

OBSAH

Úvod	4
1 Přehled o současném stavu	6
1.1 Energetické dřeviny	8
1.1.1 Pěstování	9
1.1.1.1 Zakládání porostů	10
1.1.1.2 Údržba a pěstování v dalších letech po výsadbě	11
1.1.1.3 Sklizeň biomasy	12
1.1.1.4 Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití	13
1.1.2 Výnosy	13
1.1.3 Energetické údaje	14
1.1.4 Fyzikální vlastnosti z hlediska vhodnosti pro spalování	15
1.1.5 Jiný význam	17
1.1.6 Zpracování dřeviny pro energetické využití	18
1.2 Zemědělské plodiny pro energetické využití	19
2 Dotační programy	23
3 Analýza kotlů a spaloven biomasy	28
3.1 Kotle nízkých výkonů (10 – 50 kW)	29
3.2 Kotle vysokých výkonů (51 – 5 MW)	30
3.3 Spalovny biomasy v Jihočeském regionu	31
4 Mechanizace vhodná pro úpravu biomasy určené pro energetické využití	37
4.1 Mechanická úprava rychlerostoucích dřevin	37
4.1.1 Stroje na sklizeň	37
4.1.2 Harvestory	39
4.2 Mechanická úprava pevných biopaliv	39
4.2.1 Sekačky	39
4.2.2 Drtiče	43
4.2.3 Zařízení na paketování	43
4.3 Mechanická úprava energetických stébelnin	44
4.3.1 Sběrací vozy	44
4.3.2 Sběrací lisy	44
4.3.3 Lisy na válcové balíky	45

4.3.4	Lisy na hranaté balíky	45
4.3.5	Briketování a peletování suchých stébelninin	46
5	Technologické a ekonomické aspekty pěstování a využití biomasy pro energetické využití	47
6	Experimentální část	50
6.1	Založení pokusných ploch energetických dřevin	50
6.1.1	Založení pokusné plochy Němčice	50
6.1.2	Založení pokusné plochy Švábův Hrádek	52
6.1.3	Pokusná plantáž rychle rostoucích topolů Lhenice	52
6.2	Založení polní parcely pro pěstování zemědělských plodin (2004,2005)	53
6.2.1	Založení polní parcely v roce 2004	53
6.2.1.1	Laskavec	53
6.2.1.2	Slunečnice roční	53
6.2.2	Založení 12 polních parcel v roce 2005	54
6.2.2.1	Půdní a klimatické podmínky	54
6.2.2.2	Plán založení zkušebních ploch na 12 parcelách	55
6.2.2.3	Energetické plodiny na kterých byly dále zkoumány růstové vlastnosti	60
6.2.2.4	Agrotechnika jednotlivých plodin	60
6.2.2.5	Sklizeň	60
6.3	Sběr a analýza dat	61
6.3.1	Topol	61
6.3.2	Ozdobnice čínská	63
6.3.3	Topinambur	63
7	Výsledky	64
7.1	Topol	64
7.2	Ozdobnice čínská	65
7.3	Topinambur	66
8	Diskuse	67
9	Vypracování obecných závěrů a konkrétních doporučení pro praktické využití	70
9.1	Dřeviny	70
9.2	Zemědělské plodiny	72
10	Seznam použité literatury	73

11 Přílohy	77
Příloha A	77
Příloha B	81
Příloha C	83

ÚVOD

Omezené zásoby fosilních paliv, jenž jsou v současné době nejvýznamnějším zdrojem energie, vedou k hledání dalších zdrojů, aby i nadále bylo možné zajišťovat významně narůstající trend spotřeby energie. Mezi těmito zdroji patří k nejvýznamnějším biomasa, která má mnoho předností zejména obnovitelnost, ale také dostupnost a možnost poskytnout výsledné produkty jejího zpracování do většiny průmyslových sektorů.

Energetické využívání obnovitelných zdrojů dnes představuje rozsáhlý program vědecko – výzkumných aktivit, vývoje technologií a jejich promyšleného uplatňování a v celkovém kontextu snah o maximální využití všech zdrojů energie při minimalizaci negativních vlivů jejich využívání na životní prostředí. Nejenže nabízí pokrytí významného podílu spotřeby energie, ale také rozšiřuje oblast poznání o tak závažných problémech, k jakým patří mimo jiné možnosti růstu globální spotřeby energie a jeho vliv na rovnovážný biosystém Země.

Biomasa vyniká mezi ostatními zdroji obnovitelné energie zejména tím, že její podstatná část představuje nejrůznější odpady, k jejichž řízenému pěstování lze využívat ladem ležící půda a její využívání jako zdroje energie je ohleduplné k životnímu prostředí. Je to dáno tím, že aktivními prvky hořlaviny jsou uhlík a vodík, a plynné produkty spalování proto představují oxid uhličitý a vodní pára ve spalinách. Množství oxidu uhličitého přibližně odpovídá množství uhlíku spotřebovaného při růstu biomasy v relativně krátkém období. Při spalování biomasy nedochází k negativnímu ovlivnění životního prostředí exhalacemi a produkty hoření.

Podle podílu na produkci energie pochází více než 70 % energie z obnovitelných zdrojů ze spalovacích procesů. Energetickému využití biomasy je věnována mimořádná pozornost ve všech vyspělých zemích světa. Výrazně je podporován výzkum zaměřený na zvýšení efektivnosti využití biomasy a rozšíření možností jejího uplatnění. Vedle klasických systémů se spalováním dřeva za účelem vytápění či výroby technologické páry jsou vyvíjeny systémy pro zplyňování, umožňující kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie. Všechna tato řešení jsou vázána na potřebu nových technologických prvků a nových poznatků z výzkumu i z provozu.

Cílem této práce je ověřit vhodnost nepotravinářského využití biomasy pěstované na zemědělské půdě. Pozornost bude věnována:

- a) výběru lokalit pro založení plantáží rychle rostoucích dřevin a ověření jejich výnosu;

- b) volbě zemědělských plodin vhodných pro energetické využití, porovnání jejich výnosů;
- c) porovnání výnosů rychle rostoucích dřevin a vybraných druhů energetických plodin;
- d) ověření výnosu vhodné produkce pro energetické využití;
- e) možnosti využití zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin;
- f) vypracování obecných závěrů a doporučení pro praktické využití.

1 Přehled o současném stavu

Zajištění dostatečného množství energetické biomasy je důležitý a závažný úkol. Jak bylo již propočteno, je třeba téměř z celé jedné poloviny získat biomasu záměrným pěstováním energetických rostlin, aby byl dosažen indikativní cíl zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie v ČR do r. 2010. Podstatný podíl na tom mají rostliny bylinného charakteru, protože plochy rychle rostoucích dřevin jsou u nás malé, dosahují jen asi 80 ha. Dosud převážně využívaná biomasa odpadní, jako je např. dřevní štěpka, začíná být stále dražší a rozhodně jí nebude dostatek. Proto je nezbytné zaměřit se na přímé pěstování energetických plodin.

Energetické byliny mají přitom význam nejen jako přímý zdroj obnovitelné energie, ale i jako nový program pro zemědělce, který může reálně přispět k efektivnímu využití orné půdy. Je to zřejmé zejména v poslední době, kdy je přebytek tradičních zemědělských komodit s nízkými výkupními cenami. Názorným příkladem jsou obiloviny, kterými jsou ještě nyní naplněny sklady z loňské sklizně. Česká republika má přitom v současné době téměř 1 milion hektarů půdy, která není nezbytná pro produkci potravin. Přebytek potravin na světovém trhu i u nás nutí zemědělce uvádět půdu do klidu. Velká část těchto ploch by proto mohla být efektivně využita právě pro cílené pěstování energetických plodin. Proč by se měly stále pěstovat plodiny, na které není odbyt? Řešením je jejich náhrada „pěstováním“ energie, které je evidentní nedostatek. Rozvoj „fytoenergetiky“ má tudíž velký význam i pro stabilitu činnosti zemědělské, což dále navazuje na význam pro údržbu kulturní krajiny: budou-li důsledně všechny plochy půdy řádně obdělány, nebude se vyskytovat nežádoucí zaplevelení, což významně přispěje ke zlepšení vzhledu krajiny (Petříková, 2006).

V ČR představuje podíl současného využití obnovitelných zdrojů energie 2,1 % celkové spotřeby energie. V roce 2005 je uvažováno s podílem 3,2 % (vč. velkých vodních elektráren) a do roku 2010 by ČR měla docílit podílu OZE na bilanci 4-6 %. Strategický cíl EU podle Bílé knihy o obnovitelných zdrojích energie z roku 1997 je 12% podíl na celkové spotřebě energie.

Usnesením vlády ČR č. 1140/2001 Sb., byl schválen Státní program na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů pro rok 2002 (dále Státní program). Souběžně je naplňován Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejich

obnovitelných a druhotných zdrojů (dále Národní program), který je vyhlášen na čtyřleté období. Cílem Národního programu v oblasti obnovitelných zdrojů energie ke konci roku 2005 je:

- dosažení podílu obnovitelných zdrojů energie na spotřebě primárních energetických zdrojů ve výši 2,9 % (bez velkých vodních elektráren nad 10 MW),
- snížení růstu závislosti ekonomiky ČR na dovážených energetických zdrojích a tím omezení její zranitelnosti z hlediska budoucího růstu cen paliv a energie i možného omezení dostupnosti dovážených energetických zdrojů,
- minimalizace negativních dopadů získávání a užití energie na životní prostředí v souladu s požadavky trvale udržitelného rozvoje.

Obnovitelné zdroje energie řeší nejen energetickou soběstačnost rodinných farem, ale také poskytují paliva pro teplárenský sektor v energetice. V zemích EU je největší produkce obnovitelných zdrojů energie v Německu, Francii, Itálii, Švédsku a Rakousku. V roce 2002 bylo v ČR pro energetické využití spotřebováno přes 1,8 mil. tun sušiny biomasy, přičemž největší podíl představuje spalování dřevního odpadu a využití dříví pro energetické účely. Vyššímu rozvoji obnovitelných zdrojů energie v zemědělství je soustavně směřována podpora tekutým alternativním palivům na bázi MEŘO a biolihu. Do briket a pelet bylo v roce 2002 zpracováno přibližně 160 tis. tun fytomasy, což zdaleka neodpovídá možnostem reálného využitelného potenciálu. Ověřovací plochy v rámci výzkumu prokazují dobré předpoklady i pro cílenou produkci biomasy k energetickému využití. Zpracovaná biomasa ve formě pelet a briket je však z více než 80 % exportována. V ČR bylo v roce 2002 v provozu asi 55 tis. malých topenišť do 50 kW výkonu a přibližně 730 kotelen o výkonu nad 50 kW o celkovém instalovaném výkonu cca 1850 MW. Centralizované vytápění na biomasu je uskutečněno ve 24 obcích. V roce 2002 bylo založeno celkem 20,55 ha rychle rostoucích dřevin. Vyšší výměry založených plantáží rychle rostoucích dřevin (dále jen RRD) jsou přímo závislé na podpoře a rozvoji výstavby kotelen využívajících obnovitelných zdrojů energie (Součková, 2005, s.7).

1.1 Energetické dřeviny

V posledních dvou desetiletích se v západní Evropě a také v některých oblastech Severní Ameriky začíná na stále větší a větší rozloze zemědělské půdy využívat nový systém hospodaření, který je nejčastěji označován jako výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin případně energetické plantáže. Na rozdíl od lesnických lignikultur topolů, které jsou zakládány na lesní půdě a sklizeny po 15-30 letech růstu, výmladkové plantáže na zemědělské půdě jsou sklizeny ve velmi krátkém obmýti (tzv. minirotači) 3-7 let, kterou je možné opakovat několikrát po sobě bez nutnosti nové výsadby. Jejich produktem je (dřevní) biomasa využitelná hlavně jako palivo (vytápění, sdružená výroba elektřiny), ale i jako průmyslová surovina (výroba tekutých paliv, farmak, konstrukčních materiálů) (Weger, 2002).

Tabulka 1.1 - Základní parametry různých porostů rychle rostoucích dřevin

(Koutský, 2001)

	Matečnice r.r.d. reprodukční porost ve smyslu vládního nařiz. 505/2001, příl.14	Výmladková plantáž r.r.d. produkční porost ve smyslu vládního nařízení NV505/01, příl.14	Lesnická Lignikultura
Obvyklé obmýti	1 rok	3-6 let	15-30 let
Opakování sklizně	ano: 10 až 15x	ano: 4 až 7x ve stejném porostu	není možné
Zakládání na půdě	zemědělské (orná i TTP)	zemědělské (orná i TTP)	lesní
Sortiment dřevin pro výsadbu	topoly, vrby a jiné dřeviny dle pokynů MZe, MŽP a (nových) předpisů ÚKZÚZ	topoly, vrby a jiné dřeviny dle pokynů MZe, MŽP a (nových) předpisů ÚKZÚZ	topoly dle seznamu uznaných klonů OLH MZe
Hustota výsadby	10000 – 20000 ks/ha	6000 – 15000 ks/ha	800 – 2000 ks/ha
Cílový produkt	řízky pro zakládání výmladkových plantáží	štěpka pro energetické a průmyslové využití	sortimenty pro dřevařské využití
Výnos za celou existenci porostu	100 až 500 tis. řízků/ha/rok	5-19 t/ha/rok (sušiny*)	500-600 m ³ /ha/20- 25 let (5-11 t/ha/rok sušiny*)

*)obsah vody 0%

Plantáže energetických dřevin jsou výhodné i z hlediska zpracování pro následné využití, protože je dříví soustředěno na jednom místě, čímž se usnadní jeho zpracování štěpkováním dříví tvoří sourodou hmotu pro snadné vkládání do štěpkovacího stroje, lze vrstvit dřevní hmotu na skládky o vysokém objemu materiálu, s materiálem lze volně disponovat podle potřeby skladu štěrky u topeniště, dříví není znečištěno hlinitými křemičitými, resp. jinými příměsemi, takže se nezvyšuje opotřebení nožů štěpkovacího stroje, plantáže jsou snadno udržovatelné, protože stromy rostou v řadách a lze mezi ně snadno zajíždět a pohybovat se mechanizací v porostu, sklizeň a zpracování stromů je snadné, protože je to dřevní hmota homogenní a pravidelného vzrůstu a nehrozí vznik škodlivých produktů při hoření vlivem chemicky znečištěného dřevního odpadu (Celjak, 2004).

1.1.1 Pěstování

Topol (*Populus L.*) je dřevinou rychlého vzrůstu. Klimatické podmínky jsou jedním z rozhodujících činitelů ovlivňujících vegetaci topolů. Ve stejných půdních podmínkách u téhož klonu se dosahuje větších přírůstků v lokalitě s dlouhou vegetační dobou a s průměrnou denní teplotou v červnu, červenci a srpnu vyšší než 14 °C. Dalším rozhodujícím faktorem je vodní režim v půdě. Vyhovující stanoviště jsou taková, kde průměrná hloubka podzemní vody je 0,6–1 m. Významný je výběr klonů s vysokým vzrůstem v mládí, výbornou obrůstací schopností pařezků po obmýtí, snášenlivostí a odolností proti chorobám a škůdcům. Sklizeň topolu se provádí v zimních měsících, kdy jsou stromy bez listů a sušina dřevin dosahuje 50 % hmotnosti. K energetickému využití je nutné dřevní hmotu štěpkovat.

U plantáží rychle rostoucích dřevin podle délky obmýtí se v našich podmínkách nejvíce uplatní minirotace, tzn. že délka obrůstání obmýtí je 5-6 let, kdy se při tloušťce rostlin cca 10 cm může docílit v příznivých podmínkách průměrný roční výnos 10-20 t hmoty v absolutní sušině z plochy 1 ha. Pařezy se po sklizni nechávají obrazit a cyklus se opakuje 4-5 krát. Vlhkost v biomase určené ke spalování by měla být co nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Vlhkost biomasy by neměla přesáhnout 20 % hmotnosti, optimální je 15 % hmotnosti. Uplatnění tohoto požadavku předpokládá skladovat biomasu v jednoduchých skladech lehké konstrukce, které ji chrání proti nepříznivému počasí s možností provzdušňování. Důležité je však posuzovat i ekologické

vlivy při spalování biopaliv z rostlinné fytoomasy. Tvorba škodlivin ze spalování pevných biopaliv je závislá na složení paliva a na podmínkách při spalování (Kovářová, 2002, s.5).

1.1.1.1 Zakládání porostů

Předsadební příprava

S přípravou pozemku je nutno začít už rok dopředu před výsadbou. Na zaplevelených lokalitách je nutné provést intenzivní odplevelování podle převažujících druhů plevelů. Obecně je preferováno mechanické odplevelování v kombinaci s pěstováním přípravné plodiny (např. řepka, konopí, ječmen) už rok před založením plantáže. Podzimní orbu a přípravu půdy je nejlépe provést tak, aby nebylo na jaře nutné již orat, ale jen kultivátorovat případně vyrovnat. Na těžkých jílovitých půdách je vhodné rok do předu provést hlubokou orbu, aby se zlepšilo provzdušnění půd na více let dopředu. Použití chemických prostředků pro odplevelování půd není doporučováno z důvodů ochrany přírody. V odůvodněných případech je možno použít ověřené biodegradující preparáty po konzultaci s odborníky.

Výsadba

Přesné určení doby výsadby závisí na místních půdních podmínkách a průběhu počasí v jarních měsících. Obvykle jsou řízky topolů a vrb sázeny od poloviny března do dubna (max. do poloviny května), jakmile půdní vlhkost dovolí přístup sazečů nebo sázecích strojů na plochu. Nejčastěji se sázejí řízky nařezané z jednoletých případně dvouletých přírůstků v matečnicích RRD. Optimální délka řízku je 20-30 cm a průměr od 0,5 do 2,5 cm. V případě ruční výsadby se řízky zapichují rovně nebo mírně šikmo do připravené půdy. Musí být skoro celé v zemi a vrcholový pupen v úrovni půdy, tzn. řízek může vyčnívat maximálně 3 cm na povrch. Na těžkých jílovitých půdách, je v případě nebezpečí utužení povrchu suchem lepší nechat řízky vyčnívat 3-5 cm nad povrchem. Po zapíchnutí je potřeba půdu kolem řízku ztuhnout například sešlápnutím z boku, tak aby nebyl poškozen řízek. V případě mechanizované výsadby je postup závislý na typu sazeče (např. klasický lesnický dvojřádkový sazeč za traktor). Vždy je ovšem nutno dodržet zásadu, aby řízky netrčely více než 5 cm z půdy a půda byla kolem nich dobře utužena.

Je třeba dosáhnout ujímavosti alespoň 80 %, protože veškeré vylepšování výsadby v dalším roce je velmi nákladné a musí se dělat sazenicemi. I tak je často neúspěšné. Pro oblasti trpící jarními přísuškami je řízky nejlépe vysazovat co nejdříve (březen) nebo výsadbu

provézt ze zakořeněných řízků. Například v Itálii vypěstují jednoleté sazenice topolů v hustých výsadbách a druhým rokem sází na plantáže (lignikultury) „zakořeněné řízky“ - sazenice se silně ořezaným kořenovým systémem (na asi 2 cm pahýly) a s uříznutou nadzemní částí na 2-5 cm kolík, vrcholový pupen je po výsadbě v úrovni půdy. Ujímavost těchto sazenic je téměř 100%, ale cena za založení je výrazně vyšší.

Byla vyzkoušena dvě schémata výsadby řízků :

- do jednořádků ve sponech [(0,3-0,6m) x (1,5 - 2 m)]
- do dvouřádků ve sponech [(0,6-0,8m) x (0,6-0,8m) a 1,5 – 3 m mezi dvojřádky].

Přesné určení sponu závisí na dostupné mechanizaci, která bude používána k výsadbě a zejména k odplevelování. Dvojřádky zmenšují mechanizovaně udržovanou plochu na minimum a tím šetří náklady na údržbu, jsou ale mnohem náročnější na ruční nebo polo-mechanizované odplevelování uvnitř dvojřádku. Používají se hlavně pro vrbové a topolové produkční plantáže. Jednořádky jsou vhodnější pro odběr řízků, když klony narostou do větších rozměrů a proto se používají pro matečnice nebo pro plantáže stromovitých klonů topolů.

1.1.1.2 Údržba a pěstování v dalších letech po výsadbě

Ochrana proti plevelům

Mechanické omezování plevelů před výsadbou a 1 až 2 roky po výsadbě (oráním, kosením, plečkováním, rotavátorováním) je klíčovou operací pro úspěšné založení matečnic i plantáží. V první roce je podle situace potřeba omezovat plevel, tak aby nekonkuroval prýtům rašícím z řízků, které obvykle dorostou výšky 50-150 (250) cm. Obvykle je to asi tak 1-3 x do roka. Na špatně udržovaných plochách, kde rostou řízky v hustém zárostu plevelů, jsou jejich růst tím i produkce biomasy nebo řízků neekonomické.

Chemická ochrana proti plevelům bývá používána jen výjimečně (např. Roundup) před vysazením řízků na silně zaplevelené lokalitě. Ve vegetaci je aplikace složitá, protože topoly a vrby jsou na něj citlivější než běžné plevele. Jeho postřik v kulturách RRD musí být prováděn velmi opatrně. Používají se kryty nebo technologie smýkání knotu zásobovaného Roundupem. Jestliže má být aplikace účinná, je drahá a při nesprávné aplikaci může dojít k zamoření vodních toků (Roundup se na vodní hladině nerozkládá).

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 RRD množství pohotových živin. Aby se dosáhlo potlačení plevelů, je nutné použít rostlinnou hmotu z dalších ploch, posečená hmota z vlastní plochy nestačí a u trvalých plevelů dochází k zahuštění drnu, což RRD škodí.

Hnojení

Hnojení průmyslovými hnojivy se doporučuje jen v odůvodněných případech na chudých stanovištích - většina orných půd je pro dřeviny dostatečně zásobená živinami. Při aplikaci hnojiva v nivních lokalitách a na prameništích je nutné dbát na přesné dávkování, aby hnojiva nemohla být splavena a nemohla tak způsobit znečištění zdrojů vody. Rozvážné použití organického hnojení je možné doporučit. V zahraničí se výzkumně ověřuje možnost použití čistírenských kalů pro hnojení energetických plodin.

Evidance o výsadbě

Hned po výsadbě je vhodné zakreslit rozmístění klonů do plánu včetně orientace v terénu (příjezdovou mapku) tak, aby bylo možné plochu kontrolovat. Každá plantáž je v současnosti významným zdrojem informací, protože je u nás jen málo zkušeností s tímto druhem hospodaření.

1.1.1.3 Sklizeň biomasy

Plantáže RRD se sklízí v tzv. velmi krátkém obmýtí, které se v našich podmínkách pohybuje mezi 3-6 roky. Pokud bude tedy celková doba existence plantáže 15-25 let, znamená to, že bude sklizena 4-5krát. Podle zkušenosti ze zahraničí se nedoporučuje sklízet v kratších obmýtích, neboť se tím sníží celkový výnos za dobu existence plantáže. Při častějším sklizení dojde k poklesu produkce dřívě (do 10 let). 3-4 letý cyklus u nás je minimum, které by z těchto hledisek nemělo být snižováno. Spíše je možné uvažovat na některých lokalitách o variantě prodloužení cyklu. Např. mrazové kotliny, zamokřené půdy, vyšší polohy aj.

Nejvhodnějším obdobím pro sklizeň RRD 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 (Weger, 2002).

1.1.1.4 Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití

Přibližně ve věku 15-25 let, když začne výnos produkční plantáže klesat pod úroveň ekonomické rentability, je vhodné přikročit ke zrušení plantáže. Stav půdy po 15-20 letém pěstování RRD. plantážovým způsobem závisí na několika faktorech z nichž hlavní jsou úrodnost půdy, způsob a objem hnojení plantáže. Navracení stanoviště původnímu použití (orané pole, louka, pastvina) 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 příp. část kořenového systému stromů. Zbytek kořenů je pak vyoran hlubokou orbou nebo rotavátorem. Zbytky kořenů v půdě slouží jako drenáž a 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 atd.). 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 (Weger, 2002).

1.1.2 Výnosy

Výnosy dřevní hmoty rychle rostoucích topolů (klony P-494 dle Věstníku Mze) v průběhu 6 let od začátku růstu jsou v tabulce 1.2. Jedná se o plantáže rychle rostoucích topolů na nevyužívané zemědělské půdě (pole, louka).

Tabulka 1.2 - Průměrné hodnoty hmotnosti stromků, výšky stromků a tloušťky kmínků v čerstvém stavu (Celjak, 2006)

Stáří stromů (rok)	Průměrná hmotnost stromku kg	Průměrná výška stromků m	Průměrná tloušťka kmínku * cm
1.	1,399	1,893	2,301
2.	9,803	4,520	6,506
3.	11,909	5,843	9,313
4.	14,664	6,127	9,902
5.	18,113	6,499	10,556
6.	21,560	8,820	11,501

*měřeno 5 cm od úrovně povrchu půdy

1.1.3 Energetické údaje (výhřevnost, spalné teplo, energetická hustota)

Energeticky nejvýznamnějším parametrem každého paliva je množství energie (tepla), které se získá dokonalým spálením jeho hmotnostní, nebo objemové jednotky. Spalováním uvolněné teplo je obsaženo ve spalínách jako fyzické teplo spalin. Protože však spaliny vždy obsahují vodní páru, vzniklou spálením vodíku hořlaviny a odpařením vody z paliva, obsahují navíc výparné teplo, spotřebované k odpaření vody. Toto teplo je možné kondenzací uvolnit a zvýšit tak energetický zisk.

Laboratorně se určuje kalorická hmotnost paliva v kalorimetru. Jednotkové množství paliva se spálí, vzniklé spaliny se ochladí na původní teplotu okolí, takže vodní pára zkondenzuje a získané množství tepla představuje spalné teplo Q_n . V reálných podmínkách kotlů a jiných průmyslových ohnišť naopak odcházejí spaliny do komína s teplotou vyšší než je rosný bod, ke kondenzaci vodní páry nedochází a maximálně možný energetický zisk je označován jako výhřevnost Q_i . Je třeba doplnit, že tento maximálně možný zisk je chápán jako ochlazení spalin na původní teplotu (jako při určení spalného tepla), při čemž ale nedojde ke kondenzaci vodní páry. Spalné teplo je tedy o výparné teplo příslušného množství vody větší, než výhřevnost. Za podmínek normálního stavu je výparné teplo vody $2453,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$, takže platí

$$Q_n = Q_i + (w + 9 H) \cdot 2453,5 \quad [\text{kJ.kg}^{-1}]$$

První člen závorky vyjadřuje množství vody z paliva, druhý množství vody vzniklé spálením vodíku. Oba tyto členy je nutno vyjádřit v rozměru kg vody na 1 kg paliva.

Využití kondenzačního tepla může zvýšit účinnost kotle, vyžaduje to snížení konečné teploty spalin pod rosný bod. Je však nutno technicky vyřešit sběr a odvod kondenzátu, což je nejsnazší při spalování plyných paliv.

Je zřejmé, že rozdíl mezi výhřevností a spalným teplem roste s rostoucím obsahem vodíku a vody v palivu. Voda společně s popelovinou, jako dvě balastní složky paliva, snižují jeho výhřevnost tím, že snižují podíl hořlaviny jako aktivní složky. Proto je výhřevnost tuhých paliv často velmi proměnlivá, ačkoliv výhřevnost hořlaviny zůstává víceméně konstantní. Markantní je to právě u dřeva a biomasy všeobecně. Obsah popeloviny je nízký a pohybuje se v rozmezí 0,6–1,6 % (Vyjadřuje se jako podíl popeloviny v sušině) Obsah vody se však pohybuje od 10 % až do 65 %, takže kolísání

výchřevnosti zde bývá značné. Obsah popelovin u dřevní hmoty závisí na části dřevní hmoty (kmen, piliny, štěpka, kůra, kořeny).

Pro průběh spalovacího procesu a jeho konečný energetický zisk má výchřevnost paliva rozhodující význam. Průběh hoření se sestává z řady víceméně postupně probíhajících fází. Po vstupu paliva do ohniště se s postupně narůstající teplotou toto ohřívá, vysušuje, následuje uvolňování prchavé hořlaviny a její hoření a poslední fází je dohořívání pevné části hořlaviny. Množství tepla, spotřebované k vysoušení paliva je samozřejmě určeno obsahem vody v palivu a tak obsah vody rozhoduje o tom, jaká část výchřevnosti může být fakticky využita. Představu si lze vytvořit z tohoto extrémního příkladu.

Má-li být spalován dřevní odpad obsahující 60 % vody, ku příkladu čerstvý těžební odpad. Výchřevnost sušiny je 20 MJ.kg^{-1} . To znamená, že výchřevnost odpadu bude pouze 40 % výchřevnosti sušiny, tj. 8 MJ.kg^{-1} , protože v 1 kg odpadu je obsaženo 0,4 kg sušiny. V počátečních fázích hoření se musí nejdříve odpařit voda, jíž je 0,6 kg a při výparném teple $2453,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$ je k tomu spotřebováno $2453,5 * 0,6 = 1472,1 \text{ kJ}$, tedy zhruba 1,5 MJ. Maximálně využitelná energie je tedy nikoliv 8 ale pouze 6,5 MJ. Spálením 1 kg tohoto odpadu vzniknou cca 4 m^3 spalin a budou-li tyto spaliny odcházet do komína s teplotou $200 \text{ }^\circ\text{C}$ odvedou z ohniště bez využití asi 1,2 MJ. K dispozici zbývá pouhých 5,3 MJ. Odtud je nutno zajistit ohřev paliva a spalovacího vzduchu po jeho vstupu do ohniště, pokrýt další ztráty a je tedy zřejmé, že energetický zisk takového spalování je velmi malý. Jestliže se však dřevní dopad před spalováním vysuší na obsah vody 10 %, bude jeho výchřevnost 18 MJ.kg^{-1} , k odpaření vody bude zapotřebí cca 0,25 MJ a k využití zbude 17,75 MJ (Noskievič, 1996).

1.1.4 Fyzikální vlastnosti z hlediska vhodnosti pro spalování

Fyzikální vlastnosti dřeva, o které se zajímáme, pokud z něj chceme získávat energii, jsou především výchřevnost, elementární analýza, hrubý rozbor (tj. obsah vody, popela, těkavých látek a pevně vázaného uhlíku) a sypaná, resp. měrná hustota.

Výchřevnost absolutně suché dendromasy se napříč druhy příliš neliší, u měkkého dřeva se průměrně pohybuje mezi $19,1 \text{ MJ.kg}^{-1}$ až $21,1 \text{ MJ.kg}^{-1}$, u tvrdého dřeva mezi $18,4 \text{ MJ.kg}^{-1}$ až $20,1 \text{ MJ.kg}^{-1}$. Nepočítáme-li vliv vlhkosti, jsou rozdíly dány zejména poměrem ligninu, jehož výchřevnost je $25,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$, a celulózy, která má výchřevnost asi

18,8 MJ.kg⁻¹. Mírně vyšší výhřevnost kůry, větví a jehličí je potom dána vyšším obsahem pryskyřic, které mají výhřevnost asi dvakrát vyšší než samotné dřevo (Weger, 2003, s. 42-43).

Tabulka 1.3 - Spalné teplo u různých plodin a paliv
(Koutský, 2001)

Plodina (100 % sušina)	MJ.kg⁻¹
Amaranthus	16,16
Konopí seté	18,06
Koriandr – celá rostlina	18,88
Křídlatka	19,44
Len – sláma	18,58
Lnička	18,84
Růže (Rosa sp. R-03)	16,24
Řepka ozimá – sláma	17,48
Súdánská tráva – Hyso	18,06
Topol štěpka (různé klony)	18,7 – 19,2
Vrbka štěpka (různé klony)	18,2 – 19,0
Dřevní štěpka dle vlhkosti	
Lesní štěpka o vlhkosti 60 %	9,20
Lesní štěpka o vlhkosti 40 %	10,10
Lesní štěpka o vlhkosti 30 %	12,20
Lesní štěpka o vlhkosti 20 %	14,30
Fosilní paliva	
Hnědé uhlí	14,50 – 16,50
Brikety	22,00
Černé uhlí	28,00
Koks	26,00
Zemní plyn	33,50

Z tabulky 1.3. je zřejmé, že výhřevnost biomasy v současnosti nejčastěji využívané formě štěpky je přibližně stejná jako je výhřevnost hnědé uhlí.

Vyšší obsah popela v kůře stromu než ve dřevě je zřejmě dán jejím větším znečištěním blátem a zeminou jak v průběhu růstu stromu, tak při kácení a soustředování dříví. Obecně se však dá říct, že obsah popela ve dřevě je ve srovnání s ostatními pevnými palivy nízký, množství popela ve dřevě je asi 0,6–1,6 %, u mnoha druhů je dokonce menší než 1 %, u kůry pak zřídka překročí 3 %. Díky tomu odpadá například potřeba kontinuálního odvodu tuhých zbytků po spalování, což znamená finanční úsporu. Popel po

spálení dříví navíc obsahuje množství živin a stopových prvků, což umožňuje jeho využití jako hnojiva. Toto použití je také výhodné z hlediska navrácení živin vyčerpaných stromů během jejich růstu zpět do půdy. Určitým problémem mohou být těžké kovy, které se ve dřevě někdy vyskytují ve zvýšeném množství. Mechanismy jejich ukládání nejsou ještě zcela známy, ukládání Cd v kůře stromů je však již prokázáno.

Důležitou vlastností dřeva je jeho vlhkost, která má bezprostřední vliv na jeho výhřevnost. Obsah vody u čerstvě pokácených stromů může přesahovat i hodnotu 60 %, při takovém obsahu vody už výhřevnost nepostačuje ani pro udržení spalovacího procesu. Pokud za takových podmínek dřevo hoří, proces je velmi nerovnoměrný a je technicky velmi obtížné jej regulovat. Účinnost takového procesu je potom výrazně nižší. Paradoxně ani spalování absolutně suchého dřeva, není z hlediska průběhu procesu hoření optimální. Příliš suchá hmota hoří explozivně a velká část energie uniká v kouřových plynech. Tento fakt podporuje postup, který nevyžaduje žádné dodání jiným palivům. Dřevo s vysokým obsahem vody se uskladní tak, aby se nedotýkalo půdního povrchu a bylo umožněno proudění vzduchu, popř. na osluněných skládkách. Za ideálních podmínek tak může vlhkost klesnout až ke 20 %, což je složení ke spalování vhodné.

Další vlastností charakteristickou pro určité palivo je podíl uvolňovaných těkavých látek (tzv. dřevoplynu) a „pevného“ uhlíku, což je zbytek po extrakci popela a těkavých látek. Obecně platí, že čím mladší palivo, tím vyšší podíl těkavých látek. Vysoký obsah těchto látek je tedy pro dřevo a i další fytopaliva charakteristický a pohybuje se v rozmezí 75-85 %, vztaženo na suchou hmotu. Právě vysoký podíl těkavých látek, uvolňovaných v počáteční fázi hoření, způsobuje jev pro hoření dřeva typický, tzv. „dlouhý plamen“. Ten je způsoben těmito látkami, které hoří ve vlnosku mezi roštem a komínem. (Weger, 2003, s. 42-43).

1.1.5 Jiný význam

Při dodržení některých podmínek porosty přispívají k vytváření krajiny. Plantáže rychle rostoucích dřevin mohou být nejenom přirozenou zásobárnou vody, ale mají také schopnost vodu odpařovat a také zadržovat.

Uvádí se, že v létě z porostů dobře zásobených vodou se odpaří 3 až 4 litry vody z jednoho metru čtverečního. Výpar vody z porostů může dosahovat za příznivých podmínek i 7 litrů z metru čtverečního. Například topol s průměrem koruny 1,5 m zaujímá

plochu 2 m² a odpaří tedy za jeden den přibližně 7 l vody. Jeden hektar topolu může tedy teoreticky (je-li voda v půdě k dispozici) odpařit až 91 tisíc litrů vody. Taková plocha může být za určitých okolností tedy i velmi dobrým chladičem.

Na druhé straně zase mohou porosty energetických dřevin zamezovat nežádoucímu vysoušení krajiny. Vyrovnávají také nežádoucí tepelné rozdíly v jednotlivých lokalitách. Například vodní pára, která opouští průduchy listů, proudí na jiná místa, kde se ochlazuje a kondenzuje. Zároveň také tato místa otepluje a dodává jim vláhu.

Mohou zachycovat a tříštit větrné proudy. Pohlcují prach a stojí v cestě šíření hluku, poskytují přirozený úkryt pro zvěř a ptactvo. Z Rakouských poznatků jsou k dispozici údaje o tom, že na plochách, které leží ladem není tolik živočichů, kolik jich je na plochách plantáží rychle rostoucích dřevin.

V neposlední řadě mohou zlepšit estetický výraz krajiny a mohou poskytovat člověku příjemné vizuální vjemy. Lze zkrášlit i ta místa, kde každým rokem rostou kopřivy, různé plevely a buřina (Celjak, 2000).

1.1.6 Zpracování dřeviny pro energetické využití

Pořezání a snopkování.

Jednoduché přídavné zařízení na traktor nebo specializovaný sklízecí stroj podřezává v dané výšce prýty RRD a spojuje je do snopků, které se buď ponechají na plantáži a nebo se odvázejí hned na místo konečného zpracování. Po vyschnutí na vzduchu (1-2 měsíce -1/2 roku) jsou snopky štěpkovány. 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.

V zahraničí jsou k dispozici výkonné speciální sklízecí stroje. Při sklizni RRD se s úspěchem uplatňuje kooperace několika pěstitelů v oblasti, kteří mohou vytvořit sdružení za účelem efektivního využívání sklízecích strojů. Nebo jiný subjekt poskytuje komerčně

tyto služby při sklizni pěstitelům. Speciální sklízecí stroje se vyplatí pro velké energetické celky, kde se velké pořizovací náklady rozloží na větší počet provozních hodin stroje. Domácí sklízecí mechanizace zatím není komerčně k dispozici nebo není ověřena (Weger, 2002).

1.2 Zemědělské plodiny pro energetické využití

Základní charakteristika nejběžnějších energetických a průmyslových plodin

JEDNOLETÉ PLODINY

Jednoleté plodiny pěstované k energetickým účelům mají své přednosti v tom, že mohou produkovat biomasu bez větších investic na pořízení nové techniky. Využívá se technika vhodná i pro jiné klasické plodiny. Rozšíření pěstování obilovin je proto jednou z nejvýhodnějších variant pro cílené pěstování k energetickým a průmyslovým účelům.

Triticale, které je křížencem žita a pšenice, dosahuje dobré výnosy i v méně příznivých podmínkách. Není náročné na předplodinu, snáší půdu i s nepříznivým pH, má menší nároky na ochranu proti chorobám a škůdcům.

Pšenice ozimá dává větší výnos biomasy než pšenice jarní, a proto je vhodnější je pěstovat k tomuto účelu. Jako energetická surovina se u těchto obilovin v současné době využívá především sláma po sklizni provedené sklízecí mlátičkou, která oddělí zrno od slámy. Vzhledem k výraznému poklesu objemu živočišné výroby v posledních 10 letech se snížila potřeba slámy pro krmení a podestýlání. U obilovin je nutné dále zohlednit hnojivou hodnotu slámy. Podle většiny odborníků je možno odebrat z koloběhu živin 25-33 % každoročně sklizené slámy bez negativního vlivu na úrodnost půdy a využívat tuto slámu pro průmyslové a energetické účely. Výhřevnost slámy obilovin se pohybuje přibližně od 12 do 15 MJ.k⁻¹ při obsahu sušiny 80-85 % hmotnosti v poslední době se začíná sláma využívat rovněž pro výrobu stavebních panelů. U zrna se rovněž ověřují možnosti jeho využití k průmyslovým účelům (výroba bioetanolu) a případně jeho přímé spalování.

Len setý (*Linum usitatissimum*) je jednoletá plodina vhodná do oblastí s vyšší nadmořskou výškou. Jeho variantami je len přadný a len olejný. Lze předpokládat výraznější vzestup zájmu po produktech lnu a to jak vlákna, tak i semene na olej a pokrutiny. Předpokládá se i zhodnocení pazdeří pro výrobu např. briket a pelet.

Len přadný – hlavním produktem jsou stonky pro průmyslové využití lisované do válcových balíků. Semeno lnu se zpracovává rovněž průmyslově.

Len olejní – semeno, které je hlavním produktem, se využívá v oleochemii např. jako olej „vysýchavý“

Lnička setá (*Camelina sativa* (L.) Crantz) dříve v Evropě pěstovaná na velkých plochách, je nenáročnou agrotechnikou. Hodí se téměř pro všechna stanoviště. Lnička setá se sklízí sklízecími mlátičkami bez nutnosti úpravy. Semeno je možné použít k výrobě oleje. Pro potravinářské využití lničkového oleje a využití lničkových pokrutin do krmných směsí u nás zatím neexistují žádné normy. Sláma ke spalování se lisuje do hranolovitých balíků. Výhřevnost lničky se při obsahu vody 8 % hmotnosti pohybuje kolem 15,2 MJ.kg⁻¹.

Konopí seté (*Cannabis sativa*) je rostlinou teplomilnější, náročnou na vodu. Vyžaduje úrodnější půdy, na horších půdách v chladnějších oblastech se snižují dosahované výnosy. Vhodné jsou dva typy konopí setého:

- jižní typ, dorůstá do výše 300–400 cm. Dozrává za 130–180 dní. Dává velký výnos vláken, malý výnos semen
- přechodný typ konopí setého je 170–250 cm vysoký. Dozrává za 90–120 dní. Dává dobrý výnos vláken i semen.

Konopí zpočátku rychle roste, brzy vytváří hodně listů a tím potlačuje plevele. Charakteristické pro konopí je velmi pevné vlákno. V současné době není v ČR kapacita na zpracování konopného stonku na vlákno. Konopí lze využívat jako energetickou plodinu k přímému spalování, výhřevnost konopí setého při vlhkosti 9 % hmotnosti dosahuje 15 MJ.kg⁻¹. Zatím však není upokojivě dořešena problematika přípravy konopí ke spalování a rovněž ekonomika transformace na tepelnou energii je méně příznivá (Kovářová, 2002, s. 4-5).

VÍCELETÉ PLODINY

Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis* Anders.)

Ozdobnici lze charakterizovat jako vytrvalou travu vysokého vzrůstu, která je perspektivní pro pěstování v teplejších oblastech a to z hlediska energetického (přímé spalování nebo pyrolýza) a nepotravinového (papírenský, stavební průmysl). Patří mezi rostliny typu C₄, dobře využívající sluneční energii, vodu, živiny. Je značně odolná proti chorobám a škůdcům. Její porosty se zakládají minimálně na 10 až 20 let. Uvádí se, že v příznivých podmínkách dosahují starší porosty ozdobnice přes 30 tun sušiny.ha⁻¹.rok⁻¹. Pokud jde o námitky k rozšíření nového rostlinného druhu do naší přírody, dá se konstatovat, že ozdobnice se např. na rozdíl od křídlatky nemůže rozšiřovat tak expanzivně. Její rhizomy na rozdíl od křídlatky se v zemi rozšiřují velmi pomalu a stonky

v příznivých podmínkách také běžně nezakořeňují. Ozdobnice v našich podmínkách nevytváří semena, kterými by se mohla neplánovaně rozšiřovat.

Ozdobnice byla do Evropy přivezena původně jako ozdobná rostlina. V roce 1983 byly zahájeny pokusy s jejím plošným pěstováním pro technické využití. V současné době je v Evropě vysázeno asi 500 ha ozdobnice, z čehož asi 80 % této výměry se nachází v SRN a Nizozemí. Současné době se zájem o pěstování této plodiny snížil. Hlavním důvodem jsou vysoké pořizovací ceny sadby, neboť evropské formy ozdobnice jsou sterilní a není možno z nich získat semena. Další nevýhodou je slabší odolnost ozdobnice v některých oblastech přes zimní období v prvním roce po výsadbě proti vymrzání.

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek (Stražil, 1998).

Chrastice rákosovitá (*Phalaroidess Arudinacea*)

Je to vytrvalá tráva, náročná na vodu a živiny. Odolává horším klimatickým podmínkám. V zahraničí se šlechtí nové odrůdy pro průmyslové využití, které by se měly lišit od krmných vyšším poměrem stonků oproti listům, nižším obsahem popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór.

Chrastice rákosovitá – pro energetické účely se doporučuje sklizeň po zimě, kdy mají rostliny nejnižší obsah vody (12-20 % hmotnosti). Ztráty sušiny přes zimní období se uvádějí kolem 25 % hmotnosti. Slisovaná chrastice rákosovitá určená ke spalování má výhřevnost 16 MJ.kg⁻¹ při vlhkosti 6 % hmotnosti (Kovářová, 2002, s. 5).

Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus L.*)

Charakteristika plodiny: plodina s delší vegetační dobou, nenáročná na půdu, pěstované převážně pro hlízy, které mají vysoký obsah inulínu. Topinambur často zplaňuje, roste prakticky na všech půdách i v půdách horších nebo lesních. Délka vegetační doby je 4 až 8 měsíců. Vyžaduje chladnější, sušší i vlhčí klima. Lze jej pěstovat na pozemcích, které není možné z různých důvodů dočasně zemědělsky využívat. Hlízy topinamburu se vyznačují vysokou odolností vůči mrazu (až do -30 °C).

Osevní postup: Topinambur se pěstuje na jeden rok nebo i na více roků. Na jeden nebo dva roky se zařazuje do osevního sledu jako jednoleté nebo dvouleté kultury. Topinambur lze zařadit do osevních postupů s vysokým podílem obilnin. Hnojení k topinamburu lze aplikovat stájová hnojiva, nejčastěji chlévský hnůj v dávce kolem 30 t.ha⁻¹, nebo kejdu

skotu do dávky $90 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, případně kejdu prasat v dávce do dávky $110 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Je možné používat i stabilizované kaly z čistíren odpadních vod v dávce do $70 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Minerální P,K hnojiva se aplikují před zimní hlubokou orbou v závislosti na zásobě půdních živin, předplodině apod. Dusíkatá hnojiva se aplikují na jaře po smykování a vláčení. Porosty pěstované na zelenou hmotu se hnojí rovněž podle obsahu živin v půdě.

Agrotechnika

Na podzim po sklizni předplodiny se provede podmítka a její ošetření. Aplikují se organická hnojiva. Těsně před zimní hlubokou orbou se aplikují také fosforečná a draselná hnojiva. Provede se zimní orba na plnou hloubku ornice. Prvním zásahem na jaře je smykování a vláčení. Poté následuje aplikace minerálního dusíku. Kypření je účelné v bramborářských oblastech provádět opakovaně. Prvním kypření do hloubky 8-12 cm, druhé do hloubky 16-22 cm. Druhé kypření je nejlepší provést těsně před sázením. Topinambur se sází v dubnu sazeči brambor na hloubku 6-12 cm do sponu $62,5\text{-}75 \text{ cm} \times 24\text{-}40 \text{ cm}$. Pro sadbu se využívají hlízy o hmotnosti 40-60 g, přičemž na hektar by mělo být vysazeno 50 000 až 55 000 hlíz. Po výsadbě je vhodné porost topinamburu ošetřovat podobně jako kultivace brambor. To předpokládá, že asi 7 až 10 dní po sázení se provede vláčení síťovými branami a poté proorávka na slepo. Podle konkrétních stanovištních podmínek se jak vláčení, tak proorávka na slepo mohou opakovat.

Po vzejití rostlin se provede plečkování a vláčení síťovými branami s tím, že na rozdíl od brambor je třeba dbát maximální opatrnosti, neboť vzcházející rostlinky topinamburu jsou v tomto období mnohem citlivější na poškození než brambory. Tyto operace lze podle konkrétních podmínek opakovat ve vhodných časových intervalech. Posledním kultivačním zásahem je hrůbkování na hloubku 4-6 cm s nahrnutím asi 3-6 cm půdy ke stonkům topinamburu. Druhotné zaplevelení, tak jak je známo u brambor, je zcela potlačeno vysokým porostem topinamburu v druhé části vegetace. Během vegetace se neprovádí žádné další zásahy, ani aplikace hnojiv nebo pesticidů.

Sklizeň a posklizňové ošetření

Sklizeň zelené nadzemní hmoty pro krmení nebo silážování se provádí jednou až dvakrát do roka a to první počátkem července a druhá v říjnu. Podzimní termín se však z hlediska jistoty sklizně a možnosti využití mechanizace příliš nedoporučuje. Technologicky nejvýhodnější je jarní termín sklizně. Sklízet však lze i v jiných termínech, v závislosti na užitkovém směru pěstování. Dosahované výnosy: $35\text{-}100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zelená hmota nadzemní fytomasy. Energetické využití suché natě: palivo (spalné teplo natě je $16,38 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Čepl, 1997).

2 Dotační programy

1 Dotace dle Nařízení vlády č. 308/2004 Sb. na založení výmladkových plantáží a matečnic rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě pro produkci biomasy na energetické využití

V roce 2004 došlo ke změně způsobu podpory zakládání výmladkových plantáží RRD (i matečnic) v souvislosti s zásadní úpravou způsobu finančních podpor zemědělství tak, aby bylo možno čerpat podporu ze strukturálních fondů EU – programu HRDP. Pro ty, kteří žádali o podporu na zakládání porostů dřevin na zemědělské půdě již v letech 2000-2003, tak nové nařízení vlády přináší četné změny ve struktuře žádosti a jejích podmínkách, ale základní principy zůstávají shodné. **Příslušné nařízení vlády č.308/2004 Sb. vyšlo 24.5.2004 (částka 102/2004)** jeho plný název zní „...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“. Dotační titul pro RRD je v jednom dokumentu s dotací na zalesňování zemědělských půd. Nastudování asi 7 stránek textu (zbytek NV se týká lesních porostů) může být užitečné pro jednání na výkonných orgánech (SZIF,ŽP atd.).

Podmínky pro žádost 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 územnímu pracovišti Státnímu zemědělskému intervenčnímu fondu (SZIF). Formulář žádosti i další potřebné dokumenty je možné získat na SZIF. Termín podání žádosti je do konce února, ale některé dokumenty je již nutné doložit při podání žádosti a proto je vhodné začít s přípravou žádosti 1-2 měsíce dříve. Vyrozumění o přidělení dotace by mělo být vydáno do 30 dnů o 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 Sb.)

- Prokázání vlastnictví nebo nájemní smlouvu na pozemek na dobu nejméně 15 let u plantáže a 10 let u matečnice. Minimální rozloha plantáže musí být 0,5 ha, matečnice 0,25 ha.
- Projekt na založení porostu RRD – od akreditovaného projektanta, který obsahuje náležitosti podle přílohy č.2 nařízení (např. počty a druhy vysazených dřevin, způsob zakládání, pěstování a likvidace porostu atd.)
- Stanovisko orgánu ochrany přírody k založení porostu

- Souhlas orgánu ochrany zemědělského půdního fondu (referát životního prostředí) s dočasným odnětím zemědělské půdy ze zemědělského půdního fondu pro pěstování rychle rostoucích dřevin (dle zákona ČNR 334/1992 Sb. o ochraně půdního fondu) – ŽP pouze vydává souhlas – není nutné provádět šetření“
- U plantáže RRD potom čestné prohlášení, že majitel zajistí provádění sklizně v 3-6 letých intervalech (obmýtích), využití štěpky k energetickým účelům a likvidaci porostu po ukončení jeho využívání
- U matečnice RRD čestné prohlášení, že zajistí příslušnou péči o porost a kvalitu produkovaných řízků (sadebního materiálu) podle příslušných předpisů zejm. zákona o sadbě o osivu č. 219/2003 Sb.

Na založení matečnic (reprodukčního porostu) je v případě dodržení uvedených podmínek možno získat dotaci 75 000 Kč.ha⁻¹ a na založení plantáže RRD (produkčního porostu) 60 000 Kč.ha⁻¹, která se již nerozlišuje na jednotlivé položky (např. řízků, pletí, oplocení). Dotace se vyplácí až po úspěšném založení porostu, pro které je nutno dosáhnout ujmavosti 75 % (ztráty 25% jedinců z počtu uvedeném v projektu). Mezi novinky patří také možnost podzimní výsadby, se kterou ještě však nejsou dostatečné zkušenosti (pro uznané klony a různé půdní druhy).
(Nařízení vlády č. 308/2004 Sb.)

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

Řeší:

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:

Výsadba reprodukčního porostu - topol	1 ks řízku	3,- Kč
Zřízení oplocením k zajištění porostů	1 m	60,- Kč
Ochrana porostů proti zaplevelení	1 ha	5 000,- Kč
První výsadba produkčního porostu – topol	1 ks řízku	5,- Kč
Ochrana produkčních porostů	1 ha	4 000,- Kč

(Nařízení vlády č. 505/2000)

3 Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR

Řeší:

Čl. 1, předmět podpory: „oblast ochrany ovzduší, přírody a péče o krajinu“

Výše finanční dotace je řešena v čl.5, odst.3: „Výše finanční podpory je závislá na skutečně vynaložených nákladech“. Vztahuje se na kotle na biomasu pro obce, částí obcí a fyzické osoby, které vytápějí a ohřívají vodu v bytech a rodinných domcích.

Požadavky:

- a) předložení odborného posudku nebo energetického auditu
- b) ověřená likvidace původního zařízení pro vytápění
- c) instalace kotle s garantovanými parametry spalování a minimální účinností 80 % při jmenovitém výkonu (certifikát výrobce)
- d) závazek provozovatele užívat zařízení po dobu nejméně 10 let

(Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR)

4 SAPARD, Priorita 2: Trvale udržitelný rozvoj venkovských oblastí

Řeší:

Čl. 2.1.b) Rozvoj venkovské infrastruktury: „výstavba nebo obnova zařízení k využití obnovitelných zdrojů energie – kotelen na biomasu“

Čl. 2.2., odst.1.: „zakládání a rozvoj obnovitelných zdrojů energie“

Bližší informace, formuláře a podmínky přijetí žádosti o podpory:

- a) www.mze.cz/sapard
- b) www.sfzp.cz
- c) www.mmr.cz
- d) www.sapard.cz
- e) V každém kraji pracuje zástupce Státního fondu ŽP ČR, který má dotační politiku na starosti

(Sapard, Priorita 2: Trvale udržitelný rozvoj venkovských oblastí)

5 Byliny pro energetické využití a jejich podpora podle zásad na poskytování finanční podpory Podpůrným a garančním rolnickým a lesnickým fondem a.s. na založení a údržbu porostů a bylin pro energetické využití pěstovaných na orné půdě pro rok 2004

Předmět podpory: Pěstování bylin pro energetické využití na orné půdě – porost založený do 30.6.2004 běžného roku.

K pěstování musí být užitá souvislá plocha orné půdy o výměře 0,3 ha a více s minimální šíří parcely 20 m.

Energetická plodina musí být pěstována na pozemku v daném roce jako hlavní plodina.

Subjekt: Podnikatel podle § 2 odst. 2 zákona č.513/1991 Sb., obchodního zákoníku, ve znění pozdějších předpisů, a § 2c zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů, zejména zákona č. 85/2004 Sb.

Forma podpory: Neinvestiční podpora od PRGLF

Výše podpory: 2 000 Kč/ha orné půdy využívané k pěstování bylin pro energetické využití.

Přijímání žádosti bylo ukončeno 30.7. 2004.

Podpora je poskytována na pěstování těchto energetických bylin:

1. Jednoleté:

- a) laskavec *Amaranthus*
- b) konopí seté *Cannabis sativa*
- c) sléz přeslenitý *Malva verticillata*

2. Víceleté

Dvouleté:

- d) pupalka dvouletá *Oenothera biennis*
- e) komonice bílá *Melilotus alba*

Víceleté a vytrvalé:

- f) mužák prorostlý *Silphium perfoliatum*
- g) jestřabina východní *Galega orientalis*
- h) topinambur *Helianthus tuberosus*
- i) psineček bílý *Agrostis gigantea*
- j) čičorka pestrá *Coronilla varia*

- k) oman pravý *Inula helenium*
- l) štovík krmný *Rumex tianshanicus x Rumex patientia*
- m) sveřep bezbranný *Bromus inermis*
- n) sveřep samužníkovitý *Bromus carharticus*
- o) lesknice (chrastice) rákosovitá *Phalaris arundinacea*
- p) ozdobnice čínská *Miscanthus sinensis*
- q) kostřava rákosovitá *Festuca arundinacea*
(<http://www.biom.cz/index.shtml?x=190929>)

3 Analýza kotlů a spaloven biomasy

3.1 Kotle nízkých výkonů (10 – 50 kW)

V kotlích tohoto rozsahu výkonů se spaluje převážně dřevo. Proces spalování dřeva má tyto čtyři fáze:

- sušení, odpařování vody z paliva,
- pyrolýza, uvolňování plynné složky paliva,
- spalování plynné složky paliva,
- spalování pevných látek, zejména uhlíku.

Při zahřívání dříví se nejprve odpaří voda. Poté se dodávaným teplem uvolňuje spalitelný plynný podíl paliva. Po dosažení zápalné teploty a při dostatečném přísunu kyslíku se vznítí plyn a následně se uvolní spalné teplo. Vzniklé teplo může dále snížit vlhkost zbytků dřeva a uvolnit další spalitelný plyn. Spalovací proces se udržuje, pokud není dříví příliš vlhké (nebo studené) a je-li přiváděn dostatek kyslíku. Uhlík zůstává v pevné formě na roštu, povrchově se okysličuje na oxid uhelnatý (CO), který při dodání dalšího kyslíku oxiduje na oxid uhličitý (CO₂). Při rovnoměrném dodávání paliva a dostatečném přívodu kyslíku probíhají všechny čtyři fáze spalovacího procesu současně a teplo se vytváří rovnoměrně.

Pro dříví je specifické, že mezi tuhými palivy obsahuje nejvyšší podíl plynných látek uvolňovaných pyrolýzou (75 až 85 %) nehořících na roštu, ale ve vznosu mezi roštem a komínem (hovoří se o dlouhém plameni dřeva). Z toho vyplývají neopomenutelné důsledky pro konstrukci topenišť na dřevo:

- pod rošt se přivádí pouze menší část kyslíku, potřebného pro oxidaci pevných zbytků paliv na roštu (primární vzduch),
- větší část kyslíku se přivádí do proudu unikajících plynů do prostoru za rošt (sekundární vzduch),
- prostor bezprostředně nad roštem (či za ním) nemůže být konstruován jako výměník tepla, ale jako prostor udržující žár (se šamotovou vyzdívkou), jehož úkolem je udržet plyny a přiváděný kyslík na potřebné zápalné teplotě.

Z již uvedeného vyplývá, že skutečně efektivní a pro životní prostředí neškodné spalování dříví je možné pouze ve speciálně řešených topeništích, a nikoliv v energetických jednotkách konstruovaných pro jiná paliva (uhlí, koks), u kterých funkce

sekundárního vzduchu nehraje tak významnou roli. V neupravených topeništích pro fosilní paliva je sice obvykle spalování dříví technicky možné, ale je spojeno s jejich nepříjemně nízkou účinností – tj. s malým využitím spalného tepla dříví, i s emisemi ekologicky nežádoucích produktů nedokonalého spalování.

Obecně platí, že výkon topeniště je tím vyšší, čím je vstupní materiál sušší, čím větší povrch materiálu hoří (proto se dřevěné brikety vyrábějí s centrálním otvorem zvětšujícím jejich povrch) a čím více materiálu hoří současně. Od těchto základních závislostí se odvíjí konstrukce topenišť i příprava materiálu ke spalování, jak ohledně úpravy jeho velikosti, tak vlhkosti.

Při spalování dřeva totiž velmi záleží na podobě spalovaného dřeva (špalky, polena, odřezky, štěpka, drť, piliny) a potřebném výkonu kotle.

Principiálně (ze současného pohledu) je možné vyrobit kotel na dřevo o minimálním výkonu asi 17 kW při splnění podmínek účinnosti spalovacího procesu a ekologických parametrů. V těchto kotlích je nejobvyklejším palivem kusové dříví (polena).

Většina uvedených kotlů má spodní odhořívání paliva. Tyto kotle se principem spalování liší od běžných kotlů na pevná paliva. Jsou konstruovány tak, aby při hoření paliva docházelo k pyrolytické destilaci, při které se veškeré spalitelné složky paliva zplynují.

Spalování probíhá třístupňovým procesem v jednotlivých zonách:

1. zóna – vysoušení a zplyňování dřevní hmoty
2. zóna – hoření dřevního plynu na trysce s přívodem předehřátého sekundárního vzduchu
3. zóna – dohořívání v nechlazeném spalovacím prostoru.

Teprve dohořené spaliny přicházejí na teplosměnné plochy výměníků.

Takto řízený systém spalování zaručuje kotlům vysokou účinnost. Přitom je topný výkon plynule regulovatelný od 40 do 110 %.

Pro zvýšení účinnosti topenišť se neustále zlepšuje konstrukce výměníků tepla a kvalita používaných izolačních materiálů, k dokonalejšímu využití teploty kouřových plynů. V některých případech slouží výměníky k předehřátí primárního či sekundárního vzduchu, popř. jsou výměníky využívány i pro teplovzdušné vytápění. Prvky teplovzdušného vytápění jsou nyní často používány i u krbů; tím se jejich účinnost oproti klasickým typům výrazně zvyšuje.

K renesanci zájmu o (kusové) polenové palivové dříví přispěl i módní trend rustikálních bytových interiérů, na který reagovali výrobci kamen nabídkou krbů, krbových kamen, kachlových kamen a kamen z matného kovu (Pastorek, 2004, s. 98-100).

3.2 Kotle vysokých výkonů (51 – 5 MW)

Použití kotlů vyšších výkonů si vzhledem k automatizaci procesu spalování vyžaduje úpravu paliva v podobě štěrky (v případě spalování dřevních odpadů je palivo už obvykle připraveno v podobě špalíků, odřezků, hoblin nebo pilin).

Pro dopravu paliva se obvykle používají šnekové dopravníky a podávací zařízení.

S aplikací šnekového podávacího zařízení souvisí použití spodního přívodu paliva. Štěpka nebo odpady jsou v tomto případě do vlastní spalovací komory přisouvány zdola a odhořívají shora.

Posuvné rošty jsou šikmé roštové plochy sestavené z roštových lamel ovládaných elektricky, pneumaticky nebo hydraulicky, podle výkonu kotle.

Primární vzduch je přiváděn pod rošt a sekundární, popř. terciální vzduch pak ve spalovací a dohořívací komoře. Celý povrch roštu je skloněn pod úhlem 15 až 18°. Jednotlivé stupně roštu jsou upevněny na nosné tyči tak, že konce roštnic jednoho stupně se opírají o povrch roštnic stupně následujícího, po kterém při pohybu kloužou. Pohyb vykonává buď každý stupeň roštu, nebo jen jeho liché části, přičemž sudé jsou uchyceny pevně. To záleží na konstrukci roštu.

Při přesouvání a přesypu z jednoho stupně roštu na druhý se palivo částečně převrací a smíchává s palivem ještě nevzníceným. Při pohybu vrstvy se rozlámou spečené kusy škváry a posouvaná vrstva vytlačuje vyhořelou škváru z konce roštu do škvárové výsypky. Přesuvné rošty jsou obzvláště vhodné pro spalování biopaliv vlhkých nebo s anorganickými příměsmi (výhřevnost 10,2 až 14,6 MJ.kg⁻¹).

Řetězový rošt je v podstatě nekonečný pás, jehož horní plocha, na které spočívá vrstva paliva, tvoří roštovou plochu. U řetězového roštu je roštový pás složen z plochých deskovitých roštniček, které jsou vlastně články mohutného Gallova řetězu.

U pásových roštů jsou roštnice upevněny na příčných tyčích unášených dvěma postranními tažnými řetězy. Rošt je v provozu tepelně namáhán pouze v horní části, zatímco spodní část se chladí přiváděným spalovacím vzduchem. Proto pásový rošt nese výhřevnější palivo v porovnání s přesuvnými rošty (asi 18 MJ.kg⁻¹). To by umožňovalo bez rizika spalovat suché dřevní odpady.

Kotle s řetězovými a pásovými topeništi jsou však v této výkonové kategorii méně obvyklé, neboť jejich pořizovací cena je poněkud vyšší než cena předcházejících kotlů (spodní přívod paliva a přesuvný rošt).

Pod pojmem předtopeniště se rozumí samostatná energetická jednotka pro efektivní spalování dříví, z níž jsou horké spaliny vedeny do následného výměníku tepla.

Hlavní předností předtopenišť je to, že se mohou předřadit k již instalovaným kotlovým jednotkám na fosilní paliva (které jako takové nejsou pro spalování dříví vhodné), jež potom plní pouze funkci výměníku tepla. Pokud nejsou kotlové jednotky již technicky amortizované, je takové řešení při změně druhu paliva investičně podstatně méně náročné než celková rekonstrukce. Další výhodou je univerzálnost předtopenišť. Jeden typ předtopeniště lze využít pro teplovodní i teplovzdušné vytápění, popř. jej lze použít i jako zdroj tepla pro sušárny. Předtopeniště bývá spojeno se zásobníkem paliva a vybaveno bezpečnostním systémem proti prohoření do zásobníku paliva (Pastorek, 2004, s 101-103).

3.3 Spalovny biomasy v Jihočeském regionu

Spalování biomasy v Pelhřimově

Bývalé okresní město Pelhřimov na Českomoravské vysočině má patnáct tisíc obyvatel a topilo stejně jako každé jiné město zemním plynem a mazutem. Po privatizaci se vytápění takřka třetiny městského bytového i nebytového fondu ujala společnost IROMEZ, s.r.o. Zatímco města v okolí přecházejí většinou na plyn, rozhodla se společnost pro jiné řešení. Přebudovala městskou teplárnu na spalování biomasy. Společnost se rozhodla pro tento typ vytápění proto, že si myslí, že zemní plyn (podobně jako elektrina) je z dlouhodobého hlediska ekonomická sebevražda, především pro dálkové vytápění. Ceny těchto zdrojů energie budou stále stoupat. Dřevní hmoty z lesa je však zvláště v Pelhřimovském regionu dost a její cena není vysoká.

Po výběru mezi českými i zahraničními firmami se Iromez s.r.o. rozhodl pro nabídku z Dánska. Společnost Volume Energy Systém dodala komplexní zařízení včetně manipulace s palivem, odpopelování a návaznosti palivo-kotel-popel. Kotel má výkon 5 MW, což stačí na běžný provoz. Palivo zaváží do kotle robotový jeřáb programovaný počítačem, který sám řídí přikládání do kotle a hlídá čidly výšku hladiny paliva v násypce. Jakmile hladina klesne, palivo doplní. Tento systém byl poměrně nákladný, ale na druhé straně nesmírně zjednodušil celou obsluhu kotle. Z násypky se palivo posouvá do kotle, přičemž rychlost přikládání je opět řízena a regulována počítačem. Ten také dělá kyslíkovou analýzu, takže reguluje i přívod vzduchu do kotle.

Biomasa se spaluje klasickým roštovým spalováním na kaskádovém roštu. Palivo se pomalu kutálí do nižších částí roštu a tam prohořívá běžným způsobem – jako v kamnech.

Tento jednoduchý způsob spalování zvolili z několika důvodů. Předtopeniště, zplyňování a jiné speciální technologie vyžadují určitou homogenitu nebo druh paliva a bývají velice drahé. Naopak jejich technologie umožňuje spalovat vše od drobných pilin z broušení, přes hoblovačky, štěpku, řepkovou slámu nebo větve z parků. Dokonce mohou v omezeném množství spalovat i špalky a kůru stromů, plevy z obilních čističek. Cena nákupu je díky tomuto výběru paliv velice rozmanitá v průměru 280 Kč/tunu včetně dopravy.

Kotel je schopen spálit dřevní odpady do vlhkosti 50 % a potřebuje 15–18 tun paliva za rok. IROMEZ ho nakupuje v okruhu 100 kilometrů.

Kolem roku 1992, kdy společnost o výstavbě kotlů na biomasu uvažovala, platila pro teplárenské společnosti cenová regulace. Zisk, který společnost vyprodukovala, byl omezený a směl se použít pouze na investice do strojního zařízení. Navíc musel být realizován pouze v tom roce, kdy byl vytvořen. Z tohoto pravidla vyplývalo, že si firma nesměla zisk uložit na účet a až bude mít dost, pak investovat. Proto se dohodli s dánskou firmou na jiné formě splácení. Dva roky předem jim posílali splátky, aniž by měli zařízení. Tedy jakýsi dodavatelský úvěr obráceně. Nejdřív platili a pak dostali zboží, tím se podařilo také udržet cenu.

Investice do spalování biomasy na jednotku výkonu je asi 4–5násobná než je investice do stejného výkonu v plynu. Celková investice v Pelhřimově představovala 30 milionů korun. Část z nich IROMEZ dofinancoval z klasických bankovních úvěrů.

Předsevzetí z roku 1992, že firma nezdraží teplo, se zatím daří dodržet. Od převzetí firmy, se ceny pořád drží na stejné úrovni, takže vzhledem k inflaci vlastně firma snižuje. U nebytových odběratelů (škol, sportovních zařízení) se ceny snižují absolutně.

Je tento způsob vytápění levnější nebo dražší než použití plynu? Jak se to vezme. Teplo od IROMEZU je levnější, pokud má někdo plynovou kotelnu v domě. Cena tepla z plynu je kolem 300 Kč.GJ⁻¹, teplo z biomasy stojí 246 Kč.GJ⁻¹. To jsou však maximální ceny. Ve skutečnosti stát pro obyvatele dotuje na cenu 180 Kč.GJ⁻¹.

Jiná situace nastane, když si někdo pořídí malý plynový kotlík do rodinného domku. Cena plynu je rovněž dotovaná a proto topí levněji. První případ je však častější – paneláky jsou vytápěny z jednoho zdroje, nikdo se v nich nepořizuje plynový kotlík do bytu.

Kotle na biomasu neprodukují klasický popel ze dřeva. Spíše je to škvára jako ze spalování uhlí, jejíž hlavní součástí je oxid křemičitý. Popel se za kotlem třídí. Hrubá frakce je odvážena na skládku, jemnou frakci v množství asi jednoho kubického metru denně odebírají zemědělci na pole, protože jim zlepšuje strukturu půdy a obsahuje hořčík a vápník. Přestože firma bere z lesa čistou přírodní hmotu, nepálí žádné kontaminované odpady z výroby, musela shánět spoustu potvrzení, že popel půdě neškodí. Největším problémem, jak by mohl popel škodit, je obsah zinku a kadmia. Obsah obou kovů v popelu je asi padesátkrát nižší, než je norma pro hnojiva a komposty, ale je o něco vyšší, než povoluje norma pro obsah v půdě. V tomto byl zásadní spor s úřady – zda je popel hnojivo nebo součást půdy, a podle které normy se řídit.

Zpočátku bylo také dost problémů s emisemi. Spalovna dosahuje následujících hodnot v metru krychlovém: cca 20 mg prachu, oxid síry – nula, síra – nula, oxid uhelnatý – pod normou, oxidy dusíku – pod normou zemního plynu. Podle zákona 309/92 Sb. Mohou emise prachu dosáhnout $250 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Používá se látkový filtr, který dokáže odfiltrovat prach až na hodnotu $15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pro srovnání: z rodinného domu je skutečný úlet kolem 5 gramů na m^3 . Kotel na biomasu vytápí zhruba 550 bytů, ale emise odpovídají pěti rodinným domkům.

Velké problémy byly také se zhašením jisker. Je to dáno charakterem paliva, dřevo ještě ve vznosu dlouho hoří. Firma musela více investovat do čištění spalin a odprášení. Investice do nich se zvýšila dvaapůlkrát oproti původním předpokladům (Šťastná, 1996).

Kotelna na spalování biomasy – Dešná

Obec Dešná je položena ve východní části okresu Jindřichův Hradec v nadmořské výšce 425 m n.m. Tato kotelna na spalování biomasy je obecním zařízením. Spalují se dva druhy paliva. Základním palivem jsou všechny druhy obilné a řepkové slámy, doplňkovým palivem je dřevní odpad. Kotelna je dimenzována pro obec Dešná a místní část obce Dančovice a Plačovice. V současné době je napojena obec Dešná s 320 obyvateli.

Spotřeba slámy je 98-106 kg na výrobu 1 GJ. Předpokladem spotřeby pro rodinný domek je cca 60 GJ za rok. Obec Dešná spotřebuje za topnou sezónu, která se předpokládá v délce 8 měsíců v roce, celkem cca 750 tun slámy. Sklad slámy, přestavěný z bývalé stodoly, je dimenzován pro pohotovostní zásobu na dobu 14 dnů při plném výkonu. Ostatní sláma je na poli ve stozích. Sláma je balíkována lisem HESTON o rozměru balíku 120 x 90 x 160 cm. Vně objektu kotelny pod přístřeškem je umístěno silo na dřevní odpad, který je používán jako doplňkové palivo.

Kotelna je osazena dvěma kotli o výkonu 0,9 MW a 1,8 MW. Strojní část i kotelna jsou plně automatizovány. Provoz zajišťuje jeden pracovník. Systém měření a regulace řídí činnost spalovacího procesu, dopravní cesty a strojní část. Rozvody tepla jsou provedeny jako bezkanálové s přímým uložením do země. Jedná se o předizolované potrubí, každý objekt má předávací stanici, včetně měření odběru tepla. V obci je napojeno více jak 90 % všech objektů (Havlíčková, 2003, s. 51).

Spalovna biomasy v Trhových Svinech - ORC technologie

Unikátní ORC technologie, která byla realizována v Trhových Svinech a jako první projekt svého druhu v České republice zkolaudován.



Obrázek 3.1 Areál teplárny Trhové Sviny

Teplárna v Trhových Svinech slouží pro zásobování města topnou vodou především pro vytápění a přípravu TUV. Její roční výroba tepelné energie je 45 tis. GJ. Před instalací termoolejového kotle a jednotky ORC byl v teplárně instalován jeden kotel na biomasu o výkonu 2,5 MW a tři kotle na zemní plyn o výkonu 3 x 3 MW. Hlavním zdrojem tepla byl kotel na biomasu. V zimním období byl ke kotli na biomasu zapínán jeden kotel na zemní plyn. Další dva kotle na zemní plyn byly zálohové. Jeden ze zálohových kotlů byl spínán v případě vysokých mrazů na několik hodin denně.

Pro úplný přechod teplárny na spalování biomasy jako hlavního zdroje tepla, bylo rozhodnuto o instalaci jednotky ORC a termoolejového kotle, spalujícího biomasu. Zvolena byla osvědčená technologie, se kterou má již provozovatel zkušenosti, a to kotel od rakouské firmy Kohlbach. Na základě doporučení a referencí byla ke kotli zvolena ORC jednotka od italské firmy Turboden. Spojení těchto dvou firem se už ověřilo a osvědčilo v

desítkách instalací po celé Evropě. Zástupcem obou těchto firem pro českou republiku je firma Schiestl.

Přechod teplárny na biomasu byl způsoben vysokou cenou zemního plynu. V současném stavu zdražování zemního plynu by byla neudržitelná nízká cena tepelné energie odběratelům, občanům města Trhové Sviny. Dalším hlediskem je hledisko ekologického přínosu. Pro instalaci nové technologie a její dokonalé fungování bylo třeba změnit systém zapojení v celé teplárně. Nový systém zapojení klade důraz na úspory tepelné energie a elektrické energie.

Vlastní systém teplárny je rozdělen do několika nezávislých okruhů. Hlavním okruhem je topná voda. Okruh teplovodů je od ostatních okruhů zdrojů oddělen. Pro oběh teplovodů jsou instalována čerpadla s elektronickou regulací otáček. Dochází tak k optimalizaci průtoku. Jednotlivé okruhy zdrojů obsahují vlastní čerpadla pro oběh topné vody. Hlavním zdrojem ohřevu topné vody je jednotka ORC. Po ohřátí topné vody jednotkou ORC je, v případě potřeby, topná voda v teplovodech dohřívána buď výměníkem přímého ohřevu termoolej - voda nebo kotlem na biomasu nebo jedním z plynových kotlů. Výstupní teplota topné vody do teplovodů je řízena automaticky podle venkovní teploty.

Druhým, nejdůležitějším okruhem v teplárně se s instalací jednotky ORC stal okruh termoolejový. Jedná se o uzavřený okruh, používaný především k zásobování jednotky ORC tepelnou energií. Je zde instalována i možnost paralelního provozu jednotky ORC a výměníku přímého ohřevu termoolej - voda.

Dalším z okruhů je okruh dochlazování teploty topné vody glykolovým okruhem. Jedná se o okruh, zajišťující požadovanou teplotu topné vody pro chlazení jednotky ORC. Optimální teplota topné vody je 60 °C. Při vyšších teplotách jednotka ORC ztrácí svůj garantovaný výkon, případně je úplně odstavena z provozu. Hlídaní teploty topné vody je tedy nutnou podmínkou bezproblémového a bezobslužného provozu jednotky ORC.

Dalšími okruhy kotelny jsou rozvod tlakového vzduchu, expanzní a pojistný systém, havarijní okruh chlazení termooleje, kouřovody a vnitřní silikonový okruh jednotky ORC (Bílý, 2005).

Tabulka 3.1 - Technické parametry teplárny v Trhových Svinech (Bílý, 2005)

			Teplárna Trhové Sviny
Palivo			Dřevní štěpka
Tepelný výkon kotle		MWt	3,5
Výkon jednotky ORC	tepelný	MWt	2,8
	elektrický	MWe	0,6
Účinnost zařízení při jm. výkonu	tepelná	%	80
	elektrická	%	17,1
Roční využití jednotky ORC		hod/rok	8746
Dodávka tepla z biomasy		MWh/rok	12500
Dodávka el. energie z biomasy		MWh/rok	5248
Průměrná cena paliva		Kč/t	400
Celková investice		mil. Kč	103,6
Uvedení do provozu		rok	2005
Celkový tepelný výkon teplárny		MWt	15
Délka rozvodů SCZT		m	9000

4 Mechanizace vhodná pro úpravu biomasy určené pro energetické využití

4.1 Mechanická úprava rychle rostoucích dřevin

Ve světovém vývoji se rýsují dvě odlišné vývojové tendence v technologii sklizně a zpracování rychle rostoucích dřevin k energetickým účelům.

Jednak jde o technologie využívající většinou traktorem tažený odřezávač stromků, které jsou dopravníkem vynášeny na ložnou plochu návěsu, kde jsou buď ručně nebo mechanicky rovnány, popř. snopkovány (převázány). Snopky kmínků až do hmotnosti několika tun jsou buď ponechány na pozemku, nebo častěji odváženy na kraj pole či až na místo konečného zpracování. Teprve po řádném vyschnutí, které může trvat i půl roku, jsou štěpkovány. Produktem je relativně suchá, energeticky velmi vydatná štěpka, je schopna spalování v běžných topeništích na dřevní štěpku s vysokou účinností. Manipulace je o něco náročnější, ale stroje jsou jednodušší v celé lince včetně kotelny, která může mít i kotle s nižším výkonem.

Jiná technologie využívá většinou samojízdné, ale i tažné sklízecí stroje schopné okamžité výroby dřevní štěpky – sice o větší vlhkosti, ale snadněji manipulovatelné a dopravovatelné na velká topeniště s prostorem pro dosušení paliv před vzplanutím. Tyto kotelny by měly mít kondenzační jednotky pro využití tepla, která odnáší v topeništi odpařená voda ve spalinách. Některé technologie využívají aktivní provětrání i se solárním příhřevem vzduchu (např. ve výtopně Kautzen, Rakousko).

Světový vývoj se pro některou z těchto technologií zatím jednoznačně nerozhodl. Kritériem pravděpodobně bude rozsah podnikatelského záměru. Zatím většina výtopen preferuje spíše suchá paliva (Pastorek, 2004, s. 54-57).

4.1.1 Stroje na sklizeň

V evropských podmínkách jsou na plantážích zatím dominující rychle rostoucí dřeviny topol a vrba (ve Španělsku a Portugalsku eukalypty). V Itálii a Rakousku je to spíše topol a v severských zemích vrba. V České republice vzhledem k její poloze bude možné využívat jak topol, tak vrbu.

Zatím se rýsují tyto vývojové cesty:

- používání relativně jednoduchých sklízeců – odřezávačů, tažených běžnými zemědělskými traktory buď jako závěsné, nebo také jako nesené, většinou však jako jednoosé závěsné se zabudovaným ústrojím pro vázání snopků vrbového proutí nebo se řezačkou podobající se řezačce na sklizeň kukuřice,
- výkonnější, složitější „kombajny“ na sklizeň vrby. Předpokládá se, že v příštích letech jich bude v severní a střední Evropě již deset až dvacet. Tyto stroje jsou většinou samojízdné nebo jsou umístěny na samojízdných podvozcích.

V současné době se při zpracování biomasy dává přednost jemnější dřevní štěpce.

Pro zimní sklizňové období byly zkoušeny tyto prototypy sklizňových strojů:

- sklizňový stroj tažený traktorem – starší prototyp pracují na jedné řadě porostu plantáže, který pruty odřezává, hromadí odřezané proutí a odhazuje sklopnou plošinou připojeného návěsu na stranu – plnou skluznou plochou,
- sklizňový stroj FREBESTA sklízecí dvě řady najednou. Odříznuté pruty jsou transportními řetězy dopravovány na plošinu, která se po zaplnění sklopí – pokud možno na okraj pole. Výkonnost stroje je sklizeň ze dvou řádků délky 2 km za hodinu při obsluze dvou pracovníků $4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$,
- SEGERSLAT – dvouřádkový sklízeč na vrbu se svazováním jednoletého proutí do snopů,
- CLAAS – sklízeč pro dořezávání a pořezávání dvou- až tříletého proutí v podobě jednoduchého dvouřádkového sklízecce, odvozeného od tažené sklízecí řezačky na kukuřici poháněné traktorem,
- CLAAS-JAGUAR – kombinovaný sklízeč, odvozený od samojízdné sklízecí řezačky na kukuřici pro sklizeň dvou- až čtyřletých výhonů, dvouřádkový, kombinovaný s připojeným nebo vedle jedoucím velkoobjemovým přívěsem pro převzetí rozřezané biomasy,
- BRUKS – štěpkovač na pásovém podvozku s připojeným velkoobjemovým přívěsem, také na pásovém podvozku. Stroj je odvozen od běžného samojízdného štěpkovače – je vybaven odřezávacím a podávacím ústrojím. Obsah přívěsu je možné pomocí vysokozdvížného hydraulického zařízení překládat do běžných dopravních prostředků,
- kombinovaný sklizňový stroj na dvou- až tříleté vrbové proutí (do délky 5 m), vhodnější však spíše pro dvouleté výhonky, samojízdný na pásovém podvozku, odvozený od sklízecce na cukrovou třtinu a vybavený odřezávacím a podávacím

ústrojím do řezačky s výkonem až 3 ha za směnu. Rozřezanou biomasu odhazuje do vedle jedoucího přívěsu nebo nákladního automobilu (Pastorek, 2004, s. 55-58).

4.1.2 Harvestory

Harvestor John Deere 770D byl vyvinut pro práce v prvních probírkových těžbách a pro zpracování kmenů s průměrem do 550mm.

Tento malý a kompaktní harvester se pohybuje bez velkých obtíží v hustých porostech, aniž by poškozoval mladé stromy.

Několik technických parametrů :

- Dosah hydraulického manipulátoru 7,9 - 9,2 metru
- Výkon motoru 86 kW/2.000 ot./min.
- Hmotnost stroje dle výbavy 11,5 tuny
- Šířka stroje 2 257 – 2 400 mm
- Světlost 570 mm

(www.merimex.cz, 2005-12-07)

4.2 Mechanická úprava pevných biopaliv

Jedním z pevných biopaliv je dřevo, V první fázi zpracování na biopalivo se dřevo upravuje co do velikosti. Zařízení na úpravu rozměrů dřeva můžeme rozdělit na sekačky, drtiče.

4.2.1 Sekačky

Sekačky jsou zařízení k beztrískovému dělení dřeva řezným účinkem sekacích nožů napříč vlákny a zároveň dělením na potřebnou tloušťku podél vláken díky klínovému tvaru nože.

Sekačky můžeme dělit podle několika kritérií.

Podle účelu použití, celkového technického řešení a začlenění do technologických linek v zásadě rozlišujeme sekačky stacionární a mobilní:

Stacionární sekačky

Sekací agregát, skládající se ze statoru a rotoru, je trvale zabudován do technologické linky na pevných základech. Před sekacím agregátem je v lince přísunové a podávací zařízení. Za sekacím agregátem je zařízení na odvod štěrky (potrubí nebo dopravník). K pohonu sekačky slouží elektromotor. Upravený sekací agregát stacionárních sekaček se obvykle používá jako sekací agregát i do mobilních sekaček.

Mobilní sekačky

Pojízdné sekačky mají sekací agregát namontován na podvozku, který je určen k přesunu sekačky. Naproti tomu převozní sekačky nemají sekací agregát trvale zabudován na pevných základech ani namontovaný na podvozcích. Na pracoviště se převážejí jiným dopravním prostředkem.

Podle sekacího orgánu dělíme sekačky na: diskové, bubnové a šroubové:

Diskové sekačky

Jsou nejrozšířenějším a nejvýkonnějším zařízením na výrobu štěrky. Původně byly řešeny jen jako stacionární s průměrem disku od 1 000 do 2 000 mm, s počtem nožů od 2 do 16 a potřebným instalovaným příkonem až 500 kW. Sekačky byly řešeny tak, že dřevo šikmo klouzalo po žlabu k rotoru sekačky. Výkonnost těchto sekaček je velmi vysoká: 250 až 300 m³·h⁻¹ při sekání rovnaného dřeva nebo krácených výřezů délky 2 až 4 m.

Mezi výhody diskových sekaček patří tyto:

- pojízdné diskové sekačky se vyznačují velkou kvalitou štěrky a v podstatě jsou rovnocenné se stacionárními sekačkami,
- umožňují sekát dřevo až do průměru 500 mm při přijatelném hmotnostním i pevnostním dimenzování
- velký setrvačný moment dovoluje zabudovat spalovací motor menšího výkonu s tím, že materiál se seká přerušováním podávání do té doby, než výkon motoru není dostatečný pro sekání vzhledem k tloušťce dřeva

- diskové sekačky nevyžadují zvláštní ventilátor, protože samotný disk vybavený lopatkami má velký vrhací a ventilační účinek, který zabezpečí dopravu štěrky do automobilů, popř. přistavených kontejnerů.

Nevýhodami diskových sekaček je to, že velikost vstupního otvoru je omezena poloměrem sekacího disku a že nejsou vhodné k sekání chaotického materiálu vzhledem k omezené velikosti vstupního otvoru (Pastorek, 2004, s. 38-40).

Bubnové sekačky

Na rozdíl od diskových sekaček jsou jejich sekací nože uloženy na obvodu rotujícího válce. Jsou konstruovány pro menší výkony a surovinu menších rozměrů. Používají se ke zpracování různého odpadu – např. v lesnictví k sekání chaotického materiálu.

Bubnové sekačky mají tyto výhody:

- celé sekací zařízení je menších rozměrů, je možné konstrukčně lépe řešit celé rozložení agregátů na podvozku. Horizontální uložení osy bubnu umožňuje výhodnější řešení celkového pohonu, nejsou požadavky na použití kuželové převodovky pro vyrovnání úhlů osy sekacího zařízení a spalovacího motoru
- vzhledem k sekání pod osou sekacího bubnu a s přihlédnutím k poměru bubnu je možné řešit vstupní dopravník níže než u diskových sekaček,
- bubnové sekačky jsou zvláště vhodné k sekání chaotického materiálu (větve po procesorech) – pro možnost vytvořit velký vstupní otvor při optimálním poloměru bubnu a jeho délky

Nevýhody bubnových sekaček jsou tyto

- vzhledem k celkovému konstrukčně-pevnostnímu řešení sekacího agregátu a jeho malému setrvačnému momentu nejsou vhodné k sekání dřeva větší tloušťky,
- úhel řezu se v době seku mění od maximálního po minimální; to má velký vliv na kvalitu štěrky, její tloušťka velmi kolísá; proto je její použití jako technologické štěrky nevhodné,
- sekací buben má velmi malý ventilační účinek a vrhací je téměř nulový, proto je třeba montovat ventilátor pro dopravu štěrky z bubnu do zásobníku nebo kontejneru

Šroubové sekačky

Šroubové sekačky jsou jednoúčelové malé sekačky k sekání tenkých stromků a kmínků velikosti asi 10 x 10 cm na palivovou štěpku s tloušťkou okolo 1 cm. Sekací orgán má tvar šroubovice se stoupajícím průměrem. Šroubovice se při otáčení postupně zařezává do dřeva zároveň vtahuje dřevo k většímu průměru. Názorně si lze šroubovou sekačku představit na principu mlýnku na maso. Protože pro lesní hospodářství jsou většinou aktuální jen pojízdné sekačky, budeme se dále zabývat pouze kritérii pro klasifikaci těchto sekaček.

Podle způsobu dávkování dřeva do sekačky jsou pojízdné sekačky:

s ručním dávkováním dřeva – hlavně na sekání tenkého odpadového dřeva. Nasekaná štěpka se využívá převážně k energetickým účelům;

s mechanickým dávkováním dřeva – dávkovacím zařízením je většinou hydraulická ruka

Podle způsobu podávání dřeva rozlišujeme:

Sekačky bez podávacího zařízení – dřevo je do sekacího agregátu podáváno vtahovacím účinkem sekacích nožů. Mohou se používat jen na sekání dřeva bez větví (tyčovina, kmínky, dřevní odpad apod.);

Sekačky s mechanickým podávacím zařízením – k podávání slouží soustava podávacích válců nebo řetězový dopravník s válci. Technické řešení podávacího zařízení limituje použitelnost sekačky na sekání různých druhů dřeva.

Podle způsobu pohonu sekacího agregátu a ostatních agregátů jsou pojízdné sekačky:

1. s pohonem od motoru bázového stroje – obyčejné sekačky s menším výkonem na sekání tenkého odpadového dřeva;
 2. s pohonem od separátního motoru – obvykle výkonnější sekačky na sekání koncentrovaných zbytků po těžbě, korunových částí stromů nebo celých stromů;
- (Pastorek, 2004, s. 40-44).

4.2.2 Drtiče

Drtiče jsou určeny k úprav rozměrů dřeva, které není možné sekat sekačkami. Jedná se o dřevo drobné, mimořádně netvárné (křoviny apod.), znečištěné (pařezy, stavební odpad).

Podle počtu otáček drtiče dělíme na nízkootáčkové a vysokootáčkové

Nízkootáčkové drtiče jsou určeny hlavně k drcení rozměrově nehomogenního odpadu z nábytkářské výroby. Činným orgánem je obvykle válec, po jehož obvodu jsou spirálovitě rozmístěné nožičky různých tvarů (hranaté, trojúhelníkové). Podle tvaru nožů je tvarován i protinuž. Podle počtu rotujících válců jsou drtiče jednoválcové nebo dvouválcové.

Dvouválcové drtiče mohou být i bez protinožců, se směrem otáčení válců proti sobě. K homogenizaci odpadového dřeva z lesa nejsou tyto drtiče příliš vhodné. Na zpracování těchto surovin jsou vhodnější *vysokootáčkové* drtiče. Podle tvaru drtícího orgánu je můžeme rozdělit na diskové a bubnové.

Disk diskových drtičů je umístěn vertikálně s malými nožičky instalovanými v čelní ploše disku. Dřevo k disku přitlačuje hydraulicky ovládaná protilehlá stěna. Tyto drtiče jsou vhodné na drcení pařezů, kusového odpadu, těžebního odpadu a podobných surovin.

Pracovní orgán bubnových vysokootáčkových drtičů může být vybaven spirálovitě rozmístěnými noži nebo kladívky. Drtiče vybavené noži jsou vhodné na drcení větví, kusového odpadu apod., drtiče opatřené kladívky je vhodné využít na drcení tenkých větví, křovin, kůry a podobných materiálů (Pastorek, 2004, s. 44-45).

4.2.3 Zařízení na paketování

Soustředování a štěpkování těžebního odpadu je značně energeticky náročné, a proto se hledají jiné, na energii méně náročné způsoby homogenizace těžebního odpadu. Jednou z takových metod je paketování, při kterém se klest lisuje do balíků obdobně jako sláma. Lisovací tlaky jsou však podstatně vyšší než u lisů na slámu, protože větve namáhané při lisování na vzpěr kladou lisování velký odpor. S balíky se dále manipuluje na tzv. euro paletách, kde jsou uloženy dva balíky vedle sebe. Výška balíku se rovná asi polovině délky delší strany palety. Jiný systém paketů v podobě válců byl vyvinut firmou

TIMBERJACK. Balíky (pakety) je možné spalovat ve speciálních topeništích nebo jsou používány jako mezioperační zásoba před další dezintegrací. Pakety jsou vhodné pro dopravu, manipulaci a skladování. Použití celých balíků jako paliva je komplikováno tím, že jejich hoření je nerovnoměrné. Proto lze jimi topit jen v topeništích vyšších výkonů, ve kterých je hoření stabilizováno ještě dalším palivem (Pastorek, 2004, s. 44-45).

4.3 Mechanická úprava energetických stébelnin

4.3.1 Sběrací vozy

Oblast využití sběracích vozů je vzhledem k ekonomice dopravy (malé stlačení materiálu) limitována přepravní vzdáleností 2 km. Pro větší vzdálenosti jsou vhodnější stlačené stébelniny, tzn. využití sběracích lisů, popř. briketovacích a peletovacích lisů.

Použití řezačky s velkoobjemovými dopravními soupravami je přibližně na úrovni sběracích lisů na velkoobjemové balíky.

4.3.2 Sběrací lisy

Pro sklizeň energetických stébelnin v suchém stavu, tj. slámy obilnin a olejnin, energetických obilnin (triticale), rákosovitých travin, ale i lnu a konopí, popř. Miscanthu, se stále více používají sběrací lisy na obří hranaté nebo válcové balíky. Zatím nevžitou novinkou jsou kompaktní lisy (výsledkem je hutný materiál ve tvaru špalku). Teplárny a výtopny dávají přednost velkým hranatým balíkům, na farmách se pro menší kotle používají i levnější svinovací lisy na válcové balíky a lisy na klasické malé balíky.

Technický vývoj sběracích lisů je veden těmito směry:

- všichni hlavní výrobci se snaží dodávat celou výkonovou řadu lisů podle potřeb uživatelů, tím jsou ovlivněny zejména rozměry balíků,
- zlepšuje se pohodlí obsluhy a kontroly chodu lisů,
- zavádí se přídatné řezací ústrojí ke sběracím lisům, jako předpoklad větší hmotnosti balíků.

4.3.3 Lisy na válcové balíky

Pro svou nižší pořizovací cenu jsou stále nejoblíbenějším typem sběracích lisů. Dnes se vyžaduje možnost změny velikosti lisovací komory a tím i velikosti balíků s ohledem na druh zpracovávaného materiálu a řezací ústrojí, které je také s většinou lisů již dodáváno. To se vyžaduje především pro silážování, ale také pro spalování. Lis však potřebuje o něco výkonnější motor traktoru. Měnitelné rozměry lisovací komory umožňují vytvářet balíky slámy o průměru až 1,8 m s obsahem až 3 m³ slisované slámy o hmotnosti do 500 kg, zatímco pro silážní plodiny může být průměr balíků i pod 1 m. Šířky sběracího ústrojí se pohybují většinou nad 2 m.

Zajímavé řešení přináší firma NEW HOLLAND – uvádění nožů řezacího ústrojí do pracovní polohy není řešeno hydraulikou, ale elektromotorem a pohybovým šroubem. Takový je postup při vytváření každého balíku, protože poslední vrstva lisovaného materiálu, tvořící obal balíku, se neřeže. Nože se uvedou do činnosti, až se u nového balíku vytvoří pevné základní jádro. Čidla kontrolují podélnou slisovanost balíků a traktorista může změnou najíždění na řádek slisovanost a tím i pevnost balíku regulovat.

4.3.4 Lisy na hranaté balíky

Všichni výrobci těchto lisů zavádějí řezací ústrojí umístěné za sběračem. Příkon lisu se zvyšuje až o 25 kW. Plný počet nožů se využívá zejména při silážování. S ohledem na používané dopravní prostředky se balíky tvoří ve dvou základních rozměrech. Firmy CLAAS a HESTON, ale i další nyní dodávají k novým i již dříve dodaným lisům přívěsný mechanizovaný vozík na dva balíky, který spolu s balíkem v lisu vytváří na poli skupinu tří balíků. To usnadňuje nakládku a odvoz. Ve vývoji je vozík na čtyři balíky. Tenzometrická čidla signalizují řidiči několik skutečností, z nichž důležitý je údaj o namáhání hlavního klikového hřídele. Měření vlhkosti právě nakládaného materiálu je další novinkou (15 až 40 %). DEUTZ-FAHR prodává pod názvem POWER PRESS samojízdný lis s pojezdovou rychlostí do 40 km.h⁻¹, s říditelnou zadní nápravou jako u samojízdných rezaček nebo obilních kombajnů. Šířka pevného sběracího ústrojí je 6,4 nebo 8 m a z pole na pole se dopravuje na taženém přívěsu; to ovšem omezuje přepravní rychlost.

4.3.5 Briketování a peletování suchých stébelnin

Někteří odborníci považují slaměnou briketu nebo peletu za ideální „zázračné“ palivo. Sláma na poli je levný zdroj a energetické obilí (např. Triticale) dává v porovnání se vstupem vysoký výnos energie. Spotřeba přídavné energie na výrobu briket nebo pelet nepřesahuje 5 % tepelného obsahu briket. Překážkou jsou jen vysoké investiční náklady na potřebné stroje ve zpracovatelské lince. Tu tvoří manipulační zařízení, rozpojovač balíků, drtič a paletizačních protlačovacích lisů a vlastní lisy. Stacionární výroba tvarovaných paliv ze slámy je v rozporu s jinak výhodnou sklizní sběracími lisami, protože jednou slisovaný materiál se znovu rozpojuje, nebo dokonce šrotuje a opět lisuje. Volně ložená sláma sklizená sběracími vozy má vysoké požadavky na skladovací prostor a následnou manipulaci, přestože je cenově nejvýhodnější.

Proto rostoucí zájem odborníků směřuje k vývoji technologie a techniky zajišťující výrobu energetických briket ze stébelnin přímo na sklizeném pozemku. Jediným zatím realizovaným řešením je systém HAIMER, projekt dotovaný vládou SRN a představovaný sklízecí samojízdou se žacími nebo sběracími ústrojími, na kterou bezprostředně navazuje dosušecí provětrávací zařízení a lisovací neletovací ústrojí. Souprava je vybavena motory o celkovém výkonu 353 kW. Veškeré odpadní teplo je využito k dosušení sklizeného materiálu. Zcela novým způsobem je řešeno tvarové stlačování pořezaných stébelnin mezi soustavou rýhovaných válců a odřezávacích válců, které probíhá kontinuálně. Výrobek je jakási nekonečná „čokoláda“ o šířce asi 100 mm a tloušťce přibližně do 25 mm, která se po průchodu strojem rozlamuje na menší částice. Hustota se pohybuje od 850 do 1 000 kg.m⁻³ – sypaná hmotnost od 300 do 500 kg.m⁻³, což je přibližně stejné jako u pelet o průměru do 35 mm (Pastorek, 2004, s. 49-54).

5 Technologické a ekonomické aspekty pěstování a využití biomasy pro energetické využití

1. Základní způsoby využití rostlin v průmyslu

Produkce a využití obnovitelných zdrojů surovin a energie je klíčovou otázkou udržitelného hospodářského rozvoje společnosti. Vyčerpatelnost fosilních zdrojů surovin pro průmysl a paliv pro energetiku a obširné ekologické problémy doprovázející jejich těžbu a využití nutí lidstvo přeměňovat svoji pozornost na obnovitelné zdroje, především na biomasu z rostlin. Rostliny, které se pěstují za účelem získání surovin a energie jsou nazývány průmyslovými a energetickými plodinami. Výzkumně-vývojové práce v rámci projektů Evropské unie podstatně rozšířily v 90. letech minulého století možnost uplatnění fytomasy (biomasa z rostlin) v průmyslové výrobě a v energetice.

Pro většinu z uvedených skupin průmyslových výrobků z biomasy lze použít pouze některé speciální plodiny. Výjimkou je produkce energie, pro jejíž výrobu lze použít prakticky veškeré rostliny. Použitelnost rostlin pro výrobu energie omezují pouze ekonomické úvahy a technologické podmínky zvolených způsobů zpracování biomasy. Vhodné energetické plodiny by především měly vykazovat dostatečně vysoké výnosy biomasy při relativně nízkých souhrnných nákladech na jejich pěstování, sklizeň, úpravu, skladování a zpracování. To znamená, že z ekonomického hlediska je nejdůležitějším parametrem celková cena za jednotku biomasy, eventuálně fytopaliva.

Z technologického hlediska, existuje mnoho rozličných způsobů využití biomasy jako obnovitelného zdroje energie, kterým se musí přizpůsobit sortiment vhodných plodin, způsob jejich sklizně a technologie předběžné úpravy biomasy na palivo. Univerzální charakter produkce obnovitelné energie z rostlin činí toto odvětví nejperspektivnějším pro rozsáhlé uplatnění. Proto se v tomto článku budu věnovat detailnějšímu přehledu problematiky využití biomasy pro energetické účely.

2. Způsoby energetického využití rostlin

Energeticky využitelné rostliny jsou přeměňovány na energii několika základními postupy. Technologicky nejjednodušší a proto v současné době nejvíce rozšířené je přímé spalování biomasy ve speciálně upravených topeništích, neboť biomasa se, na rozdíl od uhlí, vyznačuje snadnou těkavostí a vysokou spékavostí. K růstu popularity biomasy jako energetického zdroje přispívá v posledních letech zdražování ropných produktů, plynu a elektřiny.

Jako u každého paliva je spalování biomasy závislé na jejím chemickém složení a fyzikálních vlastnostech (Ust'ak, 2005).

Tabulka 5.1- Důležité vlastnosti biomasy v porovnání s klasickými palivy.

(Ust'ak, 2005)

Druh paliva	Průměrná tepelná hodnota (při obvyklé vlhkosti 15-20 %) MJ.kg ⁻¹	Obsah popelovin v hmotě %	Obsah těkavých látek v hmotě %
Sláma	14-15	4-5	65-70
Obiloviny	15-16	4-5	65-70
Trávy a rákosy	14-15	4-5	65-70
Byliny	14-15	4-5	65-70
Olejniny	16-20	4-5	65-70
Dřevo (kůra)	15-17	0.5-2	60-70
Rašelina	13-14	1-3	40-70
Hnědé uhlí	12-20	3-18	40-60
Černé uhlí	28-32	3-17	8-35
Dřevěné uhlí	29-31	0,5-1	20-25
Koks	30-32	9-17	1-10
Topný olej	42-43	-	-
Řepkový metylester	36-38	-	-

Výhřevnost slámy a celých rostlin obilí je v průměru jen o málo nižší než u dřeva, rašeliny a hnědého uhlí. Dřevěné uhlí, černé uhlí a koks mají zhruba dvojnásobnou výhřevnost. Topný olej má oproti slámě a obilí skoro trojnásobnou výhřevnost. Vlhkost v palivech by měla být co možná nejnižší, aby bylo zajištěno ekologické a efektivní spalování. Za optimální se považuje vlhkost biomasy v rozmezí 15-20 % (tzv. standardní sušina). Moderní kotle dokážou spálit biomasu i při 50 % vlhkosti, výtěžnost energie však při zvyšování vlhkosti nad 20 % prudce klesá. Nižší vlhkost než 10 % je těžko dosažitelná bez energeticky náročného dosušení a navíc je nebezpečná, neboť při stopové vlhkosti a jemném rozdrobení nabírá biomasa charakter výbušniny, což komplikuje zacházení s takovou hmotou. Proto i přes vyšší výtěžnost je nežádoucí snažit se maximálně snížit vlhkost biopaliva, zejména pod hodnotu hygroskopické vlhkosti, tj. vlhkosti docílené sušením biomasy na vzduchu.

O hospodárnosti energetického využití biomasy při nahrazení klasických paliv rozhodují zejména cena, topná hodnota a účinnost paliva, jeho potřebná úprava, náklady na topeniště včetně skladových prostor a rovněž pracnost samotného procesu topení.

Topeniště pro spalování těchto hmot musí mít následující parametry:

- lehká obsluha a malá pracnost;
- vysoká účinnost (70 až 80 %);
- technické řešení umožňující ekologické spalování;
- dostatečná regulace topného výkonu (Ust'ak, 2005).

Tabulka 5.2 - Orientační náklady na pěstování vybraných energetických a průmyslových plodin (Kovářová, 2002, s.26)

UKAZATEL	Jednotka	Konopí seté	Chrastice	Ozdobnice
			rákosovitá	čínská
Organická hnojiva	Kč.ha ⁻¹	765	-	-
Průmyslová a vápenatá hnojiva	Kč.ha ⁻¹	2 796	1 881	1 709
Osivo, sadba	Kč.ha ⁻¹	6 600	104	3 276
Chemické přípravky	Kč.ha ⁻¹	-	28	135
MATERIÁLOVÉ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha ⁻¹	10 163	2 013	5 120
Mechanizované práce	Kč.ha ⁻¹	4 281	2 021	2 350
Potřeba práce	h.ha ⁻¹	7,3	4,4	4,5
Ostatní variabilní náklady	Kč.ha ⁻¹	428	322	465
VARIABILNÍ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha ⁻¹	14 872	4 356	7 935
Nájem půdy	Kč.ha ⁻¹	350	350	350
Daně	Kč.ha ⁻¹	410	410	410
Odpisy a opravy staveb	Kč.ha ⁻¹	670	670	670
Odpisy strojů	Kč.ha ⁻¹	1 999	1 238	1 440
Úroky z úvěru	Kč.ha ⁻¹	600	600	600
Režie	Kč.ha ⁻¹	638	374	383
FIXNÍ NÁKLADY CELKEM	Kč.ha ⁻¹	4 667	3 642	3 853
NÁKLADY CELKEM (variabilní + fixní)	Kč.ha ⁻¹	19 539	7 998	11 788
VÝNOS – celá rostlina	t.ha ⁻¹	10	9	13
CELKOVÉ NÁKLADY – celá rostlina	Kč.t ⁻¹	1 954	889	908

6 Experimentální část

6.1 Založení pokusných ploch energetických dřevin

Pro účely mého výzkumu byly vybrány tři lokality pokusných parcel. Založena pokusná parcela Němčice, pokusná plocha Švábův Hrádek a částečně bylo využíváno výsledků z pokusné plantáže rychle rostoucích topolů Lhenice.

6.1.1 Založení pokusné plochy Němčice

Výběr a příprava pozemku: Pokusná parcela v Němčicích byla založena na pozemku pana ing. Lubomíra Nedvěda dne 20.3.2004. Jako sadební materiál byly použity řízky z pokusné parcely Lhenice. Pro porovnání růstových schopností byly řízky připraveny z jedno a dvouletých přírůstků matečnic. Délka řízků 20 cm, počet pupenů 3 – 4. Byly vybrány následující dva pozemky:

A: Louka se směsným travním porostem

B: Orná půda připravena pomocí kultivátoru.

Na obou parcelách byl použit spon 50 x 150 cm. Na každou z parcel byly vysázeny 4 řady řízků z jednoletých výhonů a rovněž 4 řady řízků z dvouletých výhonů. Na pozemku A byl počet řízků v řádku 16 ks na pozemku B 20 ks (viz. Schéma). Celkově bylo vysázeno na pozemku A 128 ks řízků a na pozemku B 160 ks řízků.

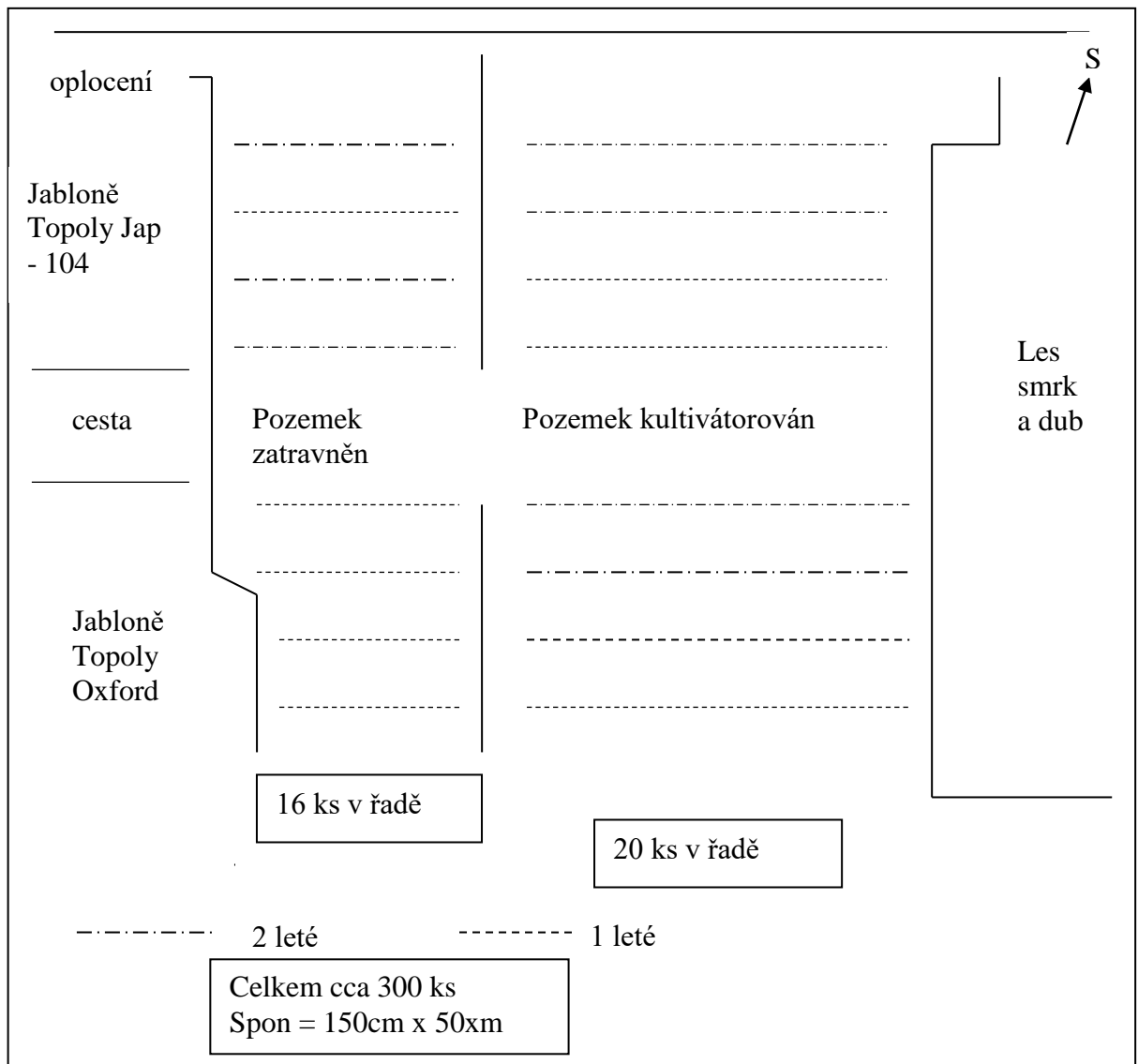
Výsadba: řízky byly vysazeny 21.3. 2004, ruční výsadbou pomocí speciálního rýče mírně šikmo do půdy a to tak, že téměř celý řízek byl v zemi a vrcholový pupen v úrovni půdy. Po zapíchnutí řízku byla půda okolo řízku utužena sešlápnutím zboku, tak aby nebyl poškozen řízek.

Údržba a pěstování: ochrana proti plevelům byla prováděna dvakrát ročně mechanicky vyžínáním a ušlapováním. Veškerá organická hmota byla ponechána na pozemku z důvodů omezení růstů dalších plevelů mezi řízky. Zároveň zajišťovala vhodné vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy. Chemická ochrana prováděna nebyla.

První rok bylo zapojeno téměř 80% všech řízků, přírůsty činily od 15 - 30 cm. Růstový rozdíl mezi jednoletými a dvouletými výhony z matečnic nebyl zaznamenán. Za rok 2005 činily přírůsty od 50- 80 cm. Delší přírůsty byly naměřeny na pozemku B. Na pozemku A byly přírůsty kratší v průměru o 38 cm než na B. Na pozemku B je porost rovnoměrnější.

Hnojení: půda byla poměrně dobře zásobena živinami z předchozího zemědělského využívání, v průběhu pokusu žádné hnojení prováděno nebylo. Částečně ho zajišťovala ponechaná organická hmota.

Evidence o výsadbě (schéma)



6.1.2 Založení pokusné plochy Švábův Hrádek

Ověřovací pokusná plantáž Švábův Hrádek byla založena 13.4. 2005

Tabulka 6.1 - Průměrné hodnoty délky výhonů rychle rostoucích topolů na pokusné plantáži Švábův Hrádek

Datum odběru vzorků d.m.r.	Hodnota délky výhonu cm	Poznámka
13.4.2005		Sázení (založení plantáže)
11.5.2005	2,65±0,0013	4/3
23.6.2005	13,93±0,0340	2/5
21.7.2005	26,10±0,0140	1/2
11.8.2005	31,55±0,0803	3/3
6.9.2005	53,26±0,0187	2/4
12.10.2005	52,57±0,0013	¾
11.11.2005	51,55±0,0120	1/3
prosinec	neměřeno	
leden	neměřeno	
únor	neměřeno	
17.3.2006	50,33±0,0123	2/2

6.1.3 Pokusná plantáž rychle rostoucích topolů Lhenice

Plantáž se nachází jihovýchodně 0,8 km od obce Lhenice. Tato plantáž byla založena v březnu v roce 1999. Stanoviště je situováno podél potoka v zaplavovaném pásmu. Je zde předpoklad nanášení živin z okolních zemědělsky obhospodařovaných polí. Sběr dat byl prováděn na této založené plantáži.

Stanoviště: louka s náletovými dřevinami

Výnosy dřevní hmoty rychle rostoucích topolů v průběhu 6 let od začátku růstu

Tabulka 6.2 - Průměrné hodnoty hmotnosti stromků, výšky stromků a tloušťky kmínků – Lhenice

Stáří stromů (rok)	Průměrná hmotnost stromku kg	Průměrná výška stromků m	Průměrná tloušťka kmínku * cm
1.	1,399	1,893	2,301
2.	9,803	4,520	6,506

3.	11,909	5,843	9,313
4.	14,664	6,127	9,902
5.	18,113	6,499	10,556
6.	21,560	8,820	11,501

- měřeno 5 cm od úrovně povrchu půdy

6.2 Založení polní parcely pro pěstování zemědělských plodin (2004,2005)

6.2.1 Založení polní parcely v roce 2004

Parcela byla založena na jaře roku 2004 s cílem ověřit údaje publikované v odborné literatuře. Jako plodiny byly zvoleny slunečnice roční a laskavec. Pro tyto dvě plodiny byl vybrán pozemek o celkové rozloze 400 m².

6.2.1.1 Laskavec

Agrotechnika

Porost laskavce byl založen výsevem do podmítky 12.dubna 2004. Výsevek byl 0,1g.m⁻² semene. Během vegetace nebylo provedeno žádné hnojení, půda v této lokalitě je poměrně dobře zásobena živinami. Porost nebyl po celou dobu vegetace nijak chemicky ani mechanicky ošetřován proti plevelům.

Sklizeň biomasy

Laskavec dorostl výšky 30 cm, pozemek byl zcela zaplevelen. Sklizeň nebyla provedena vzhledem k zanedbatelnému výnosu nadzemní biomasy.

6.2.1.2 Slunečnice roční

Agrotechnika

Slunečnice byla ručně vyseta do připravené půdy do hloubky 4-5 cm. Výsevek činil 6 nažek na m². Šířka mezířádku 75 cm.

Sklizeň biomasy

Slunečnice dorostla výšky 50–80 cm, vzhledem k nízkému počtu jedinců na ploše, způsobenou sezobem nažek po výsevu nebyl porost slunečnice použitelný pro zjištění množství sklizené biomasy. Porost byl sklizen sklízecí řezačkou dne 19.10., sklizená hmota byla ponechána na pozemku a následně zaorána.

6.2.2 Založení 12 polních parcel v roce 2005

Druhá pokusná parcela byla založena v dubnu roku 2005 s cílem ověřit některé údaje, které jsou uváděny odbornou literaturou.

6.2.2.1 Půdní a klimatické podmínky

Jako lokalita pro založení 12 polních parcel byl vybrán školní pozemek číslo P 825.

Rozbor půdy vypracovala laboratoř “AGRO-LA“ ,spol. s r. o. Jindřichův Hradec.

Výsledky rozboru půdy z pozemku č. P 825

Typ rozboru : totální rozklad a stanovení Pb, Cd, Hg, Cu, Ni, Zn,

Stanovení AZP – P, K, Mg, Ca, pH, lab.suš., KVK, C_{ox}, N_{tot}, P_{tot}

Tabulka 6.3 - Identifikace použitých metod (AGRO-LA, 2005)

Ukazatel	Kód metody
Úprava vzorků půd pro analýzu	P 1.
Úprava suchých půdních vzorků	P 1.1.
Úprava čerstvých půdních vzorků	P 1.2.
Stanovení vlhkosti půdy gravimetricky	P 2.
Příprava půdního extraktu dle Melicha III	P 3.
Stanovení vápníku a hořčíku v extraktu dle Melicha III plamenovou atomovou absorpční spektrofotometrií (FAAS)	P 4.
Stanovení fosforu v extraktu dle Melicha III spektrofotometricky	P 5.
Stanovení draslíku v extraktu dle Melicha III atomovou	P 6.

emisní spektrofotometrií (FAES)	
Stanovení pH půd	P 7.
Stanovení amonného dusíku v půdních vzorcích	P 8.
Stanovení přijatelného dusíku v půdních vzorcích	P 9.
Extrakce lučavkou královskou za horka	P. 10
Stanovení Hg na rtuťovém analyzátoru TMA 254	K. 15
Stanovení Pb, Cd, Zn, Cu, Ni	K. 16

Tabulka 6.4 - Výsledky rozboru č. P 825 (AGRO-LA, 2005)

Označení rozboru	Jednotky	P 825
		Naměřené hodnoty
Sušina laboratorní	%	98,80
pH	-	5,55
P	mg/kg sušiny	117
K	mg/kg sušiny	164
Mg	mg/kg sušiny	79
Ca	mg/kg sušiny	772
KVK	mmol chem. Ekv./kg	49
C _{ox}	% v sušině	2,73
P _{tot}	% v sušině	0,07
N _{tot}	% v sušině	0,17
Pb	mg/kg sušiny	19,7
Cd	mg/kg sušiny	<0,001
Hg	mg/kg sušiny	0,11
Zn	mg/kg sušiny	26,2
Cu	mg/kg sušiny	6,38
Ni	mg/kg sušiny	2,52

6.2.2.2 Plán založení zkušebních ploch na 12 parcelách

Tabulka 6.5 - Plán založení parcel energetických plodin

Číslo parcely	Energetická plodina	Plocha parcely m ²	Datum založení porostu	* výsevek nebo počet jedinců/m ²
1.	Topol (<i>Populus L.</i>)	40	13.4.2005	Spon 50 x 150 cm
2.	Vrba (<i>Salix L.</i>)	40	13.4.2005	Spon 50 x 150 cm
3.	Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus</i>	40	12.4.2005	1 sazenice

	<i>sinensis Anderss)</i>			
4.	Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i>)	40	21.4.2005	2 g
5.	Šťovík krmný (<i>Rumex tianshanicus x Rumex patientia</i>)	40	nevyset	-----
6.	Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus L</i>)	40	11.5.2005	5 hlíz
7.	Laskavec (<i>Amaranthus</i>)	40	14.5.2005	0,1 g
8.	Čirok (<i>Sorgum</i>)	40	nevyset	-----
9.	Katrán habešský – Krambe (<i>Crambe abyssinica (L.) Hochst</i>)	40	12.4.2005	2 – 3 g
10.	Světlice barvířská – saflor (<i>Carthamus tinctorius L.</i>)	40	8.4.2005	2 g
11.	Konopí seté (<i>Canabis sativa L.</i>)	40	8.4.2005	5 g
12.	Triticale jarní	40	12.5.2005	20 g

* výsevky dle (Moudrý, 1996)

1. Topol (*Populus L.*)

Charakteristika

Topol je dřevinou rychlého vzrůstu. Rozhodujícím činitelem ovlivňujících vegetaci topolů jsou klimatické podmínky. Dalším důležitým faktorem je vodní režim v půdě.

Agrotechnika

Pro pokus byly vybrány 2 klony topolu (Oxford, Jap-104).

Řízky byly vysazeny 13.3. 2005, ruční výsadbou pomocí speciálního rýče ve sponu 150*50 cm, mírně šikmo do půdy a to tak, že téměř celý řízek byl v zemi a vrcholový pupen v úrovni půdy. Po zapíchnutí řízku byla půda okolo řízku utužena sešlápnutím z boku, tak aby nebyl poškozen řízek.

Ochrana proti plevelům byla prováděna dvakrát ročně mechanicky vyžínáním a ušlapováním. Veškerá organická hmota ponechána na pozemku a sloužila jako omezení růstů dalších plevelů mezi řízky, zároveň zajišťovala vhodné vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy. Chemická ochrana prováděna nebyla.

První rok bylo přijmuto téměř 90% všech řízků (zbylý počet byl vytrhán cizí osobou, zřejmě k jinému využití), přírůsty činily od 15 - 30 cm. Růstový rozdíl mezi jednotlivými klony nebyl zaznamenán. Půda v této lokalitě je poměrně dobře zásobena živinami, v průběhu pokusu žádné hnojení prováděno nebylo. Částečně ho zajišťovala ponechaná organická hmota plevelů.

2. Vrba (*Salix L.*)

Charakteristika

Vrby se řadí mezi rostliny rychlého růstu, které jsou cíleně pěstovány pro produkci energetické biomasy.

Agrotechnika

Porost byl založen na parcele 10*4 m, výsadbou pomocí speciálního rýče ve sponu 150*50 cm, mírně šikmo do půdy a to tak, že téměř celý řízek byl v zemi a vrcholový pupen v úrovni půdy. Po zapíchnutí řízku byla půda okolo řízku utužena sešlápnutím z boku, tak aby nebyl poškozen řízek.

Ochrana proti plevelům byla prováděna dvakrát ročně mechanicky vyžínáním a ušlapováním. Veškerá organická hmota byla ponechána na pozemku a sloužila jako omezení růstů dalších plevelů mezi řízky, zároveň zajišťovala vhodné vlhkostní podmínky ve vrchní vrstvě půdy. Chemická ochrana prováděna nebyla. Ujímavost řízků nebyla dostatečná, porost se vhodně nezapojil.

3. Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis Anderss*)

Charakteristika

Vytrvalá tráva vysokého vzrůstu. Patří mezi rostliny typu C₄, odolná proti chorobám a škůdcům. Plodina značně šetří s vodou, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na kg sušiny. Původem z východní Asie.

Agrotechnika

Sazenice z odkopků byly vysázeny ručně, parcela nebyla prvním rokem hnojena, byl předpoklad dobré zásobenosti půdy z předchozího zemědělského využívání. Parcela nebyla nijak mechanicky a ni chemicky ošetřována proti plevelům. Jako vytrvalá rostlina byla založena s předpokladem využití pro energetické účely na 10 až 15 let.

4. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundianacea*)

Charakteristika

Vytrvalá tráva vysokého vzrůstu. Patří mezi rostliny typu C₄, odolná proti chorobám a škůdcům. Plodina značně náročná na živiny.

Agrotechnika

Chrastice byla vyseta ze semen na nezaplevelenou parcelu. Parcela nebyla prvním rokem hnojena, byl předpoklad dobré zásobenosti půdy z předchozího zemědělského využívání. Parcela nebyla nijak mechanicky a ni chemicky ošetřována proti plevelům. Jako vytrvalá rostlina byla založena s předpokladem využití pro energetické účely po dobu 10 až 15 let.

5. Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus L.*)

Charakteristika plodiny: plodina s delší vegetační dobou, nenáročná na půdu, pěstovaná převážně pro hlízy, které mají vysoký obsah inulínu.

Agrotechnika

Technologický postup víceletého pěstování

Založení porostu bylo realizováno 11.5.2005, ruční výsadbou hlíz do připravené půdy . Porost byl zakládán s předpokladem víceletého využití. Výhodou tohoto pěstování je, že porost je schopen samoobnovy z části hlíz, které nevymrznou. Odpadá tedy nákup sadby s opětovného založení porostu v následujících letech. Pozemek nebyl minerálně hnojen ani před výsadbou ani během vegetace. Rovněž nebyla aplikována žádná hnojiva.

6. Laskavec (*Amaranthus L*)

Charakteristika

Kulturní formy laskavce patří mezi jednoleté rostliny. Je rostlinou teplomilnou. Patří mezi rostliny s C4 cyklem, které lépe využívají světelnou energii při fixaci CO₂. Laskavec snáší i dočasný deficit kyslíku v půdě.

Agrotechnika laskavce

Velmi malé semeno laskavce bylo vyseto na čistou parcelu bez plevelů s velmi kvalitní přípravou půdy. Dobré založení porostu s rychlým kompletním vzejitím rostlin je prvním a nejdůležitějším aspektem pěstování. Vzhledem ke svému pomalému růstu nejsou rostliny kulturního laskavce schopny konkurovat širokolistým plevelům, což se zdá největším problémem při energetickém pěstování laskavce. Ošetření herbicidy proti dvouděložným plevelům nebylo provedeno. Pokud amarant vytvoří mohutný porost dokáže tím většinu plevelů potlačit.

7. Katrán habešský – Krambe (*Crambe abyssinica* (L.) Hochst)

Charakteristika

Plodina s krátkou vegetační dobou 110 – 130 dnů.

Agrotechnika

Kvalitní předseťová příprava parcely. Parcela nebyla prvním rokem hnojena. Parcela nebyla nijak mechanicky ani chemicky ošetřována proti plevelům. Porost se zpočátku nevyvíjel optimálně což bylo zřejmě způsobeno přísuškem v období výsevu.

8. Světlice barvířská – saflor (*Carthamus tinctorius* L.)

Charakteristika

Rostlina krátkého dne, která značně spoří vláhu. Má dlouhou vegetační dobu.

Agrotechnika

Kvalitní předseťová příprava parcely. Parcela nebyla prvním rokem hnojena. Parcela nebyla nijak mechanicky a ni chemicky ošetřována proti plevelům.

9. Konopí seté (*Canabis sativa* L.)

Charakteristika

Konopí seté je jednoletá rostlina, která je náročná na odběr živin z půdy i na stanovištní podmínky.

Agrotechnika konopí

Kvalitní předseťová příprava parcely, semeno vyseto do hloubky 2-3 cm. Výsevek činil 5 g.m⁻². Během vegetace nebylo konopí nijak mechanicky ošetřováno proti plevelům. Půda byla poměrně dobře zásobena živinami z předchozího zemědělského využívání, v průběhu pokusu žádné hnojení prováděno nebylo.

10. Triticale jarní

Charakteristika

Triticale patří do čeledi lipnicovité, je křížencem žita a pšenice. Pěstování je možné ve všech výrobních oblastech, dosahuje dobré výnosy i v méně příznivých podmínkách. Není náročné na předplodinu, snáší půdu i s nepříznivým pH, má menší nároky na ochranu proti chorobám a škůdcům. Vzhledem ke krátké vegetační době, slabšímu kořenovému systému a své biologické povaze citlivě reaguje na stresové podmínky všeho druhu a tedy i na každou pěstitelskou chybu.

Agrotechnika

Kvalitní předset'ová příprava parcely, na parcelu bylo vyseto 450 obilek/m². Parcela nebyla prvním rokem hnojena, byl předpoklad dobré násobenosti půdy z předchozího zemědělského využívání. Parcela nebyla nijak mechanicky a ni chemicky ošetřována proti plevelům. Porost se zpočátku nevyvíjel optimálně, což bylo zřejmě způsobeno pozdějším výsevem.

6.2.2.3 Energetické plodiny na kterých byly dále zkoumány růstové vlastnosti.

- 1 Topol (*Populus L.*)
- 2 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis Anderss*)
- 3 Topinambur hlíznatý (*Helianthus tuberosus L*)

6.2.2.4 Agrotechnika jednotlivých plodin

Tabulka 6.6 - Agrotechnika

Plodina	Datum založení	Výsadba ks/m ²	Hnojení	Mechanické ošetření během vegetace
Topol (<i>Populus L.</i>)	13.4.2005	Spon 150*50	0	vyžínání
Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>)	12.4.2005	1 odkopek	0	nebylo prováděno
Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus L</i>)	11.5.2005	5 hlíz	0	nebylo prováděno

6.2.2.5 Sklizeň

Tabulka 6.7 - Sklizeň

Plodina	Obsah vody při	Výnos hmoty	Výnos sušiny
---------	----------------	-------------	--------------

	sklizni %	při sklizni t.ha ⁻¹	t.ha ⁻¹
Topol (<i>Populus L.</i>)	64,78	-	-
Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus sinensis Anderss</i>)	Nebylo realizováno *	Nebylo realizováno *	Nebylo realizováno *
Topinambur hlíznatý (<i>Helianthus tuberosus L</i>)	21,8	12,97	10,12

*nárůst hmoty byl velmi nízký

6.3 Sběr a analýza dat

6.3.1 Topol

Výsledky měření délky výhonů

Založení ověřovací výzkumné plantáže 13.4.2005

LEGENDA:

Varianta 60/2/7 = P_d/R/p (kde P_d = počet dní od založení plantáže, R = pořadové číslo řady, p = počet stromů mezi měřenými stromy)

V_{z1} - první měřený výhon podle zvolené varianty

x₁₋₅ - naměřená hodnota

x₀ - aritmetický průměr naměřených hodnot

δ - pravděpodobná chyba aritmetického průměru

Ø V_{zx} - průměrná hodnota délky výhonu při měření podle zvolené varianty

Tabulka 6.8 - Měření délky výhonů podle varianty 30/4/3

(11.5.2005)

(naměřené hodnoty v cm)

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₀	δ	Hodnota
V _{z1}	1,20	1,22	1,21	1,21	1,22	1,21	0,00167	1,21
V _{z2}	2,02	2,01	2,02	2,02	2,01	2,02	0,00136	2,02
V _{z3}	5,12	5,12	5,13	5,12	5,13	5,12	0,0020	5,12
V _{z4}	1,74	1,72	1,74	1,73	1,73	1,73	0,00267	1,73
V _{z5}	3,15	3,15	3,16	3,16	3,13	3,15	0,00334	3,15
Ø V _{zx}	2,65	2,64	2,65	2,65	2,64	2,65	0,00133	2,65±0,0013

Tabulka 6.9- Měření délky výhonů podle varianty 60/2/5

(23.6.2005)

(naměřené hodnoty v cm)

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₀	δ	Hodnota
V _{z1}	16,71	16,9	16,92	16,70	16,80	16,81	0,0347	16,81
V _{z2}	11,35	11,30	11,40	11,32	11,40	11,35	0,0153	11,35
V _{z3}	9,16	9,12	9,14	9,12	9,14	9,14	0,00534	9,14
V _{z4}	11,20	11,22	11,18	11,20	11,20	11,20	0,00334	11,20
V _{z5}	21,12	21,12	21,20	21,18	21,12	21,15	0,00840	21,15
Ø V _{zk}	13,91	13,93	13,97	13,90	13,93	13,93	0,0340	13,93±0,0340

Tabulka 6.10 - Měření délky výhonů podle varianty 90/1/4

(21.7.2005)

(naměřené hodnoty v cm)

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₀	δ	Hodnota
V _{z1}	31,06	31,20	31,10	31,10	31,08	31,11	0,01536	31,11
V _{z2}	18,70	18,70	18,71	18,72	18,71	18,71	0,00367	18,71
V _{z3}	28,13	28,30	28,32	28,30	28,19	28,25	0,02939	28,25
V _{z4}	12,30	12,36	12,36	12,40	12,30	12,34	0,01469	12,34
V _{z5}	40,12	40,06	40,02	40,10	40,10	40,08	0,01002	40,08
Ø V _{zk}	26,06	26,12	26,10	26,12	26,08	26,10	0,0146	26,10±0,0146

TABULKA 6.11 - Měření délky výhonů podle varianty 120/3/3

(11.8.2005)

naměřené hodnoty v cm)

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₀	δ	Hodnota
V _{z1}	29,12	29,30	29,10	29,18	28,45	29,00	0,04676	29,00
V _{z2}	39,60	40,02	40,12	39,68	39,80	39,84	0,07548	39,84
V _{z3}	19,70	19,89	19,90	20,10	19,82	19,88	0,03941	19,88
V _{z4}	44,35	44,40	46,12	44,42	44,80	44,82	0,21743	44,82
V _{z5}	24,18	24,16	24,18	24,17	24,19	24,18	0,02220	24,18
Ø V _{zk}	31,39	31,55	31,88	31,51	31,41	31,55	0,08000	31,55±0,0803

Tabulka 6.12 - Měření délky výhonů podle varianty 150/1/4

(6.9.2005)

(naměřené hodnoty v cm)

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₀	δ	Hodnota
V _{z1}	32,22	33,06	33,04	32,91	32,98	32,80	0,8980	32,80
V _{z2}	35,49	35,41	35,38	35,40	35,46	35,46	0,0160	35,43
V _{z3}	86,32	86,34	86,36	86,34	86,39	86,36	0,0080	86,36
V _{z4}	65,30	65,36	65,48	65,35	65,42	65,38	0,0227	65,38
V _{z5}	46,12	46,40	46,30	46,30	46,28	46,28	0,0267	46,28
Ø V _{zk}	53,09	53,31	53,31	53,26	53,31	53,26	0,0187	53,26±0,0187

Tabulka 6.13 - Měření délky výhonů podle varianty 180/3/4

(12.10.2005)

(naměřené hodnoty v cm)

Výhon	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X _Ø	δ	Hodnota
V _{z1}	48,12	48,10	48,11	48,12	48,14	48,11	0,004342	48,11
V _{z2}	81,30	81,29	81,32	81,32	81,28	81,30	0,006012	81,30
V _{z3}	36,60	36,62	36,63	36,64	36,62	36,62	0,004342	36,62
V _{z4}	44,12	44,13	44,11	44,13	44,12	44,12	0,002632	44,12
V _{z5}	52,70	52,72	52,70	52,71	52,70	52,70	0,003340	52,70
Ø V _{zx}	52,57	52,57	52,57	52,58	52,57	52,57	0,001336	52,57±0,00133

6.3.2 Ozdobnice čínská

Vysazeny byly rostliny z odkopků dle (Strašil, 1998) 10 000 ks.ha⁻¹. Chemické ochranné prostředky na ochranu rostlin nebyly použity. Pozemek nebyl výrazně zaplevelen, neboť rostliny ozdobnice svým vzrůstem a pokryvností ostatní vegetaci dostatečně konkurovaly

Výnosy ozdobnice pro energetické využití nebyly zjišťovány, neboť porost nebyl v prvním roce po výsadbě sazenic dostatečně zapojen jak uvádí (Strašil, 1998). Porost nebyl v prvním roce pěstování vhodný k energetickému využití biomasy.

Ověřování stávajícího porostu bude pokračovat v následujících letech. Jak uvádí (Strašil, 1998) v příznivých podmínkách dosahují starší porosty výnosu 30 tun sušiny.na hektar ročně. Tyto údaje zatím potvrzeny nebyly.

6.3.3 Topinambur

Výsledky měření hmotnosti výhonů

Sklizeň porostu topinamburu březen 2006

LEGENDA:

- V₁₋₇ - jednotlivé výhony
- X₁₋₃ – opakování
- X_Ø - aritmetický průměr naměřených hodnot (g)
- δ - pravděpodobná chyba aritmetického průměru
- V_{zx} - celková hmotnost všech měřených výhonů (g)

Tabulka 6.14 – Měření hmotnosti výhonů

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₀	δ	Hodnota g
V ₁	50,53	50,49	50,48	50,5	0,001241	50,5
V ₂	33,18	33,23	33,19	33,2	0,001427	33,2
V ₃	7,15	7,23	7,22	7,2	0,002145	7,2
V ₄	28,98	28,84	28,88	28,9	0,003244	28,9
V ₅	28,75	28,68	28,67	28,7	0,002630	28,7
V ₆	12,00	12,10	11,90	12,0	0,001784	12,0
V ₇	42,05	42,09	42,16	42,1	0,003245	42,1
V _{ZX}	202,1	202,5	202,1	201,9	0,002415	201,9±0,0013

Hlízy byly ponechány na pozemku přes zimu, sklizeň nadzemní hmoty byla provedena v měsíci březnu 2006. Na 1m² bylo 10 rostlin, každá rostlina obsahuje Ø 4 výhony celkově tedy bylo 35-45 výhonů na 1m². Průměrná hmotnost jednoho výhonu zjištěná vážením na laboratorních váhách MS 11 ZMP byla 28,84 g.

7 Výsledky

7.1 Topol

Tabulka 7.1 - Měrné hmotnosti dřevní kmenové hmoty v závislosti na obsahu vody

Plantáž	Obsah vody při těžbě %	Obsah vody po 6 měsících sušení, pod střechou %	Měrná hmotnost kmenové hmoty při těžbě kg.m ^{-3*}	Měrná hmotnost kmenové hmoty po 6 měsících sušení pod střechou kg.m ⁻³
Lhenice	64,78	17,10	963,02	407,07

Tabulka 7.2 - Technické a ekonomické údaje těžby výmladků

Průměrná délka ročního výmladku m	Průměr výmladku v ½ délky cm	Výtěžnost řízků z 1 výmladku ks	Počet připravených prutů jedním pracovníkem ks.h ⁻¹	Délka řízku cm
138 (rozsah 96 – 180 cm)	1,6	8 - 10	360	12 – 18* (max. 26 cm)

*záleží na vzdálenosti pupenů od sebe (v závislosti na produkci z matečnice)

Tabulka 7.3 - Agrotechnické a ekonomické údaje sázení řízků

Vzdálenost mezi řadami m	Vzdálenost mezi řízký (stromky) m	Počet vysázených řízků na plochu ks.ha ⁻¹	Výkonnost při ručním sázení ks.h ⁻¹
1,5	0,5	13 320	150 – 300*

* záleží na charakteru půdy (u kypré a vlhké půdy je výkonnost bližší k hodnotě vyšší)

Tabulka 7.4 - Agrotechnické a ekonomické údaje založení a ošetřování plantáže

Orba s urovnáním (hloubka orby = 25 cm) ha.h ⁻¹	Vláčení a válení ha.h ⁻¹	Ruční likvidace plevelů kolem zapojených výmladků (ha.h ⁻¹)*	Vyžínání v řadách mezi stromky ha.h ⁻¹
0,65	0,36	0,0386	0,185

* provádí jeden pracovník (dvakrát po zapojení řízků a dosažení výšky výmladků minimálně 40 cm)

Tabulka 7.5 – Vlastnosti sklizené dřevní hmoty (čerstvý stav)

Průměrná hmotnost jednoho stromku kg	Průměrná výška jednoho stromku m	Průměrná tloušťka kmínku stromků s kůrou cm	Průměrná relativní vlhkost dřevní hmoty %	Průměrný výnos dřevní hmoty z 1 hektaru kg.ha ⁻¹
11,134 ± 0,0213	4,212 ± 0,0146	8,242 ± 0,0221	53,852	146 916

7.2 Ozdobnice čínská

Vysazeny byly rostliny z odkopků dle (Stražil, 1998) 10 000 ks.ha⁻¹. Pozemek nebyl výrazně zaplevelen, neboť rostliny ozdobnice svým vzrůstem a pokryvností ostatní

vegetaci dostatečně konkurovaly Chemické ochranné prostředky na ochranu rostlin nebyly použity. Výnosy ozdobnice pro energetické využití nebyly zjišťovány, neboť porost nebyl v prvním roce po výsadbě sazenic dostatečně zapojen jak uvádí (Stražil, 1998). Porost nebyl v prvním roce pěstování vhodný k energetickému využití biomasy.

Ověřování stávajícího porostu bude pokračovat v následujících letech. Jak uvádí (Stražil, 1998) v příznivých podmínkách dosahují starší porosty výnosu 30 tun sušiny na hektar ročně. Tyto údaje nebyly potvrzeny.

7.3 Topinambur

Výsledky měření hmotnosti výhonů

Sklizeň porostu topinamburu březen 2006

LEGENDA:

- V₁₋₇ - jednotlivé výhony
- x₁₋₃ – opakování
- x₀ - aritmetický průměr naměřených hodnot (g)
- δ - pravděpodobná chyba aritmetického průměru
- V_{ZK} - celková hmotnost všech měřených výhonů (g)

Tabulka 7.6 – Výsledky měření hmotnosti výhonů

Výhon	x ₁	x ₂	x ₃	x ₀	δ	Hodnota g
V ₁	50,53	50,49	50,48	50,5	0,001241	50,5
V ₂	33,18	33,23	33,19	33,2	0,001427	33,2
V ₃	7,15	7,23	7,22	7,2	0,002145	7,2
V ₄	28,98	28,84	28,88	28,9	0,003244	28,9
V ₅	28,75	28,68	28,67	28,7	0,002630	28,7
V ₆	12,00	12,10	11,90	12,0	0,001784	12,0
V ₇	42,05	42,09	42,16	42,1	0,003245	42,1
V _{ZK}	202,1	202,5	202,1	201,9	0,002415	201,9±0,001

Během ověřování nebylo nutno porost nijak mechanicky ani chemicky ošetřovat, porost byl dokonale zapojen. Veškerá vegetace byla topinamburem potlačena. Na pokusné parcele

bylo ověřeno, že porost topinamburu nepodléhá chorobám a škůdcům. Výnosy zelené nadzemní biomasy nebyly zjišťovány. Porost byl na pozemku ponechán přes zimu. Sklizeň nadzemní hmoty byla provedena v měsíci březnu 2006. Bylo zjištěno počet výhonů jednotlivých rostlin byl v rozmezí 4-5. Při sklizni byly dosahovány průměrné výnosy nadzemní biomasy topinamburu 12,97 t.ha⁻¹ při obsahu vody 21,8 %. Tento porost při tomto obsahu vody je vhodný pro energetické účely.

8 DISKUSE

Cílem mé bakalářské práce bylo zjištění, resp. ověření některých publikovaných údajů pro energetické (nepotravinářské) využití biomasy pěstované na zemědělské půdě. Pro splnění cíle byly realizovány polní pokusy, ze kterých byl prováděn sběr dat. Bylo využito i dvou stávajících plantáží rychle rostoucích topolů s různými klony (*populus maximowiczii* x *populus berolinensis* Oxford, *populus nigra* L. x *populus maximowiczii* Jap-104). Energetické plodiny byly zkoušeny na zemědělském pozemku Zemědělské fakulty v prostoru Švábův Hrádek. Tyto plodiny byly zvoleny na základě údajů v literatuře, kde byly uvedeny jako alternativní zemědělské plodiny.

Na základě výsledků práce lze konstatovat níže uvedená fakta.

Pro zakládání plantáží rychle rostoucích dřevin lze využívat řízky nařezané z jednoletých i dvouletých přírůstků v matečnicích r.r.d., což bylo potvrzeno na maloparcelním pokusu v Němčicích a byly tak potvrzeny závěry (Weger, 2002).

Dle (Weger, 2003) dorostou v prvním roce prýty z rašících řízků 50-100 cm, což se při ověřovacím pěstování na maloparcelní plantáži v lokalitě Švábův Hrádek nepotvrdilo. Jak je z výsledků patrné, průměrné přírůstky prýtů činily v prvním roce pouze 22,5 cm i přesto, že se jedná o pozemek dříve zemědělsky využívaný, tedy s obsahem živin a průběh jara a léta byl z hlediska srážek a teplot průměrný (viz: www.chmi.cz). Rozdíl je možná dán tím, že sadba byla realizována až v měsíci dubnu, což se mohlo projevit v nižších přírůstcích.

Velmi dobré opatření využitelné u matečnic a menších plantáží je mulčování posekanou rostlinnou hmotou, jak uvádí (Weger, 2002). Tato opatření byla potvrzena a jsou platná pro první dva roky po založení plantáže. V dalších letech není nutný žádný zásah pro likvidaci porostu v meziřadí.

Kovářová (2002) uvádí, že sklizeň topolu se provádí v zimních měsících, kdy jsou stromy bez listí a sušina dřevin dosahuje 50 % hmotnosti. Kovářová také uvádí, že topol dosahuje při sklizni sušiny 35,22 % hmotnosti., což významně zvyšuje další energetickou náročnost v případě nuceného dosoušení i složitost skladování. Podle mých poznatků nelze jednoznačně stanovit sklizeň na zimní měsíce. Například sněhová pokrývka v zimě v roce 2005-2006 byla na plantáži Lhenice od prosince do konce března 68 cm, na plantáži v Němčicích to bylo 46 cm. Pro sklizeň motomanuálním i strojovým způsobem je potřebné, aby vrstva sněhu byla maximálně 10 cm. Je to z důvodů nutnosti seříznutí kmínků těsně nad úroveň země, což je při výše uvedených vrstvách sněhu nereálné. Dle mých poznatků je optimální sklízet topol ihned po opadu listí, než napadne sníh, což bývá v měsíci listopadu. Nebo je nutné postupovat operativně v závislosti na průběhu srážek. Nelze tedy přesně stanovit termín sklizně.

Také nebyly potvrzeny publikované výsledky (například Kovářová, 2002) obsahu vody. U topolů sklizených na plantáži Lhenice se pohybovala hodnota obsahu vody v rozmezí 63,44 až 64,87 %. Je možné, že klony z kříženců černých a balzámových topolů s označením dle Věstníku Mze P-494 (Oxford) mají jiné vlastnosti.

Hodnota objemové hmotnosti dřevní hmoty v čerstvém stavu (plm) byla v rozmezí 921,98 – 986,56 kg.m⁻³, což jsou také rozdílné hodnoty, než které jsou uváděny v publikacích. Výrazné rozdíly nebyly zjištěny v závislosti na ročním období, resp. na lokalitě při sběru dat. Rozdíly jsou významnější u jednotlivých stromů.

Hodnota objemové hmotnosti dřevní hmoty v suchém stavu (při obsahu vody 0,53 %) byla změřena 338,85 kg.m⁻³, což je hodnota rozdílná od hodnot uváděných v literatuře (400 kg.m⁻³). Je možné, že klony z kříženců černých a balzámových topolů s označením dle Věstníku Mze P-494 (Oxford) mají jiné vlastnosti.

Výnosy dřevní hmoty z topolů pěstovaných na reálných plantážích ve sponu 1,5*0,5 (m) jsou nižší než uvádí někteří autoři. Výnos je závislý na počtu stromků a na počtu let pěstování. U zmíněného sponu je to 13 200 ks stromů, což podle výsledků měření na plantáži ve Lhenicích představuje výnos v 6. roce od založení plantáže $49,122 * 13\ 200 = 648,410 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ čerstvé dřevní suroviny. To je přibližně $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ sušiny ročně. Podle vizuálního pozorování na plantáži v Němčicích je výnos nižší, protože nebylo v prvním a druhém roce prováděno tolik ošetrovacích operací jako na plantáži ve Lhenicích.

Základním kritériem pro posuzování výnosu plantáže je hmotnost stromu. Výška stromů není rozhodující, protože byly měřeny výšky stromů, které byly dané pouze délkou jednoho výhonu. Vazba výšky stromu na hmotnost stromu nemá závislost. Některé stromy s vyšší hodnotou výšky mají i výrazně nižší hmotnost. Výrazně může podpořit hodnotu hmotnosti listí. Je potřebné těžbu provádět vždy po opadu listí, protože listí může negativně ovlivnit energetickou surovinu – štěpku. Dochází k rozvoji plísní a k zahnívání navrstvené hmoty.

Bylo zjištěno, že topinambur je jako jediná plodina pěstovaná pro energetické využití nenáročný na stanoviště je schopný růst úspěšně na pozemcích, na kterých jiné plodiny ani nevzešly. Je ovšem otázka a to nebylo v mé práci zkoumáno zda je schopen se dále vegetativně rozšiřovat mimo vymezené území. Toto zjištění by mohlo případným zájemcům o pěstování znepříjemnit rozhodnutí o volbě této plodiny.

Pro zakládání porostu topinamburu byla ověřena výsadba hlíz do sponu 0,625*0,24 m, byly tedy potvrzeny výsledky které uvádí (Moudrý, 1996).

Dle (Čepl, 1997) je vhodné zakládat porost topinamburu v měsíci dubnu, tyto údaje byly rozšířeny o poznatek, že je možno hlízy vysazovat i v měsíci květnu.

Topinambur podléhá minimálně chorobám nebo škůdcům, (Moudrý 1996) což bylo na pokusné parcele ověřeno. Porost se poměrně rychle zapojil a proto nebylo nutné nějakým způsobem plevele potlačovat. Druhotné zaplevelení, bylo zcela potlačeno vysokým porostem topinamburu v druhé části vegetace zvláště v měsíci září.

V měsíci listopadu byla zjištěná výška porostu 2,27 m, což ovšem není rozhodující pro výnos, rozhodující je spíše množství výhonů a hmotnost jednotlivých výhonů při sklizni.

Délka výhonů při sklizni měřena nebyla.

Bylo potvrzeno jak uvádí (Stražil, 1998), ozdobnice se v prvním roce (rok výsadby) nesklízí.

9 Vypracování obecných závěrů a konkrétních doporučení pro praktické využití.

9.1 Dřeviny

1. Při výsadbě řízků se osvědčil spon 150*50 cm, při této vzdálenosti je možné mezi jednotlivými řadami provádět ruční případně mechanickou likvidaci plevelů.
2. Jako další varianta při zakládání topolové plantáže bylo úspěšně vyzkoušeno dosazování předpěstovaných sazenic, což ovšem je možné pouze při dosazování několika jedinců. Při této metodě je velmi vysoká ujímavost, ovšem větší pracovní náročnost.
3. Bylo zjištěno, že pokud má topol v prvním roce konkurenci okolní vegetace vytahuje se do výšky, což je nežádoucí, neboť je náchylný polehnutí.
4. Je vhodné připravit před sadbou pozemek herbicidní úpravou, protože v počáteční fázi růstu může travní porost poškodit výhody zalehnutím. Herbicidní úprava pozemku v prvním roce založení plantáže je velmi složitá. Bez doplňujících opatření při aplikaci dochází k úletům kapek a k zasažení listů topolů.

5. Ve třetím roce od založení plantáže není nutné provádět žádné ošetřující zásahy, protože odpadlá listová hmota tvoří přirozený mulč v řadách stromů a také stín větví tlumí růst travin
6. K poškozování výhonů dochází vlivem srnčí zvěře. Některé stromky byly poškozeny natolik, že zahynuly. Je to přibližně 1,2 %. Poznatky svědčí o tom, že i přes polohu plantáží v klidné lokalitě a k nebývalému počtu srnčí zvěře, nebylo nutné stavět oplocení kolem plantáže.
7. Výška topolu není rozhodující pro stanovení hmotnosti stromu.
8. Byly zjištěny některé rozdílné údaje ve vlastnostech sklízené topolové hmoty. Rozdíly jsou v objemové hmotnosti v čerstvém stavu, která byla naměřena vyšší než udává odborná literatura. To by se mohlo negativně projevit při plánování přepravních prostředků. Dále byly zjištěny rozdíly v objemové hmotnosti suché dřevní hmoty. Hodnoty byly zjištěny nižší než udává odborná literatura.
9. Byly zjištěny rozdílné údaje o obsahu vody těžené dřevní hmoty. Hodnoty byly zjištěny vyšší než udává odborná literatura. Tato skutečnost se může negativně projevit při zjišťování energetického zisku (výtěžnosti) v MJ.ha⁻¹, protože se vzrůstajícím obsahem vody klesá výhřevnost dřevin. To by bylo v případě, že je dřevní hmota ve zpracované formě štěrky dodávána do velkých spaloven, kde je přimíchána do dřevního odpadu. Tímto způsobem je postupováno například v Trhových Svinech.
10. Výnosy dřevní hmoty na reálných plantážích nemusí být tak vysoké, jak je publikováno v literatuře, kde byl výnos odvozován většinou z maloparcelních pokusů. Je zřejmé, že při trvalé pozornosti růstu stromů (ošetřovací zásahy) jsou výnosy vyšší. Také je možné, že při sledování růstu jednotlivých stromů, resp. ve větší vzdálenosti od sebe nebo v jedné řadě si stromy tolik nekonkurují a výnos je potom vyšší. Při teoretickém přepočtu výnosu na jednotku plochy (ha) může dojít ke zkreslení.

11. Je velmi žádoucí ověřit spalné teplo klonů z kříženců černých a balzámových topolů, protože mohou mít jinou výhřevnost než je v odborné literatuře uváděno. V literatuře je uvedeno několik údajů o výhřevnostech topolů při určitém obsahu vody. Při přepočtu na spalné teplo vychází hodnota velmi rozdílná. Z některých údajů je zřejmé, že je uvažováno s hodnotou pro spalné teplo listnaté dřeviny a nebere se v úvahu rozdíl mezi dřevinami. V žádných pramenech není udávána výhřevnost kříženců rychle rostoucích topolů. Uvádím tuto skutečnost pouze jako doplňující. Nebylo to předmětem mé práce.

9.2 Zemědělské plodiny

- 1 Jako vhodná produkce pro energetické využití se jeví pouze porost topinamburu. Ostatní alternativní plodiny nedosáhly potřebného výnosu.
- 2 Při výsadbě hlíz se osvědčil spon 0,625*0,24 m, to je nejnižší spon udávaný odbornou literaturou. Při této vzdálenosti není potřebné provádět mechanickou ani chemickou ochranu proti plevelům.
- 3 Bylo potvrzeno že porost topinamburu svým vzrůstem potlačí případné druhotné zaplevelení, rovněž není nutno v porostu provádět nějaké další zásahy ani aplikace hnojiv či ochranných prostředků.
- 4 Při sklizni v měsíci březnu byly dosahovány průměrné výnosy nadzemní biomasy topinamburu 12,97 t.ha⁻¹ při obsahu sušiny 78,2 %.
- 5 Topinambur je dle mého zjištění jediná z ověřovaných plodin vhodná energetickému využití. Při sklizni v měsíci březnu při zjištěném obsahu sušiny je sklizená hmota vhodná k přímému spalování. Sklizenou hmotu není potřeba dále dosušet.

- 6 Pěstování zvolených zemědělských plodin výhradně pro energetické účely je velmi problematické, protože výnosy nejsou adekvátní požadovanému energetickému zisku.
- 7 Výnosy zvolených zemědělských plodin v roce 2004 byly zanedbatelné. Doporučuji proto další ověření těchto plodin pro vhodnost pěstování k energetickým účelům.
- 8 Ve druhém roce od založení se jako další vhodná plodina pro energetické využití jeví pouze porost ozdobnice, kdy byl v prvním roce porost pouze zapojen a nebyl proto vhodný ke sklizni.
- 9 Všechny pěstované plodiny je vhodné znovu ověřit, zvláště vhodný v dalších letech pěstování se jeví porost ozdobnice čínské.

10 Seznam použité literatury

1. Bílý, Miloslav. 2005. Spalovna biomasy v Trhových Svinech - ORC technologie. Tzb-info [online]. 2005-12-26 [cit. 2005-12-29]. Dostupné na: <http://www.tzb-info:ORC%20technologie%20v%20Trhových%20Svinech.htm>.
2. Byliny pro energetické využití a jejich podpora podle zásad na poskytování finanční podpory Podpůrným a garančním rolnickým a lesnickým fondem a.s. na založení a údržbu porostů a bylin pro energetické využití pěstovaných na orné půdě pro rok 2004 Dostupné na: <http://www.biom.cz/index.shtml?x=190929>
3. Celjak, Ivo. 2000. Plantáž rychlerostoucích dřevin využitelných pro energetické účely, EKO, (11,1), 2000: s.10-12.
4. Celjak, Ivo. 2004. Rychlerostoucí topol – krok za krokem. Farmář, (10, 6), 2004: s. 29.
5. Celjak, Ivo. Ústní sdělení, výnosy dřevní hmoty r.r.d. Prosinec 2005, JČU Č.B., ZF.

6. Čepl, J., Vacek, J., Bouma, J.: Technologie pěstování a užití topinamburu. Metodika ÚZPI, č.9, 1997.
7. Firemní podklady Agromechanika Lhenice v.o.s.
8. Firemní podklady Atoma Rojek Častolovice .
9. Firemní podklady STS Jindřichův Hradec spol. s.r.o.
10. Firemní podklady TSS eko s.r.o. Třebíč
11. Firemní podklady Verner a.s. Červený Kostelec
12. Havlíčková, Kamila. 2003. Kotelna na spalování biomasy – Dešná. *In: Biomasa, obnovitelný zdroj energie v krajině. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 2003: s.51.*
13. Internetové stránky Chmi cz. Dostupné na: www.chmi.cz
14. Informační stránky firmy Fiedler [online]. Český výrobce kotlů.[cit. 2005-11-02]. Dostupné na: <http://www.kotle-fiedler.cz/prod.htm>
15. Informační stránky firmy Merimex [online]. 2005-12-07 [cit. 2005-12-07]. Dostupné na: http://www.merimex.cz/n_index.php?idpage=002001002001001001000000&PHPSESSID=30cc091459fba63114c3fa6ca6b74112.
16. Koutský, M. 2001. Studium hmotnostních, energetických a kontaminačních toků při spalování biomasy – 95 p., ms. [Zpr. Projektu VaV320/3/99; depon. *In: Knih. VUKOZ, Průhonice*].
17. KOVÁŘOVÁ, Marie, ABRHAM, Zdeněk, JEVIČ, Petr, ŠEDIVÁ, Zdeňka, KOCÁNOVÁ, Vlasta: Ekonomika pěstování a využití energetických a průmyslových plodin. VÚZT Praha, 2002, 26 s.

18. Moudrý, J., Stražil, Z. 1996. Alternativní plodiny. 1.vydání, České Budějovice: Zemědělská fakulta v Českých Budějovicích, 1996, 90 s.
19. Nařízení vlády 505/2000 kterým se stanoví podpůrné programy k podpoře mimoprodukčních funkcí zemědělství (Část 3., § 12 odst. C), čl.2.
20. 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.
21. Noskiewič, Pavel. 1996. Biomasa a její energetické využití – svazek 23, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR a Centrem pro otázky životního prostředí UK v Praze, 1996, s. 24-26.
22. Pastorek, Zdeněk. 2004. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC Public, 2004, 288 s.
23. PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Ověřování energetických rostlin v provozních podmínkách. *Biom.cz* [online]. 2006-01-20 [cit. 2006-03-22]. Dostupné na: <http://www.biom.cz/index.shtml?x=1308099>>. ISSN: 1801-2655.
24. Laboratoř “AGRO-LA“ ,spol. s r. o. Jindřichův Hradec. Protokol o zkoušce č. P 824, 2005.
25. SAPARD, Priorita 2: Trvale udržitelný rozvoj venkovských oblastí
26. Směrnice MŽP o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR.

27. Součková, Helena. 2005. Nepotravinářské využití produkce v energetice. *In: Využití fytomasy pro energetické účely. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2005: s. 7.*
28. Strašil, Zdeněk. 1998. Netradiční alternativní plodiny pro průmyslové využití – ozdobnice čínská. *In: Obnovitelné zdroje energie. Kroměříž, 1998: s. 69-70.*
29. Šťastná Jarmila. 1996. Spalování biomasy v Pelhřimově. *Ekojournal 12 1996: s. 15-16.*
30. Ust'ak, Sergej. 2005. Technické a ekonomické aspekty pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely. *In: Zemědělská technika a biomasa 2005. VUZT, 2005: s. 35-37.*
31. Viadrus Informační stránky firmy [online]. Český výrobce kotlů. [cit. 2005-12-02]. Dostupné na: www.vigas.cz
32. WEGER, Jan, HAVLÍČKOVÁ, Kamila: Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *Biom.cz* [online]. 2002-01-18 [cit. 2006-11-22]. Dostupné na: <http://www.biom.cz/index.shtml?x=62071>>. *ISSN: 1801-2655.*
33. WEGER, Jan, KOUTSKÝ, Martin. 2003. Dřevo a biomasa jako palivo. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice 2003: s. 42-43.
34. Weger, Jan. 2002. Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *In: Biomasa obnovitelný zdroj energie. VUKOZ Průhonice, 2002: 67s.*

11 Přílohy

Příloha A

Ekonomika pěstování rychle rostoucích dřevin a modelové technologické postupy pěstování energetických plodin

Tabulka 11.1 - Náklady na pěstování a sklizeň topolů (10 tisíc řízků na 1 ha)

(Kovářová, 2002)

Operace	Náklady v Kč.ha ⁻¹
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) ¹⁾	18 000,-
Celkové náklady	99 910,-
Dotace	54 000,-
Výsledné náklady (při využití dotací)	45 910,-

Poznámka: ¹⁾ zahrnují nájemné půdy, daně, odpisy a opravy budov, úroky a režie (za 5 roků)

Tabulka 11.2 - Sazby za technickou jednotku provedeného výkonu (Kovářová, 2002)

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	1 ks sazenice	5,-
Opakovaná výsadba produkčního porostu	topol, vrba	1 ks řízku	1,-
	jiné dřeviny	1 ks sazenice	2,5
Ochrana produkčních porostů		1 ha	4 000,-

Modelové technologické postupy

Tabulka 11.3 - Konopí seté (Kovářová, 2002)

Operace		Materiál		
Název	Opakovatelnost	Název	Měrná jedn.	Množství měř.jedn./ha
Rozmetání vápenat. Hnojiv	1,00	Vápenec jemně ml. 4B 50%	t	1 250
Podmítka disková	1,00			
Dovoz hnojiva	1,00			
Rozmetání hnojiva	1,00	Superfos.19+K sůl 60 1:1	t	0,300
Hluboká orba s urovnáním	1,00			
Kombinátorování	1,00			
Dovoz osiva	1,00			
Setí konopí	1,00	Osivo konopí	kg	60 000
Dovoz hnojiva	1,00			
Rozmetání hnojiva	1,00	LAV 27,5 % N	t	0,300
Sečení konopí	1,00			
Obracení konopí	1,00			
Obracení konopí	1,00			
Sběr a lisování konopí	1,00	Stonky konopí	t	10 000
Odvoz balíků energ.plodin	1,00			

Tabulka 11.4 - Chrastice rákosovitá (Kovářová, 2002)

Rok	Operace		Materiál		
	Název	Opakova- telnost	Název	Měrná jedn.	Množství měr.jedn./ha
Založení porostu	Podmítka disková	0,10			
	Dovoz hnojiva	0,10			
	Rozmetání hnojiva	0,10	S.am.21+S.fos.19+ Ksůl 60	t	0,300
	Střední orba s urovnáním	0,10			
	Dovoz hnojiva	0,10			
	Rozmetání hnojiva	0,10	LAV 27,5 %	t	0,100
	Kombinátorování	0,10			
	Setí chrastice	0,10	Osivo chrastice	kg	23 000
	Dovoz vody – postř. jíchy	0,10			
	Plošný postřik země	0,10	Aminex Pur 500	litr	2 000
Produkční	Vláčení porostu	1,00			
	Dovoz hnojiva	1,00			
	Rozmetání hnojiva	1,00	Agrokompakt 16/8/8	t	0,350
	Sečení chrastice	1,00			
	Lisování stonků chrastice	1,00	Stonky chrastice	t	9 000
	Odvoz balíků energ. Plodin	1,00			

Pozn.: Založení porostu se rozpočítává na 10 produkčních let

Tabulka 11.5 - Ozdobnice čínská (Kovářová, 2002)

Rok	Operace		Materiál		
	Název	Opakova- telnost	Název	Měrná jedn.	Množství měr. jedn./ha
Založení porostu	Střední orba s urovnáním	0,07			
	Dovoz hnojiva	0,07			
	Rozmetání hnojiva	0,07	Superfosf. 19 a Ksůl 60	t	0,400
	Kombinátorování	0,07			
	Dovoz vody-postř.jíchy	0,07			
	Plošný postřik pozemně	0,07	Roundup (kl.) + Jumbo + M	t	3 000
	Kypření 10 cm	0,07			
	Dovoz sazenic	0,07			
	Sázení sazenic ozdobnice	0,07	Sazenice ozdobnice	ts.ks	15 000
	Dovoz vody – postř.jíchy	0,07			
	Plošný postřik pozemně	0,07	Partner 22.5 EC	t	1 500
Produkční	Sklizeň porostu ozdobnice	1,00			
	Lisování stonků ozdobnice	1,00	Stonky ozdobnice	t	13 000
	Odvoz balíků energ.plodin	1,00			
	Dovoz hnojiva	1,00			
	Rozmetání hnojiva	1,00	NPK 15/15/15	t	0,250

Pozn.: Založení porostu se rozpočítává na 15 produkčních let

Tabulka 11.6 - Plantáž rychle rostoucích dřevin (Kovářová, 2002)

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 chlív.hnoje	0,33			
	Rozmetání hnoje	0,33	Chlívský 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
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			

Příloha B

Tabulka 11.7 – Přehled kotlů nízkých výkonů

kotle	V 25	P 45	HERCULES BIO	PYROS 14 KOMBI- PELET	AM 18/23	AM 43	At KT
výrobce	Verner,a.s.	Verner, a.s	Viadrus	STS Jindřichův Hradec	Agromechanika Lhenice V.O.S.	Agromechanika Lhenice V.O.S.	At
palivo	Štěpka, kusové dřevo, dřevní odpad	Kusové dřevo	Dřevní odpad	Kusové dřevo, dřevní odpad	Kusové dřevo	Kusové dřevo	Pa dre ku ště
imenovitý výkon	25 kW	45 kW	25 kW	8-14 kW	18/23 kW	43 kW	30
účinnost %	82	82	80		82-88	82-88	90
průměrná spotřeba paliva	15 plm/rok **	27 plm/rok **	3,1 - 7,9 kg.h ⁻¹ *	20 prm/rok ***	18 - 20 plm/rok **	40 - 45 plm/rok **	14
objem násypky	130 l	183 l	-	65 l	-	-	
celková hmotnost	410 kg	550 kg	643 kg		420 kg	490 kg	21
výška kotle/šířka/hloubka mm	1175/590/ 750	1532/636/780	1405/1940/ 1140	935/666/575	1190/580/990	1370/670/1010	12

* [kg.h⁻¹] tj. množství spotřebovaného paliva v kg za 1 hodinu

** [plm], [pm] = 1 m plné dřevní hmoty (plnometr, pevný metr)

*** [prm], [rm] = 1 m³ rovnaných polen, obsahuje 60 – 75 % dřeva (prostorový metr)

Tabulka 11.8 – Přehled kotlů vysokých výkonů

Typ kotle	Vigas 80	G 75	EVTK500	VESKO-B	SZDO
Výrobce	Vimar	Verner a.s.	TTSeKO s.r.o.	TTSeKO s.r.o.	Fiedler Zd s.r.o.
Palivo	Dřevo,dřevěný odpad,štěpka	Dřevo, štěpka, brikety, dřevní odpad	Štěpka, kůra, dřevní odpad	Dřevní hmota(do 50% H ₂ O)	Dřevní odpad 50% H ₂ O)
Imenovitý výkon	80 kW	75 kW	500kW	3 MW	300 kW
Rozsah výkonu	25-92 kW	31-75 kW	-	-	100-300 kW
Účinnost %	82	82-84 %	-	-	-
Průměrná spotřeba paliva	25 kg.h ⁻¹ *	45 prm/rok **	221 kg.h ⁻¹ *	1580 kg.h ⁻¹ *	165 kg.h ⁻¹ *
Objem násypky	-	300 l	-	-	-
Celková hmotnost	930 kg	840 kg	9300 kg	60 000 kg	3310 kg
Výška kotle/šířka/hloubka	1400/760/1650	1640/1170/802	2500/2120/4300	5800/2600/6900	-

mm					
Rozměry plnicího otvoru (š-v)	575-318	-	-	-	-

* **[kg.h⁻¹]** tj. množství spotřebovaného paliva v kg za 1 hodinu

** **[prm], [rm]** = 1 m³ rovnaných polen, obsahuje 60 – 75 % dřeva (prostorový metr)