

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

ZDENĚK ŠPAČEK, DiS.

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
Energetické využití zemědělské biomasy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Romana Novotná, Ph.D.
Konzultant bakalářské práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Autor: Zdeněk Špaček, DiS.

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zdeněk ŠPAČEK**
Osobní číslo: **Z09350**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině**
Název tématu: **Energetické využití zemědělské biomasy**
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

Zásady pro vypracování:

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 řešené 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 energetického využití zemědělské biomasy, vhodnosti vybraných pěstovaných druhů 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 druhů pro energetické účely a jejich agrotechnika 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: **5 stran**

Rozsah pracovní zprávy: **35 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

El Bassam, N.: Handbook of bioenergy crops: a complete reference to species, development and applications. Earthscan, London, 2010, 516 s. ISBN 978-1-84407-854-7

Quaschnig, V.: Obnovitelné zdroje energií. Grada, Praha, 2010, 296 s.

Havlíčková, K. et al.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚST pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2008, 83 s. ISBN 978-80-85116-65-6

Murtinger, K., Beranovský, J.: Energie z biomasy. ERA, Brno, 2008, 92 s., ISBN 978-80-7366-115-1

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.

Časopisy: Plant, Soil and Environment, Journal of Agrobiolgy, 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: **17. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**


prof. Ing. Milošlav Soch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní středisko
Studentská 13
370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 17. října 2011

Prohlášení o autorství:

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma: „Energetické využití zemědělské biomasy“ 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 Chelčicích dne 29. března 2012

.....
Zdeněk Špaček, autor

Poděkování:

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

SOUHRN

Bakalářská práce se zabývá porovnání vhodnosti pěstování travin k energetickému využití oproti energetickému využití zbytkové zemědělské biomasy. Práce obsahuje charakteristiku, agrotechniku, pěstování, sklizeň a výnosnost jednotlivých druhů plodin a jejich porovnání je znázorněno v několika grafických ukázkách. Dle zjištěných informací se kukuřice a čirok hodí nejvíce k výrobě bioplynu a to zejména díky množství vyprodukované zelené hmoty. Ke spalování se nejvíce hodí Ozdobnice čínská, která vyniká zejména vysokými výnosy suché hmoty, odolnosti proti plevelům, největší výhřevností a výtěžnosti energie.

Klíčová slova

Biomasa, bioplyn, energie, spalování, výtěžnost, agrotechnika

ABSTRACT

This thesis deals with comparing the suitability of growing grass for energy use over the energy use of the residual agricultural biomass. The thesis includes characterization, agrotechnics, cultivation, harvesting and yield of each crop species and their comparison is shown in several graphic examples. According to the information gathered, maize and sorghum are the most suitable for the production of biogas, especially due to the amount of “green mass” produced. The most useful for burning is Miscanthus, which is distinguished for its high dry mass yield, immunity to weeds, and the highest heating value and energy yield.

Key words

biomass, biogas, energy, burning, yield, agrotechnics

OBSAH

1. ÚVOD	9
2. CÍL A METODIKA PRÁCE	11
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1 Biomasa jako obnovitelný zdroj energie	12
3.2 Zemědělská biomasa	13
3.3 Vhodné druhy rostlin pro energetické účely a jejich charakteristika	14
3.3.1 Kostřava rákosovitá	14
3.3.2 Srha říznačka	16
3.3.3 Chrastice rákosovitá	17
3.3.4 Ozdobnice čínská	18
3.3.5 Šťovík Uteuša	21
3.3.6 Kukuřice	24
3.3.7 Čirok cukrový	26
3.3.8 Sláma	28
3.4 Způsoby energetického využívání zemědělské biomasy	30
3.4.1 Suché procesy (termochemické)	32
3.4.1.1 Zplyňování biomasy	32
3.4.1.2 Spalování biomasy	33
3.4.1.2.1 Spalování na roštu	34
3.4.1.2.2 Spalování se spodním příívodem paliva	34
3.4.1.2.3 Spalování ve fluidní vrstvě	34
3.4.2 Mokrý procesy (biochemické)	36
3.4.2.1 Metanové kvašení	36
3.4.2.2 Alkoholové kvašení	38
3.4.3 Fyzikálně-chemické procesy (esterifikace)	39
3.4.3.1 Esterifikace	39
3.4.4 Získávání a využívání odp. tepla při zpracování biomasy	40
3.4.4.1 Anaerobní způsob biodegradace	40
3.4.4.2 Aerobní způsob biodegradace	41
3.5 Skladování biomasy	42
3.6 Ekonomické aspekty pěstování energetických plodin	43
5. ZÁVĚR A DISKUSE	45
6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49

8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ	53
9. PŘÍLOHY	54

1. Úvod

V současné době je celkový úbytek neobnovitelných zdrojů energie znám po celém světě. Neustálé hledání dalších, či rozšiřování již stávajících např. uhelných dolů, to jen dokazuje.

S dohlednou vyčerpatelností fosilních energetických zdrojů roste význam obnovitelných zdrojů energie a stává se tak jednou z hlavních podmínek trvale udržitelného rozvoje nejen zemědělství, ale i celé společnosti. Udává se, že za posledních dvacet let se celosvětový podíl rostlinné biomasy na celkové spotřebě primárních energetických zdrojů zvýšil o 8%, jak dodává MALAŤÁK a VACULÍK (2008).

V dlouhodobé perspektivě udržitelného rozvoje je velmi důležité využít zdroje co nejefektivněji. Přirozeně by mělo být optimalizováno využití finančních zdrojů tak, aby se omezily, pokud je to možné, vlivy na lidské zdraví a na životní prostředí, zatímco se snadněji zpřístupní vytváření nadbytku pro všechny části světové populace. Ve střednědobé perspektivě způsobují emise skleníkových plynů z lidských činností ovlivnění klimatických změn.

Negativní důsledky konzumní společnosti spojené s klimatickými změnami planety vyvolaly společenský otřes, na který část lidstva reagovala formulací filozofie trvale udržitelného rozvoje, jejíž součástí je i využívání obnovitelných zdrojů energie. Přestože je filozofie trvale udržitelného rozvoje obecně známa, její prosazování do praxe není jednoduché, protože růst osobní spotřeby je považován za rozhodující ukazatel úspěšné ekonomiky, jak uvádí SIMANOV (2008).

Orientace na obnovitelné zdroje energie je součástí energetické, zemědělské a environmentální koncepce EU, sledující zvýšení regionální energetické soběstačnosti, snížení přepravní náročnosti, udržení účelné zaměstnanosti na venkově, zachování krajinného rázu a udržení peněz za energie v regionu. Protože pěstování a zpracování energetických plodin (příp. dřevin) vyžaduje větší vklad práce a energie než dobývání fosilních paliv, je zjevné, že bez státní podpory obnovitelných zdrojů energie bude jejich schopnost konkurovat palivům fosilním omezená. Tržní ekonomika zná v zásadě dva

způsoby státní podpory využívání obnovitelných zdrojů energie, kterými jsou dotace a dále pak umělé „zdražení“ fosilních paliv daněmi za znečištění ovzduší a za využívání neobnovitelných zdrojů. Výslednou ekonomiku využívání obnovitelných zdrojů energie však může ovlivnit i prodej emisních limitů.

SIMANOV (2008) dále uvádí, že dotace jsou nejen nesystémovým opatřením, ale vyžadují časté vyhodnocování podmínek pro jejich udělení a agendu při udělování a kontrole vynaložených prostředků. Logičtější řešením je zpoplatnění fosilních paliv, protože po vytvoření mechanismu zpoplatnění systém funguje sám. V ČR však zatím mezi politiky převládají neoliberální představy, a proto lze druhé řešení v dohlednu jen těžko očekávat.

Z řady důvodů je logické, že státy a organizacemi jsou podporovány programy na energetické využívání biomasy od využití odpadů, přes pěstování energetických travin, až po lignikultury. Lze proto předpokládat, že význam paliv na bázi biomasy bude v ČR narůstat. Energetické využívání biomasy ale nesmí hrozit devastací lesů a krajiny, ale naopak, mělo by vytvářet předpoklady pro zlepšení jejich stavu.

STRAŠIL et al. (2011) uvádí, že ekonomika pěstování je z pohledu potenciálních pěstitelů klíčovou otázkou, která v konečné fázi ovlivňuje jejich rozhodnutí o tom, zda budou plodiny za určitým účelem pěstovat či nikoliv.

2. CÍL A METODIKA PRÁCE

Cílem práce je posouzení energetického využití zemědělské biomasy, vhodnosti vybraných pícních druhů pro pěstování na energetické využití s ohledem na jejich pěstební technologie a posouzení vhodnosti různých způsobů zpracování a získávání energie a rozdíly mezi běžnou zemědělskou biomasou a biomasou pěstovanou pouze k energetickým účelům. Zároveň je cílem práce stručný nástin hospodářského, ekonomického a ekologického významu tématu.

V práci se chci převážně věnovat vzájemnému porovnávání slámy, jako zbytkové zemědělské biomase a sedmi dalším plodinám. Jedná se o kostřavu rákosovitou, srhu říznačku, chrastici rákosovitou, ozdobnici čínskou, šťovík Uteuša, kukuřici a čirok cukrový. Tyto plodiny budou porovnávány z hlediska výhřevnosti (MJ/kg), spalného tepla sušiny (MJ/kg), průměrných výnosů suché hmoty (t/ha) a energetické produkce 1 ha (GJ).

Do této práce chci uvádět i získané praktické zkušenosti s pěstováním, zpracováním a uskladněním zemědělské biomasy.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Biomasa jako obnovitelný zdroj energie

Biomasa je velmi známý pojem, ale odpověď na jednoduchou otázku, co to vlastně biomasa je není lehké nalézt a ani na ni zcela jednoduše odpovědět. Biomasa je v našem pojetí chápána jako hmota, která je živá (jako např. rostliny a živočichové), jako masa, která vzniká a tak vstupuje do přírodního cyklu. Víme, že ji můžeme využívat jako zdroj energie, nebo je pro nás zdrojem odpadu a tudíž nám přiděluje starosti. Problém nastává ve chvíli, kdy chceme definovat nebo vymezit pojem „živá“. Je dřevo živá hmota? Během růstu bezpochyby je, ale co jakmile jej sklídíme. Zůstává živou hmotou do chvíle, kdy se sníží obsah vody, zjednodušeně, že nám vyschne? Nebo v momentě, kdy přerušíme stonek, kmen nebo list od části rostliny a od životodárného kořenového systému? Nyní už se musíme vymezit, biomasa je produkt živé přírody. Vše co žije nebo žilo a co za toho života vzniklo, je biomasa. V tuto chvíli by se nám ale pojem biomasa měl rozšířit. I neživá část organismu nebo rostliny dále vstupuje do dalších přírodních cyklů a koloběhů látek. Z části je využívána jako zdroj energie (v případě spalování) a těmito skutečnostmi se znovu opakuje cyklus dokola. Co se liší, je jen doba, po kterou trvá tato transformace. Transformace, která se liší u druhů a látek.

Co z toho vyplývá? Biomasa je veškerá hmota, která je tvořena na naší zemi z biogenních prvků, jako jsou uhlík, kyslík, vodík, dusík, fosfor, síra, draslík, hořčík, vápník, železo. Uvažujme nyní jen v případě prvků makrobiogenních, v případě mikrobiogenních bychom měli ještě přidat bor, zinek a měď. Tímto se nám definice biomasy značně rozšířila. Nicméně faktem zůstává, že biomasa je produktem živé přírody a neměli bychom (myslím, že ani nemůžeme) rozdělovat vstupy a výstupy na živé, ty ještě „nemrtvé“ a neživé. A jen pro naši pomůcku v chápání pojmu biomasa nelze ani vyčlenit horniny, půdu a vzduch. Celý náš životní prostor je vyplněn biomasou těch nejrůznějších forem. Biomasou, kterou my využíváme jako např. potravu, stavební materiál, palivo a suroviny. Biomasa, která vzniká za účinnosti „našeho“ slunce, za pochodů atomových a molekulárních dějů, za přispění člověku a živočichů a za nezbytnosti celého

vesmíru. Faktem zůstává, že životní cykly obnovy určitých typů biomasy se značně liší. Louku lze posekat dvakrát až třikrát do roka, ropa vzniká desítky tisíc let, naše atmosféra se tvořila ještě delší dobu, ale i tak je biomasa „jedno“. Je to hmota, která je stále živá (ANONYM, 2012).

3.2 Zemědělská biomasa

Pokud budeme hovořit o zemědělské biomase, akční plán pro biomasu pro ČR na období 2009 – 2011 cituje zemědělskou biomasu takto:

Zemědělskou biomasu (dle vyhlášky č. 5/2007 Sb. - Skupina 1 a 2) tvoří:

- cíleně pěstovaná biomasa
- biomasa obilovin, olejnin a prádlných rostlin
- trvalé travní porosty
- rychle rostoucí dřeviny pěstované na zemědělské půdě
- rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby a údržby krajiny

Přínosy

- údržba krajiny, zadržování vody v krajině
- efektivní nakládání se zemědělskými odpady a přebytky
- šetrné k životnímu prostředí
- snížení nezaměstnanosti
- využití tradiční zemědělské techniky

Zemědělská biomasa je bezesporu nejkomplexnější složkou potenciálu biomasy ČR. Využití fytomasy pěstované na zemědělské půdě splňuje podmínky vyplývající z restrukturalizace našeho zemědělství a to substituci potravinářských komodit alternativními technickými nebo energetickými plodinami. Další efekty produkce alternativních plodin spočívají v zajištění energetické soběstačnosti venkovského prostoru, zvýšení atraktivnosti obcí a regionální spotřebě vyprodukovaných finančních zdrojů. Je ale nutno vyřešit relativně náročnou logistiku s návazností na tradiční zemědělskou výrobu a velké množství a rozmanitost zpracovatelských technologií.

Pro energetickou konverzi lze jednak využít část vedlejších zemědělských produktů (sláma olejnin, obilovin), kterých je díky snižování stavu skotu dostatek, či nespotřebovanou část sena vzniklou při údržbě luk a pastvin. Možná je také produkce cíleně pěstovaných energeticky využitelných plodin, kterými mohou být ozimé a jarní plodiny pěstované k nepotravinářským účelům (obiloviny, kukuřice, olejninny a přadné rostliny) a také RRD pěstované na zemědělské půdě (vrba, topol, akát). Z hlediska ekonomické efektivity jsou také vhodné cíleně pěstované energetické plodiny jednoleté (hořčice, světlice, laskavec, konopí seté) nebo víceleté (topinambur, křídlatka, šťovík) a energetické trávy (ozdobnice, rákos, chrastice, psineček).

3.3 Vhodné druhy rostlin pro energetické účely a jejich charakteristika

3.3.1 Kostřava rákosovitá (*FESTUCA ARUNDINACEA* L. SCHREB.)

Kostřava rákosovitá je vytrvalá tráva s vysokým výnosovým potenciálem. Má význam v trvalých travních porostech, ale také v jetelotravních směsích na orné půdě. Rychle stárnoucí pletiva předurčují tuto travu jako vhodnou pro energetické využití. Vytváří poměrně vysoké výnosy celkové nadzemní hmoty. Je tolerantní k půdně-klimatickým podmínkám, takže může mít značně široké uplatnění PETŘÍKOVÁ et al. (2006).

POSPÍŠIL (2011) popisuje kostřavu jako vytrvalou, volně trsnatou rostlinu se stéblky vysokými 50 až 150 cm, v optimálních podmínkách dorůstající do dvou metrů a více. Kořenový systém rostliny je silně rozvinutý, sahá do hloubky až 150 cm. Obrůstá velmi brzy na jaře a narůstá i v pozdním podzimu, což je výhodné pro prodloužení pastevního období. To uváděl již ŘÍMOVSKÝ et al. (1989), který dále doplňuje, že zvířata tuto travinu nepřijímají příliš ráda. Je odolná proti poléhání a má nízkou vypadavou semene. Kostřava rákosovitá je poměrně odolná proti houbovým chorobám. Tato tráva je rovněž perspektivní pro energetické využití, jak dodává PETŘÍKOVÁ et al. (2006). Dle výzkumů lze dosáhnout bez hnojení výnosů $6,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a při hnojení dusíkem až $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ suché biomasy.

VELICH et al. (1994) uvádí, že kostřava má neobyčejně širokou stanovištní amplitudu. Roste ve všech výrobních typech, i v subalpínském pásmu, bez ohledu na fyzikální vlastnosti půdy. Vyskytuje se v půdní reakci s pH 4,5 - 8, ale nejčastěji roste při pH 6 - 7.

Vyznačuje se vysokou tolerancí k půdním i klimatickým podmínkám, snáší dobře sucho i krátkodobé zamokření, daří se jí dobře i na stanovištích s vyšší hladinou spodní vody, dodává PETŘÍKOVÁ et al. (1996).

Vysévá se jako podsev do krycí plodiny (jarní pšenice, oves, ječmen na zrno), špatně konkuruje, proto je lepší výsev napříč řádků krycí plodiny a snížení výsevu krycí plodiny o 30 %. Jako čistou kulturu vyséváme 15 kg.ha⁻¹ do konce června do řádků 25 cm, hloubka setí 1 - 1,5 cm (STRAŠIL, 2000).

Hnojíme dle zásoby P a K v půdě, průměrná roční dávka na dobře dosycené střední půdě je 60 kg.ha⁻¹ P₂O₅, 75 kg.ha⁻¹ K₂O, orientační dávky dusíku jsou na podzim 50 kg.ha⁻¹, na jaře 70 kg.ha⁻¹ a další rok o 10 kg.ha⁻¹ více.

Jak uvádí PETŘÍKOVÁ et al. (1996), kostřava rákosovitá se vysévá na jaře do krycí plodiny nebo v čisté kultuře. Semeno trávy se vysévá kolmo na řádky krycí plodiny, do řádků širokých 25 – 45 cm. Výsevek kostřavy se doporučuje v dávce 15 - 16 kg.ha⁻¹. Seje se do hloubky 2 - 3 cm. FRYDRYCH (2002) dodává, že podle posledních výzkumů v Zubří poskytují porosty vyseté do užších řádků vyšší výnosy. Hustší setí vyhovuje rovněž porostům záměrně zakládáným pro energetické účely, takže v těchto případech lze doporučit také setí do užších řádků. Další agrotechnické zásahy spočívají už jen v přihnojení či ochraně proti škodlivým činitelům s následnou sklizní.

MOUDRÝ (2008) uvádí jako vhodné ošetření proti běloklasosti, nutné již od 1. užitkového roku, ošetření proti vytrvalým jednoděložným plevelům - Targa Super 5 EC, pouze pro jednoleté jednoděložné plevele lze použít Glean 75 WG, Stomp.

Kostřava rákosovitá se zpravidla sklízí v červenci při plné zralosti. Sláma se lisuje do balíků, případně je možné ji sklídit sběrací řezačkou. Výnosy celkové nadzemní hmoty kostřavy rákosovité jsou přibližně 8 - 12 t.ha⁻¹ suché hmoty. Tyto průměrné hodnoty odpovídají výnosům získaným v roce 1999 v Zubří, kdy na hnojené variantě byl výnos 11 t.ha⁻¹, ve variantě nehnojené 6,88 t.ha⁻¹.

Výhodné je i poměrně rychlé stárnutí porostu usnadňující vysychání biomasy, což je rovněž vítané pro její využívání k přímému spalování. Pěstování kostřavy rákosovité pro energetické účely se proto jeví jako perspektivní. HAVLÍČKOVÁ et al. (2007) doplňuje, že pro využití v bioplynových stanicích je vhodné sklízet ještě zelenou travní hmotu s optimálním obsahem sušiny 25 – 40 %. Při jedné seči na konci vegetace dosahuje obsah sušiny 66 – 71 %, při první seči u dvousečných variant 39 – 48 % a při druhé seči průměrně 45 %.

3.3.2 Srha říznačka (*DACTYLIS GLOMERATA* L.)

KUBÁT et al. (2010) popisuje srhu říznačku jako rostlinu šedozelené barvy, čepele 4 – 10 mm široké, lata za květu v obrysu trojúhelníková s téměř vzpřímeným vrcholem a větévkami téměř kolmo odstávajícími, později stažená. Klásky nápadně nahloučené, 3 - 5 květé. Plevy drsné, neprosvítající. Stébla na bázi sotva znatelně cibulkatě zduřelá, tenčí než 5 mm. Pochvy listů výrazně dvouřízně smáčknuté, stéblo a větévky laty drsné, až 15 cm dlouhé.

Srha patří s jílkem mnohokvětým a bojínkem lučním k nejvýnosnějším travám, jak uvádí ŠANTRŮČEK et al. (2001). Uplatňuje se v nejrůznějších podmínkách. Vyniká velmi příznivou reakcí na hnojení a výborně zhodnotí vyšší dávky dusíku.

Plného výnosu dosahuje již ve 2. – 3. roku vegetace. Při dostatečné výživě, vláze a v příznivých podmínkách vydrží v porostu 6 – 10 let, avšak po 5. roce její vitalita a výnos klesá. Je to tráva převážně až výhradně ozimého charakteru a proto v roce setby a v otavě nemetá. Pro ranost, rychlost vývinu, mohutnost trsu, vzrůstnost a dlouhé široké listy patří mezi trávy s nejvyšší konkurenční schopností. Na půdách s vyšším obsahem přístupných živin, zvláště dusíku, silně potlačuje ostatní druhy a ve smíšených porostech se stává dominantní trávou.

V našich klimatických podmínkách je srha plastickým druhem. Nejlépe jí vyhovují dostatečně vlhké, písčitohlinité až hlinité humózní půdy s pH 6, i když dobře snáší i slabě kyselé půdy. Nevyhovující jsou extrémně těžké půdy. Na extrémně lehkých a vysychavých půdách dává nižší výnosy horší kvality, neboť

se zvyšuje obsah ligninu a křemíku v pící, jak dále pokračuje ŠANTRŮČEK et al. (2001).

3.3.3 Chrastice rákosovitá (*PHALARIS ARUNDINACEA* L.)

Chrastice rákosovitá, nazývaná též lesknice rákosovitá, je vytrvalá tráva relativně náročná na vodu a živiny, nenáročná na agrotechniku, dávající ve vhodných podmínkách vysoké výnosy nadzemní fytomasy (SLADKÝ, 1995).

STRAŠIL (2000) uvádí, že chrastice rákosovitá je vytrvalá cizosprašná výběžkatá tráva z čeledi lipnicovité (Poaceae). Patří k autochtonním druhům. Je přirozeně rozšířena na celém území našeho státu, všude tam, kde je dostatek půdní vláhy. Roste divoce téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a Severní Americe. Chrastice patří mezi naše nejvyšší trávy, jelikož výška stébel často přesahuje 2 m. Mohutná přímá stébla jsou zakončena dlouhou jednostrannou latou. Sterilní výhony jsou stébelnaté, hustě olistěné dlouhými a širokými listy. Chrastice rákosovitá vytváří dlouhé podzemní oddenky, které jsou rozprostřeny těsně pod povrchem půdy. Kořenový systém je mohutný, jdoucí do velké hloubky. Není vhodná pro pastevní účely, jelikož nesnáší nadměrné sešlapávání. Choroby ani škůdci obvykle nečiní u chrastice problémy (PETŘÍKOVÁ et al., 2006).

V přirozených travních porostech se chrastice rákosovitá nejvíce vyskytuje v okolí vodních toků. Její rozšíření ve vyšších výškách upozorňuje její velkou odolnost vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří v těžších půdách s bohatou zásobou živin. Je dobře přizpůsobivá půdní reakci v rozmezí pH od 4 do 7,5, s optimem kolem pH 5. Po zakořenění jí neškodí ani delší přísušek, stejně jako holomrazy ani pozdní jarní mrazíky. Snáší dobře i zastínění či krátkodobé zaplavení.

Je vhodné zařadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Je nenáročná na předplodinu, může se sít prakticky po všech předplodinách. Ovšem nejvhodnější předplodinou jsou uváděny luskoobilní směsky a obilniny, které následují buď po píceňce, nebo ozimé řepce. Je zvláště vhodná pro jinak těžko zpracovatelné těžké zamokřené půdy, doplňuje KUNCOVÁ (2004). V posledních letech se masově

šíří, zvláště na půdách bohatých na fosfor, a patří mezi nebezpečné expanzivní druhy, doplňuje studie KUBÁT (2010).

Výzkumy ukazují, že je chřastice značně náročná na živiny. Naopak podle sledování postačují na úrodnějších půdách dávky N 50 až 80 kg.ha⁻¹. 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.

HUTLA (2004) popisuje agrotechniku stejně jako PETŘÍKOVÁ et al. (2006). Agrotechnika záleží na tom, za jakým účelem se chřastice pěstuje. Při pěstování pro energetické využití se chřastice seje do užších řádků na vzdálenost 12,5 (15) až 30 cm. Výsevok v čisté kultuře činí 20 – 25 kg.ha⁻¹ semene. Dobře založené porosty vydrží několik let.

Choroby ani škůdci nejsou u chřastice problémem. Za určitých podmínek se mohou vyskytnout listové choroby (*Stagonospora*, *Helminthosporium ssp.*). Proti plevelům je možno aplikovat herbicidy, které se používají do jarních obilovin a to nejlépe ve fázi 2 – 5 listů chřastice. Doporučuje se Starane EC 250 v dávce 2 – 3 l.ha⁻¹ nebo Lontrel 300 v dávce 0,8 – 1 l.ha⁻¹ apod.

Chřastice určená pro průmyslové využití se v roce výsevu většinou na podzim nesklízí. Sklízí se v drtivé většině na jaře, kdy se poseká na řádek a po té se lisuje do balíků. Sklízecí mechanismy se někdy upravují tak, že se sníží otáčky bubnu a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních je snižován odrol listů. Při energetickém využití se dají též lisovat pelety nebo brikety. Průměrné výnosy sušiny se pohybují v rozmezí 4,5 až 9 t.ha⁻¹. Uvádí se, že na uměle založených loukách při hnojivové závlaze lze dosáhnout výnosů více než 15 t.ha⁻¹. Ztráty sušiny přes zimní období se uvádějí kolem 25 % (PETŘÍKOVÁ et al., 2006). ŘÍMOVSKÝ et al. (1989) popisoval tuto travinu spíše ke krmivářským účelům a uvádí, že při dostatečném hnojení poskytuje 3 - 4 seče s výnosem značně převyšujícím 10 t suché hmoty.

3.3.4 Ozdobnice čínská (*MISCANTHUS SINENSIS*)

MOUDRÝ a STRAŠIL (1996) popisují ozdobnici jako vytrvalou travu

vysokého vzrůstu. Šlechtěná dosahuje za příznivých podmínek přes 30 t sušiny výnosu. Patří mezi rostliny typu C4, dobře využívající sluneční energii, vodu i živiny. Značně odolná proti chorobám a škůdcům.

Botanicky se ozdobnice řadí do třídy jednoděložné, čeled' lipnicovité, tribus voutsatkovité. Je to vytrvalá rostlina typu C4. Latu má širokou, okolkatě patroitou, větévky odvislé. Oddenek je dřevnatý.

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) uvádí, že se ozdobnici nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují humózní písčité půdy s vysokou hladinou spodní vody (ne více než 60 cm) s malým nebo žádným zaplevelením vytrvalými plevely (pýr, šťovíky). Dle KLESNILA (1978) pronikají kořínky chrastice až do hloubky 2,5 - 3 m. STRAŠIL (2009) doplňuje, že ozdobnici nevyhovují mělké půdy v kombinaci s dlouhým obdobím sucha během léta a také chladné jílovité půdy. Půdní reakce je optimální v rozmezí pH 5,5 - 6,5. Při pH nad 7 byly pozorovány deprese výnosu. Plodina značně šetří s vodou, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na 1 kg sušiny, což ji řadí mezi čirok (200 l.kg^{-1}) a kukuřici (300 l.kg^{-1}), pokračuje PETŘÍKOVÁ et al. (2006). Přesto při dosahování 40 tun sušiny z hektaru je teoreticky třeba 1 000 mm srážek, dodává MOUDRÝ a STRAŠIL (1996). V roce 1968 se dosáhlo u chrastice rekordního výnosu $20,9 \text{ t.ha}^{-1}$ sušiny na nezavlažovaném pozemku (KLESNIL, 1978), z čehož vyplývá neustálý vývoj ve šlechtění.

STRAŠIL (2009) uvádí, že je vhodné ozdobnici sázet po triticales, řepce, čiroku a kukuřici. PETŘÍKOVÁ et al. (2006) doplňuje vhodné předplodiny o okopaniny (cukrovka, brambory), luskoviny a obilniny. Dle SOVÁKA a STUPAVSKÉHO (2009) je nejvhodnější ozdobnici sázet v době, kdy je teplota půdy vyšší než $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, a to od poloviny května do poloviny července v hustotě od 10 000 do 20 000 ks na 1 ha. ŠPAČEK (2011) dodává, že dle dosavadních zkušebních výsad se jeví jako ideální 12 000 až 15 000 ks na 1 ha. Záleží především na kvalitě sázených rhizomů, jak pokračuje SOVÁK a STUPAVSKÝ (2009). Dle nich nejsou rhizomi zpracovávané strojově tak kvalitní, jako rhizomy zpracovávané ručně. Rhizomy zpracovávané strojově bývají omlácené, někdy téměř bez oddenků, proto se neujme každý rhizom a kvalita porostu není tak

značná. Při výsevku 12 000 ks/ha je porost hustý i při 10% nevzházivosti rhizomů.

Z každého zasazeného oddenku je možné po dvou až třech letech získat dalších 10 - 20 oddenků.

Jak uvádí PETŘÍKOVÁ et al. (2006), v prvním roce se ozdobnice obejde bez hnojení, pokud je půda dobře zásobená živinami. MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) doplňují, že na méně zásobených půdách je vhodné přihnojit prvním rokem jednorázově do 50 kg.ha⁻¹ N kvůli vymrzání. Druhým rokem je třeba při hnojení vycházet z násobenosti půd. HAVLÍČKOVÁ et al. (2007) dodává, že se v průměru 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 násobenosti půd hnojit i mikroelementy Cu, Zn, B, Mn. WIESLER et al. (1997) sledovali, jak působí zásoba koncentrace N v půdě na růst a odběr dusíku ozdobnice během zakládání porostu. Dochází k závěru, že zásoba N na počátku růstového období má větší vliv na konečný výnos ozdobnice v prvním roce tedy v roce založení porostu. Avšak v druhém roce kapacita rezerv v rhizomech a kořenech ovlivňuje jarní počáteční růst mnohem více, než okamžitá (současná) zásoba N v půdě.

V Rakousku bylo s úspěchem použito i hnojení kejdou skotu v dávce 30 m³/ha, jak dále uvádí PETŘÍKOVÁ et al. (2006).

LIEBHARD a SPIEGEL (2010) dodávají, že je vhodné od třetího roku po úrodě přihnojit na začátku dubna 50 kg.ha⁻¹ N, 36 kg.ha⁻¹ P₂O₅, 120 kg.ha⁻¹ K₂O a 22,5 kg.ha⁻¹ Mg.

Pro ozdobnici je nejlépe vybrat pokud možno nezaplevelený pozemek s výše uvedenými parametry a vhodnou předplodinou. Na podzim je nutné provést podmínku s rozmělněním posklizňových zbytků a hlubokou orbu. Před sázením na jaře následuje příprava set'ového lůžka s prokypřením půdy do hloubky 10 cm, mechanické a chemické hubení plevelů.

MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) uvádějí možnosti výsadby ozdobnice a to buď ze sazenic z odkopů, nebo vypěstované in vitro, nejlépe takové, které již přečkaly jednu zimu. STRAŠIL (2009) doporučuje založený porost před první zimou přikrýt např. slámou ve vrstvě 100 - 150 mm, což odpovídá přibližně 3

t. ha^{-1} , z toho důvodu, že je ozdobnice náchylná na vymrzání. PETŘÍKOVÁ et al. (2006) uvádí podstatně levnější možnost a zároveň snadněji proveditelný. Doporučuje výsev hořčice bílé, nebo jiné přes zimu vymrzající plodiny, do meziřádků koncem července nebo začátkem srpna v roce výsadby, který je stejně účinný, jako přikrytí slámou. ŠROLLER et al. (1997) udává vhodné množství osiva $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ do hloubky 2 - 3 cm s meziřádkovou vzdáleností 25 - 45 cm.

Použití chemických ochranných prostředků proti plevelům je možné. První rok po vysazení, než se porost zapojí, je možné používat mechanické hubení plevelů, např. prutové brány, jak uvádí MOUDRÝ a STRAŠIL (1999). Zpravidla je ale nutné použití ochranných prostředků pouze v roce výsadby a před zapojením porostu (ŠPAČEK, 2011).

Chorobami nebo škůdci není ozdobnice v současné době výrazněji napadána, proto není třeba použití chemické ochrany, doplňuje PETŘÍKOVÁ et al. (2006).

Termín sklizně a sklizeň závisí na využití plodiny. Ozdobnice může být využita jako surovina pro energetické využití, stavební materiál, geotextilie, papír, obalový materiál, rostlinný substrát. Každá z těchto možností využití vyžaduje různý obsah vody, tvar, velikost a koexistenci výchozí suroviny. Ozdobnice je vysoká rostlina dosahující vysokých výnosů. I k těmto skutečnostem se musí při sklizni přihlížet (STRAŠIL, 2009).

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) doporučuje sklizeň provádět pojízdnými samohodnými rezačkami, se kterými se sklízí kukuřice, převážně od listopadu do března.

V případě využití ozdobnice k přímému spalování je vhodný termín sklizně březen, kdy zimní mráz rostlinu vysuší na hodnoty 80 - 85 % sušiny, které jsou pro přímé spalování velice vhodné (ŠPAČEK, 2011).

3.3.5 Šťovík Uteuša (*RUMEX PATIENTIA* L. x *RUMEX TIANSHANICUS* A. LOS)

Uteuša byl vyšlechtěn v osmdesátých letech jako nová krmná plodina profesorem J.A. Utešem z Ukrajiny. Jedná se o křížence šťovíku zahradního

Rumex patientia L. (mateřská linie) a šťovíku tjanšanského *Rumex tianschanicus* A.Los. (otcovská linie), označeného jako Rumex OK 2, který byl vyšlechtěn metodou víceletého výběru (UŠŤAK, 2002).

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) uvádí, že se jedná o jednu z nejperspektivnějších energetických plodin v klimatických podmínkách mírného pásma. Rumex OK 2 je relativně nenáročná plodina, lze ji pěstovat na nejrůznějších typech půdy, i ve vyšších polohách (až cca kolem 700 m n.m.). Jedinou výjimkou jsou půdy podmačené, s vysokou hladinou spodní vody, která mu nesvědčí. Jeho hluboký křovový kořen začne ve stojaté vodě zahnívat a celá rostlina pak odumře. Proto je nezbytné tyto půdy pro jeho pěstování vyloučit, dodává UŠŤAK (2002).

Šťovík Uteuša se vyznačuje polosevřeným habitem rostlin. Výška rostlin se pohybuje od 220 do 280 cm. Stonky jsou rovné, zesponu okrouhlé, bez chmýří. Průměr stonků u bazální části (ve výši 15 cm) je 15 - 24 mm. Počet internodií od 25 do 50. Trsnatost silná, rostlina vytváří v průměru 4 - 6 vegetativních výhonů, popisuje rostlinu PETŘÍKOVÁ et al. (2006).

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) potvrzuje, že se jedná o vytrvalou plodinu a vydrží na stejném stanovišti 15 - 20 let. Je málo náročná na půdně-ekologické podmínky, proto se dá úspěšně pěstovat na většině typů zemědělských půd s výjimkou půd silně kyselých s pH pod 5, dále půd zamokřených nebo silně kamenitých a písčitých.

Energetický šťovík není vhodné vysévat na pozemcích, kde byly v předchozích letech aplikovány přípravky s účinnou látkou atrazine, trifluralin a chlorsulfuron. Vhodnými předplodinami jsou veškeré pícniny, okopaniny a obilniny. Víceleté trávy jako předplodina jsou méně vhodné z důvodu možného sekundárního zaplevelení, čímž vznikají větší nároky na chemickou ochranu herbicidy.

Optimální výsek byl stanoven na 5 - 6 kg.ha⁻¹, uvádí UŠŤAK (2002). Hloubka setí se doporučuje 1 - 1,5 cm, šířka řádků 12,5 - 25 cm pro energetické účely a 40 - 60 cm pro produkci zelené biomasy na krmivo. Výsevek potvrzuje i PETŘÍKOVÁ et al. (2006), která uvádí jako ideální výsevek 5 kg.ha⁻¹. V rozporu

je ale v šířce řádků, když uvádí pro energetické účely šířku 6 - 10 cm a pro produkci zelené hmoty 12 - 16 cm.

V roce 2011 bylo zkušebně vysázeno 50 ha s výsevem 10 kg.ha⁻¹ a šířkou řádků 12,5 cm, v polním pokusu společnosti ZEMCHEBA, s.r.o. Šťovík bude sloužit k energetickým účelům, jak uvádí ŠPAČEK (2011).

Hnojení se doporučuje pouze při založení porostu, v dalších letech není hnojení nutné nebo pouze v minimálních (45 - 60 kg NPK) až průměrných (90 - 120 kg NPK) dávkách minerálních hnojiv.

UŠŤAK (2002) uvádí, že pro založení porostu je ideální půda ve „staré síle“, tedy po organicky hnojené předplodině, nebo v podzimním období aplikovat kejdu, asi 30 m³/ha.

Hlavními možnými příčinami špatného vzcházení rostlin mohou být špatně připravený povrch půdy (půda příliš nakypřená nebo hrudkovitá), nedostatek vláhy pro klíčení a přežití nezesílených rostlin v prvních 2 - 3 týdnech po vzejití, špatný kontakt mezi půdou a semenem, příliš velká nebo nerovnoměrná hloubka setí, jak upozorňuje PETŘÍKOVÁ et al. (2006).

UŠŤAK (2002) dodává, že je vhodné pole uválet vrubovým válcem, zvláště při sušším počasí.

Na ochranu porostů proti zaplevelení je šťovík vysoce náročný pouze v prvním roce pěstování, v dalších letech tato raná plodina potlačí prakticky veškeré plevely, a proto potřebuje ochranu jen výjimečně. Jedním z univerzálních způsobů likvidace plevelů u mladých porostů šťovíku je sečení a mulčování plevelů, které provádíme ve výšce 3 - 5 cm nad zemí.

PETŘÍKOVÁ et al. (2006) doplňuje, že na ničení širokolistých plevelů v tomto kulturním šťovíku dosud selektivní herbicidy neexistují, a tak je možné ničit plevel pouze mechanicky, tj. odplevelovací sečí. Prvá seč se provádí při výšce plevelu přibližně 15 - 20 cm a to tak, že strniště zůstane vysoké minimálně 5 - 8 cm. Posečená hmota může zůstat na místě jako mulč.

Lze sklízet již v červenci v suchém stavu s vlhkostí do 25 %. Sklizená biomasa má vynikající vlastnosti jako biopalivo a svou kvalitou se přibližuje dřevní štěpce. Jako všechny ostatní energetické plodiny se pro spalování sklízí jednou za rok. Pro sklizeň se dají použít běžné zemědělské stroje používaných při

obhospodařování luk, ukončuje výklad PETŘÍKOVÁ et al. (2006). Při dodržení správných pěstitelských postupů zajistí tato plodina dostatek fytomasy jako vhodného paliva po několik po sobě následujících let a to hned od 2. roku po zasetí, aniž by musel být porost znovu zakládán. Využívání tohoto „energetického“ šťovíku se u nás již začíná zdárně rozvíjet. Nový obrost při pěstování na energetické účely (koncem srpna nebo září) lze efektivně využít stejně jako podzimní porost v prvním roce, do siláže či na zelené krmení. Možné je i využití zelené hmoty na výrobu bioplynu, jak dodává HAVLÍČKOVÁ et al. (2007).

3.3.6 Kukuřice (*ZEA MAYS* L.)

FUKSA, HAKL (2009) uvádějí, že celoroční provoz bioplynových stanic vyžaduje kontinuální zásobování fermentoru organickou hmotou. Z toho důvodu je nutné vstupní rostlinnou surovinu konzervovat. Nejrozšířenějším způsobem konzervace je silážování a nejvhodnější plodinou pro tento způsob uchování biomasy je kukuřice. Tato plodina se vyznačuje i dalšími přednostmi, pro které je v současnosti k výrobě bioplynu nejvíce využívána. Jedná se zejména o vysoký výnos biomasy z jednotky plochy, velmi dobrý výtěžek bioplynu z 1 kg sušiny, propracovanou pěstební a konzervační technologii a výbornou silážovatelnou. Z dalších výhod lze mj. jmenovat rozsáhlý výběr hybridů s odstupňovanou zralostí a specifickou vhodností do konkrétních klimatických podmínek a technologické možnosti spojené s dlouhodobou tradicí pěstování silážní kukuřice v našich podmínkách.

Kukuřice patří do čeledi lipnicovitých a skupiny kukuřičovité. Systematika kukuřice má více modifikací, které jsou založeny na různých principech (DIVIŠ et al. 2010).

Kukuřici řadíme mezi rostliny C4. Původní tropickou plodinu, díky vyšlechtění různě raných hybridů. Lze pěstovat s dobrými výsledky i v chladnějších oblastech (ŠANTRŮČEK et al. 2001).

Kořeny kukuřice podle svého původu se rozdělují na primární a sekundární. Stéblo kukuřice je plné a je současně zásobním orgánem. Je rozdělené

kolénky (nody) na články (internodia). Články stébla jsou stejně dlouhé. Nejkratší jsou bazální články. Výška stébla se v našich podmínkách v závislosti na hybridu pohybuje od 1,2 do 3 m. Listy kukuřice jsou protistojné. Počet listů je odrůdový znak a je rozdílný v závislosti na ranosti hybridů. Nejméně listů mají velmi rané hybridy (8 - 10), nejvíce pozdní hybridy (až 14 i více), jak popisuje rostlinu DIVIŠ et al. (2010).

Nejčastěji se kukuřice zařazuje po hustě setých obilninách. Po kukuřici následují nejčastěji obiloviny, jak dále uvádí DIVIŠ et al. (2010). Naproti tomu VRZAL a NOVÁK et al. (1995) uvádějí, že při pěstování kukuřice na siláž platí pro zařazení v osevním postupu stejné zásady jako u kukuřice na zrna. To znamená, že nejvhodnější předplodinou je jetelotráva nebo jetelovina. Dále uvádějí, že monokulturní pěstování kukuřice porušuje běžné střídání plodin, čímž se naruší osevní postup. S tím ale nesouhlasí DIVIŠ et al. (2010), který uvádí, že je možné pěstovat kukuřici v monokultuře.

VRZAL a NOVÁK et al. (1995) uvádějí, že kukuřice je na přípravu půdy velmi náročná. Aby se mohl plně rozvinout její mohutný kořenový systém a tím vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin, vyžaduje půdy hluboko zpracované. U kukuřice je vhodné provést na podzim podrývání. Jeho cílem je zlepšit biologickou aktivitu půdy, zmenšit utužení, zlepšit hospodaření s půdní vláhou. ŠANTRŮČEK et al. (2001) dodává, že kukuřice má značné nároky na vodu a pro vysoké výnosy je nutné zajistit jedině dobrým hospodařením s půdní vláhou. Kukuřice podle půdních podmínek je schopna čerpat vlahu až z hloubky 2,5 m. Podrývání se zpravidla dělá na hloubku 45 – 50 cm (pokud to umožňuje hloubka ornice). Podrývání se provádí jednou za 4 – 5 let. DIVIŠ et al. (2010) doplňuje, že je vhodné do podmítky a orby zapracovat chlévský hnůj a P K hnojiva. Dále uvádí, že podle půdy a podmínek je možné zvážit minimalizaci zpracování nebo variantu bez orby.

Na 1 ha se vysévá přesný počet klíčivých zrn, který v závislosti na ranosti hybridu a způsobu pěstování (na zrna, siláž) pohybuje od 85 do 95 tisíc jedinců na 1 ha, což potvrzuje i ŠANTRŮČEK et al. (2001). Průměrná redukce rostlin od setí do sklizně je 15 – 20 %. S tím je potřebné u výsevu počítat. Obvykle se volí vzdálenost řádků 0,7 – 0,75 m. Při pěstování na siláž je možné volit i vzdálenost

řádku 0,5 m. Hloubka výsevu se pohybuje od 50 – 80 mm, a to podle stavu půdy a velikosti kalibrovaného zrna (DIVIŠ et al. 2010).

VRZAL a NOVÁK et al. (1995) potvrzují vzdálenost řádku na siláž a doplňují, že hloubka výsevu je podle použitého hybridu a půdy 60 – 90 mm.

ŠANTRŮČEK et al. (2001) uvádí, že pro dosažení výnosu sušiny 10 – 12 t.ha⁻¹ a při minimálním podílu palic 40 % na celkovém výnosu, je nutné pozemek dobře zásobit všemi živinami. Na vyprodukování uvedeného množství hmoty je zapotřebí kukuřici dodat 120 - 180 kg N, 30 - 45 kg P a 80 - 160 kg K.ha⁻¹. Vyšší dávky hnojiv používáme v bramborářské výrobní oblasti a na půdách s nižší zásobou živin. VRZAL a NOVÁK et al. (1995) dodávají, že kukuřice příznivě reaguje na živiny v tzv. „staré půdní síle“, což znamená, že je vhodné hnojit intenzivněji předplodinu. Kukuřice je pak schopná v následujícím roce využít tyto živiny a to i z hlubších půdních horizontů. Naopak na přímé hnojení nereaguje porost příliš výrazně. Zároveň dodávají, že aplikace kejdy na povrch půdy do meziřádků kukuřice zlepšuje teplotní a vláhové podmínky a částečně omezuje erozi půdy. Tyto pozitivní vlivy jsou zapříčiněny vytvořením souvislé vrstvy z organických zbytků nacházejících se v kejdě.

Kukuřice je schopná růst téměř až do plné zralosti. V současné době se využívají dvě technologie sklizně kukuřice na siláž. První je při nižší sušině 27 – 28 % a druhá při vyšší sušině 32 – 34 %. Z hlediska výnosu živin se jeví jako nejvhodnější termín sklizně ve voskové zralosti (ŠANTRŮČEK et al. 2001).

Nejvhodnější termín sklizně kukuřice na siláž je v mléčné voskové zralosti. V této fázi poskytuje kukuřice vysoký výnos sušiny s podílem palic 45 – 55 %. Vysoký podíl palic je podmínkou pro získání kvalitní silážní píče. Zároveň dává předpoklady pro dosažení sušiny v době sklizně v rozmezí 25 – 30 %, jak uvádí VRZAL a NOVÁK et al. (1995).

3.3.7 Čirok cukrový (*S. VULGARE VER. SACCHARATUM*)

Čirok je teplomilná plodina odolná proti suchu. Na půdu méně náročná než kukuřice, původem z Číny a Etiopie. Rod čirok patří do čeledi lipnicovité, tribus vousatkovité. Jedná se o jednoletou bylinu s bohatě rozvětveným hluboko

kořenícím kořenovým systémem tvořící četná stébla vysoká až 3 m i více, která jsou bohatě olistěná a vytváří mnoho zelené hmoty. Květenstvím je lata s jednokvětými klásky. Dozrávání probíhá postupně a k plnému dozrání je třeba poměrně dlouhá doba. HTS je rozmanitá podle odrůd a kolísá od 10 do 30 g. Zrno je úplně pluchaté nebo částečně obnažené, případně zcela nahé. Čiroky jsou cizospašné, ale dobře se opylují i vlastním pylem. Vyznačují se jako kukuřice pomalým počátečním růstem Patří mezi rostliny typu C4, jak popisuje rostlinu STRAŠIL (2011).

V osevním postupu můžeme zařadit čirok podobně jako kukuřici. Jako hlavní plodinu zařazujeme po okopanině, jako druhou plodinu po luskoobilní směsce. I nejméně náročné druhy čiroku, pokud se pěstují na zrno, vyžadují sumu teplot 2 500 °C. Při pěstování na hmotu mohou být sumy teplot i nižší. Na půdu jsou čiroky poměrně nenáročné, přesto velké výnosy poskytují jen na strukturních půdách. Čirok je velmi odolný vůči suchu a jako všechny čiroky značně šetří s vodou. V porovnání s kukuřicí, která má koeficient transpirace 300 l na 1 kg sušiny, má čirok koeficient transpirace o 100 l na 1 kg sušiny nižší, jak doplňuje DIVIŠ et al. (2010).

Čirok odčerpává při vysokých výnosech mnoho živin, z nichž nejvíce potřebuje v červenci a srpnu. Hnojení je zhruba stejné jako u kukuřice, tj. 120 - 180 kg N, 30 - 45 kg P a 80 - 160 kg K na jeden hektar (DIVIŠ et al. 2010).

STRAŠIL (1998) v projektu reg. č. EP 6457 uvádí odběr živin sklizní při produkci 1 tuny sušiny a to 20,1 kg N, 2,3 kg P, 6,5 kg K, 4,3 kg Ca a 1,5 kg Mg.

Příprava půdy je obdobná jako u kukuřice. VRZAL a NOVÁK et al. (1995) uvádějí, že je vhodné provést na podzim podrývání. Jeho cílem je zlepšit biologickou aktivitu půdy, zmenšit utužení, zlepšit hospodaření s půdní vláhou. Podrývání se zpravidla dělá na hloubku 45 – 50 cm (pokud to umožňuje hloubka ornice). Podrývání se provádí jednou za 4 – 5 let. DIVIŠ et al. (2010) doplňuje, že je vhodné do podmítky a orby zapracovat chlévský hnůj a P K hnojiva. Dále uvádí, že podle půdy a podmínek je možné zvážit minimalizaci zpracování nebo variantu bez orby. STRAŠIL (1998) uvádí, že čirok sejeme koncem dubna nebo začátkem května, když je půda již prohřátá. Při pěstování na zeleno sejeme do užších řádků (15 – 40 cm) s výsevkem 30 až 50 kg.ha⁻¹ (20 – 30 rostlin.m⁻²). Při

širších řádcích můžeme plečkovat. Semeno zapravujeme 3 – 5 cm hluboko. Po setí je třeba pozemek uválet.

STRAŠIL (1998) dále doporučuje použití preemergentní aplikace triazinových přípravků, která musí být přesná a v doporučených dávkách, neboť čirok není proti atrazinu tak odolný jako kukuřice. Proti dvouděložným plevelům byl v pokusech v Troubsku s úspěchem použit postemergentní postřik Banvelem 480 S v dávce 3 l.ha⁻¹. Z chorob napadají čiroky nejvíce sněti. Ochrana spočívá v moření osiva. Z ostatních houbových chorob se nejčastěji vyskytují *Helminthosporium turcicum* Pass., *Ascochyta sorghina* Sacc., *Fusicladium sorghi* Pass. Na mladých porostech škodí drátovci, housenky osenice polní. Později v období vegetace se vyskytují listové mšice.

Sklizeň závisí na směru pěstování. Čirok je výnosná pícnina dosti bohatá na bílkoviny (obsahuje jich více než kukuřice). Na zelenou píci ji sečeme před metáním (když je vysoká asi 50 cm), na siláž ji kosíme na začátku metání (později rychle dřevnatí a špatně obrůstá). Obvykle dává dvě seče, první podle podnebí koncem června až do poloviny července, druhou od poloviny do konce září. Aby bylo možno píci déle zkrmovat je možno vysévat trávu v několika termínech. Jednoduchých mechanismů můžeme použít při sklizni čiroku na hmotu (spalování). Na hmotu (spalování) je nejlépe sklízet koncem zimy (únor), kdy mráz rostliny vysuší. Těžkosti mohou být se strniskovými zbytky, neboť se pomalu rozkládají (mají široký poměr C: N), jak dále uvádí v projektu STRAŠIL (1998). Dosahované výnosy v tomto pokusu podle podmínek pěstování byly zjištěny výnosy celkové sušiny nadzemní fytomasy v rozmezí 3,1 až 31,0 t.ha⁻¹.

3.3.8 Sláma

SLADKÝ (2010) uvádí, že častou námitkou proti spalování slámy je, že veškerá sláma, která v daném roce na polích narostla, musí přijít zpátky do půdy jako hnojivo. Skutečnost je však taková, že z půdy se do slámy dostává jen asi 5 – 6 % sušiny, kterou tvoří přijaté nerostné látky, které po spálení tvoří popel. Hlavní prvky ve slámě (uhlík, kyslík a vodík) se do fytomasy slámy dostaly v procesu fotosyntézy ze vzduchu a z vody. Vracíme-li do půdy popel po spálení, vracíme

většinu živin, až na dusík, který uniká ve spalinách. Dusíku je však ve slámě méně než 1 %. Po sklizni sklízecími mlátičkami zůstává na poli větší nebo menší kořenový systém, vysoké strniště, mezi strništěm drobný propad (to je patrné zejména u řepkové slámy). Např. řepkové slámy se sklízí z hektaru kolem 3 tun, ale biologický výnos slámy se pohybuje od 7 – 10 t.ha⁻¹, rozdíl zůstává vždy na poli a zaorává se do půdy.

Nikdo ze zastánců energetického využití slámy nepropaguje spálení veškeré slámy, v návrzích odborníků se hovoří o 25 % u obilovin, jen u řepky se počítá s větším podílem.

Zaorání slámy za účelem obohacení půdy humusem má význam jedině na těžších půdách, jinde jen při současném hnojení kejdou nebo jiným dusíkatým hnojivem. Bakterie, které rozkládají slámu, si potřebný dusík jinak berou z půdní zásoby. Po jejich zániku mizí část dusíku v atmosféře, podobně jako CO₂ ze spálené nebo shnilé slámy.

Zaorání samotné slámy, zejména řepkové, silně vysušuje půdu, vytváří nepříznivé lůžko pro následné osivo a ideální prostředí pro přemnožení hlodavců, a zvyšuje zaplevelenost polí, stejně jako ponechání slámy na povrchu pole. Rozkládající se sláma negativně ovlivňuje klíčivost a vzcházení následného osiva.

Sláma je vedlejší produkt vznikající při sklizni dané plodiny. Rozeznáváme slámu obilnou: z pšenice, triticales, žita, ječmene a ovsu a slámy kukuřičnou, řepkovou, slámu luskovin a lněné stonky, jak popisuje HAVLÍČKOVÁ et al. (2007).

Dle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1999) je možno slámu považovat za nejrozšířenější zdroj pro energetické využití pocházející ze zemědělské produkce, který je možno přímo spalovat. V České republice se vyprodukuje např. tolik řepkové slámy, která se běžně dále nevyužívá a doposud se většinou zaorává, že přeměna této slámy na energii by pokryla 2 % celkové potřeby energie ČR. Přitom s výhřevností 16 MJ/kg se rovná kvalitnímu hnědému uhlí, jak doplňují SOUČKOVÁ a MOUDRÝ et al. (2006). Sláma má při spalování vysoký podíl zplynovaných částí. Tomu také odpovídá konstrukce kotlů na slámu.

Sláma také v důsledku hnojení obilovin a ošetřování herbicidy obsahuje sloučeniny chloru, které se ukázaly jako silně korodující látky u parních

přehříváčů při teplotách přes 550 °C. Také obsah draslíku a křemíku se projevuje negativně, a to jednak usazováním sloučenin v létavém popílku na teplosměnných plochách výměníků, nebo v nízké teplotě tavení a spékání popele. Již kolem 860 °C se popel ze slámy lepí a při teplotách přes 1 000 °C teče. Rozsah teplot lepení, měknutí, tavení a tečení je u popele z různých stébelnin odlišný a je nutno tyto hodnoty znát předem. Proto nejvyšší teplota plamene musí být oddělena od místa, kde se nachází popel, který by se neměl dostat do stavu vznosu. Naopak obsah vápníku příznivě působí na rozpad popele, a proto se vápenný prach přidává do slaměných briket a pelet.

Důvod, proč k této reakci dochází, dodává VOLÁKOVÁ (2008), která uvádí, že popel ze slámy je bohatý na alkalické kovy, kovy alkalických zemin a křemík. Zastoupením prvků se blíží ke složení sklářského kmene, tj. směsi surovin pro výrobu skla. Z této podobnosti plynou i problémy s tvorbou strusky a za jistých okolností, při vysoké teplotě a určitém poměru výše zmíněných prvků dochází až k tvorbě skloviny, která narušuje žáruvzdorné vyzdívky kotlového tělesa.

3.4 Způsoby energetického využívání zemědělské biomasy

Dle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1999) se rostliny dají k energetickým účelům záměrně pěstovat, nebo se dá využít rostlinných zbytků a odpadů. Při využívání biomasy k energetickým účelům existují některé výhody oproti konvenčním palivům. Zdroj energie má obnovitelný charakter a jsou menší dopady na životní prostředí. Jelikož jde o místní zdroj energie, snižuje se potřeba dovozu energetických zdrojů. Zdroj biomasy není lokálně omezen a jeho řízená produkce přispívá k vytváření krajiny a péči o ní. Jde mnohdy i o odpady, které se tímto účelně využívají.

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

DUKE (1983) dodává, že pro energetické účely mohou sloužit i obvyklé zemědělské plodiny (obvykle sloužící pro výrobu potravin či krmiv) jako řepka olejka, z ní získaný olej je dále esterifikací upravován na „MEŘO“, který je používán jako palivo do vznětových motorů, nebo jako palivo slouží surový olej. V kotlích se dá spalovat zrno obilnin, i sekundární produkty jako je sláma.

Obecně lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy, jak dále uvádí MOUDRÝ a STRAŠIL (1999):

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.)

SIMANOV (2008) doplňuje, že biomasa může být využita přímým spalováním bez její rozměrové úpravy, nebo po úpravě, kterou je řezání, štípání, štěpkování či drcení. Biomasa může být i dílčím způsobem zušlechtěna – drcením, sušením a tvarovou úpravou lisováním do briket či pelet, které jsou někdy označovány jako paliva na bázi biomasy. Biopalivy druhé generace se rozumí z biomasy vyrobený plyn, alkohol a pyrolýzní olej. Vzhledem k odlišným technologiím výroby těchto paliv jsou jednotlivé druhy biomasy různě vhodné pro cílový produkt (např. rostlinné zbytky s vysokým obsahem jednoduchých cukrů jsou vhodnější pro výrobu bioetanolu, než přírodní dřevo).

V podstatě lze říci, že je možné využít jakoukoliv biomasu k energetickému využití, ale je nutné najít a správně definovat její využití.

3.4.1 Termochemická přeměna biomasy

3.4.1.1 Zplyňování biomasy

Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se 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 (H_2 , CO) při současném vzniku kyslíku.

Zplyňování vzduchem je rozklad biomasy za přítomnosti vzduchu přidávaného do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod $8\ 000\ \text{KJ.m}^3$).

Zplyňování kyslíkem je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstraněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost ($8\ 000 - 14\ 000\ \text{KJ.m}^3$).

Při zplyňování vodíkem dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad $20\ 000\ \text{KJ.m}^3$).

Zplyňování vodní parou probíhá spolu s vhněným vzduchem. Vodní pára je vedena přes rozžhavené uhlí. Získaný plyn je středně výhřevný.

Další dělení je možné podle druhu katalyzátoru nebo kontaktu mezi pevnou látkou a vznikajícím plynem.

MOTLÍK a VÁŇA (2002) doplňují, že v současné době jsou ke zplyňování biomasy používány dva základní způsoby a to zplyňování v generátorech s pevným ložem a zplyňování ve fluidních generátorech.

První z obou metod je jednodušší, méně investičně náročná, avšak je použitelná jen pro malé tepelné výkony. Zplyňování probíhá při nižších teplotách (kolem $500\ ^\circ\text{C}$) a za atmosférického tlaku ve vrstvě biomasy. Vzduch jako okysličovací médium proudí buď v souproudu (směrem dolů) nebo v protiproudu (směrem nahoru), vzhledem k postupnému pohybu zplyňovaného biopaliva. Popelové zbytky se odvádějí ze spodní části reaktoru. Nevýhodou tohoto systému

je značná tvorba dehtových látek, fenolů apod., jejichž odstranění je pak největším problémem.

U druhé metody probíhá zplyňovací proces při teplotách 850 až 950 °C. Souběžně zde probíhá vývoj ve dvou základních směrech. První z těchto směrů je zplyňování při atmosférickém tlaku a druhý je zplyňování v tlakových generátorech při tlaku 1,5 až 2,5 MPa.

Oba způsoby mají své výhody i nevýhody. Tlakové zplyňování biomasy vycházelo bezprostředně z vývoje zplyňovacích technologií uhlí, v nichž byly z mnoha důvodů používány výlučně tlakové generátory. Obecně menší jednotkové výkony zařízení s biomasou a její specifické vlastnosti vedou k tomu, že v současné době je dáována přednost systémům s atmosférickým zplyňováním a s tlakovým zplyňováním se uvažuje až u případných budoucích projektů tepelných centrál s výkony většími než asi 60 MWe.

Výhřevnost vyrobeného plynu se pohybuje v rozmezí 4 000 až 6 000 KJ.m³, přičemž tento plyn je bez větších úprav použitelný pro spalování v klasických kotlových hořácích a po dodatečném vyčištění i ve spalovacích komorách spalovacích turbín a upravených spalovacích motorů.

2.4.1.2 Spalování biomasy

Spalování je nejstarší známou termochemickou přeměnou biomasy. Při vysokých teplotách nad 660 °C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidaci na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody), nebo elektrické energie, jak dále popisují MOUDRÝ a STRAŠIL (1999).

Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Pro spalování fytomasy nelze použít kotelní zařízení konstruována na uhlí. Také topeniště kotlů musí být uzpůsobeno druhu a stavu paliva, které bude použito. Na rozdíl od fosilních paliv, které po vytěžení nevyžadují velkých úprav, aby je bylo možno spalovat, je třeba paliva z fytomasy většinou upravit (krácení, štípání, sekání, lisování, mletí, sušení apod.). Množství uvolněné energie závisí také na výhřevnosti spalované látky.

Dále MALAŤÁK a VACULÍK (2008) uvádějí, že má-li se o biomase rozhodnout, zda je vhodná pro spálení v určitém typu spalovacího zařízení, nebo má-li se posoudit jakost biopaliv z fyto­masy s ohledem na jejich využití, je zapotřebí znát takové vlastnosti biopaliv, které je dostatečně charakterizují. Z energetického hlediska je při posuzování zásadní prvková a stechiometrická analýza. Stechiometrické výpočty spalovacích procesů doplňují charakteristiky paliva a jsou základem pro jakýkoliv tepelný výpočet. Jsou důležité zejména pro řešení celé řady problémů návrhové praxe, stejně jako pro kontrolu práce stávajících spalovacích zařízení.

Obr. č. 1: Kotel na spalování biomasy

2.4.1.2.1 Spalování na roštu

Princip spalování na roštu vychází z funkce roštu. Důležité je zajištění přívodu spalovacího vzduchu do jednotlivých míst plochy roštu tak, aby spalování probíhalo při optimálním přebytku vzduchu. Dále pak možnost postupného vysušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření paliva. Další důležitou funkcí je shromažďování tuhých zbytků po spalování, popřípadě jejich odvoz z ohniště a možnost měnit výkon zařízení.

2.4.1.2.2 Spalování se spodním přívodem paliva

Principiálně se jedná o systém, kdy je palivo přiváděno pod hořící vrstvu. U této koncepce je nezbytné reflexní keramické těleso, které odráží tepelné záření hořící vrstvy a plamene zpět do ohniště a pomáhá tak při zapalování a stabilizaci hoření. Palivo je dopravováno šnekovým dopravníkem. Pomocí litinového kolena a retorty je směr pohybu paliva převeden do vertikálního směru. Na retortu navazuje rošt, přičemž mezera mezi rostem a retortou dává prostor pro proudění spalovacího vzduchu (OCHODEK et al. 2007).

2.4.1.2.3 Spalování ve fluidní vrstvě – fluidní kotle

Spalování probíhá ve vlnosku, palivo (pevná látka) je udržováno ve fluidním stavu prouděním vzduchu, kdy odpor proudícího média odpovídá tíze částec a hmota částic se chová jako kapalina.

Fluidní kotel dovoluje spalování drceného paliva, které může mít u biomasy do 15 mm, částice intenzivně kmitají v rovnovážné poloze, což má za následek velké přestupy tepla $\alpha=200-600 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, což je asi 2 - 3krát víc, než u konvekčních ploch běžného kotle. Fluidní kotle se běžně konstruují pro větší výkony, cca od 8 MW_t až po stovky MW_t. Rychlost fluidizace se pohybuje od 0,7 do 1,5 m/s, palivem může být velká škála biopaliv. Velký regulační rozsah 30 – 100 % P_{jm}, nízké spalovací teploty 800 – 900 °C (vhodné pro emise NO_x – do 200 mg/m³), možnost spalovat méněhodnotná paliva, odpady a sirnatá paliva patří k výhodám tohoto způsobu spalování, jak dokončují OCHODEK et al., (2007).

MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) doplňují, že spalování biomasy má své kladné i záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂, než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř síru (pro srovnání je ve slámě asi 0,1 %, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně do 0,5 %, hnědé uhlí má min. 2 %). Tvorbu NO_x je možno kontrolovat udržováním optimální teploty plamene. Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane. Určité množství může zůstat v popeli, kterého je oproti uhlí velmi málo (obsah popelovin slámy 5 %, dřeva 0,5 %). Z negativních jevů je to nebezpečí úletu jemného popílku (jsou používány odlučovače a filtry). Při spalování vlhké biomasy existuje nebezpečí vzniku kouře (aromatické uhlovodíky), proto musí být palivo suché, nebo musí mít čas, aby proschlo, než přijde k místu zapálení.

Ke spalování se v největší míře používají dřevo, sláma, odpadové dřevo nebo různé posklizňové zbytky, které se spalují buď samostatně, nebo se mísí s uhlím. Slámu lze spalovat volně loženou, ve formě různých typů balíků, briket, pelet.

Obr. č. 2: Briketovací linka

Tyto komodity představují obrovské množství energie, které je velmi málo využíváno. V ČR je předpokládaná roční těžba palivového dřeva 678 000 m³. SIMANOV (2008) doplňuje, že ve světě se používá řada klasifikačních systémů, kterým je společné to, že biomasu pro energetické využití člení do tří skupin. Biomasa odpadní (jinak, než energeticky nevyužitelná), biomasa odpadní, mající

charakter druhotné suroviny (pálení je pouze alternativou) a biomasa záměrně produkovaná pro neenergetické využití.

3.4.2 Biochemická přeměna biomasy

3.4.2.1 Metanové kvašení

Do metanového kvašení 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.

PETŘÍKOVÁ et al. (1996) uvádí, že pro výrobu bioplynu jsou vhodné rostliny s vyšším obsahem N a nižším poměrem C:N (pod 33). Z antropogenních půd jde především o sklizeň biomasy víceletých píceň (vojtěška, jeteloviny) z prvních let biologické rekultivace, nebo biomasa z trvale zatravněných ploch. Zelené rostliny se hodí pro výrobu bioplynu jak v čerstvém tak i silážovaném (stážovaném) stavu a proto je možno pro melanogenezi použít výrazně širší spektrum rostlin, než pro výrobu tuhých paliv. EDER a SCHULZ (2001) potvrzují, že melanogenezi je vhodné kombinovat se zpracováním kejdy a organických odpadů.

K anaerobnímu rozkladu se používají dvě skupiny bakterií – kyselinotvorné a metanotvorné. Metanové bakterie vyžadují ke své činnosti specifické prostředí, které je dáno hodnotou pH, teplotou, obsahem živin, dobou zdržení, koncentrací pevných látek, mícháním apod. Pro výrobu bioplynu se používají jednoduché nebo složité systémy. Složité systémy se sestávají prakticky ze stejných částí jako jednoduché. Mají však při provozu vyšší energetickou náročnost a jsou tedy méně hospodárné než jednoduchá zařízení (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1999).

Základními stavebními prvky jsou čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. Systémy pro výrobu bioplynu se však mohou lišit podle vlastností reagujícího materiálu, který je v nich odbouráván a také podle velikosti tuhých částic a obsahu sušiny ve zpracovávaném materiálu, uvádí STRAKA et al. (2003). V počáteční

fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozmělnování). Následuje plnění vyhnívacích nádrží. Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, jejichž základní funkcí je právě akumulace plynu pro vyrovnávání rozdílů mezi výrobou a spotřebou, jak dále pokračuje STRAKA et al. (2003). Vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje dusíkaté látky, je tedy využitelný jako hnojivo a po usušení i jako krmivo. Fermentory jsou stavěny z různých materiálů, jako je ocel, beton a plasty a to podle konkrétních specifických podmínek. Existuje několik systémů výroby bioplynu. Dnes je standardním průtokový (kontinuální) systém. K dalším základním typům patří zásobníkový (diskontinuální) systém a systém střídavých zásobníků.

MOUDRÝ a STRAŠIL (1999) dále uvádějí, že bioplyn obsahuje 55 – 80 % metanu, 20 – 45 % oxidu uhličitého, síru ve formě sirovodíku, dusík, vodu aj. EDER a SCHULZ (2001) upřesňují složení bioplynu. Podle těchto autorů je bioplyn složen z metanu (40 - 75 %), oxidu uhličitého (25 – 55 %), vodní páry (0 – 10 %), dusíku (0 – 5 %), kyslíku (0 – 2 %), vodíku (0 – 1 %), čpavku (0 – 1 %) a sulfanu (0 – 1 %). Energeticky hodnotný je v bioplynu metan a vodík. Problematickými jsou sirovodík a čpavek, které je často nutné před energetickým využitím bioplynu odstranit, aby nepůsobily agresivně na strojní zařízení. To potvrzuje i STRAKA et al. (2003), který uvádí, že obtížný je obsah sirovodíku v bioplynu. Tento plyn je toxický a má korozivní účinky. Proto se obvykle provádí odsiřování bioplynu. Nejjednodušším řešením je aplikace 3 až 5 % vzduchu do bioplynu v nádrži, jehož působením dojde k rozložení sirovodíku na vodu a elementární síru. Po zapravení fermentovaného materiálu na pole je síra zpětně využita rostlinami. STRAKA et al. (2003) dodává, že majoritní složky bioplynu jsou v nejužším hodnocení u kvalitních plynů pouze dvě: metan a oxid uhličitý.

V celosvětovém měřítku je využití bioplynu poměrně nízké. Pouze v Indii a Číně má určité uplatnění. V Evropě včetně ČR nemá v současné době produkce bioplynu z organických odpadních látek, kromě Dánska, větší praktický význam.

Podle EDER a SCHULZ (2001) je dalším problémem vysoká vlhkost bioplynu. Ta se dá odstranit sušením bioplynu. To se provádí kvůli prevenci koroze zařízení pro využívání bioplynu (např. kogeneračních jednotek). Nepříliš hluboké sušení bioplynu je možné zabezpečit prostřednictvím tepelného čerpadla. Bioplyn je ve výměníku tepla chlazen chladícím agregátem a odloučená voda (kondenzát) je z plynu odstraněna. Poté je plyn opět zahřát teplou částí chladícího agregátu. Tato technologie zabezpečí vzdálení vlhkosti bioplynu od rosného bodu, je relativně jednoduchá, má nízkou spotřebu energie a ve většině případů je dostačující. Při ochlazení bioplynu na 20 °C dojde ke snížení obsahu vody při 100% nasycení na 17,3 g/m³, což odpovídá 2,3 % objemovým. Hluboké sušení bioplynů je možné realizovat za pomoci tuhých sorbentů, jako je silikagel či molekulová síta, nebo prostřednictvím kapalných sorbentů, kterými jsou zejména glykoly.

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. V poslední době se konají pokusy s využitím bioplynu na pohon traktorů a automobilů, jak dále uvádí MOUDRÝ a STRAŠIL (1999).

Obr. č. 3: Schéma zařízení na výrobu bioplynu

3.4.2.2 Alkoholové kvašení

Alkoholové kvašení je výroba etanolu. Etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu. Teoreticky je možno z 1 kg cukru vyrobit 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však výtěžnost 90 – 95 %, protože vedle etanolu se tvoří vedlejší produkty jako např. glycerin. Fermentace cukrů probíhá v mokřém prostředí, vzniklý alkohol je nakonec oddělován destilací.

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 získáme vodu a 95 % etanol. U surovin obsahující škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto

účelu slouží kyselá hydrolýza. Ve výpalcích zůstává obsah bílkovin zachován. To znamená, že vedlejší produkt výroby je vysoce hodnotné krmivo.

V poslední době roste zájem o získávání alkoholu ze surovin obsahující celulózu. Celulóza se chemicky hydrolyzuje kyselinami nebo louhy za zvýšeného tlaku a teploty. Protože je tento způsob nákladný, hledají se nové možnosti jako např. využití hub štěpících celulózu (např. *TRICHODERMA VIRIDE*) nebo se zkoušejí termofilní kmeny *Clostridií*, kde se celulóza při teplotách 60 – 70 °C kvasí na etanol, jak dodává MOUDRÝ a STRAŠIL (1999).

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. V mnoha zemích (Brazílie, USA) se prodává motorové palivo jako směs benzínu a etanolu. Ve směsi s benzínem při 5 % etanolu je možné pohonnou směs spalovat bez zvláštních úprav motoru.

Ekologická hlediska, zvláště snaha o snížení emisí škodlivých látek do ovzduší, přinesla poziční dokument Rady Evropy č. 39/97, určující složení reformulovaných pohonných hmot obsahující alkoholy, resp. étery (MTBE nebo ETBE), vyrobené z alkoholu. Kromě toho směrnice EU č. 93/500 EEC č. 1972 stanovuje cíle pro dosažení náhrad spotřeby energií obnovitelnými zdroji a stanovuje doporučení v oblasti daňových úlev, nezbytných pro zpracování relativně dražších zemědělských surovin jako náhrady za levnější suroviny fosilního původu, jak dále popisuje ZIMOLKA (1999).

3.4.3 Fyzikálně chemické procesy

3.4.3.1 Esterifikace

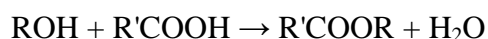
Organická chemie vysvětluje esterifikaci jako reakci alkoholu s kyselinou nebo s jejím derivátem za vzniku esteru a vody. Mechanismus reakce lze rozepsat do 7 kroků:

1. protonizace hydroxylové skupiny alkoholu $R-OH_2^+$

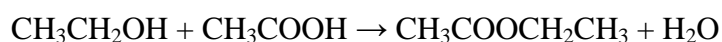
2. reakce protonizovaného alkoholu s karboxylovou kyselinou, kdy proton přechází na kyslík karbonylové skupiny, struktura $R-COH=O^+-H$ je mezomerní, tudíž může dojít do stavu $R-C(OH)_2^+$
3. vzniklá sloučenina reaguje s volným elektronovým párem alkoholu za vzniku $R-C(OH)_2-OH^+-OH$
4. tato sloučenina se reakcí s další molekulou alkoholu zbaví protonu
5. protonizací jedné hydroxylové skupiny vzniká $-OH_2^+$, která
6. odstupuje jako molekula vody
7. vzniká ester kyseliny

Ve fytoenergetice se používá transesterifikace k výrobě methylesteru nenasycených mastných kyselin. Tento metylester je znám jako bionafta. Transesterifikace spočívá v mísení metanolu s hydroxidem sodným a pak s olejem vylisovaným ze semen řepky olejné nebo ze sojových bobů. Vedlejším produktem je glycerín, který je možné využít při výrobě zubních past, sirupů proti kašli nebo mýdel. Mnoho esterů se také nachází přírodně v ovoci, které způsobují jeho vůni.

Reakce libovolného alkoholu s karboxylovou kyselinou kde $R =$ uhlovodíkový zbytek a $R' =$ jiný uhlovodíkový zbytek, tato reakce se nazývá esterifikace:



Například reakce etanolu s kyselinou octovou za vzniku vody a etylesteru kyseliny octové, který se nachází ve víně po fermentaci:



3.4.4 Získávání a využívání odpadního tepla při zpracování biomasy

3.4.4.1 Anaerobní způsoby biodegradace

Anaerobní proces zpracování zemědělské biomasy, jak již napovídá název, je veden bez přístupu kyslíku, jak uvádí ZEMÁNEK (2001).

Dále ZEMÁNEK (2001) uvádí, že za anaerobní způsob zpracování biomasy či bioodpadu lze považovat výrobu chlévského hnoje za studena. Princip spočívá v urovnání chlévské mrvy, jejím okamžitým utužení, vlhčení, případně i zakrytí folií s cílem dosáhnout pozvolného, částečného odbourávání organické hmoty. Toho se dosáhne v mírně anaerobních podmínkách při optimálním zvýšení teploty a dostatečné vlhkosti. Za omezeného přístupu kyslíku se organické látky rozkládají pomaleji a tento proces je zpomalován i vznikajícím metanem. Bloky se zakládají o šířce 3,5 – 4 m a výšce do 3 m. Ztráty na uhlíkatých a dusíkatých látkách se omezují tím, že se bloky zakrývají zeminou.

3.4.4.2 Aerobní způsob biodegradace

Aerobní proces je podstatně rychlejší a jeho výsledkem je zpravidla stabilizovaný kvalitní kompost, schopný dodat půdě nezastupitelný humus. Aerobní proces kompostování potřebuje přístup vzduchu. Technologie musí umožnit výměnu plynů tak, aby v směsi byl dostatek čistého vzduchu a kyslíku. Materiál musí být kyprý, porézní a nepřevlhčený. To je jedna z podmínek, aby byl proces skutečně rychlý a efektivní.

Základem aerobního kompostování je biodegradace organické hmoty účinkem aerobních mikroorganismů, kombinovaná s některými dalšími reakcemi jako je oxidace, hydrolýza apod. Složení mikroflóry není konstantní a závisí jak na složení substrátu, tak na stupni humifikace, jak dále uvádí ZEMÁNEK (2001)

Kompostování

Kompostování je aerobní exotermní mikrobiologická přeměna biologicky rozložitelných materiálů na látky bohaté na obsah humózního materiálu, živin a humusu. Produktem kompostování je kompost, tedy organické hnojivo. Vlastnosti a kvalita kompostu závisí na kvalitě vstupních surovin.

Důvod, proč využívat komposty v zemědělství, uvádí VÁŇA (1994). V kompostech je možno vytvořit lepší podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout až desetkrát většího počtu mikroorganismů ve srovnání s půdou. Zjednodušeně řečeno, lze kompostováním získat humusové látky rychleji a produktivněji ve srovnání s půdními podmínkami.

Pro dodržení všech podmínek ochrany životního prostředí je nutné využívat „nejlepší technologii kompostování“ řešící základní podmínky, které se přímo vztahují k ekologicky šetrnému a na kvalitu zaměřenému řízení biologické přeměny (HEJÁTKOVÁ et al. 2007).

3.5 Skladování biomasy

Biomasa akumuluje energii slunce tím, že ji transformuje do chemické energie vlastní hmoty. Vlastností, kterou se biomasa liší od ostatních obnovitelných zdrojů energie je možnost akumulace energie. Biomasu je možné za určitých podmínek bez větších problémů skladovat a využít v době, kdy je zapotřebí. Akumulaci je možno využít z obnovitelných druhů energie pouze u přehradních vodních elektráren a biomasy (OCHODEK et al. 2007).

Skladování biomasy není vždy jednoduchou záležitostí. Biomasa má některé vlastnosti, které skladování komplikují. Zejména je to proměnlivá a poměrně velká vlhkost, nízká energetická hustota a rozložitelnost houbami a plísněmi.

Dále OCHODEK et al. (2007) uvádějí, že pro skladování biomasy lze využít několik různých skladovacích prostor. Pro skladování dřevního odpadu se využívá nejčastěji pouze upravené venkovní plochy, které nejsou často ani zastřešené. Pro skladování slámy se využívá jednoduchých skladovacích hal nadbytečných seníků a jiných vhodných prostor. Kapacita těchto skladovacích prostor se dimenzuje většinou pouze na několik dnů jmenovitého provozu. Velikost skladovacích prostorů závisí zejména na umístění zdroje, prostorových možnostech, dostupných financích na investice a na možnostech zásobování palivem.

Jak doplňuje ŠPAČEK (2012), samotné skladování a celý skladovací proces je velmi důležitý pro konečný efekt energetického způsobu využití skladované biomasy. Biomasa se dá skladovat ve spoustě formách, jako například lisované slaměné balíky, kulaté lisované balíky, obří lisované balíky, jejichž váha se pohybuje okolo 500 – 600 kg/ks, ale také ve formě různých pelet nebo briket,

nebo jen volně ložená sláma či seno. Nesmíme také opomenout skladování formou silážování pro potřeby bioplynových stanic.

V případě spalování lisovaných balíků je ideální tyto balíky skladovat v zastřešených prostorech. Často k tomuto účelu slouží nepoužívané seníky nebo jen nevyužitá prostory. Setkáváme se také se stohy vyrovnanými přímo na poli. V tomto případě je třeba dbát větší pozornosti při zakrývání tohoto stohu nepromokavou plachtou. Do takto špatně zakrytých stohů pak zatéká dešťová voda a tající sníh a biomasu v konečné fázi znehodnotí. I v případě dokonale zakrytého stohu zde ale dochází ke ztrátám biomasy ve formě balíků, které drží plachtu napnutou podél celého stohu. V dnešní době existuje již technika, která celý stoh tzv. obalí fólií, ale náklady na tuto techniku jsou vysoké a málokterý podnikatel takto zainvestuje.

Pro uskladnění volně loženého sena a slámy jsou určeny zastřešené seníky. Pro energetické účely je naprosto nevhodné tuto biomasu skladovat na poli ve stohu.

Pelety a brikety je nutné skladovat v suchých větraných a zastřešených skladech (halách).

Tab. č. 1: Rozdílné hmotnosti sena a slámy

Obr. č. 4: Způsoby skladování lisovaných balíků

Obr. č. 5: Skladování volně loženého sena

3.6 Ekonomické aspekty pěstování energetických plodin

Ekonomika pěstování je z pohledu potencionálních pěstitelů klíčovou otázkou, která v konečné fázi ovlivňuje jejich rozhodnutí o tom, zda budou plodiny za určitým účelem pěstovat či nikoliv (STRAŠIL et al. 2011).

V případě akceptace metodiky „Trávy jako energetická surovina“ od kolektivu autorů STRAŠIL et al. (2011) představuje dle jejich výsledků a kalkulací navýšení výnosu např. letní sklizně v průměru nejméně 20 % (1,2 t.ha⁻¹ suché hmoty) při porovnání pěstování stejného druhu trávy při stejných agrotechnických opatřeních v různých půdně-klimatických podmínkách, což při ceně 1 000 Kč za tunu činí 1 200 Kč.ha⁻¹. Při hospodaření s travami pro

energetické využití spalování na ploše 70 tis. ha by to představovalo 84 mil. Kč ročně. Snížení emisí např. NO_x nejméně o 30 % při spalování trav ve stejném spalovacím zařízení malého výkonu, porovnáme-li např. fytomasu sklizenou v létě nebo na jaře následujícího roku. Environmentální přínosy snížení emisí jsou obtížně ekonomicky kvalifikovatelné, ale jednoznačně významné.

V případě pěstování plodin určených pouze pro energetické zpracování, je nutné, z hlediska ekonomiky podniku, ocenit si hodnotu pěstované biomasy (ŠPAČEK, 2012). Při oceňování hodnoty biomasy bychom měli vycházet z důsledného rozčlenění nákladů na variabilní (proměnné) a fixní (stálé).

Variabilní náklady vznikají bezprostředně při výrobním procesu. Při ocenění hodnoty produkce energeticko-průmyslových plodin uvažujeme časové období od přípravy půdy a setí do sklizně a odvozu produkce. Všechny operace jsou zajišťovány vlastními prostředky. Do variabilních nákladů zahrnujeme hnojiva (průmyslová, vápenatá, statková), osivo a sadbu, prostředky na ochranu rostlin, náklady na mechanizované práce (osobní náklady na obsluhu strojů, pohonné hmoty a maziva, udržování a opravy strojů) a ostatní variabilní náklady (ostatní materiál).

Fixní náklady, vznikající před započítáním výroby, představují náklady, které podnikatel musí vynaložit, i když nevyrobí. Pro ocenění hodnoty produkce do fixních nákladů zahrnujeme zejména nájemné z půdy (bývá často opomíjené), daně, odpisy, úroky a výrobní i správní režie.

Základem kalkulace nákladů jsou modelové technologické postupy pěstování jednotlivých plodin. Na jednotlivé operace by měly být vypočteny materiálové vstupy a variabilní náklady mechanizovaných prací, jak uvádí projekt č. EP 9115 zpracovaný VÚZT Praha Ruzyně pod názvem „Vliv využití půdy energetickými plodinami na ekonomiku zemědělského podniku“ (odpovědný řešitel: Ing. Marie Kovářová, 2005).

5. ZÁVĚR A DISKUSE

U uváděných druhů biomasy byla zjišťována jejich výhřevnost, spalné teplo sušiny, průměrné výnosy suché biomasy, energetická produkce a jejich vhodnost pro uváděné energetické využití. Pro lepší orientaci byly veškeré tyto zjištění převedeny do tabulek a následně popsány.

Tabulka č. 2: Energetický obsah a energetická produkce vybrané biomasy

(Červená barva znázorňuje nejnižší zjištěné hodnoty a zelená barva znázorňuje nejvyšší zjištěné hodnoty)

Druh rostlinné biomasy	Výhřevnost biomasy při vlhkosti 5% (MJ/kg)	Spalné teplo sušiny biomasy (MJ/kg)	Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha)	Energetická produkce 1 ha (GJ)
Kostřava rákosovitá	15,6	17,5	7,6	118,6
Srha říznačka	15,6	17,8	5,8	90,48
Chrastice rákosovitá	15,5	17,5	6,2	96,1
Ozdobnice čínská	16,8	18,1	14	235,2
Energetický šťovík	15,3	18	9	132,2
Sláma obilnin	15,5	17,5	4,2	65,1
Sláma řepky olejky	15,3	17,5	3	45,9

Zdroj: časopis Energie 21, č. 3/2008, st.7

Výhřevnost jednotlivých druhů se pohybuje v rozmezí 15,3 – 16,8 MJ/kg. Nejnižší výhřevnost při vlhkosti 5 % má sláma řepky olejky a energetický šťovík. Naopak nejvyšší výhřevnost při vlhkosti 5 % má jednoznačně ozdobnice čínská, jejíž biomasa dosahuje výhřevnosti 16,8 MJ/kg.

Spalné teplo je v tabulce znázorněné u většiny druhů biomasy stejné a to kolem 17,5 MJ/kg. Jak je ale vidět, ozdobnice čínská společně s energetickým šťovíkem dosahují spalného tepla 18 – 18,1 MJ/kg.

Z hlediska množství získané biomasy z 1 ha se nejméně získá z obilné a řepkové slámy. Ozdobnice čínská potvrzuje svou kvalitu i v tomto směru, jelikož je možné dosáhnout výnosů okolo 14 t.ha⁻¹. Při hnojivé závlaze je však možné dosáhnout i dvojnásobných výsledků.

Energetická produkce 1 ha je dána přímou úměrností mezi výhřevností biomasy a množstvím vyprodukované hmoty. Nejnižší energetické produkce tedy

dosahuje řepková sláma (45,9 GJ/ha), naopak nejvyšší energetické produkce dosahuje ozdobnice čínská (235,2 GJ/ha).

V celkovém hodnocení se tedy na prvním místě umístila ozdobnice čínská a na místě posledním řepková sláma. Pokud bychom ale do této produkce započítávali náklady na založení porostu, byla by s nejnižšími náklady řepková sláma se slámou obilnou a to z toho důvodu, že se jedná o druhotnou surovinu. A naopak, náklady na založení porostu ozdobnice čínské by šplhaly, při ceně cca 3 Kč/ks a při výsadbě 10 000 ks/ha, do výše několika desítek tisíc korun českých.

V celkové porovnání slámy s ostatními travinami dopadla sláma (řepková i obilná) nejhůře. Je to dáno také tím, že sláma je pouze vedlejším produktem, tudíž se na množství vyprodukované biomasy nevytváří takový nátlak, jako na rostliny pěstované pouze pro energetiku. Pěstování energetických travin se tedy jeví jako výhodnější, než sláma.

Tabulka č. 3: Nejvhodnější hybridy kukuřice pěstované na výrobu bioplynu

(Červená barva znázorňuje nejnižší zjištěné hodnoty a zelená barva znázorňuje nejvyšší zjištěné hodnoty)

Místo	Hybrid	FAO zrno/siláž	Výnos ZH (t.ha ⁻¹)	Sklizňová sušina (%)	Výnos SH (t.ha ⁻¹)	Výsevek počet zrn na ha
ZD Krásná hora nad Vltavou a.s. (okres Příbram)	CANNAVARO	310	92	26,5	24,33	86000
	URSINIO	230	65,33	32,3	21,1	86000
ZEAS Pučlice a.s. (okres Domažlice)	CASSILAS	260	60,55	36,2	21,92	89200
	URSINIO	230	50,87	37,5	19,08	89200
ZOD Podhradí Choustník (okres Tábor)	CANNAVARO	310	83,56	26,8	22,39	86000
	URSINIO	230	49,32	36,3	17,91	86000
AGROCHOV spol. s r.o., Hoříněves (okres Hradec Králové)	CANNAVARO	310	91,51	28	25,62	85000
	URSINIO	210	60,9	33,4	20,34	85000
ZEVAS Vraclav a.s. (okres Chrudim)	CANNAVARO	310	70,66	31,2	22,05	85000
	URSINIO	210	54,48	36,6	19,94	85000
Starojicko a.s. (okres Nový Jičín)	CASSILAS	260	66,9	33,6	22,45	88900
	URSINIO	210	55,87	37,9	21,18	88900

Zdroj: KWS osiva, 2011

V této tabulce jsou barevně znázorněny jednotlivé hybridy kukuřice. Hybridy jsou barevně odděleny na základě produkce zelené hmoty a porovnány v různých oblastech pěstování. U hybridu CANNAVARO je rozdíl více než 20 t.ha⁻¹, kdy v okrese Příbram bylo dosaženo 92 t.ha⁻¹ a v okrese Chrudim 70,66 t.ha⁻¹, což je přibližně o 22,2 % méně. U hybridu URSINIO, pěstované ve stejné oblasti byl výsledek podobný. V okrese Příbram byl 65,33 t.ha⁻¹ a v okrese Domažlice byl výnos zelené hmoty 50,87 t.ha⁻¹, tedy o více než 14 t.ha⁻¹ méně, což v tomto případě dělá rozdíl 21,54 %. V posledním porovnávaném hybridu (CASSILAS) bylo nejlepších výsledků dosaženo v okrese Nový Jičín a to 66,9 t.ha⁻¹. Na druhé straně došlo k nejnižším výnosům v okrese Domažlice a to 60,55 t.ha⁻¹. V tomto případě se jednalo o rozdíl přibližně 6,5 t.ha⁻¹, tedy 9,72 %.

Tabulka č. 4: Nejvhodnější odrůdy čiroku pěstované na výrobu bioplynu

(Červená barva znázorňuje nejnižší zjištěné hodnoty a zelená barva znázorňuje nejvyšší zjištěné hodnoty)

Místo	Hybrid	FAO zrno/siláž	Výnos ZH (t.ha ⁻¹)	Sklizňová sušina (%)	Výnos SH (t.ha ⁻¹)	Výsevek počet zrn na ha
AGRO Hoštka a.s. (okres Litoměřice)	KWS WOTAN	Bicolor	51,8	34	17,61	202000
	KWS ODIN	Bicolor	55	33	18,15	202000
	KWS HUGIN	Bicolor	51,7	36	18,61	202000
Agrodružstvo Tištin (okres Prostějov)	KWS WOTAN	Bicolor	54,2	36,5	19,78	202000
	KWS ODIN	Bicolor	51,8	32,9	17,04	202000
	KWS HUGIN	Bicolor	52,8	35,5	18,74	202000

Zdroj: KWS osiva, 2011

Pro porovnání odrůd čiroku jsem využil polní pokusy v okresech Litoměřice a Prostějov uskutečněné v roce 2011. K porovnání jsem vybral odrůdy KWS WOTAN, KWS ODIN a KWS HUGIN. Opět je rozhodujícím parametrem výnos zelené hmoty. Odrůda KWS WOTAN byla nejvýnosnější v okrese Prostějov, kde byl výnos 54,2 t.ha⁻¹. V okrese Litoměřice byl výnos o 2,4 t.ha⁻¹ nižší, což ve výsledku vytváří rozdíl 4,4 %. Odrůda KWS ODIN byla naopak výnosnější v okrese Litoměřice, kde dosáhl výnos zelené hmoty 55 t.ha⁻¹ a v okrese Prostějov o 3,2 t.ha⁻¹. Ve výsledku tento rozdíl činí 5,8 %. Poslední

sledovaná odrůda KWS HUGIN dosáhla nejvyšších výnosů zelené hmoty v okrese Prostějov a to 52,8 t.ha⁻¹. V okrese Litoměřice byl tento výnos o 1,1 t.ha⁻¹ nižší. Zde byl shledán nejmenší rozdíl ve výnosu zelené hmoty a to 2,08 %.

Pro kukuřici a čirok jsem si záměrně vybral výnos zelené hmoty, protože kukuřice a čirok jsou v našich podmínkách obtížněji spalitelné a jejich využití k výrobě bioplynu je snazší. V polním pokusu (oblast Truskovice a Bavorov) společnosti ZEMCHEBA, s.r.o. v roce 2010 při pěstování čiroku ke spalování, se dosáhlo maximálního obsahu sušiny 28,8 %, což je pro spalování nevhodné. Navíc, nebylo možné zjistit množství biomasy z 1 hektaru, jelikož veškerý porost s prvním sněhem polehl a nebylo jej možné na jaře sklídit.

Obr. č. 6: Polní pokus Truskovice, 18.10. 2010

Obr. č. 7: Polní pokus Truskovice, 14.2. 2011

Obr. č. 8: Polní pokus Truskovice, 15.3. 2011

Obr. č. 9: Měření sušiny čiroku

U kukuřice byl výsledek obdobný. Nejvyšší obsah sušiny byl 64 %. Uváděné výhřevnosti těchto paliv jsou dosaženy při dosoušení na 5 – 10 % obsahu vody. V reálných podmínkách je toto dosoušení nevhodné a vysoce nákladné.

6. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. ANONYM: Biomasa: co to je: 2012, dostupné z <http://www.agrointeg.cz/index.php/biomasa-co-to-je.html>.
2. DIVIŠ, J. a kol.: Pěstování rostlin, učební texty pro obor provozní podnikatel, pozemkové úpravy a převody nemovitostí, JU ZF, České Budějovice, 2010, 260 s., ISBN 978-80-7394-216-8.
3. DUKE, J.A.: Handbook of Energy Crops. 1983
4. FRYDRYCH, J. a kol.: Energetické využití některých travních druhů, Praha, 2001, 34 s. ISBN 80-7271-093-1.
5. FUKSA, P., HAKL, J.: Využití píce pro výrobu bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2009-11-25 [cit. 2012-03-05]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrobu-bioplynu> >, ISSN 1801-2655.
6. HAVLÍČKOVÁ, K. a kol.: Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin, vědecká monografie, Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, České Budějovice, 2007, 92 s., ISBN 978-80-85116-00-7.
7. HUTLA, P.: Chřastice rákosovitá - pěstování a možnosti využití. *Biom.cz* [online]. 2004-03-10 [cit. 2011-12-28]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/chrastice-rakosovita-pestovani-a-moznosti-vyuziti> >, ISSN 1801-2655.
8. HOLUB, P.: Miscanthus - energetická rostlina budoucnosti ?. *Biom.cz* [online]. 2007-04-18 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/miscanthus-energeticka-rostlina-budoucnosti> >, ISSN 1801-2655.
9. KAVKA, M. a kol.: Normativy pro zemědělskou a potravinářskou výrobu: technologické, technické a ekonomické normativní ukazatele, Praha, 2006, 400 s., ISBN 80-7271-163-6.
10. KLESNIL, A.: Intenzivní výroba píce, Praha, 1978, 353 s.
11. KUBÁT, K. a kol.: Klíč ke Květeně České republiky, Academia, Praha, 2010, 928 s., ISBN 978-80-200-0836-7
12. KUNCOVÁ, T.: Ekonomika pěstování chřastice rákosovité. *Biom.cz* [online]. 2004-08-09 [cit. 2011-12-28]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekonomika-pestovani-chrastice-rakosovite> >, ISSN 1801-2655.

13. MALAŤÁK, J. , VACULÍK, P.: Biomasa pro výrobu energie, Česká zemědělská fakulta v Praze, Praha, 2008, 206 s., ISBN 978-80-213-1810-6.
14. MOUDRÝ, J., STRAŠIL, Z.: Skripta z předmětu pěstování alternativních plodin, ZF Jihočeské univerzity, České Budějovice, 1999, 165 s., ISBN 80-7040-383-7.
15. NOVÁK, D., VRZAL, J. a kol.: Základy pěstování kukuřice a jednoletých pícnin, Institut výchovy a vzdělání MZe ČR, Praha, 1995, 32 s., ISBN 80-7105-097-0.
16. PASTOREK, Z., KÁRA, J., JEVIČ, P.: Biomasa: obnovitelný zdroj energie, Praha, 2004, 286 s., ISBN 80-86534-06-5.
17. PETŘÍKOVÁ, V.: Nejnovější zkušenosti s pěstováním energetického šťovíku - Uteuša. *Biom.cz* [online]. 2003-12-17 [cit. 2012-01-02]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nejnovejsi-zkusenosti-s-pestovanim-energetickeho-stoviku-uteusa> >, ISSN 1801-2655.
18. PETŘÍKOVÁ, V. a kol.: Energetické plodiny, Praha, 2006, ISBN 80-86726-13-4.
19. SCHULZ, H., EDER, B.: Biogas – Praxis: Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Staufen bei Freiburg: Ökobach Verlag, 2001, 165 s., ISBN 3-922964-59-1.
20. SIMANOV, V.: Výroba, zpracování a využití biomasy, seminář, Přerov, 2008, 33 s.
21. SLADKÝ, V.: Příprava paliva z biomasy, studijní informace: zemědělská technika, 1995/3, Praha, 1995, 50 s.
22. SOUČKOVÁ, H., MOUDRÝ, J.: Využití fytomasy pro energetické účely: sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře „Nepotravinářské využití fytomasy“ = Sborník vědeckých příspěvků ze semináře „Nepotravinářské využití fytomasy a obnovitelné zdroje energie“ konaného v Českých Budějovicích v rámci mezinárodní konference Ekotrend 2005 dne 1.9. 2005, ZF JU, Výzkumný ústav zemědělské techniky, České Budějovice, 2005, 123 s., ISBN 80-7040-833-2.
23. SOVÁK, Lukáš, STUPAVSKÝ, Vladimír: Využití energetické plodiny *Miscanthus Giganteus* je rentabilní. *Biom.cz* [online]. 2009-02-04 [cit. 2012-03-08]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-energeticke-plodiny-miscanthus-giganteus-je-rentabilni> >, ISSN 1801-2655.

24. STRAKA, F. a kol.: Bioplyn: příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů, Říčany, 2003, 517 s., ISBN 80-7328-029-9.
25. STRAŠIL, Z.: Chrastice rákosovitá – nový alternativní zdroj pro průmyslové a energetické využití, časopis Nový venkov, 2, č. 11, s. 20 – 22.
26. STRAŠIL, Z.: Ekonomická analýza vybraných energetických rostlin určených pro spalování. In: Sbor. Technika a technologie pro nepotravinářské využití půdy a její udržování v klidu. 2000, Brno, s. 17-22.
27. STRAŠIL, Z.: Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice (*Miscanthus*), metodika pro praxi, Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2009, 52 s., ISBN 978-80-7427-006-2
28. STRAŠIL, Z. a kol.: Trávy jako energetická surovina, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 2011, 36 s., ISBN 978-80-7394-313-4.
29. STRAŠIL, Z., ŠIMON, J.: Stav a možnosti využití rostlinné biomasy v energetice ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-04-20 [cit. 2011-12-28]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stav-a-moznosti-vyuziti-rostlinne-biomasy-v-energetice-cr> >, ISSN 1801-2655.
30. ŠANTRŮČEK, J. a kol.: Skripta České zemědělské univerzity v Praze z předmětu Základy pícninářství, Praha, 2001, 146 s., ISBN 80-213-0764-1.
31. ŠIMON, J., STRAŠIL, Z.: Perspektivy pěstování plodin pro nepotravinářské účely, studijní zpráva, Praha, 2000, ISBN 80-7271-047-8.
32. ŠNOBL, J., PURKRÁBEK, J. a kol.: Základy rostlinné produkce, Praha, 2005, 172 s., ISBN 80-213-1340-4.
33. ŠROLLER, J. a kol.: Speciální fytotechnika, Praha EKOPRESS, 1997, 205 s., ISBN 80-86119-04-1.
34. UŠŤAK, S. (2000a): Netradiční rostliny perspektivní pro bioenergetické účely. Energetické a průmyslové rostliny VI. Praha, CZ-Biom, 41 – 50.
35. UŠŤAK, S. (2000b): Šťovík Uteuša – perspektivní energetická bylina. Energetické a průmyslové rostliny VI. Praha, CZ-Biom, 59 – 64.
36. UŠŤAK, S.: Šťovík Uteuša - plodina perspektivní pro fytoenergetiku. *Biom.cz* [online]. 2002-07-01 [cit. 2012-01-02]. Dostupné z WWW: < <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/stovik-uteusa-plodina-perspektivni-pro-fytoenergetiku> >, ISSN 1801-2655.

37. VÁŇA, J.: Výroba a využití kompostů v zemědělství, Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, Praha, 1994, 40 s., ISBN 80-7105-075-X.
38. VELICH, J.: Skripta Vysoké školy zemědělské v Praze z předmětu Pícninářství, Praha, VŠZ, 1994, 204 s., ISBN 80-213-0156-2.
39. VOLÁKOVÁ, P.: Problematika spalování biomasy – tvorba strusky a skelných nápeků z biomasového na alkálie bohatého popela, Ph.D.Thesis, VŠCHT Praha, 2008.
40. ZEMÁNEK, P.: Skripta z předmětu Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování, Brno, 2001, 113 s., ISBN 80-7157-561-5.

Vyhlášky a směrnice

41. Směrnice EU č. 93/500 EEC č. 1972.
42. Vyhláška č. 5/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.
43. Závěrečná zpráva č. EP9115, Vliv využití půdy energetickými plodinami na ekonomiku zemědělského podniku, 2002, VÚZT, Praha.

8. SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1: Rozdílné hmotnosti sena a slámy

Tabulka č. 2: Energetický obsah a energetická produkce vybrané biomasy

Tabulka č. 3: Nejvhodnější hybridy kukuřice pěstované na výrobu bioplynu

Tabulka č. 4: Nejvhodnější odrůdy čiroku pěstované na výrobu bioplynu

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1: Kotel na spalování biomasy

Obrázek č. 2: Schéma peletovací linky

Obrázek č. 3: Schéma zařízení na výrobu bioplynu

Obrázek č. 4a: Způsoby skladování lisovaných balíků

Obrázek č. 4b: Způsoby skladování lisovaných balíků

Obrázek č. 5: Skladování volně loženého sena

Obrázek č. 6: Polní pokus Truskovice, 18.10. 2010

Obrázek č. 7: Polní pokus Truskovice, 14.2. 2011

Obrázek č. 8: Polní pokus Truskovice, 15.3. 2011

Obrázek č. 9: Měření sušiny čiroku

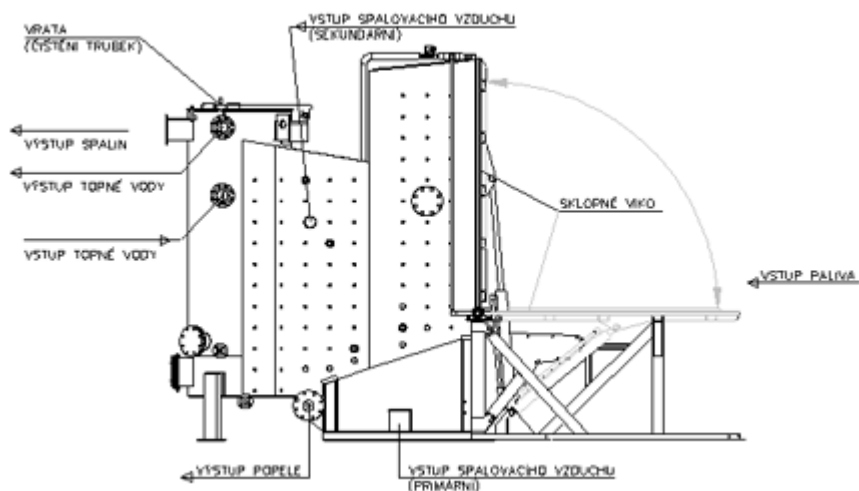
9. PŘÍLOHY

Tabulka č. 1: Rozdílné hmotnosti sena a slámy

Stav paliva	Měrná hmotnost (kg/m ³)	Hmotnost kusu (kg/ks)	Způsob manipulace
sláma volně ložená	40-60	0	mechanicky
seno volně ložené	50-70	0	mechanicky
nízkotlaké balíky sláma	60-80	5	ručně i mechanicky
nízkotlaké balíky seno	70-90	6	ručně i mechanicky
vysokotlaké balíky sláma	80-120	10	ručně i mechanicky
vysokotlaké balíky seno	100-140	12	ručně i mechanicky
obří balíky válcové	60-90	350	jen mechanicky
obří balíky kvádrové sláma	80-160	400	jen mechanicky
obří balíky kvádrové seno	120-200	600	jen mechanicky
brikety - sypané	500-600	0,5-1	ručně i mechanicky
peletky, granule - sypané	500-600	0,01	ručně i mechanicky

Zdroj: www.biom.cz a ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 1: Kotel na spalování biomasy



Zdroj: Step TRUTNOV, a.s.

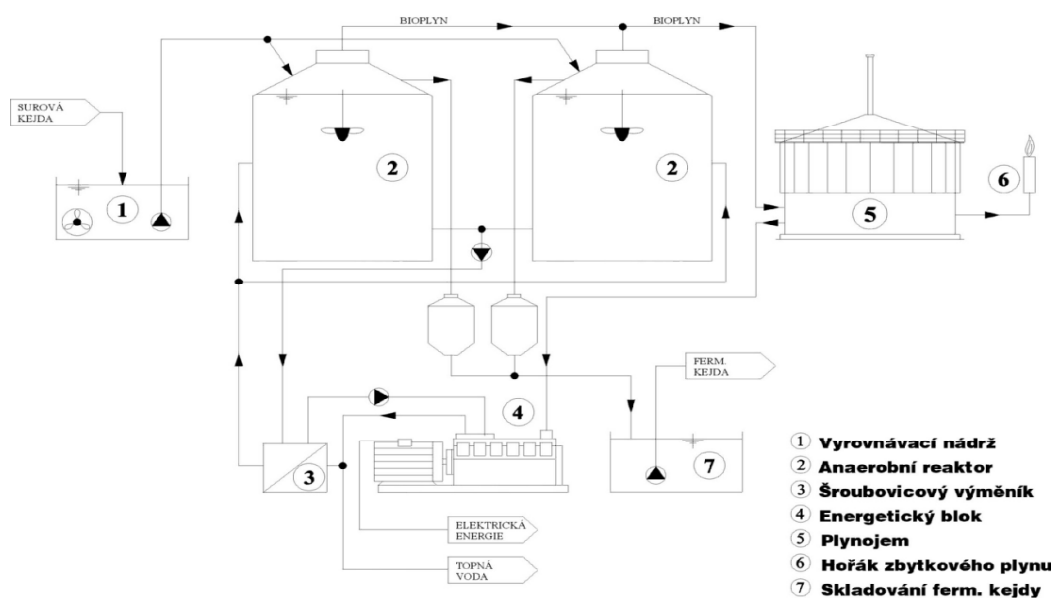
Obrázek č. 2: Peletovací linka



Zdroj: DERPAL, s.r.o., dostupné z www.derpall.cz

Obrázek č. 3: Schéma zařízení na výrobu bioplynu

Schéma bioplynové stanice



Obrázek č. 4a: Způsoby skladování lisovaných balíků



Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 4b: Způsoby skladování lisovaných balíků



Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 5: Skladování volně loženého sena



Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 6: Polní pokus Truskovice, 18.10. 2010



Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 7: Polní pokus Truskovice, 14.2. 2011



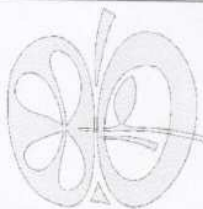

Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 8: Polní pokus Truskovice, 15.3. 2011




Zdroj: ZEMCHEBA, s.r.o.

Obrázek č. 9: Měření sušiny čiroku

 ZEMCHEBA, s.r.o. Chelčice Chelčice 106, 389 01 Vodňany Chemická laboratoř 		
Tel/fax: 383 382 236/383 382 212		e-mail: info@zemcheba.cz
SLEDOVÁNÍ SUŠINY U ČIROKU		
Datum	% Sušiny	% Vody
13.9.2010	19,4	80,6
21.9.2010	22,1	77,9
27.9.2010	21,9	78,1
4.10.2010	22,3	77,7
11.10.2010	19,6	80,4
	po desikaci	23,9
18.10.2010	des. REGLONE	18,3
	ROUNDUP	17,5
19.10.2010	Bavorov	15,6
8.11.2010		25,4
8.12.2010		25,3
22.3.2010 ¹		28,8

Zkoušky a rozborů byly provedeny podle vnitropodnikových metodik a slouží pro potřeby společnosti ZEMCHEBA s.r.o..

Vyhotovil:  Dne: 26. 3. 2011

Zdroj: Neakreditovaná chemická laboratoř ZEMCHEBA, s.r.o., 2011