

Mendelova univerzita v Brně

**Institut celoživotního vzdělávání ve spolupráci s
Ústavem zemědělské, potravinářské a
environmentální techniky**

Brno, Zemědělská 1, 613 00

Stimulace fermentačního procesu v provozu bioplynových stanic

.

Smlouva o dílo č. 13/IPPC/2010
Č.j.: 11262/2010-17410

Název	Stimulace fermentačního procesu v provozu bioplynových stanic
-------	---

Objednatel	Česká republika – Ministerstvo zemědělství Praha 1, Těšnov 17, PSČ 117 05 Odbor bezpečnosti potravin, environmentálního rozvoje a prevence znečištění IČO: 00020478
------------	---

Důvěrnost, copyright a kopírování	Důvěrné sdělení. Tento dokument byl zpracován v rámci Smlouvy o dílo č.13 / IPPC / 2010 o poskytnutí prostředků z funkčních úkolů MZe ČR z rozpočtu běžných výdajů pro rok 2010. Obsah nesmí být poskytován třetím stranám za jiných podmínek, než jak je uvedeno ve smlouvě.
---	---

Jednací číslo	č. j. 11262/2010-17410
---------------	------------------------

Zpráva číslo	MZe / MENDELU/ UZPET/201001
--------------	-----------------------------

Status zprávy	Vydání 1
---------------	----------

Zhotovitel	Mendelova univerzita v Brně Zemědělská 1 613 00 Brno
------------	--

Řešitel	prof.Ing. Jan Mareček, DrSc., Dr.Ing. Petr Marada, MVDr. Bohuslav Vostoupal, RNDr. František Veverka, CSc., Ing. Vasil Gjurov
---------	---

	Jméno	Datum
Zprávu vypracoval	MVDr. Bohuslav Vostoupal,	30. 09. 2010
Revidoval	Ing. Lukáš Hlisnikovský	15. 10. 2010
Schválili	Ing. Petr Zajíček, Ing. Jitka Götzová	

Obsah

Úvod.....	4
1 Literární přehled.....	5
2 Materiál a metodika.....	9
2.1 Stimulace anaerobní digesce v provozním fermentoru -provozní odzkoušení bioalginátů.....	9
2.1.1 Bio-algeen WKL.....	9
2.1.2 Biofermat.....	10
2.2 Bioplynová stanice, použitá pro realizaci zadaných experimentů.....	12
2.2.1 Popis vlastního technologického zařízení:.....	13
2.2.2 Kogenerace – systém a technologické vlastnosti kogenerační jednotky:	15
2.3 Provedení provozních zkoušek.....	15
2.3.1 Metodický postup.....	16
2.3.2 Dávkování přípravku.....	17
2.4 Sběr dat.....	20
2.5 Vyhodnocení dat.....	21
2.5.1 Vyhodnocení provozní zkoušky.....	22
2.6 Diskuze.....	22
2.6.1 Úspory spotřeby a nákladů.....	22
2.6.2 Vliv a přínos přípravku.....	23
2.6.3 Průběh zkoušky v červnu.....	24
2.6.4 Průběh zkoušky v červenci.....	25
2.6.5 Průběh zkoušky v srpnu.....	27
2.6.6 Nárůst výroby metanu.....	28
2.6.7 Nárůst výroby a zisku z výroby elektřiny.....	28
Závěr.....	30
Seznam zkratk.....	31
Seznam tabulek.....	32
Seznam obrázků.....	33
Seznam grafů.....	34
Použitá literatura.....	35
Elektronické zdroje.....	41
Přehled související a limitující legislativy.....	42
Seznam příloh.....	44
Přílohy.....	45

Úvod

Stupňující se trend ke stále intenzivnějšímu a dokonale efektivnímu využívání biomasy a současně i její energetické přeměny v procesu řízené metanogeneze v bioplynových stanicích směřuje do oblasti dosud málo využívané problematiky stimulace výroby bioplynu, zejména pak z odpadní biomasy.

Dominantním faktorem v této záležitosti jsou fugativní plynné substance, uvolňované v průběhu biodegradace a souběžné metanogeneze. A to především organolepticky patrné plynné složky, uvolňující se ve finální části generování bioplynu a posléze i z procesu transformace odstraněných reziduí této technologie – tedy z neošetřeného digestátu a fugátu.

Pokud je např. digestát včas a kvalitně zkompostován, pak rizika plyných emisí jsou do jisté míry omezena. Mohou se však uplatnit sekundární důsledky neúplně vytěžené chemické skladby biomasy v důsledku její nedostatečné nebo nedokončené mikrobiodegradace a tedy energetického vytěžení.

Kapalný fugát je rovněž nositelem nezanedbatelných reziduí organických látek. Avšak protože se využívá nejčastěji jako zálivková voda, respektive jako hnojivá zálivka, je riziko protrahovaných úniků zápašných složek, způsobovaný evaporací nevsáknutých podílů do pedosféry, daleko aktuálnější a závažnější – a také obecně atakovatelnější.

Chceme proto – ve smyslu zadání – popsat a dokladovat efekt použití mikrobiostimulativního přípravku, abychom představili možnost významného zintenzívnění energetické exploatace vložených odpadních hmot. Ale také i jednoduchý způsob účinné sanace zmiňovaných organolepticky vnímaných negativ poměrně jednoduchým zákrokem, spočívajícím v aplikaci specificky komponovaných alginátových přípravků, fungujících na bázi polyuronových složek a majících nejenom desodorační, ale také významnou detoxikační a hlavně biostimulativní účinnost.

V následujících částech zprávy zmiňované alginátové přípravky jsou bezreziduálními preparáty, tvořené pouze samotnou hydrolyzovanou masou mořských řas z arktických moří. V této práci bylo využito komplexu jejich schopností pro optimalizaci procesů anaerobní fermentace organických hmot v zařízeních bioplynové stanice.

1 Literární přehled

Přípravky bioalgeenové řady jsou v podstatě kompozitně relativně jednoduchým hydrolyzátem hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*. Surovinou pro výrobu bioalginátů jsou speciálně vytěžené, dokonale usušené a posléze hydrolyzované mořské řasy již zmíněného druhu (AHLGRIMM - 1989; GJUROV – 2005; VOSTOUPAL, ŠOCH, GJUROV – 2008).

Ty se vyskytují v mělkých a překvapivě až dosud čistých pobřežních vodách arktických moří jednak v oblasti Islandu a dalších skandinávských zemí, jednak i v pobřežních pásmech severního Skotska a Kanady (BROWN -1992; DE LA COURT-1992; NOVÁK, ZABLOUDIL, VRÁBLÍKOVÁ -1999; PLÍVA, VÁŇA, ŠKOPEK, VOSTOUPAL - 2003; REICHHOLF -1999; SCHAEFFER, BEASLEY-1989; VOSTOUPAL, ŠOCH a kol. - 2006). Zde jsou cíleně sklízены speciálními technikami, následně ošetřovány, sušeny a konzervovány pro další využití. (ANONYM – 1995; DOBSON – 1992; SALVATO-1989; PEARCE - 1996).

Zmiňované specifikované přípravky z mořských řas obecně silně aktivují činnost širokého spektra bakterií. Už řadu let se užívají v rostlinné, živočišné i lesnické výrobě poslední době se začínají cíleně používat také ke spolehlivé stimulaci procesu anaerobní digesce v bioplynových stanicích. K tomuto účelu je výrobcem doporučován hlavně přípravek BIO-ALGEEN WKL a BIOFERMAT.

Mořské řasy jsou totiž velice cenou surovinou nejenom pro výrobu přípravků, o nichž zde hovoříme (HILL and WHITE, 2007), ale zejména pro širokou škálu léčebných a podpůrných, dentálních i kosmetických prostředků (BROWN-1992, REICHHOLF-1999) a v neposlední řadě i pro potravinářské a ekologické účely (RŮŽIČKA-1999, DOBSON -1992; DE LA COURT-1992).

První řasy se údajně na Zemi objevily někdy před 3,2 miliardami let a podle dedukcí odborníků prý byly jednobuněčné (AHLGRIMM - 1989; GJUROV – 2005; VOSTOUPAL, ŠOCH, GJUROV – 2008). Do vyspělejších mnohobuněčných forem se vyvinuly až asi o 1,8 miliardy let později. (AHMAD-1989, AHRENS, WEILAND – 2007; ALBERTA – 1980; BROWN – 1992; DE LA COURT-1992; DOBSON – 1992). Biologové dodnes popsali zatím na 50 000 druhů řas od těch miniaturních a jednobuněčných velikosti kolem 10 mikrometrů až po obrovské mnohobuněčné chaluhy, dorůstající do výšky až šedesáti metrů (BROWN –

1992; BAIER, SCHMIDHEINY – 2007; DOBSON – 1992; LEMMER, OECHSNER – 2007; RŮŽIČKA – 1999).

Drobné jednobuněčné řasy tvoří plankton, jímž se živí většina mořských živočichů. Mnohobuněčným se pak naopak daří zejména v pobřežních pásmech moří (HILL and WHITE, 2007). Na rozdíl od vyšších rostlin, pěstovaných v intenzivním zemědělství, nevyčerpávají prostředí, v němž rostou a nepotřebují ke svému rozvoji pomoc člověka. Nemusí se hnojit, zavlažovat, ani jinak ošetřovat (BARNEY-1993, WANG – 1982).

Podle dostupných údajů se ročně na celém světě sklízí zhruba sedm milionů tun řas (SALVATO–1989, HILL and WHITE, 2007). Polovina z nich se využívá v potravinářském průmyslu, druhá polovina slouží k různým průmyslovým účelům i protektivním cílům, k výrobě kosmetiky, léků apod.

Přípravky bioalgeenové řady jsou hydrolyzátem hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*. Jsou koncentrátem specifických rostlinných gelů a přírodních polysacharidů, složeným z polyuronových kyselin mořské řasy (HILL and WHITE – 2007, MORTON – 2006, NORIE, HILTZ – 1999).

Tyto uronové kyseliny jsou polyelektrolyty s vysokou iontovýměnnou kapacitou 5.000 – 20.000 m/val. (GJUROV – 2005; GJUROV, ŠOCH, NOVÁK a kol. – 2008; GJUROV, ŠOCH, VOSTOUPAL et al. – 2005; VOSTOUPAL, NOVÁK, JELÍNEK a kol. – 2005). Absorbují substance uvolněné biologickým rozkladem organické hmoty, zvláště plynné formy, ale i celou řadu toxických prvků a komponent (BARNEY, BLEWETT-1993).

Mají molekulovou strukturu identickou s šedou huminovou kyselinou, která s jemnými částicemi půdy vytváří jílovito-humusový komplex (GJUROV – 2005; VOSTOUPAL, ŠOCH a kol. - 2005. VOSTOUPAL, ŘÍHA – 1987).

Kompletují těžké kovy a eliminují tak jejich toxicitu (ROUXHET, MOZES-1990 PEARCE-1996; RENDL, PARTSCH – 2009; TANAKA, SKORYNA, WALDRON-EDWARDS – 1968; WALDRON-EDWARDS -1968; TANAKA, WALDRON-EDWARDS, SKORYNA – 1968; VOSTOUPAL a kol. - 2006; WANG, LEE, TABACH, CAWTHON – 2002).

Ve vodě tvoří pod vlivem kovů vodou nerozpustný „gel-vločky“ (GJUROV – 2005; MÄNHERT, HEIERMANN, LINKE – 2005; LEHTOMÄKI – 2006; SCHAEFFER, BEASLEY – 1989; WEILAND – 2002; VOSTOUPAL a kol. – 2008).

Jde tedy o univerzální živnou půdu, v jejíž přítomnosti se mikroorganismy velmi rychle a v rovnováze množí, bez ovlivnění chemickými rušivými faktory (SCHAEFFER, BEASLEY – 1989). Na příklad Bio-Algeen WKL, na principu silné aktivace bakteriálního rozkladu organických látek vydatně podporuje samočistící schopnost vod.

Na základě společných poznatků o příznivém vlivu těchto arktických mořských řas a produktů z nich vyrobených, (AMON, KRYVORUCHENKO et al. - 2004; GJUROV – 2005; NOVÁK a kol. – 1999; PROCHNOW, HEIERMANN, DRENCKHAN, SCHELLE – 2005; ŠOCH, NOVÁK, KRATOCHVÍL – 1996; VOSTOUPAL a kol. – 2005, 2008), kterých bylo docíleno empiricky i v racionálních programech v oblasti humánní i veterinární medicíny (RECE – 2002; VOSTOUPAL, JELÍNEK, PLÍVA a kol. – 2003; VOSTOUPAL, NOVÁK a kol. – 2006) byly rozvíjeny experimenty s cílenou aplikací ve smyslu podpory fyziologických tělních funkcí a podpory zdraví (REDŽEPOVIČ, ČOLO, PECINA a kol. – 2004, ŠOCH, VOSTOUPAL a kol. – 2006, VOSTOUPAL, NOVÁK a kol. – 2006; VUCEMILO, TOFANT a kol. – 1999).

Většina soudobých typů biotechnologie na zpracovávání odpadů organického typu, tedy především popisované metanogenní biotechnologie zhodnocování biodegradabilních odpadů, je pravidelně doprovázena vznikem a uvolňováním určité škály ne zcela neškodných plynů, běžně prakticky nevyužitelných, ale zejména pak energeticky dobře zhodnotitelných (BAADER – 1990; AHRENS, WEILAND – 2005; BRAUN, KIRCHMAYR et al. – 2006; DITTRICH – 1996; DOBSON – 1992; EDER, SCHULZ – 2001; HAHNE et al. -1992; KÁRA, HANZLÍKOVÁ – 2008; KAMARÁD, DUNDÁLKOVÁ, MARADA, MAREČEK – 2008; KAMARÁD – 2007).

Jsou to v podstatě koprodukty rozkladných dějů, podmíněných celou škálou tzv. dekompozičních mikroorganismů, podílejících se na recyklaci přírodních struktur – ať rostlinného nebo živočišného původu.

Rozklad organických materiálů v přírodním prostředí a posléze i v podmínkách většiny dřívějších skladby takových organických struktur se liší také následnou formací spektra při biodegradaci vznikajících a následně i do ovzduší unikajících plynů (AHLGRIMM – 1989; ALBERDA-1980; BAIER, SCHMIDHEINY – 2007; STRAKA, KUNČAROVÁ, LACEK – 2007; TRITT, BAADER – 1992; WEILAND – 2008; WEILAND – 2005; WEILAND – 2003; WEILAND – 2001; WEILAND, RIEGER, EHRMANN – 2003).

Nás v tuto chvíli zajímají hlavně ty plyny, které na jedné straně – pokud volně unikají do biotického prostředí – životní prostředí významně zatěžují (a některé z nich působí nejenom jako smyslově obtížné frakce, ale dokonce i poškozují zdraví zasídlených mikro-i makroorganismů) a na druhé straně mají vlastnosti, kterých lze cíleně využívat ku prospěchu člověka a jeho celospolečenských zájmů. Jmenovitě jsou to takové plyny, které můžeme nazývat energetickými donátory. Je to především smyslově zcela nepostřehnutelný metan, vznikající při dekompozici naprosté většiny organických látek.

Metan je významným energetickým médiem. Již od dob objasnění příčin výskytu magických bahenních světélků je známo, že je hořlavým plynem a že jeho plamen vykazuje velmi solidní tepelnou hodnotu (CLEMENS, TRIMBORN, WEILAND, AMON – 2006; GOUGH, RHEAD, ROLLAND – 1992; WEILAND – 2002; WEILAND – 2008; WEILAND – 1994; WEILAND – 1992).

Právě proto jej soudobá environmentální věda, spolu s technokratickým světem, začíná intenzivně využívat jako významný naturální zdroj tepla. A tudíž i jako zdroj přímé (přímotopné systémy a ohřevy tímto médiem) nebo i transformovatelné energie při využití v kogeneračních jednotkách k výrobě tepla i elektřiny v upravených speciálních pohonných jednotkách a k nim připojených elektrických generátorech. (GERHARDT, PELENC, BUML – 2007; GJUROV – 2005; GJUROV, KÁRA, HANZLÍKOVÁ – 2007; WEILAND, HASAN – 2001; WEILAND, RIEGER – 2005; WEILAND, RIEGER, HERMANN – 2003; WOLF, ŽENÍŠEK, TŮMOVÁ, PASTOREK-1990).

Efektivitu a vhodnost nasazení a následného uplatnění bioalginátů v odpovídajících aplikačních formách, zaměřených na kontrolu toxických složek v prostředí, posuzovala dnes již celá řada autorů (ALTMANN, WIEGAND – 1990; HILL and WHITE, 2007, NOVÁK, ZABLOUDIL ŠOCH, VENGLOVSKÝ – 2000; ŠOCH, NOVÁK, KRATOCHVÍL – 1996; VOSTOUPAL, JELÍNEK a kol. 2003, VUCEMILO a kol. – 1999).

TANAKA, SKORYNA a WALDRON-EDWARD, (1968) dokonce referují i o pozoruhodném efektu bioalginátů, při jejichž včasné použití lze inhibovat dokonce i střevní absorpci radioaktivního stroncia.

2 Materiál a metodika

2.1 Stimulace anaerobní digesce v provozním fermentoru -provozní odzkoušení bioalginátů

2.1.1 *Bio-algeen WKL*

Bio-algeen WKL je bioalginátový přípravek, jehož báze se odvíjí od stejné základní suroviny – tedy od hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*, sklízené v arktických pobřežních marinních vodách. Je předurčen k úpravě a podpoře sanačních procesů většiny odpadních technologických vod, zpracovávajících organické suroviny potravní nebo krmivářské komponenty, tedy např. cukrovarů, škrobáren, mlékáren apod.

Je to hustá viskózní kapalina hnědé barvy rozpustná ve vodě. Má specifický pach marinního prostředí – případně mořských ryb. Je koncentrátem rostlinných gelů přírodních polysacharidů (alginátů), složených z polyuronových kyselin mořské řasy.

Je to tedy univerzální živná půda přísně naturálního charakteru, v jejíž přítomnosti se mikroorganismy velmi rychle, spontánně a v dokonalé rovnováze množí, bez ovlivnění chemickými rušivými faktory. Bio-Algeen WKL – jak již bylo uvedeno – na principu silné aktivace bakteriálního rozkladu organických látek podporuje samočisticí schopnost odpadní vody a zrychluje sedimentaci vysrážených částic.

Je to však současně také i velice vhodné koncentrované, ale ve svém základu výhradně přírodní médium pro efektivní stimulaci metanogenních rozkladných procesů ve směsi organických materiálů a tedy účinný prostředek pro významné zdokonalení procesu vytěžování energetických reziduí ve spektru organických materiálů, určených k řízené anaerobní digesti za účelem kontinuální produkce bioplynu.

Výrazně snižuje i hodnoty CHSK a BSK₅. Přítomné polyuronové kyseliny jsou polyelektrolyty s vysokou iontově výměnnou kapacitou na úrovni 5 000 až 20 000 mval/l. Absorbují substance, uvolněné biologickým rozkladem organické hmoty, zvláště pak jejich plynné formy. Mají molekulovou strukturu identickou s šedou huminovou kyselinou, která s jemnými částčkami půdy vytváří jílovito-humusový komplex. Komplexují těžké kovy a eliminují tak jejich toxicitu. Ve vodě tvoří pod vlivem kovů vodou nerozpustný gel-vločky. V této fázi experimentů však Bioalgeen WKL zatím použit nebyl. Jeho experimentální uplatnění je připravováno na další etapu.

2.1.2 Biofermat

Biofermat je nový výrobek, který byl vyvinut speciálně k aktivaci mikrobiální dekompozice a metanogenních aktivit přítomných mikrobiontů v procesu ukloňování bioplynu

Je speciálně kompoován k povzbuzení kontinuálního pomnožování biodegradačních mikrobiontů. Následně však též i k razantní fortifikaci samotných dekompozičních dějů v rozmanité skladbě biomasy, fungující jako vstupní energetické médium v mikrobiotechnologickém procesu výroby bioplynu v reaktorech bioplynových stanic.

Je to vlastně nejmladší přípravek ze skupiny bioalginátů a je programově koncipován prioritně pro použití k zesílení a prodloužení aktivní fáze řízených metanogenních procesů ve fermentorech bioplynových stanic.

Vzhled a konzistence Biofermatu v koncentrované expediční formě má podobu hustě sirupovité, mírně zrnité kapaliny tmavohnědé barvy. Aktuální pH koncentrovaného přípravku – tedy jeho expediční formy – má hodnotu 12. Tato poměrně vysoká alkalita je účelovým prvkem jeho bezpečné, bezreziduálního konzervace.

Před pracovním použitím musí být ředěn užitkovou vodou v poměru 1 : 50 – 1 : 100, a to podle hodnot sušiny jím ošetřované biomasy, vkládané do fermentoru (převažují-li materiály s vyšší jímavostí, pak se použije ředění na relaci 1 : 100). V takto upravené podobě se Biofermat aplikuje v množství 200 – 400 ml na každý m³ ošetřované organické vkladky.

Pracovní roztok Biofermatu se používá v uvedeném ředění a dávkách jednak formou postřiku nebo zálivky (případně i tlakovou injektáží). A to buď jednorázově při zakládání (doplňování) směsné biomasy do fermentoru anebo dvoufázově. Tedy v podstatě s následnou adicí přípravku ve smyslu dalšího oživení role popisovaného bioalginátu jeho dodatečným přidáním po skončení procesu metanogeneze, při evakuaci vyčerpané náplně fermentoru. A takto dokonale exploatovaná biomasa z metanogenního procesu je pak zárukou přinejmenším významně omezené zápašnosti i další možné rizikovosti při koncové deponii těchto materiálů do přírodního prostředí.

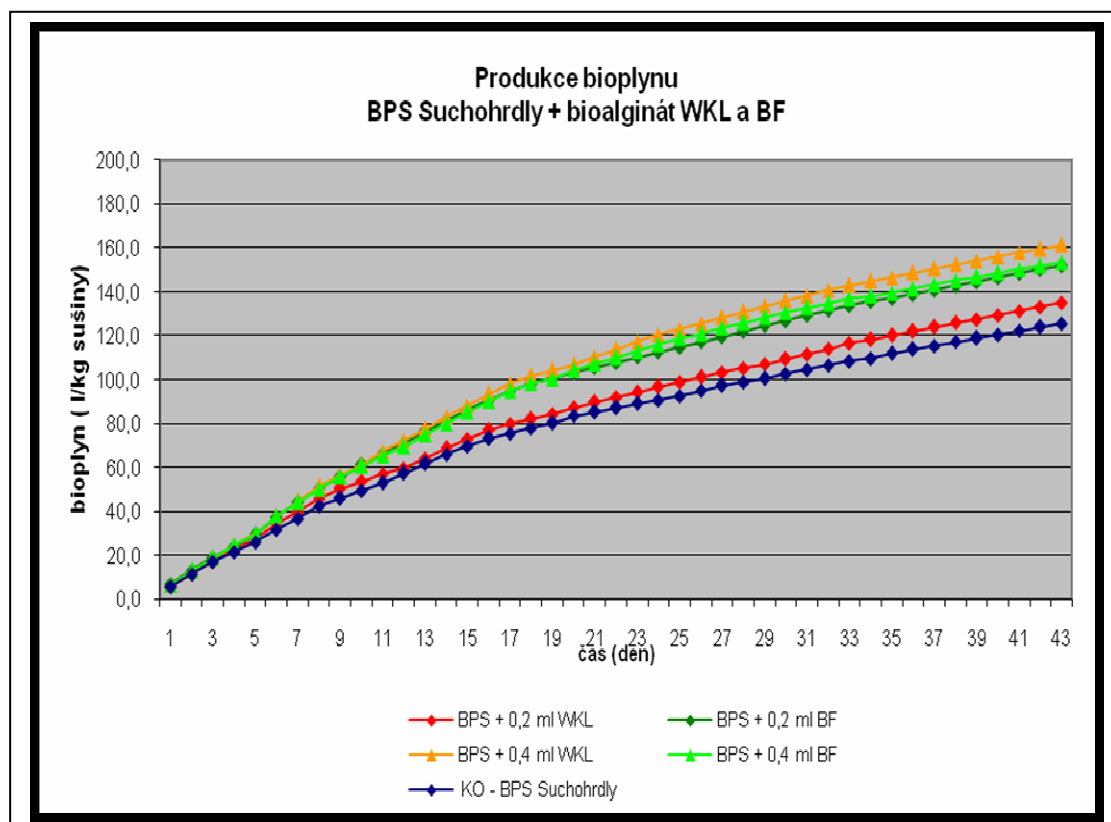
Biofermat je ve své podstatě rovněž hydrolyzátem již zmiňované hnědé mořské řasy *Ascophyllum nodosum*. Obsahuje široké spektrum biologicky účinných látek – aminokyseliny, peptidy s krátkým řetězcem, organické kyseliny, minerální látky, 40 stopových prvků a především polyuronové kyseliny a polyuronové cukry.

Indikační oblastí pro jeho specifické uplatnění je především stimulace metanogenních aktivit specifických mikroorganismů a následně tedy zvýšení produkce metanu i prolongace jeho exploatovatelnosti vložené hmoty v procesu generování bioplynu ve fermentorech.

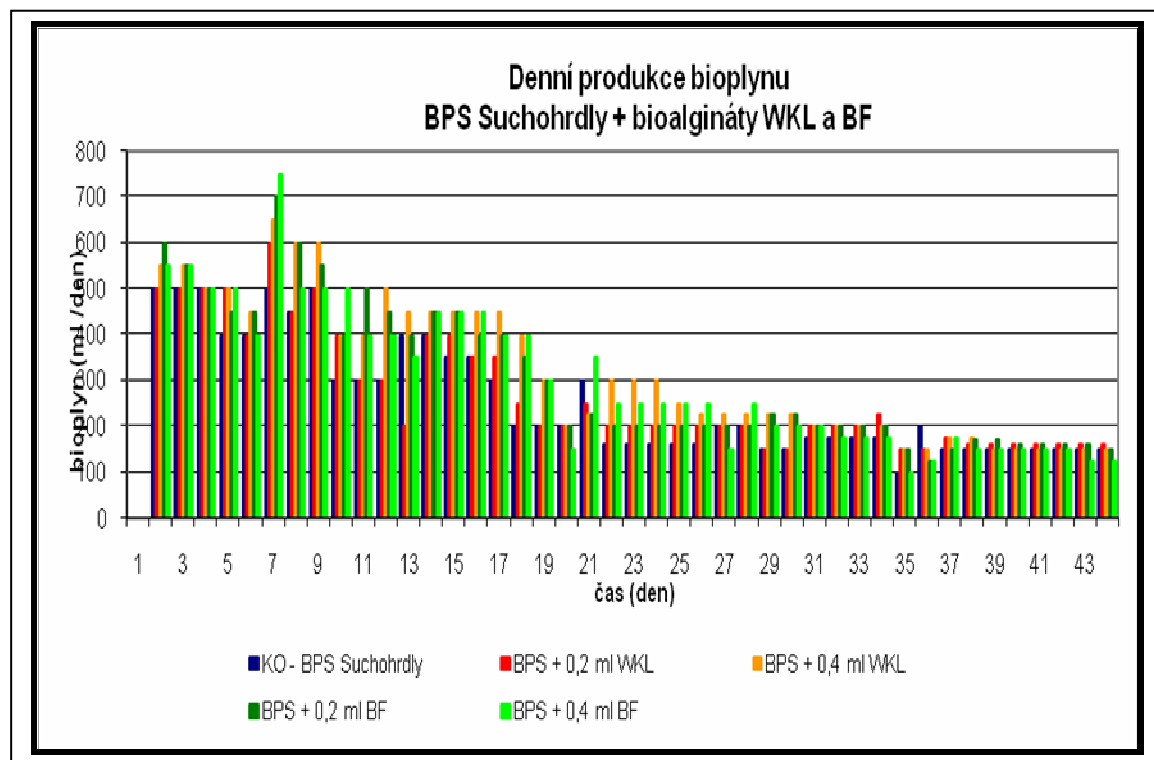
Tabulka A: Kumulativní produkce bioplynu, produkce bioplynu z 1kg sušiny (laboratoř, materiál z BPS Suchohrdky)

KONTROLA	kumulativní produkce,	11,050 l	100 %
	produkce z 1 kg sušiny	125,700 l	100 %
B.A.WKL 0,2 l/m ³	kumulativní produkce,	11,670 l	106 %
	produkce z 1 kg sušiny	135,100 l	107%
B.A.WKL 0,4 l/m ³	kumulativní produkce,	13,700 l	124 %
	produkce z 1 kg sušiny	161,400 l	128 %
BIOFERMAT 0,2 l/m ³	kumulativní produkce,	13,130 l	119 %
	produkce z 1 kg sušiny	152,000 l	121%
BIOFERMAT 0,4 l/m ³	kumulativní produkce,	13,025 l	118 %
	produkce z 1 kg sušiny	153,400 l	122 %

Graf 1: Produkce bioplynu z 1 kg sušiny (laboratoř, materiál z BPS Suchohrdly)



Graf 2: Denní produkce bioplynu, dynamika metanogeneze při komparativním sledování vlivu variantních účinků různých dávek biostimulativních přísadků Biofermatu a Bioalgeenu WKL(laboratoř, materiál z BPS Suchohrdly)



2.2 Bioplynová stanice, použitá pro realizaci zadaných experimentů

Provozní odzkoušení alginátů umožnil majitel a provozovatel bioplynové stanice v Suchohrdlech u Miroslavi Ing. Karel Kuthan, CSc.

Fermentační proces probíhající na této bioplynové stanici je jednostupňový, běží současně ve dvou reaktorech. Technologii bioplynové stanice v Suchohrdlech dodala firma WELtec BioPower ME.

Bioplynová stanice má elektrický výkon 495 kW. S ohledem na provozní podmínky nám bylo umožněno aplikovat přípravek do digestátu ve fermentorech bioplynové stanice, ale tvorbu bioplynu uvnitř bioreaktorů si reguloval dávkováním kukuřičné siláže do krmné směsi sám provozovatel bioplynové stanice.

2.2.1 Popis vlastního technologického zařízení:

Bioplynová stanice je tvořena 2 nerezovými válcovitými fermentory, z nichž každý má objem 1500 m³. Průměr těchto fermentorů je 18,62 m a pracovní výška hladin směsi organických hmot, určených k anaerobní digesti a k výrobě bioplynu je 5,5 m. Užitečný objemu fermentorů je tedy 1497 m³.

Obrázek 1: Fermentor BPS Suchohrdly



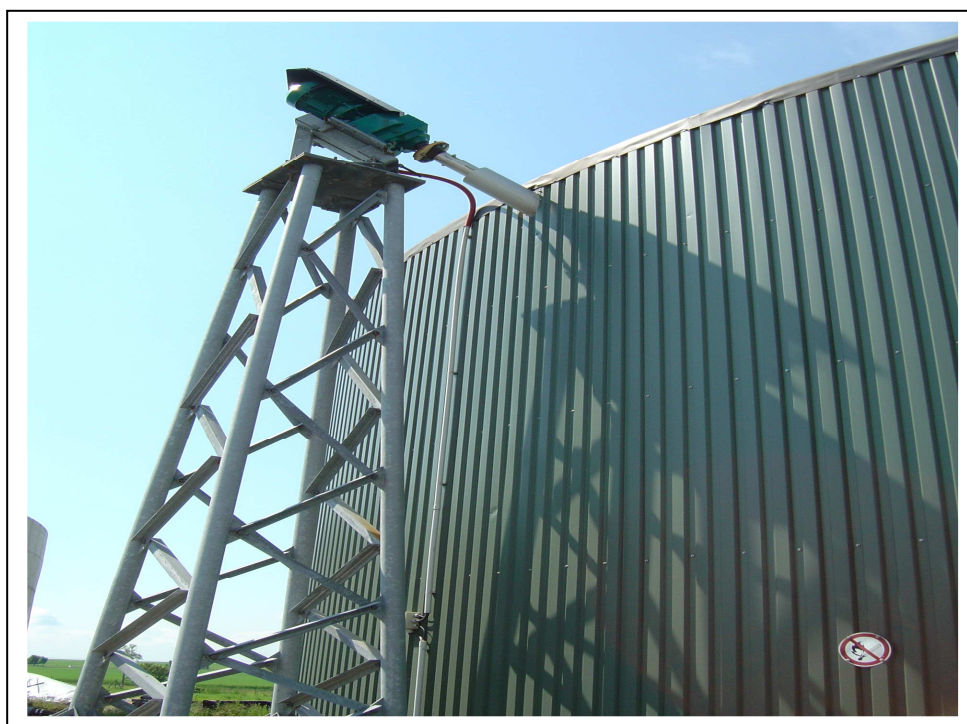
Oba prezentované a v experimentálním řešení využívané fermentory jsou v zájmu zdokonalení digesce a zintenzivnění mikrobiotechnologického rozkladu organických struktur navíc ještě vybaveny jedním hřídelovým a dvěma ponornými vrtulovými míchadly.

Hřídelové míchadlo má aplikovány v sousém systému dvě míchací kovové vrtule o akčním průměru cca 2,4 m.

Podpěra hřídelového míchadla, na které se nachází motor s převodovkou, je umístěna vně fermentoru. Hřídel se otáčí rychlostí cca 40 ot. /min., takže obvodová rychlost vrtule, jejíž listy mají poloměrovou hodnotu na úrovni 1,2 m, je dostatečná na to, aby dokázala dokonale mísit hmotu, dodávanou do lumina popisovaného fermentoru. Toto míchadlo má navíc ještě speciální frekvenční měnič pro redukci počátečních otáček míchadla.

Fermentory jsou dále vybaveny potrubním topením, nacházejícím se ve spodní třetině reaktoru. Teplota vyhřívající vody se na vstupu do temperovacího systému reguluje pomocí směšovacího ventilu. Instalace tohoto systému a jeho výkonové parametry umožňují bezproblémový přechod na termofilní metanogenezi při teplotě 55 °C (se souhlasem výrobce).

Obrázek 2: Podpěra hřídelového míchadla, motor s převodovkou a axiální hřídel



Každý z použitých fermentorů je vybaven samostatným zásobníkem zpracovávaných materiálů, doplněným jedním vertikálním šnekem. Jeho prostřednictvím se provádí procedura dávkování pevných energetických surovin do fermentoru.

Na něj navazuje horizontální a další vertikální šnek, jejichž úkolem je vhodnou formou aplikovat energetický materiál pod hladinu digestátu, obsaženého ve fermentoru.

V přímé blízkosti fermentorů pak jsou vybudovány dvě tzv. předjímky, což jsou kruhové jímky s objemem 110 m³ a 90 m³. Přes ně se pasážují tekuté suroviny pro anaerobní digesci do lumina obou fermentorů.

Také obě tyto technologické předetapy - předjímky jsou opatřeny ponorným vrtulovým míchadlem, aby jejich obsah nežádoucím způsobem nesedimentoval a naopak byl stále stimulován ke kontaktu s přítomným mikrobiálním agens a vytvářel mu optimální podmínky k rychlému pomnožování se. K přečerpávání tekutých surovin do fermentoru slouží čerpadlo SEVEX.s elektrickým pohonem.

2.2.2 Kogenerace – systém a technologické vlastnosti kogenerační jednotky:

Popisovaná samostatná kogenerační soustava má uváděn celkový elektrický výkon 495 kW. Je tvořena třemi kogeneračními jednotkami typu CENTO T 160 SP BIO od firmy TEDOM. Každá dílčí kogenerační jednotka má elektrický výkon 165 kW a tepelný výkon 213 kW.

Podle údajů výrobce je spotřeba plynu kogenerační jednotky CENTO 160 SP BIO na úrovni 67,1 Nm³ / h. Uváděná spotřeba však záleží na reálných podmínkách provozu, zejména na okolní teplotě prostředí.

Paralelně uvádíme další informace o použitém kogeneračním systému, zpracované dle sdělení provozovatele této BPS:

- kogenerační jednotka může mít elektrický výkon až 185 kW;
- v lednu t.r. byly průměrné výkony na jednu motohodinu 163, 173 a 180 kW, v červnu pak 169, 170 a 175 kW;
- u první kogenerační jednotky došlo mezitím k úpravě provozního režimu a tím i k navýšení průměrného výkonu;
- první a druhá kogenerační jednotka jsou „dvojčata“ umístěná v jednom protihlukovém kontejneru, třetí kogenerační jednotka je novější typ, instalovaný na jaře 2008 v samostatném izolačním kontejneru.

2.3 Provedení provozních zkoušek

2.3.1 Metodický postup

Pro skutečně exaktní vyhodnocení vlivu mikrobiotechnologických stimulátorů na rozsah generování bioplynu je nezbytné pracovat v konvenčních podmínkách reálné praxe. Tedy ve fungujícím porovozu, pokud možno soudobé technologické koncepce, a to dodrženyými obvyklými postupy, A to tak, aby dosažené výsledky, pokud budou zajímavé a exemplárně pozitivní, se mohly stát podkladem pro metodický návod pro širokou praxi bioplynových stanic.

Pro navození a udržení kontinuální tvorby bioplynu na konstantní úrovni a setrvalé výroby elektřiny v kogeneračním systému v blízkosti maxima obsluha bioplynové stanice v Suchohrdlech operativně reguluje přísun denní dávky kukuřičné siláže ve vsazované směsi, a to dle potřeby. Tím se mění dávkování a složení aplikované živné směsi pro funkční fermentor. Proto také spotřeba kukuřičné siláže resp. vkládané sušiny na 1 kWh elektrické energie vyhodnocovaná po dnech nezanedbatelně kolísá.

Dlouhodobé, např. měsíční průměry denní měrné spotřeby kukuřičné siláže resp. sušiny, však vykazují relativně dobrou shodu. Pro danou bioplynovou stanici je průměrná denní měrná spotřeba kukuřičné siláže resp. sušiny v předchozím měsíci důležitým výrobním ukazatelem.

V laboratoři aplikovaný přípravek Biofermat zřetelně zvyšuje výtěžnost bioplynu a metanu ze sušiny provozního vzorku digestátu. Při běžně vysoké produkci elektřiny by tedy dávkování přípravku do digestátu, anaerobně rozkládaného ve fermentorech, mělo snižovat spotřebu kukuřičné siláže, substrátu a sušiny.

Během čtyřměsíční provozní zkoušky jsme chtěli vyhodnotit prostřednictvím snížené spotřeby kukuřičné siláže a organické sušiny vliv přípravku Biofermat na průběh anaerobní digesce. Současně by měly klesat náklady na kukuřičnou siláž, substrát a sušinu.

Rozhodli jsme se proto experimentálně navozenou úsporou nákladů na kukuřičnou siláž a organickou sušinu, indukovanou aplikací bioalginátů vyjádřit přínos tohoto postupu a vlastního efektu přídatku preparátu.

Námi používaná bioplynová stanice v Suchohrdlech zpracovává kukuřičnou siláž, siláž z cukrovarnických řízků, žitnou GPS siláž, šrot z krmného ječmene a prasečí kejdu.

Z metodických důvodů jsme na schůzce s provozovatelem bioplynové stanice před zahájením provozní zkoušky požadovali, aby zachoval vstupní recepturu vsázky do

fermentorů a aby během zkoušky korigoval jen dávky kukuřičné siláže a tím reguloval tvorbu bioplynu ve fermentorech.

Dávkování ostatních energeticky významných surovin mělo zůstat neměnné. Toto nám bylo slíbeno s tím, že dávky dalších surovin do krmné směsi se budou měnit jen z vážných provozních důvodů.

2.3.2 Dávkování přípravku

K tak zvanému „zaočkování“ obou fermentorů o objemu 1 500 m³ došlo 7. června 2010. K tomuto účelu německý výrobce přípravku Biofermat doporučuje jednorázovou dávku 200 ml přípravku na 1 m³ digestátu ve fermentoru.

Do fermentorů bylo nadávkováno celkem 600 l přípravku. Před nadávkováním do fermentorů se přípravek naředil 60-ti m³ užitkové vody. Ředil se v poměru 1:100. Připravovalo se tedy 30 m³ roztoku pro každý fermentor.

Rozpouštění 600 l přípravku Biofermat pro jednorázovou dávku do fermentorů se provádělo ve dvou fázích v menší ze dvou předjímek u fermentorů. Tato předjímka má průměr 6 m a pracovní výšku 3 m. Jednomu metru výšky odpovídalo 28 m³ objemu.

Užitková voda k ředění přípravku se dovážela cisternou. Po dostatečném promíchávání ponorným vrtulovým míchadlem (příkon 7,5 kW), se připravený roztok přečerpával z předjímky do fermentoru.

Tabulka B: Denní dávka přípravku Biofermat byla kalkulována následovně

Použitá energetická surovina	Množství vloženého energet. substrátu v tunách	Zákl. množství Biofermatu v koncentraci v ml/t	Množství nařed. přípravku l/den
Kukuřičná siláž	19,5	330	6,435
Siláž z cukrovarnických . řízků	5,3	330	1,749
Žitná GPS siláž	2	330	0,660
Prasečí kejda	18	100	1,800
Celkem	44,8	-	10,644

Obrázek 3: Napouštění vody a mikrobiostimulačního přípravku do předjímky a současné mísení s přidávaným bioalginátovým přípravkem v pracovní koncentraci – tedy po jeho naředění v poměru 1 : 100 běžnou užitkovou vodou.



Po tzv. zaočkování – tedy po reinokulaci mikrobiálního agens (tedy přenosu aktivní metanogenní mikroflóry z funkčního procesu) - se každý den po celou dobu provozní zkoušky pravidelně dávkovalo do každého ze sledovaných fermentorů celkem 6 l koncentrovaného přípravku (v originální verzi).

Tato přichystaná dávka přípravku se pak dále ředila 1,2 m³ vody (t.j. 1200 l vody). Zmiňovaná úprava koncentrace aplikovaného bioalginátu bylo opět v poměru 1 : 100. Do každého fermentoru se tedy dávkovalo 600 litrů naředěného roztoku Biofermatu denně.

Poznámka:

Na tomto místě je nutno připomenout, že druhý, výše zmiňovaný přípravek, tedy Biologeen WKL zde není zmiňován proto, že by neměl srovnatelnou účinnost, ale jen a pouze proto, že v provozu BPS Suchohrdly nebyly podmínky pro exaktně vedený komparativní pokus. Ten bude uskutečněn později na vhodném místě a o výsledku bude podána obdobná zpráva, jako je tato i ve smyslu porovnání dynamiky obou preparátů.

Obrázek 4: Nádoba s čerpadlem na přípravu denní dávky aplikačního roztoku



Aplikační technika přidavku Biofermatu (podobně jako i přípravku Bioalgen WKL v případě jeho volby) je velmi jednoduchá, takže je použitelná v běžných provozních podmínkách konvenčních provozů.

Denní dávku 6-ti litrů koncentrovaného přípravku pro každý jednotlivý fermentor provozovatel bioplynové stanice ředil vodou z vodovodního řádu. Při použití 200 litrového plastového barelu si po třetinových podílech připravil denní dávku pracovního roztoku biolaginátu naředěním 6 litrů Biofermatu a tento parciálně rozředil v 3 x 200 litrech vody z veřejného vodovodního řádu.

Takto připravený akční roztok byl prostřednictvím přípojky natlačen kalovým čerpadlem o výkonu 35 m³/h do kejdového potrubí, ústícího do fermentoru. Z tohoto potrubí pak byl aktivační pracovní roztok dopraven (vytlačen) až do lumina fermentoru následnou dávkou kejdy z chovu prasat.

Obrázek 5: Napojení kalového čerpadla na kejďové potrubí



2.4 Sběr dat

Během čtyřměsíční provozní zkoušky byla sbírána každodenně sledovaná data o chodu bioplynové stanice v rozsahu sběrného formuláře (viz tabulka 1 až 4). Data přepisoval provozovatel bioplynové stanice a jednotlivé soubory dat zasílal průběžně elektronickou poštou řešiteli k vyhodnocení.

Všechny suroviny bylo možno vážit na tenzometrech zásobníků, přes které se suroviny dávkuje do fermentorů. Vážila se však pouze hmotnost denní vsázky krmné směsi (viz tabulka 1 až 4).

Navažování jednotlivých komponent denní dávky krmné směsi se neprovádělo, protože by to, dle provozovatele bioplynové stanice, bylo pro obsluhu stanice pracné

a zdlouhavé. Obsluha proto jen „odkrojila“ lžící čelního nakladače z vaku siláže cukrovarnických řízků objem o hmotnosti cca 6 tun.

Dále z vaku se siláží GPS žita obsluha oddělila podobným způsobem množství o hmotnosti cca 3 t. Z hromady skladovaného šrotu krmného ječmene, odebrala kvantum o hmotnosti cca 2 t. Přidáním potřebného objemu kukuřičné siláže pak připravila směs pro požadovanou denní vsázku živné směsi o zvážené a řádně evidované hmotnosti.

Silážované cukrovarnické řízky a GPS žito byly skladovány ve vacích po 200 tunách. Šrot z krmného ječmene byl dodáván volně ložený a skladoval se na hromadách.

Provozovatel hmotnost denní dávky těchto surovin zpětně kontroloval po zpracování vaků se siláží a zpracování hromad navezeného šrotu. V tabulce 1 až 4 je u těchto surovin uvedena takto zjištěná průměrná spotřeba vycházející na jeden den. Hmotnost denní dávky kukuřičné siláže v tabulce 1 až 4 byla dopočítávána z hmotnosti navážené denní vsázky krmné směsi a provozovatelem vypočtené průměrné hmotnosti denní dávky zbylých surovin.

Objem nadávkované vepřové kejdy se měřil průtokoměrem. V tabulce 1 až 4 uvedená hmotnost kejdy je rovna změřenému objemu kejdy. Zjednodušeně jsme tedy předpokládali, že hustota kejdy je rovna 1.

Ostatní veličiny uvedené v tabulce 1 až 4 byly odečítány z příslušných provozních měřidel.

2.5 Vyhodnocení dat

V době trvání provozní zkoušky byla pro každý den ze sledovaných dílčích dat průběžně vyhodnocována výsledná sumární data o chodu bioplynové stanice v rozsahu formuláře (viz tabulka 5 až 8). Výsledný formulář pak byl zasílán elektronickou poštou provozovateli bioplynové stanice ihned po obdržení sběrného formuláře.

Hmotnosti denních dávek substrátu „m“ sušiny substrátu „TS“ a organické sušiny substrátu „oTS“, uváděné v tabulce 5 až 8, byly počítány ze vztahů:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 + \quad (1),$$

$$TS = m_1(TS_1/100) + m_2(TS_2/100) + m_3(TS_3/100) + ... \quad (2),$$

a

$$oTS = m_1((TS_1 - P_1)/100) + m_2((TS_2 - P_2)/100) + m_3 (TS_3 - P_3)/100 + \dots \quad (3),$$

kde $m_1, m_2, m_3, \dots$ je hmotnost a TS_1 resp. P_1 , TS_2 resp. P_2 , TS_3 resp. $P_3 \dots$ je procentuelní obsah celkové sušiny resp. popela denní dávky kukuřičné siláže, siláže z cukrovarnických řízků, žitné GPS siláže, šrotu z krmného ječmene a prasečí kejdy.

Procentuelní obsah celkové sušiny a popela v používaných surovinách jsme odhadli spolu s provozovatelem podle údajů z aktuálních literárních pramenů a podle výsledků krmivářských rozborů surovin.

K vyhodnocení množství celkové sušiny a organické sušiny byly použity obsahy uvedené v tabulce 9. Způsob výpočtu měrné spotřeby kukuřičné siláže, substrátu, celkové sušiny a organické sušiny je patrný z tabulek 5 až 8.

2.5.1 Vyhodnocení provozní zkoušky

Pomocí odebraných a vyhodnocených provozních dat ve sběrných a výsledných formulářích (tabulka 1 až 4 a 5 až 8) jsme vyčíslili hodnoty vybraných výrobních ukazatelů přehledně uvedené v tabulce 10.

Vypočítali jsme změny spotřeby surovin, substrátu a sušiny a nákladů na suroviny, substrát a sušinu (viz tabulka 11 a 12) Dále úspory spotřeby surovin, substrátu a sušiny a nákladů na suroviny, substrát a sušinu v běžném měsíci vztažené na květnovou výši výroby elektřiny (viz tabulku 13 a 14).

V hodnocených měsících jsme odhadli vzrůst produkce metanu a vyčíslili nárůst výroby elektřiny oproti květnu (viz tabulku 15 a 16).

2.6 Diskuze

2.6.1 Úspory spotřeby a nákladů

Naším cílem bylo vyhodnotit vliv přípravku Biofermat na anaerobní digesci pomocí úspory spotřeby surovin, substrátu a sušiny. Přínos aplikace tohoto přípravku pak indikuje skutečnou úsporu nákladů na suroviny, substrát a sušinu.

Změna spotřeby surovin, substrátu a sušiny v běžném měsíci oproti standardnímu závisí na počtu dní v měsíci a výši výroby elektřiny (viz tabulka 11). Vliv počtu dní v měsíci se neprojeví, pokud jsou porovnávány průměrné denní spotřeby.

Vliv počtu dní a výše výroby v běžném měsíci je eliminován, jestliže jsou k porovnání použity průměrné měrné spotřeby. Totéž je možno říci o změnách nákladů na suroviny, substrát a sušinu (viz tabulku 12). V tomto případě se počet dní v měsíci a výše výroby neprojeví při porovnávání průměrných jednotkových nákladů.

K posouzení vlivu přípravku na anaerobní digesci je výhodné použít procentuelní změnu měrné spotřeby surovin, substrátu a sušiny (viz tabulku 11).

Dále absolutní úsporu spotřeby surovin, substrátu a sušiny ve sledovaném měsíci, která je dána změnou měrné spotřeby v tomto měsíci a výší výroby elektřiny v květnu jako standardním měsíci (viz tabulku 13).

Přínos aplikace přípravku je výhodné vyjádřit procentuelní změnou jednotkových nákladů na suroviny, substrát a sušinu (viz tabulku 12). Rovněž absolutní úsporou nákladů na suroviny, substrát a sušinu ve sledovaném měsíci, která je dána změnou jednotkových nákladů v tomto měsíci a výší květnové výroby elektřiny (viz tabulku 14).

Hodnota všech výše uvedených veličin není totiž závislá na počtu dnů a výši výroby elektřiny ve sledovaném měsíci.

2.6.2 Vliv a přínos přípravku

Nejjednodušší je sledovat vliv přípravku pomocí snížení spotřeby kukuřičné siláže a přínos aplikace přípravku pomocí úspory nákladů na kukuřičnou siláž. Toto je možné jen v případě, že ve sledovaném měsíci nedojde ke změně dávkování surovin a výrazné změně výroby elektřiny oproti standardnímu měsíci.

Jinak by úspora spotřeby kukuřičné siláže resp. nákladů na kukuřičnou siláž byla ovlivňována změnami spotřeby ostatních surovin resp. nákladů na ostatní suroviny.

Občasné korekce dávky kukuřičné siláže do krmné směsi, které se provádí z důvodu regulace tvorby bioplynu, jen mírně mění složení substrátu. Výsledky sledování vlivu a přínosu přípravku prostřednictvím spotřeby kukuřičné siláže a nákladů na kukuřičnou siláž neovlivní.

Další možností je sledování vlivu a přínosu přípravku pomocí úspory organické sušiny a nákladů na organickou sušinu. Občasné korekce dávky kukuřičné siláže nemění výši úspory spotřeby organické sušiny.

Tyto korekce však mírně zvyšují úsporu celkových surovinových nákladů. Proto je procentuelní úspora nákladů na organickou sušinu vyšší, než úspora organické sušiny.

Vliv přípravku na anaerobní digesci lze hodnotit prostřednictvím úspory spotřeby organické sušiny také v případě, že ve sledovaném měsíci dojde ke změně dávkování surovin. A to proto, že úspora spotřeby organické sušiny nezávisí na spotřebě používaných surovin.

Totéž nelze říci o vyjádření přínosu aplikace přípravku pomocí úspory nákladů na organickou sušinu. Náklady na organickou sušinu jsou stejné jako náklady na substrát, a tudíž závislé na změně dávkování surovin. Vyčíslená úspora nákladů na organickou sušinu se stane změnou dávkování surovin pro posouzení přínosu aplikace přípravku nepoužitelnou.

To samé by se dělo při výrazné změně výroby elektřiny. Občasné korekce dávky kukuřičné siláže do krmné směsi, které se provádí z důvodu regulace tvorby bioplynu, jen mírně mění dávky zbylých surovin a složení substrátu. Výsledky sledování vlivu a přínosu přípravku prostřednictvím spotřeby kukuřičné siláže a nákladů na kukuřičnou siláž příliš neovlivní.

Nejpřesnější je sledování vlivu a přínosu přípravku pomocí úspory spotřeby organické sušiny a nákladů na organickou sušinu. Při neměnném dávkování je úspora spotřeby organické sušiny a nákladů na organickou sušinu na občasných korekcích dávek kukuřičné siláže zcela nezávislá.

Vliv přípravku na anaerobní digesci lze hodnotit prostřednictvím úspory spotřeby organické sušiny i v případě, že ve sledovaném měsíci dojde ke změně dávkování surovin či výrazné změně produkce elektřiny. A to proto, že úspora spotřeby organické sušiny nezávisí na spotřebě používaných surovin.

Totéž nelze říci o vyjádření přínosu aplikace přípravku pomocí úspory nákladů na organickou sušinu. Náklady na organickou sušinu jsou stejné, jako náklady na substrát, a tudíž závislé na změně dávkování surovin a výši výroby elektřiny.

Vyčíslená úspora nákladů na organickou sušinu se stane změnou dávkování surovin a výrazným nárůstem či poklesem výroby elektřiny pro posouzení přínosu aplikace přípravku nepoužitelnou.

2.6.3 Průběh zkoušky v červnu

Provozovatel bioplynové stanice neměnil dávkování surovin, pouze korigoval dávky kukuřičné siláže k regulaci tvorby bioplynu ve fermentorech (viz tabulka 1 a 2). Řešitel měl možnost sledovat vliv přípravku pomocí úspory spotřeby kukuřičné siláže a úspory spotřeby organické sušiny. Dále vyhodnotit přínos aplikace přípravku úsporou nákladů na kukuřičnou

siláž a úsporou nákladů na organickou sušinu. Toto bylo hlavním cílem provozní zkoušky i funkčního úkolu.

Spotřeba substrátu poklesla z 1 689 t na 1 568 t, tj. byla nižší o 121 t (viz tabulka 11). Spotřeba kukuřičné siláže klesla z 540 t na 445 t, tzn. snížila se o 95 t. Průměrná denní spotřeba substrátu 54,5 t z května poklesla o 2,2 t (o 4,1 %). Průměrná denní spotřeba kukuřičné siláže 17,4 t z května se snížila o 2,6 t (o 14,8 %). Průměrná denní spotřeba ostatních surovin byla stejná jako v květnu.

Vlivem přípravku se spotřeba kukuřičné siláže snížila o 17,0 % (viz tabulka 11). Spotřeba organické sušiny obsažené v dávkovaném substrátu klesla o 9,1 %. Pokles spotřeby siláže i sušiny byl tedy velmi výrazný. Díky přípravku se uspořilo 91,5 t kukuřičné siláže a 32,0 t organické sušiny (viz tabulka 13). Denně pak 2,953 t kukuřičné siláže a 1,032 t organické sušiny.

Náklady na substrát klesly z 704 483,- Kč na 619 717,- Kč, tj. byly nižší o 84 766,- Kč (viz tabulka 12). Náklady na kukuřičnou siláž se snížily z 431 760,- Kč na 355 792,- Kč, tj. poklesly o 75 968,- Kč. Průměrné denní náklady na substrát 22 725,- Kč a průměrné denní náklady na kukuřičnou siláž 13 928,- Kč z května klesly o 2 068,- Kč. Průměrné denní náklady na ostatní suroviny byly stejné jako v květnu.

Aplikace přípravku vedla ke snížení celkových surovinových nákladů o 11,4 % (viz tabulka 12). Vznikla úspora nákladů 73 232,- Kč na kukuřičné siláži a 80 000,- Kč na celkových surovinových nákladech (viz tabulka 14). Denní přínos aplikace přípravku byl 2 362,- Kč na kukuřičné siláži a 2 581,- Kč na všech surovinách.

2.6.4 Průběh zkoušky v červenci

Provozovatel bioplynové stanice v tomto měsíci nahradil část kukuřičné siláže žitnou GPS siláží a vepřovou kejdou. Zvedl dávkování obou těchto surovin (viz tabulka 2 a 3). Denní dávka žitné GPS siláže byla 6,6 tuny místo 3,3 tuny.

Průměrná denní dávka vepřové kejdy pak 31,8 tuny místo 25,9 tuny. Z provozních důvodů se nepodařilo zajistit, aby během celé zkoušky byly korigovány jen dávky kukuřičné siláže a tím regulována tvorba bioplynu ve fermentorech.

V červenci spotřeba substrátu vzrostla z 1 689 t na 1 846 t, tj. byla vyšší o 156 t (viz tabulka 11). Spotřeba kukuřičné siláže klesla z 540 t na 401 t, tj. snížila se o 139 tun.

Průměrná denní spotřeba substrátu 54,5 t z května se zvýšila o 5,0 t (o 9,3 %). Průměrná denní spotřeba kukuřičné siláže 17,4 t z května se snížila o 4,5 t (o 25,7 %).

Průměrná denní spotřeba žitné GPS siláže byla 6,6 t místo 3,3 t a vepřové kejdy 31,8 t místo 25,6 t. Změnilo se dávkování surovin, protože průměrná denní spotřeba žitné GPS siláže a vepřové kejdy byla vyšší než v květnu

Změnou dávkování surovin začaly být fermentory přetěžovány organickou sušinou. V květnu byla průměrná denní spotřeba organické sušiny 11,4 t a v červnu 10,6 t, avšak v červenci 11,5 t (viz tabulka 11).

Fermentory s digestátem, který byl modifikován přípravkem, začaly být přetěžovány organickou sušinou. V květnu byla průměrná denní spotřeba organické sušiny 11,4 t , v červnu 10,6 t a v červenci 11,5 t (viz tabulka 11). Přetěžování bioreaktorů organickou sušinou se projevilo nárůstem průměrné měrné spotřeby organické sušiny : červen 0,917 kg/kWh a červenec 0,997 kg/kWh. Proto vlivem dávkování přípravku měrná spotřeba organické sušiny oproti květnu klesla jen o 1,1 %.

Přetěžování fermentorů organickou sušinou vždy vede k nárůstu průměrné měrné spotřeby organické sušiny. Proto klesla vlivem přípravku měrná spotřeba organické sušiny jen o 1,1 % (viz tabulka 11). V důsledku změny dávkování a přetěžování fermentorů poklesla úspora průměrné měrné spotřeby z červnové hodnoty 9,1 % na hodnotu 1,1 %.

V červenci tedy pokles nedosáhl červnové hodnoty 9,1 %. Aplikace přípravku přinesla úsporu pouze 3,9 t organické sušiny (viz tabulka 13). To je denní průměrnou úsporu spotřeby organické sušiny 0,1 t.

Aplikace přípravku přinesla úsporu 3,9 t organické sušiny (viz tabulka 13). To je denní průměrnou úsporu spotřeby organické sušiny 0,1 t.

Po změně dávkování surovin klesly náklady na substrát ze 704 483,- Kč na 675 259,- Kč, tj. byly nižší o 29 224,- Kč. (viz tabulka 12). Náklady na kukuřičnou siláž se snížily z 431 760,- Kč na 320 696,- Kč, tj. poklesly o 111 064,- Kč.

Průměrné denní náklady na substrát 22 725,- Kč z května klesly o 943,- Kč. Průměrné denní náklady na kukuřičnou siláž 13 928,- Kč z května se snížily o 3 583,- Kč. Náklady na žitnou GPS siláž se zvýšily z 81 840,- Kč na 163 680,- Kč.

V tabulce 14 vyčíslená úspora nákladů na organickou sušinu je z důvodu provedené změny dávkování surovin pro vyjádření přínosu aplikace přípravku Biofermat nepoužitelná.

Náklady na organickou sušinu, jak už bylo jednou řečeno, jsou totiž shodné s náklady na substrát a hodnota úspory celkových surovinových nákladů se mění s dávkováním surovin. V červenci provozovatel bioplynové stanice uspořil při aplikaci přípravku změnou dávkování surovin na celkových nákladech 45 843 Kč, avšak proti červnu přišel o $80\,000 - 45\,843 = 34\,157$ Kč.

2.6.5 Průběh zkoušky v srpnu

Provozovatel bioplynové stanice pozměnil červencovou recepturu a nahradil část žitné GPS siláže vepřovou kejdou (viz tabulka 3 a 4). Průměrná denní dávka žitné GPS siláže byla 5,6 t místo 6,6 t. Průměrná denní dávka vepřové kejdy 35,2 t místo 31,8 t.

Další změnou dávkování surovin vzrostla spotřeba substrátu z 1 689 t na 1 923 t, tj. byla vyšší o 234 t (viz tabulka 11). Spotřeba kukuřičné siláže klesla z 540 t na 405 t, tj. snížila se o 135 tun. Průměrná denní spotřeba substrátu 54,5 t z května se zvýšila o 7,6 t (o 13,9 %).

Průměrná denní spotřeba kukuřičné siláže 17,4 t z května se snížila o 4,4 t (o 25,0 %). Spotřeba žitné GPS siláže byla 175 t místo 102 t a vepřové kejdy 1 090 t místo 793 t. Pokračovalo přetěžování fermentorů organickou sušinou (viz tabulka 11). Průměrné denní spotřeby organické sušiny byly : květen 11,4 t, červen 10,6 t, červenec 11,5 t a srpen 11,5 t.

Nárůst průměrné měrné spotřeby organické sušiny byl : červen 0,917 kg/kWh, červenec 0,997 kg/kWh a srpen 0,983 kg/kWh. Proto úspora spotřeby organické sušiny činila jen 2,5 %.

Podobně jako v červenci tedy nedosáhla červnové hodnoty 9,1 %. Aplikací přípravku se uspořilo 8,8 t organické sušiny (viz tabulka 13). To je denní průměrná úspora spotřeby organické sušiny byla 0,3 t.

Po další změně dávkování surovin klesly náklady na substrát ze 704 483,- Kč na 654 555,- Kč, tj. byly nižší o 49 928,- Kč. (viz tabulka 12).

Náklady na kukuřičnou siláž se snížily z 431 760,- Kč na 323 752,- Kč, tj. poklesly o 108 008,- Kč. Průměrné denní náklady na substrát 22 725,- Kč z května se snížily o 1 611,- Kč. Průměrné denní náklady na kukuřičnou siláž 13 928,- Kč z května se snížily o 3 484,- Kč. Náklady na žitnou GPS siláž se zvýšily z 81 840,- Kč na 139 920,- Kč.

I v srpnu provozovatel bioplynové stanice měnil dávkování surovin. Z tohoto důvodu řešitel nemohl vyjádřit úsporou nákladů na organickou sušinu přínos aplikace přípravku Biofermat (viz tabulka 14). Provozovatel uspořil v srpnu při aplikaci přípravku změnou

dávkování surovin na celkových nákladech 71 849 Kč, avšak proti červnu přišel o 80 000 – 71 849 = 8 151 Kč.

2.6.6 *Nárůst výroby metanu.*

Bioplyn obsahoval v květnu průměrně 50,23 % obj., v červnu 51,67 % obj., v červenci 51,69 obj. a v srpnu dokonce 52,82 % obj. metanu (viz tabulka 15). Vlivem přípravku Biofermat vzrostl v červnu a červenci obsah metanu v bioplynu o 2,9 % a v srpnu o 5,2 %.

V květnu se vyrobilo 71 306 m³, v červnu 72 791 m³, v červenci 75 230 m³ a v srpnu 77 581 m³ metanu (viz tabulka 15).

Postup výpočtu objemu vyrobeného metanu je popsán v tabulce 15. Průměrná denní výroba metanu v těchto měsících byla 2 300 m³, 2 426 m³, 2 427 m³ a 2 503 m³. Oproti květnu se v červnu a červenci průměrná denní produkce metanu zvýšila o 5,5 %. a v srpnu o 8,8 %.

Z tabulky 15 dále plyne, že růst produkce metanu byl způsoben spíše přetěžováním fermentorů organickou sušinou, než zvyšováním denních dávek vepřové kejdy.

Přípravek Biofermat nejen prohluboval rozklad organické sušiny, ale zvyšoval tvorbu metanu. Přitom jeho vliv na metanogenezi sílil v případě, že bioreaktory byly dlouhodobě přetěžovány organickou sušinou.

2.6.7 *Nárůst výroby a zisku z výroby elektřiny*

V červnu se vyrobilo o 2 664 kWh méně, v červenci o 8 808 kWh více a v srpnu o 12 096 kWh více než v květnu, kdy produkce elektřiny byla 349 080 kWh (viz tabulka 16). V květnu byla průměrná denní výroba elektrického proudu 11 261 kWh, v červnu 11 547 kWh, v červenci 11 545 kWh a v srpnu 11 651 kWh.

Vlivem přípravku Biofermat došlo v červnu a červenci k navýšení průměrné denní produkce elektřiny o 287 a 284 kWh (o 2,5 %) a v srpnu dokonce o 390 kWh (o 3,5 %). Tento 2,5 % resp. 3,5 % nárůst produkce elektřiny korespondoval s 2,9 % resp. 5,1 % navýšením obsahu metanu v bioplynu. Díky přípravku se zvýšila měsíční výroba elektrického proudu o 8 800 až 12 000 kWh

Objem výroby elektřiny byl v červnu o 10 390,- Kč nižší, v červenci o 34 351,- Kč vyšší a v srpnu o 47 174,- Kč vyšší než v květnu, kdy se vyrobila elektřina za 1 361 412,- Kč

(viz tabulka 16). Průměrný denní objem výroby elektřiny byl v květnu 43 917,- Kč , v červnu 45 034,- Kč, v červenci 45 025,- Kč a v srpnu 45 438,- Kč.

Přínos aplikace přípravku byl dán navýšením objemu denní výroby elektřiny v červnu o 1 118,- Kč, v červenci o 1 108,- Kč a v srpnu o 1 522,- Kč. Aplikací přípravku se zvýšil provozní zisk z výroby elektřiny měsíčně o 34 000 až 47 000,- Kč.

Závěr

Dávkování alginátů – přípravek Biofermat – do digestátu ve fermentorech mělo stimulační vliv na průběh anaerobní digesce v bioplynové stanici v Suchohrdlech. Ten se projevil tím, že v běžném měsíci oproti referenčnímu

- se spotřebovalo o 17 % méně dávkované kukuřičné siláže a 9,1 % méně organické sušiny obsažené v dávkovaném substrátu
- se aplikací přípravku ušetřilo 91,5 t dávkované kukuřičné siláže a 32,0 t organické sušiny v dávkovaném substrátu
- vznikla úspora celkových surovinových nákladů 80 000 Kč
- se vyrobilo o 5,5 až 8,5 % více metanu a o 2,5 až 3,5 % více elektrického proudu
- se aplikací přípravku zvedla denní produkce metanu o 2 400 až 2 500 m³ a denní výroba elektrického proudu o 280 až 390 kWh
- vzrostl objem výroby elektřiny o 34 000 až 47 000,- Kč

Trvalé přetěžování fermentorů organickou sušinou vedlo k poklesu dosažené úspory spotřeby organické sušiny z 9,1 % na 1,1 až 2,5 %. Způsobilo však nárůst produkce metanu a elektřiny.

Algináty se v provozním měřítku chovaly stejně jako v laboratoři. Prohlubovaly rozklad organické sušiny a zvyšovaly tvorbu metanu. Při dlouhodobém přetěžování fermentorů organickou sušinou sláblo působení alginátů na průběh hydrolýzy. Naopak sílil vliv alginátů na metanogenezi.

V Suchohrdlech se aplikací alginátů podařilo významně snížit náklady na suroviny a navýšit provozní zisk z výroby elektřiny.

Seznam zkratek

A.S.	-	akciová společnost
BPS	-	bioplynová stanice
BSK ₅	-	biologická spotřeba kyslíku
CH ₄	-	zkratka – chemická značka metanu
CHSK	-	chemická spotřeba kyslíku
EIA	–	posuzování vlivů na životní prostředí
GPS	-	německá zkratka prováděné úpravy
IČO	-	identifikační číslo organizace
IP	-	integrované povolení
IPPC	-	integrovaná prevence a omezování znečištění
ISBN, ISSN	-	evidenční kódování vydaných titulů
KJ/BIO	-	název typu kogenerační jednotky
KÚ	–	krajský úřad
kW	-	kilowatt
kWh	-	kilowatthodina
OŽP	–	odbor životního prostředí
MKM	-	masokostní moučka
MW	-	megawatt
MWh	-	megawatthodina
Sb.	-	zkratka – symbol Sbírky zákonů
TS	-	celková sušina ve vzorku
TS _o	-	celková organická sušina
ŽP	–	životní prostředí

Seznam tabulek

Tabulka A: Kumulativní produkce bioplynu, produkce bioplynu z 1kg sušiny	11
Tabulka B: Denní dávka přípravku Biofermat byla kalkulována následovně	17

Seznam obrázků

Obrázek 1: Fermentor BPS Suchohrdly	13
Obrázek 2: Podpěra hřídelového míchadla, motor s převodovkou a axiální hřídel	14
Obrázek 3: Napouštění vody a mikrobiostimulačního přípravku do předjímky a současné mísení s přidávaným bioalginátovým přípravkem v pracovní koncentraci – tedy po jeho naředění v poměru 1 : 100 běžnou užitkovou vodou.	18
Obrázek 4: Nádoba s čerpadlem na přípravu denní dávky aplikačního roztoku.....	19
Obrázek 5: Napojení kalového čerpadla na kejtové potrubí	20

Seznam grafů

Graf 1: Produkce bioplynu z 1 kg sušiny (laboratoř, materiál z BPS Suchohrdly).....	11
Graf 2: Denní produkce bioplynu, dynamika metanogeneze při komparativním sledování vlivu variantních účinků různých dávek biostimulativních přísad Biofermatu a Bioalgeenu WKL(laboratoř, materiál z BPS Suchohrdly)	12

Použitá literatura

- Ahmad, Y. J., Serafy, El. S., Lutz, E.:** Environmental Accounting for Sustainable Development. The World Bank. Washington, D.C. 1989.
- Anton, W.:** Tierhygiene. Leipzig, S. Hirzel Verlag 1984, 419 s.
- Baader, W.:** Biotechnologies for pollution control and energy : proceedings of the 3rd workshop of the Working Group on Biogas Production Technologies, CNREE Network on Biomass Production and Conversion for Energy, Braunschweig, Germany, 5-7 May 1992. [Rome] : FAO, 544 Seiten , REUR technical serie 21
- Baader, W.:** Biogas technology and implementation in the Federal Republic of Germany Report of International Conference on Biogas : technologies and implementation strategies. In: Proceedings : International Conference on Biogas Technologies and Implementation Strategies, Pune (India), 10-15 Jan 1990. Eschborn : GTZ, 43-65,
- Baader, W.:** International conference on biogas technologies and implementation strategies : January 10th to 15th, 1990, Pune, India ; report. Bremen : BORDA, 593 s.
- Banks, M. K., Schultz, K. E.:** Comparison of plants for germination toxicity tests in contaminated soils. Water Air and Soil Pollution, Vol. 167, č.1- 4, 2004, s. 211- 219. ISSN:0049-6979
- Blewett, J., Barne, K. R.:** Global 2000 Revisited. Arlington Millenium Institut, 1993, 268 s.
- Boone, D.R., Chynoweth, D.P., Mah, R.A., Smith, P.H., Wilkie, A.C.:** Ecology and microbiology of biogasification. Biomass and Bioenergy, è. 3-4, r. 5, s. 191-202, 1993.
- Burger, H. J., Stoye, M.:** Animal and Human Health Hazards Associated with the Utilisation of Animal Effluents. Ed. W. R. Kelly, C.E.C. EUR 6009 EN 1978, p.24.
- Carlton, W., McGavin, M. D., Zachary, J. F.:** Thomson's Special Veterinary Pathology 3rd Edition. Mosby, 2001: 768. 841 ilustrací, ISBN 0323005608..
- Čermák, B., Šoch, M.:** Ekologické zásady chovu hospodářských zvířat. Studijní informace, ÚZPI Praha, Živočišná výroba, 1997, 3., 43 str., 2 tab., ISSN 0862-3562, ISBN 80-86153-27-4.
- Dobson, A.:** Green Political Thought. London: Harper Collins, 1992, 167 s..
- Finsten, M. S., Cirreld, J. Suler, D. J.:** Microbial ecosystems Responsible for Anaerobic Digestion and Composting. JWPCF, 52, 1980, 11, pp.2675-2685.
- Fraser, C. M.:** The Merck Veterinary Manual. Eight edit., 1998, Merck Co., Inc., Rahway, N.J., USA, 1677 s.
- Fraser, A. F., Broom, D. M.:** Farm animal behaviour and welfare. Third edition, Wallingford, CAB International 1997, 437 s.
- Gujer, M., Zehnder, A. J. B.:** Conversion Processes in Anaerobic Digestion. Swiss Federal Institute for Water Resources and Water Pollution Control (EAWAG). Düsendorf, Switzerland, 1986. pp.113-145.
- Greenwood, D., Slack, R. C. B., Peutherer, J. F.:** Lékařská mikrobiologie. 1.vyd., Praha, Grada Publishing 1999, 690 s.
- Gross, T., Faull, J., Ketteridge, S., Springham, D.:** Introductory Microbiology. 1. vyd., Londýn, Chapman&Hall 1995, 414 s.

Hill J. M., White, N.: Knotted wrack *Ascophyllum nodosum*. Marine Life Information Network: Biology and Sensitivity Key Information Sub-programme. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom

Chynoweth, D. P.: Microbial transformation of biomass to methane. In.:Proc. of the 8th Energy Technology Conference. Illinois, 1986, 30 s.

Chynoweth, D.P., Jerger, D.E., Srivastava, V. J.: Biological gasification of woody biomass. IN: Proceedings of the 20th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Vol. 1, s. 573-579, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, USA, 1985.

Clemens, J., Trimborn, M., Weiland, P., Amon, B.: Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry. Agriculture, ecosystems and environment, Svazek 112, sešit 2-3, str. 171-177, ISSN: 0167-8809

Dennison, F. J., Sindall D., Azapagic, A., Clift, R., Colbourne, J. S.: Assessing sludge disposal options using LCA. (Hodnocení alternativ zneškodňování kalů pomocí analýzy životního cyklu.) Waste & Environment Today-Bibliogr.J., 12, 1999, č. 9.

Eder, B., Schulz, H.: Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele. (2. Aufl., 2001).

Eder, B., Schulz H.: Bioplyn v praxi - Základy, plánování, stavba zařízení, příklady 2004, 168 s., ISBN: 8086167216 Vydavatelství: HEL

Fox, P., Pohland, F.G.: Anaerobic treatment applications and fundamental: substrate specificity during phase separation. Water Environ. Res., 66, s. 716-724, 1994.

Gjurov, V., Šoch, M., Novák, P., Vostoupal, B., Zajíček, P.: Biotechnologické přípravy typu BIO-ALGEEN... pro bioplynové stanice a čistírny odpadních vod. Sborník z konference s mezinár. účastí „Aktuální otázky bioklimatologie...“ Brno 12. 2007, ČBkS, s. 33 – 40.

Gough, M. A., Rhead, M. M., Rowland, S. J.: Biodegradation studies of unsolved complex mixtures of hydrocarbons. Org.Geochem., 18,1992, 1, s.17-22.

Groda, B.: Technika zpracování odpadů. Skripta; MZLU v Brně, 260 s., první vydání 1995, č. publ.1489, ISBN 80-7157-164-4.

Hahne, G., Jochen, H., Janssen, I., Schuchardt, F., Sonnenberg, H.: Treatment of liquid manure with nutrient recovery. In: Biotechnologies for pollution control and energy : proceedings of the 3rd workshop of the Working Group on Biogas Production Technologies, CNREE Network on Biomass Production and Conversion for Energy, Braunschweig, Germany, 5-7 May 1992. Rom, Italy : FAO, 226-244.

Hemsworth P. H., Coleman, G. J.: Human-Livestock Interactions. *The Stockperson* 14. 2006

Hornbacher, D., Hunter, G., Moor, D.: Biogas-Netzeinspeisung, Berichte aus Energie – und Umweltforschung, 19/2005.

Hogan, J. S., Bogacz, L. M., Romig, S., et al: Bacterial counts associated with sawdust....treated with commercial conditioners. J. Dairy Sci, 82, 1690 – 1695, 1999.

Hohenberger, E.: Půda, kompost, hnojení; Praha, Euromedia Group - Knižní klub - Balios 1999, 80 s.

Hörnig, G., Stollberg, U.: Wissenschaftliche Bericht-Inst. für Agrartechnik Bornim.(ATB), Potsdam – Bornim, 2001.

Howgrave-Graham, A.R., Wallis, F.M., Steyn, P.L.: A bacterial population analysis of granular sludge from an anaerobic digester treating a maize-processing waste. Bioresource Technology, 37, s. 149-156, 1991.

- Jelínek, P., Koudela, K.:** Fyziologie hospodářských zvířat. Brno, MZLU v Brně 2003, 409 s.
- Jiránek J., Weger J.:** Specific Conditions for Biomass Utilization in The Czech Republic. *Proceed. of The 1 st World Conf. on Biomass for Energy And Industry, Sevilla. (2000):*
- Kamarád, L.:** Možnosti využití zbytkového skládkového bioplynu uzavřené skládky, Diplomová práce, MZLU Brno, Brno 2007.
- Kiely, G.:** Environmental Engineering ; London, McGraw-Hill, 1997, 979 s.
- Kubiček, K., Zeman, J.:** Zoohygiena. SVS OVO, Pardubice, 1997.
- Kursa, J. a kol.:** Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat. C. Budějovice, ZF JU 1998, 200 s.
- Laaber, M., Braun, R. und Kirchmayr, R.:** Biologische Prozessoptimierung von Biogasanlagen. Input, Informationsmagazin der ARGE Kompost und Biogas, 1/06, Linz 2006
- Lechner, P.:** Kommunale Abfallentsorgung, Fakultas, Wien 2004
- Leittgeb, S., Vošta, J.:** Mikrobiologie. Praha, VŠZ 1988, 337 s.
- Mackie, R.I., Bryant, M.P.:** Metabolic activity of fatty acid-oxidizing bacteria and the contribution of acetate, propionate, butyrate and CO₂ to methaneogenesis in cattle waste at 40° and 60°C. *Applied and Environmental Microbiology*, 41, č. 6, s. 1363 -1373, 1981.
- Marek, M., Opatová, H., Oldřich, M.:** Odpady a druhotné suroviny v zemědělsko-potravinářském komplexu; Praha, Ministerstvo životního prostředí ČR, 1996,.
- Marendiak, D., Kopcanová, L., Leittgeb, S.:** Polnohospodárska mikrobiológia. 1.vyd., Bratislava, Praha, Příroda ve spolupráci se SZN 1987, 444 s.
- Martens, M.:** Suitability of different test organisms as parameter for evaluate the hygiene effectiveness of composting and digestion, *ECN/ORBIT e.V. Animal-by-Products Regulation Workshop*, Maastricht, NL, October 2003, Presentation No. 6.
- Massey, W.L., Pohland, F.G.:** Phase separation of anaerobic stabilization by kinetic controls. *J. Water Pollut. Control Fed.* 50, s. 2204 - 2222, 1978.
- Matějů, L.:** Bioodpady a nároky na hygienizaci a dezinfekci, Projekt JPD3, Aktivita, Praha 2007.
- Matějů, L.:** Potřeba úpravy některých druhů bioodpadu před dalším nakládáním. *Biotechnik.metody úpravy bioodpadu a související legislativa, Seminář-Aktivita č.8*, Praha 2006, s. 22 - 32.
- Matějů, L., Zimová, M.:** Hodnocení technologií zpracovávajících bioodpad na základě mikrobiologických rozborů. *APROCHEM 2008 – Odpadové fórum 2008* 16. - 18. 4. 2008, s. 3168 - 3171.
- Mehlhorn, G.:** Lehrbuch der Tierhygiene. Jena, VEB Gustav Fischer Verlag 1979, díl I. 1079 s., díl II. 557 s.
- Morton, O.:** *Ascophyllum nodosum — knotted wrack. Priority species in Northern Ireland. Ulster Museum*
- Nordberg,A., Jarvis,A., Svensson,B.H., Mathiesen,B.:** Enhanced degradation of grass - clover silage in a two-phase biogas process by initiating liquid recirculation. *Report 64, Swedish University of Agr. Sci., part IV.* s. 3-25, 1996.
- Norrie, J., Hiltz, D. A.:** Seaweed Extract Research and Applications in Agriculture. *Agro food Industry hi-tech* (1999)

Ormstead,D.R., Jefferies,T.W., Naughton,R., Gregoe,H.P.: Membrane - controlled digestion: anaerobic production of methane and organic acids. *Biotechnol. Bioeng.*, 10, s. 247 - 258, 1980.

Pearce, D.: Ekonomie a výzva ke globální ochraně životního prostředí. In: Ekonomie životního prostředí a ekologická politika. Nakl. a vydavat. litomyšlského semináře, Praha, 1996. 352 s.

Pohland,F.G., Gosh,S.: Developments in anaerobic stabilization of organic wastes - The two-phase concept. *Environ. Lett.* 1, s. 255 - 266, 1971.

Racek, J. a kol.: Klinická biochemie. II. přeprac. vydání, Galen, Praha, 2006,, 329 s.

Redžepović, S; Čolo, J; Pecina, M; Sikora, S; Šeput, M; Poljak, M; Blažinkov, M.: Influence of Bioalgeen and inoculation with different *Bradyrhizobium japonicum* strains on nitrogen fixation efficiency. Third Croatian Congress of Microbiology with International Participation, Poreč, Hrvatska, 04.-07. 10. 2004Zbornik Proceedings / Balenović, Mirta ; Wittner, Velimir (ur.). - Zagreb : Hrvatsko mikrobiološko društvo , 2004. 162-162.

Růžička, J.: Mikrobiologie pro technology životního prostředí; Brno, Vysoké učení technické v Brně 1999, 124 s. Skripta.

Salvato, J. A.: Environmental Engineering and Sanitation. John Willey, N. York, 1989.

Sam-Soon,P.L., Loewenthal,R.E., Dold,P.L., Marais,G.R: Hypothesis for pelletisation in the upflow anaerobic sludge bed reactor. *Water SA*, 13, s. 69-80, 1987.

Schaeffer, D. J., Beasley, V. R.: Ecosystems Health. Quantifying and Predicting Ecosystems Effects of Toxic Chemicals. *Regulat. Toxicol. and Pharmacol.*, 9, 1989, s. 296 - 311.

Schaeffer R, D. J., Herricks, E. E., Kester, H. W.:Ecosystems Health. Measuring of Ecosystems Health. *Environm. Managem.*, 12, 4, 1988, s. 445 - 455.

Schlegel,H.G.: Allgemeine Mikrobiologie. Thieme Verlag, Stuttgart, 1995.

Slejška,A., Váňa,J.: Anaerobní digesce, fermentace, stabilizace, vyhnívání či zkvašování? *Biom.cz*, 16.7.2002, <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-digesce-fermentace-stabilizace-vyhnivani-ci-zkvasovani>

Siglová, M., Čejková, A., Masák, J., Macháčková, J., Feifičová, D., Jirků, V.: Bioremediační technologie jako nástroj pro dekontaminaci znečištěných území. *Biotechnology 2006, Sci. Ped. Publ.,Č. Budějovice,2006*, s.1040-1042. ISBN 8085645-53-X.

Schulz, H., Eder, B.: Bioplyn v praxi, přel. Marie Šedivá, 1. české vydání, nakladatelství HEL, Ostrava 2004.

Straka, F.: Bioplyn, příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů, 1. vydání, GAS s.r.o., Říčany, 2003.

Straka, F., Kunčarová, M., Lacek, P.: Optimalizace vsádek pro bioplynové stanice při použití biomasy, živočišných odpadů nebo dalších možných vedlejších živočišných produktů, Ústav pro výzkum a využití paliv a.s., Praha 2007

Šoch, M., Vostoupal, B., Landová, L., Novák, P., Písek, L.: Zoohygienické aspekty a welfare chovaných zvířat při použití separované kejdy jako plastického steliva. Předneseno na semináři v Krásné Hoře dne 12. 09. 2006.

Sirotková, D.: Legislativa biologicky rozložitelných odpadů. *Biom.cz* [online]. 2006-04-28 [cit. 2009-09-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/legislativa-biologicky-rozlozitelnych-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.

Tripepi R. R., Zhang-XiaoGuang, Campbell A. G.: Use of raw and composted paper sludge as a soil additive or mulch for cottonwood plants. *Compost-Science-and-Utilization*, 4:2, 26-36.

Tritt, W. P., Baader, W.: Biomethanation of slaughterhouse wastes in pilot-scale. REUR technical series, Sv. 21, str. 371-394,

Verstraete, W., Baere, L., Rozzi, A.: Phase separation in anaerobic digestion: motives and methods. *Trib. bebedean Nas.*, 34, s. 367-453, 1981.

Vostoupal, B., Šoch, M., Novák, P., Gjurov, V. a kol.: Možnosti dílčí účelové sanace bioklimatu venkovských sídel Sborník příspěvků z 20. ročníku vědecké konference s mezinárodní účastí „Aktuální otázky bioklimatologie... 2005“. Vydal VÚŽV Praha, ČHMÚ Brno, 13. prosince 2005, s. 105 – 108.

Wang, H. Y., Lee, S. S., Tabach, Y., Cawthon, L.: *Biotechnology and Bioengineering Symp.*, s. 139. Willey, New York, 1982.

Watson, J. S.: *Separation methods for waste and environmental applications*; New York, Marcel Dekker, 1999, 600 s.

Weiland, P.: Impact of competition claims for food and energy on German biogas production. In: *The PROBIOGAS (UK) Seminar : Ludlow 17th April 08 ; organised by Task 37 (UK)*. 10 str.

Weiland, P.: Biogas from energy crops : techno-scientific evaluation of the fast growing biogas market in Germany. *NJF report*, Sv 10.2007, 10, 4 str.

Weiland, P.: Results and bottle necks of energy crop digestion plants - required process technology innovations. In: *Proceedings "Energy, crops & biogas - pathways to success?" Utrecht, 22.09.2005. Utrecht : IEA*, 9 stran.

Weiland, P.: Agricultural biogas plants : actual state and future trends. In: *6. Internationale Tagung "Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung" : Vechta ; 2003.03.25-27 Münster:KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag*, 336-341, ISBN10: 3-7843-2151-8

Weiland, P.: Production and energetic use of biogas from energy crops and wastes in Germany. *Applied biochemistry and biotechnolog.* 109(2003)1-3, str. 263-274, ISSN: 0273-2289

Weiland, P.: Efficient technologies for the production and energetic use of biogas. In: *Kalyuzhnyi S. V. (Herausgeber): Anaerobic digestion for sustainability in waste (water) treatment and re-use : proceedings of 7th FAO/SREN-Workshop, 19-22 May 2002, Moscow, Russia ; vol. 2. Moscow : Moscow State University*, 299-308,

Weiland, P.: Process, technique and typical application of biogas technology in Germany. In: *Biogas International 2002 : 17.-19. Januar 2002, ICC und Messe Berlin : conference script. Reutlingen : erneuerbare energien Kommunikations- und Informationsservice*, 11 stran,

Weiland, P.: Cofermentation of biogenic wastes and energy crops : status and recent developments. In: *European Science Foundation / Standing Committee for Physical and Engineering Sciences (Herausgeber). ESF/PESC Exploratory Workshop on "The need for research towards biogas usage in fuel cells : a strategic question for the European energy autonomy", Steyr, Austria, 1-4 April 2001. Steyr : PROFACTOR*, 10 stran.

Weiland, P.: Experience with different demonstration plants for an environmental compatible treatment. In: *FAO-REUR Technical Series "Biogas technology as an environmental solution to pollution". Rom, Italy : FAO*, 1-10

Weiland, P.: Anaerobic fluidized bed reactors with PUR carriers. *REUR tech.series*, Band 21, str.175-183,

Weiland, P., Ahlgrimm, H.- J.: Biogasification of solid residues from agriculture and agro-industry. REUR technical series, Band 21, str. 358-365.

Weiland, P., Hassan, E. A.: Production of biogas from forage beets. In: 9th World Congress Anaerobic Digestion 2001 September 2-6, 2001 Antwerpen, Belgium ; Proceedings díl 2. Antwerpen : Technologisch Instituut, 631-633, ISBN10: 90-76019-16-9

Weiland, P., Rieger, Ch.: Experience report from the evaluation of 60 agricultural biogas plants in Germany. In: 7th FAO/SREN-Workshop "The future of biogas for sustainable energy production in Europe", 30 Nov - 2 Dec 2005, Uppsala. ohne Verlag, 9 str.

Weiland, P., Rieger, Ch., Ehrmann, T.: Biogas technology in Germany : evaluation of the actual state and future trends. In: 27. International Exhibition-Congress on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology ; Frankfurt am Main, 19-24 May 2003. Frankfurt Main : Dechema, 65, english

Weiland, P., Rieger, Ch., Ehrmann, T.: Evaluation of the newest biogas plants in Germany with respect to renewable energy production, greenhouse gas reduction and nutrient management. In: Al Seadi Teodorita (Herausgeber). The future of biogas in Europe II : European Biogas Workshop, October 2-4, 2003, University of Southern Denmark Esbjerg/Denmark. Esbjerg : University, 44-50,

Weiland, P., Rozzi, A.: The start-up operation and monitoring of high-rate anaerobic treatment systems: Discussor's report. Water Science and Technology, 24, s. 257-277, 1991.

Xiaoming, W., Cong, L., Chenlu, S., Zhenjun, S., Rahmann, G.: The importance and impact of biogas production in organic farming systems in China: the case of the "China Man Village/District of Beijing". In: Tielkes E., Hülsebusch Ch., (Herausgeber). Tropentag 2005 : The Global Food & Product Chain - Dynamics, Innovations, Conflicts, Strategies ; book of abstracts ; University of Hohenheim, Stuttgart, October 11-13, 2005. 307, ISBN10: 3-00-017063

Zábranská J.: Možnosti anaerobního zpracování bioodpadů, Sborník příspěvků z konference „Bioplyn 2008“, České Budějovice 2008

Zabloudil, F., Novák, P., Vráblíková, J., Šoch, M.: Návrh ochrany a využití agroekosystému pásma hygienické ochrany. Sborník příspěvků „Ekologické formy hospodaření v krajině“, Acta Universitatis Purkynianae, 49, Studia oecologica VII, FŽP UJEP Ústí n. Labem, 1999, str. 69 - 77. ISBN 80-7044-272-7.

Zauner, E.: Biogasgewinnung aus Pflanzenstoffen. Landbauforschung volkenrode, 35, Heft 2, s. 67 - 74, 1985.

Zehnder, A. J. B., Svensson, B. H.: Life without oxygen: what can and what cannot? Experimentia, 42, s. 1197 - 1205, 1986.

Nařízení Evropského parlamentu Rady (ES) □. 1774/2002 ze 3. října 2002, kterým se stanoví hygienická pravidla, týkající se vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě v posledním platném znění.

European Communities S (2001): *Evaluation of Sludge Treatments for Pathogen Reduction*, Office of Official Publications of the European Communities, Luxembourg, ISBN 92-894-1734-X, WRc Ref.No. CO5026/1/12787-0.

DG ENV. E.3/LM (2000): Brussels 27th April 2000, Working Document on sludge, 3rd draft. CO5026/1/12787-0.

Elektronické zdroje

www.kh-kinetic.cz/home/velke/biopolynovestanice.html - 17k

www.biopolyn.cz/at_suroviny.htm -

www.rynholec.cz/download/Poznatky_z_BPS_Albrechtice.doc

www.chytrazaba.cz/aktuality/74/bps-budoucnost-komunalni-energetiky-a-odpadoveho-hospodarstvi - 19k

www.kh-kinetic.cz/home/velke/biopolynovestanice.html - 17k

www.bioprim.cz

<http://www.ktbl.de/english/article/lt6-05e.htm>

<http://www.ias.ac.in/currsci/jul10/articles13.htm>

<http://www.stary.biom.cz/publikace/biopolyn/index.html>

<http://www.eeci.net/archive/biobase/B10251.html>

<http://www.biogas.ch/f+e/grasbasi.htm>

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=14531447&dopt=

www.bioalgeen.cz

Přehled související a limitující legislativy

Zákonné normy

Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech (úplné znění vyhlášeno pod č. 106/2005 Sb.)

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění a o integrovaném registru znečišťování, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 356/2003 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhlášky:

Vyhláška č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů)

Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška č. 20/2002 Sb., o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody

Vyhláška č. 191/2002 Sb., o technických požadavcích na stavby pro zemědělství

Vyhláška č. 356/2002 Sb., o seznamu znečišťujících látek, obecných emisních limitech, způsobu předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míře obtěžování zápachem a intenzitě pachů, podmínkách autorizace osob, požadavcích na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínkách jejich uplatňování

Vyhláška č. 554/2002 Sb., o vzoru žádosti o vydání integrovaného povolení, rozsahu a způsobu jejího vyplnění

Vyhláška č. 572/2004 Sb., kterou se stanoví forma a způsob vedení evidence podkladů nezbytných pro ohlašování do IRZ

Vyhláška č. 450/2005 Sb., o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků

Vyhláška č. 362/2006 Sb., o způsobu stanovení koncentrace pachových látek, přípustné míry obtěžování zápachem a způsobu jejího zjišťování

Vyhláška č. 363/2006 Sb., kterou se mění vyhláška č. 356/2002 Sb., kterou se stanoví seznam znečišťujících látek, obecné emisní limity, způsob předávání zpráv a informací, zjišťování množství vypouštěných znečišťujících látek, tmavosti kouře, přípustné míry obtěžování zápachem a intenzity pachů, podmínky autorizace osob, požadavky na vedení provozní evidence zdrojů znečišťování ovzduší a podmínky jejich uplatňování

Nařízení vlády ČR

Nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 352/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování spalovacích stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

Nařízení vlády č. 353/2002 Sb., kterým se stanoví emisní limity a další podmínky provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

Nařízení vlády č. 368/2003 Sb., o integrovaném registru znečišťování

Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů

Nařízení vlády č. 615/2006, o stanovení emisních limitů a dalších podmínek provozování ostatních stacionárních zdrojů znečišťování ovzduší

Nařízení Evropského parlamentu

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002, ze 3. října 2002, kterým se stanoví hygienická pravidla týkající se vedlejších živočišných produktů, které nejsou určeny k lidské spotřebě

Normy

ČSN 750905 Zkoušky vodotěsnosti vodárenských a kanalizačních nádrží

Seznam příloh

Tabulka 1 : BPS SUCHOHRDLY – sběr dat - květen 2010.

Tabulka 2 : BPS SUCHOHRDLY – sběr dat – červen 2010

Tabulka 3 : BPS SUCHOHRDLY – sběr dat – červenec

Tabulka 4 : BPS SUCHOHRDLY – sběr dat - srpen

Tabulka 5 : BPS SUCHOHRDLY – vyhodnocení dat – květen 2010

Tabulka 6 : BPS SUCHOHRDLY – vyhodnocení dat – červen 2010

Tabulka 7 : BPS SUCHOHRDLY – vyhodnocení dat – červenec 2010

Tabulka 8 : BPS SUCHOHRDLY – vyhodnocení dat – srpen 2010

Tabulka 9 : Složení surovinové směsi, vkládané do reaktorů

Tabulka 10a : Vyčíslení výrobních ukazatelů

Tabulka 10b : Vyčíslení výrobních ukazatelů

Tabulka 11 : Změny spotřeby surovin, substrátu a sušiny

Tabulka 12 : Změny nákladů na suroviny, substrát a sušinu

Tabulka 13 : Úspory spotřeby surovin, substrátu a sušiny v běžném měsíci při květnové výši výroby

Tabulka 14 : Úspory nákladů na suroviny, substrát a sušinu v běžném měsíci při květnové výši výroby

Tabulka 15 : Vzdělání produkce metanu

Tabulka 16 : Vzdělání výroby elektřiny

