



# Využití biomasy trav k produkci bioplynu

**V České republice se stále zvyšuje výměra travních porostů z důvodu přebytku zemědělské půdy, která není potřebná pro výrobu potravin. Dalším významným zdrojem biomasy je produkce z údržby krajiny a veřejné zeleně ve městech a obcích. Vzhledem k poklesu objemu živočišné výroby a zájmu o produkci z trvalých travních porostů se z této produkce stále častěji stává zbytková biomasa. Jednou z možností využití této biomasy je i výroba bioplynu.<sup>5</sup>**

**N**a současné úrovni technologických poznatků, cen energií a ekologické nezbytnosti substituce fosilních energetických zdrojů celá řada autorů doporučuje výrobu bioplynu z biomasy energetických rostlin a z rostlinných odpadů<sup>2,3,4,6,7</sup> uvádějí, že výroba bioplynu je způsobem využití nadbytku travního porostu a produkování bioenergie pro vytápění. Travní biomasa je uváděna jako materiál, který lze pro anaerobní fermentaci velmi dobře využít, neboť splňuje základní předpoklady, které jsou na vstupní substrát pro výrobu bioplynu kladeny.<sup>1</sup> Obsahuje vysoké procento organické hmoty, blíží se optimálnímu poměru C/N a obsahuje málo popelovin. Podle výzkumu, ve kterém se kofermentovala travní fytomasa s kejdou a digestátem, by měl být optimální podíl travní fytomasy ve zpracovávaném substrátu 35–50 %, aby bylo dosaženo co nejvyšší produkce bioplynu.



**Energetické trávy**

## Materiál a metodika

A) Cílem pokusů bylo zhodnocení fytomasy z travních směsí pro výrobu bioplynu, která byla pěstována na pokusných pozemcích v Osevě vývoj a výzkum, s. r. o., se sídlem v Zubří. Lokalita se nachází v CHKO Beskydy, nadmořská výška 570 m, dlouhodobý průměr teplot 7,6 °C, dlouhodobý úhrn srážek 903 mm. Pro stanovení produkce bioplynu byly vybrány následující varianty směsí:

- 1) Bylinná obchodní směs, založeno výsevem 10 kg/ha [BS].
- 2) Regionální směs trav a leguminóz s přidavkem bylin, založeno výsevem 40 kg/ha [RS + LS].
- 3) Regionální směs (ad 2) přiseta v pásu do obchodní luční směsi RS.
- 4) Úhor – spontánní úhor bez zásahu.

Vybrané porosty byly založeny v roce 2000 a měly stabilizované složení.

Vzorky pro stanovení produkce bioplynu jsme odebírali každoročně v průběhu let 2007–2010 v první dekádě června a v říjnu.

B) Pro výzkum trav konzervovaných senážní technologií byly realizovány tzv. minisenáže (užitný vzor minisenáže: přihlašovatel/majitel: Výzkumný ústav zemědělské techniky, v. v. i., Praha). Technologie minisenáží je registrována jako užitný vzor.

V laboratorních podmínkách byly sledovány ztráty při senážování trav

o různém obsahu vstupní sušiny. Sledování úbytku hmoty při fermentaci bylo provedeno na založených maloobjemových senážích. Jedná se o simulaci konzervování fytomasy senážováním ve velkoobjemových válcových balících. Rovněž byl sledován vliv délky skladování na obsah živin v senáži. Standardní doba fermentace byla 90 dní při teplotě 25 °C. Jednalo se o maximální utužení fytomasy a důkladné zabalení do smršťující fólie.

Objem měřeného vzorku siláže byl proveden podle české technické normy ČSN EN 15150 Tuhá biopaliva – stanovení hustoty částic. Výsledek měření byl přepočten na objemovou hmotnost skladované travní hmoty. Vzorky senážované fytomasy byly používány k dalšímu laboratornímu zpracování.

C) Pokusy na produkci bioplynu se uskutečnily v laboratorním pracovišti Výzkumného ústavu zemědělské techniky, v. v. i., Praha. Metoda postupně anaerobní digesce byla sledována ve třech opakováních. Pokusné fermentory o objemu dvou litrů obsahovaly jeden kilogram směsné vsádky s travní hmotou. U vstupních materiálů byl stanoven obsah sušiny (při 105 °C) a obsah organické hmoty. Hmotnostní zastoupení komponentů u namíchaných směsí bylo určeno podle obsahu sušiny a výsledné směsi vykazovaly ob-




**Tab. 1 – Průměrné složení fytomasy (% hmotnosti)**

Druh	Úhor	BS	RS + LS	RS
Chrpa luční	2	5	2	10
Jetel bílý	20	2	5	10
Kostřava červená	2	5	5	5
Medyněk vlátný	5	4	2	5
Pampeliška srstnatá	4	2	3	
Svízel povázka	2	–	–	2
Tolice dětelová	60	50	30	6
Tomka vonná	5	–	–	2
Štírovník růžkatý	–	30	50	60
Úročník bolhoj	–	2	–	–
Trojštět žlutavý	–	–	3	–

Legenda: BS – bylinná směs, RS – regionální směs, LS – luční směs

**Tab. 2 – Měřené hodnoty analyzátoru AIR LF**

Senzor	Typ	Rozsah	Přesnost	Rozsah
CH <sub>4</sub>	infračer.	0–100 %	±5 % měř. vel.	10–100 %
CO <sub>2</sub>	infračer.	0–50 %	±5 % měř. vel.	5–50 %
O <sub>2</sub>	el. chem.	0–21 %	±5 % měř. vel.	1–21 %
CO	el. chem.	0–4000 ppm	±5 % měř. vel.	100–4000 ppm

**Tab. 3 – Výtěžnosti bioplynu z čerstvě posečené a silážované fytomasy**

Materiál	m <sup>3</sup> /t org. suš.
Čerstvá fytomasa květnaté louky	250–270
Senážovaná fytomasa květnaté louky	270–290
Čerstvá kukuřice	300–320
Silážovaná kukuřice	320–350

**Tab. 4 – Fermentační ztráty u maloobjemových vzorků senáží**

Sklizeň	Sušina	Číslo vzorku	Doba fermentace	Hmotnost při založení	Kontrolní vážení	Úbytek hmotnosti
	(%)		(dny)	(g)	(g)	(%)
30. 5.	30,35	1.	202	994,00	950,8	4,35
30. 5.	–	2.	202	986,90	947,3	4,01
7. 6.	29,16	3.	193	1 056,8	1 028,3	2,70
7. 6.	–	4.	193	1 088,4	1 059,8	2,63
22. 6.	35,42	5.	178	962,5	945,1	1,81
22. 6.	–	6.	178	970,2	944,4	2,66
22. 6.	–	7.	178	874,1	849,7	2,79
3. 7.	29,04	8.	167	1 037,0	1 011,4	2,47
3. 7.	–	9.	167	1 147,6	1 119,9	2,41
3. 7.	–	10.	167	1 048,8	1 024,0	2,36


**Jetelotravní směs**

sah celkové sušiny do 8 %. Fermentory byly umístěny v termoboxu s mezofilním teplotním režimem 37 °C.

Jako inokulum byla použita kejda prasat a digestát z fermentoru bioplynové stanice. Pokus byl sledován po dobu 35 dnů. U všech pokusů jsme nastavili stejné podmínky. Výsledná produkce bioplynu v m<sup>3</sup> byla vždy vztažena na hmotnost 1 t sušiny vzorku.

Měření kumulativní produkce bioplynu bylo prováděno samostatným plynoměrem nebo průtokovým měřičem plynu. Složení produkovaného bioplynu bylo prováděno pomocí přístroje AIR LF (firma ASEKO, s. r. o.), který je určen pro analýzy skládkového plynu. Rozsah měřených hodnot plynů udává tab. 2.

## Výsledky a diskuse

Pokusy na produkci bioplynu byly zakládány každoročně ve dvou termínech. Vzorky pro první termín byly z první seče ve vyšší stupni zralosti. Trávy byly ve fázi sloupkování, metání a kvetení, což bylo nejspíš příčinnou pomalejšího nárůstu produkce bioplynu. Vzorky pro druhý pokus jsme odebrali z druhé seče. Trávy nebyly v tak vysokém stupni zralosti, a proto jsme dosáhli větší výtěžnosti bioplynu.

Hlavní produkce bioplynu nastává do 30 dnů. Z opakovaných pokusů lze konstatovat, že pro výrobu bioplynu je vhodná fytomasa ze všech sledovaných typů porostů, ovšem vyšší produkce bioplynu bylo dosaženo u fytomasy s vyšším podílem jetelovinové složky. Naopak produkci bioplynu snižovala přítomnost chrpy luční (*Jacea pratensis*). Negativní vliv chrpy na metanogenezi jsme ověřili i v samostatném pokusu s fytomasou pouze chrpy luční, kdy výtěžnost bioplynu výrazně klesla.

Obecně je vhodné používat směsi v raném stadiu zralosti. Například u parkové směsi s výškou do 20 cm je dosahováno měrných produkcí bioplynu až o 20 % vyšší. Vzorky fytomasy pro stanovení metanogeneze měly velký podíl organické hmoty (90 až 92,3 % v sušině). Ve všech pokusech byl získán vysoký stupeň odbourání organické sušiny na 65–71 %.

Nejvyšší výtěžnosti bioplynu bylo dosaženo u regionální směsi přiseté do luční směsi, která vykazovala o 13 až



**Tab. 5 – Výsledné parametry senážování květnaté louky v letech 2010–2011**

Parametr	Jednotky	Senáž – květnatá louka		
		průměr	SD (n = 4)	variační koef. (%)
Sušina	%	32,5	0,27	0,84
Popel	g/kg	131,8	2,54	1,93
Hrubá vláknina	g/kg	208,3	0,49	0,23
NDF	g/kg	440,9	1,58	0,36
ADF	g/kg	281,1	0,77	0,28
ADL	g/kg	56,8	0,76	1,33
Dusíkaté látky	g/kg	121,3	0,16	0,13
Tuk	g/kg	30,7	0,97	3,17
Škrob	g/kg	18,7	2,35	12,55
Cukry	g/kg	17,6	2,76	15,63
pH výluhu	g/kg	4,2	0,01	0,23
Kyselost vod. výluhu	mgKOH/00g vz.	198,7	6,15	3,10
Amoniak	g/kg	0,5	0,01	1,34
Formolová titrace	g/kg	0,2	0,01	5,80
Stupeň proteolýzy	%	9,8	0,17	1,74
Etanol	g/kg	21,3	0,69	3,23
Kys. octová	g/kg	2,5	0,25	10,23
Kys. mléčná	g/kg	22,8	1,86	8,17

**Tab. 6 – Výsledné parametry silážování kukuřice v letech 2010–2011**

Parametr	Jednotky	Silážní kukuřice		
		průměr	SD (n = 4)	variační koef. (%)
Sušina	%	24,7	0,13	0,54
Popel	g/kg	41,1	0,09	0,21
Hrubá vláknina	g/kg	247,7	0,82	0,33
NDF	g/kg	509,5	2,24	0,44
ADF	g/kg	295,8	1,82	0,62
ADL	g/kg	24,8	0,74	2,97
Dusíkaté látky	g/kg	63,3	0,74	1,17
Tuk	g/kg	22,1	0,74	3,37
Škrob	g/kg	121,7	4,00	3,28
Cukry	g/kg	30,9	1,68	5,44
pH výluhu	g/kg	3,8	0,02	0,45
Kyselost vod. výluhu	mgKOH/00g vz.	179,6	0,00	0,00
Amoniak	g/kg	0,2	0,01	4,22
Formolová titrace	g/kg	0,1	0,00	1,10
Stupeň proteolýzy	%	11,0	0,44	3,99
Ethanol	g/kg	27,0	0,75	2,78
Kys. octová	g/kg	2,2	0,13	5,75
Kys. mléčná	g/kg	16,7	0,63	3,77

20 % vyšší výtěžnost než ostatní směsi. Naopak nejnižší produkce bioplynu byla naměřena u fytomasy z regionální směsi, přestože zde bylo dosaženo nejvyšší průměrné produkce fytomasy. Žádný ze stanovených rozdílů nebyl statisticky významný, ať už se jedná o výtěžnost ( $p = 0,113$ ) nebo celkovou produkci bioplynu ( $p = 0,572$ ).

Porovnání výtěžnosti bioplynu z čerstvě posečené a silážované fytomasy udává tab. 3.

Ze silážované kukuřice byla výtěžnost bioplynu o 9 % vyšší než z čerstvé kukuřičné řezanky. U travní fytomasy byl nárůst bioplynu z konzervovaného materiálu vyšší jen o 7 % v porovnání s produkcí bioplynu z čerstvé fytomasy.

### Měření úbytku sušiny trav v průběhu fermentace

Sledování prokázalo, že všechny materiály měly poměrně malé ztráty mezi 2 a 5 % hm. Vzorokly minisenáží byly skladovány při běžných podmínkách (teplota 15 až 20 °C) až do celkové doby 365 dnů. I při tomto dlouhodobém skladování se ztráty organické hmoty pohybovaly do 11,4 %.

Příklad fermentačních ztrát – úbytek hmotnosti sledovaných vzorků vysokoprodukčních trav udává tab. 4.

Měrná hustota vzorků byla od 405 až 514 kg/m<sup>3</sup> (požadovaná minimální měrná hustota při konzervaci je 200 kg/m<sup>3</sup>). V průběhu fermentace činily hmot-

ností ztráty 2 až 5 %. Konzervované vzorky trávy ve formě minisenáží byly po fermentaci skladovány při teplotě 15 až 20 °C po dobu 365 dnů. V této prodloužené době skladování činily ztráty max. 11 % hm.

Při konzervaci pícnin v silážních žlabech je třeba pro správnou fermentaci zajistit její dostatečné utužení a dokonalé utěsnění. Z důvodů stability siláže se všeobecně doporučuje skladování po dobu jednoho roku. Byly provedeny kvalitativní rozborů senáže z květnaté louky a siláže z kukuřice uvedené v tabulce 5 a 6.

### Komentář k výsledným parametrům

Sušina zabalených vzorků siláže postupně klesala, jedná se o přirozený proces fermentace. U ostatních organických rozborů nebyly předpokládány změny v základních ukazatelích, proto se dělal tento rozbor každý třetí měsíc. Kolísání ukazatelů je v rámci variability. Obsah rozpustných cukrů v průběhu fermentace klesl, cukry jsou postupně fermentovány. pH výluhu kolísalo v rámci variability, zjištěné hodnoty odpovídají typu fermentované hmoty. Obsah amoniaku postupně mírně vzrostl, tato skutečnost byla pravděpodobně způsobena proteolýzou. Hodnoty formolové titrace jsou v rámci variability. Stupeň proteolýzy s časem mírně vzrostl, podle normy 2004 je hraniční hodnotou 11 %, této hodnoty nebylo dosaženo. Etanol vykazuje nízké hodnoty, hodnocený vzorek ze září je i vzhledem k ostatním parametrům nestandardní. Obsah 1-propanolu se od říjnového vzorku začíná zvyšovat, zatím nelze hodnotit další průběh. Obsah TMK (těžké mastné kyseliny) je v rámci variability (mimo vzorek září).

### Komentář k výsledkům a produkci bioplynu

Celková doba fermentace byla 83 dnů: mezi minisilážemi v rámci daného typu siláže byla nízká variabilita (viz variační koeficienty jednotlivých parametrů). Vyšší variační koeficienty (>10 %) byly pouze u parametrů stanovených blízko detekčního limitu. Fermentační ukazatele a nutriční hodnota siláží byly vyhodnoceny na podkladě ukazatelů





**a** Kukuřice řezanka (a) tráva řezanka pro minisenáže (b)

vedených v normě 2004 [květnatá louka byla vyhodnocena jako travní senáž]. Kukuřice byla sklížena při nižší sušíně, než doporučuje norma 2004, přesto byly parametry fermentace (proteolýza) v normě [bez penalizace]. V případě květnaté louky byl zjištěn nižší obsah NL (110 g/kg) proti doporučenému (>140 g/kg).

Ve všech sledováních vyšla produkce bioplynu ze silážované hmoty vyšší než z čerstvého materiálu. U kukuřice byl nárůst produkce bioplynu o 9 %, u květnaté louky o 7 %. Co se týká délky skladování siláže, nebyl pozorován statisticky průkazný vliv na produkci bioplynu. Na základě rozborů můžeme konstatovat, že 80 % produkce bioplynu se odehraje do 14 dnů. Podíl organické hmoty se u trav pohyboval mezi 91,2 až 94,16 %, pouze kukuřičná siláž měla 25,4 %. Sušina vzorku byla poměrně vyrovnaná a pohybovala se kolem 30 %. U všech vzorků došlo k vyrovnanému odbourání organické hmoty. Stupeň odbourání organické hmoty v reaktorech byl kolem 70 %.

### Současný výzkum travní biomasy pro produkci bioplynu

Zejména v současnosti je v zemědělské praxi zájem o bioplynové stanice. Bioplynové stanice fungují bez problému, je-li k dispozici dostatek kejdy skotu či prasat a fytomasa je využita pouze v malých dávkách při kofermentaci. Vzhledem k radi-



**Kontrola minisenáží v termoboxu**

kálnímu poklesu stavu skotu i prasat jsou však často hospodářství bez živočišné výroby. Pro tato stanoviště je třeba nalézt vhodné celoroční složení vsázky bez nutnosti přídavku kejdy. Současný výzkum řeší rovněž vhodné způsoby konzervace rostlinné hmoty pro zabezpečení celoročního provozu, protože bioplynové stanice pracují neúčinněji při vsázce s co nejmenším kolísáním poměru vstupních substrátů. Současně bude zjištěna i ekonomika tohoto procesu. V zemědělské praxi se jeví perspektivní využití travních senáží. Pro výzkum trav konzervovaných touto technologií byly realizovány tzv. minisenáže.

### Vliv vstupní vlhkosti senáže na fementační ztráty

Sledování jsme prováděli na minisenážích. Technologie minisenáží je registrována jako užitečný vzor. Měrná hustota vzorků byla 405–14 kg/m<sup>3</sup> [minimální požadovaná měrná hustota je 200 kg/m<sup>3</sup>], u sušších vzorků byla nižší a u vlhčích vyšší. Standardní doba fermentace probíhala 90 dní při teplotě 25 °C. Sledování prokázalo, že všechny materiály měly poměrně malé ztráty mezi 2 a 5 %. U mladých porostů nemá vlhkost statistický významný vliv na ztráty, pouze u vzorků se sušinou přes 50 % jsou ztráty trochu vyšší. Vzorky minisenáží byly skladovány při teplotě 15 až 20 °C po dobu 365 dnů. I při tomto dlouhodobém skladování se ztráty organické hmoty pohybovaly do 11,4 %.

**Ilona Gerndtová, David Andert,  
Jan Frydrych, Pavla Volková,  
Výzkumný ústav  
zemědělské techniky, v. v. i.,  
Praha, OSEVA vývoj a výzkum, s. r. o.,  
Zubří, foto Ilona Gerndtová**

#### Literatura:

1 FUKSA P., HAKL, J. Využití pícních plodin pro výrobu bioplynu. Biom.cz [online]. 2009-

-11-25 [cit. 2011-01-11]. Dostupné z [www.<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrodu-bioplynu>](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-picnich-plodin-pro-vyrodu-bioplynu). ISSN: 1801-2655.

- 2 GOSCH A. Grundlagen und Anwendungsbereiche der Anaerobtechnik. In: Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg.): Biologische Abfallbehandlung, Witztenhausen, M. I. C. Baeza-Verlag, 1993.
- 3 KERN M., SPRICK W. Neure Ergebnisse zur aeroben Abfallbehandlung. In: K. Wiemer, M., Kern, M.I.C.(Hrsg.) Verwertung biologische Abfälle, Baeza – Verlag, Witztenhausen, 1994.
- 4 MACHÁČ R., FRYDRYCH J., ŠRÁMEK P. Možnosti zvyšování druhové diversity travních porostů a jejich využití pro energetické účely. Uplatněná certifikovaná metodika. Zubří: OSEVA PRO s. r. o., Výzkumná stanice travinářská, 2011, s. 26. ISBN 978-80-260-0627-5.
- 5 MUŽÍK O., KÁRA J., ABRHÁM Z. Možnosti využití produkce travních porostů anaerobní digestcí – In sborník z mezinárodní vědecké konference Travní porosty – účast horského ponošopodářstva a krajiny v Báňské Bystrici, 2006.
- 6 SCHULTZ H., MITTERLEITNER H. Industrielle Verwertung und Nutzung zur Biogasgewinnung von Grünlandaufwucht. Studie des Verbandes Deutscher Naturlandstiftungen e. V., s. 22, 1995.
- 7 TILVIKIENE V., KADZIULIENE Z., DABKEVICIUS Z. Biomass of cocksfoot and tall fescue as a substrate for biogas production. In Cagaš, B., Macháč, R., Nedělník, J. (eds): Alternative Functions of Grassland. Book of Abstracts. International Occasional Symposium European Grassland Federation Brno, Czech Republic 7-9 September 2009, p. 35. ISBN 978-80-86908-16-8.
- 8 WASILEWSKI Z., GUTKOWSKA A. Grasslands in Poland and their potential for use for biogas production. In Cagaš, B., Macháč, R., Nedělník, J. (eds): Alternative Functions of Grassland. Book of Abstracts. International Occasional Symposium European Grassland Federation Brno, Czech Republic 7-9 September 2009, p. 51. ISBN 978-80-86908-16-8.

*(Výsledky byly získány za přispění grantového projektu NAZV QI101C246 „Využití fytomasy z trvalých travních porostů a z údržby krajiny“ a projektu NPV II 2B06101 „Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“ financovaného MŠMT.)*