

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Katedra: Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití trav pro energetické účely

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Romana Novotná Ph.D.

Autor bakalářské práce:

Radek Hospodářský

2011

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek HOSPODÁŘSKÝ**
Osobní číslo: **Z08513**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Využití trav pro energetické účely**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Abstrakt: Stručný popis řešeného tématu, jeho hospodářský, ekologický a ekonomický význam. Cíl práce. Stručný popis metodiky a způsobů řešení tématu. Přehled nejdůležitějších výsledků a doporučení, vyplývajících z řešení problematiky.

Úvod a cíl práce: Bakalářská práce bude zpracována formou literární rešerše, doplněné případně o tabulkové a grafické zpracování získaných údajů a o vlastní komentář (diskuzi) k literárním údajům. Cílem práce bude posouzení vhodnosti vybraných druhů trav pro pěstování na energetické využití s ohledem na jejich pěstební technologie a posouzení vhodnosti různých způsobů zpracování a získávání energie. Stručný nástin hospodářského, ekonomického a ekologického významu tématu.

Literární přehled:

Charakteristika vhodných travních druhů pro energetické účely. Agrotechnika trav s ohledem na energetické využití. Sklizeň a výnos biomasy. Posklizňové ošetření a skladování. Technologie zpracování biomasy pro energetické využívání. Různé způsoby energetického využívání biomasy, jejich přednosti a nedostatky. Výtěžnost energie v biomase. Tabulkové a grafické zpracování zjištěných hodnot a jejich vyhodnocení vhodnými grafickými metodami. Porovnání různých literárních údajů.

Závěr: Přehledné shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících ze studované problematiky.

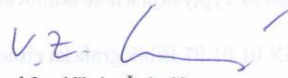
Seznam použité literatury: V abecedním řazení podle ČSN 01 01 97 Bibliografická citace.

Rozsah grafických prací: 10 stran
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

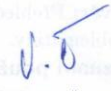
Seznam odborné literatury:

- Frydrych, J. a kol.: Energetické využití některých travních druhů. ÚZPI Praha, 23, 2001, 36 s.
Kolektiv autorů (Fuksa, P.): Využití fytomasy pro energetické účely. VÚZE Praha, České Budějovice, 2005, 123 s.
Havlíčková, K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ Průhonice, 2008, 83 s.
Hrabě, F. a kol.: Trávy a jetelovino trávy v zemědělské praxi. Vyd. Ing. P. Baštan, Olomouc, 2004, 121 s.
Kolektiv autorů (Petříková, V.): Energetické plodiny. Profi Press Praha, 2006, 127 s.
Míka, V. a kol.: Kvalita píce. ÚZPI Praha, 1997, 227 s.
Petr, J., Černý, V., Hruška, L. a kol.: Tvorba výnosu hlavních polních plodin. SZN Praha, 1980, 447 s.
Časopisy: Plant, Soil and Environment, Journal of Agrobiology, Úroda, Agromagazín
Internetové databáze: ISI Web of Knowledge, Scopus, Agris, Agricola, Agroweb

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Romana Novotná, Ph.D.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Konzultant bakalářské práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.
Katedra rostlinné výroby a agroekologie
Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2011


prof. Ing. Miloš Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
ESI
Stužijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. února 2010

Prohlášení o autorství:

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: „Využití trav pro energetické účely“ jsem vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a materiálů, které uvádím v seznamu použité literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 28. března 2011

.....
Radek Hospodářský, autor

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Romaně Novotné Ph.D. za její cenné připomínky, ochotu a trpělivost při zpracování mé bakalářské práce.

Souhrn

Bakalářská práce se zabývá porovnáním a určením vhodnosti energetických trav pro energetické účely. Práce nabízí charakteristiku a agrotechniku vybraných energetických trav. Dále pak popisuje sklizeň a výnos biomasy, technologie zpracování a způsoby využívání této biomasy. V aplikační části se porovnávají vybrané druhy energetických plodin a výstupy jsou znázorněny graficky. Podle zjištěných informací je nejvhodnější plodinou pro energetické využití ozdobnice čínská (*Miscanthus*), jelikož má nejvyšší výnosy, největší výhřevnost i výtěžnost. Na stanovišti setrvává 10 – 15 let. Nevýhodou je sice ekonomická náročnost, ale rozdíl v nákladech oproti ostatním travinám není tak velká jako v uvedených kladech této trávy.

Klíčová slova

Biomasa, energetická tráva, technologie, spalování, bioplynová stanice, agrotechnika, výnos

Abstract

This thesis presents a comparison of energy and determination of the suitability of grasses for energy purposes. The labour has the characteristics of agricultural technologies and selected energy grasses. Furthermore, it describes harvesting and biomass yield, processing technology and uses of biomass. The application compares the selected types of energy crops and outputs are depicted graphically. According to the information gathered is the best energy crop for use Chinese *Miscanthus* (*Miscanthus*), since it has the highest yield, highest yield and calorific value. Remain at the 10 to 15 years. The disadvantage is its economic performance, but the difference in cost compared to other grass not as large as those of the pros of grass

Key words

Biomass, energy grass, technology, combustion, biogas plant, agrotechnics, yield

Obsah:

| | |
|--|----|
| 1. ÚVOD..... | 9 |
| 2. LITERÁRNÍ REŠERŠE..... | 10 |
| 2.1 Biomasa..... | 10 |
| 2.2 Energetické travní plodiny..... | 11 |
| 2.2.1 Charakteristika vybraných travních plodin..... | 12 |
| 2.2.1.1 Ozdobnice čínská..... | 12 |
| 2.2.1.2 Chrastice rákosovitá..... | 13 |
| 2.2.1.3 Kostřava rákosovitá..... | 14 |
| 2.2.1.4 Psineček veliký..... | 14 |
| 2.2.1.5 Ovsík vyvýšený..... | 15 |
| 2.2.1.6 Sveřepy..... | 16 |
| 2.3 Agrotechnika energetických trav..... | 17 |
| 2.4 Sklizeň a výnos biomasy..... | 21 |
| 2.5 Technologie zpracování biomasy pro energetické účely..... | 24 |
| 2.5.1 Způsoby termochemické přeměny biomasy (suché procesy)..... | 26 |
| 2.5.1.1 Spalování biomasy..... | 26 |
| 2.5.1.2 Zplynování biomasy..... | 27 |
| 2.5.2 Způsoby biochemické přeměny biomasy (mokrý procesy)..... | 27 |
| 2.5.2.1 Metanové kvašení..... | 27 |
| 2.5.2.2 Alkoholové kvašení..... | 29 |
| 2.5.2.3 Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy..... | 30 |
| 2.5.3 Způsoby fyzikálně - chemické konverze biomasy..... | 31 |
| 2.5.3.1 Esterifikace bioolejů..... | 31 |
| 2.6 Způsoby využívání biomasy..... | 32 |
| 2.6.1 Výroba tepla..... | 32 |
| 2.6.2 Pohon motorů..... | 34 |
| 2.6.3 Výroba elektřiny..... | 35 |
| 2.6.4 Bioplynová stanice..... | 36 |
| 2.7 Ekonomický význam pěstování biomasy..... | 38 |
| 2.8 Ekologický význam biomasy..... | 40 |
| 2.9 Hospodářský význam biomasy..... | 41 |
| 3. CÍL PRÁCE..... | 43 |

| | |
|--|----|
| 4. METODIKA..... | 44 |
| 5. VÝSLEDKY A DISKUSE..... | 45 |
| 5.1 Porovnání výsevu energetických trav..... | 45 |
| 5.2 Porovnání výnosů energetických | 46 |
| 5.3 Porovnání spalného tepla a výhřevnosti energetických trav..... | 49 |
| 5.4 Porovnání energetické výtěžnosti energetických trav | 50 |
| 5.5 Spalování trav..... | 51 |
| 5.6 Ekonomika energetických trav..... | 52 |
| 6. ZÁVĚR..... | 54 |
| 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY..... | 56 |
| 8. SEZNAM TABULEK A GRAFŮ..... | 60 |
| 9. PŘÍLOHY..... | 61 |

1. Úvod:

Význam energie z obnovitelných zdrojů stále vzrůstá. Hlavní podíl obnovitelných zdrojů je přitom nutné zajistit z biomasy, neboť má největší význam a je ze všech forem obnovitelných zdrojů nejpodstatnější. Biomasa není nic nového, lidé se pěstováním biomasy zabývají už skoro 10 tisíc let. To, co je však nové a co překračuje hranice tradičního zemědělství, je využívání biomasy pro výrobu energie.

Rozvoj využívání obnovitelných zdrojů energie sebou nese řešení širokého spektra otázek a problémů souvisejících např. s technologiemi jejich užití, omezeními danými podstatou obnovitelných zdrojů (např. závislost na vnějších přírodních podmínkách), postupy pěstování biomasy, potenciály, kterými mohou jednotlivé obnovitelné zdroje v daném území přispět k bilanci primárních energetických zdrojů. V neposlední řadě je velmi důležitou i otázka ekonomiky užití jednotlivých zdrojů, nalezení efektivních způsobů podpory obnovitelných zdrojů energie, zajišťujících jejich rozvoj při efektivním vynakládání prostředků použitých na přímé či nepřímé podpory.

Pěstování trav s vysokými výnosy a možným energetickým využitím přináší v zemědělsky využívané krajině řadu výhod. Původní travní druhy jsou většinou dobře adaptovány na místní klimatické a půdní podmínky, vyznačují se dobrou schopností osvojovat si živiny i na chudších půdách a dobrou stabilitou výnosů. Půdu obohacují o značné množství organické hmoty a zlepšují kvalitu podzemních vod. Porosty trav, zejména původních druhů, působí v krajině přirozeně a esteticky. Později sklizené porosty na energetické využívání zvyšují diverzitu zemědělských porostů, rozšiřují potravní nabídku pro řadu živočišných druhů a umožňují vyhnízdění některých vzácnějších druhů ptáků. Nemalý význam mají energetické trávy též z ekologického hlediska, protože rozšíření zatravněných ploch se považuje za spolehlivou protierozní ochranu. Zatravněné plochy mají nesmírný význam pro celkovou stabilitu ekosystémů v krajině. Vhodnému výběru travních druhů pro energetické účely se začala věnovat velká pozornost, jak v zahraničí, tak i u nás.

2. Literární rešerše

2.1 Biomasa

ŠNOBL (2004) uvádí, že za biomasu v užším pojetí považujeme organickou hmotu vytvořenou rostlinami na bázi fotosyntetické konverze sluneční energie. Pro účely bioenergetiky se jeví vhodnější definice biomasy jako substance biologického původu, zahrnující rostlinnou biomasu pěstovanou na půdě, hydroponicky nebo na vodních plochách, živočišnou biomasu, vedlejší organické produkty a organické odpady. PETŘÍKOVÁ (2004) dodává, že biomasa, která je pouze rostlinného původu se nazývá fytomasa.

Biomasa je obecně vnímána jako hmota rostlinného původu, která „naroste na poli nebo v lese“, nicméně dle uznávaných definic se jedná v podstatě o veškerou hmotu biologického původu. To znamená, že biomasa má široký rozsah druhů zahrnující dendromasu (dřevní biomasa), fytomasu (biomasa z bylin, včetně zemědělských plodin) a biomasu živočišného původu. Jedním z druhů biomasy jsou tak i biologicky rozložitelné odpady (čisté nebo vytríděné z ostatních složek), jak uvádí STUPAVSKÝ (2008).

MURTINGER a BERANOVSKÝ (2006) uvádějí možnosti, k čemu lze biomasu využívat. Biomasu lze využít jako potravu, jako zdroj tepla pro vytápění, vaření a ohřev vody. Dále je biomasa zdrojem energie pro dopravní prostředky, pro výrobu elektřiny a nakonec se využívá jako surovina pro průmysl.

Celosvětově se do biomasy určené k energetickému využití vkládá naděje, že se stane alternativním obnovitelným energetickým zdrojem, jež v budoucnu nahradí podstatnou část vyčerpatelných neobnovitelných zdrojů fosilní energie (uhlí, ropy, zemního plynu). Odhadovaná roční celosvětová produkce energeticky využitelné biomasy převyšuje svým energetickým potenciálem téměř desetinásobek ročního objemu produkce ropy a zemního plynu, přesto je však podíl obnovitelných zdrojů energie, kam biomasa patří nedostatečný (ŠNOBL, 2004).

Česká republika se v roce 2004 podílela v rámci všech primárních energetických zdrojů přibližně jen necelými 3 % obnovitelných zdrojů. V té době bylo rozhodnuto, že do r. 2010 se podíl obnovitelných zdrojů energie zvýší na 6 % primárních energetických zdrojů a na 8 % z hrubé spotřeby elektřiny (PETŘÍKOVÁ,

2004). Situaci dále doplňuje WEGER (2009) a upřesňuje, že současná politika ČR na poli energetiky si klade za cíl zvětšit podíl obnovitelných zdrojů na úhrnné spotřebě primárních energetických zdrojů na 8,9 % k roku 2010 a zhruba 15,7 % k roku 2030. Biomasa by měla pokrývat přibližně ¾ tohoto podílu.

2.2 Energetické travní plodiny

Výrazem energetické plodiny se označují rostliny, které se pěstují především pro energetické využití, tj. nikoli pro produkci potravin nebo pro technické použití. V zásadě lze každou plodinu využít energeticky, praktický význam mají ovšem jen plodiny s určitými, pro energetické použití významnými vlastnostmi. Jsou to především:

- dobrá účinnost přeměny oxidu uhličitého na biomasu pomocí slunečního záření a tedy i vysoká primární produkce, z tohoto hlediska mají výhodu takzvané C4 rostliny,
- velký obsah sušiny (nízký obsah vody) v době sklizně,
- vysoká výhřevnost a nízký obsah popela,
- nenáročnost na vodu a živiny,
- odolnost proti chorobám a škůdcům.(MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006)

HAVLÍČKOVÁ (2008) k těmto bodům dodává další:

- Energetické plodiny mají mít vysokou konkurenceschopnost proti plevelům. Jestliže budou rychle vyrůstat brzy na jaře nebude velký problém s plevelem.
- Plodina by měla růst relativně rychle a při nízkých teplotách.
- Obsah prvků, zvláště N by měl být v co nejnížší zvláště ve sklizených částech.
- Popeloviny snižují kvalitu paliva.

Rostliny, které se u nás dosud nepěstovaly, je nutno nejdříve nechat schválit. Na pěstování vybraných energetických rostlin lze také získat dotace od Ministerstva Zemědělství (MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006).

Využití travních druhů pro fytoenergetiku má řadu výhod. Zvláště proto, že lze vybrat druhy trvalé, které každoroční zakládání porostů nevyžadují. Kladem je rovněž možnost výběru sklizně tak, aby byla stébla trav co nejvíce dehydrovaná a nemusela se poté dosoušet. V tomto případě není na závadu, že stébla budou hrubá, bez jinak požadované krmné hodnoty, což jedna ze základních podmínek při sklizni travních porostů na seno. Zde platí, že stébla pevnější a starší, jsou pro přímé spalování vhodnější. Mladé porosty jemných trav, jsou-li určené pro krmení hospodářských zvířat, nejsou pro metodu přímého spalování vhodné. Mají zpravidla vyšší obsah živin, především dusíku. Tento aspekt je nežádoucí z hlediska vzniku emisí při spalování. Z těchto důvodů je zapotřebí k těmto účelům využívat rostliny v plné zralosti, vyschlé a ve stádiu, kdy jsou téměř všechny živiny z nadzemních částí rostlin již zataženy do kořenového systému (PETŘÍKOVÁ, 2004).

V odborné literatuře se uvádí kolem jednoho sta rostlinných druhů rostoucích po celém světě jako potenciální zdroje pro energetické využití. Při dosažení minimálně 12 t suché rostlinné biomasy z hektaru lze již tyto rostliny považovat za energeticky významné, z hlediska ekonomické efektivity je nutné, aby produkce suché hmoty z jednoho hektaru činila alespoň 15 tun. V našich půdně-klimatických podmínkách se v posledních 15 letech ověřuje řada jednoletých a víceletých rostlin pro energetické využití (STRAŠIL a ŠIMON, 2006).

2.2.1 Charakteristika vybraných travních plodin

2.2.1.1 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*)

Ozdobnici (obr. 1 a 2) lze obecně charakterizovat jako vytrvalou travu vysokého vzrůstu, dosahující za příznivých podmínek vysokých výnosů sušiny, která dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny a je značně odolná proti chorobám a škůdcům. Botanicky se ozdobnice řadí do třídy jednoděložné, čeledi lipnicovité. Ozdobnice je vytrvalá rostlina typu C4 (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Miscanthus pochází z východní Asie. Slouží k výrobě buničiny, jako stavební, dekorační a snadno likvidovatelný obalový materiál. V posledních letech představuje jednu z nejvýznamnějších světových energetických rostlin – sloní tráva. U nás nejsou registrovány žádné odrůdy, k dispozici jsou pouze odrůdy zahraniční. Existují i formy poskytující semena, u nás však nedozrávají. Daří se jí nejlépe na lehčích, strukturálních půdách, v teplejších oblastech s vyššími srážkami. Dává se

přednost humózním, písčítým půdám s hladinou spodní vody nejvíce 60cm, jinak je nutná závlaha. *Miscanthus* je dosti náročný na předplodinu. Vysazuje se nejlépe po hnojených okopaninách, luskovinách, ale i po obilninách. Na stanovišti setrvává nejméně 10 – 15 roků (ŠNOBL, 2004).

NOSKIEVIČ (1996) dodává, že sloní tráva ve svých domovských podmínkách produkuje cca 75 tun sušiny ročně na hektar. V Evropě dosahují její výnosy po aklimatizaci cca 40 tun. Výhřevnost hmoty je 18,5 MJ . kg⁻¹.

2.2.1.2 Chrastice (Lesknice) rákosovitá (*Phalaroides arundinacea*)

HAVLÍČKOVÁ (2008) charakterizuje plodinu jako vytrvalou travu, která je značně náročná na vodu a živiny, nenáročná na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy. PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006) udává, že na půdní reakci není zvláště citlivá. Je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5 s optimem kolem pH 5. Po zakořenění, jí neškodí ani delší přisušek. Holomrazy, ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátké zaplevelení snáší dobře.

Lesknice rákosovitá (obr. 3 a 4) je rozšířena téměř po celé Evropě, Asii a Severní Americe (HAVLÍČKOVÁ, 2008).

MALATĚÁK a VACULÍK (2008) konstatují, že pro zavádění chrastice hovoří nízká cena při zakládání porostů, minimální používání herbicidů nebo pesticidů, i další nízké přímé náklady. Nepřehlédnutelnou výhodou je, jak již bylo zmíněno, že se v ČR dá pěstovat téměř ve všech klimatických podmínkách od nížin až po hory, a dále, že lze používat při pěstování a sklizni běžnou zemědělskou techniku. Využití chrastice pro energetické účely se jeví jako velmi perspektivní.

Chrastice je považována za potenciální energetický zdroj se spalným teplem celých rostlin okolo 17,5 MJ . kg⁻¹. V České republice není registrována žádná odrůda. Pro průmyslové účely se šlechtí nové odrůdy se změněnými morfologickými znaky (vysoký podíl stébel oproti listům) a chemickým složením (nižší obsah popele, Si, K, Cl – chlór při spalování zvyšuje korozi kovových částí topenišť a popel se při vysokém obsahu uvedených prvků za nízkých teplot taví a zpéká), jak uvádí ŠNOBL (2004).

PETŘÍKOVÁ (2004) uvádí, že sklizeň chrastice pro energetické účely se provádí v období, kdy jsou stébla co nejsušší, což bývá koncem léta, po plném dozrání semene.

2.2.1.3 Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)

Kostřava rákosovitá (obr. 5 a 6) je vysoká, hustě trsnatá tráva, mohutnější než kostřava luční. Na jaře brzy obrůstá a zůstává zelená dlouho do podzimu. Vyznačuje se vysokou tolerancí k půdním a klimatickým podmínkám, snáší dobře sucho i krátkodobé zamokření. Daří se jí dobře na stanovištích s vyšší hladinou podzemní vody. Je vytrvalou rostlinou, dorůstá do výšky až dvou metrů. Má bohatý kořenový systém, který proniká až do hloubky 1,5 metru. Má dobrou sorpci vody a živin. Kostřava má mimořádnou ekologickou přizpůsobivost, je vyhraněně ozimého charakteru, velmi odolná k suchu, odolná k záplavám, náročná na živiny v půdě. Dává přednost těžším půdám, ale je citlivá k okyselení půd (HAVLÍČKOVÁ, 2007).

Kostřava je rovněž nadějnou trávou pro účely fytoenergetiky, je mohutná, s vysokým výnosovým potenciálem. Vyznačuje se spolehlivou vytrvalostí a mrazuvzdorností. Půdně-klimatické podmínky v České republice jsou pro tuto travu vhodné.

Kostřava rákosovitá se pro energetické účely nesklízí na zeleno, takže vymetá a lze tak vytěžit jistou energetickou sklizeň už v prvním užitkovém roce. Sklizená travní hmota se slisuje do balíků a je možno ji spalovat jako slámu obilní (PETŘÍKOVÁ, 2004).

2.2.1.4 Psineček veliký (*Agrostis gigantea*)

Psineček veliký (obr. 7 a 8) je víceletá tráva ozimého charakteru. Je to tráva spíše pozdního typu, na jaře roste středně rychle a i obrůstání po sečích je střední. V tradičním pícninářství se uplatňuje jako doplňkový druh. Tato víceletá tráva ozimého charakteru má podzemní výběžky, ale jen krátké. Vytváří vzpřímené až polovzpřímené trsy, středně vysoké, dosahující výšky cca 80 - 100 cm (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006). U nás psineček prospívá dobře, jelikož jde o travní druh vyskytující se v našich přírodních podmínkách. Na stanovištní podmínky nemá specifické požadavky, dobře prospívá i na extenzivních loukách, zvláště na těžších a vlhčích stanovištích.

Semena psinečku dozrávají zpravidla ke konci srpna, tedy v období, kdy má psineček již dostatečně vyschlá stébla, která jsou pak využitelná ve fytoenergetice. Získanou slámu je vhodné dále upravit slisováním do hranatých balíků. Tato forma zpracování je žádoucí pro spalování v biokotelnách (PETŘÍKOVÁ, 2004).

2.2.1.5 Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)

Ovsík vyvýšený (obr. 9 a 10) je, jak uvádí ŠANTRŮČEK a KOL. (2001), tráva převážně jarního charakteru. Zjara obrůstá jako jedna z prvních trav. I v druhé seči tvoří plodná stébla. Ovsík je víceletá, avšak málo vytrvalá tráva, což potvrzuje PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006), která píše, že na stanovišti vydrží většinou 3 roky, maximálně 5 let. Dále popisuje ovsík jako volně trsnatou, vysoce vzrůstnou travu, dorůstající výšky až 150 centimetrů. Trs je vzpřímený a středně hustý. Díky široce rozvětvené kořenové soustavě pronikající do velkých hloubek dobře odolává přísuškem. Ovsíku svědčí spíše mírné klima a sušší stanoviště, drsnější podmínky snáší špatně. Podle OCHODKA a KOL. (2006) má díky vysokému, středně poléhavému stéblu předpoklady k využití ve fytoenergetice pro přímé spalování nebo jako přídavek do fermentoru při výrobě bioplynu.

K energetickým účelům se může použít již začátkem července po výmlatu semene. Suchou slámu je možné slisovat do hranatých balíků a spálit v biokotelně. K výlučně energetickým účelům, se sklízí veškerá nadzemní biomasa, nejlépe před plnou zralostí semen. Biomasa ovsíku vyvýšeného v suchém stavu se využívá převážně k přímému spalování ve formě balíků, řezanky, briket či pelet (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Na stanoviště není zvlášť náročný. Neprospívá mu sešlapávání a spásání (ŠAŠKOVÁ a ŠTOLFA, 1993).

PETŘÍKOVÁ (2004) uvádí, že ovsík pěstovaný na semeno dozrává obvykle již počátkem července a v tomto období je příhodné jej sklízet i pro využití ve fytoenergetice. Výtěžek osiva se pohybuje zhruba od 0,3 - 0,6 t . ha⁻¹. Celkový výnos suché nadzemní hmoty se pohybuje kolem 6 - 8 t . ha⁻¹. Je potřeba přiznat, že tyto výnosy nejsou z hlediska energetických požadavků nijak zásadní, avšak zařazení této trávy pro uvedené účely je příhodné i proto, že tak ovsík obohacuje druhovou reprezentaci rostlin v krajině.

Dle HAVLÍČKOVÉ (2008) se z ovsíku vyvýšeného může využít:

- semena – osivo
- celé rostliny – krmivo (čerstvá píce, seno, siláž),
- výroba buničiny (stébla),
- přímé spalování (listy nebo celé rostliny, spalné teplo sušiny nadzemní částí rostlin je kolem 17,25 MJ . kg⁻¹),
- výroba bioplynu.

2.2.1.6 Sveřepy (*Bromus* ssp.)

Dle PETŘÍKOVÉ (2004) sveřepy (obr. 11 a 12) tvoří skupina asi 150 druhů. Naše domácí druhy nejsou zpravidla krmivářsky hodnotné, proto nebyly středem pozornosti šlechtitelů. Některé druhy importované nebo i zavlečené, jsou však zajímavé jako kvalitní pícniny.

MÍKA a ŘEHOŘEK (2003) vysvětlují, že nejvíce druhů sveřepů roste ve Středomoří, obecně se vyskytují na celém euroasijském kontinentě, v Severní a Jižní Americe a v dalších světadílech. V přímořských oblastech západní Evropy i ve střední Evropě jsou jednoleté (ozimé) sveřepy považovány za plevelné druhy. Naopak vytrvalý *Bromus inermis*, přirozeně se vyskytující v euroasijských stepích a v severní Evropě, byl koncem 19. století zaveden do kultury a začal se pěstovat v oblastech adaptace po celém světě. V současné době jsou v České republice registrovány dva kultivary (*Bromus marginatus* "Tacit" a *Bromus inermis* "Tabrom").

Sveřep horský (*Bromus marginatus*) je vytrvalá intenzivně rostoucí, kvalitní tráva. Dosahuje výšky 80 - 100 cm a má velký výnosový potenciál. Tyto vlastnosti sveřepu horského jej z tohoto důvodu předurčují též pro zdárné využívání k energetickým účelům. Sveřep horský je ranější než ostatní druhy sveřepů, roste časněji z jara a jeho konkurenční schopnost vůči plevelům je dobrá. Celkový výnos nadzemní suché hmoty se pohybuje od 8 – 10 t . ha⁻¹.

Sveřep bezbranný (*Bromus inermis*) je vysoce vzrůstný, vytváří hustou síť podzemních výběžků, což mu zajišťuje spolehlivou vytrvalost a velký význam při protierozní ochraně. Tento sveřep metá pouze v první seči, má téměř výlučně ozimý charakter. Celkový výnos nadzemní suché hmoty sveřepu se pohybuje kolem 8 – 10 t . ha⁻¹.

Poměrně vysoká výnosová schopnost obou uvedených sveřepů je dobrou zárukou jejich využívání ve fytoenergetice.

Uvedené druhy trav, perspektivní pro energetické využití je však ještě třeba ověřit pro pěstování v provozních podmínkách, zejména z hlediska jejich topenářských vlastností: výhřevnost, tavitelnost popelů, vznik emisí (PETŘÍKOVÁ, 2004).

2.3 Agrotechnika energetických trav

Agrotechnika ozdobnice čínské

Zpracování půdy: na podzim podmínka s rozmělněním posklizňových zbytků, hluboká orba, příprava seťového lůžka, rozmělnění půdy do 10 cm - pro mechanické vysazování (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998). Pro ozdobnici je nejlépe vybrat pokud možno nezaplevelený pozemek s vhodnou předplodinou. *Miscanthus* je možno pěstovat po okopaninách - cukrovka, brambory, dále po luskovinách a obilninách. V SRN se doporučuje sázet po tritikale, řepce, čiroku, kukuřici. Porost by měl být založen minimálně na 10 až 20 let (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Ozdobnice je v prvním roce výsadby náchylná k vymrzání, proto se někdy doporučuje založený porost přikrýt na první zimu třeba slámou ve vrstvě 100 - 150 mm, což odpovídá množství slámy cca 3 t . ha⁻¹. Podstatně levnější a snáze proveditelný je výsev např. hořčice bílé do meziřádků koncem července nebo začátkem srpna v roce výsadby. Uvádí se, že tento způsob ochrany je stejně účinný jako přikrytí slámou.

Sází se v době, kdy je teplota půdy vyšší než 10 °C – tj. od poloviny května do poloviny července. Hustota sazby je 10 000 ks . ha⁻¹. Do půdy se sází rostliny vypěstované in vitro, nejlépe takové, které přečkaly již jednu zimu. Při výsadbě sazenic se doporučuje kořenové obaly sazenic navlhčit a vysazený porost zavlažovat. Je možno sázet modifikovanými sazeči na cibuli nebo stroji na výsadbu sazenic lesních stromků. První rok po vysazení, než se porost zapojí, je možno používat mechanické hubení plevelů nebo aplikovat herbicidy. Porosty ozdobnice nejsou v současné době napadány chorobami nebo škůdci, proto není třeba chemické ochrany (HAVLÍČKOVÁ, 2008).

Na dobře zásobených půdách se obejde ozdobnice prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově do 50 kg . ha⁻¹ N kvůli vymrzání. V dalších letech se velikost dávky má přizpůsobit zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998). Druhým rokem je třeba při hnojení vycházet ze zásobenosti půd. V průměru se doporučuje hnojit druhým rokem a další léta 70 kg . ha⁻¹ K, 40 kg . ha⁻¹ P a 50 - 100 kg . ha⁻¹ N, nejlépe na jaře a dusík od jara do poloviny července. Doporučuje se podle zásobenosti půd hnojit i mikroelementy Cu, Zn, B, Mn. V

Rakousku bylo s úspěchem použito i hnojení kejdou skotu v dávce $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Agrotechnika chrastice (lesknice) rákosovité

Je dobré, zařadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Chrastice je nenáročná na předplodinu. Vhodnou předplodinou jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině nebo po ozimé řepce.

Volba agrotechnických postupů je dána účelem, pro který se lesknice pěstuje. Lesknici je možno pěstovat na semeno, píci nebo průmyslové využití. Porosty lesknice pro energetické využití se zakládají obdobně jako na píci, tzn. že se seje do užších řádků na vzdálenost 12,5 - 30 cm. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet po zimě, brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12 - 20 %). Jako druhý důvod výhody sklizně po zimě se uvádí, že množství živin obsažených v rostlinách je na jaře poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu. Jako důvod se uvádí translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. Porosty je možné každoročně přihnojovat nejlépe na jaře před vegetační sezónou (HAVLÍČKOVÁ, 2008).

MOUDRÝ a STRAŠIL (1998) popisuje značnou náročnost chrastice na živiny. Ve Švédsku uvádějí průměrné dávky živin při pěstování chrastice sklizené na jaře $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N, $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K a $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P. Ve Švédsku bylo použito s úspěchem také přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku používali v polních pokusech prvním rokem $40 - 70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N a později $70 - 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N. Podle našich sledování postačují na úrodnějších půdách dávky dusíku $50 - 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006) dodává, že při hnojení musíme také zvažovat, jaká je zásoba živin v půdě, kde se plodina pěstuje a jakých výnosů se dosahuje na daném stanovišti, tedy jak mnoho živin odchází z pole se sklizenou fytomasou.

Agrotechnika kostřavy rákosovité

U kostřavy rákosovité se provádí zakládání porostu jarním výsevem do krycí plodiny. Pozemek, který je naprosto bezplevelný umožňuje tuto plodinu zasít i přímo, bez krycí plodiny. Závažným problémem semenářské kultury je zaplevelení pýrem a z tohoto důvodu je ho zapotřebí z pozemku odstranit. Pro získání čistého osiva je důležité vyloučit srhu jako předplodinu, protože její osivo se velice obtížně od osiva kostřavy odděluje. Kostřava se seje zpravidla do řádků širokých 25 cm,

velmi měkce (do hloubky pouze 1 cm), s výsevkem jen 15 - 16 kg . ha⁻¹, neboť má drobná semena (PETŘÍKOVÁ, 2004).

Využití kostřavy rákosovité je nejčastější v trvalých travních porostech, které se přihnojují podle stavu porostu tradičním způsobem (podle potřeby, zpravidla dusíkem). Při založení porostu kostřavy rákosovité ve směsi tetraploidním jetelem se hnojí podobně jako v semenářské kultuře, v prvních letech není třeba dodávat dusík, neboť jej zajistí jetel vzdušnou fixací hlízkovými bakteriemi. V dalších letech stačí podzimní přihnojení dusíkem jen v dávce asi 30 kg . ha⁻¹.

Porost určený na semeno se hnojí před setím dávkou 40 kg dusíku, 40 kg fosforu a 70 - 80 kg draslíku na hektar. V dalších užitkových letech se na jaře hnojí dávkou 40 - 60 kg . ha⁻¹ dusíku a po sklizni se opět dodá dusík v dávce přibližně 30 - 40 kg . ha⁻¹ (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Agrotechnika psinečku velikého (bílého)

Zpracování psinečku pro účely spalování je vhodné uskutečnit co nejpozději po sklizňové zralosti na semeno, protože i v tomto případě je požadována sklizeň dostatečně suché hmoty, což je při semenářských kulturách nezbytné. Setí se provádí na jaře do vhodné krycí plodiny. Vhodnou krycí plodinou je pšenice jarní, u které se sníží výsevek (o 20 - 40 %), aby psineček netrpěl přílišným zastíněním. Setí probíhá co nejdříve z jara, ideálně do konce dubna, do řádků 20 - 25 cm širokých, do hloubky 1 cm a s výsevem 10-12 kg . ha⁻¹.

Hnojí se hlavně dusíkem, zpravidla 80-100 kg . ha⁻¹ v prvních 2 letech a P + K podle zásobenosti půdy (PETŘÍKOVÁ, 2004). PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006) uvádí doporučující dávky P - 40 kg . ha⁻¹ a K - 50 kg . ha⁻¹ a to hned v roce založení porostu, přibližně v polovině září. Rovněž v té době pohnojí N v dávce asi 50 kg . ha⁻¹. Zbytek požadované dávky N (celkem 80 - 100 kg N . ha⁻¹) se aplikují příští rok, brzy z jara. Při rozdělení této zbývající dávky při jarním hnojení, je třeba druhý termín zajistit nejpozději v době sloupkování. Ve druhém roce se doplňuje P a K rovněž podle obsahu v půdě a dusíkem se hnojí v dávce 90 - 100 kg . ha⁻¹. Dusík se aplikuje částečně v září a na jaře, buďto jednorázově nebo v dělených dávkách jako v prvním roce.

Agrotechnika ovsíku vyvýšeného

Ovsík vyvýšený je vhodné využívat pro zakládání monokultur a dočasných jetelotravních směsí. Optimální doba využívání monokultur i směsí je 2 - 5 užitkových let. Ovsík vyvýšený je tráva vhodná ke kosení 1 - 4 x ročně. Pro energetické využívání je vhodné jeho využívání kosením 1 - 2 x ročně. Velmi dobře snáší také mulčování, zejména na vyšší výšku, a to krátkodobé i dlouhodobé. Pastvu a sešlapávání ovsík vyvýšený nesnáší.

Při semenářském využití lze zakládat porosty do krycí plodiny (nejlépe senážní oves) v období od konce března do poloviny května. Při přímém výsevu bez krycí plodiny lze porosty ovsíku zakládat na jaře a ve vlhčím období i v létě (do 25. srpna). Semenářské porosty se nejčastěji vysévají do širších řádků (25 cm), ve kterých dávají vyšší výnosy semene. Optimální hloubka setí je 2,5 - 4 cm. Ovsík vyvýšený je poloraný až raný a semenářské porosty dozrávají většinou od počátku července. Při pěstování ovsíku na biomasu lze doporučit jeho pěstování v monokultuře na 4 - 6 užitkových let. Porosty pro pícní a energetické využití formou výroby bioplynu je třeba sklízet dříve, na počátku metání. Porosty určené pro spalování biomasy je nutné sklízet později, nejlépe až po odkvětu a během zrání. Biomasa ovsíku je vzhledem k dobrému olistění vhodnější k výrobě bioplynu (HAVLÍČKOVÁ, 2008).

Hnojení P a K se řídí zásobou těchto živin v půdě. Množství N v prvním roce 80 - 100 kg . ha⁻¹ a 90 - 110 kg . ha⁻¹ ve druhém užitkovém roce. Termín aplikace P a K a 40 - 50 kg N v první dekádě září, zbývající dusík časně zjara. V případě dělení jarní dávky, druhou dávku aplikovat nejpozději do začátku sloupkování (FRYDRYCH A KOL., 2001)

Agrotechnika sveřepu

Sveřep horský není náročný na stanoviště, dobře se mu daří od nížin až po podhůří. Odolá nižšímu pH, snáší přísušky i tuhé zimy. Vhodné jsou půdy sušší, dostatečně provzdušněné, lehčí, neslévavé a nezamokřené. Pro účely fytoenergetiky je možno kulturu tohoto sveřepu založit podobně, jako kulturu semenářskou, neboť není třeba dbát na stárnutí prostu (PETŘÍKOVÁ, 2004).

Pro potřeby energetického využití nejsou zatím speciální agrotechnické zásady zpracovány, jak doplňuje PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006). Vysévá se brzy z jara, s výsevem jako pro semenářskou kulturu, - cca 20 - 35 kg . ha⁻¹. Tento sveřep

začíná růst z jara dříve než ostatní sveřepy (PETŘÍKOVÁ, 2004). Vysévá se v monokultuře, neboť ostatní druhy by snadno potlačoval (HAVLÍČKOVÁ, 2007).

Pro energetické účely se sveřepy sejí do užších řádků, přibližně 12,5 cm nebo 25 cm širokých, aby se vytvořil dostatečně hustý, plně zapojený porost. Množství osiva se pohybuje od 14 - 18 kg . ha⁻¹, podle šířky řádku. Jako krycí plodina se nejlépe hodí jarní pšenice s výsevkem 100 - 120 kg . ha⁻¹. Sveřep se seje mělce, jen do hloubky 1 - 2 cm a to kolmo, nebo šikmo na řádky krycí plodiny, aby byly vzcházející travní rostlinky co nejméně zastíněné. Po zasetí se doporučuje pozemek uválet (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

Sveřep bezbranný má požadavky na stanoviště podobné jako sveřep horský. Výsev se provádí z jara do krycí plodiny se sníženým výsevem, ale lze jej vysévat i na podzim, případně koncem léta, jako přímý výsev. Setí je zcela bezproblémové, neboť má osivo hladké, bez osin (PETŘÍKOVÁ, 2004).

Pro základní hnojení se doporučují živiny v těchto dávkách: N 100 - 120 kg, P 30 - 40 kg, K 60 - 80 kg . ha⁻¹. Dávky živin se korigují podle obsahu živin v půdě. Toto základní hnojení je třeba zajistit hned po sklizni krycí plodiny v pozdním létě. V jednotlivých užitkových letech se pak hned po hlavní sklizni doporučuje hnojení 50 kg N ve formě LAV a pak v září přibližně 30 kg kombinovaného hnojiva NPK. Přihnojování, zejména P a K se řídí podle aktuálního obsahu těchto živin v půdě (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006).

2.4 Sklizeň a výnos biomasy

ŠEDIVÝ (2008) uvádí, že výnosy energetických plodin jsou rovněž ovlivněny dobou sklizně. Při výběru doby sklizně je nutné vědět, na jaké účely bude sklizená fytomasa využita. Obecně platí, že při podzimní sklizni jsou výnosy nejvyšší (fytomasa je sklizena předtím, než přes zimu dojde k poléhání, ztrátě listů, polomu větví či výhonů a vymrznutí) a takto sklizená biomasa se hodí například pro výrobu bioplynu. Kvůli většímu obsahu vody v tkáních je však nevhodná pro přímé spalování.

Ozdobnice čínská

MOUDRÝ a STRAŠIL (1999 a 1998) popisují sklizeň ozdobnice čínské samochodnými rezačkami, s kterými se sklízí kukuřice, od listopadu do března. Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety (hmotnost cca $500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1}$, balíky, nebo jí pro stavební účely sklízet celou (stavební materiál). Ozdobnice se v roce výsadby nesklízí, v druhém roce dává výnos sušiny do $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, ve třetím roce a dalších letech $20 - 25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ sušiny fytohmoty, při intenzivním pěstování i více než $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Většinou převažuje sklizeň po zimě (únor, březen), neboť odpadnou starosti s případným dosoušením. Při sklizni po zimě je však třeba počítat se ztrátami sušiny i více než 30 %. Při konečné likvidaci porostu je možné použít několik metod. Jednou je chemická likvidace nově rašících výhonů, která se provádí na jaře. Potom se ale mohou vyskytnout problémy při zakládání nové jiné plodiny. Jiným způsobem je vyorání rhizomů (rotačním kultivátorem) na povrch půdy na podzim, kde rhizomy přes zimní období zmrznou.

STRAŠIL a ŠIMON (2006) o ozdobnici čínské uvádějí, že sice poskytuje vyšší výnosy suché biomasy než energetický šťovík, avšak vzhledem k velkým nákladům na založení porostu (vysoká cena sazenic) a i nebezpečí vymrzání v prvním roce po výsadbě je v současné době zatím méně ekonomicky efektivní (nutná dotace na založení porostu). Pěstební technologie je již dostatečně propracovaná a po vyřešení výše uvedených nedostatků je třeba počítat s jejím využitím.

Chrastice rákosovitá

Chrastice rákosovitá určená pro průmyslové využití na buničinu se v roce výsevu většinou nesklízí. Sklízí se v drtivé většině až na jaře, kdy se pokosí na řádek a potom se lisuje do balíků. Dá se sklízet různými typy sběracích lisů. Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety. Pokud jde o výnosy, potom například ve Švédsku se uvádějí průměrné výnosy sušiny za 5 let pěstování (od druhé roku) při dávce $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na konci vegetační sezóny a $7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na jaře. Ztráty sušiny přes zimní období se uvádějí kolem 25 %. Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí $4,5$ až $9,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Kostřava rákosovitá

PETŘÍKOVÁ (2004) uvádí, že kostřava rákosovitá se sklízí na semeno v období plné zralosti. Tato období zpravidla odpovídá u této energetické trávy i

termínu sklizně. Sklizeň se provádí kombajnem, s mírně přitaženým mláticím ústrojím. Sláma se pak slisuje do balíků a spalování probíhá jako u slámy obilní. Pokud se nesklízí na semeno, je možné sklízet košťavu k energetickým účelům včetně semene. Podmínkou je, aby v období sklizně byla nadzemní hmota rostliny dostatečně vyschlá. Výtěžek celkové nadzemní hmoty košťavy rákosovité je z hlediska fytoenergetiky uspokojivý, dosahuje cca 6 - 8 t suché hmoty z 1 ha.

Psineček veliký (bílý)

Sklizeň zelené hmoty se provádí tradičním způsobem, buďto sušením nebo konzervováním formou senáže. Semeno psinečku dozrává nejčastěji až ve druhé polovině měsíce srpna. Výnos semene se pohybuje od 0,3 do 0,5 - 0,7 t . ha⁻¹. Slámu po výmlatu semenářských kultur lze lisovat do hranatých, či válcových balíků a uložit do skladu poblíž kotelny. Balíky je možné uskladnit také ve stohu, ale tento způsob je spíš nouzový. Pokud se vytvoří plně kompaktní stoh, lze krátkodobě i tento způsob použít. Výnosy celkové suché hmoty se pohybují od 8 do 9 t . ha⁻¹, jak poukazuje PETŘÍKOVÁ a KOL. (2006). PETŘÍKOVÁ (2004) uvádí ,že množství celkové suché nadzemní hmoty se odhaduje na cca 6 - 8 t . ha⁻¹.

Ovsík vyvýšený

Dle HAVLÍČKOVÉ (2008) lze ovsík vyvýšený sklízet pro pícní využití, pro energetické využití výrobou bioplynu a pro přímé spalování. Vzhledem k vyššímu obsahu živin (dusíkatých látek, minerálních látek) je biomasa ovsíku vhodná k výrobě bioplynu a méně vhodná k přímému spalování. Při využití biomasy na výrobu bioplynu sklízíme porosty ve fenofázi počátku až plného metání, tj. od poloviny do konce května. Biomasa se pokosí na řádek a po zavadnutí se sklízí obdobně, jako při výrobě senáže na píci. Pro výrobu bioplynu je vhodné sklízet porosty ovsíku 2 - 3 x ročně, druhá seč od konce července do poloviny září. Při sklizni biomasy pro přímé spalování je vhodné sklízet porosty ovsíku jen 1 x ročně v pozdních fázích vývoje. Polopřirozené trvalé travní porosty s převahou ovsíku vyvýšeného dosahují výnosů 5 - 10,5 t . ha⁻¹.

Sveřepy

Sklizeň sveřepu se provádí běžně kombajnem i přes to, že sveřep bezbranný mívá velké množství slámy. Aby nedocházelo ke ztrátám semene, je třeba otáčky

ventilátoru správně seřídít. Pak se nemusí sláma znovu mlátit. Výnosy osiva se pohybují podle podmínek pěstování od 0,3 do asi 0,7 t . ha⁻¹ semene. Po sklizni je nutné osivo dopravit na sušárnu a aktivním větráním dosušit, aby nedošlo ke ztrátě klíčivosti a tím k poškození osiva. Po výmlatu je nutné slámu z pole co nejdříve odstranit. S výhodou se tato sláma může využít jako palivo v biokotelně.

Při pěstování sveřepu bezbranného pro účely energetiky se sklízí celá nadzemní hmota včetně semene. Výnos celkové nadzemní hmoty se pohybuje od 10 až do 15 t . ha⁻¹, což je pro fytoenergetiku příznivé. Sklízí se téměř v plné zralosti, aby byla biomasa co nejsušší. Ke sklizni lze využít běžnou zemědělskou mechanizaci. Sklízí se posekáním na řady s následným slisováním do balíků nebo se biomasa sebere sklízecí řezačkou (PETŘÍKOVÁ a KOL., 2006). Celkový výnos rozporuje PETŘÍKOVÁ (2004) a uvádí, že sveřep horský i bezbranný dosahuje celkového výnosu nadzemní suché hmoty kolem 8 - 10 t . ha⁻¹.

2.5 Technologie zpracování biomasy pro energetické účely

KUŽEL (2009) uvádí, že technologie zpracování biomasy mohou být jen tehdy prakticky a ekonomicky únosné, bude-li se biomasa zpracovávat a využívat komplexně. Jakým způsobem a v jakých případech se biomasa prakticky využívá, závisí na mnoha faktorech:

1. Druh a forma biomasy – například kusové dřevo je ideální pro topení v kotli rodinného domku, ale pro pohon automobilu je poněkud nepraktické.
2. Lokální dostupnost biomasy – zemní plyn nebo ropa se často dopravují přes polovinu zeměkoule, nicméně biomasa se obvykle zužitkovává v blízkosti místa, kde vznikla: náklady na dopravu tvoří podstatnou část její ceny. Lze to považovat za významnou výhodu, vede to k žádoucí decentralizaci, poskytuje v regionu pracovní místa apod.
3. Důležité jsou i náklady na získání biomasy, které se podílejí největší měrou na její konečné ceně. Biomasa a fosilní paliva spolu zpravidla soutěží o stejný trh. Zda se biomasa uplatní a nahradí alespoň část používaných fosilních paliv, závisí do značné míře na tom, jestli je ekonomicky kompetitivní.
4. Vliv na životní prostředí – to, že je biomasa přírodní produkt a obnovitelný zdroj energie, ještě neznamená, že při jejím využívání nemůže dojít

k nežádoucímu vlivu na životní prostředí. Pokud například spalujeme dřevo v běžných kachlových kamnech či krbech, pak je v kouři obsažena celá řada škodlivých látek, podobně jako při topení uhlím (MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006).

Dle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1999) způsob využití rostlinné hmoty závisí na množství látek, na jejich skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení. Látky s vysokým obsahem vody je nejlépe zpracovávat kvašením, látky s nízkým obsahem vody se hodí pro spalování nebo suchou destilaci. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi a suchými procesy.

Způsoby získávání energie z biomasy:

- a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy)
 - pyrolýza
 - zplyňování
 - spalování
- b) biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy)
 - metanové kvašení
 - alkoholové kvašení
- c) chemická přeměna biomasy
 - esterifikace
- d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (při kompostování, čištění odpadních vod apod.)

ŠNOBL (2004) dodává energetické výstupy z jednotlivých způsobů získávání energie z biomasy:

- spalování: teplo vázané na nosič
- zplyňování: generátorový plyn
- pyrolýza: generátorový plyn
- anaerobní fermentace: bioplyn
- aerobní fermentace: teplo vázané na nosič
- alkoholová fermentace: etanol, metanol
- esterifikace bioolejů: metylester biooleje

FRYDRYCH (2004) uvádí, že biomasa trav je významnou součástí celkového potenciálu biomasy jako obnovitelného přírodního zdroje využitelného pro energetické účely v podmínkách České republiky. Energetické využití trav je novým

směrem jejich využití v průmyslu a vytváří nové možnosti pro výzkum v této oblasti a praktickou realizaci. V současnosti je výzkum energetických trav zaměřen na realizaci spalování travní biomasy v technických zařízeních a využití trav pro produkci bioplynu.

2.5.1 Způsoby termochemické přeměny biomasy (suché procesy)

2.5.1.1 Spalování biomasy

Dle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1999) je spalování nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy. Při vysokých teplotách nad 660 °C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody) nebo elektrické energie. KUŽEL (2009) uvádí, že spálit lze každou organickou hmotu. Liší se však skupenstvím, spalným teplem, výhřevností, obsahem hořlaviny, obsahem popela, podílem prchavé a neprchavé hořlaviny – ale také charakterem spalných produktů, jejich toxicitou, karcerogenitou a mnoha dalšími charakteristikami.

ŠNOBL (2004) uvádí, že v porovnání se spalováním fosilních paliv má spalování biomasy téměř nulovou bilanci oxidu uhličitého, jež je považován za jeden z tak zvaných skleníkových plynů v zemské atmosféře.

Vedle kladných stránek spalování biomasy (zmíněná negativní bilance CO₂, nízká emise oxidů síry, možnost regulace tvorby NO_x optimální teplotou plamene, nízký obsah těžkých kovů v biomase, které se většinou uvolňují do vzduchu) lze uvést i některé negativní jevy (nebezpečí úletu jemného popílku i přes používání odlučovačů a filtrů, možnost vzniku kouře s aromatickými uhlovodíky při spalování vlhké biomasy, energetické nároky na úpravu biomasy – sušení, lisování, briketování, peletizace a podobně).

Při spalování biomasy je třeba přizpůsobit technologii spalování a konstrukci topenišť. Výrazný je zejména vysoký podíl prchavé hořlaviny, což vyžaduje dostatečně velké teplosměnné plochy a dělený přívod spalného vzduchu.

MURTINGER, BERANOVSKÝ (2006) specifikují významnou vlastnost biomasy, a to, že se její značný podíl při ohřátí na 200 a více °C zplyňuje. Biomasa má velký podíl takzvané prchavé hořlaviny. Má to za následek tvorbu dlouhého plamene a trochu to komplikuje konstrukci topenišť na spalování biomasy. Další

nepříjemnou vlastností biomasy je obsah vody, který souvisí s jejím vznikem, a její hydroskopičnost, tj. náchylnost k vlhnutí i po vysušení. Uhlí může při skladování zcela promoknout, aniž by došlo k nějakému významnému snížení jeho výhřevnosti, u dřeva nebo slámy přijdeme spalováním v mokřém stavu o více než polovinu tepla, které je v nich obsaženo.

2.5.1.2 Zplyňování biomasy

Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se dále používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu. V porovnání s biochemickými reakcemi, je zplyňování rychlou reakcí, která nevyžaduje velká, investičně nákladná zařízení. Rozklad biomasy na plynné palivo je možný různými způsoby:

- Pyrolýza (zplyňování teplem) je rozklad, kdy se biomasa při nízkých teplotách rozkládá na dehet, olejová paliva a plyny (CO , H_2) při současném vzniku kyslíku (O_2).
- Zplyňování vzduchem je rozklad biomasy za přítomnosti vzduchu přidávaného v limitovaném množství do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod $8000 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$).
- Zplyňování kyslíkem je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstraněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost ($8000 - 14000 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$).
- Při zplyňování vodíkem dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad $20000 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$), jak uvádí MOUDRÝ a STRAŠIL (1999).
- Zplyňování vodní parou probíhá spolu s vhněným vzduchem. Vodní pára je vedena přes roztavené uhlí. Získaný plyn je středně výhřevný (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1996).

2.5.2 Způsoby biochemické přeměny biomasy (mokrý procesy)

2.5.2.1 Metanové kvašení

Podle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1999) do této skupiny patří výroba bioplynu, což je uměle vyvolaný anaerobní rozklad organického materiálu.

Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat, ale také energeticky využívat. Pro výrobu bioplynu se dají využívat také městské odpady a komunální odpadní vody. Ze zemědělských odpadů se nejvíce využívají kejda, sláma, zbytky travin apod. Obecně se počítá s produkcí 0,7 - 1,0 m³ z 1 kg biologicky rozložitelných látek (obrázek č. 13).

K anaerobnímu rozkladu se používají dvě skupiny bakterií - kyselonotvorné a metanotvorné. Metanové bakterie vyžadují ke své činnosti specifické prostředí, které je dáno hodnotou pH, teplotou, obsahem živin, dobou zdržení, koncentrací pevných látek, mícháním a podobně.

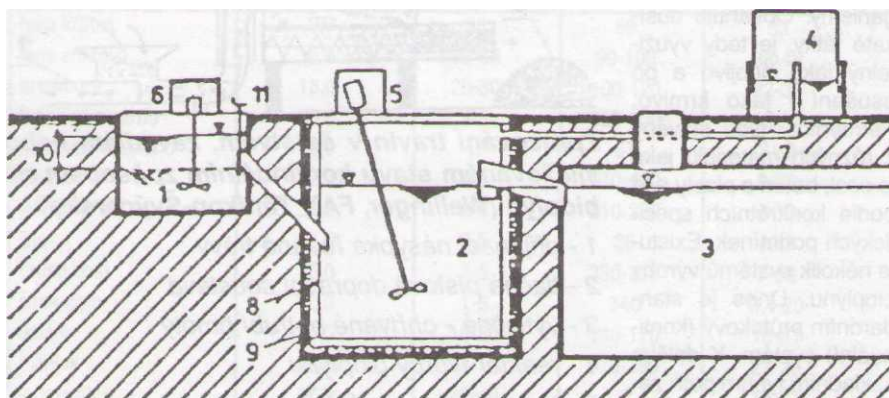
Základními stavebními prvky jsou - čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. V počáteční fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozměňování). Následuje plnění vyhnívacích nádrží. Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje dusíkaté látky a je tedy využitelný jako hnojivo a po usušení i jako krmivo. Existuje několik systémů výroby bioplynu. Dnes je standardní průtokový (kontinuální) systém (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998), který vyobrazuje obrázek č. 2.

HAVLÍČKOVÁ (2008) uvádí, že použití travní biomasy z travních porostů k výrobě bioplynu má určitá specifika vycházející hlavně z chemického složení biomasy. Chemické složení i jednoho druhu rostlinné biomasy je ovlivněno charakterem půdy a klimatickými podmínkami stanoviště. Navíc může být ovlivněno řadou faktorů spojených s produkcí, sběrem a případnou konzervací, jako jsou například způsob hnojení, doba slizně, počet sečí, technologie konzervace atd. Z hlediska produkce bioplynu z jednotky organické hmoty jsou jednoznačně nejvýhodnější substráty s vysokým obsahem lipidů poskytující až 1 250 Nm³ bioplynu z tuny organické sušiny.

Bioplyn obsahuje 55 - 80 % metanu, 20 - 45 % oxidu uhličitého, síru ve formě sirovodíku, dusík, vodu aj. Bioplyn je nízko výhřevný plyn, jehož energetická hodnota je 20 000 - 25 000 kJ . m⁻³ (při 60 % metanu). Jeho kvalitu lze zvýšit čištěním. Bioplyn má mnohostranné využití. V plynových motorech na pohon tlakových ventilátorů, čerpadel, generátorů. Po malých úpravách v plynových

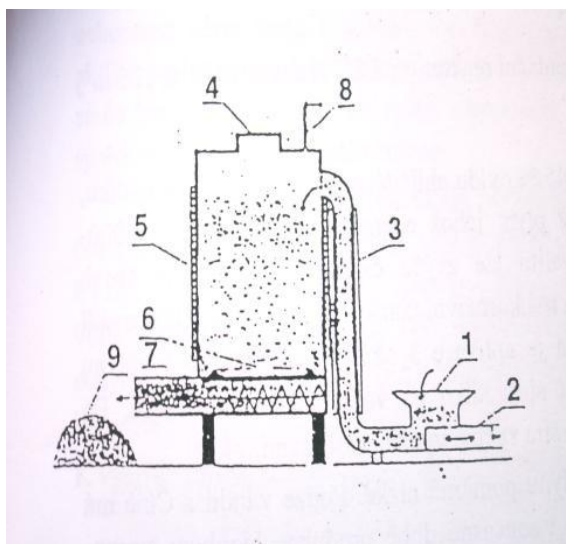
spotřebičích. V plynových motorech se dá měnit na elektrický proud. Z 1 m³ se vyrobí 1,6 - 1,9 kWh (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

Obrázek č. 13: Schéma zařízení na výrobu bioplynu se separátním zásobníkem vyhnílého kalu a separátním plynojemem (STRAŠIL a MOUDRÝ, 1998)



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 - nádrž pro míšení kejdy a biomasy | 6 - drtící a rozmělnovací zařízení |
| 2 - vyhnívací prostor | 7 - vedení plynu |
| 3 - zásobník kejdy | 8-9 - vodo a tepelně izolační vrstva |
| 4 - plynojem | 10 - denní dávka |
| 5 - míchací zařízení | 11 - hradítko |

Obrázek č. 14: Zařízení pro zpracování travin na bioplyn (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998)



- 1) přijímací násypka řezané trávy
- 2) tlačná pístová dopravní soustava
- 3) výtlačné – ohříváné potrubí hmoty
- 4) reaktor tvorby bioplynu
- 5) tepelná izolace pláště reaktoru
- 6) spodní vybírač zpracované hmoty
- 7) vynášecí šnekový dopravník
- 8) výstup a odvod vzniklého bioplynu
- 9) výstup zpracované, kompostované hmoty

2.5.2.2 Alkoholové kvašení

ŠNOBL (2004) popisuje, jak vzniká etanol alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob, případně celulózu. Teoreticky lze vyrobit z 1 kg cukru 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost

90 - 95 % (tvoří se také vedlejší produkty např. glycerin). Vlastní fermentace cukrů probíhá v mokřém prostředí, vzniklý alkohol je pak izolován destilací. Z hlediska energetické bilance je třeba vynaložit 1 jednotku energie k získání 1,5 - 2 jednotek pohonné hmoty. U olejů na 1 jednotku jejich energie je třeba vynaložit 4 - 5 jednotek.

MOUDRÝ, STRAŠIL (1999) uvádí, že suroviny obsahující cukr (cukrovka, cukrová třtina) se pro výrobu etanolu rozmělnují, párou se extrahuje cukerný roztok a ten se fermentuje. K fermentaci cukrů se používá kvasnic (1 až 2,5 kg na 100 l) a kvašení probíhá 50 - 70 hodin. Destilací při 78 °C získáváme vodu a 95 % etanol.

U surovin obsahujících škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto slouží kyselá hydrolýza. Ve výpalcích zůstává obsah bílkovin zachován. To znamená, že vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998).

Etanol je vysoce hodnotné palivo pro spalovací motory. Jeho předností je ekologická čistota a antidetonační schopnosti. Nedostatkem etanolu jako paliva pro motory je jeho schopnost vázat vodu a působit tím korozi motoru, což je možné eliminovat přidáním antikoročních přípravků. K výrobě etanolu se dá používat široký sortiment plodin (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

2.5.2.3 Získávání odpadního tepla při zpracování biomasy

V zemědělství lze získat odpadní teplo například z odpadních jímek, při větrání stájových prostorů pomocí tepelných čerpadel a rekuperačních výměníků (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1996).

Při aerobním kompostování travní fytomasy je však celá řada problémů, jejichž jednoznačné řešení není možno nalézt v odborné literatuře. Není dosud dostatečně popsán průběh aerobní fermentace bio-zplynovaného substrátu na bázi travní fytomasy. Technologie anaerobní digesce trávy, nejčastěji kofermentací se zvířecími fekáliemi s cílem získat nejen hnojivé hodnoty, ale i bioplyn, je nejen předmětem intenzivního výzkumu, ale i pilotních projektů. Odvodněný bio-zplynovaný substrát na bázi travní fytomasy pokus není okamžitě použitý jako organické hnojivo má tendenci ke kysnutí, ztekucování a k růstu fytotoxicity (VÁŇA, MUŇOZ a HAVRLAND, 2001).

2.5.3 Způsoby fyzikálně – chemické konverze biomasy

2.5.3.1 Esterifikace bioolejů

Metylester kyselin řepkového oleje (bionafta) se liší chemicky od ropných produktů, avšak má podobnou hustotu, viskozitu, výhřevnost a průběh spalování jako motorová nafta. To znamená, že při použití bionafty ve vznětových motorech není třeba žádných konstrukčních změn. Navíc se dá bionafta neomezeně mísit s motorovou naftou. Spotřeba bionafty je přibližně o 15 % vyšší než nafty motorové (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999). MOUDRÝ a STRAŠIL (1996) uvádí, že bionafta ve srovnání s motorovou naftou nezatěžuje životní prostředí. Má lepší parametry v emisích CO, SO₂ a kouřivosti. Pouze mírně vyšší jsou emise NO_x. Také výfukové plyny z bionafty mají výraznější charakteristický zápach oproti motorové naftě. Mají však nižší obsah polycyklických aromátů.

Bionafta se během tří týdnů biologicky odbourává z 90 %, běžná motorová nafta jen asi z 10 % (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

VÁŇA (1993) uvádí, že esterifikaci je možno provádět ve velkých průmyslových zařízeních nebo v malých zařízeních se vsázkami 1500 l a méně. Malá esterifikační zařízení se od velkých odlišují tím, že esterifikace probíhá při běžném tlaku a teplotě. Rostlinný olej uskladněný v cisterně se čerpadly dopraví do nádoby reaktoru. Esterifikační proces začíná přidáním přísl. dávek louhu draselného a methylalkoholu do rostlinného oleje v reaktoru. Míchací zařízení zajistí promíchání směsi. Po proběhnutí esterifikace asi za 6 - 8 hodin se na základě různé hustoty směs rozdělí na dvě fáze:

a) *methylester* odeče do tepelného ohřivače, kde se oddělí zbylý methanol, který nevstoupil do reakce. Separace probíhá kontinuálně v koloně, kde se odstraní i případný zbytek glycerinu. Bionafta je vedena do zásobníku s pufrem (zpravidla kyselinou fosforečnou), kde je prováděna zkouška kvality. Pokud je její výsledek příznivý, je pohonná hmota vedena do zásobníku bionafty.

b) *směs glycerinu s olejem* se neutralizuje kyselinou fosforečnou. Poté se odstředivkou oddělují pevné části. Tyto vstupují do sušárny odkud vychází jako konečný produkt hodnotné fosforečné hnojivo. Poté se ze zbylé tekutiny v diskovém separátoru oddělí olej od glycerinu. Olej lze využít jako topný. Glycerin se po vyčištění dá použít ve farmaceutickém průmyslu.

Spotřeba energie na výrobu bionafty činí 10,3 % energie obsažené v konečném výrobku. Je to méně, než při jiných způsobech přeměny biomasy na alternativní palivo (např. při výrobě etanolu z cukrovky to představuje 28,9 %, z pšenice 26,1 %). Při výnosu 3 t . ha⁻¹ semene lze získat minimálně 1 t bionafty (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998).

Dle ŠNOBLA (2004) jsou vedlejšími produkty výroby bionafty mimo jiné i extrahované šroty. Kalometricky byla zjištěna jejich vysoká výhřevnost, srovnatelná s kvalitním hnědým uhlím. Rovněž získané popeloviny splňují limitní hodnoty cizorodých látek, takže jsou využitelné např. jako minerální složka do kompostů.

Přestože má uvedený energetický zdroj nesporné ekologické výhody, je ekonomika výroby bariérou limitující její rozšíření. Rozhodující vliv na výši nákladů na výrobu bionafty má cena základní suroviny – řepkového semene, která představuje při současné nákupní ceně 75 – 80 % (ŠNOBL a KOL., 2004). Pokud jde tedy o ekonomickou stránku lze konstatovat, že bionafta zatím nemůže v čistě hospodářsky pojímaném smyslu konkurovat ropným produktem. Opodstatněnou se výroba bionafty ukazuje při tendencích omezování zemědělské nadvýroby a při řešení ekologických otázek (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1998).

2.6 Způsoby využívání biomasy

Obecně platí, že pro sklizeň rostlinné biomasy určené pro energetické využití, myšleno termochemické využití – spalování, zplyňování, pyrolýza, lze užít širokou škálu technologických postupů, které se používají pro sklizeň a úpravu plodin. Pevná biomasa se upravuje, co se týče vlhkosti a formy. Upravení vlhkosti směrem k nižším hodnotám se provádí sušením. Sušení se provádí pro termochemické využití, ostatní procesy probíhají ve vodním prostředí, proto je naopak vhodné sklízet rostliny ve stádiu, kdy je možné biomasu formovat do větších objemnějších tvarů nebo do jiné formy (ANONYM, 2001).

2.6.1 Výroba tepla

Významnou část energie, která se spotřebovává, je používána k výrobě tepla na vytápění a ohřev vody v domech nebo pro průmyslové procesy. Na teplo lze

teoreticky proměnit jakoukoli formu energie se 100 % účinností (na rozdíl třeba od výroby elektřiny). Technicky to ovšem zase tak úplně jednoduché není a zpravidla se musíme spokojit s účinností o nějakých 10 % nižší. Teplo se z biomasy vyrábí téměř výlučně tím nejjednodušším způsobem, spalováním. Hoření biomasy je poměrně složitý řetězec na sebe navazujících chemických reakcí, které probíhají za vysoké teploty a za účasti vzdušného kyslíku, a jeho výsledkem je (v ideálním případě) vznik oxidu uhličitého a vody. Významnou vlastností biomasy je to, že má velký podíl takzvané prchavé hořlaviny. Další nepříjemnou vlastností biomasy je obsah vody, který v souvislosti s jejím vznikem, a její hygroskopičnost, tj. náchylnost k vlhnutí i po vysušení (MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006).

Dle JUCHELKOVÉ (2002) patřilo v České republice dlouhou dobu k preferovaným druhům paliva zejména uhlí (černé a hnědé) a další z tohoto odvozené produkty, popř. jeho odpady. Výhoda těchto paliv tkvěla zejména v jejich ceně a „snadnosti“ jejich využívání. Využívání biopaliv sebou nese řadu výhod, zejména ve spojení s vývojem nových technologií (pro jejich snadnější využívání). Příprava biopaliva zase nabízí řadu pracovních příležitostí a neposlední výhodou využívání biopaliv je snížení produkce oxidu uhličitého. Růst jeho koncentrace v atmosféře je celosvětově označován za jednu z příčin oteplování planety.

Hlavní druh biomasy v České republice je dřevní hmota. Jedná se o různé druhy dřevní hmoty, a to jak odpad z opracování dřeva, tak polínkové dříví vhodné zejména do krbových kamen. Poslední dobou našlo velkou oblibu u obyvatel používání upravené dřevní hmoty a to ve formách pelet nebo briket. Takto upravené palivo lze velmi dobře spálit i skladovat.

Dalším druhem biomasy určené pro tepelné zpracování je sláma, ale nelze opominout i speciálně pěstované rostliny, jako jsou například šťovík nebo energetické trávy.

V minulosti mělo hlavní význam využití biomasy pro vytápění zejména v místech vzniku tohoto druhu paliva, tedy v oblastech, kde jsou pily, zemědělské statky a podobně. Dnes je již možné si zajistit bez problémů dodávku upraveného biopaliva téměř kamkoliv.

Vzhledem k různým vlastnostem biomasy je nutno si uvědomit, že pro skutečné zlepšení stavu životního prostředí a co možná nejlepší využití tepla obsaženého v biopalivu je nutné spalovat tyto paliva v zařízeních k tomu určených. Po provedení správného výběru spalovacího zařízení (kotle) je nutno dopředu

stanovit základní požadavky kladené na toto zařízení: tepelný příkon v palivu (určí přibližnou spotřebu paliva), požadovaná forma paliva (peletky, polínka), počet provozních hodin atd. Podle vybraného biopaliva je nutno zajistit dostatečné skladovací prostory, popř. častější dodávku biopaliva.

2.6.2 Pohon motorů

Vedle tepla potřebujeme i jiné formy energie. Je to především mechanická energie pro pohon dopravních prostředků a hlavně elektřina, která je vůbec nejdůležitější formou energie a je naprosto nezbytná pro fungování celé naší civilizační infrastruktury. Teoreticky lze přeměnit chemickou energii obsaženou v biomase na mechanickou práci nebo elektrickou energii se 100 % účinností, v současné době k tomu ale nemáme potřebné technické prostředky. Téměř vždy se tedy postupuje tak, že napřed spálením přeměníme energii biomasy na teplo a teplo se pak pomocí vhodného tepelného stroje (motoru) přemění v mechanickou práci (případně ještě dále na elektrickou energii). Zde je ovšem problém – teplo principiálně nelze proměnit na mechanickou energii beze zbytku. Tepelný stroj odebere teplo vzniklé spalováním, část z něj promění na mechanickou práci a zbytek musí odevzdat do okolí ve formě odpadního tepla o nižší teplotě. Nejlepší tepelné stroje (turbíny s paroplynovým cyklem) mají účinnost přeměny tepla na elektřinu přibližně 80 %. Účinnost běžných automobilových motorů je kolem 30 %. Nízká účinnost vadí tehdy, když odpadní teplo nelze rozumně využít (například u dopravních prostředků), nevádí tolik při výrobě elektřiny ve stacionárních zařízeních, kde je zpravidla možné využít odpadní teplo na vytápění.

Spotřeba energie na dopravu se v ČR podílí na celkové spotřebě energie zhruba pětinou. Možností, jak lze biomasu využít pro potřeby dopravy, je celá řada. Praktický význam však mají jen některé. Základním omezujícím faktorem je to, že moderní spalovací motor, který je používán pro pohon dopravních prostředků, dokáže využít jen kapalné nebo plynné palivo a má i poměrně vysoké nároky na jeho kvalitu. Rostlinnou biomasu je tedy nejprve třeba přeměnit na formu vhodnou pro použití ve spalovacích motorech. To ovšem vyžaduje určité náklady – jak finanční, tak i energetické. V zásadě je tedy pro pohon spalovacích motorů nejlépe využitelná ta biomasa, kterou lze snadno přeměnit na kapalné palivo. V úvahu proto přichází

především etanol (kvasný líh), metanol (dřevný líh), ETBE (ethyl-terciární butyl ether) nebo rostlinné oleje (MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006).

Dle PRAŽÁKA (2008) je nutno biopaliva v dopravě považovat za významný potenciální zdroj energie, jehož význam se v dlouhodobém horizontu bude zvyšovat. Jsou prosazována jako zdroj energie produkující méně oxidu uhličitého a dalších škodlivin. V současné době jsou uplatňována biopaliva, kterými jsou především bioethanol vyráběný z cukerných respektive škrobnatých plodin, a methylestery vyšších mastných kyselin (FAME), získávané v Evropě zejména z řepkového oleje, potenciálně také z palmového, slunečnicového či sojového aj.

Také používání bionafty (FAME) ať už v čisté podobě nebo ve směsi s minerální motorovou naftou není bez problémů. Je to například menší snášenlivost FAME s těsníci materiály, větší náchylnost k tvorbě úsad v motoru, zanášení vstřikovacích trysek způsobující zhoršování exhalčních parametrů a snižující výkon motoru, a zejména vznik termooxidačních produktů u moderních vysokotlakých vstřikovacích systémů pracujících s recirkulací silně zahřátého paliva. Snaha Komise na podstatné zvýšení využití biopaliv v dopravě se setkala s velmi negativními reakcemi zejména ze strany nevládních a ekologických organizací. Ty upozorňují na to, že výroba biopaliv může být dokonce škodlivá z řady důvodů:

- nahrazování výroby potravin výrobou biopaliv v chudých agrárních zemích
- budování k tomu potřebné infrastruktury na plantážích bude mít negativní ekologický dopad
- produkce biopaliv spotřebovává více energie než kolik jí biopaliva obsahují
- některé chemikálie používané při pěstování jsou škodlivé pro zdraví i životní prostředí
- používání geneticky modifikovaných plodin při výrobě biopaliv je velmi diskutabilní.

2.6.3 Výroba elektřiny

Výroba elektřiny ve stacionárních zařízeních dodávajících proud do rozvodné sítě představuje podstatně menší problém. Pro výrobu elektřiny je nejdůležitější spalování biomasy v kotlích elektráren s uhlím (MURTINGER a BERANOVSKÝ, 2006).

PONCAROVÁ (2009) uvádí, že v souvislosti s využitím biomasy na výrobu elektřiny je často kritizována její neefektivnost. Účinnost biomasy je při výrobě elektřiny odhadována na 25 – 35 %. Zbytková energie (65 – 75 %) , která je produkována ve formě tepla, zůstává nevyužita. Tento problém je možné vyřešit kombinovanou výrobou tepla a elektřiny. V rámci kogenerace je teplo vznikající při výrobě elektřiny užíváno na vytápění. Kogenerací je možné zajistit úsporu paliva ve výši 20 – 30 %. Tento fakt nabývá na významnosti, kdy biomasa na konkrétním území je omezena roční kapacitou lokality vyrobit určité množství této suroviny.

Tabulka č. 1.: Energetický potenciál různých druhů biomasy

| Druh biomasy | Energie celkem (%) | Teplο (PJ) | Elektřina (GWh) |
|-----------------------|--------------------|------------|-----------------|
| Dřevo a dřevní odpad | 24 | 25,2 | 427 |
| Sláma obilnin/olejnin | 11,7 | 11,9 | 224 |
| Energetické rostliny | 47,1 | 47,7 | 945 |
| Bioplyn | 16,3 | 15,6 | 535 |

Zdroj: www.biom.cz

2.6.4 Bioplynová stanice

Podle BAČÍKA (2008) jsou kvalitně realizované bioplynové stanice (BPS) moderní a ekologická zařízení, která se běžně provozují v celé Evropské unii. Zpracovávají širokou škálu materiálů nebo odpadů organického původu prostřednictvím procesu anaerobní digesce za nepřístupu vzduchu v uzavřených reaktorech. Výsledkem procesu je pak bioplyn, který je zatím nejčastěji používán k efektivní výrobě obnovitelné elektřiny a tepla, a dále digestát, který lze používat jako kvalitní hnojivo.

BPS a výroba bioplynu obecně má řadu pozitivních a celospolečenských přínosů. Bioplyn je hodnocen jako obnovitelný zdroj energie a elektrická a tepelná energie z něj vyrobená je tedy ekologicky šetrná. Hlavní přínosy lze shrnout následovně:

- z hlediska obnovitelných zdrojů má ČR právě v bioplynu jeden z největších a navíc rychle mobilizovatelných potenciálů

- jeho uplatnění může nejen významně pomoci při plnění závazku ČR vůči EU v oblasti obnovitelných zdrojů, ale také může přispět ke snížení závislosti ČR na fosilních palivech a na jejich dovozu z nestabilních zemí
- pro obce a města jsou BPS ve vhodných lokalitách efektivním způsobem řešení zpracování bioodpadů a jejich aktivního odklonu ze skládek v souladu s požadavky legislativy
- pro venkov jsou BPS jednou z možností, jak zajistit jeho rozvoj a podporu zaměstnanosti. Zemědělcům nabízejí reálnou alternativu pro smysluplné využití zemědělské půdy a novou podnikatelskou příležitost.

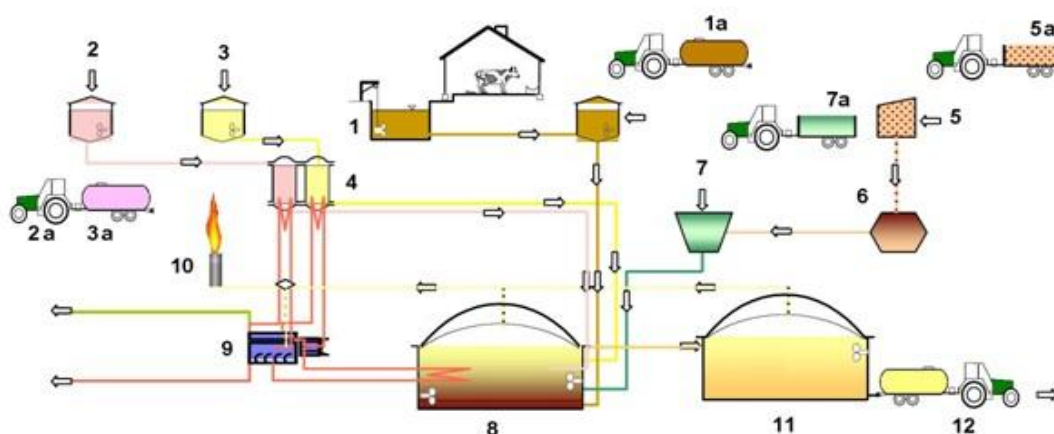
URBAN (2010) uvádí, že dle sušiny používané v rámci fermentačního procesu lze provést základní rozdělení technologií BPS na suché a mokré. Technologie suché fermentace pracují s vyšší průměrnou procesní sušinou fermentované hmoty než mokrá fermentace. Hranicí mezi nimi se zdá být cca 13 % sušiny (hranice míchatelnosti, čerpatelnosti fermentující hmoty), dále také rozhoduje kvalita vstupních surovin – velikost částic, přítomnost nežádoucích příměsí (kovy, plasty, sklo atd.).

Složitější kontinuální systémy s ležatými reaktory zase vykazují vyšší měrné investiční náklady na jednotku produkce bioplynu, což také zabraňuje jejich masivnějšímu využití v praxi. Proto pravděpodobně budou z důvodu nedostatku referencí na území České republiky v nejbližších letech dále preferovány technologie mokré fermentace. Většina BPS je doposud v České republice založena na tzv. mokré technologii pracující s průměrnými pracovními sušinami v reaktoru kolem 6 – 12 %.

Srdcem většiny BPS je kogenerační jednotka (KJ). Pravděpodobně tomu bude tak i nadále. Poměrně investičně náročné technologie na čištění bioplynu a stávající legislativa příliš zatím nepomáhá jinému způsobu využití bioplynu než jeho spalování a výroby el. energie a tepla. KJ patří mezi nejvytěžovanější zařízení BPS, provozní doba se pohybuje kolem 8000 hod. za rok. Vyrábí elektřinu, která představuje nejvýznamnější a stabilní zdroj příjmů BPS, proto jim musí být věnována značná pozornost. Zkušenosti ukazují, že pro ekonomicky úspěšný provoz BPS je potřeba osazovat KJ, které mají jednak špičkové technické parametry a současně mají zajištěn kvalitní, operativní a cenově přiměřený servis. Stejně jako v případě ostatní použité technologie BPS je potřeba věnovat dostatečnou pozornost provozním nákladům (zajištění servisu, údržbě a opravám). Nejen výkonové

parametry a investiční náklady, ale i servisní podmínky a náklady na údržbu, generální opravy by měly být hlavními porovnávacími kritérii výběru konkrétní KJ.

Obrázek č. 15: Schéma moderní bioplynové stanice (MUŽÍK, KÁRA, 2009)



1-kejda ze stáje, 1a-kejda přivážená z okolních zemědělských podniků, 2-příjem jatečních odpadů, 3-příjem kuchyňských odpadů, 4-tepelná úprava rizikových substrátů 2 a 3, 5-příjmové místo zrnin, 6-mechanická úprava zrnin (mačkání, drcení, šrotování), 7-příjem a úprava zelené biomasy, 8-fermentor se střešním plynojemem 9-kogenerační jednotka, 10-hořák zbytkového plynu, 11-zásobní jímka na digestát, 12-odvoz digestátu jako hnojiva

2.7 Ekonomický význam pěstování biomasy

Energetické plodiny, jak uvádí FUKSA (2009), by v první řadě měly vykazovat dostatečné výtěžky biomasy při relativně nízkých úhrnných nákladech na jejich pěstování, sklizeň, modifikaci, skladování a zpracování. Výnosnost energetických travních plodin je dána faktory, které může pěstitel svým přístupem ovlivnit a dalšími okolnostmi jejichž průběh nelze řídit.

Mezi ovlivnitelné faktory je možné zařadit:

- technologické postupy pěstovaného druhu
- zvolení vhodného pozemku
- materiální podmínky (technika, hnojiva, pesticidy, posklizňová úprava)
- zpětná vazba odběratelů, poradenské organizace apod.
- průběžné vzdělávání (odborná literatura, školení, semináře, sledování výsledků vývoje a výzkumu)

Mezi neovlivnitelné faktory lze řadit zejména:

- podmínky stanovené trhem, cena a dostupnost finančních nástrojů (cenové rozpětí výkupu produkce, výše úrokových sazeb, kritéria úvěrových poskytovatelů)
- politika jednotlivých států, existence příslušných zákonů a nařízení
- úroveň cen fosilních paliv
- způsob využití daného druhu fytopaliva
- efektivnost zpracovatelských technologií
- variabilita klimatických podmínek

MURTINGER a BERANOVSKÝ (2006) uvádí, že ekonomickou efektivnost projektů využívajících jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů, ale vlastně obecně jakýkoli projekt, ovlivňují následující ekonomické veličiny:

- Investiční výdaje, které zahrnují veškeré jednorázové výdaje na přípravu stavby, projekt, dodávky technologického zařízení a jeho montáž, stavební úpravy, elektrickou přípojku, popř. i náklady na výkup potřebných pozemků.
- Doba životnosti zařízení, tj. doba, po kterou bude možno využívat zařízení, tj. dosahovat úspor energie či „sklízet plody jeho práce“, aniž by bylo nutné znovu vynakládat investiční výdaje na obnovu zařízení.
- Provozní výdaje na obsluhu zařízení, jeho pravidelnou údržbu, předpokládané opravy, režie, pojištění majetku, pozemkové daně a jiné poplatky, nákup paliv a energie včetně dopravy.
- Velikost úspor energie, případně roční produkce elektřiny nebo tepla. Ekonomickou efektivnost příznivě ovlivní možnost výroby elektřiny v době špiček, kdy je její cena nejvyšší.
- Způsob financování, tj. velikost, doba splácení a úroková sazba poskytnutého úvěru, cena vlastních peněz investora a případné dotace.

Výpočet ekonomické efektivnosti hodnotí dosažené příjmy (peněžně ohodnocené efekty) ve srovnání s výdaji (peněžně ohodnocené nároky) na realizaci a provoz posuzované investice. Ekonomická efektivnost se měří penězi, proto její výpočet nemůže obsahovat penězi (dosud) neměřitelné veličiny, mezi něž bohužel patří i

většina přínosů ve prospěch životního prostředí, ale ani hodnocení komfortu, estetických či sociální vlivů.

Dle HAVLÍČKOVÉ (2008) je ekonomika projektů z pohledu potenciálního investora klíčovou otázkou, která v konečné fázi ovlivňuje jejich rozhodnutí o tom, zda projekt skutečně realizují, a tedy i to, zda bude dosaženo efektů, příznivých k životnímu prostředí. Jedním ze základních předpokladů je, že podnikatelské subjekty se chovají v těchto otázkách ekonomiky racionálně, tj. optimalizují své nároky, výdaje ve vztahu k očekávaným efektům, výdělkům. U nepodnikatelských subjektů (např. obcí) je větší pravděpodobnost, že budou motivovány i jinak, jejich chování ale významně ovlivňuje disponibilní výše příjmů a jejich finanční rozpočet. V případě získání státní finanční podpory lze očekávat, že při svém rozhodnutí upřednostní i tak kritéria, která jsou v souladu se státní politikou životního prostředí a jejichž splnění bylo podmínkou přidělení podpory.

Obecně by při hodnocení ekonomické efektivity určitého projektu měly být vždy položeny a zodpovězeny tyto dvě otázky:

- Jaká je ekonomická efektivity projektu jako takového, bez ohledu na to, kdo a jak bude financovat a kdo a jaký ekonomický efekt z projektu získá. Ekonomické efekty generované projektem se obecně dělí mezi poskytovatele kapitálu (např. banka), stát (daně) a investora. Pokud hodnotíme ekonomickou efektivity bez uvažování financování a daní, jedná se o tzv. hodnocení projektu?
- Jaká je ekonomická efektivity navrhované investice v konkrétních podnikatelských podmínkách (včetně placení daní) s uvažováním dostupných způsobů financování (bankovní úvěry) včetně možných podpor a dotací a zda má tedy investor na jeho realizaci ekonomický zájem. V tomto případě se jedná o hodnocení z pohledu investora?

2.8 Ekologický význam biomasy

Využívání biomasy pro energii při jejím postupným nahrazováním fosilních paliv má neocenitelný význam při snižování emisí všeho druhu, i když to lze prokázat zatím jen u některých druhů emisí. V současné době lze měřit jen některé běžné druhy, které nemusí být navíc ty nejnebezpečnější. Zjišťování např. organických

polutantů, které jsou zpravidla vysoce škodlivé, je velmi náročné a plošně prakticky neproveditelné. Dokladem znečišťování prostředí v ČR jsou údaje o imisních zátěží působených průmyslem i dopravou: 0,65 mil. tun oxidem siřičitým, 0,7 mil. tun oxidu dusíku, 1. mil. tun oxidu uhelnatého a 0,5 mil. tun prachu. Při spalování biomasy se emise z původních hodnot výrazně snížily, až na tyto hodnoty: oxid siřičitý poklesl na pouhých 0,6 % původních emisí, oxid uhelnatý na 29 % a oxid dusíku na 31,5 %. Je všeobecně známo, že intenzivní spalování fosilních paliv v důsledku produkce emisí mají řadu nepříznivých účinků na životní prostředí:

- poškozují až devastují lesní i polní kultury
- okyselují půdu a celé prostředí
- mohou kontaminovat potraviny a krmiva
- zhoršují zdravotní stav obyvatel a zvyšují úmrtnost lidí obývajících pánevní a průmyslové oblasti
- poškozují památkové objekty a kovové konstrukce

Nejdůležitější význam energetické biomasy je ale v tom, že redukuje koncentraci skleníkových plynů v ovzduší. Skleníkový efekt je sice pro naši existenci na Zemi nezbytný, neboť zde udržuje optimální teplotu, avšak v poslední době se začíná v důsledku zvyšování „skleníkových plynů“ teplota stále více zvyšovat, což začíná mít již neblahé účinky (PETŘÍKOVÁ, 2004).

VÁŇA (2001) uvádí, že Evropská komise v r. 1997 přijala dokument „White Paper“, který obsahuje souhrnnou strategii ke zdvojnásobení obnovitelných energií ze 6 na 12 % podílu energetické spotřeby a s tím, že více než 80 % obnovitelných energií bude představovat energie z biomasy. Tato strategie je i součástí jednání mezi EU a zeměmi, které žádají o přidružení. Proto i Česká republika musí s EU harmonizovat energetickou potřebu a přispět k plnění cílů EU tak, aby v České republice v r. 2010 byl dosažen 3,6 % podíl obnovitelných energií ze spotřeby primárních zdrojů.

2.9 Hospodářský význam biomasy

Produkce energetické biomasy má v České republice důležitý význam a to přímo pro zemědělství. V poslední době bylo totiž prokázáno, že je u nás přebytek zemědělské půdy, která není potřebná k produkci potravin. Podle odhadu MZe se

jedná o plochy vhodné k dalšímu využití o rozloze 465 tis. ha orné půdy a 523 tis. ha luk a pastvin. Celková plocha tudíž činí téměř 1 milion hektarů zemědělské půdy. Bohužel, značná část této plochy není u nás náležitě obdělávána, neboť trh potravin je přesycen a odbyt potravinářské produkce bývá často problematický. Tato přebytečná půda bývá proto zaplevelená a je pak vydatným zdrojem plevelů pro okolní pozemky (PETŘÍKOVÁ, 2001).

3. Cíl práce

Existuje mnoho potenciálních vhodných druhů energetických rostlin, ale ne všechny jsou již ověřené v provozních podmínkách, což je pro praktické využití nezbytné. Z těchto rostlin jsou nejdůležitější rostliny víceleté a vytrvalé.

Cílem této bakalářské práce je posoudit vhodnost vybraných vytrvalých energetických trav pro pěstování na energetické využití s ohledem na jejich pěstební technologie a posoudit různé způsoby zpracování a získávání energie z těchto rostlin. Jednotlivé druhy energetických trav se porovnávaly z různých hledisek.

4. Metodika

V práci se vzájemně porovnává šest vybraných energetických trav. Jedná se o ozdobnici čínskou, lesknici (chrastici) rákosovitou, kostřavu rákosovitou, psineček veliký, ovsík vyvýšený a sveřep. Tyto rostliny jsou porovnávány z hlediska výsevu ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), hektarového výnosu a to jak u rostlin nehnojených, tak i hnojených dusíkem při různých termínech sklizně. Dále se v práci porovnává spalné teplo a výhřevnost energetických trav ($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) a energetická výtěžnost z 1 ha (GJ). Také je zhodnocen výzkum spalování energetických trav. Na závěr se porovnávají náklady na pěstování a sklizeň trav a zpracování výsledného produktu.

Výstupem je zhodnocení všech zkoumaných trav a určení nejvhodnějšího druhu energetické trávy pro energetické využití v podmínkách České republiky.

5. Výsledky a diskuse

5.1 Porovnání výsevu energetických trav

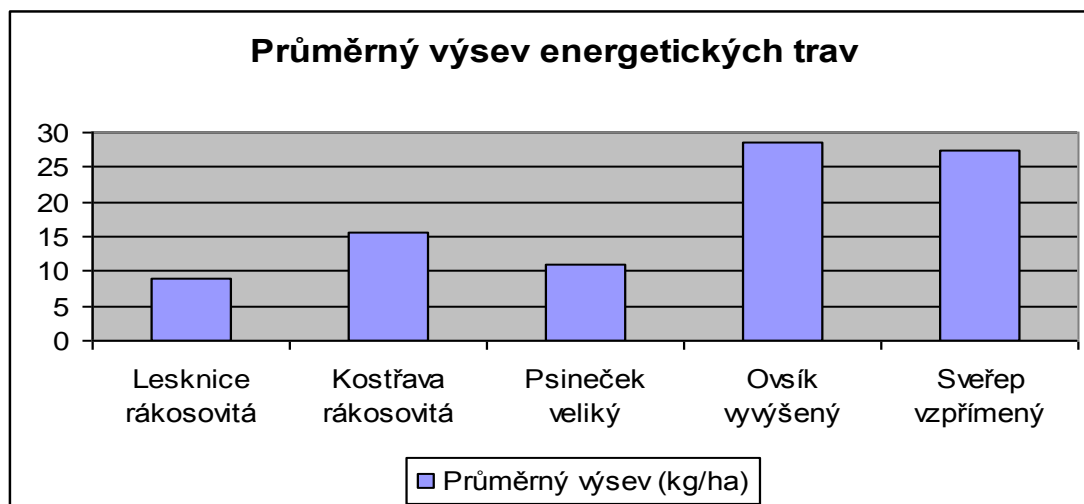
Tab. č. 2: Doporučený výsev energetických trav (2006)

| Tráva | Výsevek v kg . ha ⁻¹ |
|---------------------|---------------------------------|
| Ozdobnice čínská | 10 - 20 tis. sazenic |
| Lesknice rákosovitá | 8 - 10 |
| Kostřava rákosovitá | 15 - 16 |
| Psineček veliký | 10 - 12 |
| Ovsík vyvýšený | 27 - 30 |
| Sveřep vzpřímený | 20 - 35 |

Zdroj: www.biom.cz

Tabulka č. 2. znázorňuje výsevky jednotlivých energetických trav. Nejvyššího výsevu je zapotřebí u ovsíku vyvýšeného a sveřepu vzpřímeného, jejichž semena jsou velmi drobná. Nejnižší výsevek má lesknice rákosovitá. Graf č. 1. znázorňuje výsevky všech trav kromě ozdobnice čínské, jelikož tato tráva se vysazuje v počtu 10 - 20 tisíc sazenic na ha.

Graf č. 1: Doporučený průměrný výsev energetických trav (2006)



5.2 Porovnání výnosů energetických trav

Tab. č. 3: Výnosy energetických trav (2006)

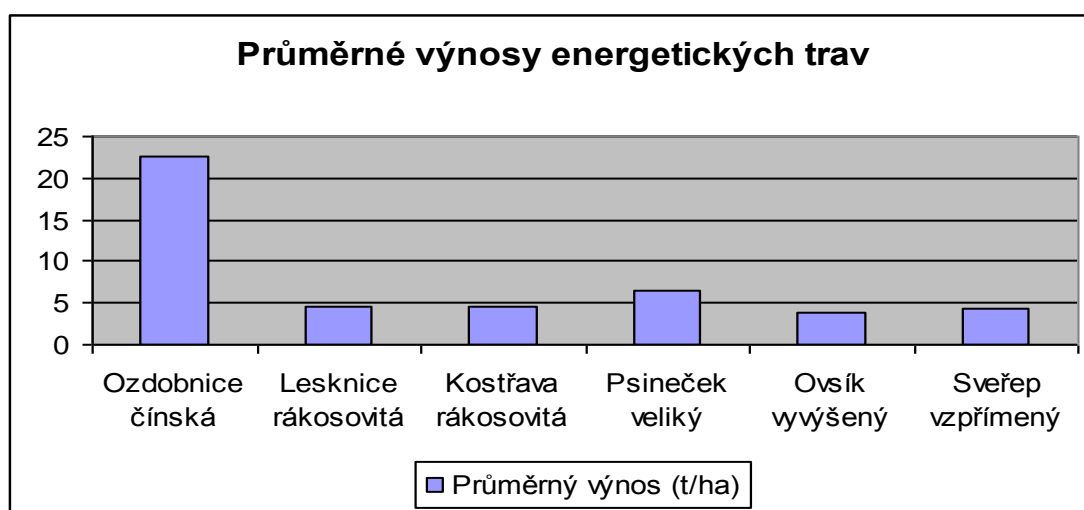
| Tráva | Výnos (t . ha ⁻¹) |
|---------------------|-------------------------------|
| Ozdobnice čínská | 20 - 25 |
| Lesknice rákosovitá | 3,82 - 5,25 |
| Kostřava rákosovitá | 3,98 - 5,29 |
| Psineček veliký | 4,74 - 8,06 |
| Ovsík vyvýšený | 3,37 - 4,31 |
| Sveřep vzpřímený | 4,09 - 4,48 |

Zdroj:www.biom.cz

Tabulka č. 3. uvádí rozpětí výnosů sušiny jednotlivých energetických trav. Nejvyšší výnos sušiny má ozdobnice čínská (*Miscanthus*), a to 20 - 25 t . ha⁻¹. I přes toto vysoké číslo uvádí HAVLÍČKOVÁ (2008) číslo ještě vyšší. Dle Havlíčkové současné odrůdy dosahují za příznivých podmínek výnosu přes 30 tun sušiny z hektaru.

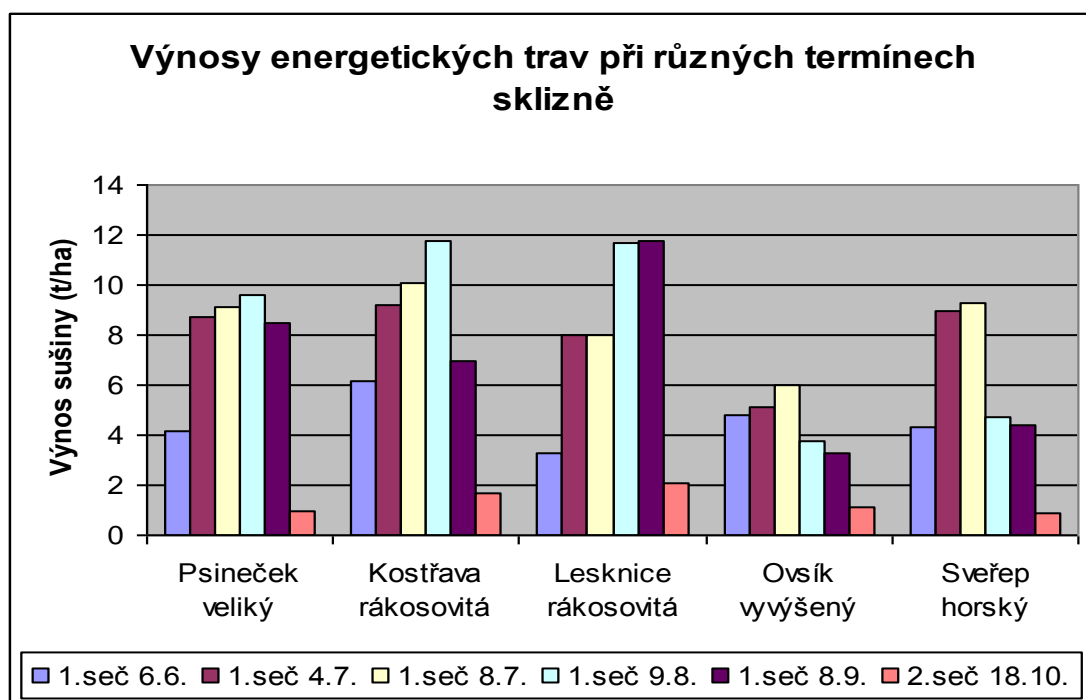
Ostatní energetické traviny vykazují téměř stejný výnos. Mírně vyšší výnos má psineček veliký. Ovšem mezi ozdobnicí čínskou a ostatními travinami je rozdíl ve výnosu sušiny markantní. Dle PETŘÍKOVÉ (2004) dosahují energetické trávy jako lesknice rákosovitá, kostřava rákosovitá, psineček veliký a ovsík vyvýšený výnosu 6 – 8 t . ha⁻¹. Tato hodnota je o něco vyšší, než udává Biom.cz.

Graf č. 2: Průměrné výnosy energetických trav (2006)



..... Zdroj: www.biom.cz

Graf č. 3: Porovnání výnosů energetických trav při různých termínech sklizně (2006)



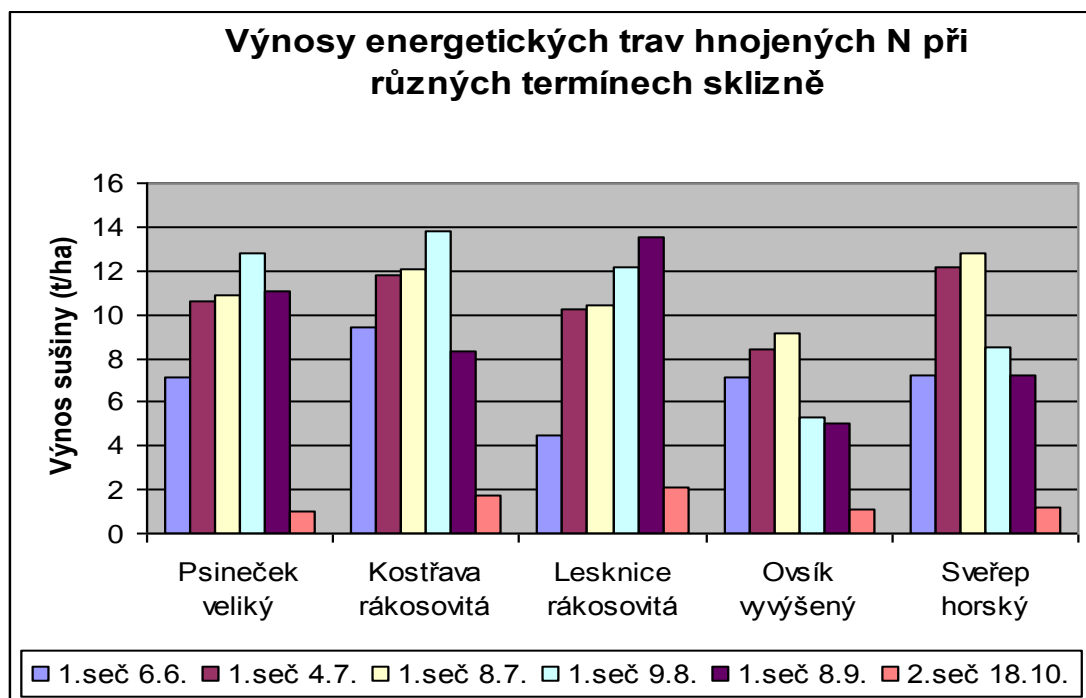
..... Zdroj: www.vuzt.cz

Z grafu č. 2 je patrné, že výnos je z velké části ovlivněn termínem sklizně, a to u každé trávy jinak. Psineček veliký a kostřava rákosovitá dávají nejvyšší výnosy při 1. seči 9.8. Lesknice rákosovitá 8. 9. Ovsík vyvýšený a sveřep horský při 1. seči 8. 7. Všeobecně lze říci, že nejvyšší výnosy energetických trav se sklízí v letních měsících, červenci a srpnu. Při druhé seči dávají traviny nejmenší výnosy sušiny.

Do pokusu, ve kterém se zkoumaly výnosy travin v různých termínech sklizně nebyla zahrnuta ozdobnice čínská, jelikož má podstatně vyšší výnosy, než uvedené energetické trávy.

Traviny, které byly zkoumány, nebyly přihnojovány dusíkem.

Graf č. 4: Výnosy energetických trav hnojených N při různých termínech sklizně (2006)



Graf č. 3 slouží pro porovnání s grafem č. 2. V Grafu č. 3 jsou uvedeny výnosy sušiny jednotlivých zkoumaných trav, které byly hnojeny N v dávce $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výnosy jsou mnohem vyšší než u nehnojených trav, ale z hlediska období, ve kterém se trávy sklízí nenastala žádná změna. Nejvyšší výnosy jsou sklizeny v červenci a srpnu. Při sklizni 18. 10. nemá hnojení dusíkem podstatný vliv na výši výnosu.

Podle HAVLÍČKOVÉ (2008) není na dobře zásobených půdách ozdobnici čínskou prvním rokem hnojit. V dalších letech je třeba při hnojení vycházet ze zásobenosti půd živinami – v průměru se doporučuje hnojit $70 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K, $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P a $50 - 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N nejlépe na jaře. U lesknice rákosovité lze doporučit od druhého roku stáří porostu dávku $50 - 80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N (dle půdních podmínek). Ovsík vyvýšený je náročný na živiny. Optimální dávky dusíku se pohybují v rozmezí $100 - 160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok. Ovsík dobře reaguje i na dávky přes $200 \text{ kg} \text{ N}$. PETŘÍKOVÁ (2004) doporučuje přihnojit kostřavu rákosovitou dusíkem a fosforem v dávce cca $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a draslíkem v dávce $40 - 60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Psineček veliký se hnojí hlavně dusíkem, zpravidla $80 - 100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ v prvních 2 letech.

5.3 Porovnání spalného tepla a výhřevnosti energetických trav

Tab. č. 4: Spalné teplo a výhřevnost jednotlivých trav

| Tráva | Spalné teplo (kJ . kg ⁻¹) | Výhřevnost (kJ . kg ⁻¹) |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Ozdobnice čínská | 19 669 | 19 066 |
| Lesknice rákosovitá | 18 120 | 17 504 |
| Kostřava rákosovitá | 18 849 | 18 245 |
| Psineček veliký | 19 270 | 18 661 |
| Ovsík vyvýšený | 17 596 | 16 987 |
| Sveřep vzpřímený | 18 516 | 17 890 |

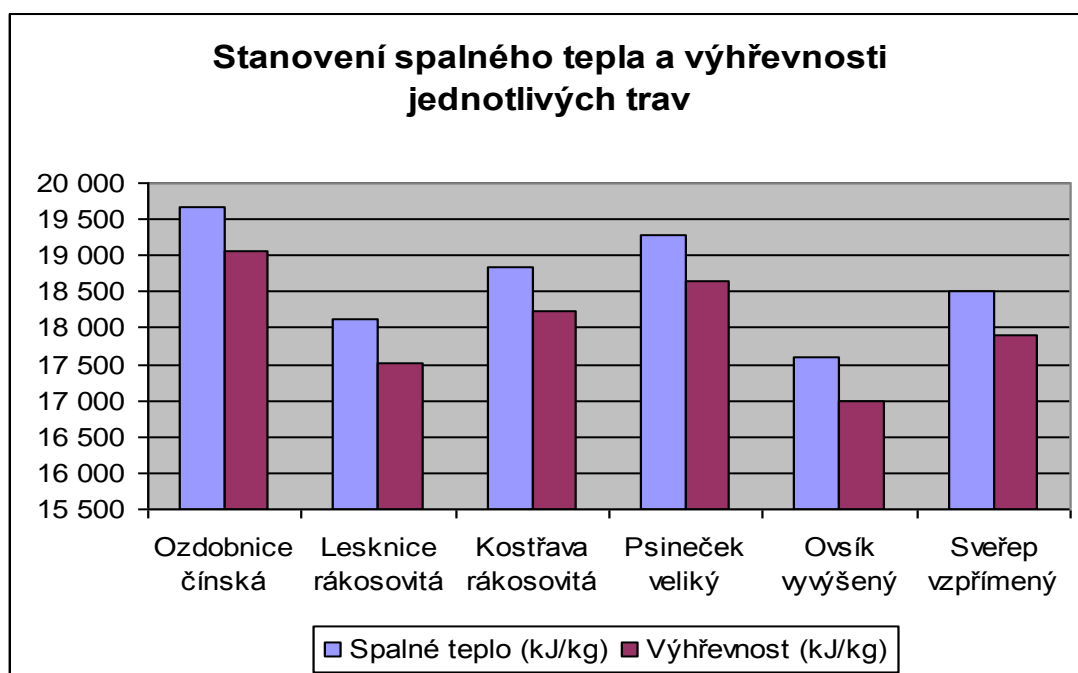
Zdroj:www.biom.cz

V tabulce č. 4 je uvedeno spalné teplo a výhřevnost porovnávaných energetických trav. Je patrné, že nejvyšší spalné teplo má ozdobnice čínská. HAVLÍČKOVÁ (2008) uvádí spalné teplo sušiny nadzemních částí ozdobnice čínské 17 970 kJ . kg⁻¹. Např. u ovsíku vyvýšeného uvádí spalné teplo 17 250 kJ . kg⁻¹, což není velký rozdíl od tabulkové hodnoty. Dle ŠNOBLA (2004) má Miscanthus spalné teplo 19 060 kJ . kg⁻¹. Zde se ovšem jedná o spalné teplo celých rostlin. Další tráva, která je z tohoto hlediska významná je psineček veliký. Mezi těmito dvěma travami je jen nepatrný rozdíl co se týče spalného tepla.

Dále ŠNOBL (2004) uvádí, že pevná biopaliva mají podobné látkové složení, přičemž stébelné plodiny obsahují více popelovin (8 %) než dřeviny (1 %). Vzhledem k tomu, že hlavní substance hoření – uhlík (44 %) a vodík (6 %) jsou částečně okysličený, je u nich výhřevnost oproti fosilním palivům snížena. U ukazatele výhřevnosti vykazuje nejvyšší hodnoty opět ozdobnice čínská. Vysokou výhřevnost má i psineček veliký a kostřava rákosovitá.

Výsledky spalného tepla a výhřevnosti byly zjišťovány laboratorně a jejich hodnoty jsou uváděny ve 100 % sušině. Jedná se tedy o spalné teplo a výhřevnost 100 % sušiny.

Graf č. 5: Stanovení spalného tepla a výhřevnosti energetických trav



5.4 Porovnání energetické výtěžnosti energetických trav

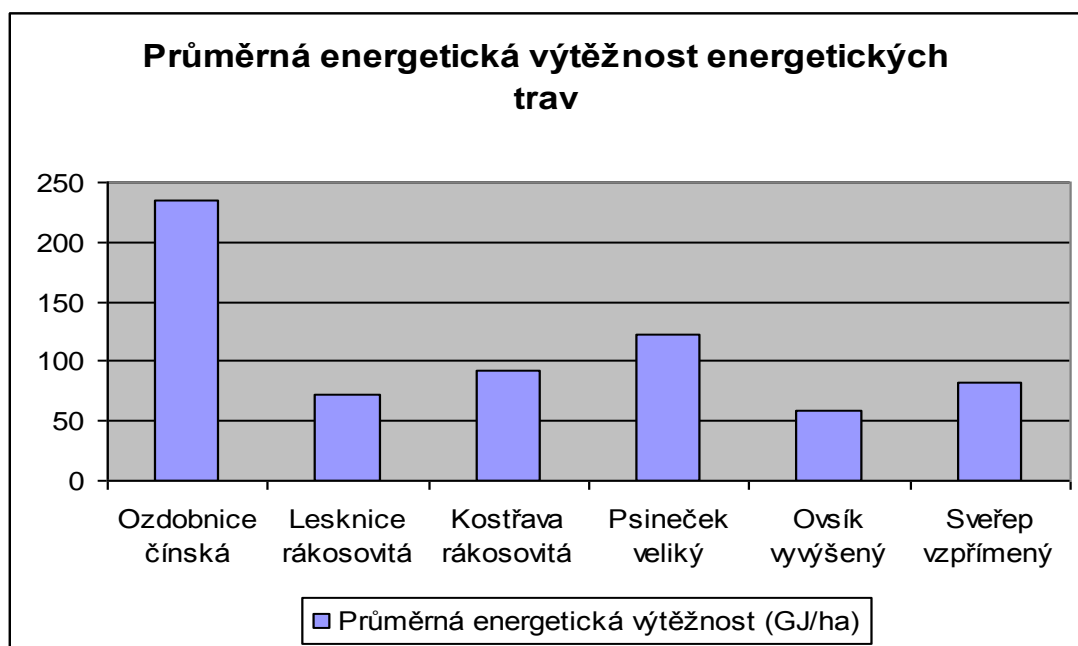
Tab. č. 5: Energetická výtěžnost energetických trav

| Tráva | Energetická výtěžnost 1 ha (GJ) |
|---------------------|---------------------------------|
| Ozdobnice čínská | 235,2 |
| Lesknice rákosovitá | 60,9 - 83,7 |
| Kostřava rákosovitá | 78,7 - 105 |
| Psineček veliký | 91,2 - 155 |
| Ovsík vyvýšený | 52 - 66,5 |
| Sveřep vzpřímený | 75,1 - 89,3 |

Zdroj: www.biom.cz

Dle tabulky č. 5 udává ozdobnice čínská nejvyšší energetickou výtěžnost na 1 ha, a to 235,2 GJ. Tato uvedená hodnota je průměr výnosů až z 9-ti letého porostu. ŠNOBL (2004) uvádí energetickou výtěžnost ozdobnice čínské 268,3 GJ · ha⁻¹, což je o něco více než uvádí zdroj Biom.cz. Ostatní traviny mají podstatně nižší energetickou výtěžnost, což je dobře viditelné z grafu č. 3.

Graf č. 6: Průměrná energetická výtěžnost energetických trav



5.5 Spalování trav

Z hlediska dosažených výsledků Výzkumného ústavu zemědělské techniky (VÚZT) z roku 2006 se jeví spalování stébelnin v porovnání s dřevní hmotou jako horší. Je však nutno poznamenat, že kotel ve výzkumu byl konstruován na dřevní hmotu se schopností spalovat i jiná biopaliva. Pokud bude kotel konstruován na stébelniny lze očekávat, že výsledky naměřených emisí budou podobné jako při spalování dřevní hmoty. Provedené spalné zkoušky prokázaly, že traviny lze ve vybraných spalovacích zařízeních spalovat při dodržení emisních limitů. Prokázalo se, že vhodným palivem je psineček a kostřava. Při spalování psinečku byla spalovací komora z keramických materiálů podstatně studenější, což v konečném důsledku ovlivnilo tvorbu emisí CO a následně i emise tuhých částic. Vyhoření paliva na roštu bylo poměrně dobré a nedopaly v popelu na roštu se pohybovaly kolem 12 %, což je hodnota velmi dobrá. Emise CO se při spalování psinečku pohybovaly kolem $596 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \text{ N}$ při 11 % O_2 ve spalinách. Tato hodnota je výrazně vyšší než při spalování dřevní štěpky. Vliv velikosti ok při šrotování psinečku před lisováním briket nemá vliv na emise, ale pouze na kvalitu briket. Jako méně vhodné palivo se ukazuje ovsík. V průběhu dalšího testování budou odzkoušeny i další

traviny jako sveřep a chrastice. Spalování travin naráží ještě na legislativní problém – daný kotel smí spalovat pouze to palivo, pro které je odzkoušen a schválen.

5.6 Ekonomika energetických trav

Ekonomika biopaliv vůči fosilním palivům závisí na mnoha faktorech. Je důležité spočítat náklady a výdaje, které jsou spojené s pěstováním a následným zpracováním biomasy. Nejdůležitější jsou tedy náklady na pěstování a sklizeň plodin a dále náklady na zpracování výsledného produktu.

Tab. č. 6.: Náklady na pěstování energetických trav

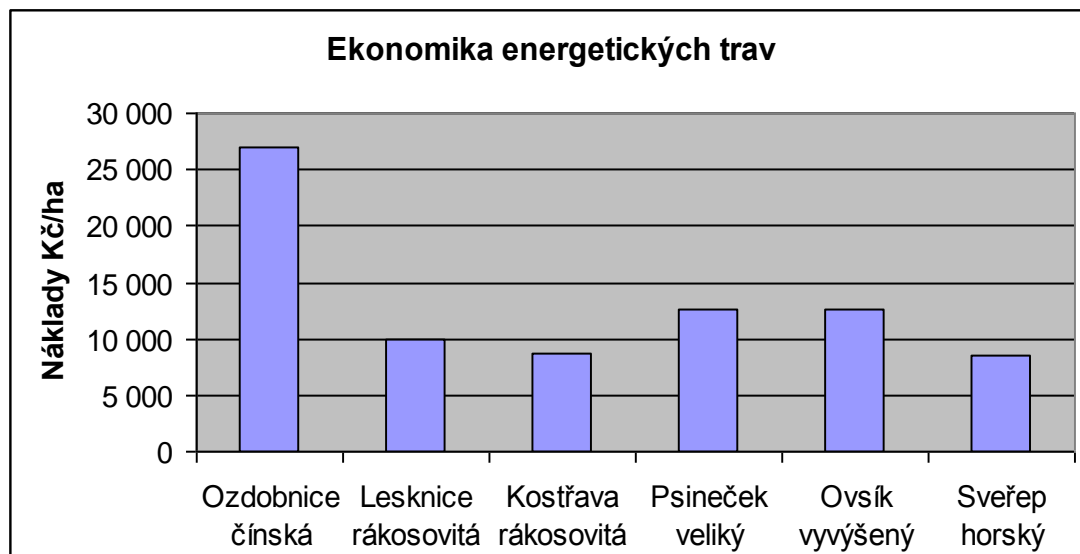
| Tráva | Náklady Kč.ha⁻¹ |
|---------------------|-----------------------------------|
| Ozdobnice čínská | 27 032 |
| Lesknice rákosovitá | 9 890 |
| Kostřava rákosovitá | 8 776 |
| Psineček veliký | 12 647 |
| Ovsík vyvýšený | 12 650 |
| Sveřep | 8 510 |

Zdroj: www.vuzt.cz, www2.zf.jcu.cz

Hodnoty uvedené v tabulce č. 5 jsou náklady vynaložené v třetím až čtvrtém roce založení porostu. Jsou zde zahrnuty náklady na pěstování a sklizeň, obracení, shrnování, lisování, odvoz a uložení balíků. V tomto případě se uvažuje sklizeň do velkoobjemových balíků.

Z grafického znázornění nákladů na pěstování energetických trav vyplývá, že nejvyšší náklady má ozdobnice čínská. O více jak polovinu nižší jsou náklady na pěstování psinečku velikého a ovsíku vyvýšeného. Zde je nutné podotknout, že dle tabulky č. 3 má ozdobnice čínská nejvyšší výnosy a to 20 – 25 t . ha⁻¹, což je oproti psinečku a ovsíku několikanásobně vyšší výnos.

Graf č.7.: Náklady na pěstování energetických trav



6. Závěr

U výše uvedených energetických travin byla zjišťována vhodnost jejich užití pro energetické účely.

Z hlediska výsevu byly porovnávány všechny druhy trav kromě ozdobnice čínské, jelikož tato travina se nevysévá nýbrž vysazuje. Z vysévaných trav je nejvyššího výsevu zapotřebí u ovsíku vyvýšeného ($27 - 30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) a sveřepu vzpřímeného ($20 - 35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) a to především z důvodu velmi drobných semen.

V další oblasti byly energetické trávy porovnávány podle jejich výnosů sušiny. Nejvyšší výnos má ozdobnice čínská, a to $20 - 25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Za příznivých podmínek může výnos dosahovat až $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ostatní srovnávané trávy vykazují výrazně nižší výnosy sušiny, jelikož jejich výnosy dosahují v průměru okolo $4 - 5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výnosy energetických trav jsou ovlivněny dobou sklizně. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány při 1. seči v termínu 9. srpna u psinečku velikého a kostřavy rákosovité, 8. září u lesknice rákosovité a 8. července u ovsíku vyvýšeného a sveřepu. Naopak nejnižšího výnosu bylo prokazatelně dosaženo při 2. seči v měsíci říjnu. Porovnání výnosů bylo provedeno i u travin, které byly přihnojovány dusíkem v dávce $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Výnosy byly podstatně vyšší, ale z hlediska termínu sklizně nenastala žádná změna. Bylo zjištěno, že hnojení dusíkem vůbec neovlivnilo výnos druhé seče v měsíci říjnu.

Dále byly porovnávány spalná tepla a výhřevnosti energetických trav. Nejvyšší spalné teplo má ozdobnice čínská ($19\,669 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$). Další tráva, která je z tohoto hlediska významná je psineček veliký. Mezi těmito dvěma travami je jen nepatrný rozdíl, co se týče spalného tepla. U ukazatele výhřevnosti vykazuje nejvyšší hodnoty opět ozdobnice čínská ($19\,066 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$). Vysokou výhřevnost má i psineček veliký a kostřava rákosovitá.

Další sledovaným ukazatelem byla energetická výtěžnost. Ozdobnice čínská vykazuje rozhodně největší energetickou výtěžnost, a to $235,2 \text{ GJ}$ z 1 ha. Ostatní traviny nemají ani poloviční energetickou výtěžnost jako má ozdobnice.

Rovněž bylo v práci poukázáno na spalování trav, jehož problematikou se zabývá mj. Výzkumný ústav zemědělské techniky. Provedené spalné zkoušky prokázaly, že traviny lze ve vybraných spalovacích zařízeních spalovat při dodržení emisních limitů. Prokázalo se, že vhodným palivem je psineček veliký a kostřava

rákosovitá. Jako méně vhodné palivo se ukazuje ovsík vyvýšený. V průběhu dalšího testování budou odzkoušeny i další traviny jako sveřep a chrastice rákosovitá. Tudíž v současné chvíli nemůžeme kompletně porovnat všechny traviny z hlediska spalování.

V poslední části se jednotlivé trávy srovnávaly v oblasti ekonomické. Je velmi důležité počítat náklady a výdaje, které jsou spojené s pěstováním a následným zpracováním biomasy. Nejvyšší náklady na pěstování vykazuje ozdobnice čínská, a to až trojnásobně vyšší než bylo spočítáno u ostatních travin. Zde je ale nutné podotknout, že i přes vysoké náklady na pěstování ozdobnice čínské, má tato tráva několikanásobně vyšší výnos sušiny oproti jiným druhům energetických trav.

Celkově lze říci, že nejvhodnější trávou pro pěstování na energetické účely se jeví ozdobnice čínská. Tato vytrvalá tráva vysokého vzrůstu (až 4 m), dosahující za příznivých podmínek vysokých výnosů sušiny, která dobře využívá sluneční energii, vodu, živiny a jež je značně odolná proti chorobám a škůdcům je vhodnou travinou pro výrobu energie i pro další průmyslovou výrobu. Přesto bychom měli do budoucna posoudit, jaký by mělo vliv plošného rozšíření pěstování ozdobnice čínské na ekosystém na území České republiky. Tato travina není původním rostlinným druhem na našem území a je třeba dbát pozornosti, aby při plošném pěstování nedocházelo k invazivnímu růstu této rostliny a zároveň vytlačování původních rostlinných druhů.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. BAČÍK, O.: Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. Biom.cz [on line]. 2008-01-14 [cit.2011-01-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplynove-stance-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655.
2. CZ-BIOM ve spolupráci s Výzkumným ústavem rostlinné výroby: Energetické a průmyslové rostliny VIII., CZ-BIOM a VÚRV, Chomutov, 2002, 127 s., ISBN 80-86555-16-X
3. FRYDRYCH J. A KOL (2001): Energetické využití některých travních druhů, zemědělské informace č. 23/2001, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002, Praha, 35 s., ISBN 80-7271-093-1
4. FRYDRYCH, J.: Využití travní biomasy pro energetické účely. Biom.cz [on line]. 2007-04-04 [cit. 2011-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-travni-biomasy-pro-energeticke-ucely>>. ISSN: 1801-2655.
5. FUKSA, Pavel: Netradiční využití biomasy v praxi. Biom.cz [online]. 2009-07-15 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-vyuziti-biomasy-v-praxi>>. ISSN: 1801-2655.
6. HAVLÍČKOVÁ K. a kol.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s., ISBN 978-80-85116-00-7, ISBN 978-80-7040-948-0
7. HAVLÍČKOVÁ K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, Průhonice, 2008, 83 s., ISBN 978-80-85116-65-6
8. JUCHELKOVÁ, D.: Biomasa a možnosti jejího využití ve vytápění. Biom.cz. [on line]. 2002-01-10 [cit. 2011-01-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-a-moznosti-jejeho-vyuziti-ve-vytapeni>>. ISSN: 1801-2655.
9. KUŽEL, S.: Seminář „Biomasa pro výrobu tepla“. [on line]. 2009-04-02, Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích. [cit 2011-01-12]. Dostupné z WWW:

http://www.eccb.cz/fotos/_s_380Nove-technologie-zpracovani-biomasy.pdf.

10. MÍKA V., ŘEHOŘEK V.: Sveřepy (rod *Bromus* L. s.l.) ve střední Evropě, Výzkumný ústav rostlinné výroby Praha-Ruzyně, Výzkumná stanice travních ekosystémů Jevíčko, 2003, Praha, 151 s., ISBN 80-86555-39-9
11. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.(1996): Alternativní plodiny. ZF JU České Budějovice, 90 s., ISBN 80-7040-198-2
12. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1998): Energetické plodiny v ekologickém zemědělství. Spolek poradců v ekologickém zemědělství, vH press Hradec Králové ve spolupráci s nadací Partnerství, 56 s.
13. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z. (1999): Pěstování alternativních plodin, Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, České Budějovice, 165 s., ISBN 80-7040-383-7.
14. MURTINGER K., BERANOVSKÝ J. (2006) : Energie z biomasy, ERA, Brno, 94 s., ISBN 80-7366-071-7.
15. MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz [online]. 2009-03-04 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>. ISSN: 1801-2655.
16. NOSKIEVIČ P. a kol.: Biomasa a její energetické využití, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 1996, 68 s., ISBN 80-7078-367-2.
17. OCHODEK, Tadeáš; KOLONIČNÝ, Jan; JANÁSEK, Pavel. Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy. 2006. 24 s.
18. PETŘÍKOVÁ, V.: Biomasa-významný zdroj ekologické energie. Biom.cz [online]. 2001-11-08 [cit. 2011-01-20]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-vyznamny-zdroj-ekologicke-energie>. ISSN: 1801-2655.
19. PETŘÍKOVÁ V.: Pěstování rostlin pro energetické účely, Neoset, Praha, 2004, 32 s., ISBN 80-239-5497-0
20. PETŘÍKOVÁ V. a kol.: Energetické plodiny, nakladatelství Profi Press, s. r. o., Praha, 2006, 127 s. , ISBN 80-86726-13-4

21. PONCAROVÁ, J.: Biomasa v České republice: kolik vyrábíme elektřiny? [on line]. 2009-03-26 [cit.2011-01-19]. Dostupné z WWW: <http://www.nazeleno.cz/energie/action_sent/biomasa-v-ceske-republice-kolik-vyrabime-elektriny.aspx>.
22. PRAŽÁK, V.: Motorová paliva a biopaliva [on line]. 2008-02-07 [cit.2010-01-19]. Dostupné z WWW: <http://www.ceskarafinerska.cz/data/publications/motorova_paliva_a_biopaliva.pdf>.
23. STRAŠIL Z., ŠIMON J., Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha-Ruzyně, agro-magazín, ročník 7, číslo 4., duben 2006, 55 s.
24. STUPAVSKÝ V.: Víme, co se pod pojmem biopaliva ve skutečnosti skrývá? Mají biopaliva negativní vliv na rostoucí ceny potravin?. Biom.cz [online].2008-09-29 [cit. 2011-01-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vime-co-se-pod-pojmem-biopaliva-ve-skutecnosti-skryva-maji-biopaliva-negativni-vliv-na-rostouci-ceny-potravin>>, ISSN: 1801-2655.
25. ŠANTRŮČEK, J; MRKVIČKA, J; SVOBODOVÁ, M; VESELÁ, M; VRZAL, J. Základy pícninářství. 2001. 139 s.
26. ŠAŠKOVÁ D., ŠTOLFA V.: Trávy a obilí, ARTIA/GRANIT, Praha, 1993, 64 s., ISBN 80-85805-03-0
27. ŠNOBL J. a kol.: Rostlinná výroba IV., Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 2004, 119 s. ISBN 80-213-1153-3
28. URBAN, J.: Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. Biom.cz [on line]. 2010-10-25 [cit.2011-01-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hlavni-zasady-pripravy-vystavby-bioplynove-stanice>>. ISSN: 1801-2655.
29. VÁŇA J. (1993): Skripta z předmětu ekologie a ekotechnika, dostupné z WWW.: <http://stary.biom.cz/clen/jv/pr5.html>
30. VÁŇA, J. (2001): Energetické využití biomasy – možnost omezení produkce skleníkových plynů. Biom.cz [on line].2001-11-12 [cit.2011-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticke-vyuziti-biomasy-moznost-omezeni-produkce-sklenikovy-ch-plynu>>. ISSN: 1801-2655.

31. VÁŇA, Jaroslav, MUŇOZ, Jaime, HAVRLAND, Bohumil (2001): Aerobní fermentace substrátu na bázi čerstvé a bio-zplynované travní fytomasy. Biom.cz [online]. 2001-11-26 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/aerobni-fermentace-substratu-na-bazi-cerstve-a-biozplynovane-travni-fytomasy>>. ISSN: 1801-2655.
32. WEGER, Jan: Biomasa jako zdroj energie. Biom.cz [online]. 2009-02-02 [cit. 2011-01-14]. Dostupné z WWW.: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-jako-zdroj-energie>>. ISSN: 1801-2655.
33. ANONYM: Technologie pro přípravu a energetické využití biomasy [on line] datum [cit.2011-0120]. Dostupné z WWW: <http://www.biomasa-info.cz/cs/techuvod.htm>.

8. Seznam tabulek, grafů a obrázků

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Energetický potenciál různých druhů biomasy

Tabulka č. 2: Výsev energetických trav

Tabulka č. 3: Výnosy energetických trav

Tabulka č. 4: Spalné teplo a výhřevnost energetických trav

Tabulka č. 5: Energetická výtěžnost energetických trav

Tabulka č. 6: Náklady na pěstování energetických trav

Seznam grafů

Graf č. 1: Průměrný výsev energetických trav

Graf č. 2: Průměrné výnosy energetických trav

Graf č. 3: Porovnání výnosů energetických trav při různých termínech sklizně

Graf č. 4: Výnosy energetických trav hnojených N při různých termínech sklizně

Graf č. 5: Stanovení spalného tepla a výhřevnosti jednotlivých trav

Graf č. 6: Průměrná energetická výtěžnost energetických trav

Graf č. 7: Náklady na pěstování energetických trav

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 a 2: Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*)

Obrázek č. 3 a 4: Chrastice rákosovitá (*Phalaroides arundinacea*)

Obrázek č. 5 a 6: Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea*)

Obrázek č. 7 a 8: Psineček veliký (*Agrostis gigantea*)

Obrázek č. 9 a 10: Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*)

Obrázek č. 11 a 12: Sveřepy (*Bromus* ssp.)

Obrázek č. 13: Schéma zařízení na výrobu bioplynu se separátním zásobníkem vyhnílého kalu a separátním plynojemem

Obrázek č. 14: Zařízení pro zpracování travin na bioplyn

Obrázek č. 15: Schéma moderní bioplynové stanice

9. PŘÍLOHY

Obrázek č. 1: Ozdobnice čínská (*Miscanthus*), sedmý rok vegetace (foto Stražil 2010)



Obrázek č. 2: Sklizeň ozdobnice pro energetické účely se provádí před začátkem jara, nejlépe v období únor – březen. Miscanthus dorůstá po třech letech života do výšky 3 - 4 metrů.



Obrázek č. 3: Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)



Obrázek č. 4: Květy chrastice jsou v kláscích, které tvoří latu



Obrázek č. 5: Kostřava rákosovitá – porost v době plné zralosti semen v srpnu



Obrázek č. 6: Kostřava rákosovitá – detail porostu



Obrázek č. 7: Psineček veliký (*Agrostis gigantea*)



Obrázek č. 8: Psineček veliký



Obrázek č. 9: Ovsík vyvýšený - porost (*Arrhenantherum elatius*)



Obrázek č. 10: Květenství ovsíku



Obrázek č. 11: Sveřep (*Bromus ssp.*), třetí rok vegetace



Obrázek č. 12: Květ sveřepu

