

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské techniky a služeb

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby



## **Analýza produkce rychle rostoucích dřevin na pokusných plochách a plantážích v okolí Českých Budějovic**

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor

Plevka Vojtěch

2008

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Analýza produkce rychle rostoucích dřevin na pokusných plochách a plantážích v okolí Českých Budějovic zpracovával samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu použité literatury.

V Českých Budějovicích dne 15. 4. 2008

.....  
podpis autora

Děkuji vedoucímu práce Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za všestrannou pomoc a metodické vedení při zpracování bakalářské práce. Současně děkuji vedení podniku a vedoucímu dílny společnosti Zemcheba Chelčice s.r.o. za vypůjčení a možnost měření sklízecího přístroje SKPU 220.

## OBSAH

<b>0</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Úvodní přehled</b> .....	<b>9</b>
1.2	Historie pěstování rychle rostoucích dřevin .....	13
1.3	Fotosyntéza a produkční schopnost rostlin .....	15
1.4	Základní terminologie .....	16
1.5	Základní fyzikální a mechanické vlastnosti pevných biopaliv .....	22
1.5.1	Charakteristika pevných biopaliv .....	23
1.5.2	Zvláštnosti vlastností pevných biopaliv .....	25
1.5.3	Normalizace a standardizace pevných biopaliv .....	28
1.5.4	Spalování pevných biopaliv .....	29
1.5.4.1	Technická hlediska používání pevných biopaliv .....	29
1.5.4.2	Kotle a topeniště na pevná biopaliva .....	30
1.5.4.3	Emisní limity .....	34
1.5.5	Skladovací prostory na biopaliva .....	35
1.5.6	Zdravotní aspekty práce se štěpkou .....	36
<b>2</b>	<b>Topoly (<i>Populus</i>) obecně</b> .....	<b>38</b>
2.1	Nemoci a škůdci topolů .....	41
2.2	Klimatické podmínky .....	43
2.3	Půdní podmínky .....	44
2.4	Územní systém ekologické stability krajiny – ÚSEK .....	45
2.5	Výběr vhodných rychle rostoucích topolů .....	46
2.5.1	Příprava a uskladnění sadebního materiálu .....	47
2.6	Způsob přípravy půdy .....	48
2.7	Technologie a termín výsadby .....	49
2.7.1	Schéma a tvar výsadby .....	50
2.7.2	Opláštění plantáže – izolační a rozčleňovací pásy .....	51
2.8	Údržba v dalších letech po výsadbě .....	52
2.9	Způsoby sklizně a rušení plantáže rychle rostoucích dřevin .....	53
2.9.1	Klasické technologie sklizně výmladkových plantáží .....	54
2.9.2	Sušení a uskladnění štěpky .....	55
2.9.3	Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití .....	56
<b>3</b>	<b>Funkce porostů rychle rostoucích dřevin v krajině</b> .....	<b>57</b>
<b>4</b>	<b>Dotáčnické programy na porosty rychle rostoucích dřevin</b> .....	<b>59</b>

<b>5</b>	<b>Experimentální část .....</b>	<b>60</b>
5.1	Praktické měření těžby a zpracování technologií pilař – štěpkovač .....	60
5.1.1	Postup pracovní činnosti .....	60
5.1.2	Zjištěné poznatky .....	61
5.1.3	Popis technického vybavení .....	62
5.1.4	Přímé náklady na sklizeň jednoho hektaru porostu RRD .....	63
5.2	Praktické měření těžby technologií harvestor .....	65
5.2.1	Postup pracovní činnosti .....	65
5.2.2	Zjištěné poznatky .....	66
5.2.3	Technické údaje .....	67
5.3	Měření prototypu – sklízecí řezačky SPKU 220 .....	67
5.3.1	Technické úpravy .....	67
5.3.2	Technické údaje .....	68
5.3.3	Postup měření .....	68
5.3.4	Zjištěné poznatky .....	69
5.3.5	Přímé náklady na pořízení, přestavbu a štěpkování sklízeče SKPU 220 .....	71
<b>6</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>Diskuse a doporučení pro praxi .....</b>	<b>74</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>79</b>
	Příloha A .....	79
	Příloha B .....	81

## 0 Úvod

Stoupající potřeba energie, stav životního prostředí a omezené zásoby fosilních paliv vedou člověka k myšlence, jakým způsobem, by se dala získávat energie z jiných než neobnovitelných zdrojů. Jednou z možných variant je cílené pěstování biomasy jako obnovitelného zdroje energie, která s sebou přináší i řadu dalších výhod.

Problematikou získávání a následného zpracování obnovitelných zdrojů energie se v současné době zabývá mnoho světových odborníků. Vyvíjí se nové, ekonomické a ekologické technologie, pro produkci a zpracování biomasy. Nabízí se možnost nahrazení části energie získané z fosilních paliv obnovitelnou energií za současného přispění k udržení rovnovážného ekosystému Země. Pěstování biomasy může být též reakce na opakované přebytky zemědělských produktů v některých členských státech Evropské Unie. Obnovitelné zdroje řeší nejen energetickou soběstačnost rodinných farem, ale poskytují palivo pro teplárenský sektor v energetice. V konečném důsledku mají vliv na zaměstnanost a ekonomiku země.

S dohlednou vyčerpatelností fosilních energetických zdrojů roste význam obnovitelných zdrojů energie a stává se jednou z hlavních podmínek trvale udržitelného rozvoje nejen zemědělství, ale i celé společnosti. Udává se, že za posledních dvacet let se celosvětový podíl rostlinné biomasy (v převážné většině dřeva) na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů zvýšil o 8 %. Tento nárůst se projevuje nejen v rozvojových zemích, ve kterých je dříví často jediným zdrojem energie zejména na venkově (čtyři pětiny dříví vytěženého v některých rozvojových zemích se spotřebovávají na pálení), ale spotřeba paliv na bázi dřeva roste i ve vyspělých zemích.

Uvádí se, že pro úpravu narušené rovnováhy CO<sub>2</sub> v přírodě by bylo zapotřebí vypěstovat a vysadit na celé Zemi rychle rostoucí dřeviny na stejně velké ploše, jakou v současné době zabírají všechny mýtiny.

V České Republice je pěstování a následné zpracování rychle rostoucích dřevin v počátku. Na několika hektarech pokusných plantáží se hledají a ověřují vhodné druhy rychle rostoucích dřevin. Pouze na desítkách hektarů jsou pěstovány topoly pro energetické využití a na malých rozlohách se pěstují rychle rostoucí topoly pro neenergetické využití.

Cílem této práce bude provést analýzu produkčního potenciálu a analýzu pěstování a sklizně rychle rostoucích topolů na plantážích. Úkolem bude zaměřit se na:

- a) Analýzu dosud zveřejněných publikací s tématickou vazbou na řešenou problematiku.
- b) Z provedené analýzy provést výběr sledovaných dat pro experimentální část.
- c) Zpracovat metodiky pro realizaci sběru dat.
- d) Realizaci sběru vybraných dat podle zpracovaných metodik a jejich průběžné vyhodnocování a posuzování se zjištěnými publikovanými daty.
- e) Zpracování vyhodnocených dat a jejich porovnání s dosud publikovanými údaji.
- f) Vypracování závěru a doporučení pro praktické využití.

# 1 Úvodní přehled

Pro využívání obnovitelných zdrojů energie v České republice je k dispozici přes 9 miliónů tun dostupné biomasy s tím, že využitelné biomasy je cca 13,5 miliónů tun. To jsou údaje, které jasně formulují vysoký energetický potenciál biomasy a dávají základ k vytvoření dostatečně velkého prostoru pro její uplatnění.

V současné době má Česká republika asi 0,5 mil. ha nevyužité půdy a dále část orné půdy, která je využívána pro potravinářskou produkci ale výhledově se počítá s tím, že bude využita k pěstování biomasy vhodné pro energetické využití. V horizontu do 30 let lze uvažovat o využití ploch pro pěstování biomasy v rozsahu až 1,5 mil. ha zemědělské půdy, což představuje asi 35 % zemědělské půdy v České republice.

Ministerstvo zemědělství není již dlouhou dobu jen státním orgánem zastřešujícím zemědělskou produkci potravin ale zaujímá daleko širší platformu v oblasti rozvoje venkova a péče o krajinu. A v tomto prostoru řízené činnosti má pak i využití osevních ploch pro pěstování biomasy a vlastní využití biomasy jiný rozměr, širší společenský význam, výrazný ekonomický potenciál a v neposlední řadě nezastupitelnou úlohu v oblasti ochrany životního prostředí a ochrany krajiny.

S přijetím ČR do Evropské unie se i Česká republika zařadila nejen do systému společné zemědělské politiky, ale i do poměrně citlivých struktur naplňování zásad ochrany ovzduší, ochrany životního prostředí a rozvoje využívání obnovitelných zdrojů energií. Ze základních dokumentů je to například Kjótský protokol k rámcové úmluvě OSN z roku 1997, který stanoví snížení emisí CO<sub>2</sub> do roku 2012 o 5,2 % a pro evropské země včetně ČR o 8 %. Je to Bílá kniha z roku 2000, která stanoví indikační cíl pro rok 2010 zajistit 12 % podílu obnovitelných zdrojů energie na celkovém trhu s energií. Velkým problémem zůstává doprava, ke které EU vydala Směrnici 2003/30/EC, ve které je pro členské země stanoven indikační cíl náhrady fosilních paliv v dopravě biopalivy a to v roce 2005 ve výši 2 % a v roce 2010 ve výši 5,75 %. Jsou to cíle sice ekonomicky a organizačně náročné pro každý stát, ale dávají nový prostor nejen pro další rozvoj zemědělství a rozvoj venkova, ale především další prostor pro uplatnění pracovních sil a oživování ekonomiky v zemědělských podnicích i zpracovatelských subjektech.

V materiálu energetické koncepce České republiky je poměrně rozsáhlá část věnována rozvoji obnovitelných zdrojů energií. K naplnění úkolů ve využití



obnovitelných zdrojů energií je počítáno i s využitím energie získané z biomasy. Celou tuto oblast řeší Národní program hospodárného nakládání s energií a využití jejich obnovitelných a druhotných zdrojů. Legislativní základ Národního programu je v zákoně č. 406/2000 Sb. O hospodaření energií. Ministerstvo průmyslu a obchodu a Ministerstvo životního prostředí provádí každý rok vyhodnocení programu a jeho aktualizaci, ke které slouží resortní programy jednotlivých ministerstev. Velkým přínosem v oblasti využití biomasy pro energetické účely je přijetí zákona č. 180/2005 Sb., O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. Tento zákon, jehož předkladatelem bylo Ministerstvo životního prostředí a který je implementací evropské směrnice č. 2001/77/ES, vstoupil v platnost 1. srpna roku 2005, přičemž dává státní záruku podnikatelské sféře při investicích do ekologické energetiky.

K této problematice iniciativně přistupuje i Ministerstvo zemědělství, které ve svém resortním programu úspor energií a využívání obnovitelných zdrojů energií vytváří poměrně široký rámec pro poskytování podpor v této oblasti.

Významným zdrojem biomasy jsou i vedlejší produkty, jenž vznikají při zpracování plodin či další zemědělské činnosti. Je to například sláma, rostlinné zbytky, zelená hmota, exkrementy zvířat, odpady ze zpracování zemědělských produktů. Ty je nutno také zpracovat a efektivněji využívat než doposud. Právě jejich využití pro energetické účely je dalším ekonomickým přínosem pro pěstitele. Nemalým zdrojem biomasy je i lesní produkce, která se však v poslední době stává poměrně nedostatkovou druhotnou surovinou. Souběžně s restrukturalizací zemědělské výroby a jejím přechodem na pěstování biomasy pro energetické využití je nutné zajistit podporu podnikatelských aktivit při rozvoji nových zpracovatelských kapacit na biomasu. Ministerstvo zemědělství se snaží tuto oblast aktivizovat v Operačním programu MZe. Jde zejména o programy:

- prohloubení diverzifikace zemědělských činností, výroba a zpracování biomasy pocházející z vlastní zemědělské činnosti a její uvádění na trh,
- diverzifikace zemědělských aktivit a aktivit blízkých zemědělství, který umožňuje podporu využití alternativních zdrojů energie – max. do 5 MW.

Jedná se o podporu investičních projektů. Podpora je řešena jako přímá nenávratná podpora a forma podpory je podílové financování. Výše podpory je do 50 % přijatelných výdajů.

Rozšiřující se plochy s pěstováním biomasy dávají velký prostor pro uplatnění nových sklizňových technologií, které již přinášejí potřebnou efektivitu v procesu

zpracování. Dostupnost moderních strojů a technologických linek využívání biomasy značně urychlí.

Rozvoj v cíleném pěstování biomasy a využívání biomasy pro energetické využití má i svůj význam pro rozvoj venkova a venkovských oblastí. Dává se zde prostor nejen zemědělcům k reálnějšímu uplatnění své produkce a zlepšení jejich ekonomické stability, ale je to i prostor pro uplatnění nových pracovních míst v regionech a využití cenově dostupných lokálních zdrojů energií. Tím je možno programy podpory užití biomasy pro energetické využití považovat za víceúčelové, sloužící ke komplexnímu řešení rozvoje venkova. Takto je problematika obnovitelných zdrojů na MZe chápána i při přípravě programových dokumentů pro další programové období EU, tj. pro roky 2007–2013. Konkrétně jde o přípravu programu rozvoje venkova, který bude klíčovým nástrojem pro využití prostředků z nového strukturálního fondu EU – Evropského zemědělského fondu rozvoje venkova (Trnka, 2005, s. 5-6).

Česká republika patří k několika málo státům, které mohou ještě stále využívat své nesmírné přírodní bohatství, tj. zásob fosilních paliv – relativně levného uhlí a nejsou tak zcela závislé na dovozu. Z tohoto důvodu se, kromě jiného, výrazně zpomaluje rozvoj využívání tzv. obnovitelných energií. Nemáme sice významné zásoby ropy nebo zemního plynu, ale přes intenzivní těžbu v posledních 40 letech, nám zůstává v zemi ještě bezmála polovina původního množství uhelných zásob, ovšem již mnohem obtížněji těžitelných. Podíl uhelných paliv na zajišťování energetických potřeb státu klesl z původních 80 % na cca 55 %. Uplatnila se jaderná energetika a podstatně vzrostl dovoz ušlechtilých paliv – ropy a zemního plynu. Spotřeba energie však stále roste. S ohledem na situaci na světovém trhu fosilních paliv nelze předpokládat další razantnější zvyšování tohoto dovozu. Stejně tak se musí počítat s postupným útlumem těžby uhlí a růstem jeho ceny. Vedle nezbytných radikálních úspor všech druhů energie je třeba přistoupit k účinným opatřením, která by zajistila zvýšení využívání obnovitelných zdrojů energie.

Problematicke obnovitelných zdrojů energie bylo v posledních 20 až 30 letech věnováno hodně úsilí. Byly vydány desítky publikací, článků, uskutečněny semináře a dokonce vydána vládní usnesení, vyhlášky a zákony. Byla úspěšně vyřešena řada výzkumných úkolů, vznikly specializované výrobní závody na technická zařízení umožňující využívat biomasu k energetickým účelům. Jedná se zejména o techniku pro výrobu tepla a v poslední době i na výrobu elektřiny. Za úspěch je možno označit

uplatnění venkovských výtopen centrálního vytápění obcí a více než 50 000 moderních kotlů na spalování dřevních polínek pro rodinné domky, realizaci několika velkých tepláren, které spalují biopaliva. Avšak více než 90 % vyrobených zařízení, zejména automatické kotle na spalování dřevních pelet, stejně jako vyrobené pelety, bylo vyvezeno. Naše spotřeba pelet, tohoto perspektivního paliva, se dá odhadovat na tisíce tun ročně, zatím co v okolních státech se jedná o statisíce tun. Tam ovšem, nahrazují peletami drahá ušlechtilá paliva – my zatím ještě levné uhlí (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 5).

## 1.2 Historie pěstování rychle rostoucích dřevin

Biomasa sloužila v českých zemích ještě poměrně nedávno v období od konce 1. světové války do konce 2. světové války k výrobě nezanedbatelného množství biopaliv (lihu, dřevěného uhlí, dřevoplynu) nebo přímo k získávání energie. Asi nejznámější domácí historický příklad jsou dřevoplynové agregáty využívané pro pohon automobilů (přikládala se polénka nebo dřevěné uhlí) ze druhé světové války a těsně po ní. Nedostatek fosilních paliv tehdy zapříčinil rychlý a ekonomicky rentabilní rozvoj dřevoplynových agregátů. Největšího rozsahu využívání biomasy jako zdroje energie bylo však s největší pravděpodobností dosaženo ještě dříve – před nástupem spalovacích motorů a strojní mechanizace do zemědělství. Podle různých autorů byla tehdy až třetina produkce obilnin (zejména ovsa) používána pro krmení hospodářských zvířat a to většinou tažných, která ji biologicky transformovala na energii kinetickou (Weger, 2003, s. 4).

Za druhé světové války se z lesů těžilo víc dřeva než v nich narostlo. Výsledek tohoto hospodaření se projevoval ve snížení přírůstavosti našich lesů. Dřevo přirůstá na dřevě živých stromů. Největší je tento přírůstek v páté věkové třídě, když intenzita přirůstání do šířky je ještě značná a též šířka kmene dává možnost tvoření nových letokruhů na velké ploše. Když byl počet nejlépe produkujících stromů kácením porostů páté věkové třídy značně snížený, muselo nutně nastat snížení přírůstku.

Jedním z řešení problému se snižujícím se přírůstkem by bylo vnášení rychle rostoucích dřevin do našich lesů. Rychle rostoucí dřeviny dají za 20–30 roků mýtní těžbu a dřevo silných průměrů kmene. Pomalu rostoucí dřeviny vytvoří za tento čas jen porosty se slabým dřevem, ze kterého může být odebrán jen malý podíl při výchovném zásahu. Je tedy zřejmé, že ani rozšířením plochy lesní půdy nelze v krátké budoucnosti docílit změnu klesající křivky přírůstavosti na stoupající tendenci pokud se nepřejde na intenzivní pěstování rychle rostoucích dřevin ke kterým se řadí všechny druhy topolů, osiky, vrby, olše a břízy. Vyjmenované dřeviny dávají probírkový materiál již desátým rokem a ve věku 20 let se u některých může začít s mýtní těžbou.

Vhodná místa pro pěstování jsou lužní půdy, které jsou jen asi z 8 % využité pro pěstování lesa. V ostatních lesích jsou široké možnosti pro pěstování osiky a břízy. Břehy řek a potoků by mohly být využity daleko intenzivněji pro pěstování olše. Často

právě tyto nejúrodnější půdy bývají nejméně využité. Možné je též pěstování topolů v alejích. Tento způsob pěstování se osvědčuje u některých druhů nejen v polohách nížinných, ale také v nadmořské výšce 400–500 metrů nad mořem (Kalandra a kol., 1953, s. 5).

### 1.3 Fotosyntéza a produkční schopnost rostlin

Fotosyntéza umožňuje rostlinám pomocí chlorofylu růst a ukládat do organických sloučenin – celulózu, cukrů, škrobů, ligninu, tuků a bílkovin 0,5 až 6,5 % dopadající sluneční energie. U kulturních plodin se pohybuje využití sluneční energie asi do 2,5 %, u některých subtropických a tropických rostlin je schopnost využití sluneční energie vyšší.

Do druhé skupiny budou patřit právě perspektivní energetické rostliny. Výnosy dnešních kulturních rostlin se u nás pohybují kolem 10 tun suché hmoty po hektaru. K těmto hodnotám se již dnes přibližují různé druhy šťovíků či rákosovitých travin. U dřevin – topolů a vrb se dosahuje v přepočtu na sušinu jen 10–15 t.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>. V USA byly už zkušebně dosaženy výnosy přes 60 tun suché biomasy z hektaru hnojivově zavlažované plochy (u košíkářské vrby a u prosa).

Celoročně se váže do organické hmoty na Zemi asi 100 miliard tun CO<sub>2</sub>, což je asi 1/7 obsahu CO<sub>2</sub> v ovzduší a dalších 100 miliard pouze rostlinami proběhne jako energetický zdroj pro zachování jejich života. Veškerý CO<sub>2</sub> vázaný v rostlinách se však opět dříve nebo později do ovzduší vrací ať již spálením nebo tlením. Rostlinná hmota zetlí buď přímo nebo po průchodu přes živočichy, jimž tak předává část živin a energie. Průměrná perioda života rostlin, tvořených převážně stromy, je asi 10 let. Celkový potenciál organické hmoty rostlin na Zemi je asi desetinásobek ročního nárůstu a opětovné likvidace hmoty. Část hmoty rostlin je energeticky nevyužitelná (kořeny, slabé větvičky, listy, jehličí) a tak lze počítat s tím, že využít lze cca 50 % ročně narostlé hmoty. I to však je 6 až 7 krát více, než lidstvo potřebuje ke krytí svých energetických potřeb. Asi 2 % narostlé organické hmoty se využívají k výživě lidí a zvířat a 1 % k průmyslovému zpracování (např. k výrobě papíru). K energetickým účelům se ve světě využívá asi 2 miliardy tun fytomasy, což kryje asi 10 % světové potřeby primární energie. Jímání sluneční energie a produkce hmoty a kyslíku rostlinami lze popsat rovnicí:  $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{sluneční energie} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$  (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 5).

## 1.4 Základní terminologie

### *Výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin*

Z hlediska biologického je to produkce dřevní biomasy založena na schopnosti některých dřevin a jejich klonů (např. topolů a vrb) růst v prvních letech po výsadbě velmi rychle (roční výškové přírůstky i 2-3 m) a současně na jejich obdivuhodné regenerační výmladkové schopnosti po seříznutí nadzemní části (výškové přírůstky v prvním roce po seříznutí dosahují až 5 m). Další důležitou vlastností většiny taxonů dřevin doporučených pro výmladkové plantáže, i když ne podmínkou, je snadné vegetativní množení potomstev, které se provádí osními řízky produkovanými v matečnicích rychle rostoucích dřevin. Na rozdíl od obecně známých lesnických lignikultur topolů, které jsou sklíženy po 15-30 letech růstu, výmladkové plantáže na zemědělské půdě jsou sklíženy ve velmi krátkém obmýtí (tzv. minirotaci) 3-7 let, kterou je možné opakovat několikrát po sobě bez nutnosti nové výsadby.

### *Matečnice rychle rostoucích dřevin*

Jedná se o reprodukční porosty určené k produkci sadebního materiálu (Weger, 2003, s. 21).

### *Biomasa*

Biomasa (fytomasa) je souhrnný název pro organickou hmotu v původní přírodní formě vznikající na základě fotosyntézy jímáním a transformací sluneční energie v rostlinách, jako jsou stromy, byliny, trávy, ale i vodní řasy a chaluhy. Z hlediska zpracování a energetického využití se rozlišuje dřevní a stébelnatá biomasa, původní a mechanicky nebo chemicky zpracované formy. Podle skupenství se rozlišují pevné, kapalné a plynné formy zpracované biomasy. Do pojmu biomasa patří sice i suroviny živočišného původu, ale nevztahují se do paliv, s výjimkou kafilerního tuku, který je možno zpracovat na bionaftu.

### *Dřevní biomasa*

Dřevní hmota z lesní i jiné těžby (sady, parky, aleje), kmeny i nekvalitní (palivové dřevo), větve, vršky, pařezy a kmínky z probírek. Vedlejší výrobky a odpady z pil a dřevo-zpracovatelských podniků jako jsou piliny, krajinky, kůra, hobliny,

odřezky z nekontaminovaného dřeva včetně nekontaminovaných dřevotřískových desek, překližek a obalů.

### *Bioenergie*

Veškeré formy energie v teple, chladu, elektřině, vyrobené konverzí biomasy.

### *Briketa*

Biomasa ze dřevin nebo stébelnin, případně povolených přísad biologického původu (např. škrob, melasa) stlačená vysokým tlakem do tvaru plného hranolu nebo válce, nebo někdy se středovou odlehčovací dírou o vnějším průměru větším než 40 mm, ale menším než 100 mm, s hustotou 600 až 1 000 kg.m<sup>-3</sup>.

### *Dřevní plyn*

Produkt nedokonalého spalování dřeva při omezeném přísunu vzduchu (kyslíku) tvořený převážně dusíkem (N) asi 40 %, oxidem uhelnatým (CO) asi 20 %, s malým podílem metanu (CH<sub>4</sub>), vodíku (H<sub>2</sub>), oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), aromatických uhlovodíků, dehtových par a vodní páry s relativně nízkou výhřevností 4-6 MJ.m<sup>-3</sup>. Odlišný je pyrolitický dřevní plyn, který se vyrábí suchou destilací bez přístupu vzduchu vnějším ohřevem dřevem naplněné retorty nebo parou. Má výhřevnost 11 až 16 MJ.m<sup>-3</sup>, ale ve zvláštních případech se docílí výhřevnosti přes 18 MJ.m<sup>-3</sup>. Je to když pyrolýza probíhá za vysokých teplot přes 1 000 °C a dochází i k rozkladu v surovině obsažené vody.

### *Dřevní palivo*

Polena, polínka, dřevní štěpka, piliny, hobliny, odřezky, dřevní šrot (demolice, obaly), papír, zbytky po chemickém zpracování dřeva (výluhy z celulózek) s výhřevností od 8 do 18 MJ.kg<sup>-1</sup>, objemovou hmotností od 50 kg.m<sup>-3</sup> (suché hobliny z měkkého dřeva) až do 1 400 kg.m<sup>-3</sup> (brikety a peletky).

### *Dřevní palivo recyklované*

Upravené dřevo z demolic, stavebních přípravků, lešení, obalů (beden a bedniček), nábytku, desek, kontaminované i nekontaminované. Užívá se zpravidla v drceném stavu po vytřídění kovů a plastů. Kontaminované je možno spalovat jen ve spalovnách.



### *Dřevní prach*

Jemný, spalitelný obrus při truhlářské výrobě a výrobě dřevotřískových nebo dřevo-pilinových desek. Velikost částic 0,1 až 1 mm, obsah vody 6 až 10 %. Pro nebezpečí výbuchu je povoleno samostatné spalování jen ve speciálních hořácích a kotlích. V pevných palivech nemá překračovat podíl prachových částic 5 %.

### *Dřevní polena*

Na 1 m (výjimečně do 2 m) nakrácené a při větších průměrech podélně rozštípané kmeny jehličnanů a listnáčů. V rovnaných tvarech objemová hmotnost 330 až 630 kg.m<sup>-3</sup>. Pro spalování nemá být největší tloušťka upraveného polena větší než 10 až 15 cm. Před spalováním ve speciálních topeništích se doporučuje dosoušení v průvanu pod přístřeškem po dobu jeden až dva roky, aby se obsah vody ze cca 50 % snížil na méně než 30 % a výhřevnost zvýšila z cca 8 na cca 12 MJ.kg<sup>-1</sup>. Hmotnost jednoho kusu polena je od 5 do 20 kg.

### *Dřevní polínka*

Palivové dřevo pořezané na délku 20 až 50 cm s průměrem od 3 do 10 cm. Výhřevnost polínek po nejméně jednoletém vysoušení v průvanu pod střechou mezi 12 až 14 MJ.kg<sup>-1</sup>. Objemová hmotnost u měkkého, rovnaného kusového dřeva je kolem 280 kg.m<sup>-3</sup>, u tvrdého cca 450 kg.m<sup>-3</sup>. Hustota dřeva je 500 až 750 kg.m<sup>-3</sup>. Zvláštní formou jsou dřevní třísky o tloušťce 5 až 10 mm sloužící pro zapalování dřeva.

### *Dřevní peletky (pelety)*

Mechanicky velkým tlakem zpracovaná suchá, čistá dřevní drť, piliny se 6 až 12 % vody, s malým podílem dřevního prachu do tvaru válečků o průměru 6 až 20 mm s hustotou 900 až 1 400 kg.m<sup>-3</sup>. Sypná objemová hmotnost je kolem 600 kg.m<sup>-3</sup>. Obsah popele v sušině 0,5 až 1,1 %. Povolенý maximální obsah znečišťujících látek, kůry a ekologického pojiva určen normou do 2 %. Pro dobré sypné a skladové vlastnosti a vysokou koncentraci energie jsou určeny pro automatické kotle pro rodinné a menší obytné domy a lokální automatická kamna pro byty, mohou i doplňovat uhlí v kotelnách. Poměr průměru a délky by neměl být větší než 1 : 3.

### *Dřevní brikety*

Mechanicky velkým tlakem zpracovaná dřevní drť, piliny a jemné hobliny do tvaru válečků, hranolů nebo šestistěnů, o průměru 40 až 100 mm, délky do 300 mm, s hustotou 600 až 1 200 kg.m<sup>-3</sup>. Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg<sup>-1</sup>. Obsah popele v sušině 0,5 až 1,5 %. Povolený obsah znečišťujících látek a ekologického pojiva stanoven normou. Použití: do malých topenišť, lokálních kamen, kotlů a krbů s ručním přikládáním.

### *Dřevní piliny*

Drobné dřevní zbytky pilařské a truhlářské výroby. Rozměr částic od 1 do 3 mm, často s příměsí kůry a větších kousků dřeva, které se někdy vytřídí. Piliny ze suchého dřeva z truhlářské výroby mají obsah vody do 15 %, výhřevnost je 15 až 16 MJ.kg<sup>-1</sup>, piliny z pil mají obsah vody kolem 45 % a výhřevnost kolem 9 MJ.kg<sup>-1</sup>. Objemová hmotnost sypaných, suchých pilin je kolem 120 kg.m<sup>-3</sup>, u surových pilin kolem 150 kg.m<sup>-3</sup> a více. Použitelné pro spalování ve speciálních topeništích nebo jako surovina pro brikety a pelety.

### *Dřevní štěpka*

Strojně nakrácená a našťípaná dřevní hmota na částice o délce od 3 do 50 mm. Podle druhu použitého stroje se rozlišují tři velikostní skupiny a podle obsahu vody také tři skupiny. Nejcenější je dřevní štěpka ze suchého dřeva bez kůry k výrobě papíru, celulózy a desek. Méně ceněnou je vlhká dřevní štěpka ze surových zbytků lesní těžby. Obdobná je štěpka z dřevin z plantáží. Běžná štěpka vzniká zpracováním zbytků kmenů na pilách. Kvalita štěpky se zvyšuje sušením, nejlépe provětráváním na roštech.

### *Dřevní štěpka z odpadů lesní těžby*

Strojně zpracované těžební zbytky a kmínky z probírek na délku 50 mm, mimořádně až 250 mm. Obsah vody bezprostředně po těžbě je více jak 55 %, u jehličí a listí až 80 %. Objemová hmotnost do 300 kg.m<sup>-3</sup>. Obsah vody po sušení odpadů přes léto na slunném a větru vystaveném místě klesá na cca 30 % a objemová hmotnost štěpky na 250 kg.m<sup>-3</sup>. Výhřevnost 8 až 12 MJ.kg<sup>-1</sup>. Doporučuje se jemný podíl vznikající při zpracování (např. listí, jehličí a slabé větvičky) vytřídít a rozhodit po lese.

### *Dřevní popel*

Anorganický podíl dřevních paliv po jejich spálení (minimálně při 550 °C) s určitou příměsí nedopalu. S výjimkou dusíku obsahuje všechny anorganické látky využitelné k výživě rostlin. Složení: cca 50 % křemíku (SiO<sub>2</sub>), 30 až 35 % vápníku (CaO), 6 až 10 % drasla (K<sub>2</sub>O), 2,5 až 3,5 % fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), stopy dusíku pouze v nedopalku, kterého bývá do 5 %, vody při delším skladování do 5 %. Teplota slepování částecek popele v topeništi je 1 100 až 1 200 °C, měknutí kolem 1 250 °C, tavení 1 300 až 1 500 °C. Lepení a tečení podmiňuje zejména obsah křemíku, většinou cizího původu. Rozlišujeme rozhodující podíl bezproblémového popele podroštového a malý podíl lehkého popele úletového, který se zachycuje u větších topenišť v odlučovacích cyklonech a textilních filtrech. Ten může obsahovat stopy těžkých kovů a vyžadovat speciálního zacházení.

### *Spalné teplo paliva*

Je celkové množství tepla (kJ) ve vzorku (1 g) absolutně suchého paliva po úplném spálení vzorku v kyslíkovém kalorimetru a ochlazení spalin na výchozí teplotu. Běžně se používají následující jednotky:  $\text{kJ.g}^{-1} = \text{MJ.kg}^{-1} = \text{GJ.t}^{-1}$

Rozlišujeme spalné teplo původního vzorku bezvodého (v hmotnosti je zahrnut i popel) a spalné teplo hořlaviny (vztaženo pouze na hmotnost hořlaviny bez popela).

### *Výhřevnost paliva*

Celkové množství tepla (v kJ) na jednotku daného vzorku paliva (1 g) s daným obsahem vody po úplném spálení při atmosférickém tlaku 0,1 MPa, jestliže ze vzorku při spálení odpařená voda a voda ze spáleného vodíku ze vzorku zůstanou ve formě vodní páry a odchází se spalinami. Běžně se udává v  $\text{MJ.kg}^{-1}$ , nebo v  $\text{GJ.t}^{-1}$  nebo v  $\text{kWh.kg}^{-1}$ .

### *Obsah vody – vlhkost*

Termín používaný v bioenergetice. Podíl vody v procentech na celkové hmotnosti vzorku paliva. Hranice obsahu vody pro využitelnost biopaliva je 50 %, max. 55 % vody. Odlišuje se od termínu vlhkost dřeva, užívaného v dřevozpracujícím (truhlářském) průmyslu, kde procento vlhkosti představuje poměr obsahu vody k sušině vzorku. Obsah 50 % vody dle energetiků odpovídá tak 100 % vlhkosti vzorku dle truhlářů. Proto je nutné vždy přesně znát, o jaké vyjadřování obsahu vody se jedná.

Obsah vody se stanoví vysoušením vzorku při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin, kdy ale dochází k určité nepřesnosti únikem části těkavých hořlavin. Nově se zavádějí elektronické metody přímého stanovení obsahu vody.

#### *Obsah prchavých látek*

Podíl prchavých hořlavých látek, uvolňovaných při teplotě nad 200 °C v topeništi z hořlaviny biopaliv činí 75 až 85 % hmotnosti suchého paliva. Má výrazný vliv na vytváření dlouhého plamene ze spalovaných biopaliv a tak na konstrukci a provoz topeniště, velikost dohořivacího prostoru a systém přívodu primárního, sekundárního a terciárního vzduchu, kvalitu hoření a tvorbu emisí (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 7-11).

## 1.5 Základní fyzikální a mechanické vlastnosti pevných biopaliv

Pevná biopaliva mají podle druhu, původu, místa a doby sklizně nebo způsobu zpracování desítky různých forem, rozmanitou strukturu, velký rozsah obsahu vody, spalného tepla a výhřevnosti. Většinou na ně ještě nejsou vypracovány normy, což stěžuje jejich umístění na trhu paliv a jednání mezi výrobcem a odběratelem. V ČR se uplatňují jen normy na dřevní pelety a brikety z Rakouska (a jejich doplněné znění z Německa). Rovněž jsou používány rakouské směrnice týkající se energetické dřevní štěpky. Je to dáno tím, že více než 95 % naší výroby do těchto zemí vyváží. Základní klasifikaci pevných biopaliv je možno soustředit do několika skupin a s nimi pak dále pracovat a uvažovat ve výrobních, dopravních, skladovacích i topenářských projektech.

**Tabulka 1.1 - Složení sušiny přírodního dřeva**

<b>Podle druhu hmoty</b>	<b>Podle prvků</b>
Celuloza < 50 %	Uhlík 50 %
Hemiceluloza < 25 %	Kyslík 43 %
Lignin < 25 %	Vodík 6 %
Extrakty < 5 %	Dusík > 1 %
Popeloviny < 1 %	Halogeny
	Těžké kovy

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 11)

V tabulce 1.1 je uvedeno složení sušiny přírodního dřeva. Za pozornost stojí vedle uhlíku a kyslíku i obsah vodíku, který s kyslíkem v plameni vytváří vodní páru. Z jednoho kilogramu vodíku vzniká bezmála devět kilogramů vody. Jeden kilogram vody odnáší ve spalinách 2,44 MJ tepla. Proto kondenzační kotle, které dokáží toto unikající teplo využít se začínají objevovat i v oblasti spalování biopaliv (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 11-12).

### 1.5.1 Charakteristika pevných biopaliv

Pevná fytopaliva se vyskytují v několika formách, které se od sebe liší v mnoha základních znacích s ohledem na strukturu, obsah vody, výhřevnost, tvary, stupeň znečištění, obsah popele. Stupeň obtížnosti jejich zpracování a úprav i využívání je různý, stejně jako ceny a užitečné hodnoty. Optimalizace využívání různých biopaliv vyžaduje často zajištění kompromisu mezi vlastnostmi paliv a topenišť. U dřevních paliv se rozlišují polena a polínka, kůra, průmyslová a energetická štěpka, piliny a hobliny, lesní štěpka, štěpka z rychle rostoucích dřevin, dřevní šrot a pelety a brikety.

#### *Palivové dřevo, polena, polínka*

Dřevní palivo ve formě polen a polínek stále převažuje ve vytápění rodinných domků a farem. V Rakousku, Bavorsku a Skandinávii jejich podíl na celkovém množství fytopaliv dosahuje až 70 %. Také v ČR se s rozvojem dřevo-zplyňujících kotlů opět stále více používá polínkových forem paliva. Odhaduje se, že u nás je v provozu kolem 60 000 dřevo-zplyňujících kotlů s roční spotřebou až 15 plnometrů na kotel za rok, což představuje roční spotřebu 900 000 plnometrů polenového dřeva, tj. zhruba 0,6 miliónů tun fytopaliva.

Hlavní zdroje polenového dřeva je nutno hledat přímo v lesní těžbě a prvotním ošetření vytěžených klád, kdy se vylučují sortimenty nevhodné pro zpracování na pilách, dále při péči o les (odstraňování souší, probírky), při ošetřování parků, sadů, alejí. Původní norma na palivové dříví omezovala jen podíl nahnilého dřeva do 10 % a nová norma zatím není. Lze předpokládat, že bude přísnější. Cena palivového dřeva ve formě polen a polínek se s ohledem na stupeň zpracování a kvalitu dřeva pohybuje od 400 do 900 Kč.plm<sup>-1</sup> (korun českých za plnometr), přičemž měkká dřeva jsou lacinější než tvrdá. Dražší jsou rovněž připravená a balená polínka jako hotové palivo pro dřevo-zplyňující kotle. Nejdražší je pytlované kusové dřevo u benzinových čerpadel, v přepočtu až několik tisíc korun za tunu.

Obsah vody je velmi významný především s ohledem na přepravní náklady (Kč.tkm<sup>-1</sup>) a výhřevnost dřevního paliva. V právě vytěženém dřevě se obsah vody pohybuje od 50 do cca 60 % (dřevo z prořezávek topolů a vrb z plantáží). Pro potřeby spalování by měl být vysoký obsah co nejrychleji snížen na 25 až 30 %, protože jen dřevo s nižším obsahem vody než 30 % je vhodné pro spalování. V dřevo-zplyňujících

kotlích se vyžaduje ještě nižší obsah do 20 % vody. Jen takové dřevo nedehtuje (při dodržení minimální teploty vratné vody topného okruhu) a má dobrou výhřevnost, nehledě na nebezpečí postupného znehodnocování. Doba pro potřebné snížení obsahu vody z cca 50 % na 30 % trvá u neštípaných polen a klád minimálně dva roky, u štípaných více než rok. Nakrácená a pro konečné použití zpracovaná polínka dosychají pod střechou v průvanu nejméně půl roku. Stejně dlouho dosychá těžební odpad v lese přes léto na slunných a větru vystavených místech. Pěstební zásady vyžadují, aby těžební odpad zůstal v lese tak dlouho, až odpadne listí a jehličí a slabé větvičky se ulámou při manipulaci. Lesáci propagují názor, že v lese má zůstat vše co je slabší jak 4 cm. Požadavek pro snížení obsahu vody pro spalování dřeva má i svá negativa. S ohledem na dobu sušení musí mít domek vlastně dvouletou zásobu paliva, což představuje 30 až 35 plm, které se sice dají dobře uskladnit pod střechou v původních venkovských usedlostech s nevyužitými stodolami, ale již mnohem obtížněji u vilových domků vilového typu. Problém jistě vyřeší trh se dřevem na topení, plynulost a jistota dodávek a později přechod na komprimované formy, o které se ve velkém budou starat včetně skladování specializované podniky.

Sušení polenového dřeva usnadňuje podélné rozštípání polen na tloušťku maximálně 15 cm, uložení do hrádí kůrou nahoru, zakrytí proti dešti a vystavení větru nebo průvanu. Také od země by měla být uložená polena vzdálena nejméně 40 cm.

#### *Štěpka lesní a z rychle rostoucích dřevin*

Podle zásad správného hospodaření v lesích by se štěpka z těžebního odpadu, probírek a prořezávek měla vyrábět co nejbližší k místu původní těžby a to až po určité době, kdy vegetační orgány, listy, jehličí zcela zaschnou a odpadnou. Využívané palivo by mělo ztratit alespoň polovinu původně obsažené vody. V lese by mělo zůstat vše, co obsahuje nejvíce živin – listy, jehličí, slabé větvičky. Určitě by se v lese neměly ponechávat partie, které mohou dobře posloužit jako palivo – silnější větve, vršky, křivé odřezky a to ani ve formě štěpky. Ukázka štěpky viz obrázek 1.

To samé platí i pro plantáže rychle rostoucích dřevin, kde mohou nastat problémy u vrb s poměrně slabými výhonky, ale i topoly mají asi 20 % vegetačních orgánů, které by měly být ponechány na plantáži. Pokud se dřeviny sklízí v době vegetačního klidu, je situace s obsahem vody příznivější.

Při štěpkování zbytků těžby v čerstvém stavu se jedná o relativně největší hmotnostní podíl zpracování, protože materiál může obsahovat až 60 % vody, stejně tak

topoly a vrby v období plné vegetace. Naštěstí většina odběratelů ani majitelů lesa netrvá na tom, dostat okamžitě čerstvou dřevní štěpku v tomto stavu z místa těžby. Tak je možno využít letního období a ponechat surovinu na slunném a větrném místě, aby za několik měsíců proschla. Obsah vody na podzim může dosahovat již jenom 30 % i méně. Další dosýchání je možno zajistit už ve skladech, které jsou vybaveny roštovým dosoušením zařízením. Pro tento účel se velmi dobře osvědčily prázdné velkokapacitní seníky, které jsou ještě vybaveny dosoušecími ventilátory, i když dlouhodobí průvan při skladování do výšky dvou až třech metrů postačuje. S ohledem na rovnovážnou vlhkost vzduchu a obsah vody ve štěpce je možno při relativní vlhkosti vzduchu pod 65 % dosušit štěpku provětráváním na 20 %.

Podle typu použitého štěpkovacího stroje převažuje vždy rozměr odpovídající danému systému. Bubnové štěpkovačky s poměrně velkým počtem nožů vytvářejí štěpku s délkou částic do 20 mm, kolové se dvěma noži do 40-50 mm a šnekové (podle typu použitého šneku) až do 80 mm. Optimální délka energetické štěpky pro kotle s tepelným výkonem nad 0,5 MW by se měla pohybovat kolem 50 mm. U kotlů s nižším výkonem a také s plnicími šnekovými dopravníky relativně malého průměru musí být štěpka jemnější. Problémem u všech štěpkovacích strojů zůstává, že propouštějí neporezané slabé větvičky. Tyto do štěpky nepatří, protože způsobují problémy a vytváří klenby při skladování a manipulaci v zásobnících a dopravních cestách. Další vývoj štěpkovacích strojů povede určitě k řešení, které bude separovat do lesa jemnější nebo slabé frakce štěpkování (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 12-15).

### **1.5.2 Zvláštnosti vlastností pevných biopaliv**

Biopaliva (nedávno ještě živá biomasa) se při porovnání s fosilním palivem (ležícím miliony let v podzemí) vyznačují vysokým stupněm okysličení, tj. obsahem kyslíku a tím sníženou výhřevností, ale s lepším prohoříváním spalných plynů a nižšími emisemi.

Vysoký podíl těkavých látek (70 až 80 %), snadno zplyňujících při teplotách přes 200 °C. Tato základní odlišnost biopaliv (od pevných fosilních paliv) musí být zohledněna při jejich spalování dostatečným prostorem v topeništích. Dále jsou nutné dostatečné prostory k zajištění prohoření vznikajícího velkého množství spalných plynů. Biopaliva předávají teplo především konvekcí – stykem vyhořelých spalin s tělesem



výměníku. Koks a dřevní uhlí obsahuje jen 5 % těkavých látek a při hoření předávají teplo především sáláním tepla ze žhnoucího paliva. Proto jsou konstrukce topeniště kotle pro obě tyto skupiny paliv naprosto rozdílná.

Hnědé uhlí tvoří přechod mezi klasickými fosilními palivy (koksem a černým uhlím) a biopalivy (dřevem) pro svůj vysoký podíl zplyňujících látek (50 %). Proto se také kotle na hnědé uhlí snáze a lépe přizpůsobují spalování biopaliv nebo ke společnému spalování biopaliv a hnědé uhlí než kotle na koks nebo černé uhlí. Topeniště na koks musí být při přechodu na spalování biopaliv doplněny předtopeništěm zajišťujícím zplynování biopaliva a prohoření spalných plynů před výměníkem, kterým se kotel vlastně stal. Předtopeniště se však doporučují i pro kotle na hnědé uhlí.

Nižší měrná objemová hmotnost je další odlišnou základní fyzikální hodnotou biopaliv, která se pohybuje od cca  $40 \text{ kg.m}^{-3}$  sypaného nejlehčího paliva až do  $700 \text{ kg.m}^{-3}$  u nejvíce slisovaných briket a pelet (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 11-12).

Pro názornost jsou důležitá čísla uvedena v tabulkách 1.2, 1.3, 1.4.

**Tabulka 1.2 - Přepočty jednotek objemu dřeva**

	<b>Pevné dřevo plnometr – pevný metr (plm)</b>	<b>Složené dřevo prostorový metr (rm)</b>	<b>Štěpkované (drcené) dřevo sypný metr (sm)</b>
plm	1	1,43	2,43
rm	0,7	1	1,7
sm	0,41	0,59	1

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 17)

**Tabulka 1.3 - Objemové hmotnosti paliv ze dřeva**

Stav paliva	Sypná měrná objemová hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	Hmotnost kusu (kg)	Způsob manipulace
Hoblíny	40-60	0,01	Ručně i mechanicky
Piliny, prach	120-180	0	Mechanicky
Štěpka (dle vlhkosti)	180-260	0,02-0,1	Mechanicky
Polínka 30-50 cm	250-500	1-3	Ručně
Polena 100 cm měkká	300-550	10-20	Ručně i mechanicky
Polena 100 cm tvrdá	420-630	15-30	Ručně i mechanicky
Brikety	400-650	1-2	Ručně i mechanicky
Pelety	350-600	0,02	Mechanicky

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 17)

**Tabulka 1.4 - Orientační údaje základních vlastností pevných biopaliv**

Palivo – stav,forma	Hustota (kg.m <sup>-3</sup> )		Vody (%)	Výhřevnost	
	sušiny	hmoty		(MJ.kg <sup>-1</sup> )	(MJ.m <sup>-3</sup> )
Polena, jehličnany	410	820	50	8,1	6 660
Polena, listnáče	580	1 160	50	8,1	9 396
Kůra, volná, čerstvá	160	320	50	8,1	2 592
Průmyslová štěpka	170	340	50	8,1	2 772
Štěpka suchá	170	210	20	14,4	3 024
Krajinky vázané	300	600	50	8,1	4 860
Piliny	120	240	50	8,1	1 944
Dřevní pelety, brikety	495	550	10	16,6	9 108
Lesní štěpka jehličnany	175	250	30	12,3	3 060
Lesní štěpka listnáče	225	320	30	12,3	3 960
Tyčovina jehličnany	300	429	30	12,3	5 293
Těžební odpad, větve	40	80	50	8,1	648
Probírky, listnáče	80	160	50	8,1	1 296
Topoly, štěpka	160	355	55	7,1	2 520

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 18)

### 1.5.3 Normalizace a standardizace pevných biopaliv

Proces standardizace pevných biopaliv (fytopaliv) se týká samotného výběru substrátů, jejich klasifikace, závazných tvarů, fyzikálních vlastností, výhřevnosti, obsahu spalitelných těkavých a pevných látek, obsahu a vlastností popele, složení spalin, ale i metod odebírání vzorků a metod jejich rozborů. Standardizaci biopaliv vyžadují výrobci biopaliv, výrobci topenišť a kotlů a jejich uživatelé, ale i obchodníci s palivy v mezinárodním obchodě (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 23).

Stručný přehled rakouských norem týkajících se dřevní štěpky je uveden v tabulce 1.5 a 1.6.

**Tabulka 1.5 - Charakteristiky dřevní štěpky podle rakouské normy Önorm m 7133**

	<b>Třída</b>	<b>Rozsah hodnot</b>	<b>Poznámka</b>
Obsah vody (%)	W 20	do 20 %	Sušená průvanem pod střešou
	W 30	20-29 %	Skladovatelná delší dobu
	W 35	30-34 %	Skladovatelná krátkodobě
	W 40	35-39 %	Vlhká, nebezpečí plísní
	W 50	40-49 %	Surová, akutní nebezpečí plísní
Sypná hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	S 160	do 160 kg.m <sup>-3</sup>	Lehká, suchá
	S 200	160-199	Střední, suchá
	S 250	přes 200 kg.m <sup>-3</sup>	Těžká, vlhká
Obsah popele v sušině (%)	A1	do 1 %	Nízký obsah popele
	A5	1-5 %	Zvýšený obsah popele, (kůra)

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 23)

**Tabulka 1.6 - Charakteristiky dřevní štěpky dle velikostí částic - Önorm m 7133**

Třída	Veli- kost	Podíl skupin velikostních částic				Extr. hodnoty	
		Max. 20%	60-100%	Max. 20%	Max. 4 %	Průměr	Délka
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm)	(cm)
G 30	Jemná	přes 16	16,0-2,8	2,8-1	do 1	3	8,5
G 50	Střední	přes 32	31,5-5,6	5,6-1	do 1	5	12
G 100	Hrubá	přes 63	63,0-11,2	11,2-1	do 1	10	25

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 24)

#### 1.5.4 Spalování pevných biopaliv

Moderní spalování biopaliv v porovnání se spalováním paliv fosilních přináší novou problematiku technického, ekonomického, ekologického i politického charakteru. Dochází ke střetávání nejrůznějších zájmů podniků, občanů a institucí. Problémy jsou složité u nás, protože stát zatím nevytvořil vhodný rámec pro uplatňování biopaliv jako v jiných zemích, kde daňová a dotační politika výrazně působí k rozvoji používání biopaliv (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 24-25).

##### 1.5.4.1 Technická hlediska používání pevných biopaliv

Biopaliva se vyznačují dvěma odlišnostmi od fosilních paliv:

- jsou v přirozeném, původním stavu lehčí, objemnější,
- mají vysoký obsah prchavé hořlaviny (až 80 %).

Tyto faktory vyžadují, aby topeniště všech typů a výkonností byla podstatně větší a to pro:

- dosušení paliva před jeho zapálením,
- dokonalé promíchání spalných plynů se vzduchem a to jak s primárním, který přichází do paliva a ovlivňuje výkon topeniště, tak se sekundárním, případně terciárním, které ovlivňují dokonalost prohoření paliva, konečnou tvorbu tepla, účinnost a hladinu škodlivých emisí.

Při spalování biomasy v běžných topeništích má být přebytek spalného vzduchu (lambda)  $\lambda = 1,6$  až 2, aby byly zajištěny minimální emise CO. Při hodnotě  $\lambda = 1$  by postačovalo ke spálení 1 kg suchého dřeva asi 4,5 m<sup>3</sup> vzduchu. Protože reakce spalování, zejména u malých topenišť, trvá jen zlomek vteřiny je nutné množství vzduchu zvýšit a to u velmi dobrých topenišť až na hodnotu  $\lambda = 1,6$ . Běžná je však hodnota  $\lambda = 2$ . Tento přebytek vzduchu znamená, že se sice palivo dokonale spálí, ale zároveň s tímto přebytkem ohřátého vzduchu uniká komínem značné množství tepla. Běžná teplota spalin v komíně bývá kolem 180 °C, aby měl komín dostatečný tah. Proto kondenzační chladiče spalin a odtahové ventilátory spalin představují nejvýznamnější prostředky pro zvyšování účinnosti spalování.

Spalné plyny z pevných biopaliv musí prohořet v neochlazované dohořivací komoře při teplotách kolem 100 °C dříve, než přijdou do styku s teplosměnnými plochami. Předčasné ochlazení plamene způsobuje vyloučení uhlíku z CO (samovolný vznik CO<sub>2</sub>) a vznik sazí. U dokonalejších topenišť a kotlů se nahrazuje radiační složka přestupu tepla (sálání, běžné u kotlů na spalování koksu a černého uhlí) přímým stykem spalin a hmoty tepelného výměníku. Oddělené přírůdky primárního a sekundárního vzduchu se používají u všech moderních topenišť – i u nejmenších kamen a kotlů pro vytápění rodinných domků. Sekundární vzduch by měl být vždy předehřátý, aby nedocházelo ke zbytečnému ochlazování plamene a směšování spalných plynů se vzduchem by mělo být výrazně turbulentní (Abraham, Andert, Sladký, 2006, s. 25).

#### **1.5.4.2 Kotle a topeniště na pevná biopaliva**

Podle tepelného výkonu, místa používání, typu paliva a případně kombinace paliv se rozlišuje několik skupin topenišť na spalování biopaliv:

Dřevozplyňující kotle (viz obrázek 1.1) s výkonem 15-50 kW (výjimečně do 100 kW) pro rodinné domky a menší budovy s charakteristickým provedením horního zásobníku – zplyňovače paliva se spodním odhoříváním, středovou tryskou hořících plynů s přívodem teplého sekundárního vzduchu, prohořivací šamotovou, neochlazovanou komorou a systémem teplosměnných prostor. Zplyňovací komora je plněna ručně kusovým palivem, jehož zásoba vydrží 4-8 hodin trvalého provozu. Kotle jsou vyrobeny nejčastěji jako svařence z ocelového plechu tloušťky 6 až 8 mm (včetně tepelného výměníku). Plechové kotle jsou sice levnější, ale při jejich provozu je nutno

udržovat předepsané teploty, aby nedocházelo k prochlazování některých částí a korozi. V ČR tyto kotle vyrábí několik firem. Dražší kotle mají trvanlivější výměník litinový. Cena kotlů se pohybuje podle provedení, systému automatické regulace a výkonu od 20 do 130 tisíc Kč. Jako palivo slouží polínkové dříví s délkou do 50 cm a průměrem do 15 cm nebo dřevní a slaměné brikety. Nahrazují se jimi zastaralé kotle na uhlí. Obsluha je ruční.

Automatická kamna a kotle na spalování dřevních pelet a štěpky (viz obrázek 1.2 a 1.3) s tepelným výkonem od cca 6 do 50 (ale také až do 1 000 kW) pro byty, rodinné domy a větší budovy (případně i menší komplexy budov). Soustava kotle pozůstává z mechanicky plněné násypky paliva, šnekového vkladače, topeniště s hořákem, automatického zapalovače, dohořivací neochlazované komory, soustavy teplosměnných trubek, popelníku (nebo vynášecího šnekového dopravníku popele) a počítačového regulačního systému. Topeniště s hořákem, dohořivací komora a teplosměnná část jsou umístěny nad sebou a u některých typů kotlů jsou snadno od sebe z důvodu oprav oddělitelné. Tyto kotle představují vrchol topenářské techniky, zejména provedením hořáku, který umožňuje dosahovat velkého rozsahu regulace výkonu v rozmezí 20 až 100 %. Regulované množství paliva je přiváděno do hořáku většinou horizontálně, u nejmenších kamen shora spádovou trubkou, u velkých hořáků spodem do retorty. Spodem je přiváděno i regulované množství primárního vzduchu, zatímco horký sekundární vzduch je dutým prstencem hořáku vháněn mnoha otvory přímo do plamene (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 25).



Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 25)

**Obrázek 1.1 - Schéma dřevoplyňujícího kotle se spodní dohořivací komorou**



Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 27)

**Obrázek 1.2 - Schéma automatického kotle na drobnou štěpku**

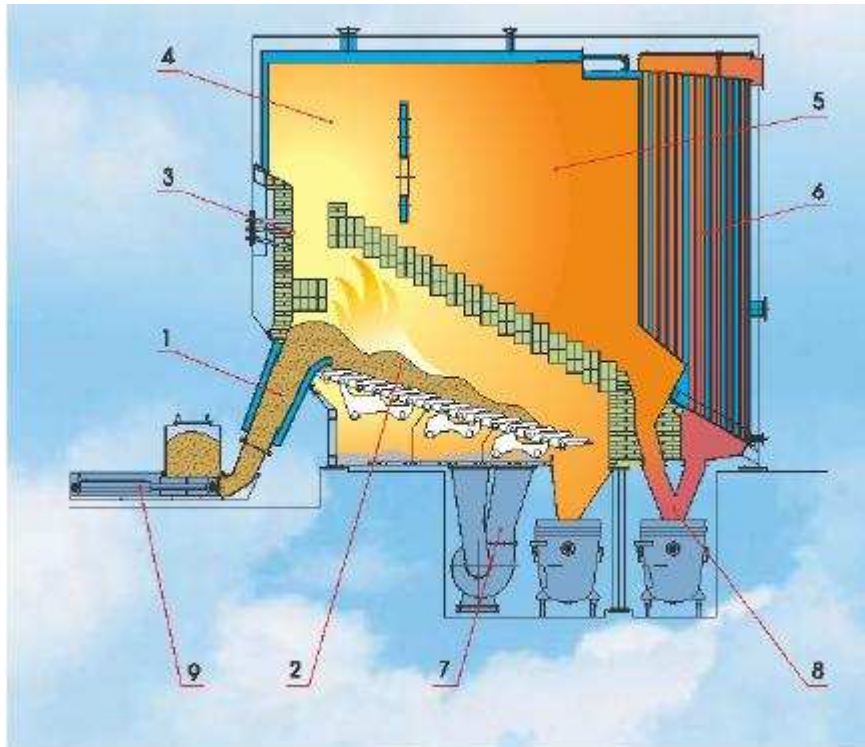


Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 27)

**Obrázek 1.2 - Automatický kotel na štěpku do 120 kW s podávacím zařízením**

Velké automatické kotle (viz obrázek 1.4) na spalování dřevního paliva s výkonem do 10 MW v provedení s muldovým spalováním suché štěpky a pilin nebo se spádovým roštem pro spalování vlhčího dřevního paliva. Tyto kotle mohou spalovat i slámu, kusové dřevo a kůru. Vyznačují se automatickým přísunem paliva (dřevní štěpky nebo z balíku rozpojené slámy), velkou turbulentní a dohořivací komorou, která je vyzděná šamotovými cihlami a má velkou tepelnou akumulaci a vertikálně situovanými trubkami kotle, které se nezanášejí létavým popílkem z biopaliva. Nejběžnější výkon je 2,5 MW. Mohou být teplo – či horkovodní, případně parní. Ty se často doplňují parní turbínkou nebo alternátorem k výrobě elektrické energie. Turbínka slouží i ke snížení tlaku páry jako redukční ventil pro otopnou soustavu (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 29).





*Legenda: 1 – Palivo v příkladacím tunelu s ochranou proti zpětnému prohoření, případně s přihřevem paliva spaliny. 2 – Palivo na posuvném roštu postupuje proti směru pohybu plamene. 3 – Přívod sekundárního a terciálního vzduchu. 4 – Turbulentní, neochlazovaná komora. 5 – Dohořivací komora. 6 – Trubkový horkovodní kotel. 7 – Ventilátory spalovacích vzduchů. 8 – Popelové vody a kontejner na popel. 9 – Hydraulický odřezávač balíku a vkladač paliva na rošt kotle.*

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 29)

**Obrázek 1.4 - Velký kotel na spalování vlhčích biopaliv s protiproudým tahem palmenů**

### 1.5.4.3 Emisní limity

Pro posuzování produkce emisí jsou závazné právní předpisy. Lze říci, že předpisů je relativně vysoký počet. Posuzování emisí je členěno podle tepelného výkonu zdroje emisí. Pro kotle do 200 kW není hodnocení tak striktní jako u středních zdrojů o tepelném výkonu 200 kW až 5 MW a velkých zdrojů znečištění přes 5 až 50 MW. Dále je určena kategorie zvláště velkých spalovacích zdrojů o tepelném výkonu do 100 MW a kategorie nad 150 MW, která má hodnocení emisí nejpřísnější. Nejdůležitějším

právním předpisem je z tohoto pohledu Nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší. Zde jsou uvedeny emisní limity ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) vztažené na normální stavové podmínky a suchý plyn. Pro tuhé znečišťující látky,  $\text{SO}_2$ , oxidy dusíku jako  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  a organické látky jako suma uhlíku. Tyto emisní limity jsou vztaženy na určitý referenční obsah kyslíku. Pro pevná paliva činí referenční obsah kyslíku 6 %, pro plynná a kapalná 3 % a pro biomasu 11 %. Další předpisy upravují referenční obsah kyslíku pro biomasu na 10 až 13 %, platí to pro malé kotle do výkonu 300 kW (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 31).

### 1.5.5 Skladovací prostory na biopaliva

Při společném spalování biomasy a uhlí, v kotlích k tomu schválených, je možné přidávat asi 20-70 % biomasy. Pro skladování je nutné brát do úvahy rozdílné vlastnosti těchto druhů paliv, zejména jejich větší objem daný nižší hustotou biopaliv a rovněž o něco nižší výhřevností biopaliv. Totéž pak platí o skladování u spalovacích zařízeních určených pro výhradní spalování biomasy. Zvyšování výkonu kotlů na spalování biomasy naráží na nepříznivý poměr mezi měrným objemem, výhřevností a v neposlední řadě i vlhkostí paliva.

Pro lepší představu jsou v tabulce 1.7 uvedeny potřebné skladovací prostory pro uskladnění jednoho GJ energie obsažené v různých palivech. Například u polen musíme počítat ve srovnání s černým uhlím s téměř 4 krát větším prostorem, při porovnání s hnědým uhlím asi s 2 krát větším prostorem. Ještě více vynikne potřeba prostoru pro skladování ve srovnání štěpky a černého uhlí. U štěpky je potřeba skladovacího prostoru téměř 7 krát větší.

Z uvedeného vyplývá, že u větších tepelných zdrojů je vhodné z hlediska investičních nákladů budovat provozní sklad relativně malý (na 7 až 10 dnů). Pokud je tepelný zdroj mimo centrum obce a je zde dostatek volného místa může být provozní sklad i větší. Větší sklad ovšem vyžaduje vyšší náklady na investici při stavbě zdroje. Zásobování zdroje tepla na biomasu je náročné na logistiku a proto je žádoucí všechny problémy se zásobováním zdroje biopalivy vyřešit již během fáze projekce. Smluvní vztahy mezi investorem, nebo provozovatelem a dodavatelem paliv a dalších služeb jsou před dohotovením stavby nutnou podmínkou (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 35-36).

**Tabulka 1.7 - Potřebné skladovací prostory pro různé druhy paliv**

Palivo	Výhřevnost MJ.kg <sup>-1</sup>	Objemová hmotnost kg.m <sup>-3</sup>	Energie GJ.m <sup>-3</sup>	Skladovací prostor m <sup>3</sup> .GJ <sup>-1</sup>
Palivové dřevo - polena	15	320-450	5,775	0,17
Palivové dřevo – odřezky	18	210-300	4,59	0,22
Štěpka	10	180-410	2,95	0,34
Hnědé uhlí	16	650-780	11,44	0,09
Černé uhlí	26	770-880	21,45	0,05

Pramen: (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 36)

### 1.5.6 Zdravotní aspekty práce se štěpkou

Činností živých parenchymatických buněk, chemickým oxidováním, hydrolyzou celulózních složek v kyselém prostředí a biologickou aktivitou bakterií a hub se vyrobené štěrky poměrně rychle rozkládají. Tím dochází ke ztrátě objemu a zvyšování vlhkosti materiálu až na 80 % vlhkosti. Současně vzrůstá teplota skladované štěrky na 50-70 °C a při překročení teploty 100 °C může dojít i k samovznícení. Pokud je pro provoz zpracovatelských kapacit nutné větší předzásobení, vytváří se obvykle v materiálu určeném ke štěpkování a ne ve štěpce. V literatuře je doporučovaná lhůta spotřeby štěrky do patnácti dnů od výroby. Za nejdélší dobu se považují tři měsíce, protože náběh rozkladných procesů je z počátku pozvolnější a ztráty objemu za první měsíc skladování jsou do 3 %. V dalších měsících se stupňuje rozkladná činnost mikroorganismů a hub. Důsledkem toho jsou ztráty zvýšené objemu zvýšené na průměrných 5,5 % měsíčně za druhý až pátý měsíc skladování.

Má-li štěrka vyšší obsah vody než 25-30 %, v závislosti na teplotě po určité době začíná degradovat a plesnivět. Bylo zjištěno až 10 tisíc spor plísní a hub v 1 m<sup>3</sup> vzduchu ve skladech vlhké štěrky (Norsko, Finsko). Ve Švédsku se považuje za nebezpečné už 500 zárodků na 1 m<sup>3</sup>. Takový vzduch ohrožuje plíce lidí, může vzniknout nemoc podobná nemoci zemědělců z plesnivé slámy a sena. Štěpka z jehličnanů je proti plísní odolnější než z listnáčů. Z těchto důvodů nesmí být štěrka

nikdy skladována přímo v obytném stavení a měla by být co nejrychleji usušena. Tato okolnost zatím v ČR uniká pozornosti (Abrham, Andert, Sladký, 2006, s. 36).

## 2 Topoly (*Populus*) obecně

Topoly se v botanickém systému dělí na pět skupin:

1. Turanga,
2. Topoly bílé a osiky,
3. Topoly černé,
4. Topoly balsámové,
5. Topoly velkolisté.

### *Turanga*

V Evropě má jediného zástupce, strom nízkého a keřovitého vzrůstu, rostoucího na Slaniskách jižního Španělska.

### *Topoly bílé – Albidae*

Jsou děleny na vlastní bílé topoly a osiky. Evropským, u nás původním druhem je topol bílý, rostoucí v lužních lesích, hlavně v Pomoraví. Varietou tohoto druhu je topol stříbrný.

### *Topoly černé*

Ze tří skupin topolů černých je jediným naším původním stromem topol černý, *Populus nigra var. typica* L. Tento druh, rostoucí v celé oblasti našeho státu, je věrným průvodcem tekoucích vod a je rozšířen nejen v lužním území, ale jde daleko do pahorkatin i do hor. Rozeznáváme tři formy tohoto topolu:

- s rovným, čistým kmenem, velmi vysoko se větvícím,
- s kmenem nerovným a s četnými výmladky, se sklonem vytvářet hojná spící očka,
- v mládí bujného vzrůstu, který se však velmi brzo zpomaluje. U této formy je nápadná světlá borka a časté nádory rakovinného charakteru jak na kmeni, tak na i na větvích v koruně.
- Jako zvláštní formu černého topolu lze uvést očkový topol, hledaný pro krásnou očkovou strukturu dřeva, dnes již skoro úplně, právě pro tuto hledanou vlastnost, vyhubený. Poslední zbytky těchto topolů rostou na Skalicku na Slovensku.

### *Topoly balzámové*

Jsou to druhy původu severoamerického a východoasijského u nás téměř nezastoupeny.

### *Topoly velkolisté*

Z páté skupiny topolů velkolistých nemá žádný druh význam pro těžbu dřeva. Jsou to vesměs dekorativní keře, málokdy stromy, převážně druhy dovezené z ciziny (Kalandra a kol., 1953, s. 8-17).

Rod topol patří do čeledi vrbovitéch a spolu s vrbami se řadí mezi takzvané rychle rostoucí dřeviny. Vyznačují se variabilitou. Vzájemným křížením vytváří velké množství nejrůznějších poddruhů, odrůd a kultivarů. Základními domácími druhy topolu jsou topol černý (*Populus nigra*), topol bílý (*Populus alba*) neboli linda a topol osika (*Populus tremula*). Známý pyramidální topol vlašský je kultivarem topolu černého. Zmiňován bývá i topol kanadský, který je jedním z kříženců černého topolu.

Topol černý je vzrostlý strom s klenutou rozložitou korunou, silným kmenem a nápadnými kořenovými náběhy. Dosahuje výšek až 40 m, průměru kmene do 2 m a dožívá se stáří až 150 let. Borka je v mládí hladká, zpravidla šedozelená (viz obrázek 2.1), později (v 8 až 10 roce) hluboce síťovitě rozbrázděná, někdy černavá. Listy jsou asi 10 cm dlouhé, střídavé, dlouze řapíkaté, trojúhelníkovité, po obvodu pilovité. Květem jsou převislé jehnědy, samčí jsou kratší než samičí. Plodem je vejcovitá tobolka obsahující množství ochmýřeného semene. Kořenový systém je dobře vyvinutý všemi směry, takže topoly odolávají bez problémů i značně silným větrům. Topol je světlomilný a potřebuje značnou vlhkost, kterou dokáže získávat i z velké hloubky dlouhými kořeny. Vyznačuje se značnou výmladkovou schopností.

Dřevo topolů (viz obrázek 2.2) je světlé, lehké, měkké, ohebné a dobře se štípe. V nábytkářství se z něj vyráběly dýhy, překližky, sudy a bedny. Listí se dříve používalo jako krmivo pro dobytek a z pupenů se lisoval olej. Dnes se dřevo využívá hlavně v řezbářství a jako palivo. Různé kultivary topolu černého se vysazují jako ochranná stromořadí okolo cest, vodotečí, hřišť, hospodářských budov, továren a podobně.

Klimatické podmínky jsou jedním z rozhodujících faktorů, které ovlivňují růst topolů. U téhož kultivaru se dosahuje za shodných půdních podmínek vyšších výnosů (přírůstů) na teplejší lokalitě s dlouhou vegetační dobou a vysokými letními teplotami

než na lokalitě chladnější. Některé balzámové topoly a jejich kříženci rostou úspěšně i v drsnějším klimatu.



Pramen: (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 6)

**Obrázek 2.1 – Borka topolů je v mládí hladká, zpravidla šedá nebo šedo zelená**



Pramen: (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 7)

**Obrázek 2.2 – Dřevo topolů je světlé, lehké, měkké, ohebné a dobře se štípe**

Dalším rozhodujícím faktorem pro růst topolů je vodní režim v půdě. Původní topolová stanoviště jsou v nížinách v oblasti aluvia poblíž vodotečí. Topoly velmi dobře snášejí záplavy, které jsou prospěšné také tím, že na lokalitě neustále doplňují živiny. Zvláště vyhovující stanoviště jsou především charakterizována dokonalým a trvalým zásobováním vodou. Uvádí se, že spotřeba vody při transpiraci na vytvoření 1 kg sušiny je 500 litrů (u borovice je to 170 litrů a u buku 350 litrů).

Kořenový systém topolů je náročný na provzdušnění půdy (dostatek kyslíku). Zejména v prvním roce růstu je dýchání kořenů mnohonásobně vyšší než u jiných dřevin. Trvalé provzdušnění půdy je důležité pro možnost snadného rozrůstání kořenů. Pro svůj mohutný kořenový systém potřebuje topol dostatečný prostor. Kořeny vzrostlých stromů dosahují až 30 metrů do šířky a několik metrů do hloubky. Přes obvod koruny sahají kořeny zejména na sušších a chudších půdách.

Topol je citlivý na kyselost půdy. Nejlépe mu vyhovuje neutrální nebo slabě kyselá půdní reakce. Vyžaduje přítomnost vápna, které kromě úpravy půdní reakce přispívá k vytvoření lepší půdní struktury a provzdušnění hlubšího profilu. Uhličitan vápenatý může být částečně nahrazen uhličitanem hořečnatým. Podstatný vliv na růst má dusík (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 6-8).

## 2.1 Nemoci a škůdci topolů

### *Choroby semenáčků*

Ani topol není ušetřen tzv. „přepadávání semenáčků“. Krček kmínku vyklíčeného semenáčku těsně nad zemí černá, počíná zahnívat a v krátké době, pokud ještě nezdřevnatěl, přepadá a zahnívá. K tomu se druží více či méně postupující hniloba kořenů a přilehlých listů. Je to působeno řadou hub z rodu *Fusarium*, *Alternaria*, *Pythium*. Nákaza se šíří výtrusy, které se nacházejí v půdě. Za příznivých vlhkostních podmínek se houba rychle rozrůstá a napadá velké plochy zejména ve školkách. V prvním roce brzy po vyklíčení semene se často přidružuje na semenáčcích řada dalších jiných chorob obdobného charakteru, zvláště při husté setbě a při nadměrném vlhku. Škodlivě takto působí řada hub jako je plíseň šedá *Botrytis cinerea* Pers., *Cladosporium martianoffianum* Thüm, tvořící velké hnědavé nepravidelné skvrny na listech.

### *Choroby a škůdci topolů starších jednoho roku*

Na kořenech topolů najdeme spoustu škod od hub a od nejrůznějšího polyfágního hmyzu, který napadá i jiné dřeviny. Z hub kořenových na mladých i starších topolech je běžná hniloba kořenová, působená václavkou *Armillaria mellea* Vahl. Je to polyfág, který se nevyhýbá žádné dřevině a napadá i topoly. Hnilobu kořenů



působí i houba *Rosellinia necatrix* Berl., tvořící zhoubnou hnilobu na podzemních částech.

Všichni známí škůdci z kořenů jiných dřevin se pouštějí příležitostně i do topolů. Na sušších a písčitéjších půdách je ožírání kořínků a kůry způsobené od ponrav chrousta *Melolontha vulgaris* L. a *Melolontha hippocastani* E. Tmavě hnědě zbarvená krtonožka obecná *Gryllotalpa vulgaris* L., nápadný hmyz dosahující délky 50 mm, v larválním stádiu i v dospělém stavu škodí ve školcích a v semeníštích nejen svým hrabáním, ale hlavně překusováním kořání a poškozováním sazenic. Z řádu hlodavců poškozují kořeny např. hraboš *Arvicola terrestris* L. Škodí nejen na kořenech, ale ohryzává i nadzemní části.

Mezi škůdce na listech a pupenech patří zavijec *Semasia neglectana* Dup. Je to drobný motýlek s rozpětím asi 8 mm. Samička klade v květnu vajíčka kolem pupenů mladých topolů. Housenka se zažere do výhonku vedle pupenu, kde hlodá celé léto, přezimuje a pak počátkem května zakukluje. Při větším výskytu dochází k poškození terminálních výhonků a mladé topoly krní nebo dostávají košatý vzrůst.

Skeletování listů mladých topolů je dílem larev i dospělého hmyzu mnoha druhů mandelínek. Všechny druhy našich mandelinkových brouků přezimují ve stádiu dospělého hmyzu pod listím v zemi. Na jaře kladou vajíčka na rub listů. Vylíhlé larvy skeletují s dospělým hmyzem listy. Vývin larev trvá 3-4 týdny, potom se larvy kuklí v zemi a po dvanácti dnech se objevují další pokolení. Do roka mají téměř všechny druhy 2-3 pokolení.

Topolové dřevo je měkké, proto nadzemní části, kmen a větve snadno podléhají hnilobám nejrůznějších dřevokazných hub. Stromy starší 40 let jsou náchylné na vyhnívání. Z dřevokazných hub je časté napadení choroši, kterých je více druhů. Nadzemní část topolů má taktéž mnoho živočišných škůdců. Z brouků jsou to především larvy tesaříků, které chodbovitě rozežírají dřevo a technicky je znehodnocují. Zvláště mladé kmínky asi 3 cm tlusté po žíru odumírají a při větším množství vedle sebe probíhající chodeb se lámou větrem i stromky do 7 cm průměru. Starší topoly snášejí žír poměrně lehce. Škody způsobují též požerky housenek *Cossus cossus* L. a nesytek *Trochilium apiforme* Cl. a *Sciapteron taboniforme* Rott.

Do dřeva, stejně jako kůry na větvích ještě zasahují rakovinné boule, nádory, rány působené bakteriemi *Micrococcus populi* Del., *Bacillus populi* Brizi. Tumor na krčku mladých topolů i jiných listnáčů tvoří *Pseudomonas tumefaciens* Sm. et Towns.

Onemocnění a poškození kůry velmi ohrožuje vzrůst stromů. Kůra odumírá buď pomístně, nebo se škody šíří na celý obvod kmene. V tomto případě dochází nejen ke krnění, ale i k hynutí výše položených částí i celých stromů. Tak dovede epidemicky způsobit spálu na kůře zvláště u velmi rychle rostoucích topolů houba *Dothichiza populea* Sacc. et Br. Na větvích a mladých stromech tvoří tmavé skvrny. Zde kůra puká a na podzim se můžou na místě spály pozorovat pyknidy hub.

Jmelí *Viscum album* L. napadá řadu jehličnanů i listnáčů a mezi nimi často i topol. Škodí především v korunách a na větvích. Tento vždy zelený keříček svými savými haustoriemi zeslabuje kmen a poškozuje jej i technicky. Větev v místě napadení zduří. Nebezpečným se stává při větším rozšíření a proto již od začátku se provádí výřez napadených částí stromů.

Pěnovité povlaky na výhoncích působí larvy různých pěnodějek, které pod ochranou těchto povlaků napichují větévky a způsobují na nich i drobné rány.

Ani škody zvěří nejsou vzácné. Nejvíce trpí mladší stromky zimním ohryzem zajíců a králíků. Zimního i letního loupání zvěří vysokou jsou topoly celkem ušetřeny. Nejvíce jím trpí jehličnany, zejména smrk. Jarním vytloukáním srnců bývají však poznamenány. Nejvíce trpí sazenice a letorosty, které spolu s jinými listnáči bývají okusovány zajíci, králíky, zvěří srnčí i vysokou, zvláště jsou-li tyto dřeviny zastoupeny v porostu v minimu. Jako obrana proti škodám způsobeným zvěří se provádí zavětrování kultur odpudivými prostředky, mechanickými zradidly nebo je chráněná plocha oplocena. V celku však zde jde o rovnováhu a o vhodný stav zvěře k přiměřeným plochám porostů.

Listí může být napadeno rzí, skvrnitostí způsobenou houbami, řadou polyfágních housenek motýlů, housenkami bourovce, mandelinkami, housenkami pilatek a paličatek, listovými mšicemi (Kalandra a kol., 1953, s. 94-110).

## 2.2 Klimatické podmínky

Podle mapy klimatických oblastí (<http://www.chmi.cz/meteo/ok/atlas/uvod.html>) jsou pozemky charakterizovány podle základních charakteristik, které jsou podkladem pro výběr vhodných klonů topolů. Například domácí topol černý a topol Simonův a jejich hybridy pocházejí ze stepních suchých oblastí a proto v místech s nižším úhrnem srážek rostou lépe než ostatní klony topolů. Topoly jsou stromy světlomilné a proto se jim lépe daří tam, kde je mnoho dní se slunečním svitem.

Přehled základních charakteristik, které jsou podkladem pro výběr vhodných klonů topolů:

**1. Teplotní charakteristiky:**

- průměrná roční teplota,
- průměrná teplota jednotlivých měsíců,
- počet charakteristických dnů podle extrémních teplot vzduchu,
- počátky a konce období s danou teplotní charakteristikou.

**2. Srážkové charakteristiky:**

- roční úhrn srážek,
- úhrn srážek za jednotlivé měsíce,
- úhrn srážek v letním / zimním období,
- intenzita srážek,
- počet dnů se srážkami.

**3. Charakteristiky spojené se slunečním zářením a oblačností:**

- počet dnů s oblačností,
- počet jasných dnů.

Charakteristiky klimatických regionů jsou uvedeny v Příloze 1 k Vyhlášce 327/1998 Sb. Zde jsou uvedeny výše zmiňované hodnoty podle kódu regionu (0 až 9) (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 18).

## **2.3 Půdní podmínky**

Pro zjištění možného výnosu rychle rostoucích topolů je potřeba znát bonitu stanoviště. Tuto bonitu lze zjistit na základě Bonitované půdně ekologické jednotky - BPEJ. Bonitovaná půdně ekologická jednotka je pětimístný číselný kód související se zemědělskými pozemky. Vyjadřuje hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost půdy a její ekonomické ohodnocení.

Právním předpisem, kterým se stanovuje charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci je Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb. v platném znění (vyhláška 546/2002 Sb).

*Význam číslic kódu BPEJ (5 míst):*

První číslice značí příslušnost ke klimatickému regionu. Klimatické regiony byly vyčleněny na základě podkladů Českého hydrometeorologického ústavu výhradně pro účely bonitace zemědělského půdního fondu a zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. V České republice je vymezeno celkem 10 klimatických regionů.

Druhá a třetí číslice vymezuje příslušnost určité hlavní půdní jednotce (01-78). Hlavní půdní jednotka je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány morfogenetickým půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých hlavních půdních jednotek výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu.

Čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti a expozice pozemku ke světovým stranám.

Pátá číslice určuje kombinaci hloubky půdního profilu a jeho skeletovitosti.

Kódy BPEJ lze získat z části F výpisu z listu vlastnictví na katastrálním úřadu nebo na pozemkovém úřadu po předložení výpisu z listu vlastnictví a snímku z pozemkové mapy nebo na: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz>. Zasahuje-li do jedné parcely více BPEJ, jsou u parcely uvedeny kódy všech zasahujících BPEJ a jim odpovídající výměry bonitních dílů parcely (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 19).

## **2.4 Územní systém ekologické stability krajiny – ÚSEK**

Územní systém ekologické stability je vzájemně propojený soubor přirozených i pozměněných, avšak přírodě blízkých ekosystémů, které udržují přírodní rovnováhu. Je to komplex účelně rozmístěných a optimálně fungujících soustav biocenter, biokoridorů a interakčních prvků.

Plány ÚSES jsou zpravidla součástí územně plánovací dokumentace sídel, velkých územních celků, eventuálně zón sídel. Plány ÚSES schvalují zastupitelé obce, několika obcí nebo i vláda. Součástí ÚSES mohou být lokální územní systémy ekologické stability – LÚSES.

Projekty LÚSES jsou většinou součástí jiných územně plánovacích projektů. Jedná se například o projekty zón sídel, projekty komplexních pozemkových úprav,

projekty úprav a revitalizace vodních toků a nádrží, lesní hospodářské plány a plány péče o zvláště chráněná území přírody. Zpracovatelem může být jen nositel zvláštního oprávnění. Pořizovatelem LÚSES bývá obvykle okresní úřad nebo pověřený obecní úřad, v CHKO její správa.

Na základě plánů ÚSES mohou platit některá omezení pro funkční omezení lokality, pro omezení některých druhů činností (například: výstavba, intenzivní hospodaření na pozemcích). Z těchto důvodů je nutné vyžádat souhlas příslušného Odboru životního prostředí se zřízením porostu rychle rostoucích dřevin (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 22-23).

## 2.5 Výběr vhodných rychle rostoucích topolů

V souladu s Nařízením vlády 308/2004 Sb. O stanovení některých podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy a na založení porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě určených pro energetické využití. Přílohou č. 2 byly stanoveny náležitosti projektu o založení porostu rychle rostoucích dřevin. V §9, odstavec 2 je stanoveno, že výčet dřevin, popřípadě jejich klonů, se pro účely tohoto nařízení zveřejní ve Věstníku Mze. Seznam klonů byl aktualizován v roce 2004 a vyšel ve Věstníku Mze č. 1/2004 (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 23).

Schválené klony rychle rostoucích topolů uvádí tabulka 2.1.

**Tabulka 2.1 – Schválené klony rychle rostoucích topolů**

<b>Kříženci</b>	<b>Taxonomické zařazení dřevin</b>	<b>Kód klonu</b>
Kříženci černých a balzámových topolů	<i>Populus nigra L × Populus maximowiczii „Jap - 104“</i>	P – Jap 104-049 (J - 104 (Max – 4)
Kříženci černých a balzámových topolů	<i>Populus nigra L × Populus maximowiczii „Jap – 105“</i>	P – Jap 105-050 (J – 104 (Max – 5)
Kříženci balzámových topolů	<i>P. trichocarpa Torr. et Gray × P. koreana Rehd.</i>	P – trikor – 468
Kříženci černých topolů	<i>P. × euroamericana Dode Guinier NL – B – 132b = P. × canadensis Mönch NL – B – 132</i>	P – eurNLB – 264

Kříženci	Taxonomické zařazení dřevin	Kód klonu
Kříženci černých a balzámových topolů	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>P. × berolinensis</i> NE – 44	P – NE44B – 466
Kříženci černých a balzámových topolů	<i>P. maximowiczii</i> Henry × <i>P. × berolinensis</i> Oxford	P – Oxford – 494
Kříženci černých a balzámových topolů	<i>P. nigra</i> L. × <i>P. simonii</i> Carr	P – nigsim – 410

Pramen: (Věstník Mze č. 1/2004)

### 2.5.1 Příprava a uskladnění sadebního materiálu

U doporučených klonů topolů a vrb se nejčastěji sázejí řízky nařezané z jednoletých prýtů. Ty se odebírají ve speciálních každoročně seřezávaných porostech (matečnicích), nejlépe v únoru až březnu. Pokud je sadba připravována svépomocí, je před řezáním řízků nutno pruty skladovat v chladné místnosti pokud možno s vysokou vlhkostí, např. v bramborárně, chladícím boxu, sněžné jámě. Nej kvalitnější řízky z hlediska čistoty řezu se připravují na pásové pile. Na okružní kotoučové pile může docházet ke třepení a zapékání řezné plochy. Stříhání zahradnickými nůžkami je namáhavé a pomalejší. Dochází při něm k slabšímu poškození pletiva od střížného břitu. Optimální délka řízku je 20 až 30 cm a průměr 0,5-2,5 cm. Delší (ale dražší) řízky jsou vhodné pro oblasti s výskytem přísušků.

Řízky je nutno skladovat ve vhodných skladovacích prostorech – podobně jako pruty sklizené z matečnice. Optimální teplota při skladování je 2-4 °C. Pokud je ve skladovací místnosti vysoká vzdušná vlhkost, je možné řízky a pruty skladovat volně. V sušších skladovacích prostorech je vhodné materiál dát do igelitových pytlů, vlhké rašeliny nebo písku, aby nedocházelo k jejich nadměrnému vysychání. U igelitových pytlů je však nutné kontrolovat, aby se řízky nadměrně nezapařily a nezačaly plesnivět. Pokud se vyskytne počínající plíseň, je nutné materiál alespoň z pytlů na určitou dobu vyndat a nechat větrat. Při silném výskytu plísně je účinnější aplikovat fungicid např. roztok modré skalice. Skladování v místnostech v průvanu je nevhodné. Řízky mnoha klonů rychle rostoucích dřevin v takových podmínkách rychle vyschnou a výrazně se tak snižuje jejich schopnost rašení a zakořeňování.

Těsně před výsadbou je řízků vhodné namočit na jeden den do vody, zejména pokud nebyly skladovány v optimálních podmínkách. Toto opatření je zcela nutné pro výsadbu prováděné v obdobích nebo oblastech výskytu jarních přísušků. Pozitivní účinky stimulatorů a mikorhizy na řízků u nás zatím nebyly v polních podmínkách ověřeny.

Na extrémně nepříznivých stanovištích je výsadbu možné provést ze zakořeněných řízků. Například v Itálii pěstují jednoleté sazenice topolů z řízků v hustých výsadbách a druhým rokem je sází na plantáže „zakořeněné řízků“ – sazenice se silně ořezaným kořenovým systémem a s uříznutou nadzemní částí na 5-10 cm kolík, vrcholový pupen je po výsadbě v úrovni půdy. Ujímavost těchto sazenic je téměř stoprocentní, ale cena za založení je výrazně vyšší. Tento způsob se proto hodí více pro lignikultury než pro výmladkové plantáže (Weger, 2003, s. 25-26).

## 2.6 Způsob přípravy půdy

S přípravou pozemku je nutno začít obvykle rok dopředu před výsadbou, tak aby byly podmínky pro výsadbu a růst dřevin v prvních 2-3 měsících po výsadbě optimální. V našich podmínkách se jedná zejména o maximální omezení růstu plevelů v této době a optimalizaci fyzikálních vlastností půdy pro zakořenění dřevin (řízků, prýtů, případně sazenic). Na zaplevelených lokalitách je nutné začít intenzivní odplevelování už 1,5-2 roky před výsadbou v závislosti na převažujících druzích plevelů a zvolené technologii odplevelování. Plevelé (ale i nepřipravené pastviny a louky) omezují růst vysazených dřevin dvojitým způsobem: jednak kořenovou konkurencí (připravují je o vodu a živiny) a nadzemní konkurencí vegetačních orgánů (omezují až zamezují přístupu světla k rašícím prýtům). V zaplevelených lokalitách je navíc použití mechanizace mnohem složitější pro nepřehlednost výsadby.

Použití chemických prostředků pro velkoplošné odplevelování půd není doporučováno z důvodu ochrany přírody a tvorby reziduí v půdě, které mohou omezit růst rychle rostoucích dřevin několik let po aplikaci. V odůvodněných případech (velmi silné zaplevelení) je možno použít ověřené biodegradující preparáty (např. Roundup). Aplikace Roundupu může být provedena jednak v přípravném roce nebo také těsně před výsadbou. Tento v zaplevelených loukách efektivní způsob omezování konkurence však

může způsobit posunutí termínu výsadby řízků na méně vhodné období, neboť je nutno vyčkat 14 dní na ověření účinnosti zásahu.

Podzimní orbu a přípravu půdy na dobře odpleveleném pozemku je nejlépe provést tak, aby nebylo na jaře nutné již pozemek orat, ale jen kypřit kultivátorem, případně vyrovnat. Tento postup je důležitý zejména v oblastech s častým výskytem jarních přísušků. Jarní orbou totiž dojde k porušení přirozené kapilarity půdy, což v případě výskytu přísušků může způsobit silné proschnutí horní 15-20 cm půdy do které se řízky sázejí. Hloubka orby závisí na místních půdních podmínkách a stavu pozemku. Na těžkých jílovitých půdách je vhodné rok dopředu provést hlubokou orbu, aby se zlepšilo provzdušnění půd na několik následujících let.

V některých případech je nutné provést i jarní orbu (špatně odplevelené pozemky, utužená půda). Provádí se co nejdříve, aby se včas obnovila půdní kapilarita. Na dobře připravených pozemcích stačí provést jen kultivaci a urovnání pozemku. V trvalých travních porostech je nejefektivnější provést stržení pásu travního porostu oddrňovacím lesním pluhem (Weger, 2003, s. 24-25).

## **2.7 Technologie a termín výsadby**

Přesné určení doby výsadby závisí na místních půdních podmínkách a průběhu počasí v jarních měsících. Obvykle jsou řízky sázeny od poloviny března do dubna, jakmile půdní vlhkost dovolí přístup sazečů nebo sázecích strojů na plochu. Vhodné období končí koncem dubna nebo začátkem května. U takto pozdních výsadeb je problém, aby sadba byla ještě kvalitní (bez plísní, nevyschlá). Při dlouhodobém skladování je třeba sadbu uchovávat v mírném mrazu těsně pod 0 °C při vysoké vlhkosti.

V případě manuální výsadby se řízky ručně zapichují rovně nebo mírně šikmo do připravené půdy. Tam kde je půda slehlá a ruční zapichování nelze provádět kvůli poškozování řízku, je možné použít jednoduchý ruční sazeč. Řízek musí být skoro celý v zemi (může vyčnívat maximálně 3-5 cm nad povrchem) a vrcholový pupen by měl být na úrovni povrchu. Po zapíchnutí nebo zasunutí je potřeba půdu kolem řízku ztuhnout, například sešlápnutím z boku, tak aby přilnula k řízku, ale nebyl poškozen řízek. Řádky se před výsadbou označí napnutím provázku, aby výsadba byla prováděna rovně.

V případě mechanizované výsadby je postup závislý na typu sazeče. Postup se shoduje s výsadbou lesních sazenic. Vždy je nutné dodržet zásadu, aby řízky netrčely



víc jak 5 cm z půdy a půda kolem nich byla dobře utužena. Ve srovnání s ruční výsadbou je mechanizovaná mnohem rychlejší – okolo 0,5-0,7 ha.den<sup>-1</sup>.

Řízky připravené na poli k výsadbě je nutné chránit před vyschnutím například založením do vlhké půdy.

V zahraničí existují speciální sazeče pro výsadbu rychle rostoucích dřevin. Ve Švédsku se nejvíce používá sazeč na celé prýty, které se zasouvají vertikálně do sazeče (obsluha stojí na zadní plošině podobně jako u starých secích strojů). Stroj zapichuje a krátí prýty v přesně zadaných délkách a intervalech. Druhý, zatím méně obvyklý způsob výsadby, je horizontální kladení celých jednoletých prýtů (o délce 2-4 m) do rýhy 3-5 cm hluboké, která je sázecím strojem vyorána a následně po mechanizovaném položení prýtu zasypána. V ověřovacích pokusech je tento způsob úspěšně aplikován pro nízké náklady na výsadbu rozsáhlejších porostů. Výhodou obou ekonomicky velmi efektivních metod je také, že dlouhé prýty jsou oproti řízkům méně náchylné na vysychání.

Mladé prýty vyrážejí jak z vnějších, tak ze spících pupenů přibližně 5-10 dnů po výsadbě. Prvních 7-10 dní mohou rašící prýty růst z vody obsažené v řízku nebo prýtu. První orientační hodnocení ujímavosti je možné provést asi měsíc po výsadbě. Je třeba dosáhnout alespoň 70 % ujímavosti výsadby, protože veškeré vylepšování výsadby (dosazování) v dalším roce je velmi nákladné a musí se dělat sazenicemi. I tak je často neúspěšné.

Zavlažování připadá v úvahu jen v případě výskytu silného jarního přísušku následujícího těsně po výsadbě. Pokud je dostupná závlahová voda a závlahové zařízení, je výsadbu vhodné zalít ekvivalentem 5-10 mm dešťových srážek po každých 7-10 dnech sucha. Zálivku je vhodné provádět ráno nebo večer z důvodu menšího výparu a fyziologického stavu rostlin (Weger, 2003, s. 26-27).

### **2.7.1 Schéma a tvar výsadby**

V současnosti jsou používána dvě schémata výsadby výmladkových plantáží:

- do jednořádků ve sponech (0,5-0,3 m) × (1,5-2,5 m mezi jednořádky)
- do dvouřádků ve sponech (0,5-0,7 m) × (0,5-0,7 m) a (1,5-3 m mezi dvojřádky).

- Pro matečnice je používán téměř výhradně jednořádkový spon (0,5-0,2 m) × (1,5-2,5 m mezi jednořádky).

Přesné určení sponu závisí na dostupné mechanizaci, která bude používána k výsadbě a zejména k odplevelování. Dvořádky se začaly používat kvůli mechanizaci sklizení, zmenšují u dobře odplevelené plochy udržovanou plochu na minimum a tím šetří náklady na údržbu. Na zaplevelených lokalitách jsou ale mnohem náročnější na ruční nebo polo-mechanizované odplevelování uvnitř dvořádku, pro takové lokality jsou mnohem vhodnější jednořádky.

Jednou z důležitých otázek je také orientace a tvar plantáže či řádků, kterými můžeme výrazně ovlivnit krajinný efekt a částečně i výnos plantáže. Z hlediska výnosu je výhodnější směr řádků ze severu na jih. Dochází tak zejména v prvních letech k optimálnímu využití sluneční energie. Z hlediska ochrany proti vodní erozi je samozřejmě nejlepší sázet řádky po vrstevnici. Pokud má mít porost např. i izolační funkci (proti vlivům větru, silnice), je neefektivnější sázet řádky rovnoběžně se silnicí. Ekonomicky efektivní je mít řádky plantáže co nejdelší. Každé otáčení mechanizace zvyšuje náklady a prostor ponechaný pro otáčení či manipulaci snižuje rozlohu výsadby.

Z důvodu zvyšování ekologické stability a druhové pestrosti výmladkových plantáží je také doporučováno sázet do jedné plantáže více klonů a druhů rychle rostoucích dřevin, ať již v klonových směsích (více klonů v jedné ploše např. po řádcích) nebo klonových blocích (plochy klonů vytvářejí celou plantáž). Se správnou volbou těchto směsí by se měli pěstitelé poradit s odborníky nebo je žádat od autorů projektu na založení porostu (Weger, 2003, s. 27).

### **2.7.2 Opláštění plantáže – izolační a rozčleňovací pásy**

Jednou z podmínek zakládání výmladkových plantáží u nás je vysázení izolačních a případně rozčleňovacích pásů okolo a u rozlehlých plantáží i uvnitř zakládaného porostu. Jejich funkcí je jednak přirozeným způsobem začlenit porosty do okolní krajiny a současně působit jako retardační bariéra proti případnému šíření reprodukčních orgánů nepůvodních druhů nebo jiných nevhodných prvků do okolí. Může se jednat například o spory rzi *Melampsora larici populi*, která se ve vlhkých letech objevuje na topolech a vrbách v hojném počtu a způsobuje u některých klonů předčasný opad listů. Spory rzi působí na lidi jako alergen. Izolační pásy jsou zásadně

zakládány z druhů vyskytujících se přirozeně na území ČR (např. topoly černé, vrba košíkářská a jiné). Šíře pásů závisí na celkové rozloze plantáže a skladbě klonů. Minimálně by však měla být v rozměru jednoho dvojřádku a mezery pro průjezd či otočení mechanizace (např. 0,7 m + 3 m) (Weger, 2003, s. 27-28).

## 2.8 Údržba v dalších letech po výsadbě

### *Ochrana proti plevelům*

Omezování plevelů před výsadbou a jeden i dva roky po výsadbě je klíčovou operací pro úspěšné založení matečnic i plantáží. Kořenová konkurence plevelů vede ke značnému zpomalení růstu, takže první výrazný výškový přírůstek se objeví ve druhém až třetím roce a první solidní sklizeň biomasy je posunuta do 4.-6. roku. Navíc je nutno provádět intenzivní odplevelování nadzemních částí plevelů často i v druhém a třetím roce po výsadbě, což prodražuje údržbu a na velkých rozlohách je fyzicky nevládnutelné. Nadzemní konkurence plevelů může v kombinaci s jinými nepříznivými vlivy dokonce způsobit zvýšení ztrát v mladých výsadbách již v prvním roce do takové, že je lepší výsadbou zrušit.

Plevel je důležité omezovat hned po výsadbě. Pokud se sází ručně (1 ha může trvat čtyřem sazečům 1 týden) začínají se řádky ručně odplevelovat hned po dosažení od začátku plochy. V této době je totiž možné odplevelování provádět ještě poměrně efektivně motykou, případně ručně, bez poškozování rašících prýtlů. Stejně tak porost uvnitř dvojřádku lze poměrně dobře udržovat ručními motorovými plečkami nebo rotavátory. Meziřádky se poměrně snadno odplevelují mechanizovaně – oráním, kosením, plečkováním, rotavátorováním obvyklou zemědělskou mechanizací. Obvykle se odplevelování na málo zaplevelených plochách provádí 1-3 × do roka. Prýtle z dobře rašících řízků obvykle přerostou plevele až v letních měsících, kdy dosáhnou výšky padesát až osmdesát centimetrů.

Aplikace chemické ochrany proti plevelům je složitá, protože topoly a vrby jsou na ní citlivější než běžné plevele.

Velmi dobré opatření využitelné u matečnic a menších plantáží je mulčování sesekanou rostlinnou hmotou, které vytváří příznivé vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy a dává k dispozici množství pohotových živin. Aby se dosáhlo potlačení

plevele, je nutné použít rostlinnou hmotu z dalších ploch, sesekaná hmota z vlastní plochy plantáže nestačí a u trvalých plevelů dochází k zahuštění drnu.

Ze všech jmenovaných způsobů omezování plevelů je sečení a vyžínání možno hodnotit jako ekologicky nejvhodnější, neboť nejméně narušuje vznikající mikroklima pro organismy (zejména půdní) a dochází k největší akumulaci organické hmoty a živin v půdě. Omezované plevely zároveň působí jako ochrana půdy proti možné erozi (Weger, 2003, s. 28).

## **2.9 Způsoby sklizně a rušení plantáže rychle rostoucích dřevin**

Výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin se sklízí v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje mezi 3.-6. rokem. Pokud bude tedy celková doba existence plantáže 15-25 let tak jak se předpokládá, znamená to, že bude sklizena 4-8 krát. Podle zkušenosti ze zahraničí se nedoporučuje sklízet v kratších obmýtích, neboť se tím sníží celková efektivita produkce biomasy (poměr výnosu a vložených nákladů za dobu existence plantáže). Při častějším sklizení dojde k poklesu produkce dřívě (do 10 let). Doporučovaný 3-4 letý cyklus u nás je minimum, které by z uvedených hledisek nemělo být snižováno. Spíše je možné uvažovat na některých lokalitách o variantě prodloužení cyklu. Sem patří například mrazové kotliny, zamokřené půdy, vyšší polohy aj.

Pro pěstitele je také zajímavá relativní volnost při rozhodování o roku sklizně. Pokud není situace na trhu (poptávka) jeden rok výhodná, může počkat se sklízí do roků dalších. Nejvhodnějším obdobím pro sklizeň na štěpku jsou zimní měsíce (prosinec-březen), kdy je obsah vody v pletivech nejnižší a je možno využít volných pracovních sil a strojů. Vhodné je také sklízet, když je půda zamrzlá a mechanizace nemá problémy s pohybem

Matečnice se sklízí naproti tomu každý rok, a to i v případě, že není odbyt. Cílem je totiž vypěstovat kvalitní nevětvený prýt, který dosáhneme právě každoročním seřezáváním. Pokud bychom jednoleté prýty neseřezali v dalším rokem by většinou začali tvořit sekundární větvení, které značně komplikuje a prodražuje přípravu a manipulaci řízků a mají navíc nižší ujmavost.

## 2.9.1 Klasické technologie sklizně výmladkových plantáží

### *Pořezání a snopkování*

Může být provedeno manuálně nebo mechanizovaně. V prvním případě se provádí ruční pořezání stromů křovinořezem a manuální přesun na okraj plantáže. Tento postup je vhodný pouze pro malé velikosti plantáží, výzkumné a testovací plochy do rozlohy 2-3 ha. Při větších plochách je pro praktickou realizovatelnost sklizně nutné použít přídatné zařízení za traktor (např. upravenou traktorovou pilu pro podřezání stromků) nebo specializovaný sklízecí stroj, který podřezává v dané výšce kmeny a spojuje je do snopků. Biomasa se buď ponechá na okraji plantáže nebo se hned odváží na místo konečného zpracování. Po vyschnutí na vzduchu (1-3 měsíce) je sklizená biomasa štěpkována. Štěpka je dostatečně suchá (20-30 %), energeticky velmi vydatná a je vhodná i pro spalování v topeništích s nižším až středním výkonem. Tento způsob je náročnější na manipulaci, ale stroje jsou jednodušší (univerzální).

### *Pořezání a štěpkování*

Tento způsob využívá většinou samojízdné, ale i tažené sklízecí stroje schopné okamžité výroby dřevní štěpky přímo na poli. Ta má vyšší vlhkost, ale je snadněji manipulovatelná a dopravovatelná. Pro spalování této štěpky jsou vhodná velká topeniště nad 1 MW.

### *Pořezání, štěpkování a peletování*

Tento způsob využívá velmi těžké samojízdné sklízecí stroje *biotruck* schopné okamžité výroby pelet ze suchých stébelnin přímo na poli. Ty jsou snadněji manipulovatelné a dopravovatelné. Pelety jsou vhodné pro spalování do téměř všech topenišť od domácích kotlů a krbů po kotle CZT.

V zahraničí jsou k dispozici výkonné speciální sklízecí stroje. Při sklizni rychle rostoucích dřevin se s úspěchem uplatňuje kooperace několika pěstitelů v oblasti, kteří mohou vytvořit sdružení za účelem efektivního využívání sklízecích strojů. V jiných případech provádí sklizeň sdružením i jednotlivým zemědělcům kontraktně subjekt, který takový stroj vlastní. Speciální sklízecí stroje se vyplatí pro velké energetické nebo pěstitelské celky, kde se velké pořizovací náklady rozloží na větší počet provozních hodin stroje. Domácí sklízecí mechanizace zatím není komerčně k dispozici (prototyp, projekty) (Weger, 2003, s. 29-30).

## 2.9.2 Sušení a uskladnění štěpky

Obsah vody v biomase se v praxi pohybuje v širokém rozmezí 15-70 %. Dřevní biomasa z výmladkových plantáží sklizená v zimním období obsahuje 45-55 % vody (přibližně  $11 \text{ kg}^{-1}$  suché váhy).

Výhřevnost s obsahem vody samozřejmě klesá, a proto je důležité čerstvě sklizenou biomasu dosušit na vlhkost 20-30 % a potom ji vhodně uskladnit. Vhodný postup je nutno volit podle způsobu sklizně: zda je čerstvá biomasa sklizena v celých kmenech nebo štěpkována.

V prvním případě je možné nechat kmeny ležet na hromadách a vysychat 100 až 190 dní vlivem povětrnostních podmínek. Po uplynutí této doby dosáhne obsah vody v dřevě rovnovážného stavu okolo 20-35 % (dle vnější vlhkosti) a další dosoušení by bylo nutné dělat za použití sušiček. Je zajímavé, že na rychlost a efektivnost vysoušení nemá vliv fakt, zda je hromada pod střechem nebo na volném prostranství. Vlhkost z dešťových srážek vysychá rychle. Nejvhodnějším obdobím k ukončení tohoto přírodního vysoušení je srpen, případně září – nebo-li do nástupu podzimního vlhčího počasí. Potom je vhodné kmeny seštěpkovat a štěpku uložit nejlépe v zastřešené skladu paliva. V případě, že je vlhkost i nadále vysoká, postupujeme podle metodiky pro nakládání s vlhkou štěpkou uvedené v následujícím odstavci.

Pokud je polotovarem vlhká čerstvá štěpka, je převážně nutné provádět její dosoušení ve vhodném zastřešeném skladovacím prostoru. V našich podmínkách se k tomuto velmi dobře dají využít velkoobjemové seníky s nucenou přirozenou ventilací. Ve výzkumných projektech se podařilo prokázat, že za použití přirozené cirkulace vzduchu přes podlahové rošty je možno 0,4 m vysokou vrstvu biomasy vysušit na vlhkost okolo 20 % (z 50 %) za 5-7 dnů. Rychlost vysychání u této metody závisí zejména na vlhkosti venkovního vzduchu a velikosti částic štěpky. Pro dosoušení ve vysokých hromadách či vrstvách (nad 1-2 m) se v zahraničí doporučuje využívat jednoduché trubicovité větráky, které se používaly pro dosoušení obilí.

Jednou z často opomíjených odlišností štěpky a biomasy je její poměrně vysoká objemová hmotnost. Například štěpka z 1 ha výmladkové plantáže (8-10 tun sušiny na hektar za rok) zabírá prostor okolo  $200 \text{ m}^3$  (10 m x 10 m x 2 m). Obec o 200 obyvatelích s centrální výtopnou spotřebuje za zimu 600-700 t paliva a skladovací prostor by tedy měl být 12-14 tis.  $\text{m}^3$  (to je přibližně jako by na fotbalovém hřišti byla štěpka složena do výše 2 m). I když je nejvýhodnější mít jeden velký sklad v těsné

blízkosti kotelny, v praxi je to řešeno soustavou menších skladů a postupného zavážení biopaliva do automatizovaného skladu u kotelny. U všech typů skladů je vhodné, aby byly dobře větratelné (Weger, 2003, s. 30-31).

### **2.9.3 Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití**

Ve věku 15-25 let, když začne výnos produkční plantáže klesat pod úroveň ekonomické rentability, je vhodné přikročit ke zrušení plantáže. Stav půdy po pěstování rychle rostoucích dřevin plantážovým způsobem závisí na několika faktorech, z nichž hlavní jsou úrodnost půdy, způsob a objem hnojení plantáže. Navracení stanoviště původnímu použití je důležitou otázkou z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a podléhá kontrole MŽP.

Technologie rušení plantáží jsou v současnosti dobře propracovány v zahraničí (Rakousko). Po poslední sklizni jsou speciálními frézami odstraněny pařízky, případně část kořenového systému. Pokud je to nutné, může být zbytek kořenů rozrušen hlubokou orbou. Zbytky kořenů v půdě slouží jako drenáž a k provzdušnění hlubších vrstev ornice. V případě, že je stav půdy po produkční plantáži dobrý nebo lepší (fyzikální vlastnosti, humus) než tomu bylo před jejím založením, je možno plochu na jaře osít cílovou plodinou (obilí, traviny). Pokud je živinová rovnováha půdy narušena, doporučuje se na základě výsledků půdních rozborů půdu dohnojit nebo ji biologicky meliorovat např. vojtěškou nebo jetelo-travní směsí.

Řešení celého procesu produkce a využití biomasy by bylo možno řešit pomocí regionálních sdružení – podniků zajišťujících odborně a technologicky celý proces od dodávky sadby přes její vysazení, sklizeň, distribuci až po využití (prodej) biomasy, tak jak je tomu např. ve Švédsku nebo některých rakouských spolkových zemích. Tyto společnosti by mohly být také pověřeny rušením plantáží a jejich převodem zpět na původní užití, protože budou disponovat speciální mechanizací a odbornými znalostmi (Weger, 2003, s. 31).

### 3 Funkce porostů rychle rostoucích dřevin v krajině

#### *Biologická*

Využití ploch pro zlepšení účinnosti, propojení nebo náhradu biologicky účinných ploch na lokalitách, kde je z rozličných důvodů nelze realizovat.

- Vznik biokoridorů a lesních společenstev v bezlesé zemědělské krajině.
- Pohlcování oxidu uhličitého a produkce kyslíku.
- Zvýšení biodiverzity zemědělské krajiny.
- Plantáže a stromořadí mají nezastupitelné místo v potravinovém řetězci.
- Úkryt a potrava pro drobnou i vysokou zvěř, hnízdiště ptactva.

#### *Meliorační*

Zlepšení aktuálního stavu plochy přítomností většího počtu rostlin.

- Větrolamy (snižování větrné eroze a škod na zemědělských plodinách).
- Zachycují srážkové vody – meliorační prvek (ochrana před přívalovými srážkami).
- Eliminace eroze půdy – zamezení nežádoucímu vysoušení krajiny.
- Biologická meliorace přemokřených stanovišť.
- Využití v zahradnictví a zahrádkářství jako doplněk kompostů.
- Zlepšení půdních poměrů – vytvoření humusové vrstvy a provzdušnění půdního horizontu.

#### *Izolační*

Oddělení a omezení negativního působení navazujících ploch nebo objektů.

- Snížení prašnosti a hlučnosti.
- Vytváření kořenových clon na ochranu vodních zdrojů.
- Tříštění větrných proudů – větrolamy.

#### *Asanační*

Využití plochy devastované předchozím způsobem užívání a její regenerace účinkem většího počtu rostlin.

- Břehové porosty zajišťující rychlé zpevnování břehů proti vodní erozi.
- Vegetační úprava výsypek a antropogenních stanovišť.



- Uvolňování fytoncidů z pupenů topolů do ovzduší.
- Zlepšení tepelného režimu lokality.
- Pomocná kultura v lese (dočasná ochrana porostů).
- Recyklace vody v krajině.
- Využití plochy tzv. suchých poldrů (protipovodňových) a zmírnění povodňových vln.
- Filtrace srážkové a povodňové vody odnímáním přebytečných živin.
- Zvýšení vlhkosti vzduchu.
- Dekontaminace půd od těžkých kovů.

### *Kulturní*

Náhrada některých tradičních a historických prvků zeleně v krajině, které z rozličných důvodů nelze obnovit v původní podobě.

- Doprovod liniových staveb.

### *Estetická*

Využití ploch energetických rostlin k omezení účinku pohledově exponovaných negativně působících objektů nebo jiným způsobem přispět ke zlepšení krajině-estetických kvalit území.

- Liniové hranice v krajině.
- Estetické působení a rozčleňování krajiny.
- Solitéry v krajině (jen výjimečně jsou to pozůstatky původních autochtonních druhů z přírodního zmlazení).
- Intravilány vesnic, u náveských rybníků.

### *Naučná*

Využití plochy k naučným, propagačním nebo výzkumným účelům.

### *Produkční*

Využití obtížně obdělávaných a ekonomicky nevýhodných ploch zemědělské půdy a podpora zaměstnanosti v regionu.

- Plantáže topolů, lignikultury, včelařské porosty vrb, obaly pro zemědělskou produkci (zelinářství a ovocnářství).

(Moudrý, Součková, a kolektiv, 2006, s. 90-91)

## **4 Dotační programy na porosty rychle rostoucích dřevin**

**1. Dotace dle Nařízení vlády č. 308/2004 Sb., ze dne 5. května 2004 o stanovení některých podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy a na založení porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě určených pro energetické využití.**

*Podmínky žádosti o dotaci na založení porostů rychle rostoucích dřevin:*

Žadatelé o podporu na zakládání porostů rychle rostoucích dřevin musí podat žádost o dotaci do 28. února kalendářního roku územnímu pracovišti Státnímu zemědělskému intervenčnímu fondu (SZIF). Formulář žádosti i další potřebné dokumenty je možné získat na SZIF. Vyrozumění o přidělení dotace by mělo být vydáno do 30 dnů od podání žádosti. Žadatelé mohou být v zásadě fyzické osoby a organizace, které splňují podmínky uvedené v § 3 a 4 (obce mají některá omezení). Hlavní součástí žádosti o dotaci jsou (podle NV 308/2004 Sbírky):

- výpis z katastru nemovitostí prokazující vlastnické právo k pozemku,
- minimální výměra plantáže musí být 0,5 ha, matečnice 0,25 ha,
- projekt na založení porostu RRD a platný doklad prokazující právní subjektivitu žadatele,
- stanovisko orgánu ochrany přírody k založení porostu,
- souhlas příslušného orgánu ochrany zemědělského půdního fondu, čestná prohlášení (Nařízení vlády č. 308/2004 Sbírky).

**2. Nařízení vlády 505/2000 kterým se stanoví podpůrné programy k podpoře mimoprodukčních funkcí zemědělství.**

Část 3., § 12 odst. C), čl. 2. „změna struktury zemědělské výroby založením porostů RRD podle přílohy tohoto NV“. Výše finanční dotace je řešena v § 14, kde jsou stanoveny sazby za provedení výkonů. Sazby jsou podrobně uvedeny v tabulce 11.1.

- Oplocení reprodukčních porostů (60 Kč.m<sup>-1</sup>).
- Topoly a vrby pro reprodukční porosty - řízek (3 Kč.ks<sup>-1</sup>).
- Ochrana produkčních porostů (4 000 Kč.ha<sup>-1</sup>).

(Nařízení vlády č. 505/2000 Sb.)

## 5 Experimentální část

### 5.1 Praktické měření těžby a zpracování technologií pilař – štěpkovač

Měření bylo realizováno na plantáži Krejcárka nedaleko jaderné elektrárny Temelín. Spon topolů na plantáži je 2,5 m × 0,75 m × 0,5 m (dvouřádky). Počet stromů na hektar 8 778.

#### 5.1.1 Postup pracovní činnosti

Na plantáž přijely dvě soupravy (první byla složena z traktoru a přívěsu, druhá z traktoru, štěpkovače a přívěsu) se čtyřčlennou obsluhou. Práci zahájil pilař s pomocníkem (řidič traktoru), který ukládal pokácené topoly kolmo na osu porostu plantáže. Průměrný čas na seříznutí jednoho stromu byl šest sekund (čas měřen od ukončení řezu předchozího kmene stromu k ukončení řezu dalšího kmenu). Čas na kácení dvou řad v porostu byl změřen v délce 80 minut (v řadě v těžném úseku bylo 400 kusů stromů a byly těženy dvě řady). Po přepočtu byla stanovena výkonnost 1 hektar za 17 hodin při těžbě stromů v plantáži motorovou řetězovou pilou. Poznámka: V případě, že by jeden ze zbývajících dvojic byl také pilař, mohou pracovat při těžbě dvě skupiny a čas pro kácení plantáže se pochopitelně zkrátí. V praxi bude výkonnost těžaře nižší, protože frekvenci kácení jakou měl pilař při měření výkonnosti nelze udržet celou pracovní dobu. Obrázky 2, 3, 4 zachycují plantáž Krejcárka.

Shodné směřování stromů bylo důležité pro jejich snazší vkládání do vstupního hrdla štěpkovače. Po provedené těžbě šesti řad bylo zahájeno štěpkování stromů. Souprava skládající se z traktoru (Z 72-45), štěpkovače a přívěsu pojížděla podél pokácených řad stromů a dva pracovníci sbírali stromy ze šesti řad a vkládali je do štěpkovače. Třetí pracovník popojížděl se soupravou traktor – štěpkovač – přívěs a příležitostně pomáhal přibližovat stromy ke štěpkovači (když stál traktor na místě). Koncovka se sklopkou mířila do ložné plochy přívěsu a docházelo k plynulému plnění ložného prostoru na objem 20 m<sup>3</sup>. Čtvrtý pracovník průběžně odvázel zaplněný přívěs a po vyprázdnění ho opět přivezl na plantáž. Při příjezdu byl přívěs za štěpkovačem již téměř plný, takže mohlo dojít k výměně přívěsů.

Použitá mechanizace byla při výzkumu používána v souladu s jejím předurčením, pracovní orgány byly v dobrém stavu.

### 5.1.2 Zjištěné poznatky

Sledováním a měřením těžby a zpracování topolů byly zjištěny následující poznatky:

- Vzdálenost stromů od vstupního hrdla štěpkovače se pohybovala v rozsahu 2 až 8 metrů, což vyžadovalo průměrný čas transportu v trvání sedmi sekund.
- Průměrný čas prostoje při vtahování materiálu (stroj byl obsazen, resp. strom byl vtahován a svými větvemi bránil dalšímu vložení) činil 12,4 s.
- Výkonnost těžby jeden těžař plus jeden pomocník 1 ha za 17 hodin.
- Výkonnost těžby jeden těžař plus jeden pomocník 300 kusů poražených stromků za 1 hodinu práce.
- Průměrná přestávka ve vkládání (způsobená přibližováním pokácených stromů plantáže k hrdlu štěpkovače) činila 4,6 s.
- Organizační přestávka v součtu za hodinu činila 11,3 min.
- Transport stromů přes pařezy byl obtížný a nebezpečný.
- Z uvedených údajů byl vypočítán součinitel využití času v hodnotě 0,81.
- Naměřená skutečná výkonnost štěpkování  $28 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (teoretická výkonnost pro použitý štěpkovač  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  je v praxi nedosažitelná).

Tabulka 5.1 uvádí přehled naměřených hodnot těžby a zpracování topolů.

**Tabulka 5.1 – Výsledky měření těžby a zpracování topolů**

Název operace, měřené veličiny	Naměřené hodnoty
Průměrná vzdálenost stromů k hrdlu štěpkovače	2-8 m
Průměrná doba štěpkování stromku	12,4 s
Průměrná doba přibližování stromku ke štěpkovači	7 s
Výkonnost těžby (těžař + pomocník)	1 ha za 17 hodin
Výkonnost těžby (těžař + pomocník)	300 kusů za 1 hodinu
Součinitel využití času	0,81
Skutečná výkonnost štěpkování	$28 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

### 5.1.3 Popis technického vybavení

#### *Štěpkovací stroj*

- Výrobce: Eschlböck Biber;
- Typ: Bobr 7;
- Štěpkovací systém: Bubnová sekačka;
- Max. Ø dřeva: 35 cm;
- Vstupní otvor: 35 × 56 cm;
- Délka štěpky: 1, 2, 3 cm;
- Počet nožů: 8;
- Otáčky vývod. hřídele: 1000 ot.min<sup>-1</sup>;
- Potřebný příkon: 44 kW;
- Teoretická výkonnost: 300 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

#### *Zetor 72-45*

- Maximální výkon: 44,5 kW při 2 200 ot.min<sup>-1</sup>;
- Točivý moment: 225,2 Nm při 1 501 ot.min<sup>-1</sup>;
- Měrná spotřeba paliva: 237 g.kWh<sup>-1</sup>;
- Průměrná spotřeba: 12,1 l.h<sup>-1</sup> (tolerance ± 5 %) při 80 % zatížení;
- Objem motoru: 3 595 cm<sup>3</sup>;
- Pořizovací cena: 369 200 Kč (provedení Agro).

#### *Zetor 62-45*

- Maximální výkon: 40,5 kW při 2 200 ot.min<sup>-1</sup>;
- Točivý moment: 199,8 Nm při 1 501 ot.min<sup>-1</sup>;
- Měrná spotřeba paliva: 244 g.kWh<sup>-1</sup>;
- Průměrná spotřeba: 11,0 l.h<sup>-1</sup> (tolerance ± 5 %) při 80 % zatížení;
- Objem motoru: 3 456 cm<sup>3</sup>;
- Pořizovací cena: 352 700 Kč (provedení Agro).

(Návod k obsluze Zetor, 1982)

#### *Přívěsy*

- Typ: PS 2 10.08 AGRO;
- Nosnost: 8 tun;

- Ložná plocha: d 4390 × š 2390;
- Objem ložného prostoru: 20 m<sup>3</sup>;
- Úpravy přívěsu: zvýšení bočnic.

#### *Ruční motorová řetězová pila*

- Výrobce: Husqvarna;
- Model: H 33;
- Výkon: 1,8 kW;
- Objem motoru: 34 cm<sup>3</sup>;
- Délka lišty: 33 cm;
- Hmotnost: 5,5 kg.

#### **5.1.4 Přímé náklady na sklizeň jednoho hektaru porostu rychle rostoucích dřevin**

V tabulce 5.2 jsou uvedeny některé přímé náklady související s těžbou a zpracováním jednoho hektaru porostu rychle rostoucích dřevin. Do přímých nákladů patří zejména spotřeba pohonných hmot, mzdové náklady, spotřeba benzínu a oleje v ruční řetězové motorové pile. Fixní náklady do výpočtu zahrnuty nejsou, protože budou u každého podniku jiné. Největší vliv na jejich výši bude mít vlastnictví potřebné mechanizace (traktory, přívěsy, štěpkovací stroj, ruční motorová řetězová pila), forma vlastnictví pozemku a jiné.

Pokud bude počítáno z výnosem čerstvé hmoty 476,86 t.ha<sup>-1</sup> a průměrnou objemovou hmotností zelené štěpky (sypané) 108 kg.m<sup>-3</sup> vyjde celková produkce na jeden hektar 4 415,4 m<sup>3</sup> štěpky. Tato hodnota odpovídá přibližně 221 plným přívěsům o objemu 20 m<sup>3</sup>, přibližně 158 hodinám práce štěpkovacího stroje (naměřená výkonnost byla 28 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>). Těžba jednoho hektaru prováděná těžžarem a pomocníkem trvá 17 hodin. Při měření byl zjištěn čas pro naplnění přívěsu průměrně 42,6 min. Za tuto dobu pracovník stihl štěpku složit do skladu a vrátil se s vysypaným přívěsem. Při průměrné rychlosti traktoru 10 km.h<sup>-1</sup> a potřebné době na vyložení (hydraulicky sklápěný přívěs) pět minut vychází přepravní vzdálenost na 3,13 kilometrů. Spotřeba ruční motorové řetězové pily je 810 g.h<sup>-1</sup> (450 g.kW<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>, výkon 1,8 kW).

### *Spotřeba pohonných hmot (PHM)*

Zetor 72-45 má hodinovou  $12,1 \text{ l.h}^{-1}$  (tolerance  $\pm 5 \%$ ) při 80 % zatížení. Doba provozu štěpkovacího stroje 158 hodin. Celková teoretická spotřeba pohonných hmot na zpracování  $4\,415,4 \text{ m}^3$  štěpky je 1 911,8 litru. Při ceně motorové nafty  $24 \text{ Kč.l}^{-1}$  (bez DPH) jsou náklady **45 883,2 Kč**.

Zetor 62-45 má hodinovou  $11,0 \text{ l.h}^{-1}$  (tolerance  $\pm 5 \%$ ) při 80 % zatížení. Doba provozu traktoru zetor 62-45 s přívěsem bude přibližně stejná jako doba provozu štěpkovacího stroje čili 158 hodin. Celková teoretická spotřeba pohonných hmot na odvoz štěpky je 1 738 litrů. Při ceně motorové nafty  $24 \text{ Kč.l}^{-1}$  (bez DPH) jsou náklady **41 712 Kč**.

Ruční motorová řetězová pila Husqvarna H 33, má hodinovou spotřebu  $810 \text{ g.h}^{-1}$  ( $450 \text{ g.kW}^{-1}\text{h}^{-1}$ , výkon 1,8 kW). Těžba jednoho hektaru porostu plantáže rychle rostoucích dřevin trvá 17 hodin. Spotřeba na jeden hektar bude 13,77 kg benzínu ( při objemové hmotnosti  $750 \text{ kg.m}^{-3}$ ) odpovídá spotřeba 18,36 l. benzínu. Při ceně benzínu  $24 \text{ Kč.l}^{-1}$  (bez DPH) jsou náklady na benzín přibližně **441 Kč**. Poměr motorového oleje v benzínu u dvoutaktních benzínových motorů je většinou 1 : 50. Spotřeba motorového oleje činí 0,3672 litru (na 18,36 l. benzínu). Cena oleje se pohybuje okolo  $150 \text{ Kč.l}^{-1}$ . Náklady na motorový olej celkem **55 Kč**. Náklady na olej, který maže řetěz činí **350 Kč** (cena za litr okolo 35 Kč).

### *Mzdové náklady*

Jednotkové náklady na živou práci se vypočítají jako součin mzdy pracovníka a sazby. Pokud by mzda těžaře byla  $110 \text{ Kč.h}^{-1}$  a sazba 1,36, jsou jednotkové mzdové náklady přibližně  $150 \text{ Kč.h}^{-1}$ . Těžba jednoho hektaru trvá 17 hodin. Celkové mzdové náklady na těžaře jsou **2 550 Kč**.

Při mzdě pomocníka  $100 \text{ Kč.h}^{-1}$  a sazbě 1,36 jsou jednotkové mzdové náklady přibližně  $136 \text{ Kč.h}^{-1}$ . Těžba jednoho hektaru trvá 17 hodin. Celkové mzdové náklady na pomocníka jsou **2 312 Kč**.

Jednotkové mzdové náklady na hodinu čtyř pracovníků při štěpkování a odvozu štěpky se vypočítají jako součin mzdy pracovníka na hodinu a sazby krát čtyři. Jednotkové mzdové náklady činí 544 Kč ( $100 \times 1,36 \times 4$ ). Doba práce se pohybuje kolem 158 hodin. Celkové mzdové náklady na štěpkování a odvoz jsou **85 952 Kč**.

**Tabulka 5.2 – Některé přímé náklady na těžbu jednoho hektaru porostu RRD**

<b>Přímý náklad</b>	<b>Množství (litry; hodiny)</b>	<b>Cena (Kč)</b>
Spotřeba PHM Zetor 72-45	1 911,8	45 883
Spotřeba PHM Zetor 62-45	1 738	41 712
Spotřeba PHM Husqvarna H 33	18,36	441
Spotřeba motorového oleje Husqvarna H 33	0,3672	55
Spotřeba oleje na mazání řetězu Husq. H 33	10	350
Těžba – celkové mzdové náklady - těžař	17	2 550
Těžba – celkové mzdové náklady - pomocník	17	2 312
Zpracování topolů – 4 pracovníci (štěpkování + odvoz)	158	85 952
<b>Přímé náklady celkem</b>	-	<b>179 255</b>
<b>Přímé náklady na 1 m<sup>3</sup> štěpky</b>	<b>4 415,4 m<sup>3</sup></b>	<b>40,6</b>

## **5.2 Praktické měření těžby technologií harvester**

Jednalo se o první těžbu v porostu. Průměr kmenů topolů se pohyboval od 80 do 130 mm a výška stromů od 8 do 12 m. Plantáž čítala okolo 5 700 kusů stromů.

### **5.2.1 Postup pracovní činnosti**

Stroj Rottne H 2004 se pohyboval mezi řadami stromků v plantáži jejichž spon byl 0,5-0,7 m × 2,5 m a střídavě těžil stromy ve dvou řadách. Délka pracovního ramene stroje dovozovala těžbu i v dalších dvou řadách, ale prováděno tak nebylo. Záleželo na rozhodnutí operátora, kdy popojede se strojem a začte znovu těžit okolní stromy. Přejezdy stroje jsou obsaženy v časech na kácení. U stromů malého vzrůstu nedocházelo ke krácení, proto je uvedeno u času krácení 0 s. Pokud se provádělo krácení, tak na sortimenty délky dva nebo čtyři metry dle rozhodnutí operátora.

Časy jednotlivých operací při těžbě jsou uvedeny v tabulce 5.3.



### 5.2.2 Zjištěné poznatky

Sledováním a měřením těžby topolů harvestorem byly zjištěny následující poznatky:

- Bylo změřeno, že za 1 hodinu průměrně zpracuje harvestor 175,6 kusů stromů topolů.
- Výkonnost harvestoru: 1 hektar za 38,9 hodiny.
- Průměrný čas na těžbu a zpracování jednoho stromu trvá 20,596 s.

**Tabulka 5.3 – Časy (s) jednotlivých operací při těžbě harvestorem**

<b>Strom</b>	<b>Kácení</b>	<b>Krácení</b>	<b>Uložení</b>	<b>Čas celkem na 1 strom</b>
1	6,8	0	3,8	10,6
2	12,3	5,7	4,6	22,6
3	8,9	6,6	5,1	20,6
4	10,6	8,2	6	24,8
5	7,1	0	4,1	11,2
6	6,3	0	5,2	11,5
7	8,9	7,3	5,6	21,8
8	10,3	7,2	6,3	23,8
9	13,1	6,5	6,7	26,3
10	10,6	0	7,2	17,8
11	9,1	5,9	6,8	21,8
12	8,3	6,3	4,3	18,9
13	10,6	8,3	5,3	24,2
14	11,1	0	3,9	15
15	11,3	5,6	5,2	22,1
16	10,9	5,6	6,3	22,8
17	12,3	0	5,5	17,8
18	9,6	6,3	6,8	22,7
19	10,2	6,7	6,5	23,4
20	10,6	6,3	8,2	25,1
21	8,2	6,2	6,9	21,3
22	9,9	5,9	7,2	23

<b>Strom</b>	<b>Kácení</b>	<b>Krácení</b>	<b>Uložení</b>	<b>Čas celkem na 1 strom</b>
23	10,2	6,3	6,1	22,6
24	8,8	6,9	5,2	20,9
25	8,9	7,5	5,9	22,3
<b>Průměrný čas na zpracování jednoho stromu (s)</b>				<b>20,596</b>

### 5.2.3 Technické údaje

*Rottne H 2004*

- Maximální výkon: 88 kW při 2 100 ot.min<sup>-1</sup>;
- Točivý moment: 460 Nm při 1 400 ot.min<sup>-1</sup>;
- Šířka stroje: 1 840 mm;
- Celková délka: 8 160 mm;
- Pojezdová rychlost: 0-25 km.h<sup>-1</sup>;
- Délka vyložení: 6,5 m;
- Kácecí hlavice: EGS 400 (pro průměry 40-400 mm);
- Nosnost ramene: 420 kg.

## 5.3 Měření prototypu – sklízecí řezačky SPKU 220

Sklízeč píce univerzální závěsný SKPU 220 je určen pro sklizeň (sečení a sběr) píce. V dnešní době už k původnímu určení tento stroj není využíván, protože je nahrazen moderní samojízdou řezačkou. Podnik (majitel stroje) našel pro stroj nové uplatnění a to jako štěpkovač náletových dřevin (převážně vrba jíva) a větví z ovocných sadů. Upravený sklízeč je ke štěpkování využíván již pátým rokem.

### 5.3.1 Technické úpravy

Technické úpravy sklízecí provedli zaměstnanci podniku pod vedením mistra dílny. Hlavní konstrukční prvky sklízecí zůstaly nezměněny. Technické změny a úpravy spočívají v:

- Demontování sklízecího adaptéru, šnekového válce a čtyř řezacích nožů (z osmi nožů);

- Změně vzdálenosti nožů řezacího ústrojí od protiostří na hodnotu 1,5 mm;
- Zúžení stroje z pravé strany po směru jízdy o cca 500 mm uříznutím koryta a odstraněním stranice tak, aby koryto lícovalo s vnějším okrajem kola. Tato úprava má zajistit snazší transport snížením šířky stroje;
- Navaření ochranného rámu nad vkládacími válci;
- Instalací páky do pracovního prostoru sklízeče, která řadí zpětný chod vkládacích válců. Tento bezpečnostní prvek umožňuje obsluze zařadit okamžitý zpětný chod vkládacích válců v případě vniknutí nežádoucího tělesa.
- Z důvodu poruchy natáčení koncovky a sklopky je koncovka pevně jištěna proti otočení.
- Nastavení délky řezanky: v rozvodové skříni zařazena rychlost I, kardany pro pohon podávacího ústrojí nasazeny na hřídeli válců většího průměru, 4 řezací nože. Teoretická délka řezanky pak odpovídá hodnotě 46,4 mm.

### 5.3.2 Technické údaje

- Váha: 2 046 kg;
- Teor. délka řezanky: 7-95,2 mm;
- Ø řezacího bubnu: 750 mm;
- Šířka řezacího ústrojí: 550 mm;
- Otáčky řezacího bubnu: 850 ot.min<sup>-1</sup>;
- Potřebný příkon: 36,7 kW;
- Délka: 5 280 mm;
- Šířka v transp. poloze: 3 450 mm (tovární provedení);
- Rok výroby: 1977.

### 5.3.3 Postup měření

Pro měření byl vybrán prostor podél oplocení zemědělského podniku. Je charakteristický pásovitým tvarem (délka 50 metrů, šířka 3 metry) a svažitostí 25 °. Na této ploše rostou v řadě náletové dřeviny (vrba jíva) v rozestupu kolem deseti metrů,

které již byly dříve pokáceny a znovu obrostly. Pro měření byly vybrány dva obrostlé kmeny čítající 20 a 50 výhonů o průměrech pařezů od 10 do 130 mm. Pro těžbu byla použita ruční motorová řetězová pila Dolmar. Při těžbě pomáhal jeden pracovník odebírat a skládat poražené stromy na skládku tak, aby kmeny byly orientovány jedním směrem. Celá těžba i se skládáním stromů na kopici trvala 8 minut 30 sekund.

Sklízeč píce SKPU 220 v agregaci se Zetorem 52-11 a připojeným přívěsem zajel k pokáceným stromům. Vzdálenost vkládacích válců od stromů bližšího kmenu byla dva metry a vzdálenějšího kmenu šest metrů. Sklízeč byl používán v transportní poloze tažného oje. Nože řezacího ústrojí nebyly před měřením broušeny. Stav celého řezacího ústrojí byl hodnocen jako průměrný. Přípravné práce trvaly přibližně sedm minut (připojení vývodového hřídele 540 ot.min<sup>-1</sup>, nastavení otáček motoru traktoru na hodnotu 1 700 ot.min<sup>-1</sup>).

Doba štěpkování začala být měřena od vložení prvního kmenu do vkládacích válců a skončila po zpracování posledního stromu. Do sklízeče transportoval stromy z první skládky jeden pracovník (druhý pracovník mu je podával). Z druhého kmene už stromy transportovali střídavě oba pracovníci. Celková doba štěpkování byla změřena v trvání 10 minut.

Štěpkovaný materiál vyfukovalo bubnové řezací ústrojí na střed ložné plochy přívěsu zapřaženého za sklízečem píce. Úlet štěpky mimo ložnou plochu přívěsu byl minimální. Po skončení štěpkování byla štěpka ručně pomocí lopaty přeházena do nádoby tvaru kvádrů o objemu jeden m<sup>3</sup>. Tímto způsobem byl stanoven objem štěpky na 1,1383 m<sup>3</sup>. Po přepočítání byla výkonnost sklízeče píce stanovena na 6,8 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>. Velikost štěpky se pohybovala od 60 do 120 mm. Tato nízká výkonnost byla způsobena sortimentem stromů určených ke štěpkování (z 20 výhonů jen 3 měly průměr větší než 100 mm), malým prostorem pro manipulaci a transport stromů ke štěpkovači (průměrná přestávka ve vkládání činila 6 s). Přehled naměřených údajů je uveden v tabulce 5.4.

#### **5.3.4 Zjištěné poznatky**

Sledováním a měřením těžby a zpracování topolů byly zjištěny následující poznatky:

- Vzdálenost stromů od vstupního hrdla štěpkovače se pohybovala v rozsahu 2 až 6 metrů, což vyžadovalo průměrný čas transportu v trvání 6,5 s. (na dobu

transportu měl vliv také úzký manipulační prostor mezi traktorem a svažitým pozemkem způsobený nastavením oje sklízeče píce do transportní polohy).

- Průměrný čas prostoje při vtahování materiálu (stroj byl obsazen, resp. strom byl vtahován a svými větvemi bránil dalšímu vložení) činil průměrně dvě s. (stroj byl obsazen pouze při transportu stromů z bližší kopice, při transportu ze vzdálenější kopice - 6 m stroj stíhal zpracovat strom ještě před příchodem pracovníka s dalším stromem).
- Průměrná přestávka ve vkládání (způsobená přibližováním pokácených stromů plantáže k hrdlu štěpkovače) činila 6 s. (na tuto hodnotu měl opět vliv zúžený prostor pro transport stromů ke sklízeči).
- Doba na zpracování 7,2 m dlouhého stromu s průměrem kmene 110 mm činila 3,44 s. (měřeno od vložení kmene stromu do vkládacích válců až po jeho úplné seštěpkování).
- Velikost štěpky se pohybovala v rozmezí 60-120 mm (viz Příloha B, obrázek 12)
- Vypočtená hodinová výkonnost sklízeče je  $6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .
- Při měření je vhodnější používat sklízeč s nastavením oje do pracovní polohy.
- Bubnové řezací ústrojí nemůže stoprocentně zajistit aby řezaná hmota (kmen a větve) byla rozřezána na stejně dlouhé částice. Vliv na to má rozdílný průměr kmene a větví (vkládací válce jsou nadzvednuty kmenem a větve jsou volně vtahovány řezacím ústrojím), úhel vkládání stromů do vkládacích válců, mezera mezi řezacími noži a stěnami bubnu.

**Tabulka 5.4 – Výsledky měření prototypu SKPU 220**

Název operace, měřené veličiny	Naměřené hodnoty
Průměrná vzdálenost stromů k hrdlu štěpkovače	2-6 m
Průměrná doba štěpkování stromku (délka 7,2 m)	3,44 s
Průměrná doba přibližování stromku ke štěpkovači	6,5 s
Skutečná velikost štěpky	60-120 mm
Průměrná přestávka ve vkládání	6 s
Průměrný čas prostoje při vtahování materiálu (stroj obsazen)	2 s
Skutečná výkonnost štěpkování	$6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

### 5.3.5 Přímé náklady na pořízení, přestavbu a štěpkování sklízeče SKPU 220

#### *Náklady na pořízení*

Pokud stroj podnik (nebo fyzická osoba) již nevlastní, lze jej pořídit na trhu se zemědělskou technikou za cenu pohybující se okolo **12 000 Kč** (zdroj: <http://stroje.bazos.cz/inzerat/1850181/skpu-220.php>, inzerát zveřejněn 23.3.2008).

#### *Náklady na přestavbu*

Sklízeč píce SKPU 220 lze (podle výpovědi pracovníka zemědělského podniku ve kterém bylo prováděno měření) zvládnout ve dvou lidech za 20 hodin.

Mzdové náklady tedy činí **5 440 Kč** (hodinová mzda × sazba × počet hodin × počet zaměstnanců;  $100 \times 1,36 \times 20 \times 2$ ). Náklady na spotřebovaný materiál (např. plyny svářecí soupravy) nejsou uvedeny, protože nebyly měřeny.

#### *Přímé náklady na štěpkování*

Sklízeč píce SKPU 220 byl agregován se Zetorem 52-11 s hodinovou spotřebou paliva  $8,8 \text{ l.h}^{-1}$  (tolerance  $\pm 5 \%$ ) při 80 % zatížení. Dosažená výkonnost štěpkování při měření -  $6,8 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ . Do sklízeče vkládali stromy dva pracovníci. Při ceně motorové nafty  $24 \text{ Kč.l}^{-1}$  (bez DPH) jsou teoretické náklady na hodinu provozu Zetoru v agregaci se sklízecem **211,2 Kč**.

Mzdové náklady dvou pracovníků na hodinu jsou **272 Kč** (hodinová mzda × sazba × počet pracovníků;  $100 \times 1,36 \times 2$ ).

Na štěpkování  $1 \text{ m}^3$  jsou přímé náklady (mzdové a spotřeba PHM) **71 Kč**. Přehled výsledků je uveden v tabulce 5.5.

**Tabulka 5.5 – Některé přímé náklady na pořízení, přestavbu a štěpkování sklízeče SKPU 220**

Přímý náklad	Množství (litry; hodiny)	Cena (Kč)
Cena pořízení		12 000
Náklady na přestavbu (dva pracovníci)	20 h	5 440
Náklady na pohonné hmoty	$8,8 \text{ l.h}^{-1}$	211,2
Mzdové náklady 2 pracovníků na štěpkování	1 h	272
Přímé náklady na štěpkování	$1 \text{ m}^3$	71

## 6 Výsledky

Z výsledků uvedených v kapitolách 5.1.2, 5.2.2, je patrné, že z hlediska výkonnosti je výhodnější pro seřiznutí stromů v plantáži rychle rostoucích energetických dřevin využít technologii pilař a pomocník. Pilař a pomocník: výkonnost 1 hektar za 17 hodin (v praxi bude výkonnost nižší, protože se pracovník s ruční motorovou řetězovou pilou při prováděném měření výkonnosti podvědomě snažil těžit co nejrychleji). Takovým tempem by ale nedokázal pracovat celou pracovní směnu. Víceúčelový kácecí stroj (harvestor Rottne H 2004): výkonnost 1 hektar za 38,9 hodin. Výhoda technologie pilaře a pomocníka bude mít platnost pouze za předpokladu optimálních povětrnostních podmínek a denní doby, kdy může pilař pracovat. Taktéž nasazení těžké techniky v málo únosném terénu je komplikované. Víceúčelový kácecí stroj může pracovat oproti pilaři v dešti, větru, a vzhledem k integrovanému osvětlení i za tmy. Ani nízké denní teploty tomuto stroji nevadí. Určité omezení použití harvesterové technologie skýtá druhá a následující těžba porostů rychle rostoucích dřevin. Důvodem je nerovnoměrně obrostlý pařez stromu s několika výhony. Takto narostlý porost lze harvestorem těžit jen obtížně.

V oblasti bezpečnosti práce je harvesterová technologie lépe hodnocená. Podle statistických údajů vzniku úrazů není operátor víceúčelového kácecího stroje vystaven nebezpečí úrazu ze strany stroje jako pilař. Není negativně ovlivňován prostředím (chlad, emise výfukových plynů, pád na kluzkém povrchu apod.), protože je v kabině stroje s optimálním pracovním prostředím, nevystavuje se riziku vzniku trvalého poškození zdraví vlivem nemoci. Je nutné podotknout, že dodržování zásad bezpečnosti práce s ruční motorovou řetězovou pilou je často porušováno. Při těžbě rychle rostoucích dřevin je pomocník pilaře vystaven velkému nebezpečí poranění řeznou částí motorové pily. Proto je vhodné pomocníka vybavit stejnými osobními ochrannými prostředky jako má pilař. Nezanedbatelnou výhodou harvesterové technologie je úspora jednoho pracovníka, respektive mzdové náklady a absence rizika vzniku úrazu u tohoto pracovníka. Také lze oprávněně očekávat, že v případě sklizně v delších časových intervalech, kdy nebude produkce rychle rostoucích dřevin využívána pouze pro energetické účely, ale i pro jiné hospodářské využití, bude harvesterová technologie ve výhodě i v potřebě času na další operace při těžbě stromů (odvětvění a krácení).

Naměřená výkonnost štěpkovacího stroje Biber 7 ( $28 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ), se od teoretické výkonnosti ( $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ) značně liší. Tento fakt je třeba brát v úvahu při sestavování ekonomických modelů pěstování a sklizně porostů rychle rostoucích dřevin. Použitím shrnovače klestu, kterým lze navrstvit pokácené topoly na malé deponie, by se výkonnost štěpkovacího stroje zvýšila (zkrácením času potřebného pro transport stromů ke štěpkovači).

Na těžbu a zpracování (štěpkování a odvoz) jednoho hektaru porostu rychle rostoucích dřevin při výnosu čerstvé hmoty  $476,86 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  vychází přímé náklady 179 255 Kč. Na zpracování (těžba, štěpkování, odvoz) jednoho  $\text{m}^3$  štěpky jsou přímé náklady 40,6 Kč.

Použití sklízeče píce SKPU 220 pro zpracování stromů náletových dřevin do průměru kmene 120 mm lze doporučit. Při nastavení teoretické délky řezanky 46,4 mm byl strom o délce 7,2 m zpracován za 3,44 s. Tento údaj ukazuje na možné vyšší dosažení výkonnosti, než naměřené  $6,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (například při rovnoměrnějším sortimentu stromů). Náklady na pořízení sklízeče píce se pohybují okolo 12 000 Kč a náklady na úpravy byly vypočítány do 6 000 Kč. Pro zvýšení bezpečnosti práce se sklízečem doporučuji zhotovení kovového trychtýřového hrdla kolem vkládacích válců, aby se zabránilo styku obsluhy stroje s podávacími válci.



## 7 Diskuse a doporučení pro praxi

Na trhu v ČR jsou k dispozici stroje, které mohou být úspěšně použity pro sklizeň rychle rostoucích dřevin. Sklizeň lze realizovat různými způsoby v závislosti na předpokládaném využití. Pro kotle velkých výkonů lze využít kontinuální technologii zpracování celých stromů s využitím víceúčelového kácecího stroje nebo štípacích nůžek nesených na zemědělských traktorech a následně štěpkovačů poháněných zemědělskými traktory. V těchto případech je štěrka odvážena ke spalovně do skladu, kde je ponechána k proschnutí (což musí být v optimálních vrstvách, aby nedocházelo k zahnívání) nebo míchána se suchým dřevním odpadem ke snížení obsahu vody (toto řešení je v praxi velmi často využíváno). Další variantou je využití atmosférického vzduchu k vysoušení seříznutých stromů. V tomto případě musí být odvezeny na vhodnou deponii, kde budou přes letní měsíce vysychat. Sběr a odvoz z plantáže je nutný proto, aby nebyl později poškozen nově rašící porost.

Domnívám se, že vzhledem k malým plochám porostů rychle rostoucích dřevin (kolem jednoho hektaru), které jsou u nás v současné době jednorázově těženy, se harvesterová technologie zatím neprosadí, protože cenově nemůže konkurovat ověřené technologii – ruční motorová řetězová pila – štěpkovač – traktor – čtyři (přes zimu jinak nevyužití) pracovníci ze zemědělství.

V dnešní době se na trhu objevuje řada nových a výkonných strojů jako například svazkovač těžebního odpadu John Deere 1 490 D, který sbírá, lisuje a váže těžební odpad do balíků, kompresní sběrač těžebních zbytků PC – 48 nebo univerzální kácecí stroj s kácecí hlavou typu FB 20 pracující na principu gilotinových štípacích nůžek. Všechny výše zmiňované stroje jsou použitelné při těžbě a zpracování porostů rychle rostoucích dřevin. Bylo by zajímavé realizovat praktická měření těchto strojů. Obávám se ale, že pokud nebudou realizovány výsadby velkých ploch s porostem RRD, je nasazení těchto výkonných strojů neekonomické.

Dle (Weger, 2003, s. 31) je po poslední sklizni plantáže rychle rostoucích dřevin na jaře možné osít plochu cílovou plodinou, za předpokladu, že zbylé pařezy budou speciálními frézami odstraněny. Tento postup nelze jednoznačně doporučit. Sledováním plochy po porostu rychle rostoucích dřevin se ukázalo, že ani důkladným frézováním speciální pařezovou frézou pracující do hloubky 40 cm (šířka záběru 0,5 m) a následnou hlubokou orbou se nezabrání, aby ze zbylých kořenů nacházejících se ve hloubce 20 až 30 cm neobrazily výhony a plantáž neobnovila růst.

Sestavením ekonomického modelu z výsledků měření těžby a zpracování topolů na plantáži Krejcárka vyšla suma některých přímých nákladů na těžbu jednoho hektaru **179 255 Kč**. Tato suma nákladů je o dost vyšší než uvádí (Moudrý, Součková a kol., 2006, s. 89) v tabulce 11.2, kteří předpokládají celkovou výši nákladů (přímých i nepřímých) na pěstování a sklizeň topolů z jednohektarové plantáže **99 910 Kč**. Tento rozdíl je z části způsobený započítanými náklady na odvoz štěpky do tři kilometry vzdáleného skladu. Přehled agrotechnických zásahů je zpracován v tabulce 11.3.

Vhodnější variantou sklizně a zpracování topolů na plantáži Krejcárka se jeví použití shrnovače klestu. Například traktorovou vyvážecí soupravou se mohou stromy odvést na vhodné místo a vytvořit deponii. Následné štěpkování čerstvě poražených stromů (nebo přes léto vyschlých), se pak odehrává na jednom místě, což jednak přináší výrazné ušetření času na transport stromů, ale také možnost využití výkonných štěpkovačů integrovaných mimo jiné i na nákladních automobilech.

Dle (Moudrý, Součková a kol., 2006, s. 89) se výkonnost při sklizni topolů na plantáži ruční motorovou řetězovou pilou pohybuje v rozmezí **126-170 ks.h<sup>-1</sup>** a harvestorovou technologií **260-340 ks.h<sup>-1</sup>**. Při praktických měřeních výkonnosti pilaře a harvestoru Rottne H 2004 se naměřené hodnoty liší od hodnot publikovaných. Harvestor měl průměrnou výkonnost **175,6 ks.h<sup>-1</sup>**, pilař **300 ks.h<sup>-1</sup>**. Rozdíl jednotlivých výkonností je zřejmě dán podmínkami, ve kterých měření probíhalo, dále použitím rozdílných strojů a rozdílnou zručností obsluhy.

Jednou z možností pěstování rychle rostoucích topolů je prodloužit interval těžby na 15-25 let. Tento způsob pěstování popisuje (Kalandra a kol., 1953, s. 64-70). Ve 25. roce růstu dosahuje topol výnos v nejlepší bonitě půdy **470 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>** zelené hmoty. Počet stromů na hektar při tomto výnosu je 500 kusů. Průměrná výška stromů je 24,4 m, průměrná šířka kmene okolo 45 cm. Tento způsob pěstování umožní využít kmenové dřevo také pro jiné využití, než pouze energetické. Těžba pak může být zajištěna univerzálními kácecími stroji. Na tuto variantu pěstování zatím neexistují dotace.

Pro těžbu plantáží rychle rostoucích dřevin se při malých výměrách plantáže (cca jeden hektar) finančně vyplatí využít technologii těžby - pilař, pomocník.

Při sestavování ekonomických modelů a navrhování souprav pro těžbu a zpracování topolů na plantáži je nutné počítat s tím, že výkonnosti strojů udávané výrobcem se mohou značně lišit od výkonností dosažených při práci na plantáži.

Sledováním produkčních výnosů topolů bylo zjištěno, že v prvních dvou letech po výsadbě je důležitá likvidace plevelů, která má značný vliv na přírůstky topolů.

Použití sklízeče píce SKPU 220 pro zpracování kmenů do průměru 120 mm lze doporučit. Důležité je, aby přestavbu stroje provedl odborný pracovník, který též posoudí technický stav celého stroje. Při přestavbě doporučuji zhotovit kolem vkládacích válců hrdlo ve tvaru komolého jehlanu (podobně jako to mají štěpkovače tovární výroby), které omezí nebezpečí poranění obsluhy sklízeče při vkládání materiálu. Náklady na pořízení a přestavbu se pohybují do 20 000 Kč. Pro srovnání cena nového štěpkovacího stroje Bobr 2 se pohybuje kolem 340 000 Kč.

Při měření výkonnosti sklízeče SKPU 220 docházelo při vtahování stromů (vrba jíva) vkládacími válci k značnému olamování slabých větví, které je způsobeno křehkostí dřeva.

## 8 Seznam použité literatury

1. Abrham, Zdeněk, Andert, David, Sladký, Václav: *Energetické využití pevné biomasy*. Sedmé vydání, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2006, s. 59, ISBN 80-86884-19-8.
2. Abrham, Zdeněk, Jevič, Petr, Kocánová, Vlasta, Kovářová, Marie, Šedivá, Zdeňka: *Ekonomika pěstování a využití energetických a průmyslových plodin*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2002, s. 26.
3. Boháč, Jaroslav, Celjak, Ivo, Kohout, Petr: *Rádce pro pěstitele plantáží rychle rostoucích topolů*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007, s. 52.
4. Firemní podklady *Eschlböck, Štěpkovací stroje*. Výrobní program Biber, 2003.
5. Firemní podklady John Deere, *Svazkovač těžebního odpadu 1490 D*. 2007.
6. Firemní podklady Rottne, 2004.
7. Havlíčková, Kamila, Weger, Jan a kolektiv: *Biomasa, Obnovitelný zdroj v krajině*. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 2003, s. 51, ISBN 80-85116-32-4.
8. Informační stánky firmy Merimex, 2007. Dostupné na: <http://www.merimex.cz>.
9. Informační stánky firmy John Deere, 2007. Dostupné na: <http://www.deere.com>.
10. Kalandra, A. a kolektiv: *Rychle rostoucí dřeviny a jejich pěstování*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 1953, s.142.

11. Moudrý, Jan, Součková, Helena a kolektiv: *Nepotravinářské využití fytomasy*. První vydání, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, Výzkumný ústav zemědělské ekonomiky v Praze, DTP České Budějovice, 2006, s. 95, ISBN 80-7040-857-X.
12. Nařízení vlády č. 308/2004 Sb. *Nařízení vlády o stanovení některých podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy a na založení porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě určených pro energetické využití*.
13. Nařízení vlády č. 505/2000 Sb. *Nařízení vlády o podpůrných programech mimoprodukčních funkcí zemědělství, udržování krajiny a méně příznivých oblastí*.
14. *Návod k obsluze traktorů Zetor 5011, 6011, 6045, 7011, 7045*. Druhé vydání, Dokumentačně propagační oddělení – Zetor Brno, 1982, s. 103, číslo publikace 735 342 310 165.
15. *Sklízeč píce univerzální závěsný SKPU 220, Návod k obsluze, Katalog dílů*. Třetí vydání, Agrostroj Pelhřimov, národní podnik Pelhřimov, 1977, s. 295
16. Trnka, Jiří: *Zemědělská technika a biomasa*. Čtvrté vydání, Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha, 2005, s. 132, ISBN 80-86884-07-4.

## 9 Přílohy

### Příloha A

#### Ekonomika pěstování rychle rostoucích dřevin, modelové technologické postupy pěstování energetických plodin.

**Tabulka 11.1 - Sazby za technickou jednotku provedeného výkonu**

Předmět dotace		Technická jednotka	Sazba v Kč
Výsadba reprodukčního porostu – topol, vrba		1 ks řízku	3,-
Zřízení oplocením k zajištění reprodukčních porostů		1 m	60,-
Ochrana reprodukčních porostů proti zaplevelení		1 ha	5 000,-
První výsadba produkčního porostu	topol, vrba	1 ks řízku	5,-
	jiné dřeviny		
Opakovaná výsadba produkčního porostu	topol, vrba	1 ks sazenice	5,-
	jiné dřeviny		
Ochrana produkčních porostů		1 ks řízku	1,-

Pramen: (Kovářová, 2002)

**Tabulka 11.2 - Náklady na pěstování a sklizeň topolů (10 tisíc řízků na 1 ha)**

Operace	Náklady v Kč.ha <sup>-1</sup>
Na podzim – podmítka, hnojení organickými hnojivy, orby	3 370,-
1. rok: - příprava půdy, hnojení prům. hnojivy, sázení řízků, okopávka, plečkování, chemické ošetřování	51 930,-
2. až 4. rok – dosadba řízků, plečkování, chemické ošetřování	6 610,-
5. rok – sklizeň (včetně štěpkování)	20 000,-
Celkem (přímé náklady)	81 910,-
Celkem (nepřímé náklady) <sup>1)</sup>	18 000,-
<b>Celkové náklady</b>	<b>99 910,-</b>
<b>Dotace</b>	<b>54 000,-</b>
<b>Výsledné náklady (při využití dotací)</b>	<b>45 910,-</b>

Pramen: (Kovářová, 2002)

Poznámka: <sup>1)</sup> zahrnují nájemné půdy, daně, odpisy a opravy budov, úroky a režie (za pět roků).

**Tabulka 11.3 - Plantáž rychle rostoucích dřevin – agrotechnické zásahy**

Rok	Operace		Materiál		
	Název	Opakovatelnost	Název	Měrná jedn.	Množství měř.jedn./ha
Založení porostu	Rozmetání vápenat.hnojiv	0,33	Mletý vápenec	t	2 000
	Podmítka talíř.branami	0,33			
	Nakládání chlév.hnoje	0,33			
	Rozmetání hnoje	0,33	Chlévský hnůj	t	40 000
	Hluboká orba	0,33			
	Příprava půdy-kombinátory	0,33			
	Dovoz řízků	0,33			
	Výsadba řízků	0,33	Řízky rychlerost. dřevin	tis.ks	10 000
	Okopávka ruční	0,33			
	Plečkování rotační	0,33			
	Dovoz vody	0,33			
	Plošný postřik	0,33	Chemický přípravek	kg	2 000
Plečkování rotační	0,33				
Produkční roky	Dosadba řízků	1,00	Řízky rychlerost. dřevin	tis.ks	1 000
	Plečkování rotační	1,00			
	Okopávka ruční	1,00			
	Dovoz vody	1,00			
	Plošný postřik	1,00	Chemický přípravek	kg	2 000
	Plečkování rotační	1,00			
	Dovoz vody	1,00			
	Plošný postřik	1,00	Chemický přípravek	kg	2 000
	Plečkování rotační	1,00			
	Dovoz vody	1,00			
	Plošný postřik	1,00	Chemický přípravek	kg	2 000
	Sklizeň rychlerost. dřevin	1,00	Štěpka rychlerost. dřevin	t	120 000
Odvoz štěpky rychl.dřevin	1,00				

Pramen: (Kovářová, 2002)



Pramen: (Boháč, Celjak, Kohout, 2007, s. 10)

**Obrázek 1 – Štěpka je jednou formou produkce dřevní hmoty z RRD**



Pramen: (Plevka, 10. 3. 2008)

**Obrázek 2 – Porost topolů na plantáži Krejcárka**





Pramen: (Plevka, 10. 3. 2008)

**Obrázek 3 – Porost topolů na plantáži Krejčárka**



Pramen: (Plevka, 14. 3. 2007)

**Obrázek 4 – Těžba porostu topolů na plantáži Krejčárka**



Pramen: (Plevka, 14. 3. 2007)

**Obrázek 5 – Plantáž Radčice**



Pramen: (Plevka, 3. 2. 2008)

**Obrázek 6 – Plantáž Radčice**



Pramen: (Plevka, 3. 2. 2008)

**Obrázek 7 – Plantáž Radčice**



Pramen: (Plevka, 7. 3. 2008)

**Obrázek 8 – Sklízeč píce SKPU 220**



Pramen: (Plevka, 7. 3. 2008)

**Obrázek 9 – Těžba náletových dřevin**





Pramen: (Plevka, 7. 3. 2008)

**Obrázek 10 – Sklízeč píce SKPU 220**



Pramen: (Plevka, 7. 3. 2008)

**Obrázek 11 – Sklízeč píce SKPU 220 a přívěs**



Pramen: (Plevka, 7. 3. 2008)

**Obrázek 12 – Detail štěpky ze sklízeče SKPU 220**