

Energetické využití kompostů

Energy utilization of compost

Roy Amitava, Souček Jiří, Plíva Petr, Hanč Aleš

Anotace

Energetické a materiálové využití rostlinné biomasy jsou dva způsoby, které byly vnímány jako konkurenční. Vlivem dotační politiky, legislativy a společenských aspektů ovlivňujících stav trhu se ale obě oblasti stále více prolínají. V příspěvku jsou popsány dva možné způsoby energetického využití. Energetické vlastnosti kompostů jsou horší ve srovnání se standardními biopalivy. Způsob jímání tepla vznikajícího při kompostování je technicky realizovatelný, ale jeho efektivita je nízká. Hodnota měrného tepla získaného tímto způsobem nedosahuje ani 1 % hodnoty výhřevnosti, ale kompost si uchová cenné složky.

Abstract

Energy and material recovery plant biomass are two ways that were perceived as competitive. Due to the subsidy policy, legislation and social aspects affecting the state of the market but both areas are increasingly intertwined. The paper describes two possible methods of energy recovery. Energy properties of compost are worse compared to standard biofuels. Method of collecting heat from composting is technically feasible, but its efficiency is low. The value of the specific heat obtained in this way is less than 1% of the calorific value, but compost preserves the valuable components.

Klíčová slova: *biomasa, obnovitelná energie, spalování, teplo z kompostu*

Keyword: *biomass, renewable energy, combustion, heat from compost*

Úvod

Problematika kompostování prochází v České republice zajímavým vývojem. Od poměrně rozšířené technologie, kterou byla v šedesátých letech po naprostý útlum ke konci minulého století. V našem novém století se zdá, že technologie nabírá druhý dech, ale jejímu masívnímu rozšíření je stále na závalu několik překážek. Tyto překážky nejsou charakteru technického, ale spíše společensko-ekonomického. Technicky je proces kompostování prakticky vyřešen, čímž je splněna hlavní podmínka, aby mohly být kompostárny provozovány i nově budovány s vírou, že nadále nebudou primárně sloužit jako místo pro zpracování odpadu, ale jako centra produkce velmi žádané organické hmoty. Prozatím takový stav ve většině případů není a proto se producenti pokoušejí uplatnit kompost všelijak. Třeba jako palivo.

V příspěvku jsou popsány dva způsoby energetického zhodnocení procesu kompostování. Prvním způsobem je přímé spálení pro výrobu tepla, případně elektřiny a druhým způsobem je získání tepla vznikajícího v průběhu kompostovacího procesu jímáním.

Metodu spálení, byť s využitím energie, nelze ve většině případů považovat za nejšťastnější způsob odpovědi na nejčastěji pokládanou nerudovskou otázku. Faktem ovšem je, že množství kompostu využívaného jako tuhé biopalivo neustále narůstá. Důvodů je několik:

- Kompost lze deklarovat jako biopalivo, tudíž při jeho spalování lze využívat dotačních výhod, jako při spalování standardní rostlinné biomasy.

- Trh s kompostem je značně nestabilní. Je nadměrně ovlivněn dotační politikou státu. Na celostátní úrovni není funkční propojení mezi producenty surovin, provozovateli kompostáren a zemědělci

- Do cenové politiky se promítají strategie ekonomicky silných subjektů působících v oblasti odpadového hospodářství a energetiky.

Z výše uvedených důvodů řada producentů kompostu podlehe lákavé jistotě odbytu za rozumných podmínek a celou filosofii kompostování tím do jisté míry diskredituje.

Z pohledu energetického využití lze na kompost pohlížet jako na potencionální palivo na bázi biomasy, která ovšem již prošla procesem částečného aerobního rozkladu. Tento fakt se promítne do změny fyzikálních i chemických vlastností. Vlastní proces rozkladu spotřebuje energii, jejíž část vzniká přeměnou hmoty ve formě spalitelných látek. To má za následek snížení celkového obsahu energie na úkor zvýšení obsahu balastních složek především ve formě popele.

Dalším faktorem, který negativně ovlivňuje vlastnosti kompostu z palivo-energetického hlediska je nadměrný obsah vody. Ten je důležitý pro zdárný průběh kompostovacího procesu, ale v palivu je nežádoucí hned z několika důvodů. Ještě před vlastním energetickým zhodnocením v průběhu skladování je příčinou dalšího znehodnocení paliva vlivem biodegradabilních procesů probíhajících v kompostu určeného pro energetické využití, který zpravidla není stabilizovaný. Voda obsažená v palivu rovněž zvyšuje finanční a logistickou náročnost dopravy a manipulace. Je nutné nakládat s velkými objemy hmoty s nízkým obsahem energie. Při vyjádření výhřevnosti paliva, tedy ukazatele, který vyjadřuje obsah energie vztažený na hmotnostní jednotku paliva za předpokladu, že voda obsažená ve spalínách odletí bez dalšího využití z komína, je nutné počítat jednak s tím, že voda v palivu zabírá místo, které by mohlo být zčásti nahrazeno hořlavinou a jednak v průběhu spalovacího procesu ještě odčerpá energii, která je nutná na přeměnu vody v páru. To jsou hlavní důvody, proč má většina kompostů v surovém stavu mnohem nižší výhřevnost v porovnání se standardními biopalivy ve formě dřeva nebo slámy.

Detailním výzkumem tepelných poměrů v kompostovaném materiálu se zabývali (Zambra, Moraga a Escudey, 2010). Stanovili algoritmus na jehož základě lze určit vhodnou polohu jímáče tepla v základce. Obdobné stanovení množství tepla a způsobu jeho jímání v pokusném reaktoru bylo realizováno (Guardiou a kol. 2012).

Problematika přímého získávání energie byla řešena v zahraničí z hlediska možnosti využití kompostu jako příměsi k fosilním tuhým palivům (Finney a kol. 2009).

Vlastnosti kompostů a metody jejich stanovení

Na typové komposty (dle vyhlášky č. 474/2000 Sb.) jsou uplatňovány některé požadavky platné, ale nezávazné normy ČSN 46 5735 Průmyslové komposty.

Mezi sledované požadavky ČSN 46 5735 u registrovaných kompostů patří doba zrání, u neověřených technologií minimálně 60 dnů, v případě, že surovinová skladba kompostu obsahuje více než 40% těžce rozložitelných surovin, pak minimálně 100 dnů. Interval mezi první a druhou překopávkou musí být větší než 21 dnů. V případě, že jsou v surovinové skladbě kompostů zastoupeny odpady nebo statková hnojiva s důvodným podezřením na obsah patogenních organismů, musí být při zrání kompostu dosaženo teploty vyšší než 55 °C po dobu delší než 21 dnů a u kompostů vyráběných z ostatních surovin teploty 45 °C po dobu delší než 5 dnů. Teplota se měří ve středu základky v minimální hloubce 1 m od povrchu základky v intervalech umožňujících sledovat průběh zrání. Minimální výška základky kompostu v průběhu zrání je 2 m. Základní jakostní znaky průmyslových kompostů jsou uvedeny v tabulce T01.

Limitní hodnoty rizikových prvků stanovené (mg kg⁻¹ sušiny) pro organická hnojiva, substráty, statková hnojiva jsou uvedeny v tabulce T02.

T01.: Základní jakostní znaky průmyslových kompostů tab.

Jakostní znak	Limitní hodnota	Jednotka
Vlhkost	min. 40,0; max. 65,0	%
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku	min. 25	%
C	-	%
N	min. 0,60	%
Poměr C:N	max. 30:1	-
Hodnota pH	od 6,0 do 8,5	-

T02.:Limitní hodnoty rizikových prvků tab.

Ukazatel	Limitní hodnota	Jednotka
Cd	2	mg.kg ⁻¹ sušiny
Pb	100	mg.kg ⁻¹ sušiny
As	20	mg.kg ⁻¹ sušiny
Cr	100	mg.kg ⁻¹ sušiny
Cu	150	mg.kg ⁻¹ sušiny
Ni	50	mg.kg ⁻¹ sušiny
Hg	1	mg.kg ⁻¹ sušiny
Zn	600	mg.kg ⁻¹ sušiny

Tyto rozbor je nutné pořídit při žádosti o registraci kompostu jako hnojiva. Dále jsou standardně využívány kontrolními orgány a chytrý odběratel většího množství kompostu by si měl před aplikací na vlastní pozemky nechat udělat kontrolní rozbor rovněž.

Rozbory kompostů z hlediska energetického využití jsou realizovány běžnými postupy využívanými při analýze vzorků standardních tuhých biopaliv. Základní rozbor musí obsahovat stanovení obsahu vody, popele, spalného tepla a výhřevnosti. Tyto údaje je vhodné doplnit o stanovení obsahu síry, chloru a dusíku. Při uplatnění v kotlích, které nejsou pro využívání paliv tohoto typu přímo určené, je rozumné doplnit rozbor o údaje o teplotách měknutí, tání a tečení popele.

V případě plánovaného využití popele vzniklého spálením kompostu je nejvhodnější využít kombinace obou typů rozborů, aby měl potenciální uživatel přehled o obsahu živin a mohl eliminovat riziko nadměrného zamoření půdy nežádoucími polutanty, zejména těžkými kovy.

Příklad vlastností důležitých při přímém energetickém využití a použitých metodách je udán v tabulce T03.

T03.: Důležité vlastnosti a způsob jejich stanovení.

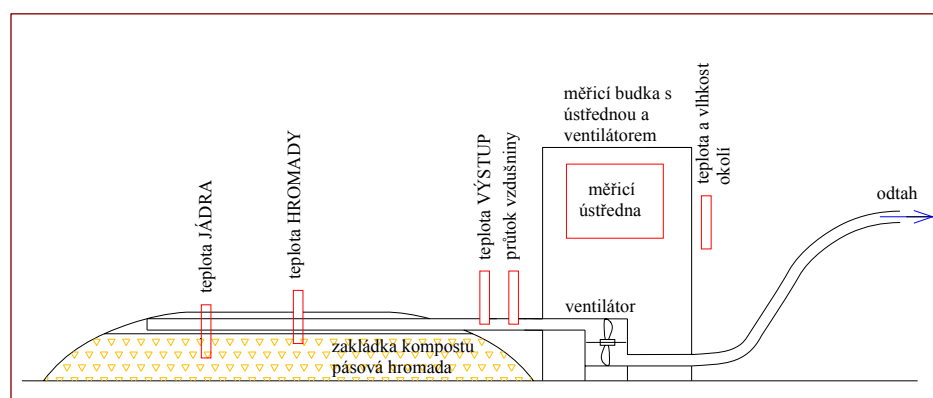
Měřená veličina	Způsob stanovení	jednotka
obsah vody	ČSN 44 1377	% hm.
spalné teplo	ČSN ISO 1928	MJ.kg ⁻¹
výhřevnost	ČSN ISO 1928	MJ.kg ⁻¹
popel	ČSN ISO 1171	% hm.
S	ČSN 44 1382	% hm.
Cl	ČSN EN 14077	% hm.
F	ČSN 441382	mg.kg ⁻¹ suš.

As	ČSN 44 1358	mg.kg ⁻¹ suš.
Cd	ČSN 44 1358	mg.kg ⁻¹ suš.
Hg	ČSN 75 7440	mg.kg ⁻¹ suš.
Pb	ČSN 44 1358	mg.kg ⁻¹ suš.
P	ČSN 44 1358	mg.kg ⁻¹ suš.
Al	ČSN EN 15410	mg.kg ⁻¹ suš.
Si	ČSN EN 15410	mg.kg ⁻¹ suš.
obsah částic < 1 mm	ČSN ISO 9276-1	(%)
sypná hmotnost	ČSN EN 14961-2	(kg.m ⁻³)
bod měknutí popele	ČSN P 153 70-1	(°C)
bod tání popele	ČSN P 153 70-1	(°C)
bod tečení popele	ČSN P 153 70-1	(°C)

Z hlediska energetické bilance jsou důležité první tři údaje Obsah vody a spalné teplo jsou stanoveny laboratorně, výhřevnost je stanovena výpočtem.

Experimentální metoda jímání tepla vznikajícího při aerobním rozkladu

Za účelem výzkumu využitelnosti odpadního tepla vznikajícího v organické hmotě v průběhu kompostovacího procesu bylo ve VÚZT, v.v.i. sestaveno experimentální pracoviště s podtlakovým systémem sběru vzdušiny ze zakládky. Zařízení je konstruováno na využití kompostovací zakládky ve formě pásové hromady. Po celé délce zakládky, částečně zakryté plachtou, je vodorovně nainstalována perforovaná trubice, která je na jedné straně zaslepena a na druhé straně osazena odtahovým ventilátorem. V průběhu experimentu je měřena teplota zakládky ve středu hromady (označena jako „teplota jádro“) a cca 25 cm pod povrchem („teplota hromada“). Do přechodky mezi perforovanou trubicí a ventilátorem je osazeno teplotní čidlo pro měření teploty odsávané vzdušiny a čidlo pro měření průtoku vzdušiny. Dále je sledována venkovní teplota a relativní vlhkost vzduchu. Ta je shodná s teplotou vzduchu nasávaného při zapnutí ventilátoru do zakládky.



Obr. 1: Schéma měření

V průběhu experimentu vzdušina při zapnutí ventilátoru proudí z povrchu hromady kompostovaným materiálem do trubice a odtud je odsávána ventilátorem. V počáteční, termofilní fázi kompostovacího procesu byl ventilátor automaticky sepnut, když teplota zakládky přesáhla 60 °C. Bylo tak simulováno zachování procesu hygienizace. V dalším průběhu procesu byla teplota, při jejímž dosažení ventilátor sepnul postupně snižována. Doplňkově byl při vhodných teplotních podmínkách ventilátor zapnut manuálně.

Pro monitoring fyzikálních veličin byla použita měřicí a záznamová ústředna COMMET MS6D. Pro měření teplot byly využity zapichovací sondy osazené teplotními čidly PT1000 s přesností $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Pro měření venkovního vzduchu byl použit převodník teploty a vlhkosti Testo 6651 (přesnost $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, $\pm 2,5\% \text{RH}$) a pro měření průtoku vzduchu byl použit převodník proudění vzduchu GSMU 1020 C5. Pro ovládání ventilátoru byl nainstalován modul výstupních relé MP018.

Výsledky

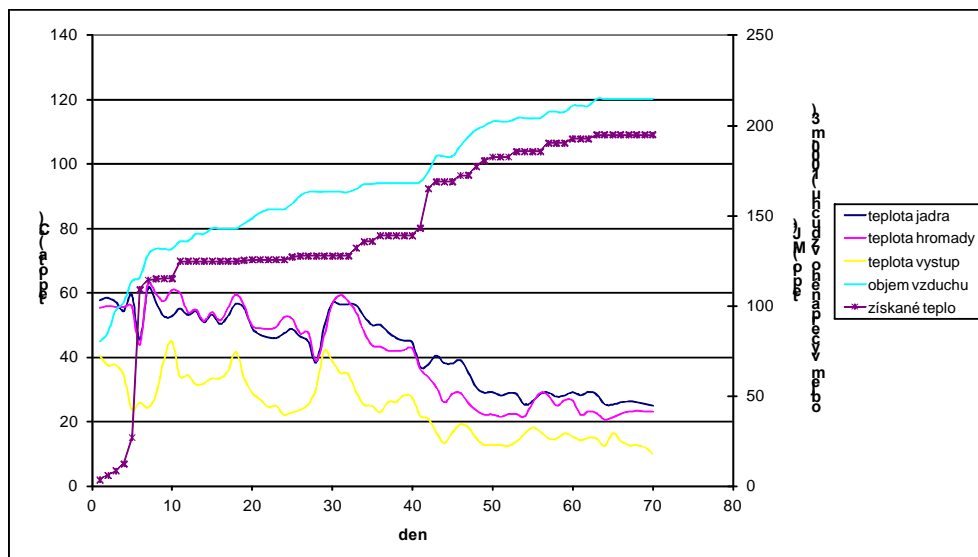
Agrolaboratoř VÚZT, v.v.i. nabízí komerční služby v oblasti rozborů kompostů a biopaliv. Při té příležitosti jsou často realizovány rozborů kompostů určených jako palivo. Výsledky některých rozborů jsou uvedeny v tabulce T04.

T04.: Vlastnosti kompostů z energetického hlediska

Č. vzorku	obsah vody % hm.	spalné teplo MJ.kg^{-1}	výhřevnost MJ.kg^{-1}	popel % hm.
1	40,12	10,590	4,273	31,49
2	41,10	12,177	5,077	28,31
3	40,44	15,321	7,046	29,39
4	56,51	16,397	4,653	25,35

Z výsledků v tabulce T04 je zřejmé, že výhřevnost vybraných vzorků kompostů se pohybuje na úrovni 4 -7 MJ.kg^{-1} . Obsah vody převyšuje 40 % a obsah popela neklesl pod 25 %.

Výsledky pokusu s jímáním tepla z kompostovacího procesu jsou vedeny v grafu na obrázku 2.



Obr. 2.: Graficky znázorněné výsledky pokusu s jímáním tepla z kompostovacího procesu

Z výsledků graficky znázorněných na **obr. 2** je zřejmé, že nejvyšší potenciál pro získání tepla je v počáteční termofilní fázi do šestého dne (první překopání). Ve druhé fázi měření (6 až 40 den) byl získání tepla nízký vzhledem k nízké četnosti spínání ventilátoru. V této fázi jsou však potenciální rezervy využitelné v případě optimalizace nastavení spínacího režimu ventilátoru. Důkazem je třetí fáze měření, kdy byla pro spínání ventilátoru využita kombinace

manuálního spínání s optimalizací spínací teploty v závislosti na aktuálních teplotních podmínkách. Měrné teplo získané ve vzdušnině na odtahu z hromady bylo $0,0169 \text{ MJ.kg}^{-1}$.

Závěr

Uvedené výsledky potvrzují, že komposty lze k energetickému využití uplatnit, ale v porovnání se standardními biopalivy mají nesrovnatelně horší parametry. Výhřevnost sledovaných kompostů se pohybovala pod 7 MJ.kg^{-1} , což je výrazně méně než u standardních tuhých biopaliv na bázi dřevní štěpky nebo agroproduktů, jejichž hodnota výhřevnosti se dle požadavků odběratelů běžně pohybuje nad 15 MJ.kg^{-1} (u pelet a briket) a zpravidla neklesá pod 10 MJ.kg^{-1} . Důvodem nízké výhřevnosti kompostů je vysoký obsah vody a popele, tedy balastních složek bez kalorické hodnoty.

V případě energetického využití kompostovacího procesu je hodnota měrného získaného tepla nízká. Nedosahuje ani 1 % výhřevnosti kompostu. Při přepočtu na běžnou zpracovatelskou kapacitu kompostárny v ČR na úrovni 3000 t by tedy celková hodnota získaného tepla činila při daném způsobu jímání cca 51 GJ.

Poděkování

Údaje publikované v příspěvku byly získány v rámci řešení projektu NAZV QI91C199 - Optimalizace technologie faremního vermikompostování

Použitá literatura

Finney, N. K., et al. (2010). The reuse of spent mushroom compost and coal tailings for energy recovery. Comparison of thermal treatment technologies. *Bioresource Technology* 100 (2009) 310–315

Guardia, A., Petiot, C., Benoist, J.C., Druilhe, C.. (2012). Characterization and modelling of the heat transfers in a pilot-scale reactor during composting under forced aeration. *Waste Management* 32 (2012) 1091–1105

PLIVA, P., a kol. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. ProfiPpress 2009 ISBN 978-80-86726-32-8

Zambra, C.E., Moraga, N.O., Escudey, M.. (2010). Heat and mass transfer in unsaturated porous media: Moisture effects in compost piles self-heating. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 54 (2011) 2801–2810

Kontakty

Ing. Amitava Roy, Ing. Jiří Souček, Ph.D., Ing. Petr Plíva, CSc., Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Drnovská 507, Praha 6, 161 01, roy.amitava@vuzt.cz

Ing. Aleš Hanč, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, Praha 6-Suchbát, 165 21