

# Minerální fáze průmyslových kompostů stanovené rtg.-difrakcí a Rietveldovou kvantitativní fázovou analýzou

Mineral phase in the commercial compost by X-ray diffraction analysis with Rietveld quantitative phase analysis

MILAN GERŠL<sup>1</sup> – DALIBOR MATÝSEK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně; Zemědělská 1, 613 00 Brno; gersl@mendelu.cz

<sup>2</sup> Institut čistých technologií těžby a užití energetických surovin, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava

**Key words:** *compost, X-ray diffraction analysis, Rietveld method, weddellite, whewellite*

**Abstract:** During last decade the number of industrial composting plants in the Czech Republic is growing. The identification of

the provided compost composition is recently in great demand, for it might increase its applicability. The mineral composition determination provides data on elements amount that are necessary for plant nutrition. Mineral composition was evaluated on 6 compost samples from plants in Brno vicinity. Samples represent seasons with the highest production of biomass – summer and autumn. The mineral composition was determined by X-ray diffraction with internal standard ZnO, evaluated according to Rietveld methods (Bish – Post 1989, Bish – Post 1993) with sw. Topas ver. 4.2. Major component is amorphous quartz. The other mineral phases are present as accessory – oligoclase, muscovite, albite, orthoclase, mikrokline, chlorite, calcite, amfibolite. There are minerals weddellite (MD–5,1 wt.%) and whewellite (MD–4,9 wt.%) in natural compost.

Nakládání s biologicky rozložitelným odpadem je významným tématem moderní společnosti. Biologicky rozložitelný materiál je často bez stabilizace ukládán na skládky. V anaerobním prostředí se organická hmota rozkládá na metan a další skládkové plyny. Metan patří k nejvýznamnějším skleníkovým plynům. Skládáním bioodpadů přicházíme o cennou organickou hmotu, která by mohla být navrácena do koloběhu živin. Přirozeným a technologicky jednoduchým způsobem, jak získat z biologicky rozložitelných odpadů humus, je kompostování, velmi stará technologie uplatňovaná v malovýrobách. Pomocí kompostů lze živiny a organické látky stabilizovat a výhodně uvádět do přírodního koloběhu jako organické hnojivo (Váňa et al. 2004). Vyřazený kompost tvoří velmi stabilní hnojivo, živiny v něm obsažené se uvolňují do půdy jen velmi pomalu a neohroží tak jejich výluh do podzemních vod.

V posledním desetiletí na území ČR přibývá průmyslových kompostáren. V současné době se částečně ustupuje od separace bioodpadu ze směšného domovního odpadu. Surovinou pro průmyslové kompostárny jsou: 1. odpad ze zeleně, 2. bioodpad z domácností, 3. papírový odpad a 4. specifické odpady. Bioodpad z domácností získaný jako vyřazený produkt komunálního odpadu byl často nadlimitně kontaminován cizorodými látkami (zejména těžkými kovy) z ostatních složek domovních odpadů. Kvalita získaných kompostů je posuzována z hlediska normy ČSN 46 5735 pro průmyslové komposty, obvykle je stanoven obsah základních živin (P, K, Ca, Mg a S) a humusových látek.

## Faktory ovlivňující proces kompostování

Přeměnu organické hmoty na humusové látky během kom-

postování zajišťují především mikroorganismy. Jde o procesy analogické s přeměnami organické hmoty v půdním prostředí. V kompostech je možno vytvořit vhodnější podmínky pro rozvoj mikroorganismů a dosáhnout jejich až desetinásobného množství ve srovnání s půdou. Podmínky pro rozvoj mikroorganismů lze optimalizovat úpravou následujících faktorů: 1. poměr C : N vstupních surovin, 2. vlhkost, 3. zrnitost a homogenita substrátu, 4. provzdušnění substrátu, 5. teplota, 6. pH, 7. minimální přítomnost fosforu (Zemánek 2001). Optimální podmínky pro mikrobiální život v kompostu nastávají při 50–60 % nasycení retenční vodní kapacity surovinové skladby (Kolář – Kužel 2000). Nedostatečná vlhkost způsobuje převahu mikromycet a aktinomycet a neumožňuje některé důležité hydrolytické reakce. Jemná zrnitost odpadů způsobuje snížení pórovitosti a následný vznik anaerobních podmínek v kompostových zakládkách i při minimální vlhkosti (např. problémy při kompostování pilin). S ohledem na požadavky mikroflóry by měla být počáteční hodnota pH čerstvého kompostu v rozmezí pH 6–8. V průběhu kompostování se pH v jednotlivých fázích výrazně mění. Optimální pH zralého kompostu je v rozmezí 7,0–7,5 (Váňa et al. 2004). Důležitý je obsah fosforu zajišťujícího metabolickou potřebu mikroflóry. Minimum je 0,2 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v sušině. Vyřazený kompost obsahuje kolem 60–40 % sušiny, 20–23 % organických látek (z toho 40,0–50 % humifikovaných), N 0,5–1,0 %, P 0,3–0,5 %, K 0,2–0,5 %, Ca 1,0–1,5 %, Mg 0,2–0,3 % v sušině (Filip 2004).

Průmyslové komposty musí vyhovovat požadavkům ČSN 46 5735, která ukládá dodržovat: vlhkost 40–60 %, spalitelné látky v sušině min. 25 %, celkový dusík v sušině min. 0,60 %, poměr C : N max. 30, pH 6,0–8,5 a max. 2 % nerozložitelné příměsi.

Tyto normou předepsané parametry jsou pro praxi důležité, neposkytují však podstatné informace o kvalitativním a kvantitativním zastoupení novotvořených humusových částic (Kolář – Kužel 2000). Žádný z obvyklých přístupů k problematice kompostování pak nehodnotí novotvořené sloučeniny, v jakých se prvky nacházejí, ani přítomnost původních nebo novotvořených minerálů a jejich vliv na kvalitu kompostu.

## Metodika stanovení minerálních fází

Minerální fáze průmyslových kompostů byly studovány na vzorcích odebíraných ve dvou průmyslových kompostárnách v brněnské aglomeraci. Vzorky byly odebírány v červnu a v září roku 2013. Celkem bylo odebráno 6 vzorků (2 + 2 čistý kompost, 2 kompost mísený se zeminou). Vzorky byly po odběru sušeny při 105 °C a následně mlety střížným mlýnem na frakci pod 0,100 mm a homogenizovány. Ve všech vzorcích byla stanovena sušina, celkový organický uhlík (TOC), minerální uhlík (TIC), spalitelné látky, spalné teplo a obsah minerálních fází metodou rtg.-difrakcí.

Semikvantitativní fázové analýzy byly provedeny metodou rentgenové práškové difrakce (XRD) na difraktometru Bruker D8 Advance, záření CoK $\alpha$ /Fe, 40 kV/40 mA, úhlový interval 5–80° 2 $\theta$ , krok 0,014° 2 $\theta$ , 0,75 s/krok, s pozičně citlivým detektorem LynxEye. Pro analýzu byly použity homogenizované práškové preparáty vzorků s přidavkem interního standardu. Pro interní standardizaci byl použit ZnO v množství cca 6 hmot. % přidávaný do vzorku (Mandile, Hutton, 1995). Fázová analýza byla provedena pomocí Rietveldovy metody (Bish – Post, ed. 1989, Bish – Post 1993) za použití programu Topas verze 4.2.

## Získaná analytická data

Obsah celkového organického uhlíku (TOC) se v čistých kompostech pohyboval v intervalu 28,6–32,1 hmot. %, v kompostech mísených v kompostárnách se zeminou 14,1 hmot. %. Spalné teplo se v čistých kompostech pohybovalo v intervalu 9,18–11,61 MJ.kg<sup>-1</sup>, v kompostech mísených v kompostárnách se zeminou 4,46 MJ.kg<sup>-1</sup>.

Semikvantitativní fázovou analýzou za použití Rietveldovy metody bylo v čistých kompostech zjištěno 64,2–72,9 hmot. % amorfní fáze, v kompostu se zeminou 54,7 hmot. % amorfní fáze. Minerální fáze byly v čistých kompostech majoritně zastoupeny křemenem (14,3 až 18,0 hmot. %), v minoritních podílech minerály uvedenými v tab. 1.

## Závěr

V šesti vzorcích průmyslových kompostů byly semikvantitativní rtg.-difrakční fázovou analýzou za použití Rietveldovy metody stanoveny obsahy minerálních fází. Majoritní složka byla vždy tvořena amorfní fází a křemenem. Ostatní

Tabulka 1. Minerální fáze v kompostech

minerální fáze	čisté komposty	kompost se zeminou
	[hmot. %]	[hmot. %]
	4 vzorky	2 vzorky
celkový org. uhlík (TOC)	28,6–32,1	14,1
amorfní fáze	64,2–72,9	54,7–57,0
křemen	14,3–18,0	23,5–31,5
oligoklas An16	MD–10,2	
illit-muskovit	1,3–3,6	MD–4,4
albit	1,3–3,6	MD–7,7
ortoklas	MD–3,1	2,8–3,7
weddellit	MD–5,1	
whewellit	MD–4,9	
mikroklin	MD–2,9	
chlorit	MD–0,6	1,0–1,6
kalcit	MD–0,4	4,9
amfibol	MD–0,4	0,6–3,6
spalné teplo [MJ.kg <sup>-1</sup> ]	9,18–11,61	4,46

MD – mez detekce

minerální fáze byly zjištěny v podružném až akcesorickém množství a byly tvořeny vnesenými minerály oligoklasem, muskovitem, albitem, ortoklasem, mikroklinem, chloritem, kalcitem a amfibolem. V čistých kompostech byly zjištěny minerály weddellit (MD–5,1 hmot. %) a whewellit (MD–4,9 hmot. %).

V čistých kompostech byly zjištěny minerální fáze s menšími obsahy, ale s větší variabilitou. V kompostech míchaných v kompostárnách se zeminou bylo zjištěno méně minerálních fází, ale s větším zastoupením. Tyto změny jsou proměnlivé, a to v závislostech na aktuálně dostupných kompostovaných materiálech i na aktuálních zdrojích zeminy používané pro výrobu kompostů. Zemina je používána podle aktuálně sjednaných kontraktů s dalšími organizacemi, nejčastěji skrývková, která je po zapracování do kompostu a po dokončení záměru v místě původu (stavby, sanace) vrácena na místo původu.

Zjištěné minerální fáze weddellit a whewellit jsou organogenní minerály, oxaláty vápníku (šfavelany). Šfavelany obsahuje řada rostlin, jejichž zbytky jsou pro kompostování používány. Kyselina šfavelová může také vznikat rozkladem organických látek. Weddellit a whewellit vznikají primární krystalizací, případně se vzájemně zaměňují probíhající hydratací a dehydratací. Jde o minerály rozložitelné v půdě, poskytující prvky pro výživu rostlin.

Analýza minerálních fází kompostů poskytuje informace o vazbách prvků nutných pro výživu rostlin a podává tak zatím netradiční informace o kvalitě vyráběných kompostů.

*Poděkování. Studie byla finančně podpořena projektem Vzdělávání pro konkurenceschopnost CZ.1.07/2.3.00/30.0031 Postdoktorské pozice v technických a ekonomických oborech na Mendelů. Autoři děkují za připomínky editorovi K. Kirchnerovi a recenzentům S. Houzarovi a M. Poňavičovi.*

## Literatura

- BISH, D. L. – POST, J. E. (1993): Quantitative mineralogical analysis using the Rietveld full pattern fitting method. – *Amer. Mineralogist* 78, 932–940.
- BISH, D. L. – POST, J. E., ed. (1989): *Modern powder diffraction*. – *Rev. Mineralogy* 20, 369 str.
- FILIP, J. (2002): *Odpadové hospodářství*. – 116 str. Mendel. zeměd. a les. univ. Brno.
- KOLÁR, L. – KUŽEL, S. (2000): *Odpadové hospodářství*. – 193 str. Zeměd. fak. Jihočes. univ. České Budějovice.
- MANDILE, A. J. – HUTTON, A. C. (1995): Quantitative X-ray diffraction analysis of mineral and organic phases in organic-rich rocks. – *Int. J. Coal Geol.* 28, 1, 51–69.
- VÁŇA, J. – BALÍK, J. – TLUSTOŠ, P. (2004): *Pevné odpady*. – 178 str. Čes. zeměd. univ. Praha.
- ZEMÁNEK, P. (2001): *Speciální mechanizace – mechanizační prostředky pro kompostování*. – 114 str. Mendel. zeměd. a les. univ. Brno.