



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

**Výroba a charakterizace vysoko-teplotního biocharu.**

Sedmihradská, Anežka  
2021

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-508480>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 20.03.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://nusl.cz).



## Výroba a charakterizace vysoko-teplotního biocharu

*Anežka SEDMIHRADSKÁ<sup>1, 2</sup>, Siarhei SKOBLIA<sup>1</sup>, Zdeněk BEŇO<sup>1</sup>, Jaroslav MOŠKO<sup>1, 2</sup>,*

*Michael POHOŘELÝ<sup>1, 2\*</sup>*

<sup>1</sup> Ústav energetiky & Ústav plyných a pevných paliv a ochrany ovzduší, VŠCHT Praha, Technická 5, 166 28 Praha 6

<sup>2</sup> Ústav chemických procesů AV ČR, v. v. i., Rozvojová 135/1, 165 02 Praha 6

\* Email: [Michael.Pohorely@vscht.cz](mailto:Michael.Pohorely@vscht.cz); [pohorely@icpf.cas.cz](mailto:pohorely@icpf.cas.cz)

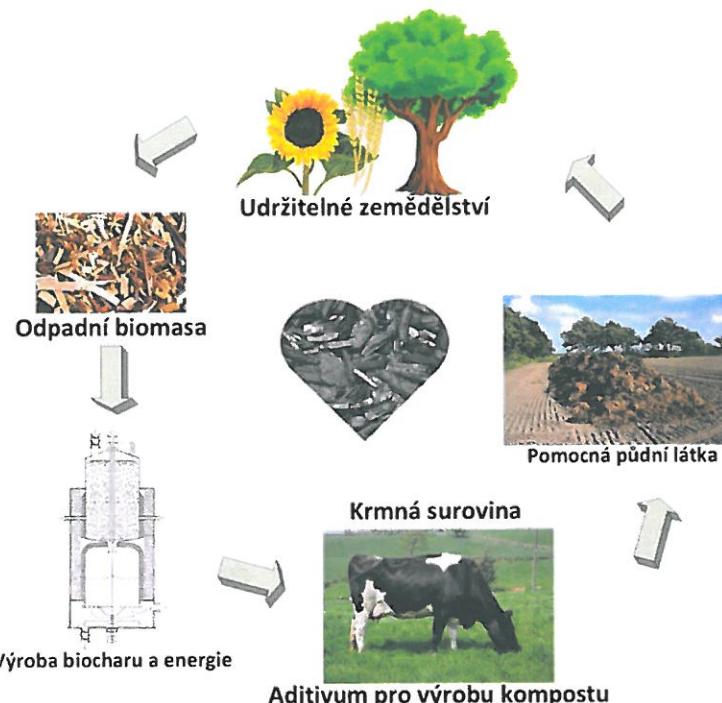
*Biochar je pevný zbytek po termochemické přeměně biomasy, který je následně využitý, např. v zemědělství. Studovaný biochar byl vyroben ve dvoustupňovém dvouohňovém sesuvném zplyňovacím generátoru na odpadní dřevní biomasu za současné výroby tepla a elektrické energie. Biochar byl podroben řadě chemických analýz potřebných k posouzení možnosti jeho použití jako pomocné půdní látky. Výsledky analýz byly porovnány s limity danými platnou legislativou i organizacemi zabývajícími se dobrovolnou certifikací biocharu. Studovaný biochar všechny sledované parametry splňoval.*

**Klíčová slova:** biochar, zplyňování, biomasa

### 1 Úvod

Biochar je uhlíkatý zbytek vznikající po termochemické přeměně biomasy (Lehmann 2007) postupným rozkladem holocelulózy a ligninu bez přítomnosti volného kyslíku za vzniku uhlíkatých struktur (aromatických kruhů) a volných pórů. Se zvyšující se výrobní teplotou se aromatické kruhy shlukují, nejdříve do struktur se 2-3 kruhy, tvořící tzv. amorfní uhlík, poté až do struktur obsahujících 5 vrstev, tzv. turbostratických krystalů. S rostoucí teplotou procesu také klesá výtěžek biocharu (Keilweitz et al. 2010).

Při použití vysoko-teplotního biocharu (vyrobeného nad 600 °C) v zemědělství je nejdříve nutné snížit jeho hydrofobicitu, která by při zapravení do půdy byla nežádoucí pro vývoj zemědělských plodin. Hydrofobicita se snižuje tzv. zráním neboli aktivací biocharu (Das a Sarmah 2015; Gray et al. 2014; Weber a Quicker 2018). Tento proces lze realizovat mnoha způsoby, ale při využití v zemědělství se nejvíce používá aktivace biocharu jeho přidáním do kompostu (Teodoro et al. 2020), do mravy při výrobě hnoje, nebo přímo do krmiva skotu (Gerlach a Schmidt 2008). Takto zpracovaný biochar se může použít jako pomocná půdní látka. Stručné schéma procesů je uvedeno na Obr. 1.



Obr. 3 Schéma zemědělských procesů spojených s výrobou a použitím biocharu

Při využití biocharu je nutné zajistit jeho nezávadnost – splnit limity dané Vyhláškou č. 474/2000 Sb. Od 16. 7. 2022 budou vlastnosti biocharu podléhat i nařízení EU 2019/1009, kterým se stanoví pravidla pro dodávání hnojivých výrobků na trh EU. V současné praxi se používá certifikace pomocí European Biochar Certificate (EBC) a International Biochar Initiative (IBI), které při jejich získání zaručují nezávadnost a kvalitu biocharu (EBC 2012; Major 2010).

Analyzovaný biochar pocházel ze zplyňovacího generátoru odpadní dřevní biomasy instalovaného ve Zlaté Olešnici.

## 2 Výsledky

Nejprve bylo nutné stanovit nezávadnost biocharu, tedy analyzovat obsah sloučenin vybraných prvků a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). V Tab. 1. jsou uvedené naměřené hodnoty sledovaných sloučenin v testovaném biocharu současně s limitními hodnotami stanovenými relevantní legislativou či certifikáty. Analyzovaný biochar splňoval limity dané českou legislativou i dobrovolnými certifikacemi.

Tab. 1: Obsah nebezpečných složek v biocharu.

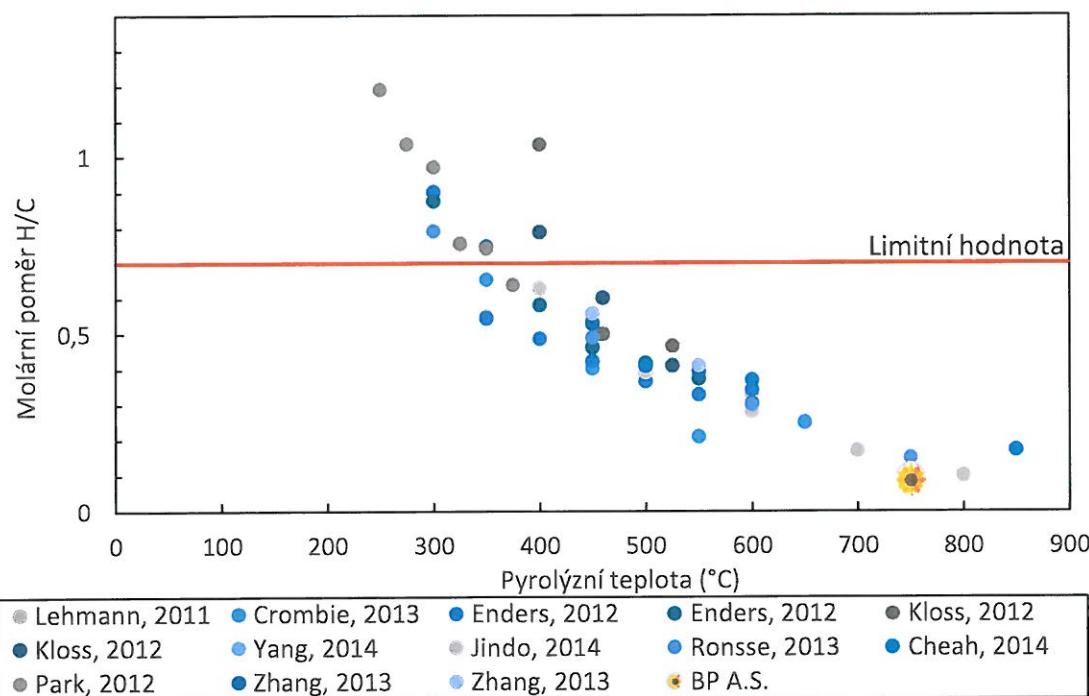
Sloučenina	Jednotka	Naměřená hodnota	474/2000 Sb.	EBC (třída II)	EBC (třída III)	IBI
As	mg/kg	2,30	20	13	13 – 100	
Cd	mg/kg	< 0,10	1	0,7	1,5	1,4 – 39
Cr	mg/kg	< 2,50	50	70	90	93 – 1200
Cu	mg/kg	7,1	–	70	100	143 – 6000
Hg	mg/kg	0,009	1	0,4	1	1 – 17
Ni	mg/kg	< 2,5	–	25	50	47 – 420
Pb	mg/kg	5,57	10	45	150	121 – 300
Zn	mg/kg	68	–	200	400	416 – 7400
Suma 12 PAU*	mg/kg	< 0,50	< 20	–	–	–
Suma 16 PAU**	mg/kg	< 0,50	–	4 ± 2	6,0 ± 2,2	6 – 300

\* (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluoranthenu, chrysenu, indeno(1,2,3-cd)pyrenu, naftalenu a pyrenu)

\*\* (suma naftalenu, acenaftylenu, acenaftenu, fluorenu, fenantrenu, antracenu, fluorantenu, pyrenu, benz(a)antracenu, chrysenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, dibenzo(a,h)antracenu, indeno(1,2,3-c,d)pyrenu a benzo(ghi)perylenu)

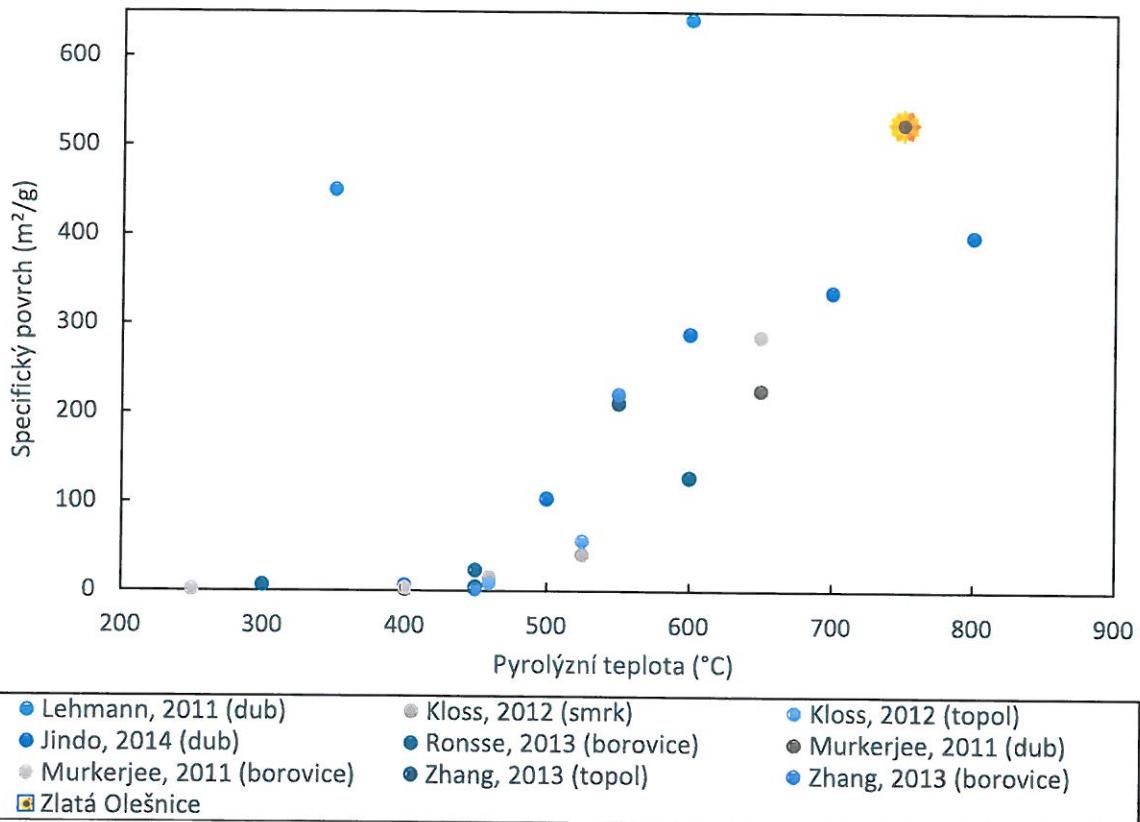
Dále byly analyzovány i kvalitativní vlastnosti biocharu, které byly porovnány s literaturou (Obr. 2 a 3) a s limity danými legislativou/certifikáty (Tab. 2).

Nejdůležitější vlastností biocharu při jeho použití jako pomocné půdní látky je jeho stabilita v půdě. Doba, kterou biochar vydrží nerozložený v půdě, se odhaduje na základě aktuálního molárního poměru H/C. Čím je poměr H/C nižší, tím delší dobu zůstane biochar v půdě a je schopen plnit svoji funkci. Vliv provozní teploty na poměr H/C v různých biocharech je uveden na Obr. 2. Poměr H/C = 0,09 je pro analyzovaný vzorek biocharu velmi nízký, a to díky vysoké výrobní teplotě.



Obr. 4 Závislost molárního poměru H/C biocharu na provozní teplotě (analyzovaný vzorek označen slunečnicí) (Lehmann et al. 2011; Kloss et al. 2012; Park et al. 2012; Crombie et al. 2013; Yang et al. 2014; Zhang a You 2013; Enders et al. 2012; Jindo et al. 2014; Ronsse et al. 2013; Cheah et al. 2014)

Hlavní funkce biocharu v půdě je zádrž vody, která závisí také na velikosti specifického povrchu biocharu. Obecně lze říci, že se se zvyšujícím se specifickým povrchem stoupá i potenciál zádrže vody. Z Obr. 3 je patrné, že analyzovaný vzorek biocharu má v porovnání s jinými vzorky popsanými v literatuře nadprůměrně vysoký specifický povrch. Plocha povrchu souvisí s teplotou procesu výroby, ale v případě sledovaného vzorku biocharu byla vyšší hodnota také způsobena procesem tzv. autoaktivace v redukční zóně generátoru.



Obr. 5 Závislost specifického povrchu biocharu na provozní teplotě (analyzovaný vzorek označen slunečnicí) (Lehmann et al. 2011; Jindo et al. 2014; Mukherjee et al. 2011; Kloss et al. 2012; Ronsse et al. 2013; Zhang a You 2013)

Tyto vlastnosti a obsah prchavé hořlaviny (Vd), popele (Ad), uhlíku (Cd), vodíku (Hd) a hodnota pH vodního výluhu byly porovnány s požadavky dle dobrovolných certifikací EBC a IBI (Tab. 2). Na rozdíl od dobrovolných certifikací neklade česká legislativa žádné kvalitativní nároky na biochar.

Tab. 2: Výsledky kvalitativní analýzy biocharu

Sledovaný parametr	Jednotka	Naměřená hodnota	474/2000 Sb.	EBC (třída II)	EBC (třída III)	IBI
Prchavá hořlavina, V <sup>d</sup>	% hm.	3,8 ± 1,5	–	–	–	nepovinná deklarace
Popel, A <sup>d</sup>	% hm.	10,6 ± 1,7	–	deklarace	–	–
Uhlík, C <sup>d</sup>	% hm.	84,7 ± 2,1	–	deklarace	–	–
Vodík, H <sup>d</sup>	% hm.	0,7 ± 0,1	–	deklarace	–	–
Poměr H/C		0,09 ± 0,02	–	H/C <sub>org</sub> < 0,7	–	H/C <sub>org</sub> < 0,7
pH (H <sub>2</sub> O, 1:10)		11,1 ± 0,5	–	deklarace	–	deklarace
Specifický povrch, S <sub>BET</sub>	m <sup>2</sup> /g	525 ± 56	–	deklarace	–	nepovinná deklarace



### 3 Závěr

Po provedených analýzách a porovnání jejich výsledků s literaturou a legislativou bylo zjištěno, že biochar vyráběný na generátoru ve Zlaté Olešnici má parametry běžného vysokoteplotního biocharu, kromě specifického povrchu, který má nadstandardně vysoké hodnoty. Dále bylo zjištěno, že biochar splňuje požadavky a limity dané českou legislativou i dobrovolnými certifikacemi EBC a IBI.

### Poděkování

Práce vznikla díky finanční podpoře projektu Dlouhodobý test aplikace biocharu vyrobeného z odpadní biomasy do zemědělské půdy za účelem řešení problematiky sucha v intenzivně zemědělsky využívaných oblastech České republiky QK1910056, projektu AV21 – Účinná přeměna a skladování energie a v rámci projektu Specifického vysokoškolského výzkumu – projekt č. A1\_FTOP\_2021\_004.

### Použitá literatura

- CHEAH, S, S C MALONE a C J FEIK, 2014. Speciation of sulfur in biochar produced from pyrolysis and gasification of oak and corn stover. Environ. Sci. Technol. [online]. 2014/07/09. 48(15), 8474–8480. Dostupné z: doi:10.1021/es500073r
- CROMBIE, Kyle, Ondřej MAŠEK, Saran P SOHI, Peter BROWNSORT a Andrew CROSS, 2013. The effect of pyrolysis conditions on biochar stability as determined by three methods. GCB Bioenergy [online]. 5(2), 122–131. Dostupné z: doi:10.1111/gcbb.12030
- DAS, O a A K SARMAH, 2015. The love-hate relationship of pyrolysis biochar and water: a perspective. Sci Total Environ [online]. 2015/01/31. 512–513, 682–685. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2015.01.061
- EBC, 2012. European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. [online]. Dostupné z: doi:10.13140/RG.2.1.4658.7043
- ENDERS, A, K HANLEY, T WHITMAN, S JOSEPH a J LEHMANN, 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. Bioresour. Technol. [online]. 2012/04/10. 114, 644–653. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2012.03.022
- GERLACH, Achim a Hans-Peter SCHMIDT, 2008. The use of biochar in cattle farming. Journal for territor-wine and biodiversity.
- GRAY, Myles, Mark G JOHNSON, Maria I DRAGILA a Markus KLEBER, 2014. Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity. Biomass Bioenergy [online]. 61, 196–205. Dostupné z: doi:10.1016/j.biombioe.2013.12.010
- JINDO, K, H MIZUMOTO, Y SAWADA, M A SANCHEZ-MONEDERO a T SONOKI, 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. Biogeosciences [online]. 11(23), 6613–6621. Dostupné z: doi:10.5194/bg-11-6613-2014
- KEILUWEIT, M, P S NICO, M G JOHNSON a M KLEBER, 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). Environ Sci Technol [online]. 2010/01/27. 44(4), 1247–1253. Dostupné z: doi:10.1021/es9031419
- KLOSS, S, F ZEHETNER, A DELANTONIO, R HAMID, F OTTNER, V LIEDTKE, M SCHWANNINGER, M H GERZABEK a G SOJA, 2012. Characterization of slow



- pyrolysis biochars: effects of feedstocks and pyrolysis temperature on biochar properties. *J. Environ. Qual.* [online]. 2012/07/04. 41(4), 990–1000. Dostupné z: doi:10.2134/jeq2011.0070
- LEHMANN, Johannes, 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment* [online]. 5(7), 381–387. Dostupné z: doi:10.1890/1540-9295(2007)5[381:Bitb]2.0.Co;2
- LEHMANN, Johannes, Matthias C RILLIG, Janice THIES, Caroline A MASIELLO, William C HOCKADAY a David CROWLEY, 2011. Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biol. Biochem.* [online]. 43(9), 1812–1836. Dostupné z: doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.022
- MAJOR, Julie, 2010. Guidelines on Practical Aspects of Biochar Application to Field Soil in Various Soil Management Systems. B.m.: IBI.
- MUKHERJEE, A, A R ZIMMERMAN a W HARRIS, 2011. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma* [online]. 163(3–4), 247–255. Dostupné z: doi:10.1016/j.geoderma.2011.04.021
- PARK, Sang-Woo, Cheol-Hyeon JANG, Kyung-Ryul BAEK a Jae-Kyung YANG, 2012. Torrefaction and low-temperature carbonization of woody biomass: Evaluation of fuel characteristics of the products. *Energy* [online]. 45(1), 676–685. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2012.07.024
- RONSSSE, Frederik, Sven VAN HECKE, Dane DICKINSON a Wolter PRINS, 2013. Production and characterization of slow pyrolysis biochar: influence of feedstock type and pyrolysis conditions. *GCB Bioenergy* [online]. 5(2), 104–115. Dostupné z: doi:10.1111/gcbb.12018
- TEODORO, Manuel, Lukáš TRAKAL, Brett N. GALLAGHER, Pavel ŠIMEK, Petr SOUDEK, Micheal POHOŘELÝ, Luke BEESLEY, Lukáš JAČKA, Martin KOVÁŘ, Samar SEYEDSADR a Dinesh MOHAN, 2020. Application of co-composted biochar significantly improved plant-growth relevant physical/chemical properties of a metal contaminated soil. *Chemosphere* [online]. 242, 125255. ISSN 00456535. Dostupné z: doi:10.1016/j.chemosphere.2019.125255
- WEBER, Kathrin a Peter QUICKER, 2018. Properties of biochar. *Fuel* [online]. 217, 240–261. ISSN 00162361. Dostupné z: doi:10.1016/j.fuel.2017.12.054
- YANG, Y, J G BRAMMER, A S N MAHMOOD a A HORNUNG, 2014. Intermediate pyrolysis of biomass energy pellets for producing sustainable liquid, gaseous and solid fuels. *Bioresour Technol* [online]. 2014/08/05. 169, 794–799. Dostupné z: doi:10.1016/j.biortech.2014.07.044
- ZHANG, Jun a Changfu YOU, 2013. Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars. *Energy Fuels* [online]. 27(5), 2643–2648. Dostupné z: doi:10.1021/ef4000769

