

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 kukuřice seté

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Romana Novotná, Ph.D

Konzultant bakalářské práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Autor: David Rataj

České Budějovice, duben 2011

Prohlášení o autorství:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích dne

.....

Tímto bych velmi rád poděkoval zejména vedoucí bakalářské práce paní Ing. Romaně Novotné, Ph.D., a to za konzultaci a všestrannou pomoc předcházející vzniku této bakalářské práce, za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

OBSAH

1. ÚVOD	8
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
2.1 Energetické zdroje	9
2.2 Obnovitelné zdroje energie	9
2.2.1 Potenciál energetických plodin v ČR	10
2.2.2 Zemědělství je i produkce energie.....	10
3. KUKUŘICE.....	11
3.1 Kukuřice – energetická plodina	11
3.2 Kukuřice jako zdroj při výrobě bioplynu.....	12
4. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE.....	14
4.1 Výběr druhu kukuřice pro BPS.....	14
4.2 Agrotechnika.....	14
4.2.1 Předplodina	15
4.2.2 Stanoviště.....	15
4.2.3 Výsev.....	15
4.2.4 Výživa a hnojení	16
4.2.4.1 Půdní reakce.....	16
4.2.4.2 Potřeba živin	16
4.2.4.3 Hnojení statkovými hnojivy.....	17
4.2.4.4 Hnojení průmyslovými hnojivy.....	18
4.2.5 Ochrana proti škůdcům.....	18
4.2.5.1 Ochrana proti plevelům	18
4.2.5.2 Ochrana proti zavíječi kukuřičnému	19
4.2.5.3 Ochrana proti bázlivci kukuřičnému.....	19
4.2.6 Sklizeň a konzervace	19
4.2.6.1 Termín sklizně	20
4.2.6.2 Požadavky na uskladnění	20
4.2.6.3 Odběr siláže.....	20
4.2.6.4 Použití digestátu	21
5. BIOMASA	21
5.1 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům	22
5.2 Termochemická přeměna biomasy (suché procesy)	23
5.2.1 Spalování biomasy.....	23
5.2.2 Zplyňování biomasy	24
5.3 Biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy).....	25
5.3.1 Metanové kvašení.....	25
5.3.2 Alkoholové kvašení	26

5.4 Chemická přeměna biomasy	27
5.4.1 Esterifikace	27
6. VHODNÉ HYBRIDNÍ ODRŮDY PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ	28
6.1 DKC5542 (FAO 350)	28
6.2 DKC3871 (FAO 270)	29
6.3 DKC3946YG	29
6.4 ATLETICO (FAO Z 280/S 280)	29
6.5 TOURAN (FAO S 260).....	30
6.6 KWS 5133 ECO (FAO Z 250/S 250).....	30
6.7 KWS 1393 (FAO Z 450/ S 450).....	30
6.8 POROVNÁNÍ KUKUŘIČNÝCH HYBRIDŮ ATLETICO a LATIZANA	31
7. BIOETHANOL	33
7.1 Obecná technologie výroby	33
7.2 Produkty	34
7.3 Porovnání plodin z hlediska výtěžnosti bioethanolu	35
7.4 Výhody a nevýhody používání bioethanolu jako přísady do paliv.....	35
7.5 Bioethanol ve světě a v ČR.....	36
8. BIOPLYNOVÉ STANICE	37
8.1 Základy kvasné technologie BPS.....	37
8.1.2 Vznik bioplynu	38
8.1.2.1 Hydrolyza.....	38
8.1.2.2 Okyselení.....	39
8.1.2.3 Vznik kyseliny octové.....	39
8.1.2.4 Vznik metanu	39
8.1.3 Prostředí pro vznik bakterií	39
8.2 Rozdělení bioplynových stanic.....	40
8.3 Princip bioplynové stanice	40
8.4 Bioplyn.....	42
9. SPALOVÁNÍ	44
9.1 Sklizeň a úprava fytopaliv	44
9.2 Spalování biomasy	45
9.2.1 Sušení biomasy	45
9.2.2 Vlastní spalování biomasy	47
10. SROVNÁNÍ ENERGETICKÉ VÝTĚŽNOSTI KUKUŘICE A OST. PLODIN ...	47
10.1 Šťovík	48
10.2 Čirok	49
10.3 Konopí seté	49
10.4 Kostřava rákosovitá	49
10.5 Křídlatka česká	50

11. VÝSLEDKY	50
12. DISKUZE.....	53
13. ZÁVĚR.....	55
14. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	57
15. PŘÍLOHY	63

Abstrakt

Práce se zabývá druhy energetického využití kukuřice seté (*Zea mays L.*). Porovnává vhodnost využití hybridních druhů kukuřice a způsoby zpracování biomasy jako celku pro jiné než krmivářské a potravinářské účely. Součástí bakalářské práce je shrnutí a porovnání literárních údajů o dalších druzích energetických plodin a porovnat s nimi energetického využití na základě vybraných produkčních schopností a energetických parametrů (výnos sušiny, energetická výtěžnost, spalné teplo a vlhkost).

Key terms:

corn, renewable energy source, biomass, biogas, green energy, anaerobic fermentation
kukuřice, obnovitelné zdroje energie, biomasa, bioplyn, zelená energie, anaerobní fermentace

Summary

This bachelor thesis deals with the types of energy use of flint corn (*Zea mays*). It compares the suitability of hybrid maize lines. The thesis is to summarize and compare the literature data on other types of energy crops and compares them suitable for cultivation for energy recovery on the basis of some production capacity and energy parameters (dry matter yield, energy recovery, combustion heat and humidity).

1. ÚVOD

Zásobování palivy a energiemi je problém, který znepokojuje celou společnost na různých úrovních řízení a který je umocňován dosavadními trendy světového populačního růstu, rostoucích spotřeb energie, rychlým poklesem zásob fosilních paliv, zdánlivě pomalým technickým pokrokem v objevování nových, především obnovitelných zdrojů energie, negativními dopady na životní prostředí.

Energie biomasy se využívá už tisíce let. A to hlavně v podobě spalování dřeva, které je i dnes převládajícím využitím biomasy. Současný výzkum se zaměřuje především na hledání nových perspektivních zdrojů biomasy, jejich obnovy a na způsoby získávání energie z nich a minimálním dopadem na životní prostředí.

Politikou ČR je od r. 2000, kdy byl schválen scénář „Energetické politiky“ usnesením vlády ČR č. 50 z 12. ledna, program úspor energie a využívání obnovitelných zdrojů.

Obnovitelné zdroje energie nebudou patřit mezi rozhodující vysokopotencionální energetické zdroje, ale budou mít významný regionální a lokální přínos.

Vzhledem k ubývání zásob fosilních paliv se tím zvýší podíl alternativních obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě.

Využitím biomasy k energetickým účelům se přispívá k omezení emisí oxidu uhličitého do atmosféry, které je nesrovnatelně menší než při využívání a těžbě paliv fosilních.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Energetické zdroje

Energetika je nejvýznamnější součástí hospodářství všech zemí. Spotřeba energie má ve světě neustále rostoucí tendenci. Energetické zdroje, které se dnes povětšinou využívají, jsou z největší části neobnovitelné a postupně se vyčerpávají.

Podle celosvětových výzkumů dochází ke snižování jak spotřeby ropy, tak i ke spotřebě uhlí a tím vzniká otázka, čím tyto zdroje budou v budoucnu nahrazeny.

Je faktem že od 17. století se zvýšil počet obyvatel na Zemi více než dvanásťnásobně a podle světových údajů se pravidelně zvyšuje o 80 mil. za rok. Ještě prudší nárůst má i spotřeba energie. Spotřeba energií roste intenzivněji s přibývajícím počtem obyvatel na Zemi. Se zachováním trvale udržitelného rozvoje již nemůže docházet ke zvyšování spotřeby energie z neobnovitelných zdrojů, které navíc zatěžují životní prostředí exhalacemi (LIBRA, POULEK, 2007).

2.2 Obnovitelné zdroje energie

Potenciál obnovitelných zdrojů je samozřejmě omezen. Například pokud bychom veškerou ornou půdu, lesy a další zemědělskou půdu využili pro energetické účely, mohli bychom získat až 700 PJ, což je více než polovina celkové energetické spotřeby. Ve skutečnosti samozřejmě potřebujeme půdu pro pěstování potravin a krmiv (což je také energie, která se ale v energetických statistikách neobjevuje). Reálný potenciál biomasy je tedy odhadován na 276 PJ, tedy asi 40 % teoretického potenciálu. Obnovitelné zdroje v současnosti pokrývají asi 5 % spotřeby primárních zdrojů. Teoretický potenciál obnovitelných zdrojů mnohokrát přesahuje současnou spotřebu. Pro využití však můžeme použít pouze ekonomicky dostupné technologie, což potenciál značně snižuje.

Odhadované využití v roce 2030 ve výši 320 PJ by představovalo pokrytí 17 % dnešní spotřeby primárních zdrojů. V současnosti však primární zdroje využíváme jen s účinností 60 %, což je poměrně málo. Spotřebu primárních zdrojů lze snížit například úsporami energií, vyšší účinností energetických procesů nebo snížením vývozu elektřiny. Potom mohou obnovitelné zdroje pokrýt vyšší podíl spotřeby (KOLEKTIV AUTORŮ, ČEZ, 2003).

2.2.1 Potenciál energetických plodin v ČR

Současnost v oblasti volné zemědělské půdy v ČR je asi taková, že ladem leží přibližně 0,5 mil. ha půdy s tím, že se předpokládá, že další 1 mil. ha se nebude moci dlouhodobě využívat pro produkci potravin. Jednou z možností využití této půdy je pěstování energetických plodin, přičemž by stačilo využít cca 1,5 mil ha z celkového množství v časovém horizontu 30 let tak, aby byl zachován soulad s osevními postupy.

Způsob pěstování i sklizně rostlin pěstovaných pro energetické účely je shodný s pěstováním a sklizní běžných zemědělských plodin. Pouze doba sklizně, kdy je u rostlin pěstovaných pro výživu lidí nebo zvířat limitována nejvyšším obsahem živin, je u energetických při nejvyšším obsahu energie. Při spalování u stébelnatých je to při nejnižším obsahu vody a dusíkatých látek – v přestárlém stavu. Rostliny určené k získávání energie v podobě bioplynu je to v tzv. „zeleném stavu“ – přibližně ve stejné době jako u rostlin určených ke krmivářství (MUŽÍK a HUTLA, 2010).

2.2.2 Zemědělství je i produkce energie

LIBRA a POULEK (2007) uvádí, že pro Českou republiku je biomasa, díky přírodním podmínkám, bezesporu jedním z nejvýznamnějších obnovitelných zdrojů energie. S touto skutečností také počítá Národní akční plán, který je návodem jak by měla ČR zajistit splnění cíle 13 % obnovitelné energie v roce 2020.

Využívání bioplynu ze zemědělských bioplynových stanic je významným prvkem pro diverzifikaci příjmů zemědělců, napomáhá řešit problematiku nezaměstnanosti na venkově i nezávislost zemědělských podniků na dodávkách energií. Příznivě působí zemědělské bioplynové stanice také v synergii se živočišnou výrobou, kdy kejda a hnůj jsou využívány jako vstupní suroviny do bioplynových stanic a pro přípravu ostatních vstupních surovin (siláž, senáž apod.) se využívají stávající technologické linky v zemědělských podnicích. Rozvoj bioplynových stanic také pomáhá řešit úbytek organické hmoty v půdě v souvislosti s výrazným poklesem stavu zvířat, především skotu, tím, že výstup z bioplynové stanice (digestát) je využíván jako hnojivo. To je v době převládajícího zastoupení obilovin v osevních postupech velmi důležité z pohledu udržování úrodnosti půd (DIVIŠ a KAJAN, 2010).

Zájem zemědělců o investice do výstavby bioplynových stanic dokazují data z Programu rozvoje venkova v roce 2006, kde bylo podáno již 171 žádostí o podporu

v celkovém objemu 3 mld. Kč. Schváleno bylo dosud 83 projektů. Česká republika má v porovnání s některými evropskými státy velkou výhodu, protože zemědělské podniky jsou většinou dobře vybaveny infrastrukturou k výrobě a skladování objemných surovin pro výrobu bioplynu. V dalším období se počítá se směřováním k bioplynovým stanicím, které budou více využívat zbytkovou biomasu a hmotu z udržování trvalých travních porostů. Zatravňování a jejich údržba, jsou výrazně podporovány dotacemi vzhledem k pozitivní funkci v ochraně proti erozi, ale posečená travní hmota není efektivně využívána.

Významnějším problémem v poslední době je připojovací kapacita elektrické rozvodné sítě. Díky překotnému rozvoji fotovoltaických elektráren je v současné problematické získat připojovací kapacitu i pro bioplynové stanice přesto, že elektřina z nich dodávána do sítě má stabilní průběh na rozdíl od kolísavé křivky u fotovoltaických elektráren.

Česká republika se jako členský stát EU zavázala, že v roce 2010 bude výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů energie pokrývat 8 % hrubé domácí spotřeby. Stabilně rostoucí trend má výroba elektřiny z biomasy, zejména prostřednictvím zemědělských bioplynových stanic. V roce 2007 byla výroba elektřiny z bioplynových stanic už vyšší než z větrných elektráren. Pro zemědělskou prvovýrobu by tento alternativní zdroj výroby elektřiny mohl částečně zajistit trvalé a stabilní příjmy, nezávislé na nejistých cenách rostlinných komodit na trhu.

3. KUKUŘICE

Kukuřice je plodinou s velmi širokým využitím jako výchozí plodina pro další zpracování, jako surovina pro výrobu potravinářských výrobků, jako krmivo pro hospodářská zvířata (především skot) a v neposlední řadě jako energetická plodina pro bioplynové stanice, či jako spalitelný materiál v podobě slámy (obr. č. 1).

3.1 Kukuřice - energetická plodina

Prostřednictvím výroby elektrické energie z bioplynu dokáží kontrolovat uzavřený cyklus od prvovýroby až po prodej konečného výrobku. Budoucí bioplynové stanice pak mohou následně vyrobeným teplem a elektřinou zásobovat nejen svůj provoz, ale mohou případné přebytky energií nabídnout do celostátní sítě. A právě takovéto projekty

podporuje Evropská unie ve snaze snížit závislost na spotřebě fosilních paliv. Při výběru vhodného substrátu pro tyto stanice jsou vhodné zejména rostliny bohaté na škrob.

Proto se při realizaci projektů a provozu zemědělských bioplynových stanic hlavní pozornost věnuje přípravě kvalitního substrátu, tj. výrobě kvalitní kukuřičné siláže, která se objeví jako nejvhodnější a nejekonomičtější substrát v současnosti. Z těchto důvodů se řada firem zabývá šlechtěním kukuřice pro využití na bioplyn, kdy hlavním rozdílem mezi hybridem určeným pro výrobu bioplynu a hybridem určeným pro skot je větší podíl stonků a listů a menší podíl zrna či škrobu (obr. č. 2). Důvodem je fakt, že se ze zrna vyprodukuje zhruba o 20 % méně bioplynu než ze zelených částí rostliny. Na druhou stranu určitý podíl zrna či škrobu na výnose hmoty je potřebný i z důvodu, aby při požadované sušině hmoty 30 – 33 % při silážování netekly silážní šťávy. To je o to důležitější, že při sklizni na bioplyn se zkracuje řezanka na 3 - 8 mm, ale současně musí být rostlina zelená, aby byla využitelná co největším výtěžkem bioplynu.

JANDA (2007) píše, že pěstování kukuřice pro energetické účely má jednu vadu, která může vyznít dost paradoxně. Je totiž velmi náročné na energii. Kukuřičná pole se proto musí často a hodně hnojit, k čemuž se používá zemědělská technika, která přitom vypouští do ovzduší další skleníkové plyny. Kukuřice není schopná samostatné existence bez pomoci zemědělce. I následný proces vzniku paliva spotřebuje velké množství energie.

Kukuřice pěstovaná pro energetické účely navíc zabírá místo plodinám, které se pěstují pro potravinářské účely (obr. č. 13). Kdyby se například celá Evropská unie rozhodla získat pouhou desetinu své energie pěstováním kukuřice pro biopaliva, musela by k tomuto účelu vyhradit až tři čtvrtiny své veškeré zemědělské půdy.

3.2 Kukuřice jako zdroj při výrobě bioplynu

Jako vstupy do bioplynové stanice se může využívat několik zdrojů, které se nacházejí v zemědělském podniku. Žádoucí jsou zejména rostliny bohaté na lehce rozpustné cukry. Tyto typy rostlin jsou stále častěji využívány jako substrát pro výrobu bioplynu. Produktivitu bioplynu podstatně zvyšuje případné zamíchání do kejdy.

Jednou z plodin, které splňují tyto energetické parametry, je kukuřice, která díky vysoké fotosyntetické činnosti generuje do listů a stonku velké množství rozpustných

cukrů jako základní zdroj energie mikroorganismů pro fermentační proces a získání metanu - základní suroviny pro výrobu elektřiny v bioplynové stanici. Pokud bychom hodnotili polní plodiny podle směru využití, nejlepší předpoklady má pro tyto účely silážní kukuřice, která je stabilní plodinou v prvovýrobě, přinášející trvalý a pravidelný příjem do podnikové pokladny. Většina provozovaných zařízení pro výrobu bioplynu využívá v současné době právě kukuřici. Keřda je používána také, ale zejména jako transportní a očkovací materiál základního substrátu. Bioplyn je v podstatě plyn produkovaný v anaerobním prostředí rozkladem organické hmoty. Celý proces probíhá ve čtyřech fázích rozkladu organické hmoty. Výsledkem je plyn obsahující 2/3 metanu, 1/3 CO₂, popřípadě ještě ostatní plyny, které jsou v celém procesu zanedbatelné. (ČERNÝ, KULÍŠKOVÁ, 2003)

Pro středně velkou stanici o výkonu 1 MW je potřeba 300 až 400 ha výměry kukuřice, která může pokrýt spotřebu elektřiny až u 2000 menších bytů a může poskytnout odpadní teplo zhruba pro 1000 bytů.

Aby byla zabezpečena kvalitní a dostatečná surovina, je třeba správně zvolit kukuřičný hybrid. Ne každý silážní hybrid je vhodný do bioplynové stanice. Základním předpokladem je vysoký výnos hmoty, pevné a vůči lámavosti odolné stéblo, silný a hluboký kořen zamezující vyvracení rostliny. Každý pěstitel by měl respektovat místní podmínky a vybrat hybrid, který je schopen dozrát do silážní kvality do příchodu mrazíků, jež mohou výrazně snížit kvalitu sklizené hmoty.

Při pěstování je možné držet se stejných zásad jako v případě intenzivní silážní kukuřice. Je možné mírně navýšit hustotu porostu a získat tím co nejvíce zelené hmoty jako zdroje lehce rozpustných cukrů. Vysoký obsah škrobu není příliš vhodným zdrojem energie při fermentačním procesu. Při krmení dobytka je škrob důležitý. Silážní hmota je v tomto případě zpracována přibližně za 24 hodin. U bioplynové stanice však proces trvá déle, asi 40 až 100 dnů, a proto je důležité dostatečné množství cukrů z listů a stonků.

Kukuřici je možné sklízet o něco dříve než v optimální silážní zralosti, v sušině hmoty asi 26 až 32 %. Velmi záleží na typu hybridu v dané oblasti. Mělo by být dbáno na to, aby byla schopnost zabezpečit co nejhomogennější hmotu.

Pro výrobu bioplynu je možné využít i hybridy s vyšším FAO v relativně ranější oblasti. To potvrzují i zkušenosti z Německa, které je největším výrobcem elektřiny

z bioplynu (obr. č. 3). Hlavním substrátem pro zásobování zařízení na výrobu bioplynu se v Německu stala kukuřičná siláž. Má to své opodstatnění. Pro provozovatele jsou rozhodující výrobní náklady na metr krychlový získaného metanu, přesněji výnos metanu z jednotky plochy půdy.

Kukuřice zhodnocuje vzhledem ke svému vysokému výnosu, kterého lze novými pěstitelskými postupy dosáhnout, výrobní faktor půdy lépe než jiné plodiny. Následně pokračuje proces podobně, jako při výrobě siláže pro krmení. Základním předpokladem je také nezávadnost hmoty – bez plísní, popřípadě poškození zavíječem, kde by následné fermentační procesy snižovaly produkci metanu a profitovost výroby elektřiny.

4. PĚSTOVÁNÍ KUKUŘICE

4.1 Výběr druhu kukuřice pro BPS

Nejdůležitější pro dobrou výtěžnost bioplynu je výběr druhu kukuřice nebo jejího hybridu. Požadavky na volbu odrůdy jsou následující:

- ranost - je třeba volit tak, aby byl dosažitelný obsah sušiny minimálně 25 %
- výkonost - výběr druhu s co nejvyšším výnosovým potenciálem hmoty siláže z hektaru - vyšší výnos metanu
- stabilita výnosu - dobrý zdravotní stav rostlin, tolerance vůči přísušku, rychlý vzrůst a ročníková stabilita
- nutriční požadavky – rozdíl mezi kukuřicí pro výživu zvířat a využitím v BPS – méně škrobu – více vlákniny (KWS OSIVA s.r.o., 2009)

4.2 Agrotechnika

Požadavky na pěstování kukuřice pro zpracování v bioplynových stanicích se v současné době příliš neliší od požadavků na silážní kukuřici pro krmivářské účely.

Při pěstování je nutno postupovat se stejnou pečlivostí s cílem dosáhnout co nejvyšších výnosů biomasy s potřebnou silážní zralostí. (POVOLNÝ, 1998)

4.2.1 Předplodina

Kukuřice bývá pěstována velice často po obilovinách, které jsou celkem dobrou předplodinou, a proto se kukuřice vkládá pro přerušení obilného sledu. S rostoucím zařazováním v osevních postupech je nutno počítat se zvýšeným rizikem napadení škůdci, zejména zavíječem kukuřičným a bázlivcem kukuřičným, kteří způsobují významné hospodářské škody. Proto je stále významnějším prvkem osevních postupů střídání plodin s vyvarováním se utužení půdního lůžka.

4.2.2 Stanoviště

HRUBÝ (2001) zjistil, že kukuřice neklade v našich klimatických podmínkách žádné zvláštní nároky na půdu. Jako teplomilná kulturní rostlina vyžaduje spíše teplejší stanoviště a pozitivně reaguje na jarní oteplování. S vyšší teplotou půdy (od 8° C) rychle klíčí, vzchází a její vývoj je celkově rychlejší. Tyto vlivy se pak promítají na jejím výnosu a kvalitě.

Kukuřice je pěstována ve všech výrobních oblastech a téměř na všech půdních druzích a typech, které mají v severnějších, chladnějších oblastech pH 5,5 – 6,2 s lehčí a půdou, která se rychleji ohřeje, s dobře rozdělenými srážkami a v teplejších oblastech s půdou bohatou na humus s dostatečnou zásobou živin a vláhy s pH 6,5 – 7,0 (černice, černozemě, hnědozemě).

4.2.3 Výsev

Správným výsevem a s tím souvisejícím počtem rostlin na jednotku plochy je možné docílit maximálního výnosu z jejího potenciálu vzhledem k podmínkám stanoviště.

Doporučuje se dle druhu rostlin výsevek 6 – 12 jedinců na 1 m². Při hustotě výsevku je třeba znát chování jednotlivých druhů – tolerantnější rostliny je možno sít hustěji než náročnější druhy. Z důvodu vzájemné konkurence na živiny, teplo a vodu je v horších klimatických podmínkách se vysévá méně semen. Důležitým faktorem je také optimální rozmístěná výsevku po ploše, kterou ovlivníme pojezdovou pracovní rychlostí secích strojů – za optimální rychlost považujeme 6 - 8 km/h, s hloubkou setí 3 – 8 cm, dle vlhkosti a druhu půdy.

Doba setí kukuřice a jejích hybridů je obecně dána vyzrálostí půdy a její teplotou mezi 8 a 10 °C – od první poloviny dubna do první dekády května podle typu a druhu rostliny. (KWS OSIVA s.r.o., 2009)

4.2.4 Výživa a hnojení

Kukuřice náleží k rostlinám typu C4, a proto velmi dobře využívá sluneční energii, spojenou s efektivním využíváním živin pro tvoření výnosu. Obsah živin v rostlinách je ovlivněn především půdně klimatickými podmínkami, úrovní hnojení a pěstovaným druhem kukuřice. Je pro ní charakteristický počáteční pomalý růst s nízkým příjmem živin.

Do stadia 8. listu kukuřice zpravidla přijímá 35 kg dusíku, 10 kg P₂O₅, 50 kg K₂O a 5 kg MgO na jeden hektar plochy. Potom nastává období s velmi intenzivním příjmem živin. Za 35 - 45 dní (10 -15 dní před objevením laty a 25 - 30 dní po objevení laty) přijímá kukuřice 75 – 80 % všech svých živin. (BALÍK, VANĚK, TLUSTOŠ, 2001)

4.2.4.1 Půdní reakce

RICHTER (1999) uvádí, že kyselá půdní reakce (zvýšená koncentrace vodíkových iontů) snižuje příjem kationtů vápníku, hořčíku, draslíku a sodíku. Vlivem iontů H⁺ ztrácí svoji účinnost pětinasobné až osminásobné množství kationtů. Tak dochází k „hladovění“ rostlin a následnému omezení organických látek v rostlinách. V písčitých půdách je optimální pH 5,5 a vhodným rozpětím pH je 5,3 – 5,7, v hlinitopísčitých půdách je optimálním 6 s rozpětím 5,8 – 6,2, v písčitohlinitých 6,5 s rozpětím 6,3 – 6,7 a v hlinitých až jílovitých 7 s rozsahem pH 6,5 – 7,5.

4.2.4.2 Potřeba živin

Pro požadovaný výnos musí mít kukuřice ze všech zdrojů (půda, statková hnojiva a minerální hnojiva). Kukuřice s výnosem sušiny mezi 16 – 30 t/ha by měla mít mezi 216 – 405 kg/ha N, 104 – 195 kg/ha P₂O₅, 224 – 420 kg/ha K₂O, 56 – 105 kg/ha MgO a 30 - 60 kg/ha síry. Základní hnojení kukuřice se provádí před setím a pak v průběhu vegetace do půdy (PROKOP, 2008).

4.2.4.3 Hnojení statkovými hnojivy

Statková hnojiva zauímají ve výživě kukuřice jedno z nejdůležitějších postavení, neboť jejich aplikací se vpravuje do půdy velké množství organických látek, základních živin a důležitých mikroelementů a stopových prvků. Jejich vliv na udržování půdní úrodnosti je nenahraditelný (KOVAEVIC a kol., 2004).

Nejrozšířenějším statkovým hnojivem je hnůj, kukuřice je plodinou, která ho umí dobře využívat prostřednictvím půdy do které je zapraven. Kvalitním hnojem se snižuje potřeba využívání aplikace průmyslových hnojiv, čímž se podstatně zvyšuje rentabilita jejího pěstování vzhledem ke stoupajícím cenám průmyslových hnojiv. Při bilancování živin je třeba vědět, že celkový obsah živin z hnoje se v období dvou let využije u dusíku ze 60%, a u fosforu a draslíku z 80 %.

K dalším ztrátám dochází při aplikaci na pozemek nezapravením hnoje do půdy. Za jeden den dochází ke ztrátě až 20 % živin a za tři dny dokonce až 40 %. Je třeba proto věnovat pozornost nejen na kvalitu hnoje, ale i na skladování a okamžitému zapravení po aplikaci na pozemek (KADAR a kol., 2000).

RICHTER, ŘÍMOVSKÝ, (1994) poukazují na další statková hnojiva vhodná pro kukuřici jako kejda prasat a skotu, která představuje hodnotné komplexní organicko-minerální hnojivo. Kvalita kejdy je závislá na spotřebě vody, která přímo ovlivňuje obsah sušiny a živin v kejdě. Optimální obsah sušiny pro využití v hnojení kukuřice je kolem 7,5 % jak u skotu, tak u prasat. Skladování kejdy, kdy dochází k fermentaci kyselin (hipurová, močová, benzoová) zvyšuje účinnost živin, neboť se tyto kyseliny částečně detoxikují. Dále se ničí člověku nebezpečné bakterie salmonely a zárodky parazitů. Při skladování kejdy také dochází ke ztrátám organických látek a to za 1 měsíc o 10 % a za tři měsíce o 15 %. Během skladování je třeba kejdu homogenizovat, aby nedocházelo ke tvorbě sedimentů, které ztěžují vyskladňování. Při vlastním hnojení kukuřice se dávka rozdělí na několik dávek dílčích. Na podzim se dávka používá za předpokladu aplikace na slámu nebo na meziplodinu. V opačném případě dochází ke ztrátám na dusíku vyplavením přes zimní období. V předseťové přípravě nejsou výše dávek nijak omezeny a vychází z potřeb kukuřice vzhledem k živinám. Jarní dávkování se rozdělí do 2 – 4 dávek podle povětrnostních podmínek a druhu půdy. Při vlastní aplikaci je nutno kejdu zapravit z důvodu možnosti vytěkání a ztrátám dusíku.

4.2.4.4 Hnojení průmyslovými hnojivy

Dalším hnojivem pro výživu kukuřice jsou průmyslová hnojiva, která většinou používáme jednorázově před setím v závislosti na požadovaný výnos, možnosti příjmu dusíku z půdy, možnost příjmu dusíku z organických hnojiv a požadavků, vyplývajících z aplikace nitratové směrnice. Z technického hlediska se jeví jako nejlepší močovina, dusičnan amonný a DAM 390, který je možno aplikovat těsně po zasetí (MUNOZ, ARSCOTT, 1991).

Dostatek fosforu zaručuje správný vývin rostliny kukuřice, vysoký výnos a kvalitu zrna. Fosfor je důležitý pro přenos energie v procesu fotosyntézy, dýchání, metabolismu cukrů, tuků a bílkovin. Jeho dostatečné používání rostlinám umožní rychlejší přechod do generativní fáze. Nároky kukuřice na fosfor ve vodorozpustné formě jsou největší v období 4. – 10. týdnu vegetace, kdy není ještě vytvořen kořenový systém a možnosti jeho příjmu jsou ve studenějších a kyselějších půdách omezenější. Další potřeba fosforu pro kukuřici je v období kvetení. Hnojivo ve vodorozpustné formě (většinou Amofos) se aplikuje startovací dávka 70 kg/ha a to 5 cm vedle a 5 cm pod osivo (BUKVIC a kol., 2003).

Na nedostatek draslíku reaguje kukuřice výrazněji než na fosfor. Ten je nepostradatelný při tvorbě cukrů, jejich přeměně a přemísťování do zásobních orgánů.

Přímo má vliv na hospodaření rostliny s vodou – podporuje příjem vody a snižuje transpiraci, tím zvyšuje odolnost kukuřice vůči deficitu vláhy. Vhodnými hnojivy jsou draselné soli s podzimní aplikací se zapracováním při základním zpracování půdy. Jarní hnojení se provádí formou NPK (VALENTA, ŠREIBER, 2001).

4.2.5 Ochrana proti škůdcům

4.2.5.1 Ochrana proti plevelům

Je nejdůležitějším zásahem v celém systému pěstování kukuřice, neboť dochází ke konkurenci rostlin v potřebě živin, vody a světla. S chybějící eliminací plevelů dochází k podstatnému snížení výnosu biomasy.

K ochraně kukuřice proti plevelům se využívají dva druhy aplikace herbicidů.

- preemergentní aplikace – základní bod v systému, umožní včasnou likvidaci plevelů a snižuje riziko poškození kukuřice herbicidem

- postemergentní aplikace – je doplňkovým způsobem preemergentního způsobu ošetření kukuřice se zvážení plošného způsobu použití – plevely jsou spíše lokálního výskytu (pcháč, pýr) – někdy stačí její bodová aplikace. Nemusí se dále provádět po 6. vývojovém stadiu.

4.2.5.2 Ochrana proti zavíječi kukuřičnému

Ochrana spočívá v omezení rozvoje houbových chorob a potencionální tvorby mykotoxinů, které způsobují snížení produkce metanu z jednotky substrátu a proto s touto ochranou je cílem pěstovat zdravé jedince kukuřice.

4.2.5.3 Ochrana proti bázlivci kukuřičnému

Zejména v teplých oblastech, kde je jeho rychlé šíření, nabývá ochrana před tímto škůdcem na významu. Jediným účinným opatřením se zatím jeví důsledné střídání plodin v osevním postupu spolu s mořením osiva, ošetřením postřikem proti dospělému hmyzu a používáním geneticky modifikovaných hybridů. (ZIMOLKA, 2008)

4.2.6 Sklizeň a konzervace

Nejdůležitějším prvkem celé technologie pěstování kukuřice na siláž je sklizeň, ke které je nutno přistupovat se stejnou pečlivostí přípravy siláže pro užitková zvířata.

Při vlastní sklizni je nutno dbát na:

- optimální obsah sušiny mezi 28 – 32 %
- narušení zrna pomocí drtičů (corncracker)
- délka řezanky do 8 mm

Při sklizni je nutno dbát právě na správnou délku řezanky a narušení všech zrn, řezačka se musí přizpůsobit sušině celé rostliny. Správnou délkou řezanky nám taktéž klesají náklady na dopravu, snáze se siláž zhutňuje, průběh kvašení řezanky je lepší spolu se zrychlením uvolňování buněčné šťávy s vyšším obsahem kyselin díky vyšší aktivitě bakterií mléčného kvašení. Krátkou řezankou také docílíme menší aktivity kvasinek a zabrání se druhotnému zahřívání a kvašení což vede k delší aerobní stabilitě siláže.

4.2.6.1 Termín sklizně

Nejpodstatnějším kritériem pro vysokou výtěžnost metanu z kukuřice je sklizeň rostlin se správným obsahem sušiny.

Její optimální rozsah je mezi 28 – 32 %. Tento obsah zajišťuje výnosové maximum rostlin, stabilitu siláže při její přípravě, vysokou degradaci siláže ve fermentoru a optimální průběh fermentace v zařízení pro výrobu bioplynu. Pozdní sklizní se zpravidla výnos snižuje, zvyšuje se obsah sušiny spolu s nárůstem vlákniny, řezanka může být napadena plísněmi, fermentace může probíhat nesprávně a vytvoření tzv. plovoucího koláče ve fermentoru se zbytečně zatěžuje čerpací a mísící zařízení. Naopak příliš časnou sklizní může dojít ke tvorbě silážních šťáv se ztrátou výživných látek, výnosový potenciál nemusí být vyžit zcela a dochází pak i k nežádoucí tvorbě amoniaku. (KWS OSIVA s.r.o., 2009)

4.2.6.2 Požadavky na uskladnění

Cílem kvalitní přípravy siláže je konzervace sklizené hmoty v optimální kvalitě s minimalizací ztrát silážní hmoty. Její stabilizace se dosáhne za podmínek rychlého „vydýchání“ kyslíku, zabránění dalšímu přístupu vzduchu a vznikající oxid uhličitý se důsledným zakrytím zadrží ve hmotě.

Plnění silážní jámy uskladňovanou řezankou je nutno provádět rychle se správným naskladňováním - správná tloušťka vrstvy by neměla přesáhnout 30 cm s vysokým stupněm zhutnění s pojezdovou rychlostí při dusání 4 km/h. Po ukončení naskladňování je nutné pokračovat v dusání ještě 1,5 – 2 hodiny. Následně se rychlým a vzduchotěsným uzavřením silážní jámy zabezpečí proti poškození vnějšími vlivy. Zakrytí silážního žlabu se provádí transparentní folií nebo kvalitní polyetylenovou folií, tkaninovými foliemi a ochrannými sítěmi s dostatečným zatížením celé plochy silážního žlabu.

4.2.6.3 Odběr siláže

Po otevření silážního žlabu je nutno velmi dobře hospodařit s naskladněnou hmotou s cílem co nejmenšího provzdušnění stěny siláže při odběru, protože přívodem vzduchu dochází ke zmnožení kvasinek se zahříváním siláže a více se spotřebovává cukr s úbytkem bakterií mléčného kvašení.

Proto je nutno hmotu okamžitě naskladnit bez zbytečného meziskládkování do fermentoru, folie se neodstraňuje z celé plochy najednou (pouze z plochy potřebné pro denní odběr) a se zabezpečením dostatečného denního odběru (v zimním období 1,5 m, v letním 2 m za týden).

Těmito opatřeními se vyhneme šíření nežádoucích organismů, které spotřebovávají uhlohydráty, které pak chybí bakteriím ve fermentoru k přeměně na bioplyn a které mohou též produkovat toxiny s nežádoucím vlivem na výtěžnost bioplynu. Též pak dochází k ohřevu siláže způsobenému rozkladným alkoholovým kvašením kvasinek a ke ztrátám.

4.2.6.4 Použití digestátu

Agrotechnika a technologické postupy konzervace kukuřice (VÁŇA, 2007; KWS, 2008) pro zpracování hmoty v zařízeních na výrobu bioplynu se v současné době prakticky neliší od požadavků na silážní kukuřici ke krmným účelům. Za připomínku však stojí použití digestátu z bioplynové stanice jako hnojiva. Podle legislativy je digestát organické hnojivo typové, pokud splňuje podmínku minimálně 25 % spalitelných látek v sušině a minimální obsah dusíku 0,6 % v sušině a spadá do kategorie hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem. Využití i dávkování digestátu jako hnojiva je srovnatelné s kejdou, s ohledem na obsah živin, především dusíku. Pro aplikaci platí obdobné zásady definované pro hnojení tekutými organickými hnojivy. Pro kukuřici je vhodné rozdělit celkovou aplikovanou dávku na 2 – 4 aplikace. První dávku je vhodné aplikovat při předseťové přípravě, druhou ve fázi 4 – 6 listů. Případné další aplikace jsou závislé na aplikační technice a průjezdnosti porostem (KOUTNÝ, 2010).

5. BIOMASA

MOUDRÝ, STRAŠIL (1996) definují biomasu jako substanci biologického původu (pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu, organické odpady). Biomasa je buď záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni.

Teoretické propočty různých odborníků uvádějí roční celosvětovou produkci biomasy na úrovni 100 miliard tun, jejíž energetický potenciál se pohybuje kolem 1 400 EJ.

To je téměř pětkrát více, než činí roční světová spotřeba fosilních paliv (300 EJ). Čím je tedy limitováno využití biomasy k energetickým účelům a vyřešení jednoho z globálních problémů lidstva.

- Produkce biomasy pro energetické účely konkuruje dalším způsobům využití biomasy (např. k potravinářským a krmivářským účelům, zajištění surovin pro průmyslové účely, uplatnění mimoprodukční funkce biomasy).
- Zvyšování produkce biomasy vyžaduje rozšiřovat produkční plochy nebo zvyšovat intenzitu výroby biomasy, což přináší potřebu zvyšovat investice do výroby biomasy.
- Získávání energie z biomasy v současných podmínkách s obtížemi ekonomicky konkuruje využití klasických energetických zdrojů. Tato skutečnost může být postupně měněna tlakem ekologické legislativy.
- Maximální využití zdrojů biomasy k energetickým účelům z celosvětového hlediska je problematické vzhledem k rozmístění zdrojů biomasy a spotřebičů energie, vzhledem k potížím s akumulací, transportem a distribucí získané energie. Na druhé straně existují nesporné výhody využití biomasy k energetickým účelům:
 - jsou menší negativní dopady na životní prostředí,
 - zdroj energie má obnovitelný charakter

5.1 Způsoby využití biomasy k energetickým účelům

MOUDRÝ, SOUČKOVÁ (2006) uvádí, že způsob využití biomasy k energetickým účelům je do značné míry předurčen fyzikálními a chemickými vlastnostmi biomasy. Velmi důležitým parametrem je vlhkost, resp. obsah sušiny v biomase. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokrymi procesy (obsah sušiny je menší než 50 %) a suchými procesy (obsah sušiny je větší než 50 %). Z principiálního hlediska lze rozlišit několik způsobů získávání energie z biomasy a přípravy biomasy pro energetické využití:

a) termochemická přeměna biomasy (suché procesy pro energetické využití biomasy):

- spalování biomasy
- zplynování biomasy
- pyrolýza biomasy

b) biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy pro energetické využití biomasy):

- alkoholové kvašení
- metanové kvašení

c) fyzikální a chemická přeměna biomasy:

- mechanicky (štípání, drcení, lisování, briketování, peletování, mletí apod.),
- chemicky (esterifikace surových bioolejů).

d) získávání odpadního tepla při zpracování biomasy (např. při kompostování, aerobním čištění odpadních vod, anaerobní fermentaci pevných organických odpadů apod.). Přestože existuje více způsobů využití biomasy k energetickým účelům, v praxi převládá ze suchých procesů spalování biomasy z mokrých procesů výroba bioplynu anaerobní fermentací. Z ostatních způsobů dominuje výroba metylesteru kyselin bioolejů, získávaných v surovém stavu ze semen olejnatých rostlin.

K energetickým účelům lze využít v ČR asi 8 mil. tun biomasy.

5.2 Termochemická přeměna biomasy (suché procesy)

5.2.1 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 na oxid uhličitý a vodu.

Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřívání vody) nebo elektrické energie. Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Pro spalování biomasy nelze použít kotelní zařízení konstruovaná na uhlí. Také topeniště kotlů musí být uzpůsobena druhu a stavu paliva, které bude použito. Na rozdíl od fosilních paliv, která po vytěžení nevyžadují velké úpravy, aby je bylo možno spalovat, je třeba paliva z biomasy většinou upravit zkrácením, štěpením, lisováním nebo sušením aj. Množství energie uvolněné spalováním závisí také na výhřevnosti a vlhkosti spalovaného druhu látky.

Spalování biomasy má své kladné a záporné stránky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂ než bylo předtím rostlinami přijato. Biomasa neobsahuje téměř síru (ve slámě je 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. Něco 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 (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996).

5.2.2 Zplyňování biomasy

Zplyňování biomasy je proces termochemické přeměny pevného materiálu na plyn, který se dále používá jako palivo nebo dále pro chemickou syntézu na výrobu metanolu (obr. č. 16). 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 v limitovaném množství do reaktoru. Při tomto způsobu se uvolňuje plyn s nízkou výhřevností (pod 8000 kJ.m^{-3}).
- Zplyňování kyslíkem je rozklad biomasy, kdy se do reaktoru vhání kyslík. Tím jsou odstraněny nespalitelné složky. Získaný plyn má střední výhřevnost ($8000 - 14000 \text{ kJ.m}^{-3}$).
- Při zplyňování vodíkem dochází k přeměně biomasy pod tlakem ve vodíkovém prostředí. Vzniklý plyn má vysokou výhřevnost (nad 20000 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 (MOUDRÝ, STRAŠIL 1996).

5.3 Biochemická přeměna biomasy (mokrý procesy)

5.3.1 Metanové kvašení

Výroba bioplynu, je uměle vyvolaný anaerobní rozklad organického materiálu. Zemědělství vytváří velké množství organických odpadů, které anaerobní fermentace umožňuje nejen likvidovat ale také energeticky využívat. Pro výrobu bioplynu se dají využívat také městské odpady a komunální odpadní vody. Ze zemědělských odpadů se nejvíce využívají kejda, sláma, zbytky travin apod. Z výkalů dospělé krávy nebo 6 prasat (velká dobytčí jednotka) se denně vyprodukuje cca 1,5 m³ bioplynu. Obecně se počítá s produkcí 0,7 - 1,0 m³ z 1 kg biologicky rozložitelných látek.

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 (VÁŇA, ŠLEJŠKA, 1998).

Základními prvky jsou čerpací jímka, vyhnívací nádrž (fermentor), zásobník plynu, kotelna a příslušné řídicí a monitorovací přístroje. V počáteční fázi se nahromaděné odpady předzpracovávají (míchání a rozmělnování). Následuje plnění vyhnívacích nádrží.

Zde probíhá zahřívání, míchání a nakonec vyprazdňování. Plyn se odvádí a skladuje v plynojemech, vyhnílý kal se skladuje a využívá k různým účelům. Vyhnílý kal obsahuje po fermentaci nerozložené složky výchozí biomasy a mikroorganismy. Obsahuje dusíkaté látky, 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.

Podle VÁŇI a ŠLEJŠKY (1998) bioplyn obsahuje 55 - 80 % metanu, 20 - 45 % oxidu uhličitého, síru ve formě sirovodíku, dusík, vodu aj. Bioplyn je nízko výhřevný plyn, jehož energetická hodnota je 20 000 - 25 000 kJ.m⁻³ (při 60 % metanu). Jeho kvalitu lze zvýšit

čištěním. 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.

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.

5.3.2 Alkoholové kvašení

MOUDRÝ a SOUČKOVÁ (2006) popisují, že etanol vzniká alkoholovým kvašením cukrů. Výchozími surovinami jsou produkty obsahující cukr, škrob příp. celulózu.

Teoreticky je možno vyrobit z 1 kg cukru 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. Pro získání alkoholu musíme vynaložit 1 jednotku energie, abychom získali 1,5 až 2 jednotky pohonné hmoty. U olejů na 1 jednotku je to více a to 4 až 5 jednotek. Při spalování, zplyňování je to na 1 jednotku 10 - 15 jednotek.

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 obsahujících škrob (obilí, brambory) je třeba tento škrob nejdříve rozložit na zkvasitelné cukry. K tomuto účelu slouží kyselá hydrolyza. 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 obsahujících 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.

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.

V ČR je do benzínu přimícháván MTBE (metyl-terc-butyl-eter). Roční dovoz metanolu (suroviny pro jeho výrobu) činí kolem 35 000 tun. MTBE lze nahradit ve složení benzínu ETBE (etyl-terc-butyl-eter). Lihovary v ČR mají v současné době kapacitu na výrobu 900 000 hl kvasného lihu za rok. Současná roční výroba lihu je kolem 600 000 hl.

Při schválení náhrady MTBE v benzínech ETBE by mohly naše lihovary využívat plně svoji kapacitu.

K výrobě etanolu se dá používat široký sortiment plodin.

5.4 Chemická přeměna biomasy

5.4.1 Esterifikace

Bionafta se vyrábí reesterifikací přírodních olejů a tuků metanolem za přítomnosti alkalických katalyzátorů (NaOH, KOH). Při reesterifikaci se z triglyceridu (u nás výhradně řepkový olej) postupně uvolňují acylové zbytky, které se váží na methanol. Bionafta se vyrábí reesterifikací přírodních olejů a tuků metanolem za přítomnosti alkalických katalyzátorů (NaOH, KOH). Při reesterifikaci se z triglyceridu (u nás výhradně řepkový olej) postupně uvolňují acylové zbytky, které se váží na methanol. Vedle metylesteru mastné kyseliny se uvolňuje glycerol, který se uvolní z reakční směsi jako spodní, těžší fáze. Nejdříve se ze semen olejnin lisuje olej, který jde dále do strojní linky, která je tvořena míchačkou pro triglycerid, provozovanou za normálního tlaku a teploty (event. s přehřevem na 60 - 80 °C), míchačkou pro směs alkohol - katalyzátor s rekuperátorem procesního tepla, usazovací nádrž pro těžkou glycerinovou fázi, odpařovač alkoholu pro jeho regeneraci z lehké esterové fáze tvořící se při reesterifikaci, propírací a sedimentační nádrž pro bionaftu zbavenou zbytků alkoholu, vysoušeč promyté esterové fáze a kondiční stupeň před uskladněním, event. expedici bionafty. (MOUDRÝ, STRAŠIL, 1996)

6. VHODNÉ HYBRIDNÍ ODRŮDY PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

První bioplynové stanice používaly jako substrát organické odpady z čistíren vod a zpracovatelského průmyslu. Zavedením dotačního systému v Německu (NAWARO – zpracování obnovitelných zdrojů), došlo k rychlému rozvoji zájmu o používání statkových hnojiv a rostlinných substrátů z polních plodin. Právě Německo patří mezi největší producenty elektřiny z tohoto alternativního zdroje na světě. Proto bylo přistoupeno k pokusům s cílem získat rostlinu, a poté hybrid s vysokým výnosem biomasy a výbornou stravitelností zbytku rostliny, což se velmi úspěšně podařilo a daří.

Silážní kukuřice je v současné době nejvýznamnější plodinou pro výrobu bioplynu. Ať jako samostatný substrát, nebo v kombinaci s jinými plodinami či statkovými hnojivy.

Důvodem využití kukuřičné siláže byl její vysoký výnosový potenciál s dobrým výtěžkem plynu z kg sušiny a plynu z hektaru, dlouhodobé zkušenosti se silážováním a jednoduchým uskladněním. To vše vedlo k cílenému šlechtění energetické kukuřice.

Hlavním cílem tohoto programu bylo vypěstovat hybrid s velmi vysokým výnosem suché hmoty z hektaru a výnosovou jistotou z hlediska odolnosti vůči suchu a chladu s důrazem na adaptaci pozdních hybridů do našich podmínek. Pěstováním se zabývá několik firem a jejich úspěšné hybridy v dnešní době se používají k plnění BPS.

6.1 DKC5542 (FAO 350)

Tento hybrid je středně pozdní mohutný a vysoký. V posledních třech letech dosahoval pravidelně u pěstitelů výnosů hmoty mezi 65 až 70 t/ha. V teplejších oblastech, zejména v kukuřičné výrobní oblasti, dosahoval výnosů dokonce okolo 90 t/ha čerstvé hmoty při sušině 30 až 32 %. Jde o kukuřici s delší vegetační dobou, kterou využívá pro maximalizaci tvorby biomasy. Nejvhodnější oblastí pro jeho pěstování je kukuřičná, řepařská a okrajově ostatní teplejší výrobní oblasti. Aby byl maximálně využit jeho výnosový potenciál, doporučujeme sít co nejdříve na jaře, jakmile nám to dovolí podmínky.

Má velmi dobrou rychlost počátečního růstu a chladuvzdornost, což znamená, že jej sejeme na počátku agrotechnického termínu. Vykazuje silný staygreen efekt, vysokou stavitelnost vlákniny, zejména NDF, což zabezpečuje rychlou fermentaci a tvorbu bioplynu z vodorozpustných cukrů, které jsou obsaženy ve stoncích a listech (ČERNÝ, 2010).

6.2 DKC3871 (FAO 270)

Tento další hybrid určený speciálně pro výrobu bioplynu pochází také z německého šlechtění. Jde o ranější typ než předchozí hybrid. Spolu tvoří výbornou dvojici, která se může doplňovat při postupném rozložení sklizně. Výnos hmoty tvoří především mohutným stonkem, který je výborně olistěný. DKC3871 je velmi adaptabilní hybrid, který doporučujeme pro pěstování v obilnářské, bramborářské a částečně řepařské oblasti. Výborná chladuvzdornost a rychlý start umožňuje hybrid zasít na počátku jara, aby využil včas svou vitalitu při tvorbě biomasy. Jeho dlouhý stay green efekt umožní pěstiteli postupně sklízet v optimální silážní zralosti bez rizika přesušení suroviny a vyvarovat se problémům dusání přeschlé hmoty. Mezi důležité faktory při hodnocení biomasy patří i nezávadnost celkové hmoty. Při jakémkoliv znehodnocení plísněmi, zavíječem, mykotoxiny apod. dochází k rychlému snížení výkonnosti BPS (ČERNÝ, 2010).

6.3 DKC3946YG

Do rizikových oblastí, které jsou zasaženy zavíječem kukuřičným a kde následně dochází k druhotnému rozšíření plísní a mykotoxinů kukuřičné hmoty v průběhu fermentace, se nejlépe osvědčil hybrid DKC3946YG, který díky zabudované technologii Yield-Gard® zajišťuje výbornou ochranu proti zavíječi po celou dobu vegetace. Takto sklizený hybrid je zárukou dostatečného množství zdravé a nezávadné suroviny.

Je všeobecně známo, jak uvádí ČERNÝ (2010), že limitujícím faktorem při biologickém rozkladu kukuřičné hmoty je její lignocelulózová složka a její rozložitelnost závisí na poměru základních komponent celulózy, hemicelulózy a ligninu. Všechny tři výše uvedené hybridy byly vybrány právě na základě těchto důležitých parametrů a v případě optimální sklizňové sušiny od nich můžete očekávat tu nejlepší kvalitu, která se projeví v bioplynové stanici výrobou bioplynu s vysokým poměrem metanu (ČERNÝ, 2010).

6.4 ATLETICO (FAO Z 280/S 280)

První hybrid cíleně vyšlechtěný pro bioplynové stanice (KUKUŘICE V PRAXI, 2010, Sborník ze semináře) je tento středně ranná dvouliniová rostlina, která v této oblasti suverénně vede. Rychlý počáteční vývoj a její odolnost vůči chladu způsobuje rychlý start k jejímu velmi vysokému vzrůstu pevného a vysokého stébla s bohatým olistěním. Má

vysoký podíl lehce degradovatelné vlákniny, čímž má předpoklad k vynikající výtěžnosti metanu. Při jeho sklizni při sušině 28,5 % nejsou ještě plně dozrálé palice a celkový výnos hmoty není tím ovlivněn množstvím zrna a tím i škrobu, který není při výrobě bioplynu upřednostněn. V podmínkách řepařských teplých i chladných oblastí a obilnářských oblastí se doporučuje výsevek 90 – 95 tisíc zrn podle kvality a vlhkosti stanoviště. Při sklizních se sušinou 28 – 30 % se právě uplatňuje jeho vysoká degradabilita celé rostliny.

6.5 TOURAN (FAO S 260)

Tento hybrid lze v ČR pěstovat ve všech oblastech, vyjma těch nejteplejších, pro které je zbytečně ranný. Je to tříliniový, velmi vzrůstný hybrid s velkou odolností proti polehávání s výtěžností až 63 t/ha se sušinou až 34,4 % dle pokusů z roku 2007 na různých stanovištích v ČR.

6.6 KWS 5133 ECO (FAO Z 250/S 250)

Ranný tříliniový hybrid má velký výnosový potenciál suché hmoty z hektaru ve všech pěstitelských podmínkách. Má schopnost si prostřednictvím vyvinutého kořenového systému s velkou sací silou opatřit si vodu a živiny z půdy a je tolerantní vůči občasnému přísušku. Dobře využívá živiny z organického hnojení, a proto může být pěstován v systému tzv. organického zemědělství. Může, díky své odolnosti proti chladu, být pěstován i v chladnějších oblastech. Hustota porostu se pohybuje dle vlhkostních poměrů mezi 85 -90 tisíci rostlinami na hektar, v horších podmínkách 80 – 85 tisíc na hektar.

6.7 KWS 1393 (FAO Z 450/ S 450)

Středně pozdní dvouliniový hybrid vhodný pro pěstování na siláž v nejteplejších oblastech ČR, zejména na jižní Moravě, v kukuřičných výrobních oblastech. Rostlina má vysoký vzrůst a dobrým olistěním, ale pro svou realizaci potřebuje dostatečné vláhové stanoviště, kde je pak hustota porostu mezi 65 – 75 tisíc rostlin na hektar. Na stanovištích s občasným přísuškem je ho nutno pěstovat řidčeji, aby nedocházelo ke konkurenci rostlin. Tento hybrid se vyznačuje rychlým dozráváním, u kterého je silážní sušina k výrobě bioplynu kolem 30 % s dobrou degradabilizací celé rostliny s velkým výnosem bioplynu.

6.8 POROVNÁNÍ KUKUŘIČNÝCH HYBRIDŮ ATLETICO A LATIZANA Z HLEDISKA VÝNOSŮ BIOMASY, OBSAHU SUŠINY A PRODUKCE METANU

PETŘÍKOVÁ (2008) píše, že výroba bioplynu je efektivní způsob využití biomasy. Vedle tradičních bioplynových stanic, známých z návaznosti na čistírny odpadních vod nebo při využití odpadů, se v poslední době budují bioplynové stanice zemědělského typu s předpokladem až 200 těchto bioplynových stanic v roce 2011. Anaerobní digesce biomasy označuje mikrobiální přeměnu organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a fermentačního zbytku (digestátu) (HAVLÍČKOVÁ a kol., 2008).

Vysoký energetický potenciál a výnos biomasy kukuřice je důvodem využití kukuřičné biomasy ve formě siláže jako nosného substrátu pro výrobu bioplynu. Plocha silážní kukuřice, která poklesla se sníženým stavem hospodářských zvířat, může opět narůst při využití kukuřičné siláže v bioplynových stanicích zemědělského typu, bez negativních dopadů.

Výnos suché hmoty t.ha⁻¹ silážní kukuřice – státní odrůdové zkoušky ÚKZÚZ

Rok	Velmi raný sortiment	Raný sortiment	Střední raný sortiment
2007	17,1	18,3	17,9
2008	15,1	17,7	17,4

Zdroj: www.ukzuz.cz

Uplatnění kukuřičné siláže v bioplynových stanicích vyžaduje vypěstovat kvalitní biomasu. PROKOP (2008) uvádí, že využívané hybridy kukuřice do bioplynových stanic je potřebné sklízet při sušině biomasy celá rostliny v rozmezí 28 - 32 %. HOFMANOVÁ (2006) zdůrazňuje, že pro vysokou výtěžnost bioplynu není rozhodující celkový výnos zelené hmoty, ale výnos fermentovatelné hmoty. Klasický silážní hybrid poskytne maximálně 6000 m³ metanu z 1 ha. Využitím hybridů šlechtěných k energetickým účelům je cílem dosáhnout 10 000 m³ metanu z 1 ha.

Náklady na jednotku energie v závislosti na výnosu sušiny silážní kukuřice

Výnos sušiny (t/ha)	Elektrická energie (Kč/kWh)	Tepelná energie (Kč/GJ)
10	2,30	256
13	1,80	204
16	1,50	172

Zdroj VÚZE

Pro porovnání výnosu biomasy, obsahu sušiny, výnosu sušiny a produkce bioplynu byly založeny pokusy s hybridem kukuřice LATIZANA (středně raný silážní hybrid) a ATLETICO (středně raný hybrid k energetickým účelům). Oba hybridy byly pěstovány na lokalitě České Budějovice (380 m n. v.) a Lukavec (620 m n. v.). Zvolená hustota porostu 100 000 jedinců.ha⁻¹, řádky 750 mm, 4 opakování. Před setím byla aplikovaná jednorázová dávka dusíku – 150 kg N.ha⁻¹ (Ureastabil). Termín sklizně byl volen tak, aby bylo dosaženo požadovaného obsahu sušiny biomasy. Sklizená biomasa zvolených hybridů byla samostatně silážovaná. Získané výsledky byly statisticky vyhodnoceny programem Statistika. Produkce metanu v normo litrech (NL) v kukuřičné siláži byla stanovena v ENKI, o. p. s. Třeboň.

Dosažené výnosy biomasy se u zvolených hybridů (tab. 1) pohybovaly na úrovni výnosů, které dosahuje ÚKZUZ ve státních odrůdových zkouškách. Vyšší výnos biomasy ve vyšší nadmořské výšce je dán skutečností, že sklizeň v závislosti na požadovaném obsahu sušiny biomasy byla provedena o tři týdny později. Přesto při sklizni 8. 10. nebyl v nadmořské výšce 620 m u klasického silážního hybridu s možností pro energetické využití LATIZANA dosažen požadovaný obsah sušiny, který uvádí PROKOP (2008). Při statickém hodnocení nebyla prokázána statistická průkaznost vzniklých rozdílů u výnosu biomasy a obsahu sušiny.

Sklizeň silážní kukuřice v různých nadmořských výškách

	380 m n. v. (17. 9. 2008)		620 m n. v. (8. 10. 2008)	
	ATLETICO	LATIZANA	ATLETICO	LATIZANA
výnos biomasy t.ha ⁻¹	60,2	55,7	65,2	66,1
sušina biomasy %	29,4	30,5	30,8	26,5
výnos sušiny biomasy t.ha ⁻¹	17,7	17,0	20,1	17,5

Výtěžnost metanu u kukuřičné siláže, vyjádřená v normo litrech (NL) z 1 kg organických látek, byla u hybridu ATLETICO určeného k energetickým účelům vyšší na obou stanovištích v porovnání se silážním hybridem LATIZANA. To potvrzuje sdělení HOFMANOVÉ (2006), HAVLÍČKOVÉ a kol. (2008), že pro výtěžnost bioplynu je rozhodující výnos fermentovatelné hmoty. U obou hybridů byla dosažena vyšší výtěžnost metanu v nižší nadmořské výšce. Vzniklé rozdíly u výnosu biomasy a sušiny a produkce metanu mezi hybridy a stanovišti nebyly statisticky průkazné.

Výtěžnost metanu u silážní kukuřice (NL metanu/kg OL)

	Jednotky	380 m n. v.		620 m n. v.	
		ATLETICO	LATIZANA	ATLETICO	LATIZANA
proteiny	NL metan	111,5	123,7	119,1	102,3
lipidy	NL metan	122,0	76,6	56,8	71,0
vláknina	NL metan	72,6	101,7	119,4	64,4
BNVL	NL metan	77,3	70,3	67,0	74,6
Celkem	NL metan/kg OL	383,4	372,3	362,2	342,3

Produkce metanu je vyjádřena „normo litrech“.

Výsledky pokusů prokázaly vysoký výnosový potenciál zvolených hybridů kukuřice pro využití k energetickým účelům. Vyšší nadmořská výška přináší riziko u hybridů s vyšším produkčním potenciálem (hybridy s číslem FAO 270 – 300), že nebude dosažen požadovaný obsah sušiny. Zde je nutnost volit hybridy s kratší vegetační dobou a tím i s nižším výnosovým potenciálem. Prokázal se trend vyšší výtěžnosti metanu u kukuřice vypěstované v nižší nadmořské výšce a u hybridu ATLETICO vyšlechtěného k energetickým účelům. Stabilní a vysoké výnosy jsou základem ekonomického pěstování kukuřice k energetickým účelům. Čím vyšší bude dosažený výnos biomasy a sušiny, tím nižší budou náklady na jednotku produkce a nižší zatížení výroby bioplynu (DIVIŠ, KAJAN, PROCHÁZKA, 2010).

7. BIOETHANOL

7.1 Obecná technologie výroby

V naší republice se především využívá jako vstupní surovina pšenice a kukuřice, která je vykupována od prvovýrobců a následně uskladněna v silech. Ta se zpracovává na třech paralelně zabudovaných linkách. Každá linka je vybavena síťovými třídíči pracujícími na základě velikostního třídění pomocí systému sít a vibrací, odkaménkovači a následně kladivovými šrotovíky. Vzniklý šrot se váží na pásové dávkovací váze, a následně míchá s vodou a katalyzátory biochemických reakcí – enzymy. Následně se v prvním stupni hydrolýzy za daných podmínek (teplota a čas) uvolňují procesem ztekucení škrobu krátké molekulové řetězce – dextriny, které se v druhém stupni hydrolýzy dále štěpí procesem

zcukřování až na monosacharidy – glukózu, vyznačující se lehkou zkvasitelností pomocí kvasinek rodu *Sacharomyces Cerevisiae* – Ethanol red.

Vlastní prokvašení probíhá ve kvasných kádích, které slouží k nárůstu biomasy a částečnému prokvašení cukrů na ethanol a dokvasných kádích, které slouží k hlubokému prokvašení zbylých cukrů na ethanol. Doba kvašení se pohybuje okolo 55-60 hodin.

Vlastní alkohol se poté odděluje od vodní fáze v komplexu destilace – záparové koloně s využitím fyzikálně chemických reakcí za vzniku ethanolu o koncentraci cca 55%, který je nastříkovan do rektifikační kolony a následně odtahován produkt o koncentraci 96%, který se odvodňuje na molekulových sítích tvořených zeolitu příbuzným materiálem za vzniku bioethanolu o koncentraci minimálně 99,7%.

Vhodnými výchozími materiály jsou dále cukrová řepa, obilí, kukuřice, ovoce nebo brambory. Cukry mohou být vyrobeny i ze zeleniny nebo celulózy. Fermentace cukrů může probíhat pouze v mokřém (na vodu bohatém) prostředí. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého ethanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 až 95 %, protože vedle ethanolu vznikají vedlejší produkty (0,003 kg přiboudliny z destilace 1l bioethanolu), jak uvádí VÁŇA (2006).

7.2 Produkty

Hlavními produkty, které vznikají při výrobě bioethanolu jsou:

- ethanol bezvodý, určený k použití do alternativních motorových paliv (min. 99,7 %)
- surový etanol (min. 95%)

Při procesu výroby bioethanolu vznikají též vedlejší produkty jako jsou lehké alkoholové podíly - technický alkohol a těžké alkoholové podíly – přiboudliny, využívající se v chemickém a farmaceutickém průmyslu.

- technický alkohol (min. 80 %)
- přiboudliny (max. 15 % ethanolu)

Výpalky, ze kterých se právě oddestiloval alkohol se dekatují na odstředivkách, suší na trubkové sušárně a následně peletizují. Vzniklé pelety nalézají vhodné využití v krmivářském průmyslu, možné je i jejich spalování v kotlích na tuhá paliva.

- vlhký výpalkový koláč, využití jako krmivo pro přímou spotřebu (sušina cca 30 – 33%)

- suché sypké výpalky, využití převážně pro výrobu krmných směsí (sušina cca 85 – 90 %)
- výpalkové pelety (velikost 8 x 15 mm, sušina cca 85 – 90 %)

7.3 Porovnání plodin z hlediska výtěžnosti bioethanolu

STUPAVSKÝ (2008) píše, že z hlediska produkce kvasného lihu z 1 ha sklizené plochy je nejvýnosnější plodinou cukrová řepa, z obilovin je nejproduktivnější plodinou zrnová kukuřice. Stanovené produkční potenciály sacharidických zemědělských plodin vhodných pro výrobu palivového lihu byly verifikovány v rámci zpracování Územní energetické koncepce Jihomoravského kraje, kde společnosti A.R.C. spol. s r.o. byla zadána „Studie bioenergetického potenciálu bývalého okresu Znojmo“ za účelem posouzení výstavby průmyslového lihovaru. Řešení vychází z průměrných výnosů plodin v dlouhodobém sledování (1990 – 2001), kde výnosy uvažovaných plodin pro výrobu bioethanolu se pohybují v úrovních uvedených v tabulkách Tab. č. 2, č. 3 a Tab. č. 4.

7.4 Výhody a nevýhody používání bioethanolu jako přídavku do paliv

Přísada biolihu do pohonných hmot zvyšuje hodnotu oktanového čísla a snižuje motorové emise znečišťujících látek, škodlivých pro lidské zdraví a také i životní prostředí. Biolíh v palivech zvyšuje tlak par, čímž zvyšuje optimální vzplanutí a účinnost palivové směsi. Nevýhodou je zde ale možnost poutání vody do lihu v pohonné látce a tím i zvýšení korozivnosti kovových částí motoru.

Benzín lze použít s přísadou až do 10 obj. % biolihu bez problémů s pohonnou hmotou. Při vyšším podílu biolihu už může docházet k separaci vrstev pohonné látky, a to hlavně vlivem vody. Proto je nutné k této pohonné látce přidávat i kosolventy, což jsou obvykle buď rozvětvené vyšší alkoholy (butanoly), nebo organické metylestery, lépe ale cyklické etery (dioxan, tetrahydrofuran), které u nás nemáme, a jsou z dovozu. Množství kosolventu je nutno přidat až do poloviny množství biolihu. Kromě toho se zde už vyžaduje úprava motoru – hlavně zvýšení kompresního poměru. Zvyšujícím se množstvím biolihu ale narůstá i spotřeba takové pohonné hmoty asi tak o polovinu objemu použitého biolihu.

ROŠKANIN (2007) uvádí, že výhody spalování benzínu s vyšším obsahem biolihu až do obsahu 85 %, jako je E-85, jsou zejména v lepším startování motoru za chladu až mrazu, na což ale není jednotný názor a lepším spalování pohonné látky ve válcích vlivem

vysokého obsahu organicky vázaného kyslíku. Emise oxidů síry a oxidu uhelnatého jsou zde téměř zanedbatelné.

Z nevýhod uvádí hlavně zvýšenou spotřebu pohonné hmoty a problémy při jízdě v horkém letním počasí, kdy vyšší odpařivost biolihu (tvorba bublinek) a možnost přitahování vody biolihem do pohonné hmoty. To je na závadu hlavně starším motorům s karburátorem než motorem se vstřikováním paliva nebo u dvoutaktních motorů.

Další problémy zde mohou nastat při vyšším obsahu vody v biolihu, kdy obvykle dochází až k zákalu pohonné látky. Už zmíněnou vyšší korozivnost paliva na konstrukci motoru je možno potlačit přísadou antikorodantů, jinak se projevuje až po projetí 30 až 50 tisíc kilometrů. Pro starší typy motorů s „měkkými“ ventily je ale nutno pořád přidávat přísadu nahrazující mazivost původního tetraetylolova. Jinak by mohlo asi tak po 300 – 500 kilometrech jízdy dojít až k propálení ventilových sedel.

7.5 Bioethanol ve světě a v ČR

Bioethanol je alternativou fosilních paliv a je vyráběn z obnovitelných zdrojů. Zatím největší spotřeba biolihu je v Brazílii, kde se jeho objem už blíží ke 20 miliardám litrů za rok pro paliva typu E-85 a takzvaný gasohol. Podle statistiky z roku 2005 byla Brazílie na prvním místě ve výrobě biolihu v množství 16,7 megatun (Mt), následovaly Spojené státy s 16,5 Mt, Asie s 6,6 Mt a Evropa s 3,0 Mt. Evropa je zase na tom lépe lepší ve výrobě bionafty, a to v množství 3,2 Mt, Spojené státy pouze s 0,25 Mt, což je dáno převahou počtu zážehových motorů před vznětovými. Cílem zemí EU je zde značný rozvoj a vyrábět v roce 2010 až 18 Mt všech biopaliv.

VÁŇA (2006) uvádí, že bioethanol má proti motorové naftě o 35 % horší výhřevnost a tím i vyšší spotřebu existujících provozních aplikací bioetanolu ve vznětových motorech. Důvodem k jeho uplatnění je velmi příznivé složení emisí, zejména je nízká kouřivost. Nejdelší zkušenosti s využíváním bioetanolu ve výrobě motorových paliv mají v zámoří, kde po určité stagnaci v 80. letech (v Brazílii bylo příčinou zvýšení ceny cukru) dochází k obnově dynamiky užití bioetanolu v sektoru paliv. V USA se očekává prudký nárůst uplatňování bioetanolu do motorových paliv na základě daňové úlevy (Energy Policy Act) platné od roku 1992. Bioethanol je zde vyráběn především z kukuřice a v roce 1993 se vyrobil a následně použil v motorových palivech 1 milion galonů (1 galon = 3,79 l). V Brazílii bylo za uplynulých 20 let provozováno celkem 600 milionů aut na palivo obsahující 22 % bezvodého etanolu a 5 mil aut využívajících vodný etanol. Novému

palivu byly konstrukčně přizpůsobeny vznětové motory, především v rámci produkce vlastního automobilového průmyslu (od roku 1979). Provozováno je i palivo MEG (metanol 33 %, etanol 60% a gasolina = benzin 7 %). Plošné užití paliva na bázi bioetanolu bylo umožněno státní podporou v rámci programu zahrnujícího i podporu v oblasti výroby upravených motorů osobních automobilů (ROŠKANIN, 2007).

Široké uplatnění má zejména třtinový alkohol v Brazílii, kde se používá jako automobilové palivo. V 80. letech byly zhruba dvě třetiny automobilů v Brazílii vybaveny speciální úpravou motoru, která jim umožňovala jezdit na čistý alkohol. Dnes se nové automobily již takto neupravují, zato veškerý automobilový benzin v Brazílii obsahuje 26 % třtinového alkoholu. S touto směsí mohou pracovat běžné spalovací motory. Bioethanol vyrobený z kukuřice se rovněž používá jako aditivum do většiny automobilových benzínů v USA. Obsah alkoholu v USA je většinou 10% (obr. č. 5).

Ve Francii se používá bioethanol jako směsné palivo do vznětových autobusových motorů městské dopravy. Motor je však konstrukčně upravován a opatřen katalyzátorem.

Palivo má sice o 25 % nižší cenu než motorová nafta (je to dáno daňovým osvobozením bioetanolu), ale spotřeba vztahovaná na stejný energetický obsah měrné jednotky paliva je vyšší o 84 % (1 l motorové nafty odpovídá 1,84 l biopaliva). Používání tohoto paliva v městské dopravě je tedy příznivější k životnímu prostředí, avšak provoz proti motorové naftě je dražší neboť bioethanol má proti motorové naftě o 35 % horší výhřevnost a tím i vyšší spotřebu (SLADKÝ, 2007).

Lih k pohonu motorů se upravoval ve směsi, z nichž domácí přípravek vyráběný za první Československé republiky se nazýval dynalkol. Dynalkol byla směs 40 % etylalkoholu se 60 % benzenu. Kromě toho se vyráběl pro speciální účely dynalkol letecký, složený ze 44 % lihu, 44 % benzenu a 12 % petroleje. Tyto směsi se připravovaly v rafineriích za stálého dozoru finančních orgánů. Pro tyto účely se užíval alkohol 96,7 %ní (MALASKA, 2007).

8. BIOPLYNOVÉ STANICE

8.1 Základy kvasné biotechnologie BPS

VÁŇA, ŠLEJŠKA (1998) popisují, že bioplyn vzniká při anaerobním rozkladu organických látek při zamezení přístupu kyslíku. Z principu je každý organický materiál

vhodný pro výrobu bioplynu, ale ne všechny složky jsou kvalitně rozložitelné, silné dřevité rostliny s vysokým podílem ligninu se rozkládají jen velmi pomalu. Proto nejsou ekonomicky vhodné pro výrobu bioplynu. S dozríváním všech energetických plodin postupně dochází ke zvyšování podílu ligninu, kterému se můžeme vyhnout pouze včasnou sklizní a jejich dobrou konzervací.

Cílem kvasného procesu je vytvoření hořlavého metanu s podílem 50 – 75 %. Vyššího podílu je možno dosáhnout pouze s přidavkem kosubstrátů.

Vedle metanu je další složkou v plynné směsi nejvíce zastoupen oxid uhličitý v rozsahu 25 – 50 %, dále voda 2 - 7 %, sirovodík 2 %, dusík - méně než 2 %, vodík – méně než 1 % a amoniak do 1 %.

Kvalitu bioplynu je určena poměrem hořlavého metanu k nehořlavému oxidu uhličitému, který zvyšuje náklady na skladování bioplynu. Obsah metanu je přímo ovlivněn složením živných látek substrátu, teplotou a v neposlední řadě i dobrým řízením celého procesu. S obsahem metanu menším než 50 % přichází problémy v podobě nezaručené správnosti chodu a výkonnosti motoru kogenerační jednotky tepelné elektrárny.

Dále je problémovým plynem sirovodík, který způsobuje škody na vedení plynu a motoru jeho korodováním, proto je nutno bioplyn odsiřovat, spolu s odkondenzováním vody a amoniaku.

8.1.2 Vznik bioplynu

Proces bioplynu se rozděluje do čtyř vzájemně po sobě jdoucím dílčím krokům. Za prvé je to hydrolýza (štěpení substrátu), okyselení (acidogeneze), tvorba kyseliny octové (acetogeneze) a nakonec tvorba metanu (metanogeneze).

Jednotlivé stupně přeměny organického materiálu jsou řízeny různými skupinami bakterií, pracujících nezávisle na sobě.

8.1.2.1 Hydrolýza

Substrát, který se vkládá do zařízení na výrobu bioplynu je ve formě vysokomolekulárních nerozpuštěných sloučenin, které se v procesu hydrolýzy rozloží na jednotlivé elementy, které jsou pak rozloženy bakteriemi, uhlohydráty, proteiny a tuky jsou rozloženy na nízkomolekulární sloučeniny – uhlohydráty na jednoduché cukry, proteiny na

aminokyseliny a tuky na mastné kyseliny působením hydrolytických bakterií. Hydrolyza je krokem, určujícím rychlost výroby bioplynu. Pomalý rozklad je příčinou dalšího pomalého procesu, proto je nutno používat substráty dobře hydrolyzovatelné.

8.1.2.2 Okyselení

Produkty hydrolyzy se dále v tomto procesu rozkládají v této další fázi. Bakterie přijímají do vnitřku buněk vzniklé nízkomolekulární sloučeniny, dochází tak k dalšímu rozkladu, hlavně na kyselinu propionovou, máselnou, valerovou a mléčnou. Dále pak vznikají alkoholy, aldehydy, kyselina octová a mravenčí, vodík a oxid uhličitý (obr. č. 12).

Při této přeměně spotřebovávají bakterie zbývající kyslík a vytváří tak anaerobní prostředí pro vznik metanu. V této fázi se může odehrát i přeměna kyseliny octové přímo na metan metanotvornými bakteriemi (WARD, 2008).

8.1.2.3 Vznik kyseliny octové

Látky, které vznikly při acidogenezi se dále přeměňují na kyselinu octovou, vodík a oxid uhličitý. Vstupními látkami pro tento proces je kyselina propionová, valerová, mléčná a mravenčí, které vznikly v předchozím procesu.

8.1.2.4 Vznik metanu

Tento proces je posledním krokem k výrobě bioplynu. Metan se tvoří pomocí příslušných bakterií bez přístupu vzduchu – anaerobně, jeho přítomnost by inhibovala nebo zničila metanogenní bakterie, které jsou schopny měnit oxid uhličitý, některé umí přeměnit vodík, ale jen málokteré přeměňují kyselinu octovou. Až 70 % vytvořeného metanu vzniká využitím kyseliny octové, vyvinuté v acetogenní fázi a 30 % vzniká metanizací oxidu uhličitého a vodíku. tvorba metanu z ostatních látek např. z alkoholů hraje pouze druhotnou roli.

8.1.3 Prostředí pro bakterie

S různou úrovní generační doby bakterií (doba, za kterou jsou schopny se množit – zdvojnásobit počet buněk) hrozí nebezpečí, že dojde k překyselení zařízení –

kyselinotvorné bakterie se zmnoží rychleji a metanobakterie nebudou schopny zvládnout přebytek kyselin – omezí se aktivita bakterií, čímž klesne výtěžnost metanu a nakonec může dojít i ke zhroucení celého procesu. Proto se tomuto úkazu čelí omezením nebo zastavením přísunu substrátu, čímž se poskytne dostatek času metanobakteriím rozložit kyseliny.

8.2 Rozdělení bioplynových stanic

Bioplynové stanice (BPS) v naší republice v dnešní době dodávají do sítě elektřinu vyrobenou z různých substrátů, kde největší podíl tvoří rostlinná biomasa. Rozvoj využití biomasy i jejího pěstování pro energetické účely je součástí řešení ekologických a energetických otázek. Součástí je také řešení problémů zemědělské politiky rozvoje venkova, která je intenzivně podporována Evropskou unií. Využití alternativních zdrojů pro výrobu elektřiny se výrazně zlepšilo zavedením státní podpory podle zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů, který garantuje výkupní ceny na dobu nejméně 15 let.

Tyto stanice rozdělujeme do tří základních kategorií:

- zemědělské (farmářské) – zpracovávají pouze substráty ze zemědělské prvovýroby, zejména statková hnojiva (keжда, hnůj) a plodiny cíleně pěstované k energetickému využití s největším zastoupením kukuřice. Jsou nejméně problematické z hlediska zpracovávaných vstupů a jejich schvalovací proces je nejjednodušší
- kofermentační (průmyslové) – zpracovávají výhradně, a nebo podílově rizikové substráty (jateční odpady a kaly z čističek odpadních vod)
- komunální – zde se zpracovávají komunální bioodpady z údržby městské zeleně, odpady z jídelen a tříděných odpadů z domácností

8.3 Princip bioplynové stanice

Principiálně se setkáváme se dvěma druhy procesů, a tou je mokrá fermentace - zpracování biomasy s obsahem sušiny < 12% a suchá fermentace - zpracování biomasy s obsahem sušiny 20% až 60%. Z hlediska reakční teploty (resp. druhu anaerobních mikroorganismů) se v praxi nejčastěji setkáme s procesy:

- mezofilní (35 °C až 40 °C) - nap ř. při zpracování prasečí a hovězí kejdy v zemědělství
- termofilní (55 °C) - nap ř. zpracování kalů na ČOV (vyšší teplota pro hygienizaci kalů).

Anaerobní fermentace je doprovázena velmi výraznou redukcí přirozené pachové zátěže (fermentace probíhá v plynotěsném reaktoru). Průměrná doba zdržení biomasy v reaktoru činí 20 - 30 dnů (obr. č. 14).

Zásobování bioplynové stanice (obr. č. 8) je od počátku až dokonce proces řízený člověkem. Z jednotlivých druhů biomasy dostupných v zemědělském podniku můžeme využít k fermentaci např. kukuřici, trávu, zbytky cukrovky, obiloviny, řepku, odpady z živočišné výroby apod. Aby došlo k maximální efektivitě při výrobě elektřiny z biomasy, nutné zabezpečit pravidelný přísun kvalitního a homogenního substrátu v dostatečném množství. Jako hlavní zdroj k tomuto účelu je využívána právě kukuřice, která představuje přes 50 % hmotnosti všech substrátů. V přepočtu na obsah energie to může být až 80 % energetického obsahu všech substrátů.

Hlavním důvodem pro využití kukuřičné píce k výrobě bioplynu je relativně vysoká produkce bioplynu z jednotky hmotnosti a v praxi už dobře zavedené agrotechnické postupy při jejím pěstování, následné sklizni a konzervaci. Produkce z tuny kukuřiční siláže může být až 220 m³ bioplynu, ale i zde jsou rozdíly mezi pěstovanými hybridy kukuřice.

PASTOREK, KÁRA (2003) popisují, že řízená anaerobní fermentace je způsob ve kterém směsná kultura mikroorganismů a bakterií rozkládá biologicky odbouratelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu s výslednými produkty bioplynu s obsahem metanu 55 – 70 % a digestátu, který lze dále využít jako hnojivo. V „suché“ technologii anaerobní digesce se pracuje se sušinou vsázky vyšší než 25 %, většinou v rozpětí 30 – 35 %, protože v tomto rozpětí byla zjištěna největší produkce bioplynu až 1,5 m³ na 1 m³ fermentačního prostoru a den při 40 % destrukci organické hmoty bez překročení meze inhibice koncentrace nižších mastných kyselin. Nejjednodušší technologický systém pro biozplynování tuhých biodegradabilních odpadů použitelný mimo jiné i pro fytomasu je diskontinuální vsázkový systém (Batch – system), který byl během posledních 60 let vytvořen v různých modifikacích. Nejvíce rozšířenou variantou jsou tři vsázkové fermentory, které jsou střídavě plněny a vyprazdňovány v kombinaci s integrovaným plynojemem v jednom subjektu. Technologie založené na tomto principu se liší přípravou substrátu, očkovaním, perkolací procesní tekutiny a způsobem odvodnění. Tyto

fermentory navrhl Žilka v r. 1979. Substrát se nasype do drátěného koše s průměrem 6 m, na který se po naplnění nasadí tepelně izolovaný zvon, který má zařízení pro odvod plynu do plynojemu. Tento systém je využitelný pro kofermentaci fytomasy s chlévskou mrvou.

Kontinuální systém pracující se sušinou substrátu kolem 30 %, vznikl zdokonalení fermentoru z návrhu Wong – Chong (1975), ve které substrát kontinuálně prochází fermentorem, přičemž část zfermentovaného substrátu (obr. č. 10) se vrací na počátek procesu, kde se mísí znovu s čerstvým substrátem (obr. č. 9).

Nejznámější je systém, vzniklý v Belgii, kde se používá válcový biofermentor, který se vyprazdňuje šnekovým mechanismem (obr. č. 11).

a externí čerpadlo pro recirkulaci tekuté části substrátu. Švýcarský systém je založen na ležatém válci, ve kterém se část substrátu pohybuje horizontálně a je promíchávána s recirkulující procesní kapalinou. (obr. č. 4)

Významným technologickým prvkem většiny systémů pro anaerobní digesci fytomasy je recirkulace kapalné fáze. V jednostupňových systémech je zpravidla tato recirkulace spojena s odvodněním zfermentovaného substrátu. Recirkulací procesní kapaliny (VÁŇA, ŠLEJŠKA, 1998) stoupá doba jejího zdržení v systému ve srovnání s dobou zdržení sušiny, prodlužuje se zdržení mikrobiálních částí a zvyšuje se mikrobiální hustota ve fermentorech. Akumulace nezmetabolizovaných rozpustných látek např. anorganických solí, je v tuhé části substrátu zpravidla vyšší než v tekuté části. Tím se stabilizuje fermentační proces a snižují se teplotní ztráty. Tento systém byl navržen spolu s kompostovací linkou Váňou a Šlejškou r. 1998.

Zvýšení biologické rozložitelnosti a tím i výtěžnosti metanu lze dosáhnout vhodnou předúpravou suroviny. Všechny metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu. Zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací dochází k podstatnému zvětšení povrchu a tím i k větší dostupnosti enzymovému rozkladu, u některých metod dochází i k hydrolýze makromolekulárních látek.

8.4 Bioplyn

ČERNÝ (2010) popisuje, že bioplyn je produktem látkové výměny metanových bakterií, za nepřístupu vzduchu ve vlhkém prostředí dochází k tzv. anaerobní fermentaci. je to směs plynů, z nichž hlavní jsou metan CH_4 a oxid uhličitý CO_2 . Vzniká mikrobiálním rozkladem organické hmoty za nepřístupu vzduchu (tzv. anaerobní fermentací nebo

digescí). Energeticky využitelný bioplyn je vyráběn ve specializovaných technologických zařízeních tzv. bioplynových stanicích. Bioplyn také vzniká v tělesech komunálních skládek, kde bývá pro další využití jímán systémem sběrných studní a čerpacích stanic. V principu se jedná o podobný proces jako při silážování rostlinné biomasy v silážních žlabech, kde chceme konzervovat píci v nejlepší možné kvalitě tak, jak byla získána po sklizni.

Hlavní výhřevnou složkou bioplynu je CH_4 . V závislosti na původu bioplynu (= druh biomasy, ze které vznikl) může obsahovat některé nežádoucí sloučeniny. Tyto komponenty mají především vliv na životnost vybraných technologických celků. Z hlediska legislativy ochrany ovzduší je nutno především věnovat pozornost dodržení emisních limitů sirnatých sloučenin. Proto jsou některé bioplynové stanice osazeny i odsiřovacími systémy (Metodický pokyn Ministerstva ŽP).

Dále je nutné klást důraz na čištění bioplynu, tj. odstranění vody a stopových nečistot (amoniak, sulfan) a vlastní upgrading (zusušlení), kdy je separován oxid uhličitý a methan. V úvodu výčtu jednotlivých technologií je pak třeba zdůraznit, že neexistuje jediná nejlepší technologie separace plynů a jakákoliv z následujících technologií může být v daném projektu vyhodnocena technologicky nejvhodnější. Při vlastním posuzování je zapotřebí vždy komplexně posuzovat požadovanou kapacitu zařízení, výstupní kvalitu plynů a předávací tlaky. Zvláštní kapitolou je pak integrace tepelných toků předešlých a následných technologií (STRAKA, 2010).

PSA (Pressure Swing Adsorption, adsorpce se změnou tlaku) patří v současné době spolu s absorpcí v kapalinách mezi nejpoužívanější technologie zusušování bioplynu. Při adsorpci se váží oddělované molekuly (adsorbáty) ze směsi plynů na porézní pevné látky (adsorbenty). Účinek adsorpce je podpořen nízkou teplotou a vysokým tlakem. Vliv teploty na adsorpci je však spíše malý, a proto není nutné přes vývin tepla během adsorpce adsorbér chladit. Z bezpečnostně-technických důvodů by však u některých adsorbérů měla být teplota kontrolována, a to z důvodu zabránění požáru adsorbéru, případně by mělo být připraveno nouzové chlazení. Jako adsorbent může sloužit řada různých materiálů, avšak pro zusušování bioplynu se přednostně využívá aktivní uhlí.

Před vlastní procesem PSA je bioplyn zbaven sulfanu, případných alkylsulfanů a dalších stopových nečistot. Hlavním důvodem je vysoká afinita těchto látek k použitým adsorbentům, a tím výrazně zkracují životnost hlavních separačních modulů technologie PSA. Následuje komprese na provozní tlak 4 – 7 barů. Stlačením zahřátý plyn (cca 170 C)

je nutné ochladit na teploty mezi 10 a 20 °C, což je spojené s oddělením kondenzátu. V dalším kroku proudí stlačený a předupravený surový plyn zdola adsorbérem. Přitom je do adsorbentu navázán oxid uhličitý, voda a malé množství methanu (cca 4%). Z adsorbéru vychází plynný produkt s 95 – 98% obj. methanu, a rosném bodu -70 až -100 °C. Po určité době provozu, která závisí na velikosti zařízení, je adsorbent téměř nasycen (obr. č. 15). Proud surového bioplynu je proto přepnut do zregenerované adsorpční nádrže. V dalším kroku je tlak v adsorbéru snížen na tlak okolí. Uvolněný plyn obsahuje jako hlavní složku oxid uhličitý a malé množství methanu. Pro zvýšení výkonu a urychlení desorpce je adsorbér evakuován na podtlak od 50 do 100 mbarů. Odtahovaný plyn obsahující methan je vždy spalován, aby nedocházelo k nepřipustným emisím methanu do atmosféry. Vznikající teplo je možné technologicky využít. Pro kontinuální provoz je vždy nutné pracovat s několika adsorbéry, přičemž jejich počet, objem, způsob zapojení, provozu a regenerace může být různý podle konkrétních podmínek a dodavatelů.

9. SPALOVÁNÍ

DIVIŠ (2010) říká, že spalování biomasy je tou nejjednodušší metodou přeměny na tepelnou energii s další využitím pro vytápění nebo výrobou elektrické energie. Nejnáročnější na tomto způsobu je vlastní úprava sušiny tzn sušení biomasy a nebo zmrznutí porostu s následující ztrátou sušiny.

9.1 Sklizení a úprava fytopaliv

Kromě výnosu je dalším důležitým parametrem sklizené biomasy obsah sušiny. Ideální je co nejvyšší podíl sušiny v době sklizně, aby nebylo nutné sklizenou biomasu dosušet, případně aby dosoušení proběhlo co nejrychleji a bez nutnosti dalšího vstupu energie. Pro využití v bioplynových stanicích je naopak vhodné sklízet ještě zelenou hmotu s optimálním obsahem sušiny 25 – 40 %. Při jedné sklizni na konci vegetace byl u sledovaných druhů obsah sušiny 66 – 71 %, při první seči u dvousečných variant to bylo 39 – 48 % a při druhé seči průměrně 45 %.

Z energetického a ekonomického hlediska je také důležité, v kterém termínu plodiny sklízet. V prvním termínu sklizně má obsah vody ve fytohmase rozmezí 60 – 80 % (sušina 40 – 20 %). Vlhká fytohmata se potom dá přímo využít na výrobu bioplynu (obr. č. 17).

Při sklizni fytomasy s cílem využití jako fytopaliva se používají následující úpravy energetického produktu:

- hranolové balíky
- řezanka
- brikety
- pelety

Způsob využití rostlinné hmoty závisí na množství látek, na jejich skladovatelnosti, obsahu vody, struktuře a látkovém složení. Látky s vysokým obsahem vody je nejlépe zpracovávat kvašením, látky s nízkým obsahem vody se hodí pro spalování nebo suchou destilaci. Hodnota 50 % sušiny je přibližná hranice mezi mokřými a suchými procesy (MOUDRY a SOUČKOVÁ, 2006).

9.2 Spalování biomasy

9.2.1 Sušení biomasy

UTĚŠIL, (2009) uvádí, že při spalování biomasy s vysokým obsahem vody dochází k velkému uvolňování vodních par, které ochlazují kotlové těleso a zhoršují tak podmínky nezbytné pro funkční spalování. Zkondenzovaná pára navíc reaguje s uhlíkatými složkami, dehtuje a to má velmi negativní vliv na efektivní tepelnou výměnu jednotlivých teplosměnných ploch. Snižuje tepelný výkon kotle, jeho účinnost a může ochladit kotlové těleso natolik, že se proces hoření zcela zastaví. Z těchto důvodů je velice výhodné biomasu před spálením zbavit části obsahu vody v sušicím zařízení, kde se množství vlhkosti sníží na přijatelnou mez.

V procesu sušení se jedná o snižování podílu vlhkosti v palivu za pomoci přívodu tepla. Vlhkost je odstraňována vlivem vypařování nebo sublimací. Pokles vlhkosti v palivu má několik nezanedbatelných výhod, mezi které patří zejména zvyšování kalorické hodnoty paliva, schopnost lepšího vzněcování a snazší hoření dosahující vyšších teplot. Méně vlhkosti v palivu také představuje menší množství spalin a nároky kladené na spalinový systém a výrazné zmenšení komínové ztráty, která je významným faktorem ovlivňujícím účinnost teplárny či závodu.

Procesy probíhající uvnitř sušek jsou kombinací přenosu tepla (sušenému materiálu) a přenosu hmoty (odvod vlhkosti). Při výběru vhodného typu sušky, slouží zejména informace o sušené látce, požadované kapacitě, tepelném výkonu a režimu provozu sušárny.

Pro sušení biomasy určené ke spalování při centralizovaném zásobování teplem a elektrickou energií se dle existujících konstrukčních uspořádání jeví jako nejvhodnější varianta použití rotačních bubnových sušáren několika typů. Především se jedná o konduktivní a konvektivní uspořádání.

Konduktivní

Jedná se o kontaktní způsob sušení, kde přenos tepla je umožněn přímým kontaktem sušeného materiálu a kontaktní plochy, která je nejčastěji otápěna párou. U takto řešených sušáren je výrazně snížen tepelný odpor oproti konvektivním sušárnám.

Úkolem sušícího média je jen odvod vlhkosti od sušeného materiálu. Sušení u takto koncipovaných zařízení umožňuje využití i nízko potenciálního tepla za využití podtlaku. I při vysoké relativní vlhkosti sušícího media může být dostatečný rozdíl parciálních tlaků vodní páry mezi povrchem materiálu a v sušícím mediu.

Konvektivní

Přenos tepla a hmoty je zajištěn sušícím prostředím, kterým může být teplý vzduch nebo spaliny. Úkolem sušícího média je odvod vlhkosti od sušeného materiálu a zároveň slouží jako teplotnosné médium, které prochází vrstvou sušené biomasy.

UTĚŠIL, (2009) připomíná, že v teplárenských závodech, kde například úbytkem odběratelů klesla produkce páry, přináší zapojení sušky konduktivního typu do stávající koncepce závodu výhodu v možnosti navýšit parní výkon kotlů, admisní páru co možná nejvíce využít na výrobu elektrické energie, a pak ji z regulovaného odběru u kondenzačních turbin nebo na úrovni protitlaku u protitlakých turbin využít jako teplotnosné médium v sušce. Díky této koncepci instalace sušky přináší i nemalé ekonomické výhody. Možnost navýšit výkon je možné i v případě, že závod nedisponuje dostatečnou chladicí kapacitou, neboť sušící zařízení slouží zároveň jako kondenzátor a zkondenzovanou páru přes ventil potrubím vrací zpět do oběhu jako napájecí vodu.

9.2.2 Vlastní spalování biomasy

Při vysokých teplotách nad 660 °C dochází k rozkladu organického materiálu na hořlavé plyny, destilační produkty, uhlí a dále oxidací na oxid uhličitý a vodu. Spalování biomasy slouží k výrobě tepla, páry (ohřev vody) nebo elektrické energie.

Pro spalování biomasy se používají kamna nebo kotle nejrůznějších velikostí, výkonů a systémů. Pro spalování biomasy nelze použít kotelní zařízení konstruovaná 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 biomasy většinou upravit (lisování, mletí, sušení apod.).

Množství uvolněné energie závisí na výhřevnosti spalované látky. Při spalování biomasy nevzniká více CO₂ než bylo předtím rostlinami přijato.

MOUDRÝ a STRAŠIL (1996) uvádí, že síry ve slámě je asi 0,1 %, ve dřevě téměř není, nejvíce je v seně do 0,5 %, hnědé uhlí má min. 2 %. NO_x se dají kontrolovat teplotou plamene. Obsah těžkých kovů v biomase je velmi nízký a se spalinami se do ovzduší nedostane. Z dalších negativních jevů je jemný popílek. 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.

Kukuřičnou i jinou slámu lze spalovat volně loženou, ve formě různých typů balíků, briket, pelet. Srovnání jednotlivých druhů zkoušených a používaných druhů rostlin je v tabulce č. 1.

Fytomasa se zpravidla spaluje v kotelnách o výkonu 45 kW – 5000 kW. Na českém trhu je dostatečná nabídka těchto zařízení jak od tuzemských tak i zahraničních výrobců (UTĚŠIL, 2009), (obr. č. 18).

10. SROVNÁNÍ ENERGETICKÉ VÝTĚŽNOSTI KUKUŘICE A JINÝCH PLODIN

Travní fytomasa je dalším materiálem, který lze pro anaerobní fermentaci velmi dobře využít, neboť splňuje základní předpoklady, které jsou na vstupní substrát pro výrobu bioplynu kladeny. Obsahuje vysoké procento organické hmoty, blíží se optimálnímu poměru C:N a obsahuje málo popelovin. Podle výzkumu, ve kterém se kofermentovala travní fytomasa s kejdou a digestátem, by měl být optimální podíl travní fytomasy ve zpracovávaném substrátu 35 – 50 %, aby bylo dosaženo co nejvyšší

produkce bioplynu. Při vyšším podílu trávy produkce bioplynu klesá. Proces je ovlivněn i stářím fytomasy, přičemž nejvhodnější je fytomasa z ranějších sklizní (vegetativní fáze).

Při přechodu do fáze generativní se produkce bioplynu snižuje a rovněž kvalita bioplynu klesá (nižší podíl metanu). Pozitivně lze proces ovlivnit dezintegrací fytomasy, při které dochází k nárůstu produkce bioplynu o 3 – 24 %, přičemž účinnost tohoto zásahu klesá se stářím fytomasy (KOCOURKOVÁ, FUKSA, 2006).

10.1 Šťovík

Krmný šťovík je vytrvalá plodina, u nás známá především jako netradiční plodina pro energetické využití, zejména ve formě pevné biomasy v suchém stavu pro vytápění budov. Hlavní výhodou šťovíku je jeho vytrvalost, čímž se šetří náklady na každoroční orbu a další základní agrotechnické zásahy. Každoročně brzy z jara obrůstá a ochrání tak dokonale půdu proti vodní erozi. Je vhodný zvláště do svažitých pozemků i chladnějších oblastí, neboť je také velmi tolerantní vůči mrazu. Krmný šťovík lze využívat k více účelům, některé lze i vhodně kombinovat (PETŘÍKOVÁ, 2009).

Pro využití šťovíku pro BPS je nutné jej sklízet zpravidla už v polovině května, kdy má nejlepší krmnou hodnotu, neboť má vysoký obsah dusíkatých látek (NL) i redukovaných cukrů. Později začíná rychle snižovat obsah NL a zvyšuje se obsah vlákniny, ale obsah cukrů je stále vysoký, což je také jedna z jeho dalších výhod. Pro využití šťovíku v BPS je důležité jeho snadné a kvalitní konzervování, což šťovík plně zajistí, právě díky vysokému obsahu cukrů. Také proto má krmný šťovík pro využití v BPS velkou perspektivu. Mimo to jej lze pěstovat i v chladnější oblasti, zvl. na svažitých pozemcích, kde se ne vždy dobře daří kukuřici, která je v současné době téměř výhradní plodinou používanou v zemědělských BPS. Šťovík tak může být vhodným doplňkem či částečnou náhradou kukuřice, protože náklady na jeho pěstování jsou nepochybně nižší (vydrží až 10 let bez nového setí), než náklady na každoroční nové setí kukuřice.

Reálné uplatnění krmného šťovíku bylo již potvrzeno přímo v provozu BPS v Podkrkonoší. Porost sklizený v květnu byl konzervován formou senáže ve vaku (zcela bez konzervačních přísad) a v průběhu zimy byl pak přidáván do fermentoru v BPS. Průběh fermentace pokračoval po přidavku šťovíkové senáže bez jakýchkoliv závad, vývin bioplynu byl zcela plynulý, takže bylo možné výkon postupně zvyšovat až na maximum, tj. 250 KWh (v 1 generátoru). Tato bioplynová stanice je představitelem typické „zemědělské“ BPS, neboť se zde pro fermentaci využívá biomasa výhradně z vlastní

zemědělské produkce, včetně cíleně pěstovaných plodin (kukuřice, čirok, šťovík) a travních porostů (obr. č. 6 a 7).

10.2 Čirok

Celkové náklady na 1 tunu suché biomasy čiroku zrnového jsou relativně vysoké a pohybují se při výnosu kolem 11 t/ha kolem 1400 Kč. Čiroky navíc mají i v pozdějších termínech sklizně vysoký obsah vody proto se musí, pokud je máme skladovat nebo přímo spalovat v malých kotlích, dosušet. Z hlediska vysokého obsahu vody v rostlinách během celé vegetace jsou čiroky vhodnější pro výrobu bioplynu.

Uvedené výsledky prokázaly, že v našich teplejších oblastech především v zemědělské výrobní oblasti kukuřičné je možné pro energetické účely využít čiroku zrnového. Zatím však nemáme praktické poznatky s velkovýrobním pěstováním hlavně se sklizní a zpracováním biomasy čiroku na fytopalivo. Proto v současné době nelze s produkcí tohoto fytopaliva běžně počítat (PETŘÍKOVÁ a kol., 2006).

10.3 Konopí seté

FRYDRYCH, ANDERT, KÁRA, JUCHELKOVÁ, (2006) popisují, že energetické využití konopí spočívá zejména v jeho spalování ve formě biopaletek a biobriket, jejichž výhřevnost je při vlhkosti 9 % cca 16,5 – 18 MJ/kg. Jsou vhodné zejména do zplyňovacích kotlů na dřevo, krbových kamen a krbů. Tyto brikety jsou lisovány bez jakéhokoliv pojiva či jiných škodlivých látek, pod vysokým tlakem do tvaru válce o průměru 6,5 cm. Jsou dobře využitelné i do ostatních druhů kamen a kotlů na tuhá paliva. Teplotou vzniklou při lisování dochází k zatavení povrchu brikety, která se stává odolnější proti vzdušné vlhkosti.

Obsahují minimální množství popela – 2,5 %, které je zároveň ekologickým hnojivem. Pro srovnání, výhřevnost slámy se pohybuje od 12 do 15 MJ/kg při obsahu sušiny 80 – 85 % hmotnosti.

10.4 Kostřava rákosovitá

Je to vysoká hustě trsnatá tráva, mohutnější než kostřava luční, na jaře brzy obrůstá a zůstává zelená dlouho do podzimu. Vyznačuje se vysokou tolerancí k půdním a klimatickým podmínkám, snáší dobře sucho i krátkodobé zamokření, daří se jí dobře na stanovištích i s vyšší hladinou podzemní vody. Je vytrvalou rostlinou, dorůstá do výšky až

2 metrů. Kostřava má mimořádnou přizpůsobivost, je vyhraněně ozimého charakteru, odolná k suchu, odolná k záplavám, náročnější na živiny v půdě, dává přednost těžším půdám, avšak je citlivá k okyselení půd.

Kostřava rákosovitá má dle FRYDRICHA (2000) výnos suché hmoty 3,98 - 5,29 t/ha s energetickou výtěžností 78,7 - 105 GJ/ha

Kromě výnosu je dalším důležitým parametrem obsah sušiny. Ideální je co nejvyšší podíl sušiny v době sklizně, aby nebylo nutné sklízenou biomasu dosoušet, případně aby dosoušení proběhlo co nejrychleji a bez nutnosti dalšího vstupu energie. Pro využití v BPS je třeba sušiny v rozsahu 25 – 40 %.

Výnos energie pro spalování je udáván při standardním obsahu 85% sušiny. Výhřevnost slámy z kostřavy se pak pohybuje okolo 17 MJ/kg u hranolových balíků a 18 MJ/kg u pelet a briket (MOUDRÝ a STRAŠIL,1996).

10.5 Křídlatka česká

Křídlatka je jednou z nejvýnosnějších plodin, se standardními výnosy sušiny od 15 do 30 tun na hektar. Jako pícnina nebo surovina pro bioplynovou stanici se může sklízet i vícekrát za rok v zeleném stavu, stejně i pro účely zpracování listů na biologicky účinné výtažky. Výtěžnost bioplynu v závislosti na době sklizně je však nutné ještě upřesnit. Mezi sklizněmi však musí zůstat nejméně jednoměsíční přestávka, aby rostliny mohly regenerovat. Z jednoho hektaru je možné docílit až 200 až 400 GJ/ha primární energie.

Podle MOUDRÉHO a STRAŠILA (1996) je pro srovnání je standardní energetická výtěžnost z hektaru kolem 125 GJ/ha (triticale, šťovík, miscanthus, atd). Jako palivo je křídlatka srovnatelná se suchou dřevní štěpkou, po úpravě i s dřevními briketami a peletami.

11. VÝSLEDKY

Anaerobní fermentace - metanizace je nejefektivnějším způsobem zpracování organických materiálů za současného efektivního využití energie v nich obsažené.

Anaerobní fermentací lze v závislosti na druhu zpracovávaného substrátu a na podmínkách fermentace převést 64 až 78 % energie ze zpracovávaného materiálu do bioplynu. Využitím bioplynu kogenerací lze dosáhnout výtěžnosti elektrické energie 0,9 až

1,20 kWh el na kg sušiny zpracovávaného materiálu. Při přímém spalování biomasy se dosahuje výtěžnosti elektrické energie pouze 0,5 kWh el/kg suš.

Složení mikrobiální populace v BPS je závislé na typu a vlastnostech substrátu, na konstrukci stanice, použité technologii a počáteční inokulaci. Celoevropské zkušenosti jasně ukazují na preferenci využití kukuřičné siláže jako hlavního vstupního substrátu. Za produkci bioplynu je zodpovědné konsorcium bakterií a metanogenních archeí, které se podílejí na přeměně organické hmoty v bioplyn v průběhu čtyřech hlavních fází: hydrolýzy, acidogenezi, acetogenezi a metanogenezi. Pokud je proces vyvážen, jsou uvedené fáze synchronizovány a produkce bioplynu je vysoká. V běžném provozu se však mohou vyskytnout situace, kdy některé živiny se stanou limitujícími a naruší optimální rovnováhu společenství mikrobů. Výzkum v této oblasti je na svém počátku a výsledky ukazují, že každý fermentor představuje individuální prostředí a že velká část bakterií a metanogenních archeí (některé studie uvádějí až 80%) fungujících v bioplynovém fermentoru je dosud neznámá, nepopsaná a tyto mikroorganismy se řadí mezi tzv. nekultivované. To na jedné straně poukazuje na to, že bioplynový fermentor je do jisté míry dosud neznámý prostor, na druhé straně však jeho pochopení, prozkoumání a identifikace neznámých mikroorganismů může přinést významný posun v jeho fungování a tedy i v účinnosti (VÁŇA, 2006).

Zvýšení biologické rozložitelnosti a tím i výtěžnosti metanu lze dosáhnout vhodnou předúpravou suroviny. Všechny metody předúpravy jsou založeny na zpřístupnění složek materiálu enzymovému rozkladu. Zmenšením velikosti částic mechanickou nebo jinou dezintegrací dochází k podstatnému zvětšení povrchu a tím i k větší dostupnosti enzymovému rozkladu, u některých metod dochází i k hydrolýze makromolekulárních látek

Vzhledem k tomu, že v případě rostlinných substrátů je limitujícím krokem pro rychlost celkového rozkladu hydrolýza lignocelulózoového komplexu, budou s úspěchem aplikovatelné jen ty technologie, které hydrolýzu podporují.

Metody předúpravy jsou většinou ekonomicky a technicky náročné a byly vyvinuty pro zpracování fytomasy na jiné produkty (high value products) a pro BPS se v provozním měřítku zatím neuplatňují. Tyto technologie většinou vyžadují vnos chemikálií a energie. V případě chemických nebo i termických metod produkt předúpravy často vykazuje toxické účinky na anaerobní biomasu.

Zatím nejsou prozkoumány závislosti funkce enzymových přípravků různých výrobců na změny technologických podmínek anaerobní fermentace. Negativním faktorem je také vysoká cena a nutnost pravidelného dávkování do reaktoru.

Další úkoly zdokonalování funkce BPS spočívají v optimalizaci procesů anaerobní fermentace z hlediska požadavků jednotlivých skupin mikroorganismů, hledání a selekci unikátních mikroorganismů pro intenzifikaci metanizačního procesu nebo některého jeho stupně, izolace vhodných mikrobů z BPS, izolace vhodných mikrobů z jiných ník, než jsou BPS, ve studiu dosud nekultivovaných mikroorganismů bioplynového fermentoru, aplikaci nových hydrolytických bakterií do bioplynových fermentorů a aplikace anaerobních hub do bioplynových fermentorů. V oblasti předúprav se bude jednat o vylepšení metod skladování (silážování) k zlepšení rozložitelnosti skladovaného materiálu a v hledání vhodných biologických metod předúpravy – např. oddělená hydrolýza, využití speciálních mikroorganismů apod.

Při využívání digestátu jako hnojiva mohou vznikat regionální problémy v souvislosti se změnou využívání zemědělských pozemků a osevních postupů zejména tam, kde se extenzivní obhospodařování nahrazuje intenzivní. Podíl kukuřice nad 70 % je z hlediska ochrany vod problematický, i když evropská směrnice (Cross Compliance) jej připouští. Zvýšené pěstování kukuřice pro energetické využití s sebou nese zvýšené nebezpečí eroze, často nadměrné hnojení (zejména digestátem) a zvýšené používání prostředků proti nemocem a škůdcům rostlin.

Při pěstování rostlin k energetickému využití se klade důraz na maximální produkci hmoty, hnojí se více než při pěstování potravinářských nebo krmných plodin a to významně zvyšuje možnost vyplavování živin. Je třeba také počítat se zvýšením potřeby závlahové vody. Pěstování kukuřice navíc zhoršuje humusovou bilanci v půdě (LOŠÁK, HLUŠEK, 2006).

Náklady na jednotku energetického produktu (řezanka, lisované balíky) se pohybují kolem 1500,- Kč.t⁻¹. Po připočtení nákladů na briketování respektive peletování se cena paliva pohybuje již u výrobce od cca 2000 Kč.t⁻¹. Z toho vyplývá, že bez možnosti využití dotací budou energetické plodiny jen obtížně konkurovat stávajícím fosilním palivům při jejich současných cenách.

Dotáční politika připravená v rámci zemědělské politiky EU umožňuje využít přímé platby na plochu (cca 1700 Kč.ha⁻¹) a dále dotace na ornou půdu (do 2500 Kč.ha⁻¹), nepředpokládá však žádnou podporu energetických a průmyslových plodin.

Je třeba se věnovat hledání vhodných plodin, úspornějších technologií a ekologicky příznivých forem spalování biomasy. Dalším důležitým předpokladem pro

rozšíření využití energetických plodin v ČR bude také zamezení skrytých dotací fosilních paliv a srovnání jejich cen se skutečnými náklady (MOUDRÝ a STRAŠIL, 1996).

Z vodohospodářského hlediska může vést pěstování zemědělských plodin pro energetické využití cestou výroby bioplynu ke konfliktům, bude-li mít za následek zvýšení vnosu látek, zejména nitrátového dusíku, mikrobiologického nebo toxického znečištění do vod.

Pro trvalé zamezení konfliktům mezi cíli ochrany klimatu na jedné straně a ochrany vod na straně druhé, musí být požadavky vodohospodářů důsledně zahrnuty do politiky podpory a výkonu státní správy.

12. DISKUZE

V porovnání s Rakouskem, kde výstavba nových BPS v současné době spíše stagnuje, a Německem, kde opět dochází k určitému oživení, ČR v současné době zažívá výrazný rozvoj v oblasti stavby a provozování bioplynových stanic. Zatímco v oblasti produkce a využívání elektrické energie je situace v ČR a zmiňovaných zemích srovnatelná, v oblasti využívání tepelné energie či energetické autarkie regionů ČR stále zaostává. Rozvoj podnikání v návaznosti na provozy BPS je tak v ČR v porovnání se zmíněnými státy zatím spíše zanedbatelný.

Výroba bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích je integrální součástí hospodářství venkova. Vychází z produktů zemědělství, využívá zemědělské odpadní suroviny a vedlejší produkty, digestát jako hnojivo vrací minerální prvky zpět do půdy a dochází tak k lepšímu využití zemědělských výrobních prostředků. Tepelná i elektrická energie je přímo využitelná v provozu podniku, stejně jako případný biomethan vyrobený úpravou bioplynu (např. jako palivo do zemědělské techniky a dopravních prostředků).

Dalším zásadním přínosem je stabilizace hospodaření zemědělského podniku jako vlastníka BPS, a to z titulu stabilních a bezpečných finančních výnosů z prodané elektřiny či tepla.

S provozováním bioplynových stanic v běžném zemědělském provozu nejsou rozsáhlé a dlouhodobé zkušenosti. Přesto lze konstatovat, že každá BPS kromě udržení pracovních míst v zemědělské prvovýrobě vytváří další pracovní příležitosti – obsluha BPS, případně navazujících provozů. Bioplynová stanice zakládá v daném místě potenciál

dalšího rozvoje lokality a zejména malého a středního podnikání – při využití tepla z BPS (skleníky, sušení dřeva, komunální otopné soustavy, vytápění místních průmyslových provozů a zajištění technologické páry), surového nebo čištěného bioplynu (lokální energetické sítě, plničky bio-CNG/LNG, chemická výroba) a dalších produktů.

Rozvoj v oblasti lokálních sítí může otevřít příležitosti v oblasti energetického zásobení obcí (vytápění domů), podniků (skleníky, sušárny, bazény, průmyslové podniky atd.) a využívání lokálních obnovitelných zdrojů. To povede k vyšší energetické účinnosti provozu BPS jako celku. Lepší koordinovanost a vyšší energetická soběstačnost regionů by měla zabránit odlivu kapitálu, podpořit tvorbu nových podnikatelských příležitostí a větší bezpečnost v krizových stavech. Je třeba se zaměřit na využívání a synergii potenciálu bioplynových stanic v kombinaci s ostatními odvětvími obnovitelných energetických zdrojů.

Současný početní stav bioplynových stanic nevytváří ještě dostatečný objem pro realizaci obchodů se substráty, digestátem, energetickými či vedlejšími produkty BPS a pro vytvoření standardního trhu. Během tří let se však počty BPS více než zdvojnásobí a postupně bude překonána hranice, kdy i tento sektor bude z hlediska obchodního zajímavý, přestože bude vždy limitován regionálními a místními podmínkami. Je proto velmi důležité již nyní podpořit tržní prostředí mapováním a zveřejňováním cen a obchodních možností či zhodnocení možnosti využití a dopadů jejich produktů na lokální a celostátní úrovni.

Technická a ekonomická stránka využití digestátu je při přípravě výstavby a provozu bioplynové stanice často opomíjená. Potenciální vlastník a provozovatel bioplynové stanice si ne vždy uvědomuje, že při fermentaci nejenom kejdy hospodářských zvířat, ale i fytomasy, vzniká objemově prakticky stejné množství digestátu jako byl objem zpracovávané suroviny. U bioplynové stanice s instalovaným elektrickým výkonem 1 MW, zpracovávající rostlinnou biomasu (kukuřičnou a travní siláž) vzniká ročně 15 – 20 tisíc tun digestátu. To znamená, že je potřeba do projektu zahrnout náklady na uskladnění a potřebnou techniku pro aplikaci vzniklého digestátu, v souladu s platnými legislativními předpisy (SZIF, 2008).

13. ZÁVĚR

K výrobě bioplynu mohou být použity bioodpady, které nejen že v současnosti nejsou energeticky využívány, ale jejich likvidace je spojena s vysokými náklady a negativními dopady na životní prostředí. Použitím cíleně pěstovaných energetických plodin k produkci bioplynu je dosahováno lepších energetických výnosů na hektar obdělávané půdy a lepšího energetického poměru než při produkci bionafty a bioetanolu.

Výroba bioplynu může být značně decentralizovaná, protože stejně efektivně vyrábí bioplyn v malých bioplynových stanicích jako ve velkých. Při existenci velkého množství menších bioplynových stanic může být materiál vhodný pro anaerobní fermentaci zpracováván co nejbližší místa svého vzniku. Tím se sníží nároky na dopravu a mohou tak být využity i ty zdroje, které by se jinak nevyplatilo na větší vzdálenosti vozit.

Napojení těchto bioplynových stanic na rozvodnou plynovou síť zajistí flexibilitu celého systému. V České republice zatím není podporováno využívání biometanu do plynové rozvodné sítě ani užití bioplynu jinak než na kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Alternativní využití bioplynu jinak než v kogeneraci je tak relativně znevýhodněno.

Budoucí vývoj energetické situace v České republice jistě nebude jednoduchý. Dnes zde existuje téměř naprostá závislost na dovozu ropy, zemního plynu a jaderného paliva, jediným domácím palivem je uhlí a pouze omezené množství nabízí obnovitelné zdroje. Jejich rozvoj je v současnosti v centru pozornosti politiků a veřejnosti a nemělo by se zapomínat, že je zapotřebí rozvíjet všechny dostupné zdroje energie a neupřednostňovat přitom žádný z nich. O tom, že se tak často neděje, svědčí návrh koncepce české energetiky z dílny MŽP, kde je růst podílu OZE na spotřebě primárních zdrojů navrhován takto: 6 % v roce 2010, 20 % v roce 2030 a více než 50 % v roce 2050.

Nedostatkem koncepčních variant, byť ne zásadním, je naprosté opomíjení role odpadů, zejména komunálních a živnostenských. Jejich energetické využívání je dobře zvládnuté a může pozoruhodně přispět do bilance spotřeby primárních energetických zdrojů. Zvláště když Evropská komise plánuje postupnou totální likvidaci skládek.

Úvahy a scénáře budoucího vývoje energetiky ovlivňují informace o vyčerpání zdrojů fosilních paliv (mimo uhlí) ještě v průběhu tohoto století. Environmentální

argumentace obecně srovnatelnou váhu mít nemůže, neboť vždy lze nalézt technické řešení a problémy se nakonec soustředí do oblasti ekonomiky. Hrozící nedostatek tradičních fosilních paliv však nemusí být až tak alarmující. Z historických zásob veškerých fosilních paliv bylo dosud podle informací spotřebováno pouze 1,1 %, jedna pětina zbývajících zásob je připravená a schopná těžby a zbývajících část bude vyžadovat zdokonalení technologií a zvýšené těžební náklady.

Podle statistik se na výrobu 100 litrů biolihu, což je jedna plná nádrž biolihu v automobilu, v USA spotřebuje tolik potravinových surovin (brambory, kukuřice, pšenice), kolik postačí jednomu člověku na celý rok. U nás je údajně k dispozici pro tento účel hodně volné a dosud nevyužité orné půdy, což přirozeně nutí k zamyšlení k jejímu využití pro tento účel. Evropská unie počítá v plánu pro rok 2020 s následující skladbou pohonných hmot: 80 % uhlovodíky, 10 % plyny, 5 % biopaliva a 5 % vodík. Využití biopaliv, bioplynu včetně CNG a LPG jako motorových paliv v budoucnosti. Cílem politiky využívání kapalných pohonných hmot na bázi biomasy by měl být zejména vývoj a aplikace efektivnější technologie a komplexnější řešení výroby, aby bylo dosaženo co nejvyššího stupně energetické konverze a efektivního využití vedlejších produktů. V neposlední řadě je nutné hledat možnosti také v úsporách a změnách celého odvětví dopravy, jakožto největšího spotřebitele kapalných biopaliv.

Energetickou budoucnost proto není nutné dramatizovat, spíše je zapotřebí racionálně a pragmaticky situaci analyzovat a rozhodnout se pro všestranně nejvhodnější řešení. V něm pak nesmí chybět motivace k hospodárnému využívání energie a k jejím úsporám.

14. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) ANDERT, D. a kol. (2006): Využití trav při produkci bioplynu. In: Energetické a průmyslové rostliny XI. - Sborník referátů CZ Biom, Chomutov 2006: 85 - 90 s.
- 2) BALÍK, J., VANĚK, V., TLUSTOŠ, P. (2001): Výživa a hnojení kukuřice In.: Sborník ze semináře „Kukuřice“ 2001. ČZU Praha, MZLU Brno, 23 – 26 s.
- 3) BUKVIC, G., ANTUNOVIC, M., POPOVIC, S., RASTIJA, M. (2003): Effect of P and Zn fertilisation on biomass yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). *Plant Soil and Environment*, 49, 11, pp. 535–539, 505 – 510 s.
- 4) ČERNÝ, O. (2010): Hybridy vyšlechtěné pro bioplyn, *Úroda*. – ročník LVIII, č. 11, ISSN 0139-6013, 16 – 18 s.
- 5) ČERNÝ, O. (2010): Modrá pro bioplyn, *Úroda*, ročník LVIII, č. 2, ISSN 0139-013, <http://www.dekalb.cz/dekalb/index.jsp?codeRubrique=81&siteCode=CS>, staženo dne : 11.2.2011, 14 – 15s.
- 6) DIVIŠ, J., KAJAN, M. (2010): Energie využitelná z kukuřice, *Úroda*. – ročník LVII, č. 8, 26-28, ISSN 0139-6013, 26 - 28 s.
- 7) DIVIŠ, J. , KAJAN, M., PROCHÁZKA, J. (2010): Kukuřice a bioplyn, (Maize and biogas), pokusy se silážním hybridem kukuřice LATIZANA a hybridem kukuřice ATLETICO, Sborník příspěvků z konference AKTUÁLNÍ POZNATKY V PĚSTOVÁNÍ, ŠLECHTĚNÍ, OCHRANĚ ROSTLIN A ZPRACOVÁNÍ PRODUKTŮ, Vědecká příloha časopisu *Úroda*, Brno, 11. - 12.11. 2010, ISSN: 0139-6013, *Úroda* 12, vědecká příloha, 111 - 114 s.
- 8) FRYDRYCH, J., ANDERT, D., KÁRA J., JUCHELKOVÁ, D. (2006): Nové poznatky ve výzkumu energetických trav, *Úroda*, 54, 12: ISSN 0139-6013, 31 - 33 s.

- 9) HAVLÍČKOVÁ, K. a kol. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, ISBN 80–85116–38-3, 82 s.
- 10) HAVLÍČKOVÁ, K. a kol. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, 82 s.
- 11) HLUŠEK, J., RICHTER, R. (2003): Úloha některých biogenních prvků ve výživě kukuřice In.: Sborník ze semináře „Kukuřice v praxi 2003“. MZLU Brno, ISBN 80-7157-640-9, 15 – 24 s.
- 12) HOFMANOVÁ, D. (2006): Budoucnost patří energii z bioplynu. Úroda (12), ISSN 0139-6013, 14 – 15 s.
- 13) HRUBÝ, J. (2001): Zpracování půdy k silážní kukuřici – poznatky z dlouhodobých pokusů. Agromagazín, 2, č. 3, ISSN 1214-0643, 19 – 20 s.
- 14) KADAR, I., GULYAS, F., GASPAR, L., ZILAHY, P. (2000): Mineral nutrition of maize (*Zea mays* L.) on chernozem soil I. *Novenytermeles*, 49, 4, 371 – 388 s.
- 15) KOCOURKOVÁ, D., FUKSA P.(2006): Využití travní fytomasy pro výrobu bioplynu. In: Nové poznatky v pícninářství a trávníkářství. Sborník příspěvků z odborného semináře „Univerzitní pícninářské dny“, ČZU Praha, 12. – 13. 10. 2006, s. 49 – 51.
- 16) Kolektiv autorů, (2003): Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice. ČEZ, Praha.
- 17) KOUTNÝ, R. (2010): Termické využití separátu po anaerobní fermentaci biologicky rozložitelných odpadů. Biom.cz [online]. 2010-01-25 [cit. 2011-03-16]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/termicke-vyuziti-separatu-po-anaerobni-fermentaci-biologicky-rozlozitelnych-odpadu>. ISSN: 1801-2655.

- 18) KOVAEVIC, V a kol. (2004): Fertilization impacts on the yield and nutritional status of maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*, 32, 3, ISSN 0133-3720, 403 – 410 s.
- 19) LIBRA, M., POULEK, V. (2007): *Zdroje a využití energie*, ČZU v Praze, 140 s.
- 20) LOŠÁK, T., HLUŠEK, J. (2006): Zásady efektivního hnojení kukuřice, In.: Sborník ze semináře „Kukuřice v praxi 2006“, MZLU Brno, 19–23 s.
- 21) MALASKA, M. (2007): Bioethanol – alternativa ropného paliva, *CHEMagazín* 17 (5), ISSN 1210-7409, 33 - 34 s.
- 22) Metodický pokyn Ministerstva ŽP (sekce ochrany klimatu a ovzduší a sekce technické ochrany ŽP) k podmínkám schvalování bioplynových stanic před uvedením do provozu,
Dostupné na http://iris.env.cz / AIS/web-pub2.nsf//cz/schvalovani_bioplynovych_stanic
- 23) MOUDRÝ, J., SOUČKOVÁ, H. (2006): Nepotravinářské využití fytomasy. VÚZE v Praze a ZF JU v Č. Budějovicích, 95 s.
- 24) MOUDRÝ, J. - STRAŠIL, Z. (1996): Alternativní plodiny. Skriptum, Jihočeská univerzita, ZF, Č. Budějovice, 90 s.
- 25) MUNOZ, M. A., ARSCOTT, T. G. (1991): On phosphorus uptake and growth of corn (*Zea Mays* L). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, 75, 2, 153 – 162 s.
- 26) MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, A.(2003): Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2003-07-14 [cit. 2011-03-16]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>. ISSN: 1801-2655.

- 27) MUŽÍK, O., HUTLA, P.(2006): Biomasa – bilance a podmínky využití v ČR., Biom.cz, [cit. 2006-04-23], dostupné z www: <http://biom.cz/index.shtml?x=217755>., ISSN: 1801-2655.
- 28) MŽP ČR (2003): Scénář MŽP pro aktualizaci státní energetické koncepce ČR.
- 29) Nařízení vlády č. 615/2006 Sb., o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší.
- 30) NOSKIEVIČ, P., KAMINSKÝ, J. (2004): Energie z biomasy, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Výzkumné energetické centrum, ISSN 1801- 4399, <http://www.tzb-info.cz/1936-fakta-a-myty-o-obnovitelnych-zdrojich-ii>, staženo dne : 8.1.2011.
- 31) PASTOREK, Z., KÁRA, J.(2003): Suchá fermentace zemědělských a komunálních organických odpadů, Biom.cz (On-line), 2003/09, (cit 2006/04), dostupné na internetu www: <http://biom.cz/index.shtml?x=147360>, ISSN: 1801-2655, staženo dne : 8.3.2011.
- 32) PETŘÍKOVÁ, V. (2008): Biomasa pro bioplynové stanice zemědělského typu, Úroda (9), ISSN 0139-6013, 92 s.
- 33) PETŘÍKOVÁ, V a kol. (2006) : Energetické plodiny, 1. vydání, ISBN 80-86726-13-4, 95 - 96 s.
- 34) PETŘÍKOVÁ, V. (2005): Energetická biomasa z polních kultur. Biom.cz [online]. 2005-05-11 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/energeticka-biomasa-z-polnich-kultur>>. ISSN: 1801-2655.
- 35) PETŘÍKOVÁ, V.(2009): Rumex OK 2 – krmný šťovík. *Biom.cz* [online]. 2009-05-11 [cit. 2011-03-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/rumex-ok-2-krmny-stovik>>. ISSN: 1801-2655.

- 36) POVOLNÝ, M. (1998): Přehled odrůd kukuřice 1998, ÚKZÚ Brno, 1. vydání, ISBN 80-86051-26-9.
- 37) PROKEŠ, K. (2008): Výživa kukuřice v bramborářské výrobní oblasti, Doktorská disertační práce, MZLU Brno.
- 38) PROKOP, M. (2008): Sklizeň kukuřice na siláž v roce 2008, Agromanuál 9, ISSN 1801-4895, 44 – 45 s.
- 39) RICHTER, R., RYANT, P.(2008): Výživa kukuřice. In: Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. Praha: Profi Press, s. r. o., ISBN 978-80-86726-31-1, 111 – 134 s.
- 40) ROŠKANIN, M. (2007): Přimíchávání biosložek do motorových paliv, Petrol Magazín 8 (4), Dostupné z <http://www.petrol.cz/alternativa/clanek.asp?id=10865>, 62-65 s.
- 41) SKLÁDANKA, J. (1996): Multimediální učební texty pícninářství dostupné na <http://www.af.mendelu.cz/external/prezentace/picniny/uctext/sklady.php?odkaz=kukurice.html>.
- 42) SLADKÝ, V. (2007): Trh s etanolem přichází na tichých cestách. Biom.cz [online]. 2007-07-11 [cit. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/trh-s-etanolem-prichazi-na-tichych-cestach>>. ISSN: 1801-2655.
- 43) STRAKA, F. a kol. (2010): Bioplyn, GAS s.r.o., Praha, ISBN 978-80-7328-235-6.
- 44) STUPAVSKÝ, V. (2008): Kapalná biopaliva – cíle a perspektivy. Biom.cz [online]. 2008-08-04 [cit. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kapalna-biopaliva-cile-a-perspektivy>>. ISSN: 1801-2655.
- 45) SZIF, (2008): Horizontální plán rozvoje venkova, Agroenvironmentální opatření. [cit. 24. 11. 2008], dostupné na internetu: <http://www.szif.cz/>

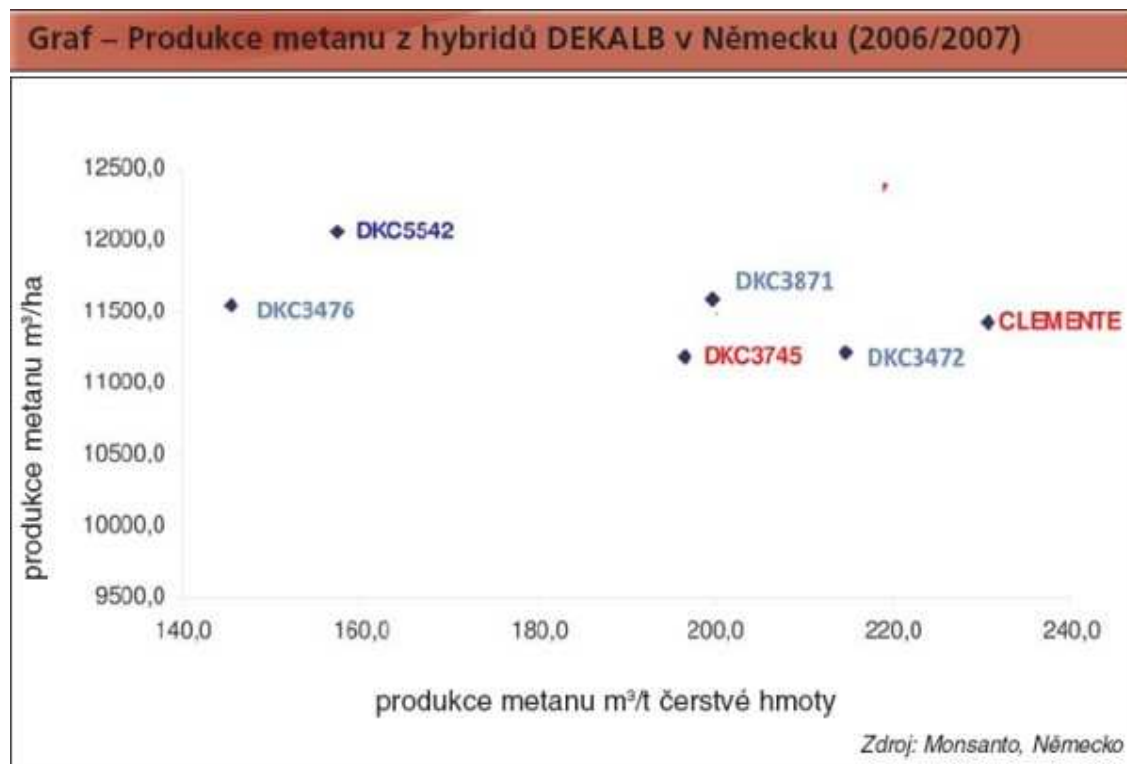
- 46) TRNAVSKÝ, J. (2010), Zemědělství je produkce energie, dostupné na internetu [www:\[http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Zemedelstvi-je-i-produkce-energie_s303x47854.html\]\(http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Zemedelstvi-je-i-produkce-energie_s303x47854.html\)](http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Zemedelstvi-je-i-produkce-energie_s303x47854.html), staženo dne : 7.10.2010.
- 47) UTĚŠIL, T. (2009): Suška na biomasu. Sborník příspěvků ze semináře „Energie z biomasy X“, VUT v Brně, 2009, ISBN 978-80-214-4027-2.
- 48) VALENTA, S., ŠREIBER, P. (2001): Nové přístupy při zakládání porostů, Zemědělský týdeník, příloha Pěstování a využití kukuřice - únor 2001, 3-5 s.
- 49) VÁŇA, J. – SLEJŠKA, A. (1998): Bioplyn z rostlinné výroby. Stud. inform., Ř. rostl. výr., Praha, ÚZPI, č. 5, 41 s.
- 50) VÁŇA, J. (2007): Využití digestátů jako organického hnojiva. [cit. 24. 11. 2008], uveřejněno 25. 4. 2007, dostupné na internetu: <http://biom.cz/index.shtml?x=1996029> , ISSN: 1801-2655, staženo dne : 11.2.2011.
- 51) VÁŇA, J. (2006): Trvale udržitelná výroba bioetanolu. Biom.cz[online]. 2006-05-02 [cit. 2009-04-22]. ISSN: 1801-2655.
- 52) VÁŇA, J.(2006): Možnosti rozvoje bioplynových stanic v ČR, Biom.cz, [cit. 2006-04-23], dostupné z [www: http://biom.cz /index.shtml?x=45740](http://biom.cz/index.shtml?x=45740), ISSN: 1801-2655.
- 53) WARD, A.J. , HOBBS, P.J., HOLLIMAN, P.J., JONES, D.L., (2008): Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources, Bioresource Technology, doi:10.1016/j.biortech.2008.02.044 in press, pp. 7928-7940.
- 54) ZIMOLKA, J. a kol. (2008): Kukuřice – hlavní a alternativní užitkové směry. 1. vyd. Praha: Profi Press s.r.o., ISBN 978-80-86726-31-1, 300 s.

15. PŘÍLOHY

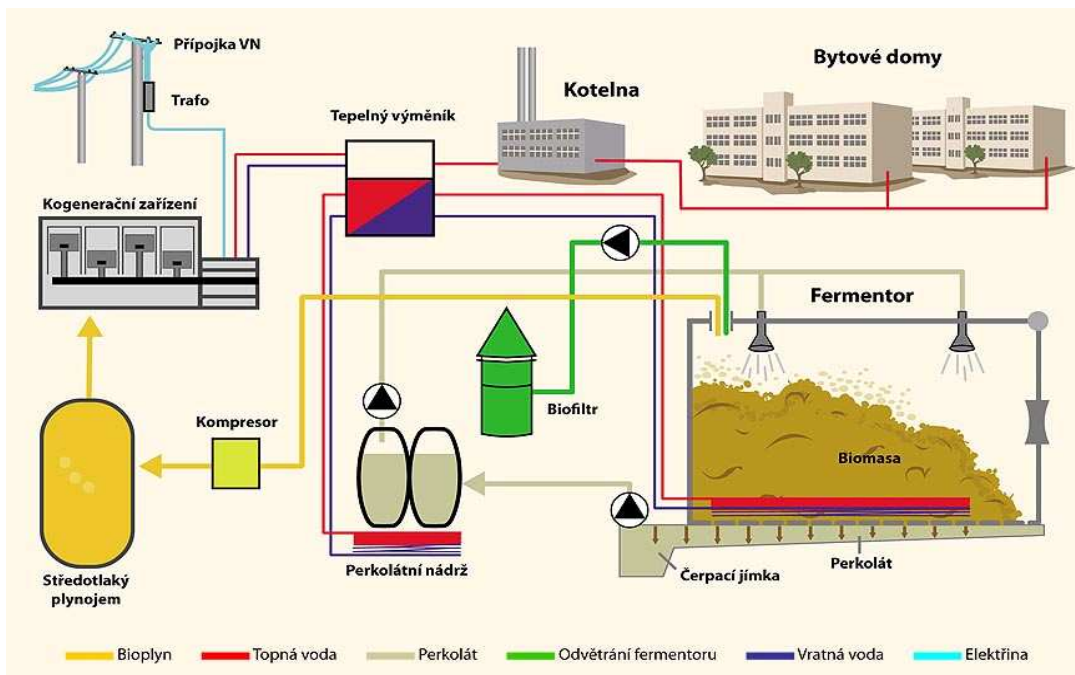
Obrázek č. 1: Zea mays (ČÍŽ, 8.1.2010)



Obrázek č. 2: Zea mays - vzrostlý porost hybridu kukuřice (Monsanto ČR)

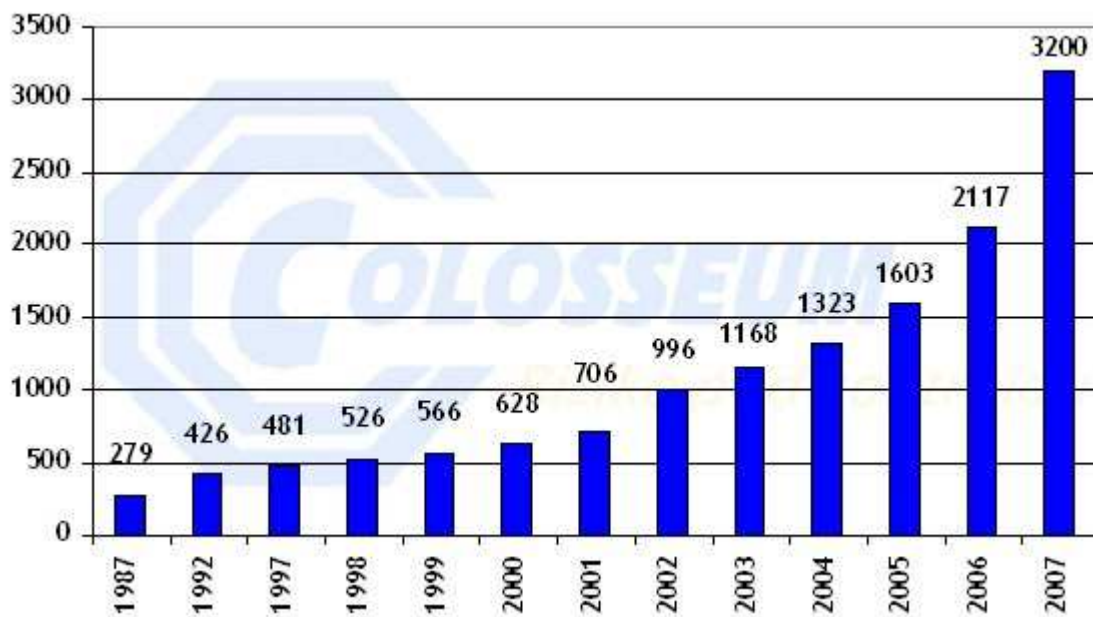


Obr. č. 3 : Srovnání produkce metanu z hybridů (Monsanto Německo)



Obr. č. 4 : Princip suché fermentace

<http://www.fortexbioplyn.cz/cz/bioplynove-stanice-sucha-fermentace/>



Obr. č. 5 : Kukuřice spotřebovaná na výrobu etanolu v USA (v mil. bušlů, Zdroj: USDA, ERS)

<http://www.finance.cz/zpravy/finance/196245-kukurice-a-biopalivove-silenstvi/?MailcenDivLogin=1>

Obr.č. 6 : Bioplynová stanice, RYCHTERA Zd.

(2010)

<http://www.enviport.cz/kraj-souhlasi-se-stavbou-ko-196423.aspx>



Obr. č. 7: Bioplynová stanice o výkonu 250 kW, BÍLÝ Zd. (2010) Trutnov

http://www.poettinger.at/sk/news_detail_s/3414/



Obr. č. 8: Návoz řezanky do bioplynové stanice, BÍLÝ Zd. (2010) Trutnov

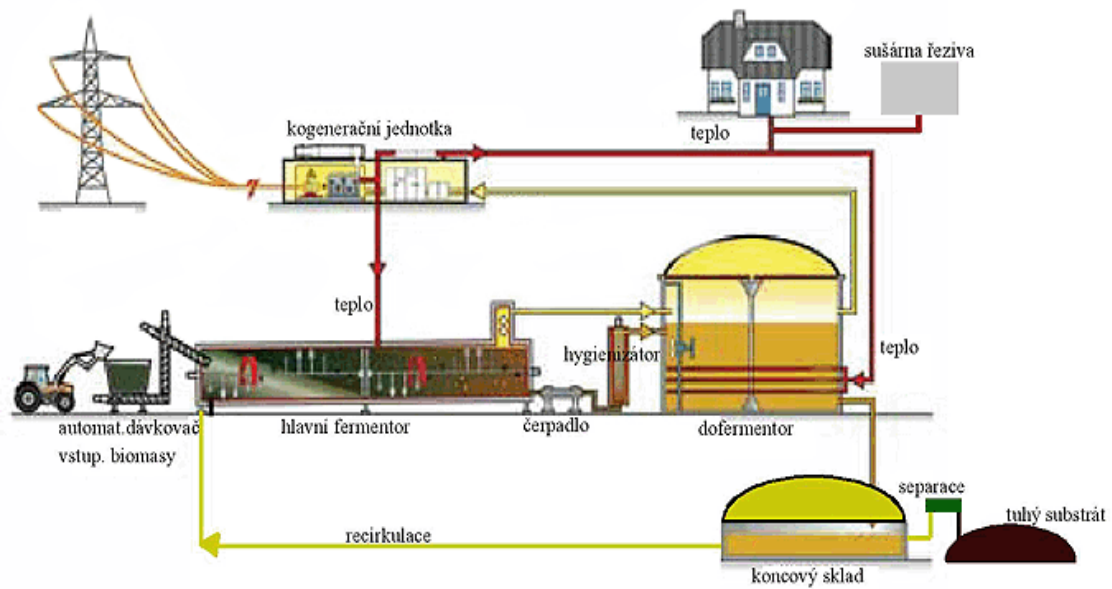
http://www.poettinger.at/sk/news_details/3414/

Obr. č. 9: Kukuřičná drť (syká konzistence) VÚZT, KÁRA J.



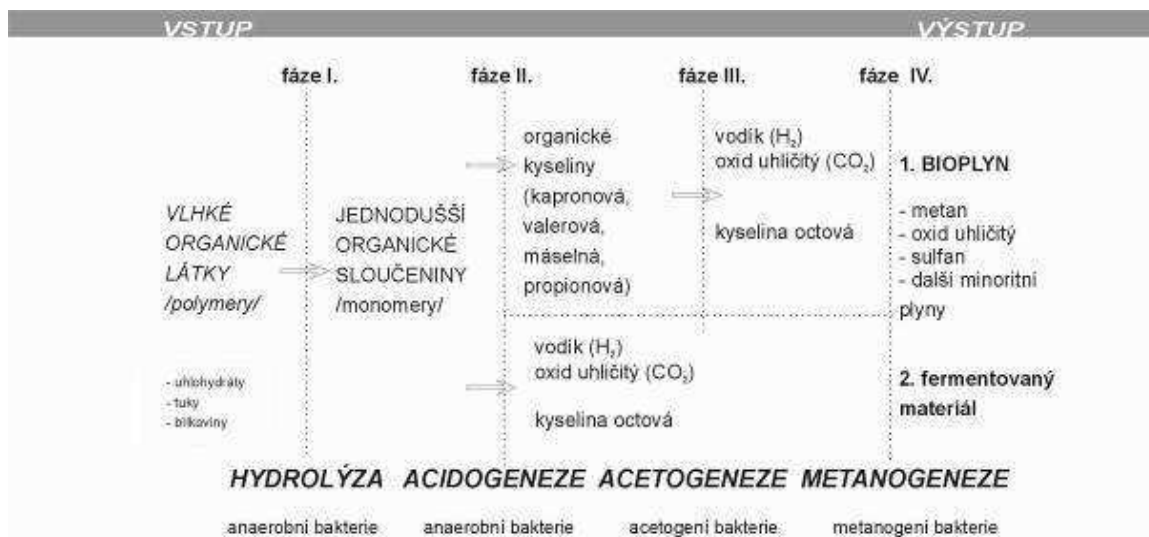
Obr. č. 10: Vzorek předfermentované kukuřičné siláže, DOHÁNYOS M.

<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=veda-a-vyzkum&nid=produkce-bioplynu-z-kukurice>



Obr. č. 11: Schéma bioplynové stanice

http://www.agro-otrocin.cz/biopllynova_stanice.php

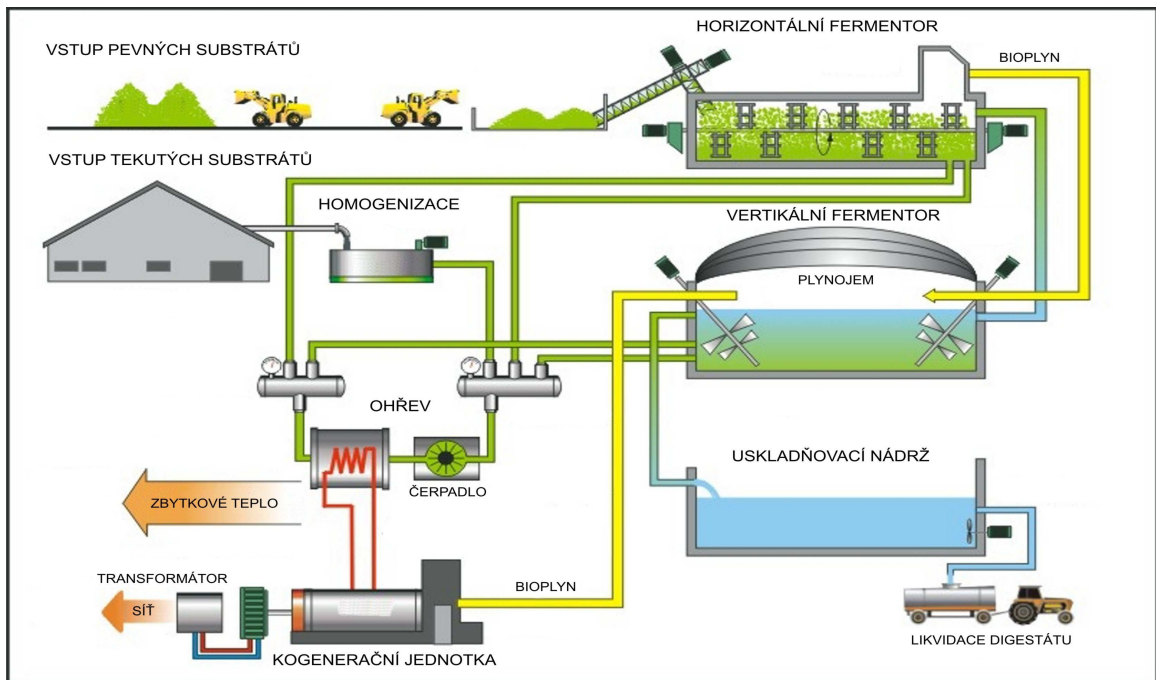


Obr. č. 12: Princip bioplynové stanice



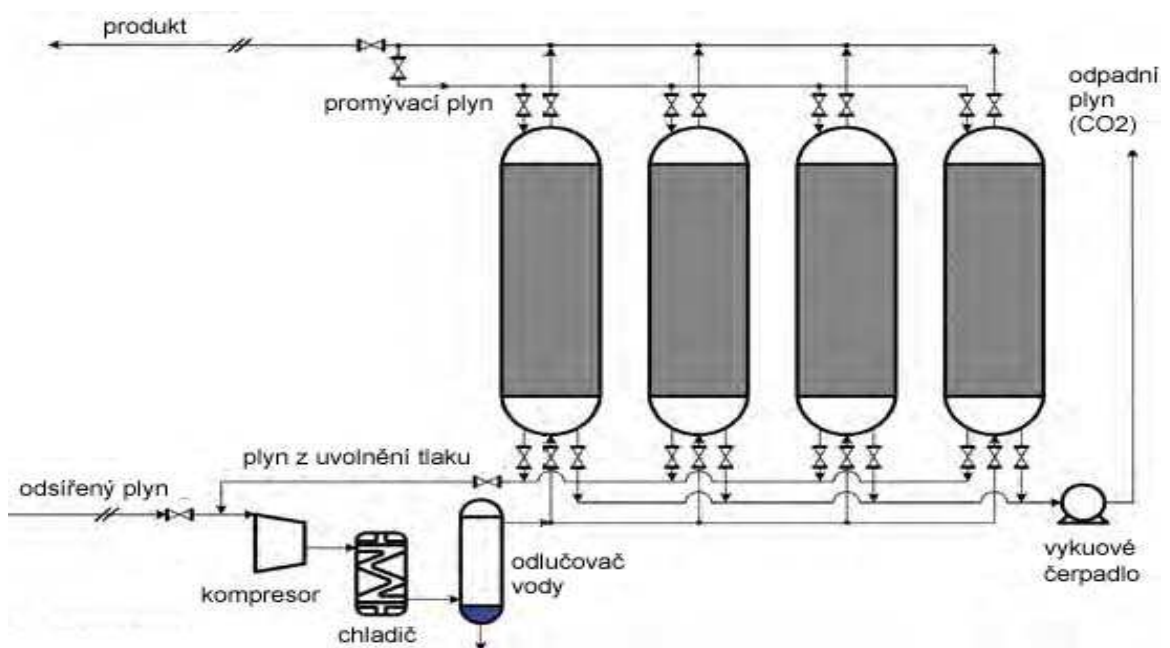
Obr. č. 13 : Porost kukuřice seté, SKLÁDANKA J. (2006)

http://web2.mendelu.cz/af_222_multitext/picniny/sklady.php?odkaz=kukurice.html



Obr. č. 14: Schéma bioplynové stanice, AGROMONT VIMPERK, spol. s r.o.

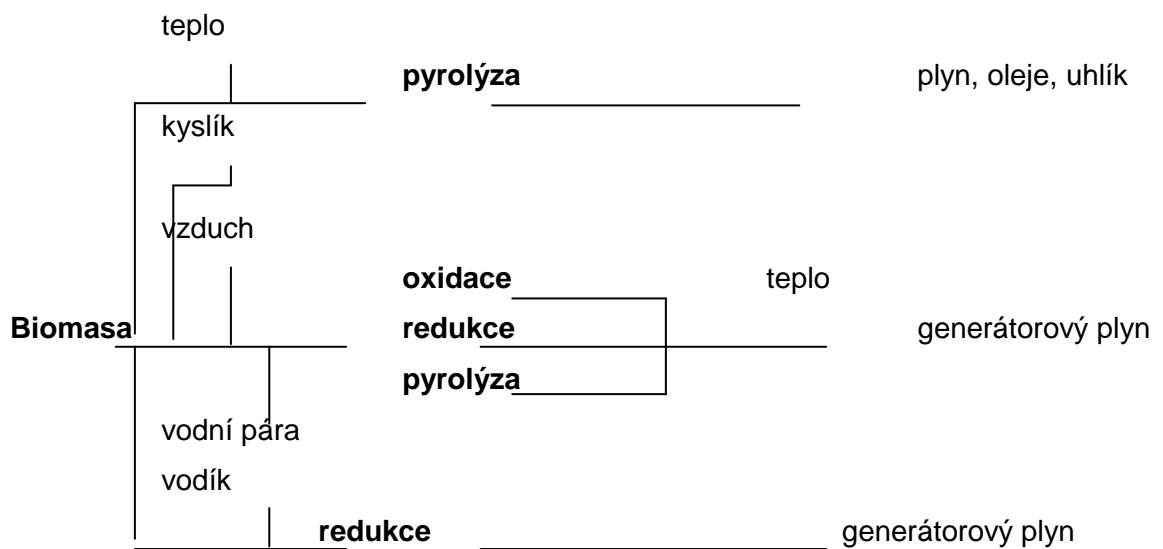
<http://www.agromont.cz/cs/11/section-40/energetika-bioplynove-stanice.htm>



Obr. č. 15 : Příklad konkrétní technické realizace procesu PSA

(Biogasaufbereitungssysteme zur Einspeisung in das Erdgasnetz –ein Praxisvergleich“ (BASE TECHNOLOGIES GmbH, Institut Umwelt-, Sicherheits-Energietechnik UMSICHT), 2008)

Obr. č. 16: Procesy zplyňování



Obr. č. 17: Závislost výhřevnosti paliva na obsahu vody



Obr. č. 18: Kotel na brikety, STRAKA L. (2006)

Tabulka č. 1: Porovnání různých druhů energetických plodin z hlediska spalování

Druh rostl. biomasy	Výhřevnost biomasy při vlhkosti 5% (MJ/kg)	Spalné teplo sušiny biomasy (MJ/kg)	Průměrné výnosy suché biomasy (t/ha)	Energetická produkce 1ha (GJ)
Čiroky (průměr)	15,3	17,7	8,1	123,9
Konopí seté	15,5	18,1	7,9	122,5
Kostřava rákosovitá	15,6	17,5	7,6	118,6
Křídlatka česká	15,3	17,6	10,3	157,6
Energetický šťovík	15,3	18,0	9,0	132,2
Kukuřice setá	17,1	19,0	7,1	121,4

Tabulka č. 2: Produkční potenciály bioetanolu u plodin

	Pšenice	Kukuřice zrno	Cukrovka
Výnos t / ha	3,47 – 5,35	2,24 – 7,09	28,64 – 45,56
Konverze BE l / kg	0,37-0,4 (průměr 0,385)	0,4 –0,42 (průměr 0,41)	0,09-0,1 (průměr 0,095)
Výroba BE l / ha	1336 – 2059	918 – 2907	2720 – 4328
Výroba BE v t / ha	1,042 – 1,606	0,716 – 2,267	

Zdroj: Studie A.R.C. spol. s r.o. (2001)

Tabulka č. 3: Energetické produkční potenciály zemědělských plodin

Surovina	výnos t/ha	Spotřeba suroviny v kg		Výtěžek BE v t/ ha
		na 100 l	na 1 t	
Pšenice	6 - 8	280	3528	1,70 – 2,27, průměr 1,98
Kukuřice zrno	7 - 10	275	3465	2,02 – 2,87, průměr 2,45
Ječmen	5 - 7	285	3591	1,39 – 1,95, průměr 1,67
Triticale	6 - 8	280	3528	1,70 – 2,27, průměr 1,98
Cukrovka	40 - 65	992	12500	3,20 – 5,20, průměr 4,20
Brambory	20 - 35	794	10004	2,00 - 3,50, průměr 2,75

Zdroj: Studie A.R.C. spol. s r.o. (2001)

Tabulka .č. 4 : Výnos etanolu u různých kulturních plodin (podle různých autorů)

Druh	Škrob/cukr v % čerstvé hmotě	Výnos (t.ha ⁻¹)	Výtěžnost etanolu	
			(l.t ⁻¹)	(hl.ha ⁻¹)
Řepa krmná	9,7	90	59	53
Řepa cukrová	16,0	30-50	90-100	38-48
Brambory	18,0	20-30	100-120	22-33
Kukuřice zrno	60,0	4-8	360-400	15-30
Kukuřice na zeleno	11,0	47	67	31,9
Pšenice	62,0	2-5	370-420	8-20
Ječmen	52,0	2-4	310-350	7-13
Žito	55,5	3,5	36	12,8
Proso zrno	70,0	2-5	330-370	7-18
Čirok zrno	70,0	1-6	340	3,4-20
Batáty	26,0	10-20	140-170	16-31
Maniok	28,0	12-15	175-190	22-23
Topinambur	17,0	20-40	77	15-31