

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta



**Energetické plantáže a zpracování dřevní hmoty pomocí
štěpkovacích strojů**

diplomová práce

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

Autor práce: Bc. Štěpán Koudelka

PRAHA 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Štěpán Koudelka

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Energetické plantáže a zpracování dřevní hmoty pomocí štěpkovacích strojů

Název anglicky

Energy plantations and wood processing using chipping machines

Cíle práce

Cílem práce bude porovnat kvalitativní parametry vyráběné štěpky z různých dřevin. Pro praktická měření bude využito dvou zvolených štěpkovačů.

Metodika

Diplomová práce se bude zabývat technologií štěpkování a problematikou plantáží rychle rostoucích dřevin. První část této práce se věnuje teoretické rešerži věnovanou lesu a biomase. Dále bude popsána technologie potřebná pro založení a udržování plantáže rychle rostoucích dřevin a také způsoby, jakými se dá takováto plantáž realizovat. V praktické části je zpracován vlastní návrh na realizaci plantáže na zvoleném pozemku. Další součástí praktické části je měření štěpkování dřevní hmoty pomocí dvou různých štěpkovačů a poté vzájemné porovnání výsledných dat. Praktická část bude obsahovat i ekonomické hodnocení mezi realizací plantáže pomocí vlastních sil anebo s využitím podnikatelských subjektů.

Doporučený rozsah práce

50 stran

Klíčová slova

štěpkovač, rychle rostoucí dřevina, technologie výsadby

Doporučené zdroje informací

Eriksson, H. M., Hall, J. P., & Helynen, S. (2002). Rationale for forest energy production. Bioenergy from sustainable forestry: Guiding principles and practice, 1-17.

Janowiak, M. K., & Webster, C. R. (2010). Promoting ecological sustainability in woody biomass harvesting. *Journal of forestry*, 108(1), 16-23.

Karvonen, J., Halder, P., Kangas, J., & Leskinen, P. (2017). Indicators and tools for assessing sustainability impacts of the forest bioeconomy. *Forest ecosystems*, 4(1), 1-20.

Richardson, J., Björheden, R., Hakkila, P., Lowe, A. T., & Smith, C. T. (Eds.). (2002). *Bioenergy from sustainable forestry: guiding principles and practice*. Dordrecht: Springer Netherlands.

Röser, D., Asikainen, A., Raulund-Rasmussen, K., & Stupak, I. (Eds.). (2008). *Sustainable use of forest biomass for energy: a synthesis with focus on the Baltic and Nordic Region (Vol. 12)*. Springer Science & Business Media.

Předběžný termín obhajoby

2022/2023 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zemědělských strojů

Elektronicky schváleno dne 20. 2. 2023

prof. Dr. Ing. František Kumhála

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 3. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: **Energetické plantáže a zpracování dřevní hmoty pomocí štěpkovacích strojů** vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Jsem si vědom, že moje diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí. Jsem si vědom, že se na moji diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

V Praze dne 31.03.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Petru Novákovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

Energetické plantáže a zpracování dřevní hmoty pomocí štěpkovacích strojů

Energy plantations and wood processing using chipping machines

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá technologií štěpkování a problematikou plantáží rychle rostoucích dřevin. První část této práce se věnuje teoretické definici lesa a biomase. Dále je pak popsána technologie potřebná pro založení a udržování plantáže rychle rostoucích dřevin a také způsoby, jakými se dá takováto plantáž realizovat. V poslední části teoretického celku je popsána technika používaná pro sklizeň plantáží se zaměřením na štěpkovací stroje. Tyto teoretické poznatky jsou dále uplatněny v praktické části. V té je zpracován vlastní návrh na realizaci plantáže na zvoleném pozemku. Další součástí praktické části je měření štěpkování dřevní hmoty pomocí dvou různých štěpkovačů a poté vzájemné porovnání výsledných dat. Praktická část obsahuje i ekonomické hodnocení mezi realizací plantáže pomocí vlastních sil anebo s využitím podnikatelských subjektů.

Klíčová slova: štěpka, štěpkovač, biomasa, rychle rostoucí dřeviny, plantáže, technologie výsadby

Summary

The diploma thesis deals with chipping technology and the issue of plantations of fast-growing tree species. The first part of this work is devoted to the theoretical definition of forest and biomass. Next, the technology required for establishing and maintaining a plantation of fast-growing trees is described, as well as the ways in which such a plantation can be implemented. In the last part of the theoretical unit, the technique used for harvesting plantations is described, focusing on chipping machines. These theoretical knowledge are further applied in the practical part. In it, the own proposal for the realization of the plantation on the selected plot of land is processed. Another part of the practical part is measuring wood chipping using two different chippers and then comparing the resulting data. The practical part also includes an economic evaluation between planting with one's own efforts and planting by business entities.

Keywords: wood chips, wood chipper, biomass, fast-growing trees, plantations, planting technology

Obsah

1. ÚVOD.....	1
2. CÍL PRÁCE	2
3. METODIKA	3
4. BIOMASA.....	4
4.1. Rozdělení	6
4.2. Štěpka.....	7
5. FUNKCE LESA	10
6. PĚSTOVÁNÍ RYCHLE ROSTOUCÍCH DŘEVIN	12
6.1. Příprava a péče o pozemek.....	16
6.2. Sadební technologie a materiál	17
6.3. Sklizeň.....	21
6.4. Rušení plantáže	24
7. ŠTĚPKOVACÍ STROJE	25
7.1. Rozdělení podle podávacího ústrojí.....	25
7.2. Rozdělení podle typu nosné konstrukce	26
7.3. Rozdělení podle typu pohonu	26
7.4. Rozdělení podle štěpkovacího mechanismu.....	27
8. POUŽITÉ STROJE.....	31

9.	METODIKA POKUSU	35
9.1.	Ekonomika pozemku	38
10.	PROCES ŠTĚPKOVÁNÍ.....	42
11.	DISKUSE	47
12.	ZÁVĚR	48
13.	CITOVANÁ LITERATURA	50
14.	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
15.	SEZNAM TABULEK	58

1. Úvod

Využití dřevní hmoty pro účely vytápění je jeden z nejstarších způsobů, jak získávat teplo. V dnešní době se využívají rychle rostoucí dřeviny, které mají délku obmytí od 3–10 let. Po uplynutí zvolené doby dochází ke sklizni stromů, a to nejčastěji v podobě štěpky. K tomuto účely se v našich podmínkách nejčastěji používají štěpkovací stroje, které hmotu nakrájí na drobné části. Tu je pak možné využít pro vytápění v domácnosti nebo ji zpeněžit prodejem do tepelných elektráren, tepláren či bioplynových stanic, kde ji vykoupí a spálí. Pokud je k dispozici pozemek, který není nijak využíván, tak plantáže rychle rostoucích dřevin mohou být zajímavý způsob, jak půdu využít a případně z ní mít nějaký zisk.

Proto tato práce pojednává o způsobu zakládání a údržbě plantáží. Dále pak potřebné technice a znalosti technologických postupů, které se v řešení této problematiky vyskytují. Další část je věnována vlastnímu zpracování finální hmoty pomocí různých štěpkovačů a porovnání výsledků.

2. Cíl práce

Tato práce si klade za cíl vytvořit literární rešerši s problematikou týkající se plantáží rychle rostoucích dřevin. Dále pak popsat potřebnou techniku pro založení, údržbu a následnou sklizeň plantáží. V této rešeršní části budou také detailněji popsány štěpkovací stroje.

Tato práce si v praktické části vytýčila cíl vytvořit vlastní návrh na realizaci plantáže na zvoleném pozemku. Poslední součástí praktické části bude měření štěpkování dřevní hmoty pomocí dvou různých štěpkovačů a poté vzájemné porovnání výsledných dat. Součástí práce bude i ekonomické hodnocení realizace plantáže pomocí vlastních sil s využitím podnikatelských subjektů.

3. Metodika

Rešerše této práce se bude sestávat z výběru české a cizojazyčné literatury. V praktické části práce bude na základě poznatků z rešerše vytvořen návrh na vlastní realizaci projektu s ohledem na zvolenou lokaci a dostupnou technologii. Dále budou sbírána výstupní data zjištěna při štěpkování a poté vzájemně porovnány výsledky z obou štěpkovacích strojů. Data budou náležitě zpracována a okomentována.

4. Biomasa

Biomasu lze definovat jako souhrn všech látek, která tvoří těla organismů od bakterií, rostlin, sinic a hub až k živým organismům. Před výraznějším nasazením uhlí jak v průmyslové výrobě, tak i v domácnostech, plnila právě biomasa hlavní funkci v tvorbě tepelné energie. Dnes se řadí mezi tzv. obnovitelní druhy energie. Tímto termínem lze označit takovou surovinu, kterou příroda zvládne vyprodukovat minimálně stejně tak rychle, jako ji člověk dokáže spotřebovat. Biomasa se řadí mezi významné zdroje, kterých se využívá v mnoha odvětvích energetiky, průmyslu či domácí spotřeby (1).

Primárním účelem biomasy stále zůstává její využití jako potrava pro lidi a zvířata. Nezanedbatelným významem je však i její zastoupení z hlediska energetické potřeby. Je využívána pro přímé spalování a výrobu tepla nebo elektřiny při spalování v elektrárnách nebo jako výchozí surovina při výrobě bioplynu nebo kapalných biopaliv. Další využití se skýtá také v řadě dalších významných průmyslových odvětví. Jako izolační či stavební materiál ve stavebnictví, v oblasti papírnictví při výrobě papíru nebo v dřevozpracujícím průmyslu u výroby nábytku a v mnoha dalších oblastech průmyslové výroby (2). Některá města začala v průběhu zimy využívat dřevní štěpku jako materiál pro posyp chodníků. Výhoda spočívá v tom, že nedochází k přesolování, které dráždilo například tlapy psů. Zároveň se dá tento materiál ponechat jako přírodní hnojivo v blízkém okolí zeleně (3).

S ohledem na současný stav, je dbán důraz na snížení spotřeby fosilních paliv a nahrazení ekologičtějšími zdroji pro výrobu energie. Pro vznik a růst většiny druhů biomasy je nezbytný proces fotosyntézy. Při něm dochází k přeměně oxidu uhličitého na kyslík, který je nepostradatelný pro přežití všech živých organismů. Důležitým faktorem biomasy z pohledu ekologie je fakt, že při zpracování nevyprodukuje větší množství skleníkových plynů, než které sama spotřebuje.

Ze Závazků Evropské unie vyplývá snaha snížit emisní hodnoty skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % ve srovnání s rokem 1990 a být klimaticky neutrální do roku 2050 (4). Proto se stále zvyšuje poptávka na vyšší podíl využití obnovitelných zdrojů, mezi které patří i biomasa.

Při spalování dřevní hmoty dochází k termochemické reakci. Po dosažení teplot vyšších jak 500 °C dochází k rozkladu organické hmoty na hořlavé plyny, dřevěné uhlí, vodu, oxid uhelnatý a další prvky (5). Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o formu obnovitelné energie a tím se tedy netvoří větší množství CO₂, než jaké bylo stromem přijato. Mezi další výhody lze řadit fakt, že ve srovnání s uhlím tvoří biomasa méně popela s výrazně menším množstvím síry a těžkých kovů (6). Vysoký obsah kůry ovlivní i množství popela. Navíc některé rychle rostoucí dřeviny mohou být pěstovány na půdě, kde se vyskytuje zvýšený obsah kovů, které

strom vstřebá a tím se zvýší jejich přítomnost v popelu, případně ve spalinách. Výhřevnost snižují také různé další přísady jako je například písek, kamínky či hlína, které se přimíchají do štěpky při nakládce (7).

Klíčové pro dosažení dobrého energetického zisku je potřeba spalovat dobře proschlé dřevo s nízkou procentuální vlhkostí. Jinak je výrazná část uvolněné energie spotřebována nejprve na odpaření vody a výrazně se tím snižuje výhřevnost. Tuto skutečnost dokazují i hodnoty v tabulce 3, kde si lze všimnout klesající výhřevnosti se zvyšujícím se obsahem vody. Vlhkost dřevní hmoty by se tedy měla ideálně pohybovat pod 20 %. Pro účelné spalování biomasy je potřeba použít vhodných kotlů k tomu určených. Klíčové je přívod dostatečného množství vzduchu, aby mohly všechny složky správně vyhořet. Dále pak vhodná regulace přiváděného vzduchu, která vede ke snižování množství nespáleného uhlíku v popelu a také redukci množství škodlivých látek, které unikají do ovzduší komínem. Dále efektivnějšího využití tepla pomocí efektivního odvodu spalin (7).

Důležitým faktorem je i regulace teploty v topeništi. Při vysokých teplotách může dojít k připečení popela na stěny, rošt nebo na výměník. To pak vede ke sníženému výkonu a případně poruchám kotle. Na druhou stranu při výrazném poklesu může docházet ke zpomalení spalovací reakce a vyšší tvorbě popela (5).

Tabulka 1 Vliv vlhkosti na výhřevnost a porovnání objemové hmotnosti (8)

palivo	vlhkost	výhřevnost	objemová hmotnost
	(%)	(MJ/kg)	(kg/prms)
Jehličnaté dřevo	15	15,58	199
Jehličnaté dřevo	50	8,16	332
listnaté dřevo	15	14,60	278
listnaté dřevo	50	7,58	463
dřevní štěpka	10	16,40	170
dřevní štěpka	30	12,18	210
dřevní štěpka	40	10,10	225
sláma řepky	10	16,00	(balíky)

Existuje i možnost využití popela, který vznikne po spálení (tvoří přibližně 1 % hmotnosti před spálením) Oproti uhelnému popelu obsahuje minimální množství těžkých prvků jako zinek, kadmium nebo olovo. Na druhou stranu ale obsahuje prvky jako vápník, fosfor nebo draslík, které zlepšují vlastnosti půdy. Jeho využití se tedy nabízí jako přídavek k hnojení především pro řadu okrasných stromů nebo plodovou zeleninu. Možnost je také rozprostřít popel na lesní půdu, na které proběhla těžba. Tím se navrátí do půdy potřebné živiny a nové sazenice tak mají lepší podmínky pro růst (7).

4.1. Rozdělení

Biomasu lze rozdělit podle několika možných kritérií. Jednak jedná-li se o hmotu, která je produkována jako zbytkový odpad nebo o cíleně pěstovanou energetickou plodinu. Podle dalších kritérií pak do několika dalších kategorií, kterými jsou skupenství nebo způsob, kterým je energie z daného typu biomasy získávána. Podporované druhy dřevin na výrobu energie jsou definovány příslušnou vyhláškou (9).

Podle původu

- **Zemědělská biomasa** (fytomasa) – jedná se o biomasu složenou z rostlin. Velkou část tohoto segmentu tvoří zemědělské plodiny. Biomasa zde vzniká buď jako vedlejší produkt nebo se plodiny pěstují čistě pro energetickou potřebu (10).
- **Lesní biomasa** (dendromasa) – tato skupina zahrnuje dřevní hmotu, která vzniká jako odpadní surovina z lesní činnosti, mezi kterou patří například těžba nebo výchovné prořezy. Podobně jako u zemědělské biomasy i zde nabývá na významu cílené pěstování rychle rostoucích dřevin. Zde pak dochází k přeměně hmoty na dřevní štěpku. Plodiny vhodné pro energetické pěstování jsou definovány vyhláškou a patří mezi ně topoly, vrby, jasaný a lísky (10).
- **Biomasa živočišného původu** (zoomasa) – Tato skupina představuje biomasu vyrobenou z exkrementů a uhynulých zvířat. Z nich je většinou tvořena bionafta nebo bioplyn určený pro průmyslové využití (10).

Podle způsobu získávání energie

- **Termochemická přeměna** – Tato přeměna je též nazývaná jako tzv. suchý proces. Při něm dochází ke spalování, zplyňování nebo k pyrolýze. Důležitým kritériem pro tento postup je obsah více jak 50 % sušiny v dané komoditě (11).
- **Biochemická přeměna** – Průběh reakce také nazývaný jako mokrá proces. V tomto případě dochází k přeměně pomocí fermentace. Ta probíhá buď za přístupu vzduchu (aerobní). Příkladem tohoto procesu kvašení je kompostování. Při zamezení přístupu vzduchu dochází k procesu

anaerobní fermentace. Tento způsob se využívá při získávání metanu či etanolu. Pro správný průběh tohoto postupu je důležité mít obsah sušiny menší jak 50 % (11).

- **Fyzikálně – chemická přeměna** – Přeměna spočívá v esterifikaci bio olejů. Pomocí tohoto postupu lze vyrobit přírodní maziva nebo bionaftu (metylester řepkového oleje) (11).

Podle skupenství

- **Pevná biopaliva** – kusové dřevo, pelety, brikety, sláma, dřevní štěpka
- **Kapalná biopaliva** – etanol, metanol, přírodní maziva, MEŘO
- **Plynná biopaliva** – dřevoplyn, bioplyn

4.2. Štěpka

Dřevní štěpka, používaná jako palivo nebo za účelem průmyslového využití, by měla splňovat určité chemické i fyzikální specifikace. Používá-li se jako palivo, kvalita dřeva je definována takovými parametry jako obsah vlhkosti, velikosti částic, obsah popela nebo procento jemných částic. Rozměry částic štěpky jsou jedním z nejdůležitějších parametrů pro efektivní spalování v teplárnách. Právě parametry rozměrů částic a vlhkosti jsou důležité pro spalování, protože ovlivňují energetickou hodnotu (12).

Dřevní štěpka se získává krácením dřevní hmoty, kterou představují větve, stromy nebo odpad z dřevozpracujícího průmyslu. Velikost štěpky se pohybuje v rozmezí od několika milimetrů až po jednotky centimetrů. V ČR patří mezi hlavní producenty štěpky především dřevozpracující průmysl. V posledních letech se zvyšuje procento štěpkované hmoty z lesní těžby a zároveň dochází ke vzniku energetických plantáží (12).

Štěpku je nejvhodnější uskladnit v prostorách, kde je zajištěno dostatečné odvětrání. Významným rizikem je totiž výskyt plísní. Proto je vhodným systémem pro uskladnění například využití rašlových pytlů nebo vaků Big-Bag. Je potřeba zamezit přístupu vody v podobě deště a vrchní část pytle zakrýt. Důležité je, aby mohl proudit vzduch, a tak štěpka rychle vyschla. Při správném uskladnění vyschne během několika měsíců. Je možnost skladovat i volně sypanou štěpku. Z důvodu vysokého podílu vlhkosti, je nutné zajistit potřebné odvětrávání, aby docházelo k odpařování vody a zabránilo se plesnivění a zapařování. V takovém případě je potřeba zajistit časté převrácení, aby byl zajištěn dostatečný přísun vzduchu. Pokud by zajištěn nebyl a skladovali bychom velké množství hmoty na jednom místě, mohlo by v krajním případě dojít až k samovznícení. K tomu může dojít, pokud by teplota uvnitř hmoty přesáhla 70 °C při vlhkosti mezi 20–45 % (13). Vhodné provětrávání zaručí dostatečně rychlé prosychání na optimální procento vlhkosti (14).

Dřevní štěrky se dělí na základě normy ČSN EN ISO 17225-4 o tříděné štěpce. Dělení probíhá podle obsahu popela, vody a původu suroviny. Štěpka se kategorizuje do dvou základních tříd A, B, které dále obsahují dvě podkategorie, A1, A2 a B1, B2 (15). V momentě, kdy obsah popela přesáhne hodnotu 3 %, z hmotnosti nespálené štěrky, neřadí se již jako tříděná štěrka a je klasifikována podle normy ČSN EN ISO 17 225-1 jako štěrka netříděná (16).

Tabulka 2 Vybrané parametry tříděné dřevní štěrky (7)

Parametr	Třída			
	A1	A2	B1	B2
<i>Původ</i>	- celé stromy s kořeny - kmenové dřevo - zbytky po těžbě dřeva - chemicky neupravené zbytky dřeva	- celé stromy s kořeny - kmenové dřevo - zbytky po těžbě dřeva - chemicky neupravené zbytky dřeva	- původní dřevo - chemicky neupravené zbytky dřeva	- původní dřevo - zbytky z dřevozpracujícího průmyslu - chemicky neupravené použité dřevo
<i>Obsah vody</i>	max. 25 % hm.	max. 35 % hm.	musí být uvedena hodnota	
<i>Popel</i>	max. 1 % hm.	max. 1,3 % hm.	max. 3 % hm.	
<i>Výhřevnost v dodaném stavu</i>	uvede se minimální hodnota			
<i>Těžké kovy As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn</i>	nestanovuje se		normalizovány maximální hodnoty, nutno uvádět	
<i>Dusík, síra chlor</i>	nestanovuje se		N ≤ 1 S ≤ 0,1 C ≤ 0,05	

Štěpka se třídí také podle velikosti jednotlivých fragmentů. V současnosti se tříděná štěrka člení do 3 tříd: P16S, P31S a P45S. Číslo zde uvádí velikost hlavního podílu štěrky, tj. 16 mm, 31,5 mm a 45 mm. Kromě této hlavní složky může štěrka obsahovat i tzv. hrubý podíl, který nesmí překročit 6 % hmotnosti u P16S a P31S a 10 % u P45S. Na druhé straně spektra se také vyskytuje jemný podíl. Pro třídu P16S se tento podíl může vyskytovat do 15 % a pro P31S a P45S je tato hodnota povolena pouze do 10 % z celkové hmotnosti (7).

Zelená štěpka

Tuto skupinu tvoří štěpka, která vzniká z klestí a zbytků po lesní těžbě nebo probírek. Velikost jednotlivých kusů štěpky se může výrazně lišit, protože v ní mohou být obsaženy i drobné větve, listy nebo jehličí (proto zelená). Tím, že je zpracována čerstvá hmota, je její vlhkost poměrně vysoká (14).

Hnědá štěpka

Štěpka, která se skládá ze zbytkových částí stromů, odřezků z pilařského zpracování apod. Společným prvkem se zelenou štěpkou je kůra (proto hnědá). Materiál před zpracováním nebyl odkorněn. Kůra může být tedy obsažena ve finálním produktu (14).

Bílá štěpka

Základem je především odpad z truhlářské nebo pilařské produkce (proto bílá). Tato štěpka je již tvořena odkorněným dřevem a vyznačuje se nízkou vlhkostí a drobnými rozměry. Využívá se hojně na výrobu pelet nebo dřevotřísek. Liší se také vyšší pořizovací cenou v porovnání s předchozími (14).

5. Funkce lesa

V současné době rozvinutého dřevozpracujícího průmyslu je nutné mít na paměti, že les je zdrojem i dalších zdravých produktů a nejenom dřeva. Produkční funkce lesa není omezená pouze na těžbu, ale do možné produkce je potřeba též započítat také sběr hub, lesních plodů, klestí nebo hrabanky (17).

Těžba však nemusí být hlavním ekonomickým výnosem lesa. V určitých případech je zaznamenáno, že tržba za sběr borůvek je za dobu obnovy lesního porostu vyšší než tržba za pokácené dřevo. Dřevo je ekologický materiál a zároveň obnovitelný zdroj energie. Významnou funkci zastává ve stavebnictví a mnoha dalších oborech (17).

Funkce lesa lze rozdělit do dvou základních skupin. První z nich je realizována pro uspokojení potřeb člověka. Jedná se o funkci produkční. Mezi tuto funkci lze řadit například produkci dřeva a ozdobného klestu nebo sběr semen a plodů (17).

Druhou skupinou je mimoprodukční funkce. Podstatou je veřejně prospěšná činnost z hlediska životního prostředí a způsob jakým působí na své okolí samotná existence lesa. Mezi tyto funkce patří například klimatická ochrana, zadržování vody, ochrana půdy, hygienická, zdravotní či rekreační funkce (17).

Dřeviny a jejich skladba se mohou v porostu nacházet v různých formacích a jejich změny lze posuzovat z pohledu dvou směrů a to vodorovném (horizontálním) a svislém (vertikálním) (18).

Horizontální třídění souvisí se zeměpisnou polohou a podmínky se tak mění ve směru poledníků a rovnoběžek. U změn patrných z horizontálního rozmístění se sleduje hustota porostu, zakmenění a zápoj. Podle tohoto členění se lesy mění podle podnebí nebo množství srážek od tropických lesů, přes stepi, prerie a polopouště, listnaté opadavé lesy až po arktické tundry (18).

Vertikální členění je vyvoláno změnami přírodních podmínek související s měnící se nadmořskou výškou. S rostoucí nadmořskou výškou se snižuje teplota a počet vegetačních dnů. Zvyšují se srážky a intenzita slunečního záření. Tyto změny se ve vertikálním směru mění rychleji než ve směru horizontálním. Výskyt stromové vegetace z hlediska vertikálního členění je limitován nadmořskou výškou a existuje tak určitá horní hranice lesa (19).

Z pohledu funkční struktury lesa je důležité rozložení skupin organismů a jejich vztah mezi biomasou a nekromasou (podíl producentů, destruentů, konzumentů, reducentů). Čím větší tvorba biomasy, tím větší možnost rozšíření a obohacení potravního řetězce. V lesních ekosystémech závisí produkce biomasy na různých faktorech. Mezi ně se řadí například druh dřeviny, věk a struktura porostů. Věková skladba je

vyjádřena ve věkových třídách nebo stupních v rozpětí 10 nebo 20 let. Podle věku dělíme porosty na stejnověké a různověké. Každá z dřevin se vyznačuje odlišným potenciálem produkce biomasy. Produkce obecně stoupá se stářím lesa. U stejnověkých porostů pak přibližně od 40 let věku postupně klesá. Snižování produkce pak má i vliv na organismy obývající lesní plochy (18).

Vertikální členění používá tzv. lesní vegetační stupně. Jedná se o lesnickou jednotku vyjadřující změnu druhové skladby v závislosti na měnícím se klimatu s rostoucí nadmořskou výškou. Vegetační stupňovitost závisí na teplotách ovzduší a půdy a na množství a časovém rozložení atmosférických srážek. Podle podmínek, které panují na určitých typech stanovišť, může být biodiverzita porostů přirozeně nižší. V našich podmínkách tento příklad dobře ilustrují horské smrčiny, olšiny na mokřinách, či nesmíšené bučiny. Jednotlivé vegetační stupně jsou tak vhodnou pomůckou při obnově a péči o les. Zvolení konkrétní strategie a způsobu péče v lesních porostech závisí především na typu lesa. Zda se jedná o společenství, která jsou ponechána samovolnému vývoji anebo jde o porosty s trvalým obhospodařováním (20).

Tabulka 3 Lesní vegetační stupně (21)

Vegetační stupeň	Nadmořská výška [m]	Prům. roční teplota [°C]	Prům. roční srážky [mm]
0. - borová stanoviště	310 – 470	7,5 – 7,9	605 – 680
1. - dubový	210 – 330	8,3 – 9,1	525 – 605
2. - bukodubový	290 – 400	7,9 – 8,5	550 – 630
3. - dubobukový	345 – 460	7,5 – 8,1	595 – 735
4. - bukový	450 – 540	7,1 – 7,6	645 – 830
5. - jedlobukový	550 – 670	6,4 – 7,0	690 – 940
6. - smrkobukový	655 – 850	5,4 – 6,4	720 – 1005
7. - bukosmrkový	800 – 1010	4,6 – 5,7	795 – 1120
8. - smrkový	940 – 1170	3,8 – 4,8	960 – 1280
9. - klečový	1205 – 1390	2,8 – 3,6	1090 – 1300
10. - alpský	1300 – 1420	2,6 – 3,1	1095 – 1290

6. Pěstování rychle rostoucích dřevin

Zemědělská půda začíná být v posledních desetiletích čím dál tím víc využívána pro systém hospodaření, který je nejčastěji označován jako energetické plantáže či plantáže rychle rostoucích dřevin (RRD). Perspektivní a hodnotnou zemědělskou půdu je výhodnější využívat pro pěstování zemědělských plodin. Existují však zemědělské půdy, které se nachází na hůře dostupných místech či nedosahují takové bonity (22).

Na těchto pozemcích se nabízí alternativní možnost k pěstování zemědělských plodin, kterou jsou právě energetické plantáže. Narozdíl od dřevin, které jsou zakládány na lesní půdě, platí pro tyto dřeviny jiná pravidla. Oproti lesnickým porostům, na kterých lze sklízet z pravidla nejprve až po 15–30 letech růstu, dochází na těchto plantážích ke sklizni ve velmi krátké době (obvykle 3–6 let) (22).

Sklizeň je možné opakovat několikrát po sobě bez nutnosti nové výsadby. Produktem z těchto plantáží je pouze dřevní biomasa, která je využívána převážně jako palivové dřevo. Lze ji využít i jako průmyslovou či chemickou surovinu pro výrobu pevných a kapalných biopaliv (22).

Obrázek 1 Plantáž rychle rostoucí dřeviny (23)







Založení takovéto plantáže lze dnes učinit již na zemědělské půdě, jelikož rychle rostoucí dřeviny jsou zákonem definovanou zemědělskou kulturou. Termínem „rychle rostoucí dřeviny“ označujeme skupinu druhů, které jsou pěstovány převážně za účelem jejich následného energetického využití. Dřeviny pěstované pro tyto účely mají určitá charakteristická specifika. Vyznačují se tak například vysokou objemovou produkcí hmoty a rychlým růstem v několika prvních letech po výsadbě. Před založením takového porostu, během průběžné péče a následné těžby, je potřeba dodržet specifické povinnosti, které jsou definovány v české legislativě (22).

Určité druhy rychle rostoucích dřevin pěstované v České republice za účelem energetického využití bývají velmi často geograficky nepůvodním rostlinným druhem. Z tohoto důvodu je nutné před výsadbou u takových druhů požádat o povolení orgán ochrany přírody, která působí na příslušné obci s rozšířenou působností. Tato povinnost vychází ze zákona č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny (24). Mezi ně patří například pajasan žláznatý, trnovník akát nebo javor jasanolistý (25).

Důvody pro výsadbu rychle rostoucích dřevin:

- využití méně kvalitní zemědělské půdy pro nepotravinářskou produkci
- lepší využití mechanizace a pracovní síly, nová pracovní síla, posílení místní ekonomiky
- substituce za pevná fosilní paliva
- regenerace orné půdy, zvyšování biodiverzity krajiny
- snížení produkce skleníkových plynů (26)

• Tabulka 4 Rozdíly v pěstování dřevin (26)

			
	Matečnice RRD reprodukční porost	Výmladková plantáž RRD produkční porost	Lesnická lignikultura nebo silvikultura
Obvyklé obmýtí	1 rok	3-6 let	15-20 let
Opakování sklizně	ano: 10 až 15x	ano: 4 až 7x ve stejném porostu	není možné
Zakládání na půdě	zemědělské (orná i TTP)	zemědělské (orná i TTP)	v ČR pouze na lesní
Sortiment dřevin pro výsadbu	topoly a vrby resp. jejich klony a odrůdy specifikované pokyny MZe, MŽP a předpisy ÚPOV		topoly dle seznamu uznaných klonů OLH MZe
Hustota výsadby	10000 – 20000 ks/ha	8000 – 20000 ks/ha	270 – 630 ks/ha
Cílový produkt	řízky pro zakládání výmladkových plantáží	>štěpka pro energetické a průmyslové využití	sortimenty pro dřevařské využití
Výnos za celou existenci porostu	100 až 500 tis. řízků/ha/rok	5-19 t/ha/rok (sušiny*)	500-600 m ³ /ha/20-25 let (5-11 t/ha/rok sušiny*)

Pro plantáže rychle rostoucích dřevin se na našem území, které se nachází v oblasti mírného klimatického pásma, využívají téměř výhradně vybrané odrůdy vrby a topolů. Vedle těchto dvou zmíněných dřevin existují také další druhy dřevin (např. jilm, pajasan, javor), které mají vhodný potenciál pro produkci biomasy. Je dobré zmínit existenci také trvalek a bylin, které je také možné pěstovat pro produkci (22).

Pro další druhy dřevin, které by bylo možné využít v našich přírodních podmínkách, existují určité bariéry pro jejich výsadbu. Z důvodů značně proměnlivých půdně klimatických podmínek, které v Česku panují, není možno přednostně doporučit jen odrůdy topolů či vrby, jak je tomu v některých jiných zemích. Například v severní části Evropy se pěstují téměř výhradně vrby a v jižních oblastech Evropy zase převládají topoly. Výběr je také ovlivněn dalšími faktory jako je kupříkladu požadovaný cílový produkt, pěstební a sklizňová mechanizace nebo dostupnost odrůd (22).

Při posuzování vhodného stanoviště se dá konstatovat, že jak topolům, tak i vrbě se velmi dobře daří na říčních náplavách nebo i v oblastech bez vegetace, jako jsou oblasti po stavebních úpravách nebo lesní paseky. Jak již bylo řečeno, vrby snesou více vody než topoly, takže dobře prospívají na silně podmáčených stanovištích. Proto je vhodné tuto dřevinu sázet například na záplavových mezích v oblasti vodních toků (27).

V těchto lokalitách je však potřeba zvážit, zda bude možné na takovém území nasadit mechanizaci pro obhospodařování plantáže z důvodů únosnosti terénu. Topoly i vrby jsou převážně světlomilné druhy, proto

jim trvalé zastínění nevyhovuje. Horní hranice produkčních plantáží topolů a vrb se zatím u nás odhaduje okolo 600 m.n.m (27).

Ve výzkumných organizacích probíhá stálá činnost zaměřená na šlechtění a selekci nových druhů, která má za cíl rozšířit sortiment, a umožnit zakládání produkčních plantáží na co nejširším spektru stanovišť. Dřeviny pro produkční plantáže můžeme, na základě míry použití v ČR, rozdělit na následující skupiny (22).

- v ČR ověřené: topoly, vrby
- v ČR ověřované: pajasan, jilmy
- v ČR perspektivní: růže zejm. trnité, olše, lípy, lísky, jeřáby

Na následujícím obrázku jsou vyjmenované povolené druhy dřevin, které lze na území ČR pěstovat pro EFA (plocha využívaná v ekologickém zájmu) a lze na ně tudíž dostat dotaci (uvedený seznam je aktuální k roku 2022). Sazba na SAPS bude v roce 2022 činit 3 214 Kč/ha v případě dodržení všech potřebných podmínek (28).

Obrázek 2 Povolené druhy RRD pro EFA a stanovené doby obmytí (29)

Rychle rostoucí dřevina	Maximální doba obmytí
Topol černý (<i>Populus nigra</i> L.)	10 let
Topol osika (<i>P. tremula</i> L.)	10 let
Topol Maximovičův (<i>P. maximowiczii</i> Henry) - pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Topol kanadský (<i>P. × canadensis</i> Moench)	5 let
Topol Simonův (<i>P. simonii</i> Carrière) - pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Topol vznešený (<i>P. × generosa</i> Henry) - pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Vrba bílá a její kříženci (<i>Salix alba</i> L., <i>S. × rubens</i> Schrank)	10 let
Vrba košíkářská a její kříženci (<i>S. viminalis</i> L.)	10 let
Vrba jíva a její kříženci (<i>S. caprea</i> L. hybrids, <i>S. × smithiana</i> Willd)	10 let
Vrba lýkovcová (<i>S. daphnoides</i> L.)	10 let
Jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	10 let
Olše lepkavá (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Geartn.)	10 let
Olše šedá (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)	10 let
Líška obecná (<i>Corylus avellana</i> L.)	10 let

6.1. Příprava a péče o pozemek

Přípravy na pozemku je potřeba provádět minimálně rok před samotnou výsadbou. Dostatečný předstih zajistí, že následný růst dřevin bude v prvních 2–3 měsících optimální. Tyto opatření se týkají zejména omezení růstu plevelů. Zamezení růstu je důležité pro optimální vlastnosti půdy a dobré zakořenění dřevin. Plevely omezují růst vysazených dřevin dvojitým způsobem. Jedním z problémů je již zmíněný kořenový systém, který připravuje mladé řízků nebo sazenice o vodu a živiny. Druhým problémem je nadzemní vegetace, která omezuje přístup světla k rašícím výhonkům. Na zaplevelených lokalitách je potřeba začít s intenzivním odplevelováním již 1,5 - 2 roky před samotnou výsadbou. Tato doba závisí na převažujících druzích plevelů a zvolené technologii odplevelování (22).

Obrázek 3 Připravený pozemek pro sadbu (30)



Doporučeno je mechanické odplevelování. Použití chemických prostředků pro odplevelování půd není příliš vhodné z důvodů ochrany přírody a půdy. Nicméně je to levnější varianta než mechanické ošetření, proto je i často používáno. Tyto prostředky mohou negativně ovlivnit stav půdy a omezit tím růst dřevin i několik let po aplikaci. Pokud je plantáž zakládána již na zemědělsky obhospodařované půdě je vhodné mechanické odplevelení kombinovat s pěstováním přípravné plodiny. Mezi tyto plodiny se řadí například ječmen, řepka nebo konopí, a to rok před založením plantáže. Tento způsob současně přispívá ke zlepšení půdních podmínek (22).

Na dobře připraveném pozemku je následně potřeba přejít k podzimní orbě. Pokud je na pozemku správně provedené odplevelení, není na jaře již potřeba další orba a postačí jen urovnání půdy. Důraz na pečlivé odplevelení před orbou je nutný, jelikož případnou jarní orbou dojde k porušení přirozené kapilarity půdy,

což v určitých případech může způsobit silné proschnutí horní půdy (15-20 cm) do které se řízký sázejí. Druhou stránkou věci je energetická a s tím spojená finanční náročnost na tuto operaci. Hloubka orby je závislá na půdních podmínkách a stavu konkrétního pozemku. Pokud je potřeba přistoupit k jarní orbě, je důležité ji provést co nejdříve, aby se včas obnovila půdní kapilarita (22).

Omezování plevelů před výsadbou a následné dva roky po výsadbě je důležitou operací pro úspěšné založení plantáže. Kořenová struktura plevelů vede ke značnému zpomalení růstu, proto je plevel potřeba omezovat také po výsadbě. Možná je kombinace mechanického sečení a mulčování společně s aplikací herbicidů, například Roundupem, aplikovaných přímo na plevele. Při aplikaci je potřeba se vyvarovat plošnému postřiku, aby nebyly zasaženy sazenice, které by tím utrpěly stresovou situací a došlo by ke zpomalení růstu, v horším případě k uhynutí stromu (30).

Je potřeba také počítat se škody napáchané zvěří. Ve srovnání se zahraničím jsou stavy zvěře v ČR výrazně vyšší. Zahraniční zkušenosti tak nemohou být bez výhrad přeneseny k nám. Oplocování plantáží je ekonomicky nevýhodné, a proto se přistupuje spíše k chemickým ochranám v podobě repelentů (30).

6.2. Sadební technologie a materiál

Důležitým opatřením před započítím sadby je řádek před výsadbou označit napnutým provázkem, případně vyznačit markérováním trasu přímo do země. Tento úkon je důležitý zejména proto, aby výsadba byla provedena rovně. To ulehčuje následnou údržbu, ať už mechanizované či ruční odplevelování. Pokud je potřeba přistoupit ke hnojení, používají se nejčastěji průmyslová dusíkatá hnojiva. Hnojení se provádí ještě před samotnou výsadbou, poté je již přihnojování nežádoucí (22).

Topoly patří do čeledi vrbovitéch a spolu s vrbami se řadí mezi takzvané rychle rostoucí dřeviny (RRD). Vyznačují se dobrým vzájemným křížením a vytváří mnoho nejrůznějších poddruhů a odrůd. Základními druhy topolu jsou topol černý, topol bílý a topol osika. K cílenému pěstování je u nás vhodný především topol černý a jeho kříženci (31).

Pro zakládání energetické plantáže jsou vhodné řízký z jednoletých, případně dvouletých výhonků. Sadební materiál je většinou dodáván v souladu se školkařskými zásadami. To znamená, že maximální počet řízků ve svazku je 50 ks a ve společném balení je pohromadě jen jeden klon řízků stejného věku (31). Skladovat pruty je nutné v prostorách s příznivými podmínkami, kterými jsou chladné místnosti, pokud možno s vysokou vlhkostí. Vhodné jsou například bramborárny, sklepy apod. Těsně před výsadbou je dobré namočit řízký na jeden den až dva dny do vody. Tím dostane kořenový systém dostatek vláhy a v případě nižších srážek a sušší půdy zajistí správné zakořenění. Je potřebné, aby řízek obsahoval alespoň tři pupeny (32).

Obrázek 4 Řízky japonského topolu, sestřižené špičky délka 21-23 cm (33)

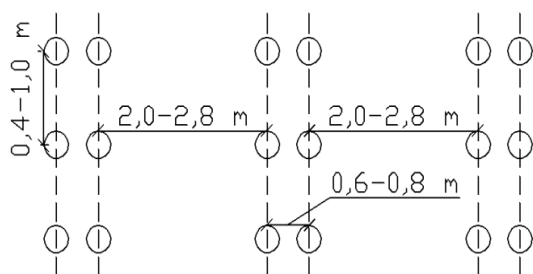


Termín pro výsadbu řízků je nejvhodnější v období jarních měsíců. Nejčastěji jsou sázeny od půlky března do konce dubna. Výsadbu je možné provést, pokud teplota půdy dosáhne aspoň 5° C, kdy začíná proces tvorby kořenů. Důležitým faktorem pro úspěšné zakořenění dřeviny je dostatečná vlhkost půdy. Zatím méně častý je podzimní termín výsadby (32).

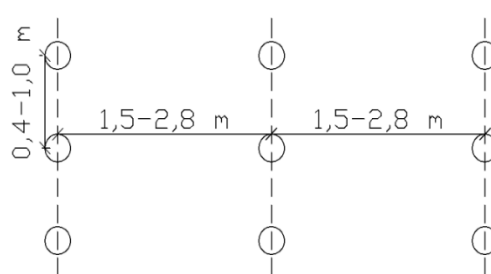
Rozlišovány jsou 2 systémy výsadby produkčního porostu:

- jednořádkový ve sponu 0,4 - 1 m x 1,5 – 2,8 m mezi řádky
- dvojřádkový ve sponu 0,4 – 1,0 m a 2,0–2,8 m mezi dvojřádky

Obrázek 5 Rozložení dvouřádkové plantáže (34)



Obrázek 6 Rozložení jednořádkové plantáže (34)



Systém výsadby závisí převážně na dostupné mechanizaci, která je k dispozici při výsadbě a následné údržbě plantáže. Dvojřádkový systém je užitečné použít na dobře odplevelených plochách v případě, že se zakládá větší rozloha plantáží. Tento systém je obzvlášť vhodné použít, pokud je k dispozici mechanizace, která šetří náklady na údržbu a založení energetického lesa. V lokalitách, kde hrozí vyšší míra zaplevelení

je dvojřádkový systém mnohem náročnější na odplevelování uvnitř dvojřádku. Pokud se zakládají tyto plantáže na menších plochách, kde hrozí vyšší míra zaplevelení, není k dispozici mechanizace a výsadba a následná péče probíhá spíše ručně, je výhodnější pěstovat dřeviny v jednořádkovém sponu. Jednořádky jsou také vhodnější pro následný odběr, když jedinci narostou do větších rozměrů (34)

Obrázek 7 Markérování pozemku pro výsadbu rychle rostoucích dřevin (30)



Mechanizovaná výsadba

Kvalita mechanizované výsadby je závislá na typu sazeče. Postup je shodný jako u výsadby lesních sazenic. Řízky by neměly vyčnívat z půdy více než 3 cm. Půda kolem nich by měla být dobře utužena, aby došlo ke správnému ukotvení v půdě. Je potřeba průběžně provádět kontrolu stavu uložení řízku. K mechanizované sadbě slouží rýhovací zalesňovací stroje. Tyto stroje jsou konstruovány jako závěsné. Energetickým prostředkem pro nesení takovýchto zařízení jsou zemědělské traktory. Zapojení rýhového zalesňovacího stroje je prováděno na tříbodový závěs traktoru. Obsluha je tvořena řidičem traktoru, jedním, případně dvěma sazeči, kteří se v práci na stroji navzájem střídají a současně kontrolují postup výsadby. Sázečí stroj je možné zvedat pro překonávání překážek. To je zabezpečováno pomocí nožně ovládaného hydraulického

rozvaděče a prováděno pracovníkem sedícím na sázecím stroji. Principem jsou dvě radlice v přední části, které vytvářejí brázdou, do které obsluha vloží sazenici stromu. Na konci jsou proti sobě pod úhlem uložena dvě utužovací kola, která mají za úkol přitlačit půdu na sazenici a dostatečně ji utužit, aby se sazenice mohla správně ujímat (31). Ve srovnání s manuální výsadbou je mechanizovaná mnohem rychlejší okolo 0,5-0,7 ha/den (34). Výhodná je však na velkých plochách (cca nad 10 hektarů). Jinak vyjde tento způsob sadby draž než ruční výsadba.

Obrázek 8 Rýhový zalesňovací stroj RZS-2 (35)



Ruční výsadba

Při ručním způsobu sadby se řízky zapichují rovně nebo mírně šikmo do připravené půdy. Jsou místa, kde je půda utužená a ruční zapichování nelze provést, protože by mohlo dojít k poškození řízku. Zde je vhodné použít ruční sazeč, tím se nejprve vytvoří do půdy otvor, do kterého se potom vloží řízek. Po vložení je potřeba půdu kolem ztuhnit, například sešlápnutím z boku, tak aby půda přilnula k řízku. Ruční sadba je přesnější a lze dosáhnout vyšší újmovosti. Obsluha také může natočit řízek tak, aby pupeny směřovali na jih, což následně dokáže zrychlit roční přírůstek (31).

6.3. Sklizeň

Ke sklizni na plantážích rychle rostoucích dřevin dochází ve velmi krátké periodě neboli takzvaném obmýtí, které se v našich přírodních podmínkách pohybuje mezi 3–6 roky. Pokud se tedy celková doba existence plantáže pohybuje mezi 15–25 lety, znamená to, že ke sklizni dojde 4–5krát. U topolových plantáží se také může rozhodnout o změně účelu produktu a ze štěpky přejít na pěstování dřeviny pro produkci vlákniny. Ta je použitelná v papírenském průmyslu nebo pro potřeby sortimentu v nábytkářském průmyslu. V určitých případech tak může dojít k prvnímu obmýtí až za 30 let.

Pro výrobu štěpky jsou nejvhodnějšími obdobími pro sklizeň zimní měsíce zhruba v rozmezí prosince až března. V tomto časovém horizontu je obsah vody v pletivech nejnižší, stromy jsou holé a bez listů. Je možno využít volných pracovních sil a strojů, které jsou jinak potřebné v zemědělské výrobě a půda bývá zamrzlá, takže mechanizace nemá problémy s pohybem (22).

Sklizeň plantáže se dá provést několika způsoby. Elementární rozdíl je v tom, v jakém stavu je štěpka potřeba. Lze tak dostat suchou štěpku, kde se obsah vody pohybuje kolem 20 % nebo mokrou, kde je obsah v průměru kolem 45–55 % vody. Volba závisí na mechanizaci, která je k dispozici a na určení, jak bude štěpka využita. Pro uskladnění štěpky, použití k tvorbě briket nebo pelet či spálení v kotlích do výkonu 1 MW, je lepší získat suchou štěpku. V případě odvozu do tepelných elektráren, kde výkon přesahuje hodnotu vyšší než 1 MW, lze spalovat čerstvou štěpku přímo z pole (36).

Zvolený způsob sklizně je velmi důležitý, jelikož náklady na sklizeň rychle rostoucích dřevin tvoří podle dosavadních zkušeností 30 až 60 % celkových nákladů a určují tak z velké části cenu této formy energetické dendromasy (37).

Těžba pomocí sklízecích řezaček

Nejrychlejší způsob sklizně je pomocí sklízňových strojů. Jedná se o jednofázovou metodu sklizně. Menší stromy dosahující průměru kmene do 6–7 cm se dají sklízet klasickými adaptéry pro sklizeň pínin bez zvláštních úprav. Pro silnější kmeny lze sklízecí řezačky vybavit speciálním adaptérem pro sklizeň rychle rostoucích dřevin. Adaptér je vybaven dvěma pilovými kotouči, které rotují proti sobě a podřezávají kmeny. Následně vkládací válce dopraví materiál k řezacímu ústrojí sklízecí řezačky, kde je buben s noži, který připraví štěpku o správné délce. Adaptér je uzpůsoben pro sklizeň rychle rostoucích dřevin do řezného průměru cca 15 cm. Plošná výkonnost dosahuje až 2 ha/hod (38).

Za pomoci těchto strojů se dá vyrábět dřevní štěpky přímo na poli. Samohybné sklízecí stroje se vyplatí pro velké energetické celky, kde se velké pořizovací náklady rozloží na větší počet provozních hodin stroje (39).

Obrázek 9 Adaptér pro sklizeň RRD New Holland 130 FB (40)



Požezání a štěpkování.

Tato metoda je další způsob jednofázové sklizně a patří v ČR mezi ty nejpoužívanější. Jedná se o klasické kácení motorovou pilou a následné okamžité štěpkování. Takto získaná štěpka má vyšší vlhkost. Tento způsob sklizně je sice pomalejší a náročnější, ale na malých plochách se jedná o výhodnou metodu. Mechanizovaná sklizeň stromů na takovýchto plantážích se totiž jednoduše nevyplatí, vzhledem k pořizovacím cenám sklízecích rezaček a potřebných adaptérů (39).

Další možností je dvoufázová metoda. Ta spočívá v požezání stromů, nejčastěji motorovou pilou. Kmeny se pak ponechají na plantáži anebo se odvázejí na místo finálního zpracování. Pořezání probíhá z pravidla v zimních měsících. Kmeny se nechají na vyschnout, aby se snížil obsah vody. K následnému zpracování štěpkovači dochází pak většinou v podzimních měsících. Tento způsob je náročnější na manipulaci, ale takto získaná štěpka se již nemusí dosoušet a je energeticky velmi vydatná a je vhodná i pro spalování v topeništích s nižším až středním výkonem. Stejně tak je vhodná na skladování a nehrozí tak vysoké riziko napadení houbami či plísní (39).

Tabulka 5 Sklízecí metody a jejich charakteristiky (41)

Popis	Charakteristika
Manuální sklizeň	
<ul style="list-style-type: none"> • Řezání pomocí motorové pily, křovinořezu apod. • Ruční sběr stromů nebo pomocí traktoru • Skladování celých stromů pro sušení nebo rovnou jejich štěpkování • Ruční podávání do malého štěpkovače nebo použití jeřábu 	<ul style="list-style-type: none"> • Možný osobní přínos • Náročná a nebezpečná práce • Nízká produktivita • Menší nákladů • Vhodné pro malé pozemky do 5 ha a pro vlastní potřebu • Nutné alespoň dvě osoby
S využitím kombajnu	
<ul style="list-style-type: none"> • Sklizeň větších stromů s využitím strojů z lesnictví • Sběr stromů nebo svazků traktorem • Skladování celých stromů pro sušení nebo jejich štěpkování • Využití jeřábu pro podávání do štěpkovače 	<ul style="list-style-type: none"> • Téměř vše obstarávají stroje • Možné sušení na poli • Obvykle vysoké náklady na sklizeň – službu provádí obvykle firma • Ekonomicky vhodné pro větší plochy (nad 5 ha) • Vhodné pro všechny druhy kotlů na štěpku
Strojní sklizení a další mechanizace	
<ul style="list-style-type: none"> • Strojní zařízení musí být nachystáno • Sklizeň a štěpkování se provádí současně • Přívěsy pro převoz štěpky musí být k dispozici v době sklizně • Štěpka je skladuje a suší. 	<ul style="list-style-type: none"> • Téměř vše obstarávají stroje • Ekonomicky výhodné pro středně velké pole • Vhodné i pro velké odběratele štěpky (např. teplárny) • Sušení štěpky může být nákladné • Jedná se o velmi kvalitní štěpku, čerstvě nasekaná štěpka vytváří homogenní hmotu

6.4. Rušení plantáže

V přibližném rozmezí 15-25 let začne výnos z produkční plantáže klesat pod úroveň ekonomické rentability. V tomto bodě je vhodné přikročit ke zrušení plantáže. Mezi hlavní faktory, které vedou ke zrušení, se řadí především úrodnost půdy a způsob a objem hnojení (22).

Po poslední sklizni je potřeba odstranit pařízky a rozrušit části kořenového systému. K tomuto se využívá buď pařezových fréz anebo se tak činí okopem a ručním vytaháním pařezů. K rozrušení kořenového systému se nejčastěji využívá hloubkové orby. Zbytky kořenů v půdě slouží jako drenáž a provzdušnění hlubších vrstev ornice. Návrat stanoviště k původnímu použití, ať už to je orné pole, louka či pastvina, je důležitou otázkou z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a podléhá kontrole MŽP. V případě dobrého stavu půdy po produkční plantáži je možno plochu ihned na jaře osít cílovou plodinou. V opačném případě, kdy je zjištěno, že je živinová rovnováha půdy narušena, je potřeba půdu dohnojit. Případně pozemek osadit plodinou, která zlepšuje půdní vlastnosti a obnovuje meliorační schopnosti. Mezi tyto plodiny patří vojtěška, jetel či travní směs. Jednou z možností je také zpětný odběr popela ze spalovny, která využívá produkci biomasy z plantáže ke spalování. Mělo by být zajištěno, aby spalovna nevyužívala jiné směsi než dřevní hmotu. Těmi jsou například zbytky z průmyslových provozů, které mohou kontaminovat popel škodlivými prvky (22).

7. Štěpkovací stroje

Podstatou strojů na štěpkování, jakými jsou například sklízecí rezačky nebo štěpkovače je krácení dřevní hmoty na malé fragmenty. Štěpkovače jsou konstruovány v různých variantách. Liší se ve způsobu podávacího mechanismu, typu štěpkovacího ústrojí nebo pohonu zařízení, na kterém je stroj osazen. Od všech těchto parametrů se pak odvíjí možnost využití stroje, mobilita, nárok na výkon a cena. U stacionárních strojů používaných na drcení materiálu se objevují dva názvy. Dělí se na štěpkovače a drtiče, jejichž rozdílem je výsledný produkt. Štěpkovače krátí hmotu na větší kusy (3–8 cm) a výsledný produkt je pak vhodný jako palivo. U drtičů jsou výsledným produktem drobné části, které najdou využití především jako mulčovací hmota (42).

7.1. Rozdělení podle podávacího ústrojí

Bez podávacího ústrojí

Tato varianta se uplatňuje především u hobby tříd zahradních štěpkovačů. V tomto případě je potřeba vkládat materiál do štěpkovacího ústrojí pomocí lidské nebo tíhové síly. Tento způsob je náročný a pomalý. Štěpkovače určené pro náročnější použití už proto bývají často vybaveny podávacím systémem (42).

Se samočinným podávacím ústrojím

Principem samočinného podávání je například mechanismus s konickou šroubovitou hřídelí. Rotací této části dochází k plynulému vtahování materiálu a zároveň jeho drcení. Samočinné podávání se hojně uplatňuje u středních štěpkovačů především s nosným nebo s vlastním podvozkem (42).

S poháněným podávacím mechanismem

Podávací mechanismus je tvořen podávacími válci, které vhánějí materiál do drtícího ústrojí. Válcový podavač může být nahrazen pásovým dopravníkem. Ty jsou pak mechanicky nebo hydraulicky poháněny vývodem z hřídele. Tyto mechanismy se používají hlavně u větších štěpkovačů, jelikož zvyšují nároky na výkon a zvětšují rozměry i váhu stroje (42).

7.2. Rozdělení podle typu nosné konstrukce

Stacionární

Jedná se především o zahradní štěpkovače, které mají malý výkon a velice často jsou vybaveny elektrickým pohonem. Tato konstrukce je stavěna především na krátké přesuny po zahradě a drcení drobnější hmoty (42).

Nesený

Tato konstrukce je navržena tak, aby se dala připojit na třibodový nosný systém traktoru. Tento typ konstrukce vyžaduje nižší váhu a rozměry, protože je potřeba, aby ho traktor uvezl (42).

S vlastním podvozkem

Konstrukčně jsou tyto štěpkovače koncipovány jako samostatné vozy, které se připojí na závěs traktoru případně osobního automobilu. Není zde již tolik limitující hmotnost nebo rozměry, protože stroj je umístěn na vlastním podvozku. Je zde i velká variabilita od malých rozměrů a výkonů až po velká štěpkovací zařízení (42).

7.3. Rozdělení podle typu pohonu

Poháněné elektromotorem

Elektromotorem jsou poháněny spíše stacionární štěpkovače převážně pro zahradní užití. Štěpkovač s tímto typem pohonu je limitován potřebou být připojen ke zdroji elektrické energie. Výhodou je jednodušší konstrukce a tím i nižší pořizovací cena (42).

Poháněné traktorem

Pohonnou jednotku v tomto případě tvoří vývodová hřídel traktoru, na kterou je stroj napojen. Přenos síly z traktoru na štěpkovač z pravidla zajišťuje kardanová hřídel. Výhodou toho typu je nižší hmotnost a zároveň pořizovací cena, jelikož stroj není potřeba osazovat vlastním pohonem. Je ovšem potřeba zajistit, aby traktor splňoval výkonové požadavky stroje (42).

Poháněné spalovacím motorem

Spalovací motor se uplatňuje především u štěpkovačů, které se montují na vlastní podvozek. Stroje tím tvoří samostatnou pracovní jednotku. Výhodou je tak značná autonomie, jelikož stroj stačí pouze dopravit na místo určení (42).

Sklízecí řezačky

Úkolem samojízdných sklízecích řezaček je sečením získat materiál z pozemku a upravit ho na řezanku požadované délky řezáním, popřípadě drcením. Následná je doprava řezanky v požadované kvalitě do dopravního prostředku, který odveze materiál k dalšímu zpracování. Sklízecí řezačka je tvořena základní jednotkou (strojem jako takovým) a výměnným sklízecím ústrojím neboli adaptérem, který slouží pro posečení nebo sesbírání materiálu z pozemku. Mezi základní konstrukční prvky sklízecích řezaček lze zařadit zejména různé typy sklízecích adaptérů, systém vkládání a způsob provedení řezacího bubnu. Dalším prvkem jsou metače a metací komín (43).

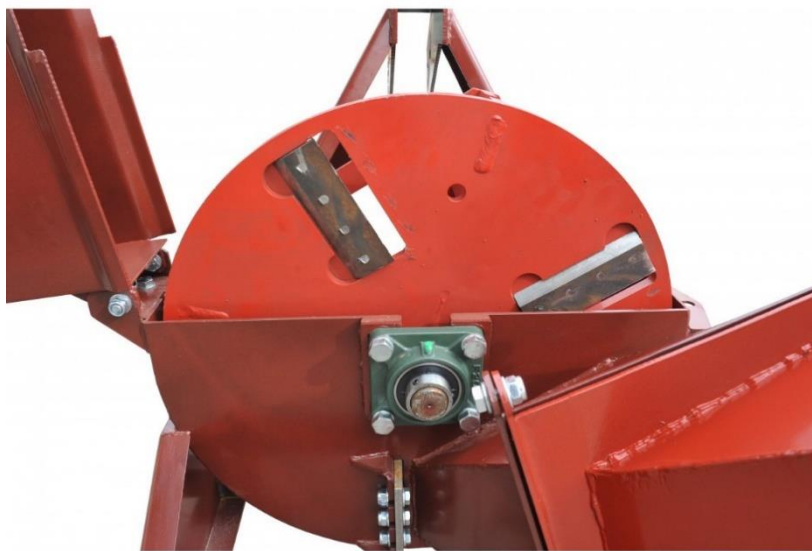
7.4. Rozdělení podle štěpkovacího mechanismu

Diskový

Diskový štěpkovací mechanismus patří mezi velmi rozšířené typy, čemuž vděčí své jednoduché konstrukci a díky tomu levnější výrobě a nižší pořizovací ceně. Z čelní strany je rotující kotouč zpravidla osazen 4 noži, které jsou kolmo k ose otáčení, a odsekávají přiváděný materiál. Robustní konstrukce kotouče působí zároveň jako setrvačnický, který plní účel stabilizace otáček v momentě kdy dojde k náhlému zvýšení energetické náročnosti a také slouží k vyrovnávání rázů. Jelikož se obvodová rychlost směrem do středu snižuje, klesá tím i řezný výkon. Z tohoto důvodu je otvor pro vkládání materiálu velikostně omezen.

Diskový mechanismus je vhodnější spíše pro dlouhé holé kusy materiálu, typicky právě na dřeviny z energetických plantáží. Pro tento systém je potřeba přídavného podávacího zařízení nebo použití ruční síly. Možností jsou například násypky, které pro vtahování využívají vlastní tahovou sílu materiálu. Odvod materiálu probíhá buď směrem dolů, kde se dá pytlivat. Častým způsobem také bývá osazení kotouče z druhé strany lopatkami, které umožňují nakrácený materiál odvádět do vyprazdňovacího komínu, kterým lze dopravit štěpku na vůz. Výhodou tohoto systému je přesnost nakrácené štěpky na stejnou velikost (44).

Obrázek 10 Diskový štěpkovač R13 (45)



Bubnový

Základ drtícího ústrojí bubnových štěpkovačů je tvořen dvěma protichůdně rotujícími válci. Ty jsou osazeny sekacími noži ve směru osy otáčení. Stroj bývá často vybaven dopravníkovým pásem, který dopravuje materiál až k rotujícím bubnům. Dopravníkový pás bývá osazen různými hroty, aby mohlo docházet k lepšímu přesunu hmoty. Velikost možného množství zpracovaného materiálu je dána celou délkou pracovních válců. Z tohoto důvodu je tento systém vhodný pro štěpkování velkého množství nehomogenního materiálu o různém průměru (až 800 mm) i délce. Z důvodu velkého množství přiváděného materiálu do štěpkovacího ústrojí, který velmi často bývá nehomogenní je tento pracovní systém náročnější na potřebný výkon. Tento mechanismus nachází využití především u zpracování zbytků z lesní těžby. Mezi nevýhody se řadí složitější konstrukce a nižší kvalita štěpky. Při vstupu do bubnu se může hmota různě natočit a tím není sekána kolmo na podélnou osu, ale je s osou šikmá nebo rovnoběžná. Tím vzniká nesourodě naštěpkovaná hmota o různých délkách (44).

Obrázek 11 Bubnový štěpkovač Jensen TJ (46)



Šnekový

Štěpkovače s konickou hřídelí jsou vybaveny šroubovicí s postupně stoupajícím průměrem. V principu se jedná o rotaci šnekové hřídele, které se postupně zařezává do dřeva a odkrajuje hmotu. Hřídel bývá na konci osazena diskem s lopatkami. Ten plní funkci setrvačníku a lopatky slouží pro vyhazování materiálu ze zařízení. Mezi výhody tohoto systému patří nízká energetická náročnost a jednoduchá konstrukce. Šneková hřídel díky své konstrukci umožňuje samovolné vtahování hmoty do stroje a není tak potřeba žádného dodatečného systému. Efektivní uplatnění najde při sekání dlouhých a tenkých stromů (44).

Obrázek 12 Štěpkovač Kovo Šimka R8 (54)



8. Použité stroje

Belarus 320.4

Malotraktor běloruské výroby je určený pro rozmanité zemědělské nebo lesní práce, schopný nést nebo táhnout různé pracovní stroje. Přídavná zařízení lze nést na zadních nebo předních ramenech hydraulického systému. Pohon přídavných zařízení je zajištěn vývodovou hřídelí a lze je upevnit pomocí tříbodového systému na přední nebo zadní aparát a může být ovládán pomocí hydraulického čerpadla. Malotraktor má širokou škálu využití. Díky svým menším rozměrům je vhodný například do skleníků nebo úzkých prostor. Pro úklid sněhu v zimních měsících, údržbu travních ploch či užití pro manipulační účely (47).

Tabulka 6 Technické parametry traktoru (47)

Technické parametry	Belarus 320.4
Motor	Diesel, Lombardini LDW 1603/B3
Objem válců, (l)	1649
Max. kroutící moment při 1500 (ot/min, Nm)	99
Nominální otáčky klikové hřídele (ot / min)	3000
Užitková hmotnost, (kg)	1670
Rozměry d., š., v. (mm)	3100, 1550, 2150
Zadní vývodová hřídel s 2 volbami rychlosti:	
Nezávislá na pojezdu (ot/min)	540
Nezávislá na pojezdu (ot/min)	1000
Provozní výkon motoru (kW)	24,2

Štěpkovač R8

Štěpkovač R8 od firmy Kovo Šimka je nesený štěpkovač s uchycením za traktor pomocí tříbodového systému. Štěpkovací mechanismus je zde řešen samočinným štěpkovacím ústrojím s konickou šroubovitou hřídelí. Připojení na traktor je provedeno kardanovou hřídelí. Plnění stroje se provádí od zadní části a výhoz materiálu je realizován do boku. Pracovní osa stroje je ve výšce 650 mm (48).

Obrázek 13 Štěpkovač R8 Kovošimka (48)



Tabulka 7 Technické parametry štěpkovače R8 (48).

Technické parametry	Kovo Šimka R8
Výška pracovní osy (mm)	650
Váha stroje (kg)	240
Příkon stroje (kW)	20
Výkon stroje (m ³ /hod)	3–5
Otáčky stroje (ot/min)	540
Max. průměr zpracovaného materiálu (cm)	8,5
Přibližná velikost štěrky (mm)	40–70

Štěpkovač Pezzolato PZ 140

Jedná se o stroj, který je určen ke zpracování dřevěného odpadu z údržby stromů, živých plotů a vyřezávky parků a lesů. Stroj disponuje vlastním dieslovým motorem a je posazen na kolovém podvozku. To umožňuje přesun stroje pomocí osobního automobilu. Toto může být výhodou zejména tehdy, pokud je potřeba přesouvat stroj na větší vzdálenosti. Jedná se o diskový typ štěpkovače. Řezací ústrojí stroje je vybaveno rotujícím kotoučem, který je osazen 4 noži z čelní strany, které odsekávají přiváděný materiál. Robustní konstrukce kotouče působí zároveň jako setrvačnik, který plní účel stabilizace otáček a také slouží k vyrovnávání rázů. Stroj disponuje dvěma protichůdně rotujícími válci, které fungují jako podavače. Součástí štěpkovače je i čidlo pro měření otáček disku. Při poklesu rychlosti otáčení se podávací válce zastaví a umožní opětovné nabrání potřebné rychlosti pro pracovní chod. Dále je k dispozici ochranná brzda, která je připevněna na násypce stroje. Tou lze podávací válce zastavit a zároveň, v případě potřeby, umožňuje změnit směr otáčení válců. Toto je důležité v momentě ucpání drtícího ústrojí (49).

Obrázek 14 Štěpkovač Pezzolato PZ 140 (49)



Tabulka 8 Technické parametry štěpkovače Pezzolato PZ 140 (61)

Technické parametry	Pezzolato PZ 140
Hmotnost stroje (kg)	730
Pohon stroje	Diesellový motor
Výkon stroje (kW)	Lombardini 21 kW
Výkon stroje (m ³ /hod)	6–8
Otáčky stroje (ot/min)	1300–1400
Max. průměr zpracovaného materiálu (cm)	14
Přibližná velikost štěrky (mm)	6–12
Vstupní otvor (mm)	140 x 180

9. Metodika pokusu

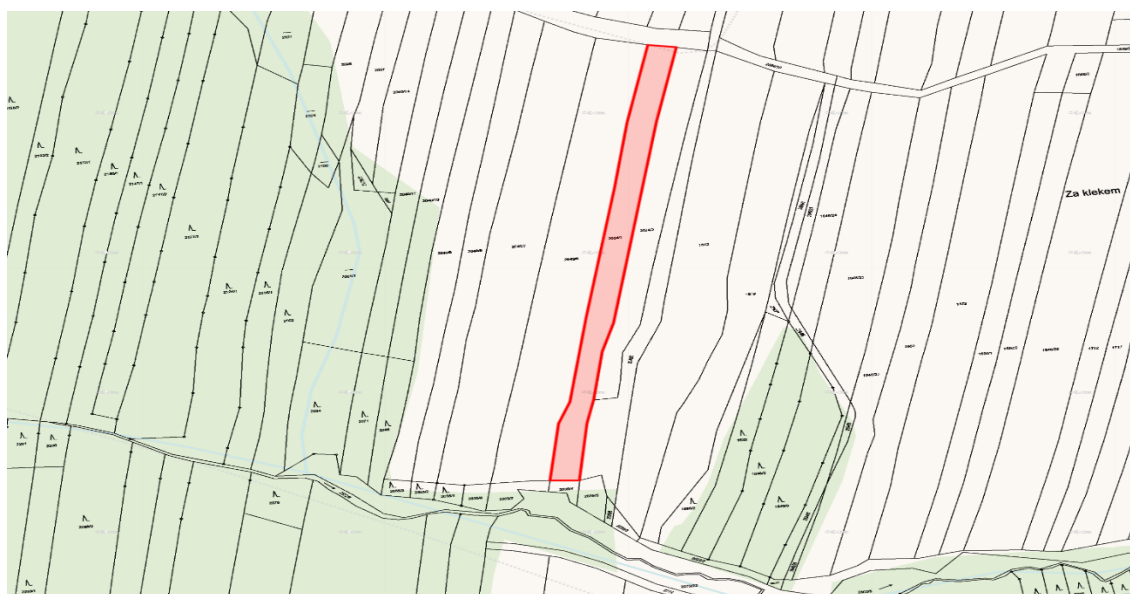
Pozemek 2024/1 v katastrálním území obce Radětice u Bechyně byl vybrán k realizaci projektu na založení energetické plantáže. Pozemek je v osobním vlastnictví a klasifikován jako orná půda, na které se pravidelně hospodaří. Založení plantáže by bylo vhodné načasovat tak, aby při posledním setí byla zasetá přípravná plodina, která zlepšuje kvalitu půdy. V kapitole 6.1 jsou vyjmenované některé přípravné plodiny. Na dané lokalitě se nejčastěji vyskytuje například řepka nebo ječmen. Po letní sklizni je předpokládána podzimní orba, která by proběhla již bez případného zasetí ozimé plodiny. Na jaře se provede srovnání pozemku branami a podle potřeby případné přihnojení. Pozemek tím bude připraven na sadbu. Jarní orba pro eliminaci nadměrného výskytu plevelů se nepředpokládá, jelikož se jedná o pravidelně obhospodařovanou plochu. Stejně tak ani podzimní hloubková orba. Případný postřik proti plevelům by se prováděl ručně a byl by použit pouze před samotnou výsadbou. Odplevelování, které se provádí po výsadbě bude realizováno v meziřadí pomocí rotavátoru a mezi stromy ručně. Takováto péče je potřebná dvakrát až čtyřikrát ročně do doby, než stromy přesáhnou cca 1,5 m výšky (cca první 3 roky).

Pozemek má relativně malou rozlohu, která čítá 0,36 ha. Proto se bude následná sadba provádět ručně a svépomocí. Sázet se budou řízky o délce 20–25 cm. Tyto řízky lze zakoupit již tříděné s připravenou špičkou vhodné pro přímou sadbu. Lze si také zakoupit pouze prýty, ze kterých se tyto řízky dají vytvořit. Cena za hotové řízky se pohybuje v rozmezí 2-5 korun. Cena za dvoumetrové prýty se pohybuje kolem 20 Kč (33). Řízky je před sadbou potřeba 48 hodin dopředu namočit, aby natáhli dostatek vláhy. Aby se řízek uchytil musí na sobě mít alespoň tři pupeny, ze kterých vyraší nové výmladky. Na konci je potřeba udělat špičku kvůli dobrému zakořenění. Na základě informací obsažených v kapitole 6.2 by sadba měla proběhnout co nejdříve z jara. V závislosti na počasí, když pomine hrozba jarních mrazů a přísušků, které by mohli ohrozit zakořenění řízků. Tato doba nastává v rozmezí půlky března až dubna. Lokalita je dostatečně bohatá na vláhu, jelikož si je pozemek schopen natáhnout vodu z přilehlého lesa nebo z potůčku protékajícího pod pozemkem. Jarní přísušky se neočekávají. Podle tabulky 5 a dalších zdrojů (50) (51) se potřeba řízků odhaduje na 11000 ks/ha. V přepočtu na velikost pozemku se počítá přibližně s 3960 kusy řízků. Pozemek se bude osazovat podle obrázku 7 a to jednořádkově. Z kapitoly 6.2 vyplývá, že toto rozpořádání je nejvhodnější pro velikostně malé plantáže spoléhající se převážně na ruční obhospodařování s nízkou úrovní mechanizace. Tato metoda je v ČR také zatím nejvíce používána.

Doba obmytí bude probíhat po třech letech, v období vegetačního klidu. To znamená v zimních měsících prosinci, lednu, únoru a části března. Porost se pokácí pomocí motorové pily. Kmeny se stáhnou na určená místa plantáže, kde do podzimu proschnou, aby se snížil obsah vody. Sklizené stromy na snesených

hromadách provětrávají a do podzimu se obsah vody sníží z přibližně 60 % na 30 % (52). Na podzim bude následovat štěpkování a doprava do míst užití. Řádným proschnutím se zvyšuje výhřevnost a snižují se dopravní náklady na převoz vyrobené štěpky. Výsledný produkt bude sloužit jako topný materiál pro osobní spotřebu. Pokud se životnost plantáže pohybuje v rozmezí 20–25 let, lze absolvovat 5–6 sklizní. Dotace na zemědělskou půdu (SAPS) se nepředpokládá, jelikož nejsou splněny náležitě podmínky. Jednou z nich je například minimální osázená plocha 1 hektaru. Při následném rušení plantáže se zbylé pařezy a kořeny po poslední těžbě zlikvidují půdní frézou. Poté lze pozemek využít znova pro pěstování zemědělských plodin.

Obrázek 15 Pozemek pro realizaci plantáže (53)



Obrázek 16 Informace o pozemku (53)

Informace o pozemku

Parcelní číslo:	2024/1
Obec:	Radětice [552925]
Katastrální území:	Radětice u Bechyně [737593]
Číslo LV:	32
Výměra [m ²]:	3597
Typ parcely:	Parcela katastru nemovitostí
Mapový list:	KMD
Určení výměry:	Graficky nebo v digitalizované mapě
Druh pozemku:	orná půda

Pro účely této práce bylo vyhodnocováno štěpkování pomocí dvou různých štěpkovačů s podobným výkonem, ale zcela odlišným provedením. S každým strojem bylo provedeno štěpkování a změřeny patřičné hodnoty. Ty byly okomentovány a následně porovnány výsledky jednotlivých měření a učiněn závěr.

Pro účely štěpkování byl připraven vzorek mladých bukových stromů, který byl získán z probírky mladého lesa. Tento vzorek bukového dřeva odpovídá průměru, do kterého by měli narůst topoly při předpokládané době jednoho obmytí. Zároveň mají i společné vnější znaky. Jedná o dlouhé rovné kmeny bez výrazného větvení. Z těchto důvodů se proto dá vytvořit celkem dobrá představa o tom, jak rychle a kvalitně pak bude moci probíhat případné štěpkování na plantáži a s jakými úskalími se lze potkat.

Obrázek 17 Připravená hromada pro štěpkování (54)



9.1. Ekonomika pozemku

Náklady na založení a poté údržbu plantáže se značně liší podle její velikosti, polohy či použité mechanizace. Možností je výsadba a údržba plantáže na klíč. Dalším parametrem, od kterého se odvíjí cena, je rozdíl mezi sadbou na štěpku nebo na kusové dřevo. Pro kusové dřevo je vysazován menší počet sazenic a z toho důvodu jsou vstupní náklady na výsadbu nižší. Z šetření vyplývá, že náklady na založení plantáže a následnou údržbu na jedno obmytí po dobu 3 let mají značný rozptyl. Výrazně záleží na tom, do jaké míry je plantáž realizována a ošetřována vlastními silami a do jaké míry je prováděna externí firmou. Také je potřeba do ekonomické rozvahy započítat případné získání dotací viz kapitola 6.

V následujícím přehledu jsou uvedeny orientační náklady na zvolený pozemek. Údaje vycházejí z normativů VÚZT pro soupravy. Předpokladem pro tento výpočet je chemické ošetření plevelů před orbou. Následná péče o pozemek a likvidace plevelů bude prováděna pomocí kultivátoru. Z níže uvedené tabulky vyplývá, že náklady na vlastní realizaci a péči o pozemek se pohybují přibližně kolem 37 000 Kč/ha. Tato cena zahrnuje nákup řízků, chemie na ošetření plevelů a náklady na jednotlivé operace. Při přepočtu ceny z jednoho hektaru na velikost vybraného pozemku je cena na hodnotě 13 231 Kč.

Tabulka 9 Náklady na plantáž ve tříletém cyklu na hektar (54)

NÁKLADY NA PLANTÁŽ V PRVNÍM ROCE (Kč/ha)	
Založení plantáže	
Chemická příprava před orbou	
chemický postřik 3x	1059
Mechanická příprava	
Orba (podzim)	1498
vláčení (jaro)	333
Výsadba	
Sadební materiál	27500
Výsadba	0
Údržba po výsadbě	
Kultivátorování 3x	2121
Celkem	32511

NÁKLADY NA PLANTÁŽ V DRUHÉM ROCE (Kč/ha)	
Údržba plantáže	
Kultivátorování 3x	2121
Celkem	2121

NÁKLADY NA PLANTÁŽ VE TŘETÍM ROCE (Kč/ha)	
Údržba plantáže	
Kultivátorování 3x	2121
Celkem	2121

Náklady celkem (Kč)	36 753
----------------------------	---------------

Tabulka 10 Náklady na plantáž ve tříletém cyklu (54)

NÁKLADY NA PLANTÁŽ V PRVNÍM ROCE (Kč)	
Založení plantáže	
Chemická příprava před orbou	
Chemie	381.24
Mechanická příprava	
Orba	539.28
Vláčení	119.88
Výsadba	
Sadební materiál	9900
Výsadba	0
Údržba plantáže	
Kultivátorování 3x	763.56
Celkem	11 704

NÁKLADY NA PLANTÁŽ V DRUHÉM ROCE (Kč)	
Údržba plantáže	
Kultivátorování 3x	763.56
Celkem	763.56

NÁKLADY NA PLANTÁŽ VE TŘETÍM ROCE (Kč)	
Údržba plantáže	
Kultivátorování 3x	763.56
Celkem	763.56

Náklady celkem (Kč)	13 231
----------------------------	---------------

Níže jsou uvedeny služby firem, které se zabývají výsadbou a následnou péčí o plantáže. Při pohledu na ceny vidíme, že plantáž na klíč se pohybuje v rozmezí 50 000 – 120 000 Kč/ha za 3leté období jednoho obmytí. Záleží ve velké míře na tom, jaké služby společnost poskytuje a také v jaké intenzitě. Porovná-li se náklady na plantáž pomocí vlastních sil a pomocí podnikatelských subjektů, tak je zřejmé, že ceny od soukromých subjektů jsou výrazně vyšší. V jejich nabídce většinou chybí příprava pozemku pro sadbu, která je zahrnuta ve výše uvedených výpočtech při vlastní realizaci, takže ceny nemusí být konečné.

Pochopitelně je pro vlastní zpracování důležité již disponovat alespoň základní mechanizací, která je pro přípravu a údržbu pozemku potřebná. Nicméně, obzvlášť při malých plochách pozemků (do 2 hektarů), je zajisté výhodné uvažovat o co největší míře samostatné realizace, aby takováto plantáž byla výhodná. Většina společností si je tohoto vědoma a nabízí tak jednotlivé služby i samostatně. Lze tedy objednat pouze sadební materiál, zajistit si k tomu i sadbu nebo využít kompletních služeb s následnou údržbou každý rok. Výhodou externího zřízení plantáže firmou je bezpochyby vyšší zkušenost v oboru. Každý si musí před sadbou určit, v jaké míře má ochotu a schopnosti se věnovat péči o takovou plantáž.

Cenová nabídka od podnikatelských subjektů v ČR

Vypěstuj si les

Výsadba 1 ha plantáže na palivové dříví (8 000 ks řízků/ha) se pohybuje okolo 39 900 Kč. Cena obsahuje sadbu (řízky střižené do špičky), včetně její přípravy (namáčení), a výsadbu dle domluveného rastru.

Cena za výsadbu plantáže na štěpku (12 000 ks řízků/ha) je odvislá od velikosti plochy, vzdálenosti, přístupu na pozemek atd. Pohybuje se v rozmezí 60 000 – 70 000 Kč/ha. Cena za údržbu 1 ha plantáže obsahuje 3 x odplevelování přibližně s měsíčním odstupem za cenu 17 900,- Kč/ha.

Tabulka 11 Cenová nabídka subjektu na realizaci plantáže (55)

vypěstuj si les (Kč/ha)	
výsadba (Kč)	65000
údržba 3x ročně (Kč)	17900
celkem údržba za 3 roky	53700
celkový součet za 3 roky	118700

V závislosti na velikosti a vzdálenosti plantáže se může cena dle dohody měnit. V ceně není zahrnuta příprava pozemku před sadbou. Podzimní orbu a jarní vláčení firma nezajišťuje.

Počítáme-li celkové náklady na 3letý cyklus, pohybuje se přibližně kolem hodnoty 120 000 Kč/ha (55).

Rychle rostoucí topoly

Ruční výsadba řízků se u této firmy pohybuje kolem 2–3 Kč/ks. Práce traktorem se pohybuje v rozmezí 700–1000 Kč za motohodinu. Následná údržba meziřadí rotavátorováním 2500 Kč/ha. K práci traktoru je ještě potřeba dopočítat cenu za dojezd na zadané místo 25 Kč/km. Před realizací plantáže je vždy potřebná obhlídka terénu, pro stanovení přesné ceny a také zjištění, zdali je stanoviště vhodné jak pro výsadbu, tak následnou údržbu plantáže.

Tabulka 12 Cenová nabídka subjektu na realizaci plantáže (56)

rychle rostoucí topoly (Kč/ha)	
výsadba	30000
údržba 3x ročně	7500
celkem údržba za 3 roky	22500
+ dojezd na místo	30 Kč/km
+ práce traktorem	700-1000 Kč/motohodina
celkový součet za 3 roky	52500

Počítáme-li celkové náklady na 3letý cyklus, pohybuje se přibližně kolem hodnoty 52 500 Kč/ha. K této částce je ještě potřeba připočítat případnou práci s traktorem. U této firmy by se tedy dala zajistit i případná podzimní orba a jarní srovnání pozemku (56).

Japonsky topol

Tato společnost nabízí pouze prodej řízků, případně zpracování projektu na založení plantáže a samotnou výsadbu. Cena za takovou realizaci se pohybuje okolo 32 500 Kč/ha (57).

Pěstování RRD v zahraničí

Pro ucelení představy o pěstování RRD jsou uvedeny studie z Rumunska, kde se hojně pěstuje trnovník akát a náklady na tříletý cyklus vycházejí přibližně na 2200 amerických dolarů (50 000 Kč). (58) V Austrálii jsou pěstované borovice nebo blahovičnický. Ty přijdou ve tříletém cyklu na přibližně 2900 australských dolarů (45 000 Kč). (59) V Brittanii ve Francii byly vysázeny vrby. Ze studie vyplývá, že nákladový odhad na plantáž je v rozmezí 2300 €/ha až 2900 €/ha (56000-70600 Kč) (41).

10. Proces štěpkování

Štěpkování s R8

První štěpkování probíhalo pomocí neseného štěpkovače R8. Nejdříve se štěpkovač připojí za traktor, dojede se na místo, kde je připraven vůz a umístí se vedle něj. Takto urovnaná souprava je pak připravena na vlastní štěpkování.

Obrázek 18 Připravená souprava vozu a štěpkovače (54)



Pro štěpkovací proces u tohoto stroje je optimální mít tři pracovníky. Dva se věnují vkládání stromů do ústrojí a snášení materiálu k prostoru štěpkovače. Třetí slouží jako podpůrná síla. Ta připravuje materiál a případně pomocí motorové pily odřezává velké kusy, které by mohly zahltnit štěpkovač. Dále slouží jako obsluha traktoru pro případ zahlcení štěpkovače a je připravena stroj zastavit. Jak lze vidět z obrázku 20, štěpkovač vytváří frakci štěrky v rozmezí 4–8 cm.

Obrázek 19 Frakce štěpky ze stroje R8 (54)



Nejčastější výskyt problémů, které v průběhu štěpkování nastaly byly vložení příliš silného kusu kmene, který zastavil stroj. Případně došlo k přetržení střížného šroubu na hřídeli, jenž slouží jako ochrana stroje před přetížením. V případě zastavení stroje z důvodu zanesení šnekového ústrojí štěpkovače, je zapotřebí stroj otevřít a ručně uvolnit.

V tabulce 14 jsou uvedeny naměřené hodnoty. Štěpkování probíhalo půl hodiny a za tuto dobu byly vytvořeny 3 kubíky materiálu. Měření spotřeby bylo prováděno dolitím nádrže traktoru do maxima před štěpkováním a opětovného dolití po dokončení akce. Bylo zjištěno, že bylo při štěpkování spotřebováno 3 litry nafty.

Tabulka 13 Naměřené hodnoty ze štěpkovače R8 (54)

štěpkovač R8	
čas (min)	30
množství (m3)	3.06
spotřeba (l)	3
přepočet na hodinu	
množství (m3)	6.12
spotřeba (l)	6

Štěpkování s PZ 140

Druhé štěpkování probíhalo pomocí samostatného štěpkovače PZ 140. Příprava štěpkovače k akci byla velice jednoduchá, jelikož stačilo přípojné vozidlo pouze přistavit k návěsu. Po zapnutí motoru a nastavení provozních otáček bylo možno začít vkládat materiál. Po vložení dřeviny do stroje si podávací válce sami regulují vtahování materiálu v závislosti na otáčkách disku. Ten je nastaven na provozní hodnotu 1400 otáček/min. Díky samoregulačnímu systému u válců a nižší rychlosti zpracování postačí pro štěpkovací proces jeden až dva pracovníci obsluhy.

Nejčastějším problémem, který při práci nastal bylo ucpání výfukového komínu. Stroj se musel zastavit, otevřít řezací prostor a komín vyčisti od ucpaného materiálu. Příčinnou ucpání byly z pravidla drobné větve, které nebyly řádně rozsekány a v úzkém výfukovém komínu došlo k jejich zaseknutí. Další materiál tak nemohl procházet, až se komín ucpal. Jak lze vidět z obrázku 20, štěpkovač vytváří velice jemnou frakci štěpky v rozmezí 6–12 mm.

Obrázek 20 Frakce štěpky ze stroje PZ 140 (54)



V tabulce 15 jsou uvedeny naměřené hodnoty. Štěpkování probíhalo opět půl hodiny a za tuto dobu byl vytvořen 1 kubík materiálu. Měření spotřeby bylo prováděno dolitím nádrže štěpkovače do maxima před štěpkováním a opětovného dolití po dokončení akce. Bylo zjištěno, že bylo při štěpkování spotřebováno 1,6 litru nafty.

Tabulka 14 Naměřené hodnoty ze štěpkovače PZ 140 (47)

štěpkovač PZ 140	
čas (min)	30
množství (m ³)	1.06
spotřeba (l)	1.6
přepočet na hodinu	
množství (m ³)	2.11
spotřeba (l)	3.2

Výsledky měření

Štěpkování bylo realizováno pomocí štěpkovače R8 a štěpkovače PZ 140. Rozdíl těchto dvou štěpkovačů spočívá v tom, že zatímco R8 je stroj nesený za traktorem, PZ 140 je samostatná jednotka, s vlastním spalovacím motorem, která je konstruována jako přípojné vozidlo, které se dá přemístit pomocí osobního automobilu. Výhodou PZ 140 je jeho rychlá příprava k akci. Stačí pouze dojet na určené místo a začít štěpkovat. Oproti tomu nesený štěpkovač je potřeba nejprve zapojit za traktor, připojit hřídel a vyrovnat štěpkovač do vodorovné polohy.

Výhodou R8 je jeho výrazně nižší pořizovací cena. Dále se pak vyznačuje menšími rozměry, nižší vahou a jednodušší konstrukcí. Výhoda neseného štěpkovače také spočívá v tom, že traktor, který je zdrojem pohonu, je multifunkční stroj a dá se použít i k údržbě a obhospodařování plantáže. Na druhou stranu, pokud je plantáž daleko, tak je nákladné dopravit traktor na místo určení.

Dalším rozdílem mezi těmito dvěma stroji je štěpkovací ústrojí. Zatímco u R8 se jedná o šnekovou hřídel, tak PZ 140 je vybaven diskovým řezacím ústrojím. To má vliv na typ štěpky, kterou každý ze strojů produkuje.

Stroj R8 je však jednodušší konstrukce. Zde je pouze šneková hřídel, na které je setrvačnick, který vyhazuje materiál ven. Na druhou stranu PZ 140 je složitější, jelikož obsahuje podávací válce a diskový rezač. Tento stroj navíc disponuje ještě různými čidly pro přetížení. Toto se pochopitelně projeví v ceně, kdy se pořizovací cena pohybuje o řád výše než cena neseného štěpkovače. Stejně tak je zde náročnější údržba.

Průběh štěpkování přinesl hned několik podstatných rozdílů. Prvním z nich byla velikost tvořené dřevní hmoty. Zatímco R8 vytvářel špalíky v rozmezí 4–8 cm, PZ 1400 dělal jemnou drť o velikosti 6–12 mm. Při odvozu do spaloven na velikosti frakce příliš nezáleží. V domácích kotlích však takto jemná drť nemá příliš dobré vlastnosti při hoření. Stejně tak pro účely skladování je lepší větší frakce, jelikož u takto malých částí ve vyšší míře dochází k plesnivění.

Dalším rozdílem byla rychlost štěpkování. Pro štěpkování byla zvolena referenčním bodem doba štěpkování, která byla nastavena na půl hodiny. Byť byl výkon obou motorů srovnatelný (cca 21 kW), R8 naštěpkovala za tuto dobu 3 m³ materiálu, za to PZ 140 za stejnou dobu pouhý 1 m³. I kdyby se zohlednil fakt, že jemná drť má menší prostorový objem, tak je stejně výkonnost oproti nesenému štěpkovači zhruba 3x menší. Toto zjištění bylo vcelku zajímavé, když se vezme v úvahu, že papírová výkonnost strojem PZ 140 byla udávána v rozmezí 6–8 m³, tedy daleko vyšší než u R8. To odpovídá i dalšímu z rozdílů, kterým byl počet lidí potřebný pro obsluhu. R8 potřebovala v ideálním případě alespoň 3 lidi pro obsluhu, aby stíhali tempo, kterým stroj pracoval. U stroje PZ 140 stačilo jednoho, maximálně dvou lidí, jelikož odběr stroje nebyl takový.

Spotřeby nafty za stejnou pracovní dobu (30 min.) byla u PZ 140 zhruba 2x nižší. Jedná se o motory stejného italského výrobce Lombardinni o přibližně stejném výkonu 21 kW. PZ 140 je vybaven 1250 cm³. Traktor Belarus disponuje objemem 1650 cm³. Vyšší spotřeba u traktoru může souviset jednak s vyššími pracovními otáčkami motoru (pracovní výkon motoru 3000 ot/min.) a jednak delším přenosem energie z motoru, přes hřídel až k samotnému štěpkovači. Vývodová hřídel však pracuje na 1000 ot/min. Vítanou pomůckou by při štěpkování strojem R8 určitě byla možnost změny směru otáčení, která by výrazně pomohla uvolnit zaseknutý materiál.

11. Diskuse

V této práci měl být popsán způsob, kterým by se dal realizovat projekt na založení energetické plantáže. S tím byla spojená i nákladová stránka projektu. Vybraný pozemek má rozlohu 0,36 ha. Bylo zjištěno, že způsoby, kterými se dá plantáž realizovat závisí na rozloze pozemku a také na míře použité mechanizace. Při nedostatku vědomostí, zkušeností nebo techniky se dá využít služeb firem, které se zabývají prodejem sadebního materiálu, výsadbou a následnou péčí. Tyto služby jsou poskytovány z pravidla samostatně, tudíž je vždy na každém, do jaké míry, a zdali vůbec, jejich služby využije. Při porovnání nákladů na plantáž pomocí vlastních sil, a pomocí podnikatelských subjektů, je zřejmé, že ceny od soukromých subjektů jsou výrazně vyšší. Zajímavé také je poměrně široký rozptyl cen, které jednotlivé subjekty nabízí.

V jejich nabídce většinou chybí příprava pozemku pro sadbu, která je zahrnuta ve výpočtech pro vlastní realizaci. Pochopitelně je pro zcela nezávislé vlastní zpracování důležité již disponovat alespoň základní mechanizací, která je pro přípravu a údržbu pozemku potřebná. Pokud existuje zájem o založení plantáže, tak je potřeba si před sadbou položit dvě základní otázky. V jaké míře je ochota starat se o takovou plantáž? Jaká je k dispozici mechanizace a znalosti? V momentě, kdy jsou tyto dvě otázky zodpovězeny, je potřeba si udělat hrubou finanční analýzu. Nesmí se také zapomínat na fakt, že ne všude lze pěstovat RRD. Ať už z legislativních důvodů či nevhodnosti dané lokality. Při porovnání s ostatními autory nebo firmy, které se zabývají touto problematikou je vždy potřeba klást důraz na to, že konečná cena nebo roční přírůstky se odvíjí od konkrétní půdy a také od počasí, které v době výsadby a následného růstu bude.

Vlastní štěpkování poskytlo několik zajímavých poznatků. Jedním z nich byla papírová výkonnost štěpkovače PZ 140, která byla udávána na 6-8 m³/hod. Ve skutečnosti byla výkonnost na hodnotě 1 m³/hod. Je možné, že za nižší výkonnost mohl například i technický stav stroje, ale takto významný rozdíl je určitě zajímavým výsledkem měření. U druhého štěpkovače již papírová výkonnost odpovídala realitě. Toto zjištění nahrává i dalšímu z rozdílů, kterým je počet lidí potřebný pro obsluhu. Zatímco R8 potřebovala v ideálním případě alespoň 3 lidi pro obsluhu, aby stíhali tempo, kterým stroj pracoval, tak u PZ 140 stačilo jednoho, maximálně dvou lidí pro obsluhu, jelikož odběr stroje nebyl takový.

V otázce konstrukce stroje, jako samostatné jednotky či neseného zařízení je již komplikovanější odpověď. Záleží na tom, jak se bude štěpkovač využívat. Jak daleko se se strojem bude cestovat? Je k dispozici mechanizace v podobě traktoru? Při pohledu na ceny štěpkovačů jsou ty nesené výrazně levnější. Na druhou stranu, pokud traktor k dispozici není nebo se plánují jezdit velké dálky, které by byly na jízdu traktorem drahé, bylo by vhodné uvažovat o samostatné jednotce, která se dá připojit za osobní automobil.

12. Závěr

Na základě získané rešerše je plánovaný postup výsadby na zvoleném pozemku započat podzimní orbou po letní sklizni. Sadba se bude provádět ručně a svépomocí. Sázet se budou řízky o délce 20–25 cm. Předpokládaná potřeba sazenic 11 000 ks/ha. Po výsadbě je potřeba přibližně první tři roky provádět odplevelování dvakrát až čtyřikrát ročně, než stromy přesáhnou cca 1,5 m výšky. Pozemek se bude osazovat jednořádkově. Použito bude mechanické omezování plevelů jak ručně, tak pomocí rotavátoru. Doba obmytí se předpokládá na tříletý cyklus. Životnost plantáže se pohybuje v rozmezí 20–25 let. Lze tedy absolvovat 5–6 sklizní.

Náklady na vlastní realizaci a péči o pozemek se pohybují přibližně kolem 37 000 Kč/ha. Tato cena zahrnuje nákup řízků, chemie na ošetření plevelů a náklady na jednotlivé operace. Přepočítá-li se cena z jednoho hektaru na velikost vybraného pozemku, přibližná cena činí 13 231 Kč. Při pohledu na ceny podnikatelských subjektů vidíme, že plantáž na klíč se pohybuje v rozmezí 50 000 – 120 000 Kč/ha za 3leté období jednoho obmytí. Záleží ve velké míře na tom, jaké služby společnost poskytuje a také v jaké intenzitě. Při malých plochách pozemků (do 2 hektarů) je výhodné uvažovat o co největší míře samostatné realizace, aby takováto plantáž byla výhodná.

Sklizeň a zpracování plantáže bude probíhat dvoufázově a v období vegetačního klidu, tedy v zimních měsících. Porost se pokácí pomocí motorové pily. Na podzim následuje zpracování pomocí štěpkovacích strojů. Výsledný produkt bude sloužit jako topný materiál pro osobní spotřebu. Samotnému zpracování dřevin se věnuje druhá polovina praktické části této práce. Štěpkování bylo realizováno pomocí štěpkovače R8 a štěpkovače PZ 140. Rozdíl těchto dvou štěpkovačů spočívá v tom, že zatímco R8 je stroj nesený za traktorem, PZ 140 je samostatná jednotka, s vlastním spalovacím motorem, která je konstruována jako přípojné vozidlo.

Průběh štěpkování přinesl hned několik podstatných rozdílů. Prvním z nich byla velikost tvořené dřevní hmoty. Zatímco R8 vytvářel špalíky v rozmezí 4–8 cm, PZ 1400 vyráběl jemnou drť o velikosti 6–12 mm. Dalším rozdílem byla rychlost štěpkování. Pro štěpkování byla zvolena referenčním bodem doba štěpkování, která byla nastavena na půl hodiny. Byť byl výkon obou motorů srovnatelný (cca 21 kW), R8 naštěpkovala za tuto dobu 3 m³ materiálu, za to PZ 140 za stejnou dobu pouhý 1 m³. Spotřeby nafty za stejnou pracovní dobu (30 min.) byla u PZ 140 zhruba 2x nižší. Jedná se o motory stejného italského výrobce Lombardinni o přibližně stejném výkonu 21 kW.

Typ diskového mechanismu je výhodný například na odpad z údržby parků, kde se často likviduje drobný materiál, jako listy, jehličí či malé větve. Stejně tak je výsledná jemná drť vhodná na rozmetání na volném prostranství nebo k odvozu na skládku. Na zpracování stromů z plantáží RRD však tento systém není příliš vhodný. Šnekový způsob vychází z měření jako rychlejší a přijatelnější řešení.

13. Citovaná literatura

- (1) M. BAR-ON, Yinon, Rob PHILLIPS a Ron MILO. *The biomass distribution on Earth*. New Brunswick, New Jersey, 2018. 115 (25) 6506-6511.
Dostupné také z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>. The State University of New Jersey.
- (2) Biomasa. In: *Eagri.cz: ministerstvo zemědělství* [online]. [cit. 2022-11-11].
Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/#:~:text=Biomasu%20je%20mo%20C5%BE%20vyu%20C3%A9%20pro,b%20bioplyn%20nebo%20kapaln%20biopaliva>
- (3) Využití dřevní štěpky. In: *Woodcapital* [online]. [cit. 2022-11-20].
Dostupné z: <https://www.woodcapital.cz/vyuziti-drevni-stepky.html>
- (4) Stepping up Europe's 2030 climate ambition: The 2030 Climate target plan. In: *Eur-Lex: access to european union law* [online]. Brussel [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0562>
- (5) TOMAN, Zdeněk. Mechanismus a podmínky dokonalého spalování biomasy. In: *Biom: České sdružení pro biomasu* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>. ISSN: 1801-2655.
- (6) JEVIČ, Petr. *Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů: metodická příručka*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. ISBN 978-80-86884-42-4.
- (7) KOTLÁNOVÁ, RNDr. Alice. Kvalita a certifikace dřevních pelet a štěpky. In: *Česká peleta* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/clanky-klastru/kvalita-a-certifikace-drevnich-pelet-a-stepky/>
- (8) NOVÁK, Ing. Jan. Vliv vlhkosti dřeva na výhřevnost a měrnou hmotnost. In: *Tzbinfo: odborný portál pro stavebnictví a technická zařízení budov* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/12-vyhrevnosti-a-merne-jednotky-palivoveho-dreva>

- (9) ČESKO. Vyhláška o stanovení druhů a parametrů podporovaných obnovitelných zdrojů a kritérií udržitelnosti a úspory emisí skleníkových plynů pro biokapaliny a paliva z biomasy. In: *Sbírka zákonů*. Praha: ministerstvo průmyslu, 2022, částka 54, číslo 110. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2022-110/zneni-20220515#p9_p9-1
- (10) STUDENÍK, Ing. a Mgr. SVITAVSKÝ. *Energie větru, vody, biomasy*. 1. publi.cz, 2014. ISBN 978-80-88058-06-9.
- (11) CELJAK, Ivo. Biomasa je nezbytná součást lidského života. In: *Biom: České sdružení pro biomasu* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>. ISSN: 1801-2655.
- (12) RUTZ, Dominik, Rainer JANSSEN, ed. *Bioenergy for sustainable development in Africa*. Dordrecht : Springer, 2012. ISBN 9789400721814.
- (13) Avoiding bulk green waste storage fire and preventing bushfire. In: *Bushfire* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.wabalreport.com.au/2016/04/03/avoiding-bulk-green-waste-storage-fires-preventing-bushfires/#:~:text=External%20bulk%20green%20waste%20storage,aerated%20piles%20with%20fine%20fuels>
- (14) STUPAVSKÝ, Vladimír a Tomáš HOLÝ. Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. In: *Biom: České sdružení pro biomasu* [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>. ISSN: 1801-2655.
- (15) ČSN EN ISO 17225-4. *Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 4: Tříděná dřevní štěpka*. 2021. Katalogový kód: 513408.
- (16) ČSN EN ISO 17225-1. *Tuhá biopaliva - Specifikace a třídy paliv - Část 1: Obecné požadavky*. 2022. Katalogový kód: 514533.
- (17) Funkce lesa. In: *Mezistromy* [online]. [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/ekosystem-lesa/funkce-lesa/odborny>
- (18) MÍCHAL, Igor. *Ekologická stabilita*. 2. rozš. vyd. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1994. ISBN 80-85368-22-6.

- (19) *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. Lesnická práce, 2012, . ISSN 0322-9254. Dostupné také z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-3-10/lesnicke-hospodareni-historie-soucasnost-a-budoucnost-v-podminkach-stredni-evropy#:~:text=Lesnictv%C3%AD%20jako%20sv%C3%A9bytn%C3%BD%20obor%20vznikalo%2Cstolet%C3%AD>
- (20) ULBRICHOVÁ, PH.D., Ing. Iva. *Nauka o lesním prostředí* [online]. In: . 2010 [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: http://r.fld.czu.cz/vyzkum/nauka_o_lp/sukcese/sukcese.html#footer
- (21) Lesní vegetační stupně podrobněji. In: *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů: Brandýs nad Labem* [online]. [cit. 2022-11-10]. Dostupné z: <https://www.uhul.cz/nase-cinnost/lesnicka-typologie/lesni-vegetacni-stupne-podrobneji/>
- (22) WEGER, Jan a Kamila HAVLÍČKOVÁ. Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýti. In: *Biom* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>. ISSN: 1801-2655.
- (23) Rychle rostoucí dřeviny. In: *Lesy ČR* [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://lesycr.cz/casopis-clanek/rychle-rostouci-dreviny/>
- (24) Pěstování rychle rostoucích dřevin v České republice. In: *Eagri: internetový portál ministerstva zemědělství* [online]. Praha [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/419228/letak_rychle_rostouci_dreviny.pdf
- (25) INVAZNÍ ROSTLINY. In: *Agentura ochrany přírody a krajiny ČR* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://invaznidruhy.nature.cz/invazni-rostliny>
- (26) Pěstování rychle rostoucích dřevin. In: *Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.* [online]. Průhonice [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/pestovani>
- (27) STUPAVSKÝ, Vladimír. Výběr vhodného stanoviště pro založení plantáže rychle rostoucích dřevin. *Biom* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyber-vhodneho-stanoviste-pro-zalozeni-plantaze-rychle-rostoucich-drevin>. ISSN: 1801-2655.

- (28) Ministr zemědělství Zdeněk Nekula schválil sazby hlavních zemědělských dotací, přímých plateb, pro rok 2022. In: *Eagri* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/mze/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/x2022_ministr-zemedelstvi-zdenek-nekula-1.html
- (29) *Metodická příručka k podmínkám poskytování přímých plateb v České republice v roce 2022*. Praha: ministerstvo zemědělství, 2022.
- (30) TRNKA, Miroslav. Zkušenosti s pěstováním rychle rostoucích dřevin v mikroregionu Bystřice n. P. *Biom* [online]. [cit. 2023-01-10]. ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zkusenosti-s-pestovanim-rychle-rostoucich-drevin-v-mikroregionu-bystrice-n-p>
- (31) CELJAK, Ivo. Pěstování topolů pro energetické účely-1. *Biom* [online]. [cit. 2023-01-10]. ISSN 1801-2655. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-1>
- (32) Doporučený postup založení plantáže. In: *Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v.i.* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/doporuceny-postup-zalozeni-plantaze>
- (33) Řízky japonského topolu. In: *Vypěstuj si les* [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.vypestujsiiles.cz/cenik>
- (34) *Cultivation of the Targeted Forest Plantations* [online]. 2020, [cit. 2022-11-14]. ISSN 2309-1185. Dostupné z: <http://www.jett.dormaj.com/docs/Volume8/Issue%204/Cultivation%20of%20the%20argeted%20forest%20plantations.pdf>. Strany: 1385-1393.
- (35) RZS-2: Rýhový zalesňovací stroj. In: *Forestmeri* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/rzs-1-779-3751>
- (36) SVÁČEK, Ing. Miroslav. Sklizeň rychle rostoucích dřevin. In: *Rychle rostoucí dřeviny-topoly* [online]. Nový Jičín [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <http://rrd-topoly.cz/pestovani/sklizen-rrd/>
- (37) *Automatizace sklizně rychle rostoucích dřevin: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi* [online]. Lesnická práce, 2013, [cit. 2022-11-14]. ISSN 0322-9254. Dostupné z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-92-2013/lesnicka-prace-c-5-13/automatizace-sklizne-rychle-rostoucich-drevin>

- (38) BIŇOVSKÝ, Tomáš. SKLIZEŇ RYCHLE ROSTOUCÍCH DŘEVIN SE STROJI NEW HOLLAND. *Agrima* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://www.agrima.cz/blog/sklizen-rychle-rostoucich-drevin-se-stroji-new-holland/>
- (39) ANDERSSON, G., R. BJÖRHEDEN, R. HALL et al. *Bioenergy from Sustainable Forestry: Guiding Principles and Practice* [online]. Nizozemsko: Kluwer academic publisher, 2002, 75 s. [cit. 2022-11-14]. ISBN 978-1-4020-0676-0. Chapter 3.
- (40) Adaptér pro sklizeň RRD New Holland 130 FB. In: *Newholland agriculture* [online]. [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://agriculture.newholland.com/apac/en-in/equipment/products/hay-forage/fr/detail/coppice-headers>
- (41) DIMITRIOU, Ioannis a Dominik RUTZ, Dominik RUTZ, ed. *Udržitelné rychle rostoucí dřeviny: příručka*. Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s., Česká republika, 2015. ISBN 978-3-936338-38-6. Dostupné také z: https://www.srcplus.eu/images/Handbook/D2.5_SRC_Handbook_CZ.pdf
- (42) KOUDELKA, Bc. Štěpán. *Posouzení vlastní výroby dřevní štěpky a porovnání s maloobchodním prodejem* [online]. Praha, 2021, 35 s. [cit. 2022-11-14]. Bakalářská. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Novák, Ph.D.
- (43) HRUŠKA, Jiří. Samojízdné sklízecí řezačky. In: *Mechanizace zemědělství* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://mechanizaceweb.cz/samojizdne-sklizeci-rezacky/>
- (44) BHANDARI, Purva. 3 Types of Wood Chippers Explained. In: *Doityourself* [online]. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://www.doityourself.com/stry/3-types-of-wood-chippers-explained>
- (45) Diskový štěpkovač R13. In: *Tractor* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://traktor.com.pl/cs/zem%C4%9Bd%C4%9Blsk%C3%A9-stroje/2957-diskovy-stepkovac-r13.html>
- (46) BUBNOVÝ ŠTĚPKOVAČ JENSEN TJ. In: *Profistroje* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: https://www.profistroje.cz/bubnovy-stepkovac-jensen-tj_721.html?bookmark=dealers
- (47) Belarus 320.4. In: *Tk-agro* [online]. [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.tk-agro.cz/belarus-320>
- (48) Kovo Šimka R8. In: *Kovo Šimka* [online]. [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.stepkovac-drtic.cz/produkt/r8>

- (49) Pezzolato PZ 140. In: *Malcomcz: komunální a lesní technika* [online]. [cit. 2023-01-20]. Dostupné z: <https://www.malcomcz.eu/pz-140>
- (50) Pěstování energetických plodin, RRD. In: *Biomasa-info: podpora lokálního vytápění biomasou* [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <http://www.biomasa-info.cz/cs/mikarrd.htm#:~:text=Orienta%C4%8Dn%C3%AD%20celkov%C3%BD%20n%C3%A1klad%20na%20zalo%C5%BEen%C3%AD,paliva%20vyroben%C3%A9ho%20z%20vyp%C4%9Bstovan%C3%A9%20hmoty>.
- (51) Založení plantáže. In: *Woodcapital* [online]. [cit. 2022-11-26]. Dostupné z: <https://www.woodcapital.cz/zalozeni-plantaze.html>
- (52) *Lesnická práce: časopis vydávaný Čs.maticí lesnickou a věnovaný lesnické vědě a praxi*. Lesnická práce, 2003, . ISSN 0322-9254. Dostupné také z: <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-06-03/ekonomika-plantaze-rychle-rostoucich-drevin>
- (53) Poloha zvoleného pozemku. In: *Ikatastr* [online]. [cit. 2023-01-26]. Dostupné z: <https://www.ikatastr.cz/#kde=49.30212,14.44153,18&info=49.30287,14.44147>
- (54) *Vlastní zpracování* [online]. In: . [cit. 2023-01-25].
- (55) Výsadba na klíč. In: *Vypěstuj si les* [online]. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.vypestujsiiles.cz/vysadba-na-klic/>
- (56) Rychle rostoucí topoly-ceník. In: *Rychle rostoucí topoly* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <http://www.rychlerostoucitopoly.cz/cenik>

- (57) Japonsky topol-ceník. In: *Japonský topol: obnovitelný zdroj* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.japonskytopol.cz/>
- (58) IORDACHE, Eugen, Bogdan POPA a Rudolf DERZONI. *The Investment Opportunities in Wood energy Plantations in Romania*. Rumunsko, 2014. ISSN: 1392-1355. Dostupné také z: https://www.researchgate.net/publication/279102557_The_Investment_Opportunities_in_Wood_energy_Plantations_in_Romania. University of Brasov.
- (59) WHITTLE, Linden, Peter LOCK a Beau HUG. *Economic potential for new plantation establishment in Australia: Outlook to 2050*. Canberra, Austrálie: Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences, 2019, 72 s. ISBN 978-1-74323-423-5. ISSN 1447-8358. Dostupné také z: https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/abares/documents/PlantationEstablishmentOutlook2050_v1.0.0.pdf#page=25&zoom=100,90,306
- (60) NOVÁK, Jiří, David DUŠEK, Dušan KACÁLEK a Marian SLODIČÁK. *Pěstební postupy k dosažení vyváženého plnění produkční a rekreační funkce lesa: certifikovaná metodika*. Strnady: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., 2017. Lesnický průvodce. ISBN 978-80-7417-154-3.

14. Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 PLANTÁŽ RYCHLE ROSTOUCÍ DŘEVINY (23)	12
OBRÁZEK 2 POVOLENÉ DRUHY RRD PRO EFA A STANOVENÉ DOBY OBMYTÍ (29)	15
OBRÁZEK 3 PŘIPRAVENÝ POZEMEK PRO SADBŮ (30)	16
OBRÁZEK 4 ŘÍZKY JAPONSKÉHO TOPOLU, SESTRÍHNUTÉ ŠPIČKY DÉLKA 21-23 CM (33)	18
OBRÁZEK 5 ROZLOŽENÍ DVOUŘÁDKOVÉ PLANTÁŽE (34)	18
OBRÁZEK 6 ROZLOŽENÍ JEDNOŘÁDKOVÉ PLANTÁŽE (34)	18
OBRÁZEK 7 MARKÉROVÁNÍ POZEMKU PRO VÝSADBU RYCHLE ROSTOUCÍCH DŘEVIN (30)	19
OBRÁZEK 8 RÝHOVÝ ZALESŇOVACÍ STROJ RZS-2 (35)	20
OBRÁZEK 9 ADAPTÉR PRO SKLIZEŇ RRD NEW HOLLAND 130 FB (40)	22
OBRÁZEK 10 DISKOVÝ ŠTĚPKOVAČ R13 (45)	28
OBRÁZEK 11 BUBNOVÝ ŠTĚPKOVAČ JENSEN TJ (46)	29
OBRÁZEK 12 ŠTĚPKOVAČ KOVO ŠIMKA R8 (54)	30
OBRÁZEK 13 ŠTĚPKOVAČ R8 KOVOŠIMKA (48)	32
OBRÁZEK 14 ŠTĚPKOVAČ PEZZOLATO PZ 140 (49)	33
OBRÁZEK 15 POZEMEK PRO REALIZACI PLANTÁŽE (53)	36
OBRÁZEK 16 INFORMACE O POZEMKU (53)	36
OBRÁZEK 17 PŘIPRAVENÁ HROMADA PRO ŠTĚPKOVÁNÍ (54)	37
OBRÁZEK 18 PŘIPRAVENÁ SOUPRAVA VOZU A ŠTĚPKOVAČE (54)	42
OBRÁZEK 19 FRAKCE ŠTĚPKY ZE STROJE R8 (54)	43
OBRÁZEK 20 FRAKCE ŠTĚPKY ZE STROJE PZ 140 (54)	44

15. Seznam tabulek

TABULKA 1 VLIV VLHKOSTI NA VÝHŘEVNOST A POROVNÁNÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI (8)	5
TABULKA 2 VYBRANÉ PARAMETRY TŘÍDĚNÉ DŘEVNÍ ŠTĚPKY (7)	8
TABULKA 3 LESNÍ VEGETAČNÍ STUPNĚ (21)	11
TABULKA 4 ROZDÍLY V PĚSTOVÁNÍ DŘEVIN (26)	14
TABULKA 5 SKLÍZECÍ METODY A JEJICH CHARAKTERISTIKY (41)	23
TABULKA 6 TECHNICKÉ PARAMETRY TRAKTORU (47)	31
TABULKA 7 TECHNICKÉ PARAMETRY ŠTĚPKOVAČE R8 (48).	32
TABULKA 8 TECHNICKÉ PARAMETRY ŠTĚPKOVAČE PEZZOLATO PZ 140 (61)	34
TABULKA 9 NÁKLADY NA PLANTÁŽ VE TŘÍLETÉM CYKLU NA HEKTAR (54)	38
TABULKA 10 NÁKLADY NA PLANTÁŽ VE TŘÍLETÉM CYKLU (54)	39
TABULKA 11 CENOVÁ NABÍDKA SUBJEKTU NA REALIZACI PLANTÁŽE (55)	40
TABULKA 12 CENOVÁ NABÍDKA SUBJEKTU NA REALIZACI PLANTÁŽE (56)	40
TABULKA 13 NAMĚŘENÉ HODNOTY ZE ŠTĚPKOVAČE R8 (54)	43
TABULKA 14 NAMĚŘENÉ HODNOTY ZE ŠTĚPKOVAČE PZ 140 (47)	45