

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Nakládání s digestátem zemědělských bioplynových stanic

bakalářská práce

Dušan Verner

vedoucí práce

Ing. Josef Maroušek, Ph.D.

konzultanti

prof. Ing. Stanislav Kužel, Csc.,

prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

České Budějovice 2010

Prohlášení:

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma Nakládání s digestátem zemědělských bioplynových stanic, jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 11. 4. 2010

Dušan Verner

Mé poděkování patří především vedoucímu práce Ing. Josefu Marouškovi, Ph.D., za metodické a odborné vedení. Dále všem, kteří mi poskytli potřebné informace, pomoc a radu pro vypracování této práce: Ing. Jiřímu Křížovi, MT-ENERGIE ČR, Ing. Janu Martincovi, N.U. AGRAR CZ, Martinu Vernerovi, Agrofarma Týnec.

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou zemědělských bioplynových stanic, se zaměřením na využití koncového produktu anaerobní fermentace, digestátu, na zemědělské půdě. Hodnotí jeho hnojivý účinek v porovnání s průmyslovými hnojivy. Výsledky ukázaly, že hnojivý účinek může zlepšit ekonomiku pěstovaných plodin, záleží však na vlastnostech digestátu, složení vstupních surovin a technologii zpracování. Digestát nelze použít kdykoli, záleží na pěstované plodině a její technologii. Nicméně jako koncový produkt anaerobní fermentace je digestát zajímavé hnojivo.

Klíčová slova: digestát, zemědělské bioplynové stanice, anaerobní fermentace, hnojivo.

Abstract

This work deals with problems of agricultural biogas stations with the focus on using of final product of anaerobic fermentation, digestate, on agricultural soil. It evaluates its fertilizing effect in comparison to industrial fertilizers. The results showed that the fertilizing effect can improve economy of growing plants, however it depends on quality of digestate, constitution of base input material and technology of processing. It is not possible to use digestate anytime, it depends on growing crops and its technology. Nevertheless digestate as a final product of anaerobic fermentation is an interesting fertilizer.

Key words: digestate, agricultural biogas stations, anaerobic fermentation, fertilizer.

Obsah

1. ÚVOD	1
2. REŠERŠE	2
2.1 Historie bioplynu	2
2.2 Bioplynové stanice v ČR a EU	3
2.3 Proces tvorby bioplynu	7
2.3.1 Vznik bioplynu	7
2.3.2 Mikrobiologie anaerobních procesů	8
2.3.3 Faktory ovlivňující tvorbu plynu	10
2.4 Bioplyn	14
2.5 Digestát	15
2.5.1 Základní pojmy	15
2.5.2 Rozdělení digestátů	15
2.5.3 Vlastnosti digestátu	16
2.5.4 Možnosti využití digestátu	17
2.5.4.1 Využití digestátu na zemědělské půdě	17
2.5.4.2 Omezení při hnojení digestátem	18
2.5.4.3 Použití digestátu mimo zemědělskou a lesní půdu	20
2.5.5 Skladování digestátu	20
2.6 ERÚ	21
„Garantovaná“ výkupní cena	21
Zelený bonus	21
3. METODIKA	23
3.1 Cíl práce	23
3.2 Postup práce	23
4. VÝSLEDKY	25
4.1 Vizuální hodnocení	25
4.2 Laboratorní hodnocení	29
5. DISKUZE	31
6. ZÁVĚR	33
7. SEZNAM LITERATURY	34
8. PŘÍLOHY	37

1. Úvod

Cílem bakalářské práce je seznámení s úlohou a základními principy fungování zemědělských bioplynových stanic. Dále se práce bude zabývat vlastnostmi digestátu, jeho využití v zemědělské výrobě z technologického, ekonomického a právního hlediska.

2. Rešerše

2.1 Historie bioplynu

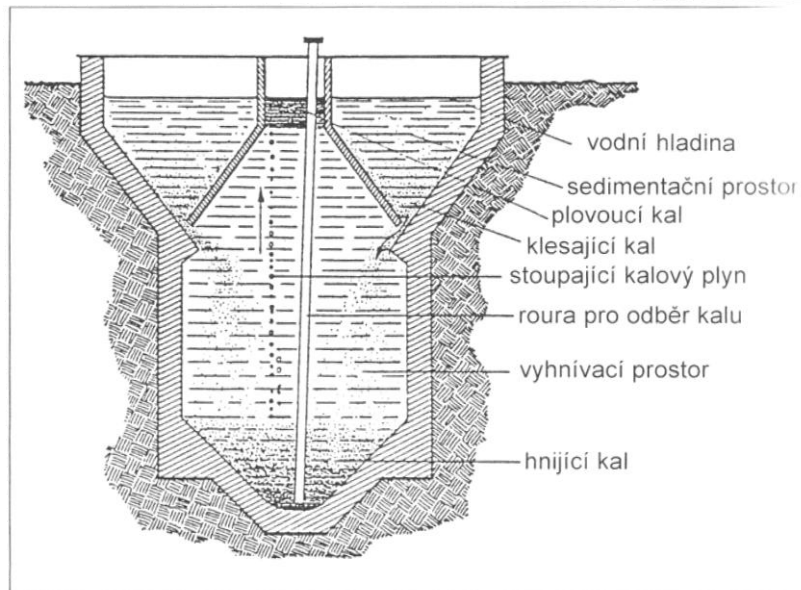
První systematické výzkumy bioplynu (dále jen BP) provedl italský přírodovědec Alessandro Volta již kolem roku 1770. Jímal bahenní plyn ze sedimentu jezer a zkoumal jeho spalování. Anglický fyzik Faraday experimentoval rovněž s bahenním plynem a identifikoval ho jako uhlovodík. Roku 1821 Avogardo sestavil chemický vzorec metanu (CH_4). Roku 1844 Luis Pasteur konal pokusy s bioplynem a navrhl využívat hnůj z pařížských povozů k výrobě bioplynu pro osvětlování města.

Celistvý souhrn problematiky včetně historického vývoje bioplynové technologie uvádí Schnell (1991). Anaerobní vyhnívací proces se začal více uplatňovat na konci 19. století, při čištění odpadní vody. Straka (2006) uvádí rok 1897 ve spojení s anglickým městem Exeter, odkud se technologie rozšířila i do USA. Oproti tomu Schulz, Eder (2004) publikují, že první zařízení bylo postaveno v indické Bombaji roku 1897, v němž byl plyn využit ke svícení a od roku 1907 k pohonu motorů vyrábějících elektrický proud. Straka (2006) a Schulz, Eder (2004) shodně uvádějí rok 1906, kdy v Porúří kalový technik Imhoff vyvinul dvoustupňovou nádrž s odděleným usazovacím a vyhnívacím prostorem, která byla patentovaná roku 1907. Nádrže byly založeny na principu separace toků kalu a vody tak, že zdržení zachycených kalů je vyšší a sedimentované kaly přitom podlehnou anaerobní fermentaci. Tento typ nádrží je znám pod názvem „Emšerské studny“ či „Imhoffovy nádrže“, viz obr. 1. První samostatné zařízení pro anaerobní vyhnívání uvedli do provozu O'Shaughnessy a Watson v Birminghamu roku 1910.

Od dvacátých let 20. století se technologie zpracování čistírenských kalů dále zdokonalovala, vznikala samostatná zařízení pro anaerobní vyhnívání, objevily se první vyhřívané reaktory, čímž se zvýšila efektivita anaerobního rozkladu. Kalový plyn se dále využíval k pohonu elektrických motorgenerátorů i k pohonu motorových vozidel. V 30. letech začal intenzivnější výzkum procesu anaerobní fermentace. S rozvojem technologií pro výrobu bioplynu se začaly používat k jeho výrobě mimo čistírenských kalů také například odpady ze zemědělství

a potravinářství. Snahou bylo zvýšit v čistíčkách produkci plynu přidáním pevných organických substrátů, především tuhého hnoje. Tato metoda je označována jako kofermentace.

Obr. 1. Princip emšerské nádrže (Schulz, Eder 2004)



Zdroj: Schulz, Eder (2004)

S nárůstem počtu obyvatel rostlo i množství organicky rozložitelného materiálu ukládaného na skládkách. Proto také nabývalo na významu využití skládkového plynu. Cílem bylo snížit nebezpečí spojená s nekontrolovanou tvorbou skládkových plynů a účelně je energeticky využít. Od 70. let 20. století se technologie anaerobní fermentace neomezuje pouze na zpracování odpadů, ale využívá se cíleně pěstované biomasy (Straka 2006).

2.2 Bioplynové stanice v ČR a EU

První zemědělské bioplynové stanice (dále jen ZBPS) vznikly v Čechách již v 80. letech minulého století, zaměřené převážně na zpracování statkových hnojiv (např. kejda). Takovým nejdéle fungujícím zařízením na zpracování zemědělských odpadů v ČR je bioplynová stanice v Třeboni. V provozu je

nepřetržitě od roku 1974. Zpracovává kejdu z velkovýkrmny prasat a čistírenské kaly.

České sdružení pro biomasu odhaduje, že by v České republice mohlo být postaveno až 400 BPS do roku 2015. Přičemž do roku 2004 se u nás tento obor stagnoval. Větší zájem o bioplyn vzbudilo až přijetí zákona č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů. Zlepšením podmínek výkupu elektrické energie z obnovitelných zdrojů a naopak nízkými výkupními cenami zemědělských komodit, kvůli obecné nadprodukcí potravin v Evropě, byl pozitivně ovlivněn rozvoj ZBPS. Také vstupem ČR do Evropské unie (2004) se otevřela možnost spolufinancování z evropských zdrojů, to přináší snížení rizik spojených s výstavbou a provozem BPS. Proto dochází v posledních letech k velkému stavebnímu boomu bioplynových stanic.

Zlepšení situace díky legislativním změnám byly patrné již v průběhu roku 2006, kdy bylo zprovozněno 6 nových BPS. Celkem bylo na konci roku 2006 v provozu asi 18 zařízení. Na začátku roku 2008 fungovalo na našem území dle Bačička (2008) 23 bioplynových stanic V současné době eviduje CZ Biom více než 80 BPS na našem území (obr. 2).

I přes zlepšující se podmínky stále ČR výrazně zaostává ve využívání anaerobní digesce biomasy za nejvyspělejšími státy EU. Zejména Německo, Rakousko či Dánsko jsou dobrým příkladem toho, jaký směr by měla Česká republika zvolit pro rozvoj bioplynových technologií. Právě většina BPS na našem území využívá německou a rakouskou technologii, což souvisí se zmiňovanou, daleko větší zkušeností těchto zemí s výstavbou a provozem fermentačních zařízení. Moderní typy stanic se zaměřují na zpracování především cíleně pěstované biomasy, jako je např. kukuřice.

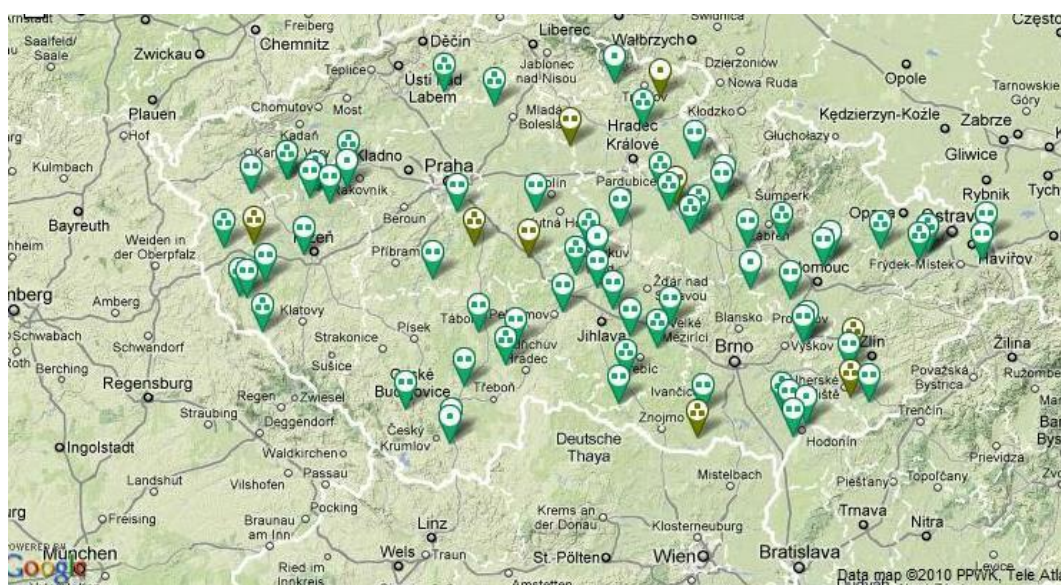
Nejvíce zkušeností s bioplynovou technologií má právě Německo, kde je v současné době v provozu přes 3500 BPS. Jestliže Schulz, Eder (2004) udávají v SRN více jak 800 BPS v roce 2000, pak se jejich počet během první dekády 21. století zpětinasobil.

V Dánsku funguje systém tzv. centralizovaných bioplynových stanic. Ke každé stanici je odpad svážen z okolních oblastí a stanice jsou umístěny tak, aby se jejich svozové zóny nepřekrývaly (Murphy a kol. 2003).

Ve Švédsku se bioplyn kromě vytápění a výroby elektrické energie využívá i pro pohon vozidel, právě zde byl zprovozněn první vlak poháněný bioplynem na světě (Straka 2006).

Ve všech státech Evropské unie se vytvářejí podmínky pro rozvoj obnovitelných zdrojů energií. Výroba elektrického proudu z anaerobní digesce s kogeneračním zpracováním bioplynu má velké cíle a potenciál

Obr. 2. Mapa bioplynových stanic v ČR



legenda

<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice KOMUNÁLNÍ	nad 550 kW	do 550 kW	do 250 kW	Akce	Dodavatelské firmy
<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice ZEMĚDĚLSKÉ	nad 550 kW	do 550 kW	do 250 kW	Pobočky bank	Dodavatelé kogenerační
<input checked="" type="checkbox"/> Bioplynové stanice OSTATNÍ	nad 550 kW	do 550 kW	do 250 kW	Poradenské firmy	Dodavatelé fermentorů
<input type="checkbox"/> Bioplynové stanice ve výstavbě				Vzdělávací instituce	Poptávka po digestátu

Zdroj: BIOM CZ

Statistika výroby bioplynu ukazuje na rostoucí význam tohoto oboru. V roce 2006 bylo v rámci zemí EU z bioplynu, kalového plynu a skládkového plynu vyrobeno celkem 17,3 TWh elektrické energie. V porovnání s rokem 2005 přitom ukazuje silný meziroční nárůst výroby elektřiny o takřka 29 % (celkem 13,4 TWh v roce 2005). Pro představu, toto množství energie převyšuje o 44 % výrobu elektrické energie v největší české elektrárně, JE Temelín (12,02 TWh v roce 2006). Na celkové produkci 17,3 TWh se samotná výroba elektřiny z bioplynu podílí cca ze 40 % a očekává se postupné navyšování tohoto podílu (Bačík 2008)

Odhady CZ Biom na počátku roku 2007 naznačovaly, že pokud se podaří nastavit vhodné podmínky pro rozvoj oboru, v roce 2010 může v ČR celkový instalovaný elektrický výkon v bioplynových stanicích činit 90 MW. Protože výhodou těchto zařízení je vysoká energetická účinnost s roční dobou využití standardně 8.000 hod., předpokládaná výroba elektrické energie se odhadovala v r. 2010 na 720 GWh. Toto množství by mohlo pokrýt spotřebu elektřiny cca 500.000 obyvatel ČR a mohlo by tak zásobovat cca 200.000 domácností. Do roku 2015 by pak počet zařízení a výroba elektrické energie mohla vzrůst ještě na dvojnásobek. Reálně totiž může zajistit zásobování stovek tisíc českých domácností obnovitelnou energií, podobně jako je tomu dnes v praxi v Německu. Bioplyn tak může významně pomoci při řešení snižování závislosti ČR na fosilních palivech a při naplňování závazků v rámci členství v EU (CZ Biom 2007).

Česká bioplynová asociace (CZBA) uvádí k 1. 3. 2010 na území ČR 222 bioplynových stanic s instalovaným výkonem 106,67 MW. Aktuální podíl bioplynu na výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů energie (OZE) tvoří 7,9%. Výroba elektrické energie z BP činila 446,4 GWh v roce 2009.

2.3 Proces tvorby bioplynu

2.3.1 Vznik bioplynu

Bioplyn je produktem látkové výměny metanogenních bakterií, ke které dochází, když bakterie rozkládají organickou hmotu. Anaerobní metanová fermentace organických materiálů - metanizace - je velmi složitý biochemický proces, který se skládá z mnoha dílčích, na sebe navazujících fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických procesů, na kterých se podílí několik základních skupin anaerobních mikroorganismů. Produkt jedné skupiny mikroorganismů je obvykle substrátem skupiny druhé, proto výpadek jedné skupiny způsobuje poruchy v celém systému. Pro zjednodušení vysvětlení celého procesu ho většina autorů (Schulz, Eder 2004, Straka 2006, Dohányos 2008, Mužík, Kára 2009) rozděluje do čtyř základních fází.

Hydrolýza

Při hydrolýze dochází pomocí anaerobních hydrolytických bakterií, nikoli metanových, k přeměně makromolekulárních organických látek (bílkoviny, uhlovodíky, tuk, celulóza). Extracelulární hydrolytické enzymy štěpí tyto látky na nízkomolekulární sloučeniny, jako jsou monosacharidy, glycerol, vyšší mastné kyseliny, aminokyseliny a voda.

Acidogeneze

Ve druhé fázi probíhá následný rozklad produktů hydrolýzy na jednodušší organické sloučeniny, např. těkavé organické kyseliny, alkoholy, oxid uhličitý (CO_2), vodík (H_2), nižší mastné kyseliny, alkoholy působením acidogenních bakterií. Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukovaných produktů. Při nízkém parciálním tlaku vodíku jsou produkovány kyselina octová ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$), H_2 a CO_2 , při vyšším parciálním tlaku vodíku jsou tvořeny vyšší organické kyseliny, kyselina mléčná ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$), valerová ($\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$), etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) apod. (Dohányos 2008).

Acetogeneze

Octotvorné bakterie oxidují vyšší produkty acidogeneze za vzniku kyseliny octové, dále vodíku a oxidu uhličitého. Tyto mikroorganismy rozkládají organické kyseliny vyšší než octovou (hlavně propionovou), alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Nutná je též jejich součinnost s dalšími skupinami mikroorganismů, které spotřebovávají jimi vytvořený vodík. Nadbytek vodíku v systému anaerobní fermentace inhibuje činnost acetogenních organismů a tím i produkci substrátů pro metanogenezi (Dohányos 2008).

Metanogeneze

V poslední fázi je tvořen metan (CH_4). Metanogenní mikroorganismy rozkládají jednoduhlíkaté látky [metanol (CH_4O), kyselina mravenčí (CH_2O_2), metylamin (CH_5N), CO_2 , CO , H_2], z víceuhlíkatých jen kyselinu octovou. (Dohányos 2008)

Jednotlivé fáze anaerobní digesce probíhají s odlišnou kinetickou rychlostí. Metanogenní fáze probíhá přibližně pětikrát pomaleji než předcházející tři fáze. V BPS, kde se uplatňuje kontinuální plnění organickou hmotou, probíhají všechny čtyři fáze simultánně. Znamená to, že všechny procesy probíhají vedle sebe a nejsou odděleny ani místně ani časově. Při dosažení stádia tzv. stabilizované metanogeneze jde vlastně o dlouhodobě udržovanou rovnováhu mezi navazujícími procesy, hlavně pak mezi procesy acidogenními a metanogenními (Straka 2006, Dohányos 2008).

2.3.2 Mikrobiologie anaerobních procesů

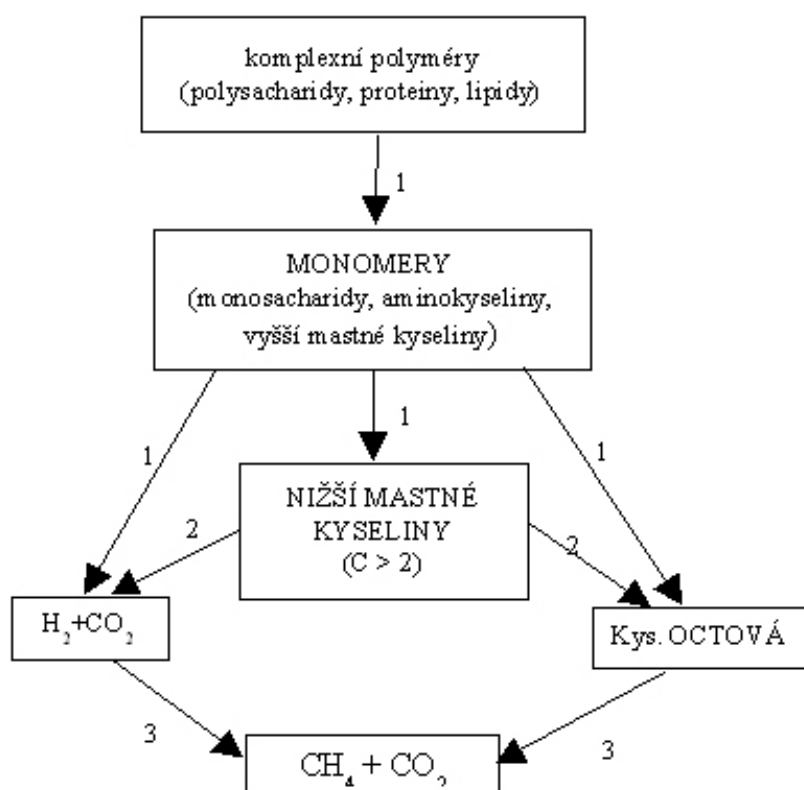
Mikroorganizmy zúčastněné při anaerobní metanové fermentaci možno rozdělit, podle funkčního zařazení, do tří základních funkčních skupin (obr. č. 3):

První skupina zahrnuje mikroorganizmy hydrolyzační a fermentační způsobující hydrolýzu a acidogenezi tj. rozkládají polymerní substráty na monomery za vzniku převážně kyseliny octové, H_2 a CO_2 . Za určitých okolností vznikají také další kyseliny [propionová ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$), máselná ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$)] a alkoholy.

Druhá skupina patří tzv. obligátním acetogenním bakteriím, fermentujícím kyseliny (propionovou, máselnou) na kyselinu octovou a vodík - acetogeneze. Tyto reakce probíhají pouze za předpokladu nízké velmi koncentrace vodíku, tj. vodík musí být ze systému kontinuálně odváděn, což činí mikroorganismy třetí skupiny.

Třetí skupinu tvoří metanogenní bakterie produkující metan z H_2 a CO_2 - hydrogenotrofní metanogeny a z kyseliny octové – acetotrofní metanogeny (metanogeneze). (Schulz, Eder 2004, Straka 2006, Dohányos 2008)

Obr. 3. Schéma anaerobního procesu tvorby bioplynu



Zdroj: Dohányos (2008).

2.3.3 Faktory ovlivňující tvorbu plynu

Anaerobní rozklad organických látek je ovlivňován celou řadou faktorů, které mění životní prostředí mikroorganismů a mají zásadní vliv na průběh celého procesu. Jedná se zejména o tyto faktory:

Teplota

Teplota podstatně ovlivňuje interakce mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Odezva mikroorganismů na změnu teploty je u všech druhů kvalitativně stejná, avšak kvantitativně může být úplně odlišná. To znamená, že změnou teploty se mění rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může vést až k úplné havárii procesu. Dlouhodobá změna teploty vede ke změně zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů. Pro stabilní průběh anaerobního rozkladu je tedy důležité udržovat konstantní teplotu (Straka 2006).

Tvorba metanu probíhá v širokém rozmezí teplot (přibližně od 5 do 95°C). Většina anaerobních reaktorů pracuje při teplotách v mezofilní oblasti tj. při 30 až 40°C, a část v termofilní oblasti tj. při 45 až 60°C. Obecně lze konstatovat, že pro udržení stability procesu je nutné zabezpečit konstantní teplotu (Dohányos 2009). Změny teploty jsou tím nebezpečnější, čím je proces zatíženější, tj. čím je kratší doba zdržení a menší koncentrace biomasy v reaktoru (Schulz, Eder, 2004). Běžně se vyskytují tři typické teplotní oblasti, které jednotlivým bakteriálním kmenům vyhovují:

psychofilní oblast – teploty pod 20 °C

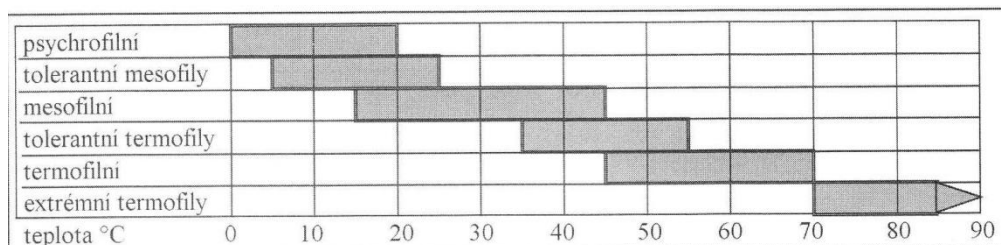
mezofilní oblast – teploty od 25 do 40 °C

termofilní oblast – teploty nad 45 °C

Rozdělení mikroorganismů do teplotních skupin je založena na teplotním rozmezí a optimální teplotě růstu. Tyto skupiny se vzájemně překrývají a není mezi nimi ostrého rozhraní (Dohányos, Zábranská, Jeníček, 1996). Také Straka (2006) uvádí rozpětí teplot, kde kromě základního rozdělení do skupin

psychrofilů, mezofylů a termofilů, jsou vloženy meziskupiny (tab. 1.) Většina v současnosti provozovaných bioplynových stanic pracuje v mezofilní teplotní oblasti.

Tab 1. Teplotní rozdělení typů mikroorganismů



Zdroj: Straka (2006)

Prostředí

Metanogenní bakterie mohou pracovat a množit se pouze ve vlhkém prostředí (vlhkost minimálně 50 %).

Metanogenní bakterie jsou striktně anaerobní.

Světlo zpomaluje celý proces metanogeneze.

Další limitující faktor optimálního růstu metanogenních mikroorganismů je úzký rozsah pH. Podle Dohányose (2008), Mužíka a Káry (2009) vyžadují pH v neutrální oblasti (6,5-7,5), které je nutné uvnitř reaktoru udržovat. Mechanismus působení pH je složitý. Vysoká či nízká (pod pH 6 a nad pH 8) koncentrace vodíkových iontů působí přímo inhibičně na mikroorganismy (Štindl 2004). Nejčastější příčinou výkyvu pH je jeho pokles vlivem přetížení reaktoru, kdy produkce kyselin rychlejšími mikroorganismy předmetanizační fáze (první a druhá skupina) je vyšší než jejich spotřeba a dochází k jejich akumulaci v systému (Dohányos 2009). Pro udržení stabilní hodnoty pH je důležitá protolytická rovnováha systému udávající velikost pufrční kapacity systému. Pufrční kapacita je především dána uhličitánovou rovnováhou ($\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^-$ s HN_4^+) s amoniakem jako majoritním kationtem. Dále je závislá na vzniku a spotřebě či následné akumulaci nižších mastných kyselin, CO_2 a na složení a koncentraci

substrátu. Další důležitý faktor je samotný průběh metanogeneze. Proto také vyčerpáním pufrací kapacity v systému dochází ke změnám pH (Štindl 2004).

Složení substrátu

Hlavní zdroje pro metanogenezi z biologicky rozložitelných odpadů a biomasy jsou polysacharidy, proteiny a lipidy (Straka 2006). Dohányos (2009) udává potřebný poměr živin jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1. Kromě rozpustných dusíkatých sloučenin a fosforu potřebují metanogenní bakterie pro svou buněčnou stavbu řadu mikronutrientů – Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, Ni, Co, Mo, W. Tyto prvky jsou součástí některých enzymů zejména acetogenních a metanogenních bakterií (Štindl 2004).

Přítomnost toxických a inhibujících látek

Za toxické nebo inhibující se považují látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Shulz a Eder (2004) jako inhibitory uvádí organické kyseliny, antibiotika, chemoterapeutika a desinfekční prostředky (Tabulka 1). Dále se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin při nízkém pH, a amoniaku při vysokém, přímo v bioreaktoru. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá jak na pH, tak na jejich celkové koncentraci v systému (Dohányos 2009).

Vliv technologických faktorů

Z technologických faktorů jsou nejdůležitější: míchání, doba zdržení a objem fermentoru. Obsah reaktoru musí být homogenní, tj. dobře promíchávan, tak aby byl umožněn co nejrychlejší a nejdokonalejší kontakt mikroorganismů se substrátem. Doba zdržení musí být dostatečně dlouhá, aby nedocházelo k vyplavování potřebných mikroorganismů a aby bylo dosaženo potřebné účinnosti rozkladu (Dohányos 2008). S tím souvisí i potřebný objem fermentoru, který by se měl odvíjet od požadované produkce bioplynu a doby zdržení. Vzhledem k tomu, že generační doby anaerobních mikroorganismů jsou relativně dlouhé a to 0,5 až 12 dní pro různé skupiny mikroorganismu, udržuje se doba

zdržení v bioplynových reaktorech 20 až 40 (70) dní. Přitom platí, že čím hůře je rozložitelný daný substrát, tím je generační doba příslušných bakterií delší.

Velké kontaktní plochy substrátu zajišťují lepší přístup mikroorganismů a tudíž kratší dobu vyhnívání. Organické látky nerozpustné ve vodě musí být rozmixovány nebo strukturovány tak, aby vznikaly velké reakční plochy (Shulz, Eder 2004).

Zatížení vyhnívacího prostoru je parametr, který udává, jaké maximální množství organické sušiny na $\text{m}^3 \cdot \text{den}^{-1}$ může být dodáno do fermentoru, aby nedošlo k jeho přetížení. S tím souvisí i pravidelný a rovnoměrný (kontinuální) přísun substrátu (Shulz, Eder 2004).

2.4 Bioplyn

Straka (2006) píše, že bioplyn je obecně míněná plynná směs metanu (CH_4) a oxidu uhličitého (CO_2). Dále uvádí, že současná technická praxe považuje za bioplyn výlučně plynný produkt anaerobní metanové fermentace organických látek uváděné též pod pojmy vyhnívání, anaerobní digesce, biometanizace či biogasifikace. Při čištění odpadních vod se používá termín „anaerobní stabilizace kalů“ nebo jen „stabilizace“, přičemž je míněno totéž: anaerobní fermentace. Bačík (2008) uvádí, že bioplyn je podle zákona č. 180/2005 Sb. hodnocen jako obnovitelný zdroj energie a elektrická a tepelná energie z něj vyrobená je tedy ekologicky šetrná. Nicméně dodává, že mezi bioplyn nepatří kalový plyn vznikající na čistírnách odpadních vod, a skládkový plyn vznikající na skládkách. Tyto plyny jsou podle zákona hodnoceny jako samostatné obnovitelné zdroje.

V plynném produktu dobře fungujících metanogenních mikroorganismů představuje metan a oxid uhličitý sumu téměř 100 % obj., s výraznou převahou metanu. Dále může obsahovat příměsi jiných plynů. Mohou to být zbytky vzdušných plynů (N_2 , O_2 , Ar), neúplně spotřebované produkty acidogeneze (H_2 , přebytek CO_2), nebo další minoritní či stopové příměsi z předcházejících anebo simultánních reakcí organického materiálu (H_2S , NO_2 , HCN, uhlovodíky a jejich deriváty většinou kyslíkaté i siričné) (Straka 2006).

Poměr CH_4 a CO_2 v bioplynu kolísá v závislosti na průběhu metanizace a kvalitě substrátu (tab 2).

Tab. 2. Obsah metanu v bioplynu z různých technologických procesů

Zdroje bioplynu	Obsah CH_4 (obj. %)
Čištění odpadních vod	50 – 85
Stabilizace kalů	60 – 70
Agroindustriální odpady	55 – 75
Skládky	35 - 55

Zdroj: Štindl (2004)

2.5 Digestát

2.5.1 Základní pojmy

Digestát je zbytek po fermentačním procesu, vznikající anaerobní fermentací při výrobě bioplynu v bioplynových stanicích (dále jen BPS)

Za rekultivační digestát se považuje stabilizovaný výstup z anaerobní fermentace bioodpadů použitelný mimo zemědělskou a lesní půdu

Oddělená tuhá část z digestátu se nazývá separát. Oproti tomu je fugát oddělená kapalná část.

Jako bioodpady se označují biologicky rozložitelné odpady (dále jen BRO) (Habart 2008)

2.5.2 Rozdělení digestátů

Na rozdělení digestátů lze nahlížet z různých pohledů, např. podle toho z jakých vstupních surovin vzniká, podle způsobu použití nebo jaký má obsah sušiny (Večeřová 2008). Na digestáty jsou z hlediska legislativního kladeny zejména hygienické požadavky. Jedná se o splnění procesních hygienizačních parametrů, limitních hodnot rizikových prvků a indikátorových organismů dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. (dále jen „Nařízení ES č. 1774/2002“).

Digestáty z BPS, kde vstupními surovinami jsou statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru.

Tyto digestáty vznikají na BPS, které zpracovávají statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru (např. sláma všech typů obilovin i olejnin, bramborová nat', travní biomasa, kukuřičná siláž, atd.).

Pro tento typ digestátů není možné použít jako vstupní surovinu odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o odpadech“), ani vedlejší živočišné produkty (dále jen VŽP), které spadají pod Nařízení ES č. 1774/2002, kde se uvádí jako vedlejší produkty živočišného původu celá mrtvá těla zvířat nebo jejich části nebo produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu včetně vajíček,

embryí a spermatu. Nařízení ES č. 1774/2002 stanovuje také hygienické požadavky na digestát z hlediska indikátorových organismů (*Salmonella*, *Escherichia coli*).

Digestáty z BPS, kde jednou ze vstupních surovin jsou odpady

Vstupní suroviny, které mohou být použity ke vzniku těchto digestátů, jsou bioodpady, dále statková hnojiva a materiály rostlinného původu. Seznam využitelných bioodpadů pro BPS uvádí vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, v §2. Tyto BPS lze provozovat pouze na základě rozhodnutí orgánu kraje (Krajská veterinární správa, dále jen KVS), který uděluje souhlas s provozem a schvaluje provozní řád.

Digestáty z BPS, kde jednou ze vstupních surovin jsou VŽP

Jestliže digestát vzniká v BPS, kde se zpracovávají VŽP, spadají tyto BPS pod působnost Nařízení ES č. 1774/2002 a musí plnit podmínky tohoto ustanovení jako je např. hygienizace surovin či odpadů (pasterizace, vysokoteplotní hygienizace, atd). Tyto BPS musí být schválené příslušnou KVS.

2.5.3 Vlastnosti digestátu

Váňa (2006) publikuje, že digestát může mít různou jakost v závislosti na druzích zpracovávaných odpadů, technologii zpracování a stupni odvodnění. Z hygienického hlediska jsou na digestát kladeny hygienické požadavky s cílem ochrany půdy, zdraví, lidí a potravinového řetězce

Mužik (2003) se zmiňuje o vlastnostech digestátu, které závisí především na druhu zpracovávaných materiálů, méně už na technologickém procesu. Nejjednodušším způsobem využití substrátu z BPS s vysokým hnojivým účinkem je jeho přímá aplikace na zemědělskou půdu. V porovnání s přímou aplikací surového materiálu (např. prasečí kejdy) má anaerobně zfermentovaný substrát řadu výhod. Místo jiné je substrát biologicky stabilizovaný a homogenizovaný, má zvýšenou využitelnost živin a nižší riziko vyplavování. Dále obsahuje nižší množství patogenů a semen plevelů, sníží se emise skleníkových plynů a zápach.

Oproti tomu Kolář (2009) upozorňuje na mylné názory bioenergetiků, že odpad z fermentorů při výrobě bioplynu je výborné organické hnojivo a že

anaerobní digesce je do jisté míry zušlechťovací proces z hlediska hnojivé hodnoty organických surovin, užívaných k výrobě bioplynu. Tyto názory vychází zřejmě z faktu, že při anaerobní stabilizaci kalů je poměr organických látek k minerálním v sušině přibližně 2 : 1, po metanizaci klesne na 1 : 1. Protože v procesu anaerobní digesce dochází k úbytku části organické sušiny, sníží se hmotnost jejich původní sušiny a tím se koncentrace původně přítomných živin zvýší. Ve skutečnosti však anaerobní digesce z původního materiálu uvolní významně jen amonný dusík, který vzhledem ke své rozpustnosti obohatí především kapalnou fázi, obsah ostatních živin se prakticky procesem nemění.

Má-li být organická hmota označena jako organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek, tj. musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii (Kolář 2009).

Sušina digestátu by měla minimálně obsahovat 25% spalitelných látek a 0,6% celkového dusíku (příloha č. 3 vyhlášky 474/2000 Sb.).

2.5.4 Možnosti využití digestátu

Způsob použití digestátu je různý v závislosti na konkrétních podmínkách a jeho kvalitě. Otázka využití musí být řešena ještě před zprovozněním BPS.

2.5.4.1 Využití digestátu na zemědělské půdě

Digestát (nebo jeho jednotlivé separované složky) je možné aplikovat jako organické hnojivo na zemědělskou půdu podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, ve znění pozdějších předpisů (dále jen „zákon o hnojivech“). Dle § 3a tohoto zákona musí být takovéto hnojivo registrováno (příloha 1) nebo je možné jej zpracovávat v kompostárnách za účelem výroby kompostu. Výsledný kompost může být využit přímo jako organické hnojivo, ale také k dalšímu zpracování na různé substráty. Pokud je výstup z BPS aplikován na zemědělskou půdu za účelem hnojení v souladu se zákonem o hnojivech, případně je-li dále zpracováván jako organické hnojivo a následně aplikován na zemědělskou půdu, nejedná se v tomto případě o odpad, ale o hnojivo. Zákon o hnojivech požaduje vedení evidence hnojiv. V § 7

vyhlášky č. 274/1998 určuje způsob vedení evidence hnojiv, do které spadá i digestát.

Podle § 2, vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů je digestát organické hnojivo typu 18.1 e (tab. 4), a musí splňovat limitní hodnoty rizikových prvků (tab. 5).

Tab. 4. Označení typu hnojiva

číslo typu	označení typu	minimální obsah živin	součásti označující typ formy a rozpustnost živin	hodnocené součásti a další požadavky	složení, způsob výroby
18.1	organické hnojivo	e) 25% spalitelných látek 0,6% N	spalitelné látky celkový dusík	spalitelné látky v sušině hodnocené jako ztráta žiháním dusík hodnocený jako celkový dusík v sušině	zejména ze statkových hnojiv anaerobní fermentací

Zdroj: vyhláška č. 474/2000 Sb., § 2

Tab. 5. Limitní hodnoty rizikových prvků v organických hnojivech

mg/kg sušiny								
kadmium	olovo	rtuť	arsen	chrom	měď	molybden	nikl	zinek
2	100	1,0	10	100	100	5	50	400

Zdroj: vyhláška č. 474/2000 Sb., § 2

2.5.4.2 Omezení při hnojení digestátem

Maximální jednorázová dávka digestátu či frekvence hnojení digestátem je v současné legislativě omezena nepřímo. Dávka digestátu vychází z obsahu dusíku,

tu upravuje nařízení vlády č. 103/2003 Sb., § 2 určuje zranitelné oblasti, § 8 omezuje užívání organického dusíku. Množství celkového dusíku užitého ročně na zemědělských pozemcích v organických, organominerálních a statkových hnojivech nesmí v průměru celkové výměry zemědělských pozemků zemědělského podniku překročit 170 kg/1.ha^{-1} ; do tohoto průměru se započtou pouze zemědělské pozemky vhodné ke hnojení.

Použití i dávkování digestátu jako hnojiva se značně podobá použití a dávkování kejdy, s přihlédnutím k obsahu živin, zejména dusíku. Dávka by se měla odvíjet od potřeby živin porostu pro předpokládaný výnos a kvalitu produkce, dále pak od množství přístupných živin v půdě a stanovištních podmínek (Večeřová 2008).

Digestát tuhý i tekutý je jako organické hnojivo zařazen podle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, mezi tzv. závadné látky (dále jen „zákon o vodách“). To znamená, při nakládání s ním učinit přiměřená opatření, aby nedošlo ke kontaminaci podzemních nebo povrchových vod a k poškození životního prostředí. Dle zmocnění v zákonu o vodách a na základě Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (tzv. „Nitrátová směrnice“) bylo vydáno Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. V naší legislativě je Nitrátová směrnice uplatněna v § 33 zákona o vodách, kde se definují zranitelné oblasti.

Dle nařízení vlády č. 103/2003 Sb., se digestát řadí do dusíkatých hnojivých látek. Může být dále zařazen do hnojiv s rychle uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku nižší než 10 a do hnojiv s pomalu uvolnitelným dusíkem, v nichž je poměr uhlíku k dusíku roven nebo je vyšší než 10 (§ 5).

Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. představuje určitá pravidla provázející aplikaci digestátu, používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv atd. Digestát nelze např. aplikovat na pozemky, kde je meliorace, se zamokřenou půdou, pokrytou sněhem nebo promrzlou (§ 9 zákona o hnojivech). Dále je třeba na pozemku aplikovat digestát rovnoměrně a je nutno zamezit jeho vniknutí do spodních a povrchových vod nebo na sousední pozemek. Nařízení také omezuje hnojení dusíkem a určuje období zákazu hnojení.

Při aplikaci digestátu či fugátu na povrch orné půdy je nutné jejich zapracování do půdy do 24 hodin s výjimkou řádkového přihnojování porostů. Při aplikaci separátu musí být zapraven do půdy do 48 hodin (§ 5 vyhlášky č. 274/1998).

2.5.4.3 Použití digestátu mimo zemědělskou a lesní půdu

Dalším možným způsobem je použití digestátů jako rekultivačních materiálů např. v městských parcích, při rekultivaci v průmyslových zónách nebo pro rekultivační vrstvy skládek. Tento způsob využití digestátu řeší vyhláška č.341/2008 Sb., upravující podrobnosti nakládání s BRO, §2 uvádí seznam bioodpadů využitelných v zařízení k využívání bioodpadů. Další alternativou použití digestátů je separace a usušení tuhého podílu s následným využitím pro výrobu tuhých alternativních paliv. V případě, že by digestát obsahoval nadlimitní obsah rizikových prvků, musel by se likvidovat jako odpad (zákon o odpadech).

2.5.5 Skladování digestátu

Mimo vegetační období platí omezení pro použití digestátu na půdu, proto je nutné vyřešit jeho skladování. Skladování a způsob používání hnojiv musí být v souladu s vyhláškou č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů. Pokud je odběr a využití digestátu částečně nebo zcela závislé na jiných subjektech (odběratelích), provozovatel zařízení by měl tuto věc ošetřit smluvním vztahem.

Dle § 3a, vyhlášky č. 274/1998 Sb., je digestát, fugát možné skladovat pouze v nepropustných nadzemních, popřípadě částečně zapuštěných nádrží, nebo v zemních jímkách. Tuhý digestát skladovat ve stavbách zabezpečených stejným způsobem jako stavby pro skladování tuhých statkových hnojiv s vyloučením přítoku povrchových nebo srážkových vod, jejichž součástí je sběrná jímka tekutého podílu (§ 50 vyhlášky č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby). Separát může být před použitím uložen na zemědělské půdě nejdéle po dobu 24 měsíců (§ 5 vyhlášky č. 274/1998 Sb.). Kapacita skladovacích prostor pro digestát musí odpovídat skutečné produkci digestátu

2.6 ERÚ

Energetický regulační úřad (ERÚ) byl zřízen 1. ledna 2001 zákonem č. 458/2000 Sb., ze dne 28. listopadu 2000, o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů, jako správní úřad pro výkon regulace v energetice. Zákonem č. 180/2005 Sb., o podpoře využívání obnovitelných zdrojů jsou stanoveny úkoly ERÚ, tzn. podpora využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Odbor elektroenergetiky stanovuje cenu za přenos a distribuci elektřiny a související služby, určuje pravidla, kterými se řídí trh s elektřinou a podmínky přístupu k sítím pro konečné zákazníky a výrobce. Zabývá se podporou výroby elektřiny z obnovitelných a dalších ekologických zdrojů. Mezi činnostmi odboru patří také zpracování statistiky v elektroenergetice.

Využití bioplynu je v ČR účelně podporováno systémem stanovených výkupních cen nebo systémem tzv. zelených bonusů. Provozovatel BPS musí pro každý kalendářní rok předem vybrat jednu z těchto dvou možností.

„Garantovaná“ výkupní cena

Elektřina vyrobená z OZE, musí být distributorem nebo správcem distribuční soustavy vykoupena za stanovenou cenu. Ceny jsou stanovovány jednou ročně cenovým rozhodnutím ERÚ a jsou pro zařízení uvedené do provozu v daném roce garantovány po dobu 15 let, cena je každoročně valorizována. Garantovaná cena je důležitá pro dlouhodobou jistotu při posouzení ekonomiky připravovaných projektů, jednání o úvěru apod. Výkupní ceny na rok 2009 byly stanoveny ERÚ na 4,12 Kč pro BPS kategorie AF1 a 3,55 Kč pro AF2

Zelený bonus

Pokud prodejce energie z OZE zvolí tuto variantu, může obchodovat s energií na volném trhu. Distributor je povinen mu uhradit zelený bonus. Na zelený bonus má výrobce elektřiny právo, i když využije elektřinu uvnitř podniku. Výše výkupní ceny i zelených bonusů závisí na tom, jaké suroviny BPS zpracovává. Vyhláška o biomase 482/2005, resp. novela č. 453/2008 určuje tyto kategorie BPS:

AF1: „Zemědělské BPS“ – Zpracovávají více než 50 % sušiny cíleně pěstované biomasy a nezpracovávají žádné odpadní suroviny (Tab. 6)

AF2: „Ostatní, popř. komunální“ BPS – nesplňují podmínky AF1

Zelené bonusy pro rok 2009 se vyplácely ve výši 2,58 Kč pro kategorii AF1, 2,01 Kč pro AF2

Tab. 6. Suroviny využitelné v BPS kategorie AF1

> 50 %	cíleně pěstované plodiny a jejich oddělené části s původem v zemědělské výrobě, které jsou primárně určeny k energetickému využití a <u>neprošly technologickou úpravou</u> (senáž, siláž)
< 50 %	<ul style="list-style-type: none">- znehodnocené zrno potravinářských obilovin a semeno olejnin, včetně zbytků- ostatní rostlinná pletiva, která prošla technologickou úpravou- travní hmota z údržby- výpalky z lihovarů pro potravinářské účely a z pěstitelských pálenic- kejda, hnůj, mrva, močůvka, hnojůvka, separovaná kejda, trus, nedožerky- nepoužité oleje z olejnatých rostlin a pokrutiny vzniklé při lisování rostlinného oleje

Zdroj: Vyhláška 482/2005 Sb.

3. Metodika

3.1 Cíl práce

Cílem práce byl jednoletý polní pokus zaměřený na porovnání hnojivého účinku digestátu z anaerobní fermentace a klasického hnojení průmyslovými hnojivy.

3.2 Postup práce

Polní pokus byl proveden na pozemku „Majzlovka“,

kód dílu	6901
výměra	14,76 ha
Katastrální území	Pěčice
Okres	Mladá Boleslav
AZP (z roku 2006)	pH 6,9; P 60; K 149; Mg 117; Ca 4260 mg.kg ⁻¹
Předplodina	cukrová řepa (chrást zůstal na pozemku)
Zkušební plodina	kukuřice KWS Atletico,
Datum setí	15. 4. 2009, mořidlo Poncho 600 FS
Chemická ochrana	5. 5. 2009 Lumax 3,5l 10. 7. 2009 Decis mega 0,25l

Po domluvě s uživatelem pozemku byly vyměřeny 3 stejné zkušební plochy o rozměrech 10 x 10m.

Kvůli technologické chybě v BPS, kde byl přislíben odběr digestátu, došlo ke zpoždění uvedení do provozu. Proto nebyl odběr digestátu v daném termínu možný. Za těchto okolností došlo k úpravě postupu. Bylo potřeba rychle sehnat digestát z jiné BPS. Ten se aplikoval na 2. zkušební plochu bez separace tuhé a tekuté frakce, jak bylo původně zamýšleno.

Na 1. zkušební plochu nebyl dán žádný digestát ani průmyslové hnojivo před setím či v průběhu vegetace. Pouze při setí bylo aplikováno 90 kg.ha⁻¹ DAP pod patu (fosforečně-dusíkaté hnojivo s poměrem živin 18 % N a 46 % P)

3. pozemek byl pohnojen klasicky, jak je tomu v podniku zvykem. Před poslední předset'ovou přípravou se aplikoval $1\text{q}\cdot\text{ha}^{-1}$ DAP, $250\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ DAM 390 (roztok dusičnanu amonného a močoviny, v 100 l obsahuje 39 kg N) a pod patu ještě $90\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ DAP.

Celkově tedy přišlo na klasicky hnojený pozemek:

DAP před setím	$18\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N	$46\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P
DAM	cca $98\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N	
DAP pod patu	cca $16\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N	$41\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P

Celkové aplikované množství N činilo přibližně $132\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $87\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P.

Na 2. kontrolní plochu bylo stanoveno množství aplikovaného digestátu výpočtem na $25\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, dle výsledků rozboru (příloha 2). Aplikované množství digestu odpovídalo cca $125\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, po přičtení hnojení DAP pod patu ($90\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1} = 16\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N) bylo celkové aplikované množství N přibližně $141\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Digestát byl aplikován na začátku sloupkování (růstová fáze DC 16), 25. 5. 2009, do meziřádkového prostoru, částečně zapraven motykou (příloha 3).

Odběr vzorku pro listovou analýzu (ARR) provedl odborný pracovník zemědělské oblastní laboratoře Postoloprty. Odběr vzorku se uskutečnil 7. 7. 2009.

Vizuální hodnocení porostů kukuřice se uskutečnilo 26. 7. 2009. Z každé zkušební parcely byl odebrán 1 průměrný vzorek celé rostliny kukuřice. Jako měřítko byla použita tyč o délce 2m, značená po 0,1m. Došlo k vizuálnímu porovnání jednotlivých vzorků různě hnojených rostlin.

4. Výsledky

Analýzou rostlin kukuřice z pokusných ploch se získaly přesné informace o množství přijatých živin. Tyto informace lze využít k zhodnocení efektivity použitých hnojiv. Další informace byly získány na základě vizuálního hodnocení rostlin z jednotlivých zkušebních ploch.

4.1 Vizuální hodnocení

Grafika 1. Na fotce jsou kontrolní rostliny z jednotlivých zkušebních ploch.

Zprava: 1. nehnojená plocha, 2. plocha hnojená digestátem,
3. parcela hnojená průmyslovými hnojivy



Grafika 2. 1. nehnojená plocha, 2. plocha hnojená digestátem,
3. parcela hnojená průmyslovými hnojivy



Grafika 3. Detail grafiky 2



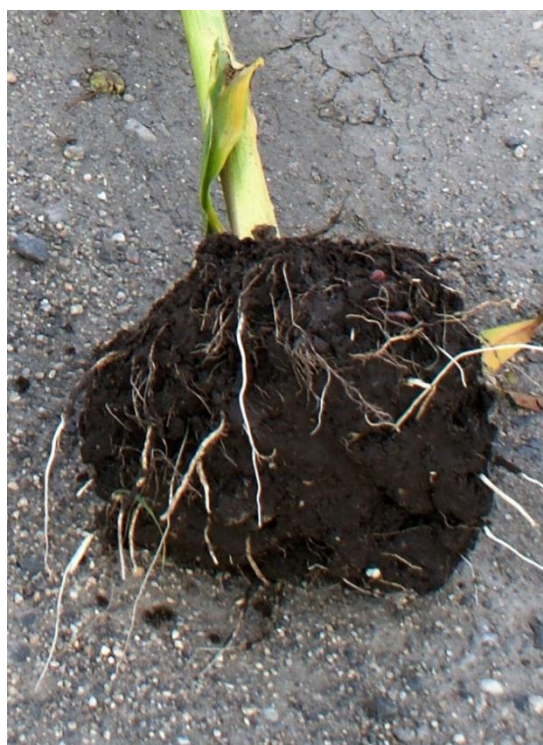
Grafika 4. Detail kořenového systému rostliny hnojené konvenčně.



Grafika 5. Detail kořenového systému rostliny, kde se aplikoval digestát.



Grafika 6. Detail kořenového systému rostliny, která nebyla hnojena jinak než pod patu.



Grafika 7. Detail měření výšky rostliny z 3. pozemku. Výška rostliny dosahovala 3,40m (je nutné k zobrazené hodnotě přičíst 2m, jelikož měření bylo omezeno délkou tyče).



4.2 Laboratorní hodnocení

Grafika 8. Výsledky listové analýzy:

Vzorek č. 4542 „U sloupu“ je nehnojená zkušební plocha č. 1.

Vzorek č. 4543 „Za sloupem“ je zkušební plocha č. 2, hnojená digestátem.

Vzorek č. 4544 „Pole“ je zkušební plocha č. 3, hnojená průmyslovými hnojivy

ZEMĚDĚLSKÁ OBLASTNÍ LABORATOŘ Malý a spol. Masarykova 300, 439 42 POSTOLOPRTY

Tel. 415784309-10, 602374442, 777225066, Fax. 415784309

Zadavatel:

AGROFARMA Týnec s.r.o.
Týnec 8
294 41 Dobruška @X

VÝSLEDKY LISTOVÉ ANALÝZY

Datum příjmu vzorku: 07.07.2009

č. vzorku		% N	% P	% K	% Ca	% Mg	Zn(mg/kg)	Mn (mg/kg)
4542	ozn.:1 U sloupu	SH: 1.55	0.22	3.53	0.35	0.16	58.8	
	mat.:kukuřice	PH: 38	55	80	60	74	84	
	Hodnota půdního N:	mg/kg						
	Doporučené hnojení:							
	Forma hnojiva:	Dávka:	kg čistých živin/ha					
4543	ozn.:2 Za sloupem	SH: 2.23	0.23	2.81	0.41	0.22	65.6	
	mat.:kukuřice	PH: 54	58	63	71	99	94	
	Hodnota půdního N:	mg/kg						
	Doporučené hnojení:							
	Forma hnojiva:	Dávka:	kg čistých živin/ha					
4544	ozn.:3 Pole	SH: 2.24	0.25	3.51	0.53	0.21	60.6	
	mat.:kukuřice	PH: 54	64	79	92	94	87	
	Hodnota půdního N:	mg/kg						
	Doporučené hnojení:							
	Forma hnojiva:	Dávka:	kg čistých živin/ha					

SH-Skutečné hodnoty jsou uvedeny ve 100%-ní sušině a platí pro dodaný vzorek

PH-Procentické hodnocení obsahů prvků: nad 110% - nadbytek
90 - 110% - normální obsah
pod 90% - nedostatek

V Postoloprtech dne: 09.07.2009

podpis, razítko

Anorganický rozbor rostlin (ARR) ukázal, že dávka N, která přišla na pozemek aplikací digestátu v dávce $25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, byla pravděpodobně srovnatelná s množstvím N aplikovaným průmyslovými hnojivými (116 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N).

Na digestátem hnojený pozemek se aplikovalo o $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P méně oproti 3. pozemku. Tento fakt byl patrný z ARR, kde se procentuální hodnocení obsahu prvků lišilo o 6% ve prospěch 3. zkušební plochy.

Ovšem nečekaně dopadl výsledek listové analýzy u draslíku. Právě 2. digestátem hnojený pozemek (aplikace přibližně $86 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K) dopadl z procentuálního hodnocení obsahu K nejhůře. Na ostatních pozemcích nebylo draslíkem hnojeno vůbec. Rozdíl mezi pozemky 1 a 3 je zanedbatelný, avšak rozdíl mezi těmito draslíkem nehnojenými a plochou, kam přišel digestát, je 17%.

Vezmeme-li v úvahu, že zemědělský podnik bude aplikovat vlastní digestát na vlastní obhospodařované pozemky, jistě ušetří spoustu nákladů na minerálních hnojivech. Při dnešních cenách N, $4500\text{-}5000 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$ LAV, DAM, vychází 1kg N asi na 17Kč. U fosforu, 11-12 tis. $\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}$ Amofosu (12% N, 52% P), vyšla přibližná cena $19 \text{ Kč} \cdot \text{t}^{-1}$ (z 12 tis. $\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}$ byla odečtena hodnota N, cca 2000 Kč). Draselná sůl se kupuje asi za 10 tis. $\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}$, při 60% draslíku. Hodnota 1kg K je tedy zhruba 16 Kč (Verner, ústní sdělení).

Digestátem bylo aplikováno $125 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N, $16 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P, $86 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K, což by při dodání stejného množství živin průmyslovými hnojivými stálo přibližně $3800 \text{ Kč} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tato cena odpovídá živinám obsaženým v konkrétním testovaném digestátu, vypočtená na základě přibližných cen průmyslových hnojiv pro rok 2009/2010.

5. Diskuze

Výsledky polního pokusu s rozdílným hnojením zkušebních parcel ukázaly, že má smysl se zabývat hnojivým účinkem digestátu. Dle anorganického rozboru rostlin (ARR) bylo zjištěno, že dávka N, která přišla na pozemek aplikací digestátu v dávce $25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, byla pravděpodobně srovnatelná s množstvím $116 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, aplikovaným průmyslovými hnojivy.

Je potřeba dodat, že se jednalo o jednoletý polní experiment, přičemž jeden rok v zemědělství nemá z hlediska statistiky velkou váhu. Výsledky pokusu mohly být ovlivněny nejen předplodinou, ale i vývojem počasí v daném roce, obsahem půdní organické hmoty či agrotechnikou.

Digestátem bylo aplikováno $125 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $16 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P, $86 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K, což by při dodání stejného množství živin průmyslovými hnojivy stálo přibližně $3800 \text{ Kč}\cdot\text{ha}^{-1}$. Tato cena odpovídá živinám obsaženým v konkrétním testovaném digestátu, vypočtená na základě přibližných cen průmyslových hnojiv pro rok 2009/2010. Není zde kalkulováno s rozdílnými náklady na dopravu a aplikaci digestátu a průmyslových hnojiv. Rozdíl v cenách aplikací jednotlivých hnojiv se v závislosti na konkrétních podmínkách výrazně mění.

Řada autorů publikuje o různých vlastnostech digestátu z BPS, avšak výsledky se různí. Je zřejmé, že kvalita digestátu závisí na konkrétních vstupních surovinách, technologickém procesu atd.

Váňa (2006) uvádí, že digestát může mít různou jakost v závislosti na druzích zpracovávaných odpadů, technologii zpracování a stupni odvodnění. Z hygienického hlediska jsou na digestát kladeny hygienické požadavky s cílem ochrany půdy, zdraví lidí a potravinového řetězce.

Maroušek (2009, ústní sdělení) je názoru, že rentabilita hnojivého účinku digestátu je problematická a velmi záleží na tom, na jakou vzdálenost se musí digestát transportovat, z jakých vstupních zdrojů a jakými technologickými procesy byl vyroben. Přičemž zdůrazňuje, že se jedná o koncový výstup ze zemědělských bioplynových stanic, tudíž kalkulace rentability v rámci podniku musí být dobře zvolena.

Palm (2008) ve svém článku uvádí, že digestát je pro zemědělce z pohledu ceny atraktivní. Dále píše, že separací digestátu lze získat tuhou frakci, která je zajímavým fosforečným hnojivem, a kapalnou, což je zase hodnotné dusíkaté hnojivo.

Mužik (2003) se zmiňuje o pozitivních vlastnostech digestátu, které závisí především na druhu zpracovávaných materiálů, méně už na technologickém procesu. Nejjednodušším způsobem využití substrátu z BPS s vysokým hnojivým účinkem je jeho přímá aplikace na zemědělskou půdu. V porovnání s přímou aplikací surového materiálu (např. prasečí kejdy) má anaerobně zfermentovaný substrát řadu výhod.

Oproti tomu Kolář (2009) upozorňuje na mylné názory bioenergetiků, že odpad z fermentorů při výrobě bioplynu je výborné organické hnojivo. Má-li být organická hmota označena jako organické hnojivo, musí splňovat základní požadavek, tj. musí být snadno mikrobiálně rozložitelná, aby byla schopna uvolnit pro půdní mikroorganismy potřebnou energii.

6. Závěr

Je zřejmé, že aplikace digestátu na zemědělskou půdu bude stále více nabývat na významu vzhledem k narůstajícímu množství bioplynových stanic. Zdá se, že nejlepší způsob jak naložit s tímto fermentačním zbytkem, je použít jej jako hnojivo v rostlinné výrobě. Použitím digestátu jako hnojiva se z určité části zajistí koloběh živin v podniku, tudíž lze ušetřit za minerální hnojiva. Nicméně v progresivní soustavě hnojení zaměřené na kvalitní a vysoce rentabilní rostlinnou produkci se bez použití průmyslových hnojiv nelze obejít.

7. Seznam literatury

BAČÍK, Ondřej: Bioplynové stanice: technologie celonárodního významu. *Biom.cz* [online]. 2008-01-14 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-biopl原因/odborne-clanky/biopl原因ve-stanice-technologie-celonarodniho-vyznamu>>. ISSN: 1801-2655.

CZ Biom: Bioplyn může zásobovat obnovitelnou elektřinou tisíce českých domácností. *Biom.cz* [online]. 2007-03-15 [cit. 2010-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czp-biopl原因/odborne-clanky/biopl原因-muze-zasobovat-obnovitelnou-elektrinou-tisice-ceskych-domacnosti>>. ISSN: 1801-2655.

CZ Biom: Bioplyn může zásobovat obnovitelnou elektřinou tisíce českých domácností. *Biom.cz* [online]. 2007-03-15 [cit. 2010-02-25]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/czp-biopl原因/odborne-clanky/biopl原因-muze-zasobovat-obnovitelnou-elektrinou-tisice-ceskych-domacnosti>>. ISSN: 1801-2655.

Česká bioplynová asociace [online]. c2009 [cit. 2010-04-02]. Aktuality. Dostupné z WWW: <<http://www.czba.cz/index.php?art=novinky>>.

DEUBLEIN, Dieter; STEINHAUSER, Angelika. *Biogas from Waste and Renewable Resources* [online]. 1. Edition. Weinheim : Wiley-VCH, 2008 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <http://books.google.cz/books?id=PX6qIeD3jp0C&pg=PA30&lpg=PA30&dq=Hohenstein+biogas&source=bl&ots=PTdd5EIGD&sig=UGsf0p9Hn7DY1MDRgXNWdxSgXiw&hl=cs&ei=ee2hS6a7L4einwOv9_ykCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=2&ved=0CAoQ6AEwAQ#v=onepage&q=Hohenstein%20biogas&f=false>.

DOHÁNYOS, M., ZÁBRANSKÁ, J., JENÍČEK, P. *Anaerobní technologie v ochraně životního prostředí*. 1. vyd. Praha: vyd. Ministerstvo životního prostředí ČR, 1996. 172 s. ISBN 80-85368-90-0.

DOHÁNYOS, Michal. Teoretické základy anaerobní fermentace. *Česká bioplynová asociace* [online]. 1.9.2009 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.czba.cz/index.php?art=page&parent=vse-o-biopl原因u&nid=teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>.

DOHÁNYOS, Michal: Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom.cz* [online]. 2008-11-17 [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>. ISSN: 1801-2655.

Energetický regulační úřad [online]. c2009 [cit. 2010-04-11]. Informace o Energetickém regulačním úřadu. Dostupné z WWW: <http://www.eru.cz/dias-read_article.php?articleId=52>.

HABART, Jan, et al Dejte šanci bioodpadu!. In *Sborník přednášek k seminářům „Dejte šanci bioodpadu – získejte finanční prostředky z OPŽP“*. Praha : [s.n.], 2009 [cit. 2010-03-16]. Dostupné z WWW: <http://www.biosance.cz/uploads/media/sbornik_DSB.pdf>.

HABART, Jan: V čem se liší zemědělská a komunální bioplynová stanice – zamyšlení u příležitosti otevření bioplynové stanice v Krásné Hoře a Vysokém Mýtě. *Biom.cz* [online]. 2008-10-27 [cit. 2010-04-16]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-cem-se-lisi-zemedelska-a-komunalni-bioplynova-stanice-zamysleni-u-prilezitosti-otevreni-bioplynovy-stanice-v-krasne-hore>>. ISSN: 1801-2655.

KOLÁŘ, Ladislav: Agrochemická hodnota organické hmoty odpadů z fermentorů při výrobě bioplynu. *Biom.cz* [online]. 2009-05-06 [cit. 2010-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/agrochemicka-hodnota-organicke-hmoty-odpadu-z-fermentoru-pri-vybere-bioplynu>>. ISSN: 1801-2655.

MURPHY, J.D., et al. Technical/economic/environmental analysis of biogas utilisation. *Applied Energy* [online]. 24.7. 2003, [cit. 2010-04-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.ucc.ie/hydromet/files/Murphy.2004.pdf>>.

MUŽÍK, Oldřich, KÁRA, Jaroslav: Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. *Biom.cz* [online]. 2009-03-04 [cit. 2010-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>>. ISSN: 1801-2655.

MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín: Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2003-07-14 [cit. 2010-04-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

Normy ČSN [online]. c2005 [cit. 2010-04-16]. Bezpečnostní tabulky a normy ČSN. Dostupné z WWW: <<http://www.technicke-normy-csn.cz/>>.

PALM, Ola. The quality of liquid and solid digestate from biogas plants and its application in agriculture : The future for Anaerobic Digestion of Organic Waste in Europe“ Pres. Nr. 20 „The quality of liquid and solid digestate from biogas plants and its application in agriculture“. In PALM, Ola. ECN/ORBIT e.V. Workshop 2008 „The future for Anaerobic Digestion of Organic Waste in Europe“ Pres. Nr. 20 „The quality of liquid and solid digestate from biogas plants and its application in

agriculture“. ECN/ORBIT e.V. Workshop 2008 : JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, 2008. s. 2. Dostupné z WWW: <http://www.compostnetwork.info/ad-workshop/presentations/pdf-berichte/20_palm_abstract.pdf>.

Portal.gov.cz [online]. c2003 [cit. 2010-04-15]. Portál veřejné správy České republiky. Dostupné z WWW: <http://portal.gov.cz/wps/portal/_s.155/6966/place>.

Schnell, R.: Biogas, die immer weider verpasse Chance. 1. Aufl., Selbstverlag, Berlin 1991

SCHULZ, Heinz ; EDER, Barbara. *Bioplyn v praxi*. Ostrava : HEL, 2004. 168 s.

STRAKA, František, et al. *Bioplyn*. Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů. 2. rozš. Vyd., Praha, GAS s.r.o., 2006. 706 s. ISBN 80-7328-090-6.

ŠTINDL, Pavel. *Vliv pH a pufrovitosti prostředí na anaerobní digesci travní hmoty*. České Budějovice : [s.n.], 2004. 55 s.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský [online]. 2009 [cit. 2010-04-09]. Legislativa. Dostupné z WWW: <<http://www.ukzuz.cz/Articles/46-2-Legislativa+.aspx>>.

VÁŇA Jaroslav. Legislativní pohled na zbytky po anaerobní digesci bioodpadů. In Sborník referátů z konference "Výstavba a provoz bioplynových stanic", 19.-20. října 2006, Třeboň, pp. 139-144. Dostupné z WWW: <<http://www.vurv.cz/index.php?key=publication&id=6587>>.

VÁŇA, Jaroslav: Malá bioplynová stanice v České republice jako velký zdroj znečištění ovzduší. *Biom.cz* [online]. 2007-03-04 [cit. 2010-03-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mala-bioplynova-stanice-v-ceske-republice-jako-velky-zdroj-znecistení-ovzdusi>>. ISSN: 1801-2655.

VEČEŘOVÁ, Veronika, et al Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. In *Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem*. Brno : [s.n.], 2008 [cit. 2010-04-06]. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/eagri/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf>.

8. Přílohy

Příloha 1. Souhlas s uvedením ohlášeného hnojiva do oběhu. Ohlášení hnojiva.

Váš dopis zn.:
Vyřizuje:
Spisová značka:
Pořadové číslo:

S O U H L A S
s uvedením ohlášeného hnojiva do oběhu
podle § 3a odst. 3 zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách,
pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení
zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů

Název hnojiva:
Digestát z bioplynové stanice
Ohlašovatel:

IČ ohlašovatele:
Výrobce:

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský jako věcně příslušný orgán ve smyslu § 2 odst. 1 písm. e) zákona č. 147/2002 Sb., o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o Ústředním kontrolním a zkušebním ústavu zemědělském), ve znění pozdějších předpisů,

souhlasí s uvedením výše označeného hnojiva do oběhu.

Hnojivo odpovídá typu 18.1e) uvedenému ve vyhlášce č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů, a smí být podle § 3 odst. 1 písm. a) zákona o hnojivech na základě provedeného ohlášení uváděno do oběhu.

Tento souhlas je podle § 3a odst. 3 platný po dobu **5 let**.

Hnojivo je ohlášeno pod evidenčním číslem :

Otisk úředního razítka

OHLÁŠENÍ HNOJIVA

podle § 3a zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.

Příjemce:		Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Odbor bezpečnosti krmiv a půdy Hroznová 2 656 06 Brno									
úřední záznamy v ÚKZÚZ spisová značka: pořadové číslo: prezentační razítko a e.č.:											
1. Ohlašovatel <i>(odpověď zakroužkujte)</i>	je výrobcem	<input checked="" type="radio"/>	ano	<input type="radio"/>	ne	je právnickou osobou	<input checked="" type="radio"/>	ano	<input type="radio"/>	ne	
	je dovozcem nebo dodavatelem	<input type="radio"/>	ano	<input type="radio"/>	ne	je fyzickou osobou	<input type="radio"/>	ano	<input type="radio"/>	ne	
1.1 Identifikační údaje ohlašovatele (povinné údaje)											
Název právnické osoby/jméno, příjmení a titul fyzické osoby											
Sídlo právnické osoby/ místo podnikání fyzické osoby											
ulice											
obec								PSČ			
IČ právnické osoby/ fyzické osoby											
1.2 Kontaktní údaje ohlašovatele (nepovinné údaje)											
Doručovací adresa <i>(pokud je odlišná od sídla nebo místa podnikání):</i>											
ulice											
obec								PSČ			
Telefon				/				Fax		/	
E-mail											

Příloha 2. Protokol o zkoušce digestátu.

Protokol o zkoušce č. 5020-P-2009/J

List číslo : 1
Počet listů: 1

Zákazník :

Vzorek číslo : 5020-P
Materiál : digestát z bioplynky
Místo odběru :
Odebral :
Poznámka : Typ mineralizace: na mokré cestě
Typ rozboru : dle objednávky
Datum příjmu : 23. 2.2009 Období zpracování vzorku : 23. 2.2009 - 4. 3.2009

Ukazatel	Hodnota	Jednotka	Nejistota měření	Použitá metoda
Sušina 100 %	6.05	%	±15%	SOP 39 (ČSN ISO 11465)
Dusík (N) ²⁾	8.31	%	±20%	(N) - K 9
Hořčík (Mg) ²⁾	0.80	%	±15%	SOP 41 (JPP ZK I kap. 7, JPP AR kap. 3, ČSN 46 7092-12, ČSN 46 7092-14, ČSN 46 7092-15)
Fosfor (P) ²⁾	1.07	%	±20%	SOP 43 (JPP AP I kap. 3, JPP AR kap. 3, JPP ZK I kap. 7, ČSN 46 7092-11)
Draslík (K) ²⁾	5.73	%	±20%	SOP 41 (JPP ZK I kap. 7, JPP AR kap. 3, ČSN 46 7092-12, ČSN 46 7092-14, ČSN 46 7092-15)
Sodík (Na) ²⁾	0.16	%	±20%	SOP 41 (JPP ZK I kap. 7, JPP AR kap. 3, ČSN 46 7092-12, ČSN 46 7092-14, ČSN 46 7092-15)
Vápník (Ca) ²⁾	3.42	%	±20%	SOP 41 (JPP ZK I kap. 7, JPP AR kap. 3, ČSN 46 7092-12, ČSN 46 7092-14, ČSN 46 7092-15)

Pozn.: metody nepodléhající akreditaci ČIA jsou označeny (N) před kódem SOP, (SA) akreditovaná subdávka, (SN) neakreditovaná subdávka, * měřeno mimořádně mimo prostory laboratoře, KTI - kolonie tvořící jedinci, 1) údaj v původní hmotě, 2) údaj ve 100% sušině
Uvedená nejistota měření je součinem standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření k=2, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí asi 95 %
Nezahrnuje nejistotu vzorkování. Jednotlivé postupy metod jsou uloženy v laboratoři k nahlédnutí. Na vyžádání poskytujeme zákazníkovi protokol o odběru.

V J.Hradci dne: 4. 3.2009

Jméno, funkce, podpis, razítko :

vedoucí střediska laboratoře

Příloha 3. Rostlina kukuřice v růstové fázi DC 16

