

3D12 - Les. typ 4S2, Věk - 124, Ter. typ 12, Kmenovina na svahu J expozice celkově rozvolněná s na Z výrazně proředěná

2E13 - Les. typ 4S1, Věk - 135, Ter. typ 13, Kmenovina v rozpracované fázi obnovy, ve spodní části svahu dimenze větší

1C8 - Les. typ 5K1, Věk - 82, Ter. typ 11, Kmenovina podél Z okraje mladší SM v podúrovni

1C10 - Les. typ 5K1, Věk - 105, Ter. typ 11, Kmenovina ve dvou částech, skupina na Z na 4K2

3C12 - Les. typ 5S1, Věk – 124, Ter. typ 14, Kmenovina celkově rozvolněná, ve střední části výrazně proředěná s pomístným zmlazením SM

(LHP 2009 - 2018)

5.2 Teplovodní kotel na dřevní odpad

Kotel (viz Příloha č. 3) je určen ke spalování dřevního odpadu s obsahem vlhkosti až do 40 % a k ohřevu vody v nízkotlakých topných systémech, k přípravě teplé užitkové vody (výměníky), k vysoušení materiálu (sušičky) apod.

Parametry kotle

- jmenovitý tepelný výkon – 80 kW
- předepsané palivo – štěpky do 5 cm
- objem palivové šachty – 2,2 m³
- doba hoření paliva při jmenovitém výkonu – 11 h
- doba při hoření paliva při výkonu 30 % - 20 h
- spotřeba paliva za 1 h při jmenovitém výkonu (vlhkost 20 % - 24 kg, vlhkost 40 % - 26 kg)

Hlavní části zařízení

- Násypka
- Dopravník
- Topeniště
- Výměník
- Vzduchový ventilátor s regulačním kanálkem (G2E 120 AR 77 - 01)
- Elektrický ovládací rozvaděč

(Šamata 2006)

Umístění a funkce kotle

Kotel je umístěn v kotelně, která je součástí obecní budovy (viz Příloha č. 4), která je rozdělena na několik částí: obecní úřad, místní knihovna, obchod a pohostinství, jídelna, kuchyňka, přísálí, sál, 2 chodby a sociální zařízení. Z tohoto důvodu bylo topení rozděleno na tři okruhy, ve kterých lze libovolně topnou teplotu vody regulovat a snížit spotřebu paliva. Samotná kotelna je rozdělena na dvě části. První část je určena pro sklad štěpek. Ke zvýšení kapacity kotelního skladu jsou u vstupních plechových vrat ve zdech ukotveny železné profily ve tvaru „U“ do kterých se zasouvají dřevěné fošny. Do druhé části, nacházející se pod úrovní terénu, je umístěn kotel a ostatní zařízení. Přívod čerstvého vzduchu pro podporu spalování je zajištěn potrubím z novodurových trubek sestavených do sebe s vyústěním u podlahy kotelny. Přirozené větrání je zajištěno oknem v horní úrovni stropu kotelny.

5.3 Skladování paliva - štěpek

Jelikož sklad v místní kotelně pojme menší množství paliva, je sklad doplňován několikrát za topnou sezónu palivem z centrálního skladu (viz Příloha č 5). Centrální sklad tvoří bývalá zemědělská hala, která prošla rekonstrukcí po odkupu obcí Borušov. Mezi zdívem a střechou jsou namontovány laminátové tabule, které nepřiléhají ke zdivu, čímž je zajištěno nepřetržité větrání skladu.

Objem centrálního skladu (m^3)

$$V_s = d * š * v$$

$$V_s = 32 * 10 * 4,5$$

$$V_s = 1\,440\, m^3$$

Pozn.: V_s - objem skladu (m^3), d - délka (m), $š$ - šířka (m), v - výška (m)

Centrální sklad svým objemem $1\,440\, m^3$ poskytuje velký prostor pro uskladnění paliva.

5.4 Doprava paliva

Palivo z centrálního skladu do kotelny je dopravováno pomocí čelního nakladače JD633, agregovaný s traktorem John Deer 6230 (viz Příloha č. 6). Při přepravě paliva je na čelním nakladači osazena pracovní lopata na sypké hmoty (viz. Příloha č. 7) se záběrem 220 cm o objemu 1,1 prn.

5.5 Objem štěpky na topnou sezónu

Během předešlých topných sezón nebyvaly vytápěny všechny okruhy topného systému zároveň. Z tohoto důvodu byla spotřeba paliva (štěpky) určena následujícím výpočtem.

$$V_p = Y * N * V$$

$$V_p = 5 * 17 * 1,1$$

$$V_p = \mathbf{93,5 \text{ prn}}$$

Pozn.: V_p - objem paliva (prn), Y - počet navážení paliva do kotelny z centrálního skladu, N - počet lopat, V - objem lopaty (prn),

Potřebné množství štěpky pro teplovodní kotel na topnou sezónu bylo stanoveno dle výpočtu na 93,5 prn.

5.6 Výsledky měření a vážení klestu

Tab. 4 Hodnoty Smrku ztepilého v porostu 1C12

Tl.st	Výška (m)	Ø d _{1,3} (cm)	L kor.(m)	Vzorníky (Ks)	Hroubí (m ³)
18	22	20	18	5	1,8
22	26	24	20	6	3,18
26	29	28	20	8	6,96
30	33	32	28	9	10,53
34	35	36	31	5	7,95
38	36	40	28	5	9,85
42	38	44	32	4	10,08
46	39	46	35	6	16,56
50	40	50	41	1	3,33
celkem				49	70,24

V tabulce jsou uvedeny naměřené dendrometrické veličiny a celkový objem hroubí 70,24 m³ vypočtený ze vzorníků zařazených do tloušťkových stupňů dle naměřeného průměru v d_{1,3}.

Tab. 5 Hmotnost klestu ze Smrku ztepilého v porostu 1C12 dle Dejmalá (1986)

Hmotnost klestu								
tl. st.	1 vzorník					vzorníky v tl.st.		
	Q _t (t)	v _j (t)	v _j (kg)	v _d (t)	v _d (kg)	v _j (kg)	v _d (kg)	celkem
18	0,20	0,020	20	0,034	34	100	170	270
22	0,44	0,035	35	0,048	48	210	288	498
26	0,64	0,045	45	0,064	64	360	512	872
30	0,93	0,056	56	0,093	93	504	837	1 341
34	1,23	0,061	61	0,123	123	305	615	920
38	1,52	0,076	76	0,152	152	380	760	1140
42	1,90	0,076	76	0,190	190	304	760	1 064
46	2,10	0,084	84	0,210	210	504	1260	1 764
50	2,47	0,099	99	0,247	247	99	247	346
celkem								8 215

Pozn: Q_t - hmotn. kmene, v_j - hmotn. jehličí, v_d - hmotn. dřeva z větví

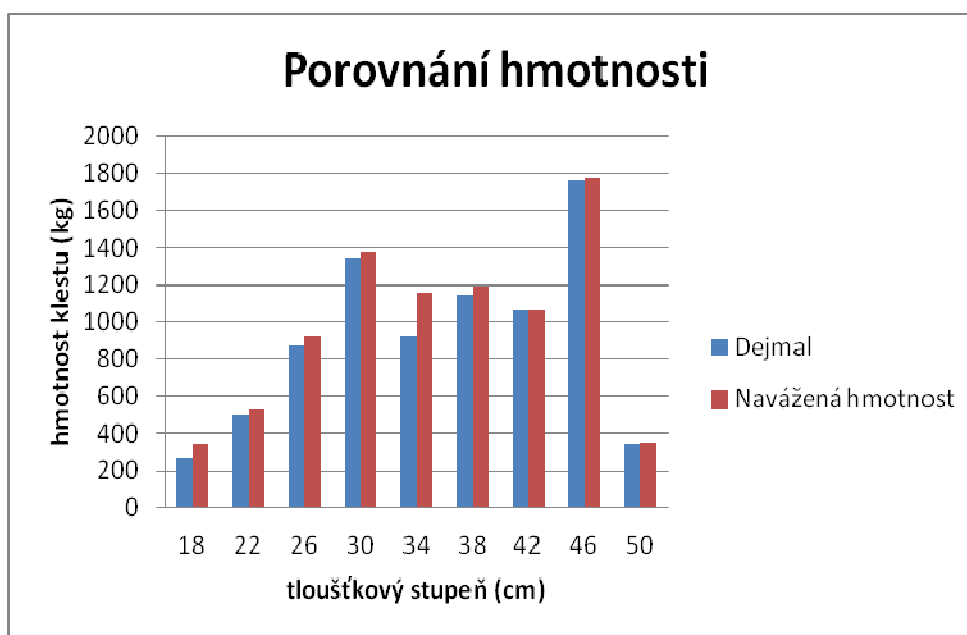
Tabulka uvádí jednotlivé hmotnosti nadzemních složek čerstvého klestu a celkovou hmotnost čerstvého klestu ze vzorníků vypočtenou podle literatury autora.

Tab. 6 Navážená hmotnost klestu ze Smrku zteplého v porostu 1C12

Hmotnost klestu					
Tl.st	Vzorníky (Ks)	$m_{\check{c}}$ (kg)	m_{celk} (kg)	m_s (kg)	m_{celk} (kg)
18	5	69	345	48	240
22	6	88	528	61	365
26	8	115	920	79	632
30	9	153	1 377	106	954
34	5	231	1 155	160	800
38	5	238	1 190	164	820
42	4	267	1 068	184	736
46	6	297	1 782	205	1 230
50	1	348	348	240	240
celkem			8 713		6 017

Pozn: $m_{\check{c}}$ – hmotn. čerstvého (kg), m_s – hmotn. polosuchého (kg), m_{celk} – celková hmotn. (kg)

V tabulce je uvedena navážená hmotnost čerstvého klestu s 60 % vlhkostí a polosuchého klestu s 30 % vlhkostí. Z tabulky vyplývá pokles hmotnosti klestu po přirozeném vysychání o 31 %.



Obr. 1 Porovnání hmotnosti klestu

Z grafu vyplynula větší hmotnost klestu z vlastního vážení než u Dejmal (1986), jelikož při výpočtech dle Dejmal byly použity koeficienty pro průměrné vzrůstové poměry. Větší hmotnost z vlastního vážení je ovlivněna lepšími podmínkami - živné stanoviště.

5.7 Výsledky objemu klestu dle HS

Tab. 7 Objem čerstvého klestu Smrku ztepilého v HS 431

HS 431 - Smrkové hospodářství živných stanovišť středních poloh				
Porost	Výměra (ha)	V _{tab} celk. (m ³ b.k)	Využití (%)	Zásoba (prm)
1A8	1,25	254,75	100	254,75
1A9	0,34	108,85	100	108,85
1A10	1,39	408	100	408
1A12	3,7	1 129,5	100	1 129,5
1C12	7,39	1 599,95	100	1 599,95
1B12	9,24	1 977,4	100	1 977,4
3A12	4,27	690,5	100	690,5
3B8	0,24	109,9	100	109,9
3B10	2,86	445,35	100	445,35
3B12	4,83	499,6	100	499,6
3D8	3,03	1 130,5	80	904,4
celkem				8 047,2

Z porostů uvedených v tabulce byl vypočten celkový objem čerstvého klestu ve výši 8 047,2 prm.

Tab. 8 Objem čerstvého klestu Smrku ztepilého v HS 451

HS 451 - Smrkové hospodářství kyselých stanovišť středních poloh				
Porost	Výměra (ha)	V _{tab} celk. (m ³ b.k)	Využití (%)	Zásoba (prm)
1B8	2,1	723	100	723
2A9	0,21	66	30	19,8
2A13	3,22	509,45	30	152,84
3D9	0,39	177	50	88,5
3D12	7,33	2 524,75	50	1 262,38
2E13	6,21	2 504	80	2 003,2
celkem				4 249,72

Z porostů uvedených v tabulce byl zjištěn objem čerstvého klestu ve výši 4 249,72 prm.

Tab. 9 Objem čerstvého klestu Smrku ztepilého v HS 531

HS 531 -Smrkové hospodářství živných stanovišť vyšších poloh				
Porost	Výměra (ha)	V _{tab} celk. (m ³ b.k)	Využití (%)	Zásoba (prm)
1C8	0,44	161,75	100	161,75
1C10	2,12	601,35	100	601,35
celkem				763,1

V následující tabulce byl vypočten objem čerstvého klestu ve výši 763,1 prm.

Tab. 10 Objem čerstvého klestu Smrku ztepilého v HS 1441

HS 1441 -Smrkové hospodářství živných stanovišť středních poloh				
Porost	Výměra (ha)	V _{tab} celk. (m ³ b.k)	Využití (%)	Zásoba (prm)
3C12	2,32	609,25	70	426,48

Tabulka uvádí objem čerstvého klestu zastoupeného porostu ve výši 426,48 prm.

Tab. 11 Celkový objem čerstvého klestu Smrku ztepilého

Objem (prm)	
HS 431	8 047,2
HS 451	4 249,72
HS 531	763,1
HS 1441	426,48
celkem	13 486,5

V tabulce je uveden celkový objem čerstvého klestu z jednotlivých HS ve výši 13 486,5 prm. Výše objemu klestu v jednotlivých HS je ovlivněna počtem vybraných porostů a stanoveným procentem využití.

Tab. 12 Celkový objem polosuchého klestu Smrku ztepilého

Objem (prm)	
HS 431	5 552,57
HS 451	2 932,3
HS 531	526,54
HS 1441	294,27
celkem	9 305,68

Tabulka uvádí celkový objem polosuchého klestu ve výši 9 305,68 prm, který lze přeměnit na lesní štěpku.

5.8 Návrh těžební metody, manipulace s klestem a štěpkování klestu

Těžební metoda

Po konzultaci s místním lesním hospodářem navrhuji ve vybraných porostech s terénními typy 11, 12 a 13 metodu sortimentní. V porostech s terénním typem 14 zvolit metodu stromovou s odvětvením klestu na nejbližší přístupném místě pro vyvážecí soupravu. Dle podílu ruční (res. animální práce) doporučuji zvolit moto – manuální těžební technologie s použitím JMP, z důvodu menšího poškození přirozeného zmlazení.

Manipulace s klestem

Vzhledem k dalšímu využití klestu na štěpku doporučuji klest ručně sházet do hromad, ručně sházený klest obsahuje méně nežádoucích složek (hlína, kamenní). Po dokončení shazování klest vyvézt vyvážecí soupravou na místo štěpkování a nechat ho proschnout, popřípadě jej ponechat proschnout v lese a poté vyvézt. Vyvážecí souprava bude složena z UKT Zetor 6340 a vyvážecího vleku PALMS 8S (viz. Příloha č. 8).

Vyvážecí vlek

Jeřáb	PALMS 665
Nosnost (kg)	8000
Hmotnost (kg)	950
Celková délka (mm)	5715
Délka ložné plochy (mm)	3575
Celková šířka se standardními koly (mm)	2110
Standardní kola	11,5/80-15,3
Nápravy	60x6,0x8
Ložná plocha (m ²)	1,9

(Palms 2016)

Štěpkování klestu

Pro výrobu a dopravu štěpky na centrální sklad navrhuji zvolit formu služby. Samotnou výrobu štěpky doporučuji provést v letních měsících, tzn. červenec až srpen, z důvodu vysokých teplot a malých úhrnů srážek. Ke štěpkování zvolit lokalitu OM (lesní skládka dříví), nebo jiného místa dopravě přístupného. Na výrobu štěpky a její dopravu na centrální sklad bude vhodné použít stejné výrobní a dopravní prostředky, které se osvědčily při výrobě štěpky v obci Gruna a z důvodu většího vytížení štěpkovače při odvozu štěpky na centrální sklad využít 2 traktorové vleky.

Upravený štěpkovač Mus - Max 8 XL (viz. Příloha č. 9)

- provedení cipper truck na podvozku nákladního automobilu TATRA 815
- vstupní otvor 64 * 60 cm
- 8 sekacích nožů
- délka podávacího dopravníku 2,8 m
- výkon štěpkování cca 90 m³ / hod.

(Musmax 2016)

Odvozní souprava

- UKT Zetor 6340 se zemědělským vlekem na přepravu senáže a siláže
- rozměry odvozního vleku: $d * š * v - 5 * 2,2 * 2,5$ (viz. Příloha č. 10)

Pozn.: d - délka (m), $š$ - šířka (m), v - výška (m)

Stanovení ceny 1 prm polosuché štěpky

Náklad na štěpkování a dopravu 1 prm

$$n_{\xi} = \check{S} + D + T$$

$$n_{\xi} = 105 + (10 * 22,4 / 22) + (1 * 400 / 22)$$

$$n_{\xi} = 133,2 \text{ Kč}$$

Pozn.: n_{ξ} – náklad na štěpkování (Kč), \check{S} – štěpkovač, D - doprava na sklad (prům.dopr. vzdálenost * cena / objem vleku), T -čekací doba dopr. prostředku (hod. * cena za hod. / objem vleku)

Výše uvedené nákladové položky byly stanoveny na základě výroby štěpky v obci Gruna z důvodu podobných přírodních a dopravních podmínek.

Cena 1 prm polosuché štěpky

$$c = n_s + n_v + n_{\xi}$$

$$c = 55 + 70 + 133,2$$

$$c = \mathbf{258,2 \text{ Kč}}$$

Pozn.: c – cena polosuché štěpky (Kč/prm), n_s - shazování klestu (Kč/prm), n_v - vyvezení klestu (Kč/prm), n_{ξ} - štěpkování klestu (1 prm)

Výsledná cena 1 prm polosuché štěpky byla stanovena po součtu dílčích nákladů na 258,2 Kč

5.9 Celkový objem polosuché štěpky v prm na LHC lesy Borušov

Množství využitelné polosuché štěpky k energetickému účelu bylo vypočteno jako násobek polosuchého objemu klestu a zjištěného objemu 1 prm polosuché štěpky při výrobě štěpky v obci Gruna.

$$V_c = V_k * V_{\xi}$$

$$V_c = 9\,305,68 * 1,25$$

$$V_c = \mathbf{11\,632,1\,pr m}$$

Pozn.: V_c – celkový objem polosuché štěpky (pr m), V_k - objem polosuchého klestu (pr m), V_{ξ} - objem polosuché štěpky (pr m)

Z vybraných mýtních porostů byl vypočten objem polosuché štěpky ve výši 11 632,1 pr m.

5.10 Roční dostupný potenciál štěpky

Pro určení ročního potenciálního objemu polosuché štěpky se vycházelo z roční těžby smrkového dříví v porostech od 80 let věku. Výše těžby dříví byla stanovena na 1 050 m³.

$$V_r = V_t * V_{\xi}$$

$$V_r = 1\,050 * 1,25$$

$$V_r = \mathbf{1\,312,5\,pr m}$$

Pozn.: V_r – roční objem polosuché štěpky (pr m), V_t - roční těžba dříví (m³), V_{ξ} - objem polosuché štěpky (pr m)

Z výpočtu vyplývá využitelný objem polosuché štěpky k energetickému využití z roční těžby na 1 312,5 prm. Po odečtení objemu polosuché štěpky ve výši 93,5 prm, určený pro spotřebu teplovodního kotle na topnou sezónu, zbývá 1 219 prm štěpky k dalšímu využití. Zbylý objem štěpky je možné prodat na trhu dalším odběratelům.

Výnos z prodané štěpky

$$Z = V_r * C$$

$$Z = (1\,312,5 - 93,5) * 156,8$$

$$Z = \mathbf{191\,139\,Kč}$$

Pozn: Z - výnos z prodeje (Kč), V_r – zbylý objem štěpky z roční těžby (prn), C - cena po odečtení nákladů (Kč/prm)

Ze zbylého objemu štěpky je možné získat prodejem finanční výnos 191 139 Kč.

5.11 Srovnání pořizovacích cen štěpky

Vyrobena z těžebního odpadu

$$c = V_p * n_s$$

$$c = 93,5 * 258,2$$

$$c = \mathbf{24\,142\,Kč}$$

Pozn: c – cena vyrobené štěpky (Kč), V_p – objem štěpky na topnou sezónu (prn), n_s - náklad 1 prn vyrobené polosuché štěpky

Zakoupena - cena spočítána dle faktury za zakoupenou štěpku na topnou sezónu 2014 / 2015.

$$c = V_p * n_k$$

$$c = 93,5 * 415$$

$$c = \mathbf{38\,803\,Kč}$$

Pozn: c – cena zakoupené štěpky (Kč), V_p - objem štěpky na topnou sezónu (prn), n_k – cena zakoupené štěpky (Kč/prm)

Z výše uvedeného porovnání vyplývá, že se vyplatí vložit peněžní prostředky do výrobního procesu přeměny smrkového klestu z mýtních porostů na lesní štěpku jako místního trvale udržitelného obnovitelného zdroje energie. Ze srovnání cen je také viditelný rozdíl nákladů na vytápění za topnou sezónu. Finanční úspora za štěpku vyrobenou z těžebního odpadu vychází o 14 661 Kč proti zakoupené. Pro plné využití potenciálu smrkového klestu z mýtních porostů doporučuji těžební zásahy plánovat v mýtních porostech v blízké vzdálenosti.

6 Závěr

Cílem práce bylo zjištění objemu smrkového klestu, který lze přeměnit na lesní štěpku pro energetické účely.

V první části výsledků byl představen LHC Obecní lesy Borušov. Potom byly popsány vybrané mýtní porosty, teplovodní kotel na dření odpad, stručně pojednáno o centrálním skladu paliva, dopravě paliva do kotelny a vypočten objem paliva 93,5 prn na topnou sezónu. Dále byla srovnána hmotnost čerstvého klestu vypočtená dle Dejmal (1886) s naváženou hmotností klestu ze vzorníků v porostu 1C12.

Po určení objemů smrkového klestu z jednotlivých HS byl stanoven celkový objem čerstvého klestu na 13 486,5 prn. Po roce přirozeného vysychání byl zjištěn objem polosuchého klestu ve výši 9 305,68 prn.

Poté byla navržena těžební metoda a doporučen postup pro shazování, vyvezení a štěpkování klestu. V případě štěpkování byly popsány zvolené výrobní a dopravní prostředky. Také byla určena cena 1 prn polosuché štěpky na 258,2 Kč.

Z celkového objemu polosuchého klestu byl určen objem polosuché štěpky na LHC 11 632,1 prn. Využíváním štěpky, která je vyrobená z vlastního těžebního odpadu, se nabízí ušetření finančních prostředků ve výši 14 661 Kč za topnou sezónu. Prodejem zbylého objemu polosuché štěpky z roční těžby dříví by došlo k ročnímu navýšení finančních prostředků do obecního rozpočtu ve výši 191 139 Kč

Na základě zjištěných výsledků doporučuji využít potenciál smrkového klestu z mýtních porostů a přeměnit jej na lesní štěpku. Zpracováním klestu by Obec Borušov získala nezávislost na cizích zdrojích energie a zároveň by zvýšila efektivitu hospodaření na svém lesním majetku.

7 Summary

In first part, Management plan area Borušov was presented. Afterwards, selected mature stands, hot water boiler for wood residue were described. Furthermore, central fuelwood storehouse, fuelwood transport to boiler house were interpreted and fuelwood volume 93.5 stacked cubic meters were calculated per heated season. Consequently, the fresh brushwood weight calculated according Dejmal (1886) with weighted mass of brushwood of samples in forest stand 1C12 was compared.

The total fresh brushwood mass was assessed to 13 323.51 stacked cubic meters after determining the individual Norway spruce brushwood volumes from particular Management set of stands. Semi-dry brushwood volume 9 361,76 stacked cubic meters was detected after one year of natural drying up.

The logging method was proposed and the procedure of brushwood dropping, forwarding and processing was recommended. In the case of chipping, the chosen means of production and means of transport were described. The cost of chipping in the amount of CZK 258.2 per 1 stacked cubic meters of wood chips was calculated also.

The semi-dry wood chips volume for Management plan area 1 212.5 stacked cubic meters from the total semi-dry brushwood was assessed. The use of wood chips, which are manufactured on its own logging debris is offering saving funds in the amount of CZK 14.661 per heating season. The sale of the remaining annual semi-dry wood chips from logging would result in an annual increase of funds in the municipal budget in the amount of CZK 191.139.

Based on the results, the use of Norway spruce brushwood from mature stands and its transform into a forest chips were recommended. If the Borušov processed the brushwood, the village would gain independence from foreign energy sources, while increasing the efficiency of operations on their forest property.

8 Seznam literatury

Černý, M., Pařez, J., 2012, Tabulky a polynomy pro výpočet objemu kulatiny bez kůry. Písek

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

Chytrý, M., Kvantifikace zdrojů lesní dendromasy vhodné pro energetické využití. [online] 2016-03-09. Dostupné z Google <<http://dl.webcore.czu.cz/file/NkJIZGxsMIF3VG89>>

Lesprojekt Brno, a.s, 2009, Lesní hospodářský plán pro LHC Obecní lesy Borušov, s platností 2009 – 2018, Brno

Musmax.cz, [online] 2016-03-15, Dostupné z WWW:<<http://musmax.cz/stepkovace.htm>>

Neruda, J., Simanov, V., 2006, Technika a technologie v lesnictví. Brno Mendelova univerzita v Brně, 324 s.

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

Palms.cz, [online] Dostupné z WWW:<<http://www.vyvazecky.cz/vyvazeci-vleky/vyvazeci-vlek-typ-palms-8s-vyvazecka-palms-8s.html>>

Příhoda, Jan: Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků. Biom.cz [online]. 2008-06-09 [cit. 2016-03-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>>

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

Simanov, V., 1995, Energetické využívání dříví. Olomouc, Terrapolis, 115 s.

Šamata, J., 2006, Návod k montáži, instalaci a obsluze teplovodního kotle na dřevní odpad (piliny, štěpky do 5 cm). Prachatice, 32 s.

Vyslyšel, K., 2007, Užívání k přírodě šetrných technologií při hospodaření v lesích. (Pracovní metodika pro privátní poradce v lesnictví), UHUL Brandýs n. L, 35 s.

9 Seznam příloh

Příloha č. 1 – Mapa LHC Obecní lesy Borušov

Příloha č. 2 – Skladba věkových stupňů

Příloha č. 3 – Teplovodní kotel na dřevní odpad

Příloha č. 4 – Mapa s obecní budovou

Příloha č. 5 – Centrální sklad paliva

Příloha č. 6 - Traktor John Deer 6230 s agregovaným čelním nakladačem JD633

Příloha č. 7 - Lopata na sypké hmoty se záběrem 220 cm o objemu 1,1 prm

Příloha č. 8 – Vyvážecí souprava - UKT 6340 a vyvážecí vlek PALMS 8S

Příloha č. 9 - Štěpkovač na podvozku nákladního automobilu Tatra 815

Příloha č. 10 – Traktorový vlek na přepravu senáže a siláže

