

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ  
FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn, CSc.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TÉMA: Využití obilovin pro výrobu bioplynu (The use of cereals for biogas production)**

VEDOUcí BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Ing. Zdeněk Štěrba, Ph.D.

AUTOR BAKALÁŘSKÉ PRÁCE: Lukáš Fencel

České Budějovice 2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš FENCL**  
Osobní číslo: **Z14478**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Agropodnikání**  
Název tématu: **Využití obilovin pro výrobu bioplynu**  
Zadávací katedra: **Katedra speciální produkce rostlinné**

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

Cíl práce:

Shrnutí poznatků o možnostech využití obilovin pro výrobu bioplynu, porovnání obilnin I. a II. skupiny.

- 1) Úvod - stručný nástin významu tématu.
- 2) Vypracování osnovy bakalářské práce dle kapitol a podkapitol (charakteristika obilnin, možnosti získávání bioplynu, pěstování obilovin I. a II. skupiny - GAEC 2, výhody, nevýhody, výtěžnost bioplynu).
- 3) Vyhledání odpovídajících publikací v domácí i zahraniční literatuře včetně informačních databází.
- 4) Zpracování získaných informací a vytvoření přehledné literární rešerše na dané téma.
- 5) Charakteristika bioplynové stanice v zemědělském podniku KOZOJEDY, a. s., praktické zkušenosti.
- 6) Závěr - shrnutí nejdůležitějších poznatků a doporučení vyplývajících ze studované problematiky a praktických zkušeností.
- 7) Seznam literatury - v abecedním pořadí dle ČSN.

Rozsah grafických prací: 5 stran  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:


Havlíčková, K. a kol.: Rostlinná biomasa jako zdroj energie, VÚKOZ Průhonice, 2008  
Pelikán, M.: Zpracování obilovin a olejnin, 2. vydání, MZLU Brno, 2001.  
Petr, J. a kol.: Žito a tritikale, Proffi Press, 2008  
Zimolka, J. a kol.: Kukuřice - hlavní a alternativní užitkové směry, Profi Press, 2008  
Vědecké a odborné časopisy: Úroda, Farmář, Agromagazín, Zemědělec.  
Internetové databáze AGRIS, CAB, Current content, aj.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Štěrba, Ph.D.  
Katedra speciální produkce rostlinné

Datum zadání bakalářské práce: 13. února 2015  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2016

  
prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUĎĚJOVICÍCH  
ZEMĚĎELSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

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

V Českých Budějovicích dne 13. února 2015

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 - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne.....

.....  
Lukáš Fencel

**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Zdeňku Štěrbovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a čas, který této práci věnoval. Také bych ale chtěl poděkovat předsedovi představenstva společnosti ZS Kozojedy, a.s. ing. Jaroslavovi Fenclovi, který mě byl schopen poskytnout cenné informace k bakalářské práci.

# Abstrakt

V dnešní době je velice aktuální téma obnovitelné zdroje, mezi které mimo jiné patří i výroba bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích. Jedny z hlavních vstupních surovin pro výrobu bioplynu jsou obiloviny. Na které se právě v této práci zaměříme. Využívání obilovin k energetickým účelům, má za následek, snižování stavu neobnovitelných zdrojů v přírodě.

Cílem této bakalářské práce je shrnutí poznatků o možnostech využití obilovin pro výrobu bioplynu a porovnání obilovin I. a II. skupiny. Charakterizovat bioplyn jako takový a s ním spojenou bioplynovou stanici, v této bakalářské práci je to BPS v podniku ZS Kozojedy, a.s.

Obiloviny se rozdělují do dvou skupin a pro výrobu bioplynu lze využít obě dvě skupiny. Bakalářská práce je především zaměřená na dvě hlavní plodiny, které jsou v dnešní době pro výrobu bioplynu velmi důležité. Mezi tyto dvě plodiny uvedené v práci patří. Za první kukuřice setá, která má celosvětově největší zastoupení v plodinách, jež se pěstují především k silážování. Za druhé je tu žito seté, které patří spíše k novým plodinám, jež se silážují.

**Klíčová slova:** bioplyn, biomasa, kukuřice setá, žito seté, siláž, obiloviny, bioplynová stanice

# Abstract

In these days, renewable resources is a very current topic which also includes biogas production in agricultural biogas stations. Some of the main raw materials used to produce biogas are cereals, which we will be focusing on in this thesis. The use of cereals for energetic purposes results in decreasing the state of non-renewable resources in nature.

The aim of this bachelor thesis is to summarise findings of various possibilities for utilisation of cereals to produce biogas and compare cereals of the 1st and 2nd group. Describe biogas and biogas station linked with it as such, we used biogas station in company ZS Kozojedy, a.s.

Cereals are split into two groups and in order to produce biogas you may use both of these groups. Bachelor thesis is mainly focused on two main crops which are now a days very important for production of biogas. Included between these two crops also are: firstly maize, which has worldwide representation in crops grown mainly to make silage; and secondly rye which is more part of new crops from which silage is already being made.

**Key words:** biogas, biomass, maize, rye, silage, cereals, biogas station

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíl práce .....	10
3. Literární rešerše .....	11
3.1. Obilniny .....	11
3.1.1 Charakteristika a rozdělení obilnin.....	11
3.1.2. Pěstování a agrotechnika obilnin.....	12
3.2. GAEC 2 zásady pěstování erozně nebezpečných plodin .....	14
3.3. Kukuřice setá ( <i>Zea mays L.</i> ).....	15
3.3.1. Charakteristika kukuřice .....	15
3.3.2. Agrotechnika kukuřice .....	17
3.3.3. Hybridy kukuřice .....	20
3.3.4 Kukuřice pro výrobu bioplynu .....	21
3.4. Žito seté ( <i>Secale cereale L.</i> ) .....	23
3.4.1. Charakteristika žita .....	23
3.4.2. Agrotechnika kukuřice .....	25
3.4.3. Odrůdy žita .....	26
3.4.4. Žito pro výrobu bioplynu .....	28
3.5. Charakteristika bioplynu .....	29
3.5.1. Historie výroby bioplynu .....	29
3.5.2. Vznik a podmínky vzniku bioplynu .....	30
3.5.3. Zařízení a technologie na výrobu bioplynu .....	32
3.5.4. Úprava bioplynu.....	33
3.5.5. Využití bioplynu .....	34
3.5.6. Digestát a možnosti jeho využití.....	36



<b>4. Charakteristika ZS Kozojedy, a.s. a BPS Kozojedy .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1. Charakteristika, hlavní technologické parametry BPS.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. Technické řešení stavby .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3. Jednotlivé části BPS .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4. Enviromentální aspekty .....</b>	<b>44</b>
<b>5. Vlastní práce .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1 Plánovaná bilance surovin.....</b>	<b>45</b>
<b>5.2. Provozní výsledky 2013 .....</b>	<b>45</b>
<b>5.3. Provozní výsledky 2014 .....</b>	<b>47</b>
<b>6. Závěr.....</b>	<b>49</b>
<b>7. Přílohy .....</b>	<b>51</b>
<b>8. Použitá literatura .....</b>	<b>56</b>

# 1. Úvod

Výroba bioplynu v zemědělských bioplynových stanicích je v posledních letech dosti vyslovovaným tématem. Bylo by tudíž dobré se o toto téma i nadále zabývat a objevovat stále dokonalejší a méně nákladné technologie k výrobě bioplynu. Po stránce ekonomické má tento obor celkem zajímavé aspekty, které by nebylo dobré jen tak přehlížet a nevěnovat se jim. Pro výrobu bioplynu se využívá biomasa z obilnin nebo travních porostů. Biomasa z travních porostů se „zkrmuje“ zejména za předpokladu, že podnik není schopen vyprodukovat dosti kvalitní materiál z obilnin, nebo mu to půdní podmínky neumožňují. Nejčastěji „zkrmovanou“ plodinou je kukuřice setá, která dosahuje nejvyšších výnosů biomasy. Další plodinou, poměrně mladou v zařazení do „krmné dávky“ je žito seté, které doplňuje kukuřici i na pozemcích, kde se kukuřice setá pěstovat nesmí. Navíc kombinace těchto plodin má pozitivní vliv na výrobu bioplynu, ale o tom už více v dalších částech bakalářské práce. Nedílnou součástí v „krmném mixu surovin“ je také hnůj, nebo kejda. Zařazení těch to dvou složek má význam, jak ekonomický, tak i technologický.

Za vznik bioplynu může rozklad organické hmoty bez přístupu kyslíku. Specifické mikroorganismy rozkládají organický materiál v několika stupních. Bioplyn se skládá z dvou hlavních plynů. Prvním je metan, kterého je v bioplynu obsaženo nejvíce cca (50-70%). Druhým je zas oxid uhličitý, který tvoří cca (30-40%). Dále je v bioplynu obsaženo malé množství sirovodíku, dusíku, vodíku a oxidu uhelnatého.

## **2. Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je shrnutí poznatků o možnostech využití obilovin pro výrobu bioplynu a porovnání obilovin I. a II. skupiny. Možnost získávání bioplynu z jejich biomasy a shrnutí výhod či nevýhod.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. Obiloviny

#### 3.1.1 Charakteristika a rozdělení obilnin

Obiloviny tvoří ekonomicky, agronomicky i spotřebitelsky nejdůležitější skupinu plodin v celé struktuře rostlinné výroby. Pěstují se v první řadě pro zrna ke spotřebě, k výživě zvířat, k průmyslovému zpracování a na osivo. Jejich předností je, že je můžeme dlouhodobě skladovat. Vedlejším produktem je sláma, která se zčásti zkrmuje jako objemové krmivo, zčásti se používá jako podestýlka a tak se dostává ve formě statkového hnojiva zpět do půdy a podporuje zvyšování její úrodnosti. Část obilnin sbírána za zelena se zkrmuje přímo, silážuje, senážuje, nebo se suší a potom zkrmuje (ŠPALDON A KOL., 1982).

Rostlinu obilniny tvoří svazčitý kořen, odnožovací uzel se schopností tvořit postranní vzrostné vrcholy, umístěný asi 2 cm pod povrchem půdy. Dále se rostlina skládá z listů, stébla, na kterém se nachází články, tzv. kolénka, květenství, a to květ nebo lata, a plod – obilka neboli zrno, které tvoří obal, endosperm a klíček. Růstové fáze rostlin obilnin jsou klíčení, vzcházení, první listy, odnožování, sloupkování, naduřování listové pochvy, metání, kvetení, zrání a planá zralost (PULKRÁBEK, CAPOUCHOVÁ, HAMOUZ A KOL., 2003).

Květenství obilnin je složený klas, ten se vyskytuje u pšenice, ječmene, žita nebo triticales ve formě lichoklasu. U ovsu, prosa, rýže a čiroku je to lata. Formu latty má taktéž samčí květenství u kukuřice, samičí květenství je palice a vyznačuje se silně ztloustlou osou (MOUDRÝ, JŮZA, 1998).

#### Rozdělení obilovin

Botanicky patří (s výjimkou pohanky) do jedné čeledi – lipnicovitých (Poaceae). Výjimku tvoří pohanka (Fagopyrum), která patří do čeledi rdesnovitých (Polygonaceae), (MOUDRÝ, JŮZA, 1998). Všechny druhy obilnin se rozdělují do dvou skupin, které se liší svými morfologickými znaky a fyziologickými vlastnostmi a nároky. Do první skupiny patří především pšenice, ječmen, žito, oves a tritikale. Druhou skupinu tvoří kukuřice, čirok, pohanka, proso, amarant atd. Podle

nepotravinářského využití dělíme obilniny na hlavní (kukuřice, pšenice) a doplňkové (amarant, čirok, oves, pohanka, proso, tritikale, žito). Nutno dodat že některé z nich se zatím u nás nepěstují nebo je jejich pěstování v pokusném stadiu (PETR, HÚSKA, 1997).

## Rozlišovací znaky

Charakteristické rozlišovací znaky jednotlivých skupin:

**I Skupina obilnin:** 1) Obilka má na spodní straně rýhu, 2) Při klíčení vzniká více zárodečných kořínků současně, 3) Stéblo je duté, 4) Nejvíce plodné jsou dolní kvítky v klásku, 5) Menší náročnost na teplo, větší náročnost na vláhu, 6) Mají ozimé i jarní formy, 7) Při jarovizaci vyžadují nižší teploty, 8) Podle fotoperiodické reakce jsou rostlinami zřetelně dlouhodobými, 9) Mají v počátku vegetace rychlejší vývin (tvoří odnože již při 2-3 listu).

**II Skupina obilnin:** 1) Obilky mají podélnou rýhu, 2) Vytváří pouze jeden zárodečný kořínek, 3) Stéblo je vyplněné dřevem, 4) Nejvíce plodné jsou horní kvítky v klásku, 5) Větší náročnost na teplo, menší na vláhu, 6) Vytvářejí pouze jarní formy, 7) Při jarovizaci vystačí relativně s vyššími teplotami, 8) Jsou rostliny krátkého dne, 9) Vývin je z počátku pomalejší, odnože se tvoří při čtvrtém až osmém listu (MOUDRÝ, JÚZA, 1998).

### 3.1.2. Pěstování a agrotechnika obilnin

**Příprava půdy** k obilninám má zabezpečit zlepšení půdní strukturu kypření ornice, příznivě působit na vodní, vzdušný a teplotní půdní režim a na biologické faktory. Příprava půdy podporuje klíčení semen plevelů a následným kultivačním zásahem mechanicky vzešlé rostlinky plevelů ničí. Nároky na přípravu půdy vzhledem k tomu, že kořenová soustava rozprostírá ze dvou třetin v ornici do hloubky 20 – 25 cm a jen třetina proniká poměrně hluboko do podorničí. Proto jim obvykle stačí středně hluboká orba (18 – 24 cm), (ŠPALDON A KOL., 1982).

Při kvalitním zpracování půdy a přípravě seťového lůžka je pro obilniny doporučováno tzv. „mělké setí“ do hloubky 2-3 cm a rovnoměrnost v hloubce uložení semen. To umožňuje dobré založení odnožovacího uzlu na úrovni uloženého semene a tím i bohaté odnožení rostlin a zapojení porostu (KŘEN A KOL, 1998).

Šířka řádků 105 - 150 mm u obilnin první skupiny a 300-450 mm u skupiny druhé. Výsevek je závislý na kvalitě předplodiny, aktuálních podmínkách na stanovišti, srážkových podmínkách a dodržování termínu setí. Obecně se pohybuje mezi 400 - 500 klíčovými obilkami na m<sup>2</sup> (DIVIŠ, 2010).

**Ošetření porostů** obilnin dělíme do tří skupin. 1. Chemické ošetření, do kterého zahrnujeme přihnojování zejména dusíkatými hnojivy, ochranu proti plevelům herbicidy, ochranu proti chorobám a škůdcům specifickými pesticidy a aplikaci morforegulačních přípravků na podporu proti mrazům, na podporu odnožování a proti poléhání. 2. Mechanické ošetření porostů charakteru traumatických zásahů do vývinu rostlin, kterým regulujeme hustotu porostů (těžké brány napříč ředí porosty, lehké brány mohou stimulovat odnožování, současně poruší půdní škraloup a odstraní část plevelů. 3. Biologické ošetření (ŠPALDON A KOL., 1982).

**Sklizení.** Rozlišujeme tyto stupně zralosti:

**Mléčná zralost** (DC 75) žloutnou a zasychají spodní listy na rostlině, všechna kolénka jsou zelená a šťavnatá, plevy, pluchy a plušky jsou zelené, z obilky (obsahuje asi 50% vody) po stisknutí vytéká tekutina mléčného charakteru.

**Vosková zralost** (DC 85) celá rostlina je žlutá, kolénka slabě žluté a šťavnaté, obilky a klas jsou vybarveny typicky pro odrůdu, obilky se mezi prsty hnětou.

**Žlutá zralost** (DC 90) všechny části rostliny jsou typicky slámově žluté a zaschlé, kolénka jsou hnědá, ale nezaschlá, jen ve spodní polovině stébla zasychají a svažují se. V obilce (voda 25 – 30%) po vrypu nehtem zůstává rýha, přívod zásobních látek do obilky je zastaven.

**Plná zralost** (DC92) všechny části rostlin, tedy i kolénka na celém stéble jsou zaschlá a svažtělá, obilka je tvrdá, nedá se do ní rýpnout nehtem a těžko se láme (obsah vody 20 – 25%) u některých odrůd je v této době nebezpečí výdrolu obilek a lámání stébla (KŘEN A KOL., 1998).

U druhé skupiny obilnin je doba a způsob sklizně závislý na směru pěstování a využití plodin. Např. kukuřici na zrno se sklízí při vlhkosti zrn 30%, kukuřice na siláž se sklízí na konci mléčné voskové zralosti, při cca 35% sušiny. Kukuřice na CCM se sklízí při obsahu sušiny 45-50% (ZIMOLKA, 2008).

### 3.2. GAEC 2 zásady pěstování erozně nebezpečných plodin

Žadatel na ploše půdního bloku, popřípadě jeho dílu, označené v evidenci půdy od 1. 7. příslušného kalendářního roku do 30. 6. následujícího kalendářního roku jako půda:

- a) Silně erozně ohrožená zajistí, že se nebudou pěstovat erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok; porosty ostatních obilnin a řepky olejné na takto označené ploše budou zakládány s využitím půdoochranných technologií při zakládání porostů pouze v případě, že budou pěstovány s podsevem jetelovin nebo jetelotravních směsí,
- b) Mírně erozně ohrožená zajistí, že erozně nebezpečné plodiny kukuřice, brambory, řepa, bob setý, sója, slunečnice a čirok budou zakládány pouze s využitím půdoochranných technologií.

Tyto podmínky nemusí být dodrženy na ploše, jejíž celková výměra nepřesáhne výměru 0,40 ha zemědělské půdy z celkové obhospodařované plochy žadatelem za předpokladu, že směr řádků erozně nebezpečné plodiny je orientován ve směru vrstevnice s maximální odchylkou do vrstevnice do 30° a pod plochou erozně nebezpečné plodiny se nachází pás zemědělské půdy o minimální šíři 24 m.

Důvod: Ochrana půdy před vodní erozí a ochrana komunikací a dalších staveb před zaplavením nebo zanesením splavenou půdou. Tento standart řeší problematiku protierozní ochrany půdy stanovením požadavků na způsob pěstování vybraných hlavních plodin na silně a mírně erozně ohrožených půdách.

**GAEC 2 na silně erozně ohrožených (SEO) plochách vyhovují pouze následující obecné půdoochranné technologie:** 1) bezorebné setí/sázení 2) setí/sázení do mulče 3) setí/sázení do mělké podmítky 4) setí/sázení do ochranné plodiny 5) důlkování.

**GAEC 2 na mírně erozně ohrožených (MEO) plochách vyhovují následující obecná půdoochranné technologie:** 1) bezorebné setí/sázení 2) setí/sázení do mulče 3) setí/sázení do mělké podmítky 4) setí/sázení do ochranné plodiny 5) důlkování.

GAEC 2 pouze na mírně erozně ohrožených plochách vyhovují kromě výše uvedených obecných i následující specifické půdoochranné technologie: 1) přerušovací pásy 2) zasakovací pásy 3) osetí souvratí 4) setí/sázení po vrstevnici 5) odkameňování (KONTROLA PODMÍNĚNOSTI 2014).

## 3.3. Kukuřice (*Zea mays L.*)

### 3.3.1. Charakteristika kukuřice

V botanickém systému je kukuřice (*Zea mays L.*) zařazena jako jednoletá rostlina, jednodomá, různopohlavní. Patří do podtřídy jednoděložných (*Monokotyledonae*), řádu lipnicokvětých (*Poales*), čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), skupiny kukuřicovitých (*Maydeae*) (ZIMOLKA A KOL, 2008).

Původní domovinou kukuřice jsou tropické a subtropické oblasti Jižní a Střední Ameriky. Kukuřice patří k plodinám, jejichž planou formu neznáme a pravděpodobně ji už ani nenajdeme. (ŠPALDON A KOL., 1982). Do Evropy ji dovezl Kolumbus (1493). Kukuřice zde našla příznivé podmínky a rychle se tu rozšířila. Mnohostranná použitelnost kukuřice ji řadí mezi nejcennější kulturní plodiny (SOBOTKA, JELÍNKOVÁ, 1958).

Kukuřice vytváří svazčitý kořenový systém, jehož provazčité kořeny pronikají poměrně hluboko do půdy, podle stanovištních podmínek 1,5 – 3 i více metrů a zajišťují zásobování vodou ze značné hloubky. Převážná část jemných kořínků je však rozložena mělce v orniční vrstvě do 20 cm, kolem stébla v okruhu kolem 100 cm i více (ZIMOLKA A KOL., 2008). Kořenová soustava kukuřice se skládá z primárního klíčního kořene, bočních klíčních kořenů a mezokotylových a sekundárních podzemních i nadzemních (vzdušných) kořenů (ŠPALDON A KOL., 1982).

Kukuřice je rostlina jednodomá, různopohlavní. Samčí květenství je lata, která vyrůstá na horním internodiu stébla. Samičí květenství tvoří klas, který sedí v paždí listu. (ŠPALDON A KOL., 1982). Květenství palice trvá 5-10 dní, začíná na bázi a postupuje směrem k vrcholu (ZIMOLKA A KOL., 2008). Podle



fotosyntetického cyklu, patří kukuřice mezi C4 druhy, tj. mezi tzv. tropické trávy (VIDOVIČ, 1980).

## Pěstování kukuřice v ČR a světě

Kukuřice je jednou z nejvýznamnějších plodin na světě a je v první desítce nejpěstovanějších zemědělských plodin (www.zea.cz, 2014). Využití nachází v potravinovém průmyslu, spotřebovává se jako krmivo a v posledních letech jde stále větší podíl produkce na výrobu biopaliv. Největšími producenty kukuřice na světě jsou USA, Čína a Brazílie (www.kvetenacr.cz, 2008).

**Tabulka č: 1 Sklizeň kukuřice na zeleno a siláž v roce 2014 podle krajů**

Území, kraj	Plocha v hektarech	Výnos v t/ha	Sklizeň v tunách
a	1	2	3
<b>Česká republika</b>	<b>237 235</b>	<b>40,37</b>	<b>9 577 873</b>
Hl. m. Praha	286	45,13	12 895
Středočeský	32 468	40,79	1 324 207
Jihočeský	33 941	39,13	1 328 108
Plzeňský	27 762	39,55	1 097 962
Karlovarský	2 075	39,40	81 757
Ústecký	6 125	42,09	257 798
Liberecký	3 551	39,29	139 511
Královéhradecký	16 728	40,94	684 782
Pardubický	20 184	41,24	832 305
Vysočina	38 796	39,02	1 513 836
Jihomoravský	20 651	38,83	801 882
Olomoucký	16 283	44,63	726 741
Zlínský	9 023	42,82	386 376
Moravskoslezský	9 363	41,62	389 715

(Český statistický úřad 2014)

### 3.3.2. Agrotechnika kukuřice

#### Založení porostu, výživa

Kukuřice je na přípravu půdy velmi náročná. Vyžaduje půdy hluboko zpracované, aby se mohl plně rozvinout její mohutný kořenový systém a tím vytvořit příznivé podmínky pro příjem vody a živin (ŠNOBL A KOL., 2011). U kukuřice je možné využít jak tradiční technologie zpracování půdy orbou, tak minimalizační technologie bez použití orby. V sušších a teplejších podmínkách je dosahováno stejných nebo i vyšších výnosů po minimalizačních technologiích (ZIMOLKA A KOL., 2008). Minimální teplota půdy při klíčení a vzcházení je okolo 8 – 10 °C podle hloubka výsevu, optimální teplota pro další růst a vývoj je vyšší. Biologické optimum pro intenzivní růst je 25 – 30 °C. Nároky na celkovou sumu teplot v průběhu vegetace jsou u kukuřice vysoké, v závislosti na ranosti (klasifikace FAO) se pohybují od 1700 do 3200 °C viz. přílohy tabulka č. 4 (PETŘÍK A KOL., 1987).

Pro setí využíváme přesné secí stroje, které zaručí rovnoměrnou hloubku setí, požadovaný počet vysívaných zrn a jejich rovnoměrné rozmístění na ploše. Jako optimální se jeví secí stroj pro přesné setí s přihnojením tzv. pod patu. Hustota porostu je důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu silážní hmoty. Doporučený počet rostlin kukuřice je 70 000 – 110 000 na hektar. Optimální hustota porostu konkrétního hybridu je doporučena šlechtiteli (ŠANTRŮČEK A KOL., 2008).

Vzdálenost rostlin v řádku je 12-30 cm. Hloubka setí 6-8 cm (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Kukuřice relativně vysokou produkcí odebírá z půdy značná množství živin. Ke hnojení kukuřice se běžně používají organická hnojiva, zvláště na půdách s nižší úrodností a po horších předplodinách. Nejběžněji se používá chlévský hnůj v dávce 30-40 t/ha. Dostatek dusíku je rozhodující pro zajištění vysokých výnosů. Celková dávka dusíku se pohybuje mezi 100-120 kg N/ha. Dusíkatá hnojiva síran amonný, močovina nebo DAM 390 se většinou aplikují jednorázově při základním hnojení. Fosfor se nejčastěji dodává v superfosfátu a draslík v draselné soli. Je také možné použít vícesložková hnojiva. Průměrné dávky jsou 26-40 kg P/ha a 83-125 kg K/ha (HAVELKA A KOL., 1979).

## Ochrana

Po sklizni se často nepodaří zapravit posklizňové zbytky do půdy. Tyto nerozložené části jsou ideálním místem pro přezimování hub a hmyzu a jsou příčinou silného rozšíření škodlivých organismů v posledních letech. Nejvážnějším škůdcem kukuřice je motýl zavíječ kukuřičný. Housenky vyžirají stébla, prožirají se do palic. Mechanicky poškozené rostliny se lámou. Výrazně se zvyšuje výskyt houbových chorob. Od roku 2002 se šíří v ČR nebezpečný škůdce bázlivec kukuřičný (KAZDA A KOL., 2010).

Ochrana porostů proti plevelům je možno provádět mechanicky, nebo chemicky. Výhodou mechanického ošetření porostů, vedle likvidace plevelů, je provzdušnění půdy a vytvoření příznivých podmínek pro růst rostlin (ŠANTRŮČEK A KOL., 2008). **Mechanický způsob regulace plevelů:** Základem je především meziřádková kultivace. Nejčastěji jsou používány pasivní či aktivní plečky. První zátah je třeba provést naslepo, ideální doba je několik dnů po zasetí, kdy je délka klíčků cca 4 cm a velká část plevelů je vyklíčena. Další vláčení se doporučuje provést ve fázi 3-4 listů. **Chemické způsoby regulace plevelů:** V současné době je do kukuřice v ČR registrováno dostatečný počet herbicidů, který pokrývá téměř celé druhové spektrum plevelů běžně se v kukuřici vyskytujících. (ZIMOLKA A KOL., 2008). V současné době kukuřici ve velkovýrobních podmínkách nelze bez použití herbicidů pěstovat. Z hlediska pěstebních technologií lze herbicidy aplikovat před setím (používá se pouze okrajově a ve velmi suchých oblastech), po zasetí před vzejitím – preemergentně (nejběžnější způsob ochrany kukuřice proti plevelům), po vzejití – postemergentně (aplikace druhu a dávky herbicidu podle skutečného zaplevelení), nebo využít dělené aplikace herbicidů (osvědčují se při hubení vytrvalých plevelů), (ŠANTRŮČEK A KOL., 2008).

**Preemergentní aplikace:** Zásadou je, aby herbicidy byly aplikovány po zasetí, ale před vzejitím plodiny (většina výrobců herbicidů uvádí do tří dnů po zasetí). Dnes se provádí především při velmi častém setí nebo pěstování ve vyšších a pro růst kukuřice méně příznivých polohách (velmi dlouhá doba od setí do vytvoření tří až čtyř listů kukuřice). Za takové situace plevele rostou rychleji než kukuřice a tím jí snadněji konkurují.

**Postemergentní aplikace:** Plevelé lze velmi spolehlivě hubit až do fáze zhruba 6. listu kukuřice. Kukuřice je však poměrně citlivá na většinu postemergentně aplikovaných herbicidů. Růstové herbicidy se aplikují do 4 listu. Vzhledem ke stálému se zvyšujícímu zaplevelení vytrvalými pleveli a postupnému vzcházení některých pozdních jarních plevelů (ježatka kuří noha, merlíky, laskavce) se postemergentní herbicidní ošetření kukuřice stává stále větší nutností (ZIMOLKA A KOL., 2008). **Choroby a škůdci** Ve všech oblastech je rozšířená rez kukuřičná. Napadá všechny nadzemní orgány. Pouze generativní orgány napadá prašná sněť kukuřičná. Ze škůdců se na kukuřici vyskytují zejména třásněnka travní, brvnatka travní, larvy kovaříků – drátovci, zavíječ kukuřičný a další (ŠPALDON A KOL., 1982).

## Sklizeň

Nejvhodnější je sklizeň kukuřice na siláž ve fázi mléčné voskové zralosti zrn v řepařské a kukuřičné výrobní oblasti při podílu 40-45% palic s obsahem sušiny okolo 25% a její ukončení při obsahu sušiny 30-32%, v bramborářské oblasti se začíná při sušině palic 22-24%. Při stanovení sklizňové zralosti a vhodnosti termínu sklizně se hodnotí jednotlivé fáze zralosti takto: **1. Zelená zralost** – obsah sušiny 10-14% **2. Zelenomléčná zralost** - obsah sušiny 14-16% **3. Mléčná zralost** – obsah sušiny 16-22% **4. Mléčně vosková zralost** – obsah sušiny 23-33% porost vhodný pro začátek silážování **5. Vosková zralost** – obsah sušiny 30-33% nutnost dokončování silážování **6. Vosková až plná zralost** – obsah sušiny 35-40% (PETŘÍK A KOL., 1987).

Kromě sklizně celých rostlin na siláž se v našem zemědělství využívají i metody dělené sklizně, které se provádějí o něco dříve, než je běžné u sklizně mlátičkou. Sláma a palice se sklízají odděleně; pokud jsou palice olistěné, jde o metodu LKS. Dále lze konzervovat také šrotovanou směs palic s větveny bez listenů (CCM), získanou sklízecími mlátičkami se speciální výbavou. Ještě větší obsah sacharidů má konzervace vlhkého kukuřičného zrna. Sklizeň se provádí sklízecí mlátičkou, získané vlhké zrno je upraveno šrotováním či mačkáním a poté uloženo do vaků nebo do hermeticky dokonale utěsněných věží. Dále se kukuřice

pěstuje na zrno, přičemž tento produkt se využívá rovněž jako krmivo (www.zemedelec.cz, 2011)

### 3.3.3. Hybridy kukuřice

Ranost jednotlivých hybridů je charakterizována číslem FAO (Food and Agriculture Organization), FAO je orientační ukazatel, který charakterizuje hybrid a délku jeho vegetace s tím, že FAO činí rozdíl v délce vegetační doby 1–2 dny, nebo 1–1,5 % obsahu sušiny zrna. Podle ranosti jsou obvykle pro bramborářskou výrobní oblast doporučovány nejranější hybridy skupiny FAO 160–250, pro řepářskou hybridy skupiny FAO 250–300 a pro teplejší řepářskou oblast i hybridy pozdnější. V kukuřičné oblasti lze pěstovat hybridy skupiny FAO 300–400 (FUKSA A KALISTA 2006). Tabulka č. 1: Skupiny podle ranosti a směru využití viz přílohy.

Při pěstování energetických plodin je třeba vybrat vhodné odrůdy. V současnosti firma KWS nabízí jedenáct kukuřičných hybridů vhodných na výrobu bioplynu. V současnosti mají v nabídce již zavedené kukuřičné hybridy i novinky. K prověřeným odrůdám patří Ursinio (FAO 230), Touran (FAO 240), KWS 5133 ECO (FAO 250), Cassilas (FAO 260), Fernandez (FAO 270), nejvýkonnější hybrid Atletico (FAO 280), Gomes (FAO 290) a Kovadis (FAO 410). K novinkám patří hybridy Figorinio (FAO 250), Barros (FAO 260) a Cannavaro (FAO 350). Nová raná odrůda Figorinio má velmi rychlý počáteční vývoj na jaře a dobrou odolnost vůči chladu. Jedná se o vzrůstný, mohutně olistěný hybrid s výbornou odolností k poléhání. Představuje jistotu siláže pro bioplynové stanice ve vyšších a chladnějších polohách. Další novinka Barros představuje hybrid nové generace ze speciálního šlechtění pro výrobu bioplynu. Tato vzrůstná odrůda s dobrým zdravotním stavem a výbornou odolností vůči poléhání poskytuje velmi vysoké výnosy suché hmoty. Vysoce výkonný hybrid Cannavaro s výborným zdravotním stavem a dobrou odolností proti poléhání je určen pro pěstování v teplých oblastech. Má velmi vysoké, dobře olistěné, mohutné rostliny se silným stonkem. Tato odrůda poskytuje siláž s minimálním podílem ligninu a vysokou produkcí metanu (HONSOVÁ, 2013).

Hybridy kukuřice dle ranosti, směru využití a jejich stručná charakteristika od firmy VP Agro, spol. s r.o.:

**RGT Embelixx (FAO S 260)** univerzální typ hybridu – siláž, zrno, CCM., velmi vysoká, mohutná rostlina, rychlý start na jaře, pevné stéblo, velmi dobrý zdravotní stav. Registrace v ČR byla v roce 2011. Jedná se o tříliniový, středně raný hybrid

**RGT FUTURIXX (FAO S 340)** velmi vysoký výnosový potenciál na siláž, bioplyn i zrno, **vysoce plastický hybrid**, velmi rychlý počáteční start na jaře. Registrace v ČR byla v roce 2011. Jedná se o dvouliniový, středně pozdní hybrid (VP AGRO, 2014).

### 3.3.4. Kukuřice pro výrobu bioplynu

Kukuřice má jako rostlina C4 ze všech našich kulturních rostlin nejvyšší výnosový potenciál. Pro tuto plodinu se zároveň diferencovaně vyvinuly a technologicky optimalizovaly systémy pěstování, sklizně, konzervace i přepravy. Využívání kukuřice pro produkci bioplynu se stává konkurencí objemným krmivům pro skot. Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Cílem pěstování silážní kukuřice je jak vysoký výnos sušiny na 1 ha, tak i určitý podíl palic, přičemž sklizňová sušina by měla dosahovat 27 – 32 % sušiny (PETR A KOL., 1980).

Pro produkci bioplynu je nutné zajistit homogenní, vyrovnaný porost, ovšem díky výše zmíněné vlastnosti BPS i meziroční stabilitu parametrů kukuřičné siláže pro „výživu“ bioreaktoru. Pro produkci bioplynu lze u kukuřice uvažovat o následujících pěstebních technologiích: 1) Energetická kukuřice se ve vegetačním roce pěstuje a využívá jako jediná hlavní kultura. 2) Energetická kukuřice se pěstuje jako hlavní kultura po předplodině, jako je třeba žito ozimé. 3) Energetické kukuřice se pěstuje v kombinaci s jinými druhy kulturních rostlin, jako je například slunečnice.

Rovněž otázka volby termínu sklizně je z důvodu lepšího silážování hmoty optimální produkce metanu velmi důležitá. Z pokusů prováděných v Německu je zřejmé, že se zvyšující se zralostí celých rostlin nad 35% obsahu sušiny klesá specifická schopnost tvorby metanu. Specifická výtěžnost metanu má své optimum

mezi 30 a 35% obsahu sušiny (ZIMOLKA A KOL., 2008). Tabulka č. 2. Vliv obsahu sušiny na výnos sušiny z 1 ha při výnosu 60 t zelené hmoty viz přílohy.

Požadavky na kukuřičnou siláž pro bioplynové stanice jsou odlišné od požadavků na siláž pro dojnice, anebo výkrm skotu. Výnos sušiny z 1 ha u energetických hybridů bývá vyšší o 2–5 t a dosahuje 22–25 t sušiny z 1 ha v porovnání s typickými silážními hybridy, jejichž výnosový potenciál je 17–20 t sušiny z 1 ha. Kvalitní bioplynové hybridy v současnost poskytují 350–380 m<sup>3</sup> metanu z 1 t sušiny, kdežto silážní hybridy určené ke krmení skotu mají výtěžnost metanu z 1 t sušiny většinou do 350 m<sup>3</sup>. Energetická kukuřice z 1 ha vyprodukuje 6x více energie ve formě metanu, než se v podobě vstupů investuje. Je to vůbec jeden z nejefektivnějších obnovitelných zdrojů založený na využití biomasy (PROKEŠ., 2012). Kukuřice oproti jiným plodinám dává nejvyšší možný výnos bioplynu (5700 až 7800 m<sup>3</sup>/ha) a následně elektrické energie z hektaru (ZIMOLKA A KOL., 2008).

Důvody pro využití kukuřice na výrobu bioplynu jsou následující:

- Vysoký výnosový potenciál kukuřice a nové hybridy pro energetické využití
- S pěstováním kukuřice na siláž jsou v ČR velké zkušenosti, dokládají to pěstitelské plochy
- Technologie pěstování a silážování je propracovaná a rozvinutá
- Potřebná vybavenost mechanizací a prostory k silážování
- Technologii pěstování lze a je nutné respektovat požadavky ochrany živ. Prostředí (DIVIŠ., 2009)

Podíl kukuřice pěstované v České republice na energetické účely z celkové plochy kukuřice činí 23,86 % a v Německu 32,93 %, nicméně podíl z celkové plochy orné půdy u nás má kukuřice 3,14 %, ale v sousedním Německu 6,94 %, což je více než dvojnásobné zastoupení (MAŇÁSEK., 2014).

## 3.4. Žito seté (*Secale cereale* L.)

### 3.4.1. Charakteristika žita

Patří do třídy jednoděložných *Monocotyledonae*, řádu lipnicotvaré *Poales*, čeledi lipnicovitých *Poaceae* a podčeledi lipnicovité vlastní *Pooideae* (NOVÁK A SKALICKÝ, 2008).

Žito je mladším obilným druhem, než je pšenice, ječmen, ale i oves. Jako samostatná plodina se objevilo přirozeným výběrem z porostů pšenice, kterou zaplevelovalo (PETR A KOL., 2008). V našich podmínkách se žito pěstovalo hojně od pozdního středověku a hrálo roli v primitivních hospodářských a později v úhorových soustavách. Až do počátku 20. století bylo nejrozšířenější obilninou v Čechách (PETR A KOL., 2008). Tradičním místem pěstování byly Beskydy, ale i jiné horské oblasti Čech (MOUDRÝ A KOL., 2011).

Vlastnosti žita a dosavadní zkušenosti předurčují ozimé žito k postavení hlavní obilniny v horských a podhorských oblastech, tj. v oblastech s nízkým produkčním potencionálem půd (PETR A KOL., 2008). Na klimatické podmínky není náročné, snáší chladné počasí a je odolné proti vymrzání. V některých oblastech je napadáno plísní sněžnou. Rovněž na půdu není náročné a roste i v půdách lehkých, písčítých, ale i mělčích, kyselejších, podzolových (PETŘÍK A KOL., 1987).

Žito seté je přísně **cizosprašné** (allogamní), **větrosnubné** (MACHÁŇ A KOL., 1975). Opyluje se větrem v časných ranních hodinách při teplotě 10-12 °C (ŠPALDON A KOL., 1982). Při dostatku vláhy v půdě může žito klíčit při teplotě 1-2 °C. Při teplotě 10-15 °C vzejde za 4-7 dní. Optimální teplota klíčení je 20-22 °C (ŠPALDON A KOL., 1982).

Hospodářsky důležité vlastnosti u žita jsou odolnost proti vymrzání, odolnost proti poléhání, odolnost odrůd proti plísní sněžné a odolnost proti námelu (SOBOTKA A JELÍNKOVÁ, 1958).

Úroveň tolerance žita k půdní je závislá na půdním druhu. Na písčítých půdách je rozmezí pH 5,3-5,7 a na půdách hlinitých pak pH 5,8-6,2 (KŘEN A KOL., 1998). Kořenová soustava žita je mohutná a snadno tedy získává živiny i z chudé půdy. Zasahuje do hloubky až 1,5 m. Stéblo má vysoké 1,5-2 m poskytuje tudíž vysoké výnosy slámy (ŠPALDON A KOL., 1982).



## Pěstování žita v ČR a světě

Ozimé žito je jednou ze základních obilnin pěstovaných v České republice. V minulosti to byla nejvíce pěstovaná obilnina (v roce 1929 přes 1 mil ha na území ČSR). Od počátku 60. let minulého století plochy žita neustále klesají a žito je nahrazováno jinými, výkonnějšími druhy obilnin, především ozimou pšenicí. Významné plochy pěstování žita ve světě jsou v Rusku, na Ukrajině, v Polsku, Německu, na Slovensku, v Pobaltí a ve Skandinávii. Menší plochy jsou ještě v Rakousku, na Balkáně, v Turecku, Argentíně aj. (www.selgen.cz 2015).

V našich podmínkách se žito pěstovalo hojně do pozdního středověku a hrálo roli v primitivních hospodářstvích a později v úhorových soustavách. Jeho největší osev byl ve třicátých letech a těsně před 2. světovou válkou s plochou 765000 hektarů s výnosem 1,6 t/ha. V roce 1960 klesla v ČR plocha na 355000 hektarů (PETR A KOL., 2008).

Tabulka č: 2 Sklizeň žita ozimého v roce 2014 podle krajů

Území, kraj	Plocha v hektarech	Výnos v t/ha	Sklizeň v tunách
a	1	2	3
<b>Česká republika</b>	<b>25 137</b>	<b>5,13</b>	<b>129 059</b>
Hl. m. Praha	147	5,64	830
Středočeský	3 979	5,29	21 057
Jihočeský	4 146	5,16	21 394
Plzeňský	2 271	4,95	11 246
Karlovarský	799	5,36	4 284
Ústecký	985	4,97	4 902
Liberecký	882	5,07	4 472
Královéhradecký	2 027	5,29	10 725
Pardubický	668	5,31	3 546
Vysočina	4 965	5,18	25 711
Jihomoravský	2 081	4,64	9 657
Olomoucký	1 080	5,35	5 775
Zlínský	93	4,69	438
Moravskoslezský	1 013	4,96	5 023

(Český statistický úřad 2014)

### 3.4.2. Agrotechnika žita

#### Založení porostu, výživa

V našich podmínkách je optimální termín setí určen nadmořskou výškou (KŘEN A KOL., 1998). Počet odnoží u žita se obvykle pohybuje od 3 do 4 na jedné rostlině. Z pokusů ÚKZÚZ (ing. Trnka) vyplynulo, že stačí 300 – 350 klíčivých obilek na 1 m<sup>2</sup> při dodržení všech ostatních agrotechnických zásad. Hybridní odrůdy žita se pěstují zásadně s nižším výsevkem, dokonce 250 – 300 klíčivých obilek na 1 m<sup>2</sup> (MOUDRÝ A KOL., 2011).

Žito vyžaduje dostatečně utuženou půdu, na nakypřené roste pomaleji a hůře přezimuje. Podmítka 10-12 cm. Hloubka orby 20-25 cm (ŠPALDON A KOL., 1982). Pro žito se osvědčily šířky řádků 105 – 125 – 150 mm. Hloubka setí se u žita doporučuje 3-4 cm, jelikož si půda sedne a obilka zůstane v hloubce asi 2-3 cm. Dobu setí provádíme dle nadmořské výšky a výrobní oblasti (PETR A KOL., 2008).

Z malých nároků žita na klima a půdu vyplývá určitá skromnost i v nárocích na zásobu živin v půdě. Žito přijímá velmi dobře draslík, hůře však fosfor (ŠPALDON A KOL., 1982). Hnojení dusíkem má podobné zásady jako u pšenice. Převážnou část dusíku aplikujeme brzy na jaře, nejlépe v LAV (VANĚK A KOL., 2007). Jedna třetina dusíku se aplikuje před setím a dvě třetiny brzy na jaře na list. Celková dávka dusíku se v závislosti na předplodině a zásobenosti půdy dusíkem pohybuje u populačních odrůd žita od 60 do 100 kg N ha, u hybridního žita 80 až 120 kg N ha (KŘEN A KOL., 1998).

## Ochrana

Žito je zvláště pod dlouhotrvající sněhovou pokrývkou napadáno plísní sněžnou. Jiné choroby nemají prakticky význam. Omezení výskytu plísně sněžné (*Fusarium nivale*) je možné pouze preventivními zásahy (nevysévat brzo a hluboko, pečlivě zapravit posklizňové zbytky). Třídění osiva (nad 2,5 mm) omezí výskyt této choroby. Ve vlhkých letech se v klasech žita vyskytuje paličkovice nachová (*Claviceps purpurea*). Jako nejúčinnější preventivní metoda k potlačení této choroby se jeví pečlivé čištění osiva (KONVALINA A KOL., 2008).

## Využití

K průmyslovému zpracování nebo spalování. Žito je využitelné i jako zdroj pro energetické využití. K tomu účelu lze použít odrůdy šlechtěné pícninářské použití. Pro tyto účely se šlechtí speciální odrůdy tetraploidní odrůdy, které jsou mohutnějšího vzrůstu. Z podzimních výsevů je možné sklídit okolo 30 t/ha. Pěstování žita se využívá také pro produkci námele (paličkovice nachové) využívaného jako droga pro farmaceutický průmysl. Slámu lze využít k výrobě stavebních panelů (MOUDRÝ A KOL., 2011).

### 3.4.3. Odrůdy žita

Odrůdy žita se dělí podle způsobu, jak byly vyšlechtěny a jak bylo připraveno osivo, na odrůdy populací a na odrůdy hybridní (PETR A KOL., 2008). Až do roku

1992 byly k dispozici pouze odrůdy typu populací. V současné době zaujímají hybridy přes 25 % množitelských ploch a jejich nárůst zatím pokračuje. Obecně lze napsat, že hybridy jsou vhodné do intenzivních podmínek a jejich výnosy jsou 10 – 15 % (až 20 %) vyšší proti odrůdám typu populací. Zdravotní stav a odolnost proti poléhání jsou při porovnání s populačními odrůdami mírně horší. Hybridy tvoří hustší porosty (o 40 – 60 klasů.m-2), mají větší počet zrn v klasu (o čtyři až šest), mají nižší hmotnost tisíce zrn (www.uroda.cz, 2011). Výsledky odrůdových pokusů ukazují u hybridů zvýšení výnosu o 5-25 % proti nejlepším syntetickým odrůdám (LEKEŠ A KOL., 1990).

Významné odrůdy žita pro výrobu bioplynu:

### Helltop

Hybridní žito Helltop je odrůda s nejlépe hodnocenou odolností vůči poléhání. Při šlechtění se podařilo zlepšit stabilitu stébla a klasového větvena pomocí speciální buněčné struktury, která díky zvýšenému obsahu ligninu v buněčné stěně vyztužuje a impregnuje stěny rostlinných buněk, resp. stéblo. Stěna stébla a kolénka jsou zároveň silnější a mohutnější. Současně s výborným zdravotním stavem lze očekávat podstatné snížení nákladů na chemickou ochranu. Slabinou hybridních odrůd bývá snížená tvorba pylu, která usnadňuje spórám námele ataku kvetoucí blizny žitného kvítku. Proto se někdy k osivu hybridů přimíchává malý podíl populačního žita. Jedná se o vysokou, středně ranou až polopozdní, s velmi vysokou HTZ a výbornou mrazuvzdorností. Výsevek častý až střednědobý (160-200 kg/ha), pozdní výsev (200-260kg/ha).

### Herakles

Syntetická populační odrůda, u které je podstatná vysoká kombinační schopnost genového základu. U požadovaných vlastností je např. výnos a odolnost vůči poléhání, tak dochází k heteroznímu efektu jako u hybridních odrůd. Výhodou tohoto nového šlechtění je vyšší výnos zrna (o 7-10%), současně nižší náklady na osivo, větší robustnost rostlin, mohutnější kořenový systém a z toho vyplývající odolnost vůči nepříznivým podmínkám a suchu a lepší využitelnost živin z půdy. Jedná se o vysokou, středně ranou až polopozdní, s vyšší HTZ a výbornou mrazuvzdorností. Výsevek 80-100 kg/ha (VP AGRO, 2014).

### 3.4.4. Žito pro výrobu bioplynu

V porovnání s jinými obilninami nabízí žito vysokou stabilitu výnosu, jednoduchou pěstební technologii a nízké náklady na pěstování. Pro žito jsou typické malé požadavky na stanoviště, zejména díky vynikající tvorbě kořenové soustavy a lepší schopnosti využívat vodu a živiny z půdy. Produkce GPS ze žita je možná takřka na všech stanovištích a v půdních podmínkách. Ve stádiu začátku metání (polovina května) dosahuje výnos biomasy úrovně 8-10 t/ha (přepočteno na 100 % sušiny), při pozdějším termínu sklizně ve stadiu mléčné zralosti (polovina června) může být výnos biomasy až dvojnásobný. Kromě pěstitelských předností žito nabízí také výhody při výrobě bioplynu. Při sklizni celých rostlin na zeleno (GPS) produkuje relativně vysoký výnos sušiny na hektar. Současně vykazuje žitná siláž nejvyšší obsah tuků, a proto je reálná vysoká výtěžnost metanu. Ve srovnání s kukuřičnou siláží se žitná biomasa sklízí dřív (cca do poloviny června), lépe se tak rozloží nejen využití strojové základny, ale i časová „špička“ zemědělských prací během pozdního léta.

Výhody žita: nízké náklady na pěstování, jistý a vysoký výnos hmoty, rozložení pracovní sezóny, vhodná předplodina pro řepku, odplevelení pozemků, nulový výtěžek, lepší předplodina než kukuřice, svažitost pozemku není limitujícím faktorem, možnost pěstování na sušších a lehčích půdách, včasné uvolnění pozemku pro aplikaci kejdy a fugátu.

Termín sklizně: Nejvhodnější termin pro sklizeň žitné biomasy je při 30 - 35 % sušiny, což odpovídá období mezi mléčnou a voskovou zralostí. V této době je již vyšší podíl sušiny v zrně a zároveň jsou praporečkové listy stále fotosynteticky aktivní. Při pozdějších termínech se rychle začíná vytvářet na bioplyn nevyužitelný lignin, a výtěžnost bioplynu tak klesá. Při obsahu sušiny v rostlině nad 40 % je již podíl ligninu příliš vysoký a bakterie rozkládající bioplynový substrát ho zpracovávají jen velmi pomalu, proto výtěžnost bioplynu klesá. Pro využití výnosového potenciálu biomasy je proto výhodné oddálit stárnutí respektive lignifikaci rostlin. Z odrůd hybridního žita je velmi vhodný HELLTOP, který vyniká zvýšeným obsahem chlorofylu ve stéble (VP AGRO, 2014).

## 3.5. Charakteristika bioplynu

Bioplyn vzniká rozkladem organické hmoty bez přítomnosti kyslíku digescí, nebo fermentací. Specifické mikroorganismy rozkládají organický materiál v několika stupních, hlavní složkou tohoto kvasného procesu je metan (50–75 %), zbytek tvoří plynné směsi, hlavně oxid uhličitý (30–40 %) a malé množství sirovodíku, dusíku, vodíku a oxidu uhelnatého. Bioplyn může být produkován z jakéhokoli organického materiálu, který může být dále degradován fermentací. V zemědělských BPS jsou nejvíce využívány: kukuřičná siláž, žitná siláž, travní senáž, kejda a hnůj (www.soufflet-agro.cz, 2013).

Anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny) jsou považovány za jedny z nejstarších živých organismů na naší planetě. Biologický rozklad organických látek v anaerobních podmínkách je proces, který se nazývá metanová fermentace, metanové kvašení, anaerobní fermentace, anaerobní digesce, biogasifikace, biometanizace, biochemická konverze organické látky (KÁRA, PASTOREK A KOL., 2005). Anaerobní fermentace je soubor dílčích na sebe navazujících biologických procesů konsorcia anaerobních mikroorganismů. Rozklad organických látek až na bioplyn vyžaduje jejich koordinovanou metabolickou součinnost, kde produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem skupiny druhé (KAJAN A KOL., 2002). Průměrné složení bioplynu je uvedeno v tabulce č. 3 viz přílohy.

### 3.5.1. Historie výroby bioplynu

Teprve v poválečné době bylo jako potenciální dodavatel bioplynu objeveno zemědělství. Na technické univerzitě v Darmstadtu bylo v roce 1947 vyvinuto bioplynové zařízení pro menší zemědělské provozy s horizontálním fermentorem. v 50. letech bylo v SRN instalováno okolo 50 stanic. Nejvíce stanic bylo vybudováno v letech 1980 – 1985. Další období zájmu o využití bioplynu začalo kolem roku 1990 v souvislosti, se zákonnou úpravou náhrad na dodávku elektrického proudu z bioplynu a rozvojem hospodaření na bázi recyklace a obnovitelnosti. Po novelizaci zákona o dodávce elektrického proudu v roce 200 formou „zákonu o obnovitelných zdrojích energií“ pokračuje tento vzestup dodnes (SCHULZ A EDER, 2004).

### 3.5.2. Vznik a podmínky vzniku bioplynu

Biologický rozklad organických látek je složitý vícestupňový proces, na jehož konci působení metanogenních, acetotrofních a hydrogenotrofních mikroorganismů vzniká bioplyn, který se v ideálním případě skládá ze dvou plynných složek, metanu a oxidu uhličitého. Průběh tohoto procesu ovlivňuje řada dalších procesních a materiálových parametrů, například složení materiálu, podíl vlhkosti, tepla prostředí, číslo pH neboli kyselosti materiálu, anaerobní prostředí, absence inhibičních biochemických látek atd. Pro anaerobní mikroorganismy produkující metan (metanogeny) je kyslík i v sebemenší koncentraci pro ně totéž jako prudký jed pro živé organismy. Biologický rozklad organických látek v anaerobním podmínkách probíhá za určitých podmínek v přírodě samovolně nebo je vyvolán záměrně. Výsledkem metanové fermentace je vždy směs plynů, obsahující vždy dva majoritní plyny (metan a oxid uhličitý), (PASTOREK, KÁRA, JEVÍČ, 2004).

Řízená anaerobní digesce je perspektivním způsobem ekologického využití biomasy. V odborné literatuře se stále můžeme setkat s různou terminologií – vedle termínu anaerobní digesce se často setkáváme s termíny anaerobní fermentace, metanová fermentace, metanové kvašení, biogasifikace apod. Všechny tyto termíny však mají stejný význam (MUŽÍK A KÁRA, 2009). Proces se skládá ze 4 na sebe navazujících fází a při každé z nich působí konkrétní anaerobní mikroorganismy: **I. fáze – HYDROLÝZA** – začíná v době, kdy prostředí obsahuje vzdušný kyslík. Předpokladem pro její nastartování je mimo jiné dostatečný obsah vlhkosti nad 50 % hmotnostního podílu. Hydrolytické mikroorganizmy ještě nevyžadují striktně bezkyslíkaté prostředí. Enzymatický rozklad mění polymery (polysacharidy, proteiny, lipidy, ...) na jednodušší organické látky (monomery). **II. fáze – ACIDOGENEZE** – zpracovávaný materiál může obsahovat ještě zbytky vzdušného kyslíku, v této fázi však dojde definitivně k vytvoření anaerobního (bezkyslíkatého) prostředí. Zajistí to četné kmeny fakultativních anaerobních mikroorganismů, které se aktivují v obou prostředích. Vznik  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  a  $\text{CH}_3\text{COOH}$  umožňuje metanogenním bakteriím tvorbu metanu. Kromě toho vznikají jednodušší organické látky (vyšší organické kyseliny, alkoholy). **III. fáze – ACETOGENEZE** – je někdy označována jako mezifáze. Acidogenní specializované kmeny bakterií transformují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), vodík ( $\text{H}_2$ )

a oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). **IV. fáze – METANOGENEZE** – metanogenní acetotrofní bakterie rozkládají především kyselinu octovou (CH<sub>3</sub>COOH) na metan CH<sub>4</sub> a oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, hydrogenotrofní bakterie produkují metan CH<sub>4</sub> z vodíku H<sub>2</sub> a oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>. Určité kmeny metanogenních bakterií se chovají jako obojetné (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).

### Podmínky vzniku bioplynu

- **Vlhké prostředí:**

Metanové bakterie mohou pracovat a množit se jen tehdy, když jsou substráty dostatečně zalaty vodou (alespoň z 50 %).

- **Zabránění přístupu vzduchu:**

Metanové bakterie jsou striktně anaerobní. Pokud je v substrátu přítomen kyslík, jako například v čerstvé kejdě, musejí ho aerobní bakterie nejprve spotřebovat. K tomu dochází při hydrolýze.

- **Zabránění přístupu světla:**

Světlo sice bakterie neničí, ale brzdí proces. U bioplynových stanic tato podmínka nebývá problémem.

- **Stálá teplota:**

Metanové bakterie pracují při teplotě mezi 0 °C a 70 °C (kromě několika kmenů, které mohou žít při teplotě až 90 °C, při vyšších teplotách hynou). Při teplotách pod bodem mrazu bakterie nepracují. Rychlost procesu vyhnívání je na teplotě velmi závislá. V zásadě platí: čím vyšší teplota, tím rychleji nastává rozklad a tím vyšší je produkce plynu, tím kratší je doba vyhnívání a tím nižší je obsah metanu v bioplynu

- **Hodnota pH:**

Hodnota pH by ve slabě alkalickém prostředí měla ležet okolo 7,5. U kejdy a hnoje tento stav nastává většinou samovolně ve 2. fázi vyhnívacího procesu vlivem tvorby amonia. U kyselých substrátů (výpalky, syrovátka, siláž apod.) bývá zapotřebí přidat vápno, aby se hodnota pH zvýšila.

- **Přísun živin:**

Je zapotřebí zajistit dostatečné množství hnoje a kejdy jakožto stálý základní substrát a ostatní látky (trávu, výpalky, syrovátka, mláto apod.), aby se dosáhlo vyrovnaného poměru kyselosti a zásaditosti.

- **Velké kontaktní plochy:**



Organické látky nerozpustné ve vodě musejí být buď rozdrobeny, nebo strukturovány tak, aby vznikly velké dotykové plochy. Dále materiály jako je sláma, tráva, bioodpad aj. je nutno rozsekat, protože jinak vyhnívají velmi dlouho a vytvářejí kalový strop.

- **Inhibitory:**

Proces vyhnívání může brzdit nebo dokonce zastavit přítomnost organických látek, antibiotik, chemoterapeutik a desinfekčních prostředků, zvláště při vyšších koncentracích. K tomu může například dojít při desinfekci stáje nebo při ošetřování velkého počtu zvířat najednou (SCHULZ A EDER, 2004).

### 3.5.3. Zařízení a technologie na výrobu bioplynu

Pro zařízení na výrobu bioplynu se nejčastěji užívá název bioplynová stanice (BPS). V praxi můžeme nalézt celou řadu různých řešení bioplynových stanic, které můžeme zredukovat na několik typických technologických postupů. Tyto technologie můžeme v zásadě dělit podle: 1) způsobu plnění 2) konzistence substrátu 3) zda je proces jedno či vícestupňový.

Podle způsobu plnění fermentoru surovým materiálem rozlišujeme technologie:

**Diskontinuální** – doba jednoho pracovního cyklu odpovídá době zdržení materiálu ve fermentoru. Používá se zvláště při suché fermentaci tuhých organických materiálů. Způsob manipulace s materiálem je v tomto případě náročný na obsluhu.

**Semikontinuální** – doba mezi jednotlivými dávkami je kratší, než je doba zdržení ve fermentoru. Je to nejpoužívanější způsob plnění fermentorů při zpracování tekutých organických materiálů. Materiál se obvykle dávkuje jedenkrát až čtyřikrát za den, někdy i častěji. Technologický proces lze snadno automatizovat a není tedy náročný na obsluhu.

**Kontinuální** – používá se pro plnění fermentorů, které jsou určeny pro zpracování tekutých organických materiálů s velmi malým obsahem sušiny (PASTOREK, KÁRA, JEVIČ, 2004).

Podle konzistence substrátu dělíme bioplynové technologie na:

**Na zpracování tuhých materiálů** – vstupní substrát s podílem sušiny cca 18 až 35 %, výjimečně i více

**Na zpracování tekutých materiálů** – vstupní substrát s podílem sušiny 3 až 14 % (MUŽÍK A KÁRA, 2009).

## Technologie na výrobu bioplynu

Tato zařízení jsou budována ve dvou technologických variantách: jako suchá, nebo mokrá fermentace. Každá technologie má své výhody a nevýhody, a používá se pro jiné substráty.

**MOKRÁ FERMENTACE** - Nejběžnější metoda zpracovává vstupní materiál ve formě čerpatelné kapaliny s průměrnou sušinou do zhruba 12 %. Jedná se o kontinuální biologicky proces provozovaný ve velkých vzduchotěsných míchaných nádobách – fermentorech, tyto mohou být ležaté, svislé, případně v kombinaci. Do těchto nádob je prakticky kontinuálně dávkován substrát. Ve fermentorech je udržována stálá teplota kolem 35 °C. Pro eliminaci možných negativních vlivů technologie (především zápach digestátu na výstupu) je často využíváno víceúrovňových systémů se sériově řazenými fermentory a dofermentory (dohnivacími nádržemi). Mokrý fermentace schéma č. 2 viz přílohy.

**SUCHÁ FERMENTACE** - Technologie suché fermentace se rozvíjí v západní Evropě teprve v několika posledních letech, a to především z důvodů výrazně nižší energetické náročnosti provozu, menší citlivosti na kvalitu vstupů a nižších bilancí s manipulovaným materiálem. Suchá fermentace u tzv. garážových bioplynových stanic využívá diskontinuálního procesu, kdy je materiál nadávkován do paralelních fermentačních železobetonových boxů, následně je uzavřen a zahříván na provozní teplotu (obvykle cca 40 °C) Ve velmi krátké době dojde ke spotřebování kyslíku v boxu a za nepřístupu vzduchu probíhá anaerobní fermentace a produkce bioplynu. Biodpad setrvává v boxu cca 20-40 dní, po této době již produkce bioplynu ustává. Následně je materiál vyskladněn a obvykle dokompostován. Suchá fermentace schéma č. 3 viz přílohy (ŠKORVAN, HOLBA, PLOTĚNÝ, 2012)

### 3.5.4. Úprava bioplynu

Produkty anaerobní digesce jsou bioplyn a biologicky stabilizovaný substrát. BP je vysoce kvalitní obnovitelný zdroj energie (OZE), který poskytuje celou řadu možností energetického využití. Z tabulky č. 5 je jasně patrné, že výhřevnost BP významně ovlivňuje pouze obsah metanu (CH<sub>4</sub>), který závisí především na složení

vsázky a technologických parametrech BPS viz přílohy. Problémovou složkou BP je naopak sulfan ( $H_2S$ ), jenž je při spalování BP příčinou tvorby kyseliny sírové ( $H_2SO_4$ ), která při kondenzaci ze spalin způsobuje korozi. Proto se musí sulfan při vyšší koncentraci z BP odstraňovat. K tomuto účelu se nejčastěji používá chemická adsorpce  $H_2S$  do pevné látky ( $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ), nebo biologická metoda využívající sírných bakterií, které v aerobním prostředí oxidují  $H_2S$  na elementární síru a sírany v závislosti na teplotě a pH (MUŽÍK A KÁRA, 2009).

## Bioplyn Německo a ČR srovnání

Vývoj počtu bioplynových stanic a celkového instalovaného elektrického výkonu v MW [MW] v Německu 2005 (650MW - 2680), 2006 (1100MW – 3500), 2007 (1271MW – 3711), 2008 (1377MW – 3891), 2009 (1893MW – 4984), 2010 (2291 MW - 5905), 2011 (3097 MW – 7175), 2012 (3352 MW – 7515), 2013 (3543 MW – 7850), 2014 (3859 – 7944), (FACHVERBAND BIOGAS, 2014).

V České Republice je to dni 1. 1. 2014 Počet stanic: 500 Instalovaný výkon: 392.35 MW., Výroba elektřiny: 2243 GWh., Podíl bioplynu na OZE: 22.1% (CZBA, 2014).

### 3.5.5. Využití bioplynu

Možnosti využití bioplynu si můžeme rozdělit tímto způsobem:

- A) Přímé spalování: náhrada zemního plynu, propan-butanu, svítiplynu)
  - K topným účelům
  - K ohřevu vody
  - Při sušení produktů
  - V klimatizačních zařízeních
- B) Pohon energetických prostředků (mobilních i stacionárních) konkrétně lze bioplyn využít na nejrůznějších místech například v různých modelových provozech, v závodních kuchyních či přímo opět v zemědělské výrobě. V podnicích rostlinné výroby se mohou bioplynem zásobovat sušárny na horkovzdušné sušení zemědělských produktů, může sloužit k sušení provětráváním, ve vytopnách skleníků, atd. V živočišné výrobě se může

využívat k vytápění prostor pro hospodářská zvířata, k zásobování horkou vodou, k přípravě krmiv atd. (ŠTULÍK, 1991).

V praxi se nejvíce setkáváme s využitím bioplynu v kogeneračních jednotkách. Tato metoda dosahuje vysoké účinnosti přeměny energie z bioplynu na elektrickou a tepelnou energii (80-90 %). Zhruba lze počítat, že přibližně 30 % energie bioplynu se transformuje na elektrickou energii, 60 % na energii tepelnou a zbytek jsou tepelné ztráty. Na výrobu 1kWh elektrické energie je potřeba spálit v kogenerační jednotce cca 0,6-0,7 m<sup>3</sup> bioplynu s obsahem kolem 60 % metanu. Na výrobu 1kWh a 1,27kWh tedy bude potřeba cca 5-7 kg odpadní biomasy, 5-15 kg komunálních odpadů nebo 4-7 kg tekutých komunálních odpadů (MUŽÍK A KÁRA, 2009).

## Výhody bioplynu

Spolehlivý zdroj energie - je spolehlivým zdrojem energie, a může být vyroben z obnovitelných zdrojů. Na rozdíl od obnovitelných zdrojů energie z větrné a solární je energie z bioplynu konstantní a nezávislá na počasí nebo denní dobu.

Bioplyn je udržitelná: Biogenní odpad je obvykle nevyužitý. Prostřednictvím zařízení na výrobu bioplynu se tyto odpady převedou na užitečnou energii.

Bioplyn šetří přírodní zdroje: Fosilní paliva nejsou neomezená. Bioplyn je však téměř bez omezení. Díky tomu je nezávislý na dovozu energie na velké vzdálenosti.

Bioplyn je šetrný k životnímu prostředí: Spalování bioplynu vzniká jen tolik CO<sub>2</sub>, kolik se uvolní jako výchozí látka, která již byla dříve zaznamenána v jejich růstu. To vytváří celkovou rovnováhu klimatu neutrální (www.sauberenergie.de, 2014).

Důležitou předností produkce bioplynu je široká škála plodin vhodných pro jeho výrobu, možnost jeho výroby z bioodpadů, vysoká energetická výtěžnost a neexistence vedlejších produktů. Velikost bioreaktoru k produkci bioplynu není ničím omezena, stejně efektivně vyrobíme bioplyn v umělohmotné lahvi jako v reaktoru s objemem tisíců m<sup>3</sup>. Z tohoto důvodu může být výroba bioplynu značně decentralizovaná. Při existenci velkého množství menších bioplynových stanic může být materiál vhodný pro anaerobní fermentaci zpracováván co nejbližší místa jeho vzniku. Tím se sníží nároky na dopravu a mohou tak být využity i ty zdroje, které by se jinak nevyplatilo vozit na větší vzdálenosti. Napojením těchto bioplynových stanic

na rozvodnou plynovou síť zajistí flexibilitu celého systému. Emise ze spalování biometanu jsou stejné jako ze spalování zemního plynu s tím rozdílem, že CO<sub>2</sub> vzniklý při spalování biometanu pochází z rostlin a nezvyšují tak celkové množství CO<sub>2</sub> v atmosféře.

V České republice je podporováno pouze užití bioplynu pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla, ostatní alternativní využití jsou tak relativně znevýhodněna. Při kogeneraci je často největší problém, jak během celého roku využít produkované teplo ([www.bioplynovestanice.cz](http://www.bioplynovestanice.cz), 2008).

### 3.5.6. Digestát a možnosti jeho využití

V současné době se v zahraničí nejčastěji provádí anaerobní digesce kukuřičné siláže, dalších píceňin nebo energetických rostlin. Sušina digestátu by měla minimálně obsahovat 25% spalitelných látek a 0,6% celkového dusíku. Takový digestát je považován za typové organické hnojivo vyrobené anaerobní fermentací ze statkových hnojiv. Při využití digestátů na zemědělské půdě je nezbytné tuhé digestáty zapravit do půdy do 48 hodin, tekuté digestáty do 24 hodin. Aplikace musí být rovnoměrná po celém pozemku, je zakázáno aplikovat na půdu přemokřelou, zasněženou nebo promrzlou. Ve zranitelných oblastech je třeba respektovat Nařízení vlády č. 103/2003 Sb., zejména omezení hnojení dusíkem a respektování období zákazu hnojení (VÁŇA, 2007).

## 4. Charakteristika ZS Kozojedy, a.s. a BPS Kozojedy 750 kW



### Bioplynová stanice

Bioplynová stanice je technologické zařízení, které zpracovává biomasu (materiály nebo odpady organického původu) v reaktorech prostřednictvím řízeného procesu anaerobní digesce. Produktem anaerobní digesce je především bioplyn, dále tzv. digestát (tuhý zbytek po vyhnutí) a fugát (tekutý zbytek po vyhnutí). Bioplyn má výhřevnost v intervalu 18 – 26 MJ/m<sup>3</sup>, jeho výhřevnost je závislá na obsahu metanu (55 – 70 %). V bioplynové stanici se biomasa zahřívá na provozní teplotu ve vzduchotěsném reaktoru - fermentoru, kde zůstává pevně stanovenou dobu. Optimální teplota pro anaerobní digesci je vázána na různé kmeny bakterií. Bioplyn vznikající ve fermentoru je odváděn do zásobníku a upravován pro další využití – spalování, při kterém je výslednou energií buď vzniklé teplo, nebo v případě kogeneračního zařízení teplo i elektřina. Bioplynová stanice se skládá z několika technologických částí, mezi ty hlavní patří krmící stůl a dávkovací zařízení na tuhé substráty, fermentor 1 a 2., koncový sklad, plynojemy, technický kontejner a další. Jednotlivé části jsou vzájemně propojeny potrubními rozvody pro vedení substrátů a bioplynu. Důležitou součástí stanice je kogenerační jednotka pro výrobu elektrické a tepelné energie, trafostanice a propojení bioplynové stanice se sítí distribuční soustavy.

#### 4.1. Charakteristika, hlavní technické parametry BPS

Novostavba zemědělské bioplynové stanice měla za úkol vyřešit problematiku zpracování statkových hnojiv a biomasy s jejich energetickým využitím. Stručná definice říká: „Řízenou anaerobní fermentací vzniká bioplyn, který je spalován v kogenerační jednotce a pomocí generátoru přeměněn na elektrickou energii a teplo.“

Tabulka č.3 Výkon BPS Kozojedy

Nominální elektrický výkon	750 kW
Celková výroba el. energie za rok:	6000 MWh
Předpokládaná vlastní spotřeba el. energie za rok (8,9%):	534 MWh
Celkový tep. výkon BPS:	395 kW
Vlastní spotřeba tepelného výkonu: (cca 30%)	120 kW

(ing. Jaroslav Fencl, 2015)

instalovaný motor – MWM TCG 2016V16C

#### 4.2. Popis technologie výroby

Bioplynová stanice se skládá ze dvou fermentorů s dávkovacím zařízením na tuhou složku a koncového skladu, technické budovy s kogenerační jednotkou a rozvodny pro předávání elektrického proudu. K výrobě energeticky využitelného bioplynu anaerobním zpracováním biomasy se zde v bioplynové stanici používají obnovitelné druhy surovin (kukuřičná siláž a hnůj) jako kvasný substrát. Obnovitelné druhy surovin se pomocí dávkovacího zařízení na tuhou složku dopravují přímo do fermentorů. Fermentory a sklad digestátu jsou provedeny jako železobetonové kruhové jímky. Jsou zakryty kuželovitou plynotěsnou speciální fólií. Díky tomu lze vyráběný bioplyn zachycovat přímo nad hladinou tekutiny v jímkách a dočasně ho zde skladovat. Druhá kuželovitá vzduchem nesená fólie je radiálním dmychadlem s přetlakem cca 1,5 mbar udržována ve svém tvaru jako fóliové víko chránící proti povětrnostním vlivům. Přetlakové a podtlakové pojistky zajišťují konstantní tlak mezi fóliemi. Fermentory se provozují v mezofilním rozsahu kvašení při teplotě cca 42°C. Temperování kvasného substrátu se provádí teplou vodou z chlazení motoru

přes výměník tepla. Po strávení odpovídající doby ve fermentoru a vyvinutí plynu se kvasný substrát transportuje pomocí potrubí do plynotěsné skladovací jímky - skladu digestátu (koncový sklad). Zde se produkt skladuje až do doby aplikace na zemědělské plochy. Kvašením obnovitelných druhů surovin se získává bioplyn bohatý na energii. Vyrobený bioplyn se přivádí do kogenerační jednotky jako palivo pro výrobu elektrické energie generátorem. Z tepla spalín a chladicí vody se pomocí výměníků tepla produkuje teplá voda. Vyráběná elektrická energie se dodává do rozvodné sítě společnosti ČEZ. Teplo získávané ze spalín a chladicí vody motoru se přivádí do bioplynové stanice jako procesní teplo. Dále jsou jí zásobovány další objekty v těsné blízkosti v areálu společnosti. Digestát, který zbude po anaerobním zpracování v bioplynové stanici se používá v rámci zemědělského zhodnocení jako hnojivo a tím se vrací do biologického hospodářského cyklu. Provozním účelem bioplynové stanice je získávání elektrické a tepelné energie a její prodej. Prospěšné a žádané vedlejší efekty anaerobní zpracování biomasy jsou:

- zlepšení kvality hnojení substrátu přeměněnou organických sloučenin do minerální formy a tím bezprostřední dostupnost rostlinných živin při zemědělském využití zkvašeného substrátu (digestát),
- snížení skleníkového efektu nahrazením fosilních paliv a pohonných hmot bioplynem,
- deaktivace zárodků a semen plevelů,
- využití kvasného substrátu jako kvalitního náhradního hnojiva pro vyváženost živin zemědělsky využívaných ploch při vracení organických látek zpět do přírodního koloběhu.

Řízení procesu anaerobní výroby bioplynu probíhá biologickým rozkladem organických substancí prováděným metanogenními bakteriemi za vyloučení světla a kyslíku v rámci určitého teplotního okna. Bioplynová stanice se provozuje v mezofilním rozsahu kvašení při cca 38-44°C. V zásadě je možný také termofilní způsob provozu. Při dostatečné době setrvání biomasy v kvasném procesu je dosaženo hygienizace a stabilizace substrátu. Před energetickým využitím se surový plyn fyzikálně zbaví vody a odsíří. Pro vysrážení sirovodíku se do surového plynu vhání vzduch. Elementární síra, která zůstává na povrchu substrátu, zvyšuje kvalitu hnojiva, odsířený surový plyn se z nízkotlakového zásobníku na fermentorem odvádí



k dalšímu energetického využití. Bioplyn vznikající jako produkt látkové výměny metanogenních bakterií lze ohledně fyzikálních vlastností popsat následovně:

Tabulka č: 4 Složky a plyny obsažené v bioplynu

<b>Fyzikální vlastnosti</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>S</b>	<b>Bioplyn (65%CH<sub>4</sub>)</b>
Obj.podíl v bioplynu(%)	50-75	24-44	0,1-0,7	100
Výhřevnost (kWh/m <sup>3</sup> )	10	-	6,3	6,6
Spalná hodnota (kWh/m <sup>3</sup> )	11,1	-	-	7,2
Oblast výbušnosti(obj.-%)	5-15	-	4-45	6-12
Zápalná teplota (°C)	650	-	270	700-750
Kritická teplota (°C)	-82,5	31	100	-82,5
Hustota (kg/m <sup>3</sup> )	0,72	1,98	1,54	1,2

(ing. Jaroslav Fencel 2015)

#### 4.3. Jednotlivé části BPS

Fermentory I a II s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu

Konstrukce: Železobetonová jímka, základová deska a stěny z vodotěsného železobetonu, vodotěsné provedení, zastřešeno z celé části plynojemem-plynotěsným víkem neseným vznikajícím bioplynem, sestávajícím se ze dvou fólií s opěrnými vzduchovými polštáři.

Rozměry: Ø vnější 19,6 m (rozm.nádrže-bez zateplení)

Ø vnitřní 19,0 m, h=8,0 m, h účinná=7,5 m

V celkový=2 268 m<sup>3</sup>

V účinný=2 100m<sup>3</sup>

Použité látky: Obnovitelné druhy surovin

Provedení: Míchadla, plnicí potrubí, odváděcí potrubí, nízkotlaký zásobník plynu s odsířením.

Provozní doba: pondělí-neděle, 00.00 – 24.00, celoročně

Dle metodického pokynu MŽP je doba zdržení substrátu v reaktorech anaerobní fermentace min.60 dnů. Navržené řešení počítá s dobou zdržení cca 84 dní, tzn. doba zdržení substrátu v reaktorech anaerobní fermentace je více jak 60 dnů. Delší doby zdržení jsou nutné pro zneškodňování nositelů zápachu, a tím jeho eliminaci.

**Koncový sklad - sklad digestátu s integrovaným nízkotlakým zásobníkem plynu**

Konstrukce: Železobetonová jímka, základová deska a stěny z vodotěsného železobetonu, vodotěsné provedení, zastřešeno z celé části plynojemem neseným vznikajícím bioplynem, sestávajícím se ze dvou fólií s opěrnými vzduchovými polštáři.

Rozměry: Ø vnější 29,6 m

Ø vnitřní 29,0 m, h<sub>;</sub>=8,0 m, h účinná= 7,438 m

V celkový=5284 m<sup>3</sup>

V účinný=4912 m<sup>3</sup>

Použité látky: Digestát z obnovitelných druhů surovin

Provedení: Plnicí potrubí, odváděcí potrubí, míchadla, nízkotlaký zásobník plynu s odsířením.

Provozní doba: pondělí – neděle, 00.00 – 24.00, celoročně

Provozovatel BPS zajišťuje dostatečnou velikost zásobníků na fermentační zbytek na 6 měsíců.

Z fermentoru II bioplynové stanice je čerpán vykvašený substrát potrubím do skladu digestátu, nebo přes separátor, kde se tuhá frakce odseparuje a tekutá se využije pro ředění procesu, nebo k uložení do koncového skladu.

## Dávkovací zařízení

Dávkovací zařízení je strojírenský výrobek dodavatele technologie, který je založen na železobetonové monolitické desce. Z dávkovacího zařízení se šnekovými dopravníky suroviny posouvají do obou fermentorů dle nastaveného systému v řídicí jednotce.

## Bioplynová kogenerační jednotka (KGJ) - zařízení v kontejnerové konstrukci

Rozměry kontejneru ca. D x Š x V 12,20 m x 3,0 m x 2,6 m

Jedná se o přenosný ocelový kontejner, položený na železobetonovém základu. Kontejner je rozdělen na dva oddělené prostory pro agregát a pro spínací a řídicí zařízení. Vnitřní prostor kontejneru je vyložen minerální vlnou a je zakrytý plechem s otvory. Dno je z riflovaného plechu a je ve vyhotovení jako záchytná vana na olej. Zvukové odizolování kontejneru umožňuje v 10-ti m vzdálenosti držet hladinu hluku < 65 dB(A).

Kogenerační jednotka má tzv. Gen-Set od firmy MWM (dříve Deutz). Tento Gen-Set zahrnuje následující uvedené výkony:

Plynový motor od firmy MWM, TCG 2016 V16 C

Generátor od firmy Marinelli, MJB 400 LC4

Řízení motoru od firmy MWM, TemEvolution

Výkonnostní údaje kogenerační jednotky při 50% obsahu metanu:

Druh zátěže	100 %	93,8 %
Nainstalovaný elektrický výkon:	800 kW	750 kW
Použití paliva +5% tolerance:	1.919 kW	1.811 kW
Termický výkon:	422 kW	527 kW
Elektrická účinnost :	41,7 %	41,4 %
Termická účinnost 150 °C :	22,0 %	22,2 %
Celková účinnost :	63,7 %	63,6 %

## Technický kontejner

V provedení jako ocelový kontejner, rozdělený na 2 místnosti, každá s vlastními vstupními dveřmi.

Technická a spínací centrála obstarává centrální distribuci proudění kvasného substrátu, jakož i kompletní elektrotechniku, techniku měření, řízení a regulace.

Distribuce kvasného substrátu se provádí přes rozdělovník na přívodu a na zpátečce z nerezové oceli s hrdlem pro napojení potrubí ke každé nádrži a z každé nádrže. Na čelní straně se navíc nachází i přírubové spoje pro výtlačné potrubí čerpadla a na sací potrubí. Kvasný substrát je dopravován pomocí excentrického šnekového čerpadla.

Za účelem automatizování distribuce kvasného substrátu se používají nožová uzavírací šoupata v průmyslovém standardu s pneumatickými pohony. Tyto jsou kontrolovány pomocí spínačů koncových poloh. Potřebný řídicí vzduch je poskytován kompresorem.

## Přípojka VN, trafostanice

Tento objekt obsahuje přívod VN z distribuční sítě distributora elektrické energie (ČEZ Distribuce, a.s.) a kompaktní kioskové trafostanice (TS). Přívod VN je běžné podzemní vedení vysokého napětí, které je vedeno ve volném terénu k trafostanici.

Nová odběratelská trafostanice rozvodna VN je typizovaná bezobslužná betonová kiosková trafostanice o rozměru 6,5x3 m, výšky 2,53 m nad terénem (D x Š). Pod úrovní terénu trafostanice je osazena železobetonová vana hloubky 1m, která slouží jako kabelový prostor a zároveň jako záchytná a havarijní olejová jímka.

## Teplovod

Současně s bioplynovou stanicí byl navržen a vybudován teplovod pro využití zbytkového tepla z kogenerační jednotky. Teplem je napájen celý areál společnosti. V zimním období jsou vytápěny veškeré objekty, které se dříve vytápěly hnědým uhlím v zastaralých kotlích s nízkou účinností, nebo elektrickou energií. Celoročně se teplo přivádí do velkokapacitního kravína, kde se ohřívají veškeré sanitární vody

a pod. Sezónně se teplo využívá pro sušení obilí v posklizňové lince, kde je přes tepelný výměník ohříván vzduch v sušárně.

#### 4.4. Enviromentální aspekty

**Obnovitelný zdroj energie.** Jedná se o výrobu elektrické energie a tepla z obnovitelných zdrojů, což je v souladu s požadavky EU na snížení spotřeby fosilních paliv.

**Snížení pachu.** Dochází ke snížení produkce pachových látek z chovu zvířat, respektive ze skladování a manipulace s chlévskou mrvou a následně i při aplikaci hnoje na pozemky v blízkosti obytných území. Digestát – materiál vzniklý po fermentaci, je bez zápachu a navíc je v tomto konkrétním případě uskladněn v zakrytém skladu.

**Vliv na životní prostředí.** Provozovna neovlivňuje zásadním způsobem okolní životní prostředí, ani neohrožuje zdraví občanů v nejbližších obytných objektech. Při energetickém využití bioplynu je bilance spotřebovaného CO<sub>2</sub> (pro růst biomasy) a vyprodukovaného CO<sub>2</sub> (spálením bioplynu) neutrální. Provozování BPS se na znečištění ovzduší podílí emisemi NO<sub>x</sub> a CO. Ty jsou v ovzduší obklopujícím areál v tak nízké koncentraci, že se jejich vliv na ovzduší nijak negativně neprojevuje. Nejsou dotčeny chráněné druhy rostlin ani živočichů, prvky ekologické stability, významné krajinné prvky a nedochází ani k poškození krajinného rázu.

## 5. Vlastní práce

### 5.1. Plánovaná bilance surovin

Pro provoz byla v projektu uvažována potřeba organické hmoty vzniklé zemědělskou výrobou provozovatele, konkrétně:

Tabulka č: 6 Struktura možných vstupů

Vstupní suroviny	Množství (t/rok)	Množství (t/den)	Podíl sušiny(%)	Podíl org. složky v suš.(%)	Mn.plynu z org.sl.(m3/t)
Hovězí hnůj	7000	19,2	20	80	450
Kukuřičná siláž	11600	31,8	33	95	650
Celkem	18600	51,0		87	1100

(ing. Jaroslav Fencel 2015)

Sušina se ve fermentoru pohybuje kolem 7,5-10%. V koncovém skladu digestátu cca 5-7%. Těmto očekávaným procesním sušinám musí odpovídat také konstrukční provedení míchacích zařízení a výkon odpovídajících pohonných elementů (elektromotorů).

Bioplynová stanice není BPS určenou pro likvidaci odpadů. Není uvažováno ani zpracování surovin živočišného původu jako je masokostní moučka, krev a vedlejší produkty porážky apod. Suroviny jsou pěstovány na pozemcích společnost a opět na tyto pozemky jsou odváženy ve formě digestátu. Chlévská mrva neprochází procesem hygienizace. Jedná se tedy o statkové hnojivo podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů.

### 5.2. Provozní výsledky 2013

Kogenerace byla uvedena do provozu koncem listopadu 2012. Od prosince 2012 je trvale v chodu s různými odstávkami z důvodu doladění a kompletnosti technologie, později pak z důvodu pravidelných servisních zásahů a údržby. Hodnoty výroby jsou uvedeny v následující tabulce:

<b>Datum</b>	<b>Svorková výroba (MW)</b>	<b>Dodávka do sítě (MW)</b>	<b>Vl. technol. Spotřeba (MW)</b>	<b>Vl. technol. spotřeba v %</b>	<b>Plyn (m3)</b>	<b>Teplo (předané) MW</b>	<b>Kukuřice (t)</b>	<b>Hněj (t)</b>
1_2013	530,420	465,702	64,039	12,07	160876	141	931,5	589,6
2_2013	492,430	455,848	36,263	7,36	146756	141	862,0	555,3
3_2013	540,627	505,744	31,427	5,81	161538	154	920,2	509,4
4_2013	529,643	496,402	32,671	6,17	157468	101	903,6	536,7
5_2013	517,587	485,375	31,998	6,18	151488	83	950,5	683,0
6_2013	515,185	478,538	39,414	7,65	150876	62	926,1	717,4
7_2013	557,550	515,083	43,808	7,86	161870	46	938,4	587,3
8_2013	541,532	496,443	43,256	7,99	160180	60	929,2	604,3
9_2013	543,385	502,419	36,736	6,76	156370	100	926,4	611,7
10_2013	539,385	502,453	46,479	8,62	160310	145	995	640,6
11_2013	513,556	463,121	49,652	9,67	158650	133	981,6	651,4
12_2013	532,149	483,356	47,708	8,97	161326	158	978,8	686,1
<b>Celkem</b>	<b>6353,449</b>	<b>5850,484</b>	<b>503,451</b>	<b>7,926</b>	<b>1887708</b>	<b>1324</b>	<b>11243,3</b>	<b>7372,8</b>

Tabulka č. 7 BPS Kozojedy 750 kW 2013

(ing. Jaroslav Fencl, 2015)

Technologická vlastní spotřeba v %: 7,92

Teplo účelně využité v %: 22,63

Za uvedené období dvanácti měsíců roku 2013 bylo vyrobeno 6.353,4 MWh el. energie. Vzhledem k instalovanému výkonu 750 kWh to znamená 96,7 % využití jmenovitého výkonu.

Jedním z důležitých ukazatelů při hodnocení výroby je celková vlastní spotřeba. O vhodném uspořádání technologie a použití kvalitních komponentů svědčí dosažená hodnota 7,92 %. V tom je zahrnuta spotřeba energie pro celý kvasný proces, ztráty KGJ a ztráty na trafostanici.

Významným ekonomickým ukazatelem BPS je spotřeba vkládané biomasy. Za uvedené období bylo do technologie vkládáno přibližně takové množství, se kterým se kalkulovalo v projektu. Velmi podobné výsledky jsou i v roce 2014:

### 5.3. Provozní výsledky 2014

Tabulka č. 8 BPS Kozojedy 750 kW 2014

<b>Datum</b>	<b>Svorková výroba (MW)</b>	<b>Dodávka do sítě (MW)</b>	<b>VI. technol. Spotřeba (MW)</b>	<b>VI. technol. spotřeba v %</b>	<b>Plyn (m3)</b>	<b>Teplo (předané) MW</b>	<b>Kukuřice (t)</b>	<b>Hnůj (t)</b>
1_2014	523,331	478,176	44,078	8,42	146940	148	926,2	696,4
2_2014	502,264	457,852	43,406	8,64	146600	145	867,9	699,9
3_2014	520,761	471,941	48,190	9,25	153510	124	723,2	668,6
4_2014	488,447	450,166	37,823	7,74	156260	96	559,0	695,5
5_2014	530,516	483,006	47,193	8,90	137416	93	526,3	585,2
6_2014	519,053	476,387	42,302	8,15	155094	66	432,8	695,1
7_2014	557,219	515,011	41,821	7,51	162440	87	587,1	667,8
8_2014	556,512	523,36	32,758	5,89	162910	98	963,5	37,3
9_2014	538,56	501,269	36,903	6,85	155970	88	1065,4	0
10_2014	557,256	526,592	30,218	5,42	162720	134	960,2	332,6
11_2014	534,983	492,358	41,805	7,81	157640	152	946,6	644,7
12_2014	556,437	511,53	43,718	7,86	163610	156	940,1	482,4
<b>Celkem</b>	<b>6385,339</b>	<b>5887,648</b>	<b>490,215</b>	<b>7,704</b>	<b>1861110</b>	<b>1387</b>	<b>9498,3</b>	<b>6205,5</b>

(ing. Jaroslav Fencl, 2015)

Technologická vlastní spotřeba v %: 7,79

Teplo účelně využité v %: 22,53

Neméně důležitou veličinou, která bude v ekonomice provozu bioplynové stanice hrát velkou roli je využití odpadního tepla z kogenerační jednotky.



Za sledovaná období roku 2013 a 2014 bylo efektivně využito 22,63, resp. 23,53 % vztahených k vyrobenému objemu elektrické energie.

Při provozování bioplynové stanice nelze pominout ani koloběh živin, které se v zemědělské firmě efektivním způsobem využívají. Veškerá biomasa, která do procesu vstupuje se po fermentačním procesu vrací zpět do půdy, kterou významně zásobuje živinami.

Součástí provozování bioplynové stanice je také pravidelné sledování biologického procesu v jednotlivých fermentorech. Za tímto účelem se provádějí pravidelné rozборы substrátů ve fermentoru 1 (F1) a fermentoru 2 (F2).



## 6. Závěr

Pro závěrečné zhodnocení nejdůležitějších poznatků s ohledem na konkrétní výsledky sledované v praxi a současně také konzultované s odborníky v provozních podmínkách lze konstatovat, že obor energetiky se za posledních několik roků stal významnou součástí řady zemědělských provozů. Nezanedbatelnou měrou tak doplňuje portfolium činností současných moderních zemědělců. Vedle teoretických poznatků a skutečností byl kladen velký důraz také na konkrétní zkušenosti z provozu bioplynové stanice s časovou osou 2 roků. Konzultace a výzkumy probíhaly na úrovni od vrcholového managementu firmy až po obsluhující personál a zaměstnance firmy. Praktické zkušenosti a informace byly získávány a porovnávány také konzultacemi s několika provozovateli okolních bioplynových stanic.

Obecně lze říci, že to co plyne z teoretické části práce je ověřeno a potvrzeno i v praxi. Nosnou energetickou plodinou v našich podmínkách je a zůstane kukuřice. Jako vhodný doplněk se za několik posledních roků ukazuje pěstování žita pro energetické účely. Na tento trend reaguje také řada osivářských firem, nabízejících konkrétní program včetně poradenského servisu pro pěstitele. Praxí potvrzené zkušenosti však vypovídají o tom, že obiloviny zařazené do I. skupiny lze do krmné dávky bioplynových stanic přidávat jen do určitého procenta (max. 30 %). Při vyšších dávkách nastává v procesu fermentace problém s odbouráváním ligninu a činí to problém v technologickém uspořádání bioplynové stanice. Dochází tak k problémům s mícháním substrátů ve fermentorech a snaze vytváření plovoucích vrstev.

Konkrétní výsledky s dávkováním energetického žita na BPS Kozojedy v této práci promítnuty nejsou, neboť první sklizeň proběhla v roce 2014 a dávkování do procesu nastalo začátkem roku 2015. Obsluhující personál i vedení firmy má však eminentní zájem na tom, aby deklarované tvrzení osivářských firem bylo ověřeno v praxi a dělají vše pro to, aby ze svého zařízení vytěžili maximální možný zisk, s co nejmenšími náklady.

Dalším a neméně důležitým aspektem dnešní doby je dodržování podmínek GAEC. Obecným problémem zemědělců, kteří provozují bioplynovou stanici je vysoký podíl kukuřice seté v osevním postupu. Náhrada kukuřičné siláže biomasou

ze žita, nebo tritikale zajímavým způsobem nahrává k tomu, že dojde ke snižování plochy kukuřice seté, která je bezesporu erozně rizikovou plodinou. Naproti tomu pěstování ozimých obilovin chrání půdu proti erozi a zemědělci tak lépe plní podmínky stanovené dle GAEC.

Bioplynové stanice jsou stabilní výrobní energetické zdroje s možností regulace. Provozním sledováním se ukázalo, že výrobní ve sledované firmě vykazuje velice dobré provozní parametry. V praxi je prověřeno, že pro trvalé a výborné provozní výsledky je velmi důležitá obsluha, její obětavost a ochota řešit okamžitě veškeré technické problémy, které na takovýchto zařízeních nejsou výjimečné.

## 7. Přílohy

Tabulka č.9: Skupiny podle ranosti a směru využití

Hybridy na siláž				
Sortiment		číslo ranosti	Spon	Výrobní oblast
VR	velmi raný	do 220	70 x 15	obilnářská, bramborářská
R	raný	200 - 260	70 x 15	řepařská, obilnářská, bramborářská
SR	středně raný	260 - 300	70 x 15	kukuřičná, řepařská
SP	středně pozdní	nad 300	70 X 17,5	kukuřičná
Hybridy na zrno				
Sortiment				
VR	velmi raný	do 250	70 x 15	kukuřičná a řepařská
R	raný	250 - 300	70 X 15	kukuřičná a řepařská
SR	středně raný	300 - 350	70 X 17,5	kukuřičná a řepařská
SP	středně pozdní	nad 350	70 X 17,5	kukuřičná

(Zimolka a kol., 2008).

Tabulka 10. Vliv obsahu sušiny na výnos sušiny z 1 ha při výnosu 60 t zelené hmoty

Obsah sušiny (%)	Výnos sušiny (t/ha)	Výtěžek bioplynu (m <sup>3</sup> /ha)	Výtěžek metanu (m <sup>3</sup> /ha při 53 % CH <sub>4</sub> )	Výroba elektrické energie (kWh/ha)
28	16,8	10 584	5 610	18 511
30	18,0	11 340	6 010	19 834
31	18,6	11 718	6 211	20 495
32	19,2	12 096	6 411	21 156
33	19,8	12 474	6 611	21 817

(Prokeš, 2012)

Tabulka č. 3: Složení bioplynu

Složka	Obsah v %
Metan CH <sub>4</sub>	45-75%
Oxid uhličitý CO <sub>2</sub>	25-48%
Vodík H <sub>2</sub>	0-3%
Sulfan H <sub>2</sub> S	0,1-1%
Dusík	1-3%
Amoniak	stopy

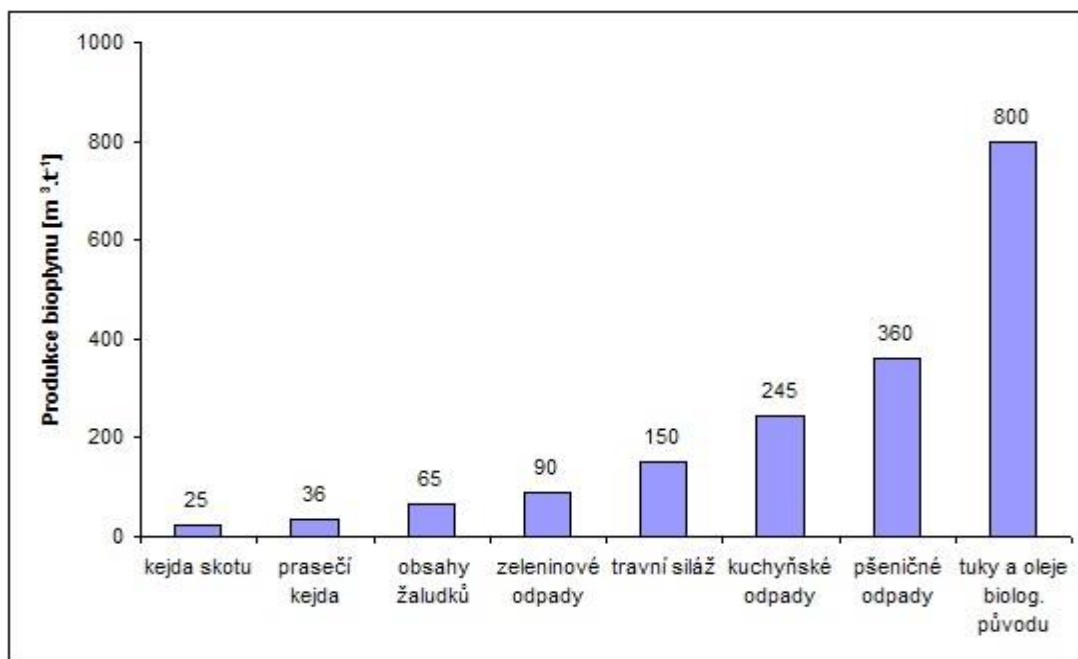
(Jelínek a kol., 2001)

Tabulka č. 4 Nároky kukuřice na sumu teplot

Odrůdy - hybridy	Klasifikace FAO	Suma teplot °C
Velmi rané	150-200	1700-1950
Rané	201-240	1951-2200
Polorané	241-290	2201-2500
Polopozdní	291-350	2501-2800
Pozdní	351-400	2801-3200

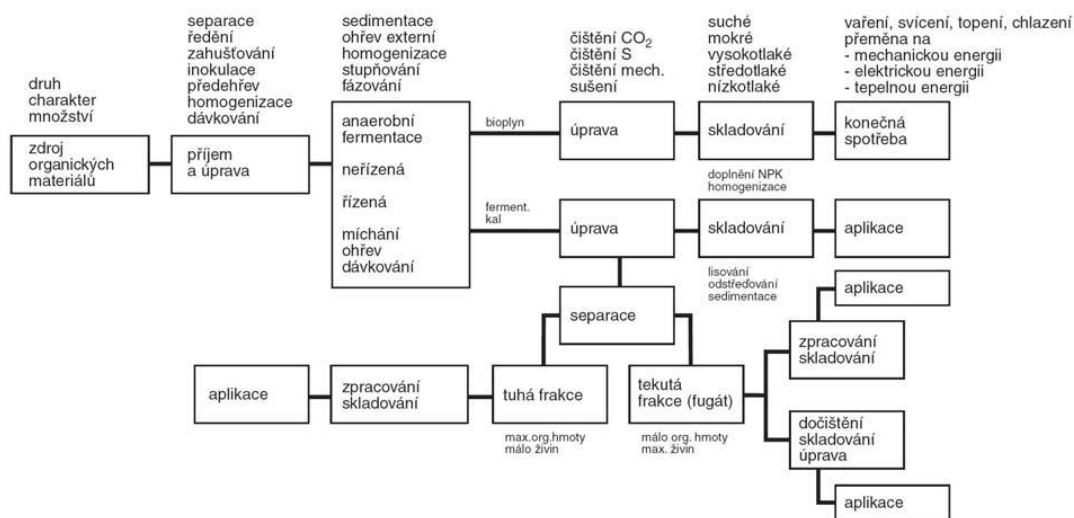
(Petr a kol, 2008)

Tabulka č. 5: Měrná produkce bioplynu z vybraných čerstvých materiálů



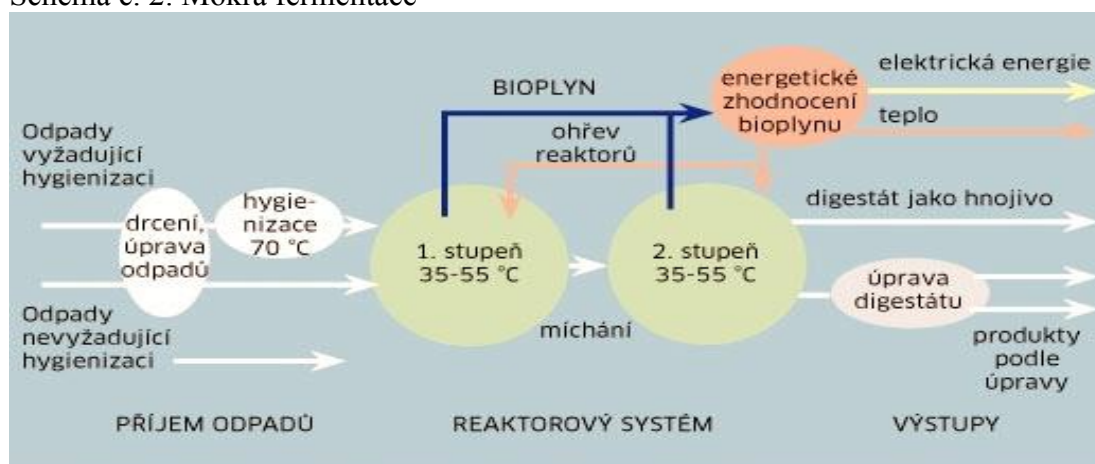
(Mužík O., Kára J., 2009).

Schéma č. 1: Zařízení na výrobu bioplynu



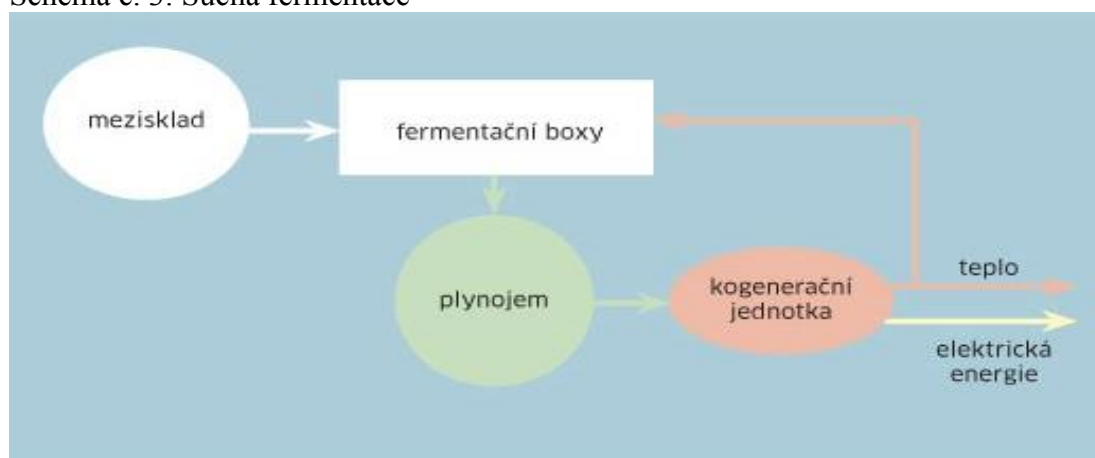
(Anonym, 2011)

Schéma č. 2: Mokrú fermentace



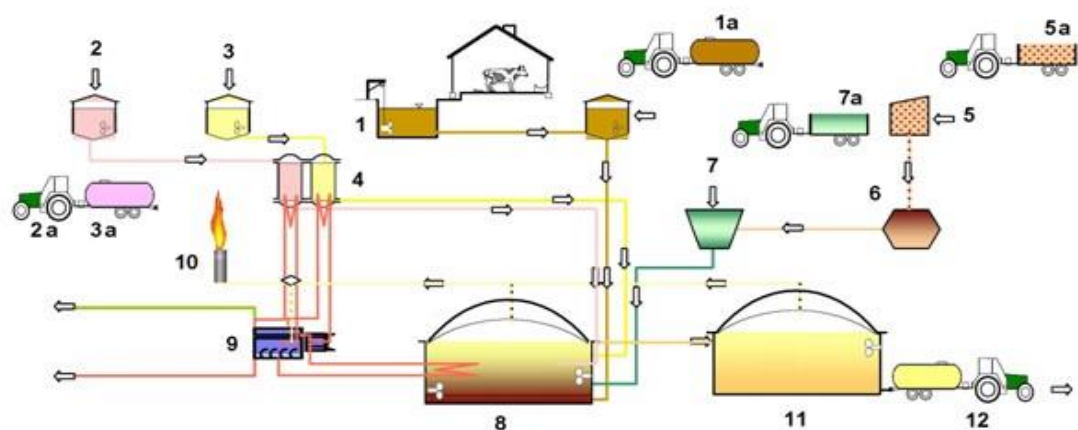
(Škorvan O., Holba M., Plotěný K., 2012)

Schéma č. 3: Suchá fermentace



(Škorvan O., Holba M., Plotěný K., 2012)

Schéma č.4 moderní bioplynové stanice



Legenda: 1-keжда ze stáje, 1a-keжда přivážená z okolních zemědělských podniků, 2-příjem jatečných odpadů, 3-příjem kuchyňských odpadů, 4-tepelná úprava rizikových substrátů 2 a 3, 5-příjmové místo zrnin, 6-mechanická úprava zrnin (mačkání, drcení, šrotování), 7-příjem a úprava zelené biomasy, 8-fermentor se střešním plynojemem, 9-kogenerační jednotka, 10-hořák zbytkového plynu, 11-zásobní jímka na digestát, 12-odvoz digestátu jako hnojiva (Mužík O., 2009).



## 10. Použitá literatura

1. DIVIŠ, J., A KOL. Pěstování rostlin. 2. dopl. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2010. 260 s. ISBN 978-80-7394-216-8.
2. Diviš, J., Energie využitelná z kukuřice, Úroda srpen 2009.
3. FUKSA, P., KALISTA, J. (2006): Výběr hybridů kukuřice v roce 2006. Agromanuál. Dostupné z WWW: <http://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/vyber-hybridu-kukurice-v-roce-2006.html>
4. HAVELKA, B., IVANIČ, J., KNOP, K.: Výživa rostlín a hnojení, Příroda Bratislava a SZN Praha 1979
5. HONSOVÁ, H.: Pěstování kukuřice na výrobu bioplynu. Biom.cz 2013-09-16. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-kukurice-na-vyrobu-bioplynu>. ISSN: 1801-2655.
6. JELÍNEK A KOL., Hospodaření a manipulace s odpady ze zemědělství a venkovských sídel, Agrospoj, Praha, 2001, 1-262.
7. KAJAN, M., Výroba a využití bioplynu v zemědělství 2002: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-a-vyuziti-bioplynu-v-zemedelstvi>
8. KÁRA J., PASTOREK, Z., 2005. Využití infrastruktury stávajících ČOV pro výstavbu bioplynových stanic. In: Sborník konference – Možnosti zvýšení výroby bioplynu u stávajících zařízení 2005, Třeboň. CZ Biom. Praha. 19-23. ISBN: 80-239-5769-4
9. KAZDA, J., MIKULKA, J., PROKINOVÁ, E., 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press. Praha. 399 s. ISBN: 978-80-86726-34-2

10. KONTROLA PODMÍNĚNOSTI 2014 Ministerstvo zemědělství, Tešnov 65/17, 110 00 Praha 1, [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz), [info@mze.cz](mailto:info@mze.cz), © 2014 ISBN 978-80-7434-149-6
11. KONVALINA, P., MOUDRÝ, J., KALINOVÁ, J., CAPOUNOVÁ, I., STEHNO, Z., Pěstování obilnin a pseudoobilnin v ekologickém zemědělství České Budějovice 2008 ISBN 978-80-7394-116-
12. KŘEN, J. A KOL., 1998: Metodika pěstování ozimých obilnin. Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž, s.r.o., Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Kroměříž.
13. LEKEŠ, J., ČAPEK, J., HALVA, E., HÝŽA, V., ULMANN, L., VÁŇOVÁ, M. 1990. Žito. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 248 s. ISBN: 80-209-0159-0
14. MACHÁŇ, F. 1997. Hybridní odrůdy žita. Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR v Praze. Praha. 26 s. ISBN: 80-7105-151-9
15. MMAŇÁSEK, J., KWS OSIVA s.r.o. Hybridy vhodné pro výrobu bioplynu: <http://uroda.cz/hybridy-vhodne-pro-vyrobu-bioplynu/>
16. MOUDRÝ, J., BÁRTA, J., BÁRTOVÁ, V., BBUBENÍK, J., DIVIŠ, J., DOSTÁLOVÁ, R., HÝBL, M., KONVALINA P., ONDŘEJ, M., PETERKA, J., Alternativní plodiny. Ed.: Profi Press, s.r.o., Praha 2011, 142 s. ISBN: 978-80-86726-40-3
17. MUŽÍK, O., KÁRA, J., Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. Biom.cz 2009-03-04 Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.
18. NOVÁK, J., SKALICKÝ, M. 2008. Botanika: cytologie, histologie, organologie a systematika. Powerprint. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-904011-1-2

19. NOVÁK, J., Využití digestátů jako organického hnojiva. Biom.cz 2007-04-25. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.
20. PASTOREK, Z., KARA, J., JEVIČN, P., Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC public, 2004. 286 s. ISBN 80-86534-06-5.
21. PETR, J., HÚSKA, J.: Speciální produkce rostlinná – I. (Obecná část obilovin), ČZU Praha, 1997, 197 s.
22. PETR, J., ČERNÝ V., HRUŠKA L., kol. 1980 Tvorba výnosu hlavních polních plodin. 07-069-80-04/11.
23. PETŘÍK, M., A KOL., Intenzivní pícninářství Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1987, 480s ISBN: 07-025-87.
24. PROKEŠ, K., KWS OSIVA, s. r. o O efektivním provozu BPS rozhoduje i použitý substrát: <http://energie21.cz/o-efektivnim-provozu-bps-rozhoduje-i-pouzity-substrat/>
25. PULKRÁBEK, J., CAPOUCHOVÁ, I. a HAMOUS, K. A KOL. Speciální fytotechnika. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2003. ISBN 80-213-1020-0.
26. SAUBER ENERGIE: <http://www.sauberenergie.de/biogas/biogas-vorteile/>  
Použití bioplynu v dopravě, 2008: <http://www.bioplynovestanice.cz/technologie-tps/pouziti-bioplynu-v-doprave/>
27. SCHULZ, H., EDER, B., 2004. Bioplyn v praxi Teorie- projektování – stavba zařízení – příklady. HEL. Ostrava. 168 s. ISBN: 80-86167-21-6
28. SOBOTKA, M., - JELÍNKOVÁ-PAROULKOVÁ, D., Atlas obilnin československých povolených odrůd. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1958. 280 s. Rostlinná výroba.

29. ŠANTRŮČEK, J., Encyklopedie pícninářství. ČZU, Praha, 2007, 157 s. ISBN 978-80-213-1605-8.
30. ŠKORVAN, O., HOLBA, M., PLOTĚNÝ, K., 2012: Odpady – odborný časopis pro nakládání s odpady a ŽP. Suchou nebo Mokrou fermentaci?. *Economia a.s.*, 2/2012,
31. ŠNOBL, J., PULKRÁBEK, J., Základy rostlinné produkce. ČZU, Praha, 2011, 172 s. ISBN 978-80-213-1340-8.
32. ŠPALDON, E., ANDRAŠČÍK, M., BECHYNĚ, M., BELEJ, J., FRIC, V., FUCIMAN, L., HRUŠKA, L., KRAUSKO, A., PETR, J., RYBÁČEK, V., VÁŠA, F., VOTOUPAL, B., VRZALOVÁ, J., 1982. Rostlinná výroba. Příroda Bratislava. 627 s.
33. ŠPALDON, E., BECHYNĚ, M., FÁBRY, A., FUCIMAN, L., HOLOVLASKÝ, J., KOVÁČIK, A., PETR, J., PETROVÁ, A., SKLÁDAL, V., ŠIMON, J., 1963. Rostlinná výroba 1. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. ISBN: 64-092-63
34. ŠTULÍK, V., *Biotechnologie v praxi*. 1. vyd. Praha: ÚVTEI, 1991. 190 s. ISBN 8021200456.
35. VANĚK, V. A KOL., 2007: *Výživa polních a zahradních plodin*. Profi Press Praha, 167 s., ISBN 976-80-86726-25-0.
36. VÁŇA, J., Využití digestátů jako organického hnojiva. *Biom.cz* 2007-04-25 Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-digestatu-jako-organickeho-hnojiva>>. ISSN: 1801-2655.
37. VIDOVIČ, J. 1980. Tvorba výnosu kukuřice. In: PETR, J. (eds.). *Tvorba výnosu hlavních polních plodin*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. s. 204-228.

38. VP AGRO, spol. s.r.o., <http://www.vpagro.cz/index.html>

### WWW Zdroje:

Zdroj č. 1: <http://selgen.cz/agrotechnicka-doporuceni-2/zito-ozime/>

Zdroj č. 2: <http://uroda.cz/odrudy-ozimeho-zita/>

Zdroj č. 3: <http://www.soufflet-agro.cz/data/download/cs/soufflet-bioplyn-www.pdf>

Zdroj č. 4: <http://www.zea.cz/kukurice/jak-lze-pestovat-kukurici-podel-vodnich-toku/>

Zdroj č. 5: <http://www.kvetenacr.cz/detail.asp?IDdetail=689>

Zdroj č. 6: <http://zemedelec.cz/sklizen-kukurice-v-novych-dimenzich-2/>

Zdroj č. 7: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2014-kd0y5ji9gz>