

Svědectví Dr. Johannese Lehmana  
z Cornellovy univerzity, Ithaca, NY, USA

před Zvláštním výborem pro energetickou  
nezávislost a globální oteplování Sněmovny  
reprezentantů

na téma „Biouhel“

ve čtvrtek 18. června 2009

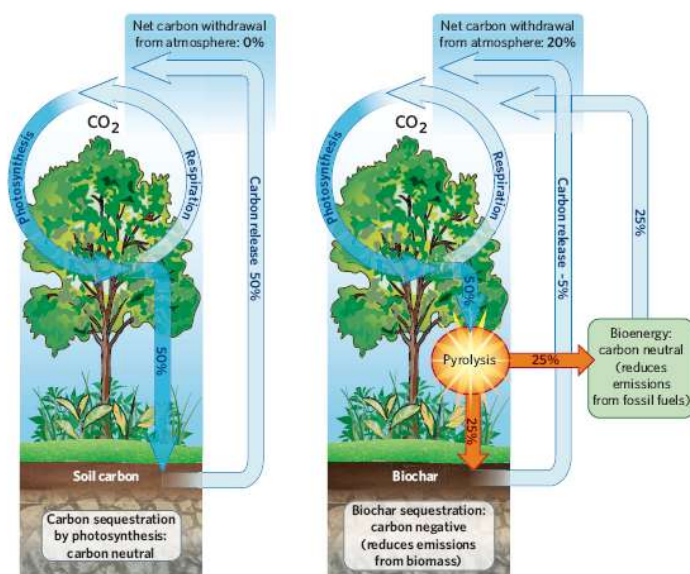
2175 Rayburn House Office Building  
Washington, DC

*Český překlad Vojtěch Klusák a Jan Hollan, červenec 2009*

# Využití biouhlu pro udržitelné jímání uhlíku a zlepšení kvality půdy v globálním měřítku

Pane předsedo Markey, členové Výboru:

Děkuji za příležitost přednést vědecké poznatky týkající se ukládání uhlíku ve formě biouhlu jako příspěvku k udržitelnému zmírňování změny klimatu a prostředku ke zlepšení kvality půd v globálním měřítku. Biouhel je jemnozrnný materiál povahy dřevěného uhlí, který je vyroben zahříváním biomasy v podmínkách nedostatku vzduchu. Tento proces se nazývá pyrolýza. Surovinou pro výrobu může být celá řada materiálů z živé přírody, včetně zbytků z lesního nebo zemědělského hospodaření, hnojiv z chovů zvířat nebo zelených odpadů, například ze zahrad. Při pyrolýze za poměrně nízkých teplot, 300 °C až 600 °C, se chemické vlastnosti uhlíku vázaného v biomase změni do podoby, která je ve srovnání s původní hmotou výrazně odolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu. Tím pádem materiály, které by při svém rozkladu poměrně rychle uvolňovaly CO<sub>2</sub> a další skleníkové plyny, jsou transformovány do formy, která je odbourávána mnohem pomaleji, tvoříc tak dlouhodobý [zásobník](#) uhlíku (obrázek 1). Takto tepelně přeměněný materiál je v půdě přibližně o 1,5 až 2 řády<sup>1</sup> stabilnější než organická hmota, jež nebyla zuhelnatěna. Biouhel má střední dobu života v půdách několik stovek až několik tisíc let.



Obr. 1: Schéma, jak se produkcí biouhlu dociluje přibývání obsahu uhlíku v půdě tím, že se sníží množství CO<sub>2</sub> vraceného do ovzduší.

Mechanismus ukládání uhlíku prostřednictvím biouhlu do půdy je velmi přímočarý, stabilita uhlíku v této formě je totiž především způsobena jeho vlastní chemickou povahou. Tím se velmi liší od nezuhelnatělé biomasy, kde hromadění půdního uhlíku

<sup>1</sup> Tj. zhruba třicetkrát až stokrát; pozn. překl.

závisí především na řadě interakcí mezi minerální maticí a organickou složkou. Proto úroveň, kdy je půda nasycená uhlíkem a přestává zadržovat další množství, je vyšší, přidává-li se do půdy biouhel, než jde-li o nezuheľnatěľý zeměděľský nebo lesnický odpad.

Biouhel není v půdě ničím novým. Většina půd už obsahuje uhel, který vznikal během požárů za několik posledních tisíciletí. Odhaduje se, že uhlík tohoto původu činí několik procent celkového množství organického uhlíku uloženého v půdě, přičemž organický půdní uhlík představuje asi dvojnásobek množství uhlíku přítomného v atmosféře. Obhospodařování půdy s využitím biouhlu tak přidává další uhel k tomu, který je v půdě přítomen přirozeně a o kterém se zjistilo, že prospívá půdě a zvyšuje její produktivitu.

Výroba biouhlu a jeho aplikace do půdy jsou vedle zmírňování změny klimatu ekonomicky přínosné v několika dalších důležitých oblastech. Ty zahrnují odpadové hospodářství, energetiku a zlepšování půd (obrázek 2). V rámci **hospodaření s odpady** může být biouhel vyráběn z různých surovin, za které by jinak někdo musel nést finanční a environmentální odpovědnost. Například v zeměděľských oblastech s vysokým obsahem fosforu a dusíku ve vodě a půdě mohou být živočišná hnojiva pyrolyzována, aby se zamezilo eutrofizaci. V mnoha případech je při nakládání s kompostem, skládkami, či se zvířecími odpady generováno velké množství metanu a oxidu dusného. Pyrolýzou materiálů, jako je posekaná tráva ze zahrádky nebo dřevní hmota z lesní probírky, by produkce těchto skleníkových plynů ještě účinnějších než CO<sub>2</sub> byla efektivně zmírněna současně s vázáním uhlíku v půdě.

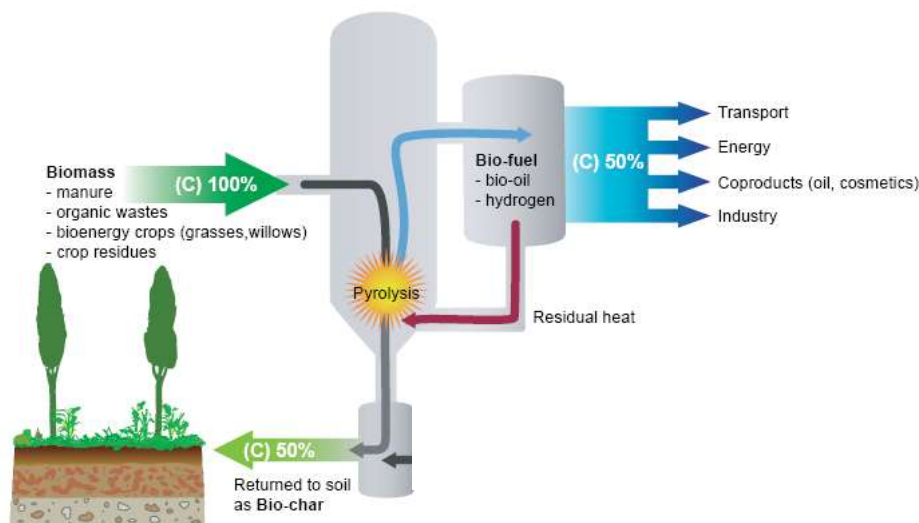
Další přínos je ve **využití energie tekutých paliv** (bioenergie), která se uvolňují při pyrolýze<sup>ii</sup>. Z jednotky energie investované během životního cyklu různých systémů výroby biouhlu se získá 2 až 7 jednotek bioenergie. Výroba biouhlu může být propojena s místní výrobou tepla. Příkladem je systém již praktikovaný na jedné drůbeží farmě, kde je sušený hnůj pyrolyzován přímo na místě, teplo je využíváno k vyhřívání hospodářských budov a získaný biouhel (bohatý na dusík a fosfor) se aplikuje na polích.

Třetí přínos spočívá ve **zlepšení kvality půd** jejich obohacením o biouhel. Na málo úrodných půdách je tak možné značně zvýšit zeměděľské výnosy. Důvodem malé úrodnosti může být degradace půdní organické hmoty nebo léta odčerpávání živin vlivem obdělávání. Výsledné ztráty agrochemikálií, jako jsou živiny dodávané hnojením, herbicidy a pesticidy, mohou být zmírněny schopnostmi biouhlu tyto látky zadržovat.<sup>15,16,17,18</sup> Tím se využití hnojiva zvýší. Biouhel vylepšuje hned několik klíčových vlastností půdy<sup>iii</sup> a je nejen stabilnější, působící déle než původní tlející organická hmota, ale vykazuje i vyšší efektivitu v přepočtu na jednotku uhlíku přidaného do půdy. Zvýšená plodnost půdy také zvyšuje odolnost vůči změnám klimatu.

Tyto tři hospodářské výhody dávají biouhlu potenciál zvýšit potravinovou a energetickou bezpečnost zároveň s přispěním k boji proti změně klimatu.

<sup>ii</sup> Jde o směs spalitelných plynů, z nichž některé po ochlazení kondenzují na kapalinu (v historii se ze dřeva zplyňováním vyráběla kolomaz). Podíly biouhlu, ochlazených plynů a kondenzátu závisí na teplotě a trvání pyrolýzy; pozn. překl.

<sup>iii</sup> Například také pomáhá zadržovat vodu v písčítých půdách a poskytuje provzdušnění, zlehčení půd jílovítých; pozn. překl.



Obr. 2: Vstupy a výstupy biouhlového provozu zahrnující využití biomasy, uvolňování energie a zkvalitňování půdy.

Úmyslné přidávání biouhlu do půdy má řadu souvislostí a důsledků, pokud jde o obchodování s emisními povolenkami. Lze prokázat jeho přídavnost, protože biouhel není v současnosti aktivně vyráběn či přidáván do půdy v žádné znatelné míře (globální rozšíření takového postupu je menší než 1 %). Nicméně by stále bylo nutné určit, jaké zásoby a toky uhlíku by existovaly bez záměrného zavádění takové technologie, a zajistit, že nedojde k žádnému přesunu emisí. Například změna využití krajiny při provozování velkých „biouhlových“ plantáží podobných těm „biopalivovým“ nebo odstraňování a použití i zbytků plodin nutných pro ochranu půdy před erozí by pravděpodobně znamenalo, že takový systém není vhodný pro produkci biouhlu s cílem docílit netto jímání uhlíku. Měření a ověření toho, jak je uhlík jímán aplikací biouhlu, je usnadněno tím, že množství přidaného uhlíku lze snadno kdykoliv změřit a nemusí se měřit trvale. Ověření trvanlivosti uhlíkové zásoby je možné díky tomu, že biouhel je chemicky rozlišitelný od ostatních organických látek v půdách. V půdě uložený biouhel by navíc nebyl uvolněn do atmosféry vlivem změn v hospodaření s půdou, vlivem požárů nebo odlesnění, což z této metody činí silného kandidáta na spolehlivý způsob poutání uhlíku, se střední dobou zadržení několik set až několik tisíc let.

Národní či globální potenciál biouhlu pro zmírnění změny klimatu je v tuto chvíli pouze teoretický, protože realizací skutečné provozní velikosti existuje příliš málo. Střízlivé modelování vycházející z technických možností dává této metodě šanci přispět k odstraňování uhlíku z ovzduší v řádu 1 Gt ročně k roku 2050 (uvažujeme-li pouze omezené zdroje biomasy a pouze jímání uhlíku samotné<sup>iv</sup>). Takové široké uplatnění systémů založených na biouhlu bude vyžadovat kritéria zaručující udržitelnost, protože přínos biouhlu ke zmírňování pramení z několika propojených oblastí včetně energetiky a zemědělství. Potenciál pro zmírnění změny klimatu je vysoce proměnlivý od systému k systému vlivem různých výchozích surovin, rozměrů produkce a různých způsobů

<sup>iv</sup> Tj. neuvažuje se snížení emisí metanu a oxidu dusného, které by jinak nastaly ze zdrojové biomasy, ani snížení emisí z půdy, které biouhel indukuje, ani rychlejší růst biomasy na ošetřené půdě; pozn. překl.

aplikace, které vyžadují pečlivé zhodnocení. Biouhel musí být integrován do stávajících systémů produkce potravin a nesmí se stát alternativou k produkci potravin, musí využít stávajících nejlepších praktik, jako je bezorebné pěstování nebo šetrné zemědělství, a kvůli účinnosti musí využívat systémů sběru, které již existují.

I když na světě existuje jen několik plně fungujících moderních systémů využívajících biouhlu, inženýrské a vědecké zázemí nezbytné k vyhodnocení různorodého souboru biouhlových systémů provozního měřítka je dostupné. Popravdě řečeno, jen za posledních 12 měsíců doznal vědní obor týkající se biouhlu prudkého rozvoje. Vyhodnocení nezávisí na zásadním vědeckém pokroku, ale na využití a přizpůsobení existujícího poznání. Technologie, na které věc stojí, je robustní a dostatečně jednoduchá, aby se dalo uvažovat o jejím využití v mnoha územích po celém světě.

Současnými překážkami v zavádění jsou: nedostupnost pyrolyzních jednotek natolik vyzrálých, aby umožňovaly všechny nutný výzkum a vývoj; nedostatečný rozvoj nejlepší biouhlové praxe v provozní velikosti, včetně měřítka celých farem; chybějící ukázky příkladů ozdravného působení biouhlu v půdách v plném spektru agroekosystémů. Rozptýlená povaha biouhlových systémů a možnost jejich velké rozličnosti vytváří významné příležitosti pro jejich udržitelnost, zároveň je ale překážkou pro jejich široké přijetí, regulaci a finanční životaschopnost.

Pro odstranění překážek v implementaci a podporu úplného posouzení biouhlových systémů je nutné zavedení patřičných politik na národních i mezinárodních úrovních. Je třeba uvést v život takové mechanismy pro uhlíkové obchodování, které uznávají jímání uhlíku do půd, včetně ukládání formou biouhlu. Tyto metodiky musí zahrnovat emisní bilance celého životního cyklu tak, aby netto výsledkem obchodování byla prospěšnost pro klima. Je třeba vyčíslit celkový přínos jednotlivých zmírňujících strategií, aby bylo možné ocenit ty aktivity, které mají vícenásobný prospěch pro životní prostředí a pro společnost. Biouhel se nesmí stát alternativou okamžitého dramatického snižování emisí skleníkových plynů, ale může být důležitým nástrojem ve výbavě pro boj s nebezpečnou změnou klimatu.

Děkuji, pane předsedo.

# Shrnutí

## Co je biouhel?

- Biouhel je jemnozrnný, dřevěnému uhlí podobný materiál vyrobený pyrolýzou.
- Pyrolýza je ohřev biomasy na teploty 300 °C až 600 °C za nedostatku vzduchu.
- Výchozí surovina se v průběhu pyrolýzy chemicky změní na struktury, které jsou mnohem odolnější vůči mikrobiálnímu rozkladu.
- Jako surovina může být použito mnoho různých zdrojů organické hmoty, včetně zbytků z lesního a polního hospodářství, z chovu zvířat a komunálního bioodpadu
- Materiál podobný biouhlu, vznikající při lesních požárech, je odjakživa významnou složkou globálního půdního uhlíkového cyklu.

## Jakým způsobem biouhel umožňuje jímání uhlíku?

- Protože biouhel je mnohem stabilnější než ostatní formy půdního uhlíku pocházejícího z biomasy, zůstává v půdě mnohem déle.
- Konkrétně, biouhel je v půdě o 1,5 až 2 řády stabilnější než nezuhoelnatělý materiál a má tam střední životnost stovky až tisíce let.
- „Úroveň nasycení“ půdy uhlíkem by v případě biouhlu byla výrazně větší než při přidávání jiných forem hmoty organického původu.

## V čem spočívá hodnota biouhlu?

- Biouhel je velmi stabilní forma uhlíku a proto může být použit pro ubrání CO<sub>2</sub> z ovzduší.
- Biouhel může být vyroben z odpadních materiálů včetně těch (např. zelený odpad, chlévská mrva), které mohou jinak produkovat plyny skleníkově účinnější než je CO<sub>2</sub>
- Při výrobě biouhlu se uvolňují energeticky bohaté látky, které lze využít pro udržitelné místní činnosti, například vytápění budov na farmách.
- Přidání biouhlu do půdy může zvýšit její úrodnost a schopnost zadržovat agrochemikálie.

## Co potřebujeme poznat a činit?

- Technické a vědecké znalosti jsou dostatečné k realizaci nutných kroků k důkladnému vývoji biouhlových systémů dostatečného rozsahu.
- Ty jsou potřeba pro nalezení nejlepších postupů a pro předvedení (v provozním měřítku) jejich prospěšnosti pro zdraví půdy pro různé agrosystémy.
- Jímání uhlíku do půdy musí být zahrnuto do systému uhlíkového obchodování včetně ukládání biouhlu.
- Je třeba robustních pravidel, aby bylo zajištěno, že jakékoliv zahrnutí biouhlu do obchodování s emisními povolenkami je skutečně aditivní, udržitelné a že nevede k přesunům emisí skleníkových plynů.
- Biouhel nesmí být brán jako náhražka dramatického snižování emisí skleníkových plynů.

## Odkazy

1. Baldock, J. A. and Smernik, R. J. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red pine) wood. *Organic Geochemistry* 33: 1093-1109.
2. Cheng C.H., Lehmann J., Thies J.E., and Burton S. 2008. Stability of black carbon in soils across a climatic gradient. *Journal of Geophysical Research* 113: G02027.
3. Kuzyakov Y., Friedel J.K., Stahr K., 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1485-1498.
4. Lehmann J., Czimczik C., Laird D., and Sohi S. 2009. Stability of biochar in soil. In: Lehmann J., Stephen J. (eds.) *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publ., London, pp. 183-205.
5. Lehmann J. 2007a. A handful of carbon. *Nature* 447: 143-144.
6. Oades J.M. 1988. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry* 5: 35–70.
7. Sollins P., Homann P., and Caldwell B.A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma* 74: 65-105.
8. Six J., Conant R.T., Paul E.A., and Paustian K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil* 241: 155-176.
9. González-Pérez J.A., González-Vila F.J., Almendros G., and Knicker H. 2004. The effect of fire on soil organic matter – a review. *Environment International* 30: 855-870.
10. Krull E., Lehmann J., Skjemstad J., Baldock J., and Spouncer L. 2008. The global extent of black C in soils: is it everywhere? In: Hans G. Schröder (ed.) *Grasslands: Ecology, Management and Restoration*. Nova Science Publishers, Inc., pp 13-17.
11. Denman K.L., Brasseur G., Chidthaisong A., Ciais P., Cox P.M., Dickinson R.E., Hauglustaine D., Heinze C., Holland E., Jacob D., Lohmann U., Ramachandran S., da Silva Dias P.L., Wofsy S.C., and Zhang X., 2007. Couplings Between Changes in the Climate System and Biogeochemistry. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
12. Lehmann J., Gaunt J., and Rondon M. 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 403-427.
13. Gaunt J. and Lehmann J. 2008. Energy balance and emissions associated with biochar sequestration and pyrolysis bioenergy production. *Environmental Science and Technology* 42: 4152-4158.
14. Lehmann J., da Silva Jr. J.P., Steiner C., Nehls T., Zech W., and Glaser B. 2003. Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 249: 343-357.

15. Sheng G., Yang T., Huang M., and Yang K. 2005. Influence of pH on pesticide sorption by soil containing wheat residue-derived char. *Environmental Pollution* 134: 457-463.
16. Hiller E., Fargasova A., Zemanova L., and Bartal M. 2007. Influence of wheat ash on the MCPA immobilization in agricultural soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 78: 345-348.
17. Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W., and Niandou M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a southeastern coastal plain soil. *Agronomy Journal* 174: 1-8.
18. Yu X.Y., Ying G.G. and Koonaka R. S. 2009. Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil. *Chemosphere*, published online, doi:10.1016/j.chemosphere.2009.04.001
19. Steiner C., Glaser B., Teixeira W.G., Lehmann J., Blum W.E.H. and Zech W. 2008. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171: 893-899.
20. Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Grossman J., O'Neill B., Skjemstad J.O., Thies J., Luizão F.J., Petersen J. and Neves E.G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719-1730.
21. Lehmann J. 2007b. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 381-387.
22. Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J., Tokgoz S., Hayes D., and Yu T.-H. 2008. Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319: 1238-
23. Amonette J., Lehmann J., and Joseph S. 2007. Terrestrial carbon sequestration with biochar: A preliminary assessment of its global potential. *EOS Transaction, s American Geophysical Union* 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract U42A-06.
24. Gaunt J. and Cowie A. 2009. Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. In: Lehmann J., Stephen J. (eds.) *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publ., London, pp. 318-340.
25. Lehmann J. and Stephen J. (eds.) 2009. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publ., London, 404p