

**URČOVÁNÍ STABILITY KOMPOSTU POMOCÍ SYSTÉM RAMKO 2
RESPIROMETR - ADIABATICKÝ MĚŘIČ KONCENTRACE KYSLÍKU**
DETERMINATION OF STABILITY COMPOST USING BY SYSTEM RESPIROMETER RAMKO - 2
ADIABATIC OXYGEN CONCENTRATION

A. Roy¹⁾, K. Holubová²⁾, P. Plíva¹⁾, A. Dolan³⁾

¹⁾Výzkumný ústav zemědělské techniky v.v.i., Praha, ²⁾Česká zemědělská univerzita v Praze,

³⁾Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Abstract

The aim of this work was to verify the suitability of the device Ramko 2 for measuring the biological stability during the composting in terms of the Research institute of Agricultural Engineering in Pratur. For this purpose were based four piles 3 piles with a similar composition and on which were measured temperature and DRI during all stages of composting. From the recorded data was created graphs both processes in-dividual piles and compared with each other. From results assess the suitability for the authentication of biological stability.

Keywords: biological stability, respirometer, composting

1. ÚVOD

Definice kompostu je uváděna podle normy ČSN 46 5735 takto: Stabilizovaná, nepáchnoucí, hnědá až černá homogenní hmota, drobtovitá až hrudkovité struktury, vzniká aerobním biologickým zráním rozložitelných odpadů, bohatá na humusové látky a rostlinné živiny (ČSN 46 5735).

Z této definice lze usuzovat, že biologická stabilita patří mezi základní vlastnosti kompostů. Názory jednotlivých autorů se různě liší v přesné definici stability, příkladem je kolektiv autorů Adani et al. (2003) kteří uvádí, že biologická stabilita je míra, do jaké mohou látky organického původu podléhat biologickému rozkladu.

Pro zemědělskou praxi je nutno uvést zejména tvorbu fytotoxických látek, které vznikají při nedostatečných aerobních podmínkách. U biologicky nestabilních kompostů hrozí také opětivý nárůst patogenních mikroorganismů. Dalším nepříjemným jevem může být tvorba a únik zápašných látek.

Jednou ze základních charakteristik kompostů je jeho stabilita. Žádná norma v současnosti nepředepisuje, jakou metodou by se měla stabilita měřit a neurčuje ani jakých hodnot by měla stabilita dosahovat. Biologicky rozložitelné suroviny mají obvykle velmi nízkou stabilitu. V průběhu biologické úpravy, nejčastěji kompostováním, se postupně stabilita surovin zvyšuje až je tzv. zralá (stabilní).

Stabilitu lze rozlišovat jako dočasnou, která je způsobena například nedostatkem vody v surovině, nebo trvalou, která je způsobena transformací snadno rozložitelných biologických látek do formy složitých komplexů humusových látek.

Zralost je všeobecný pojem, popisující vhodnost kompostu pro jednotlivá konečná použití. Stabilita vypovídá o odolnosti organické hmoty vůči vlastní

degradaci. Zralý kompost je připraven k použití, obsahuje-li nepatrné množství nebo přijatelnou koncentraci fytotoxických komponentů jako je NH₃ nebo organické kyseliny. [2]

Je tedy nutné, abychom mohli přesně definovat a stanovit biologickou stabilitu. Ta oceňuje stupeň degradace organické hmoty. Stanovuje aktuální míru, které bylo dosaženo během dekompozičních procesů a reprezentuje hodnotu známé stupnice, což umožňuje tyto dekompoziční procesy srovnávat (Lasaridi and Stentiford, 1996). Je důležité znát stupeň stability organických látek nejen během aerobních biologických procesů, ale také u finálních výrobků, aby bylo možné kontrolovat efektivitu těchto procesů, ohodnotit použitelnost finálních výrobků a také optimalizovat technologii jednotlivých zařízení. (Lasaridi and Stentiford, 1998). Dosažením dobré stability lze také potlačit výskyt chorob rostlin (Iannotti et al., 1993; Müller et al., 1998).

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této práce bylo ověřit vhodnost respirometru RAMKO 2 pro měření biologické stability v průběhu kompostování v podmínkách VÚZT, v.v.i. Praha. Za tímto účelem byly založeny tři zakládky, na nichž se měřila teplota, obsah kyslíku a DRI všech hotových kompostů.

3. METODY STANOVENÍ BIOLOGICKÉ STABILITY

Dynamický respirační index (DRI)

Dynamický respirační test měří okamžitou spotřebu kyslíku využitého k biochemické oxidaci snadno rozložitelných látek v organických surovinách

při nucené aeraci vzduchu do vzorku. Výsledek tohoto testu je znám jako dynamický respirační index (DRI).

Podle účelu analýzy se používají dvě metody určování DRI:

- metoda A-potenciální DRI (PDRI)
- metoda B-reálný DRI (RDRI).

Metoda B principem a postupem odpovídá metodě A, rozdíl je pouze v tom, že se určuje DRI neupraveného vzorku (RDRI), který odpovídá aktuálním chemicko-fyzikálním vlastnostem vzorku.

Metoda A – Potenciální dynamický respirační index (PDRI)

Respirometrická analýza je provedena na standardizovaném vzorku podle hlavních chemicko-fyzikálních parametrů. Standardizace dává záruku nejlepších podmínek růstu pro aerobní mikroorganismy a vytváří dobré podmínky pro jejich aktivitu, to pak umožňuje měření potenciální aktivity mikroorganismů schopných degradace organických látek.

Výsledek potenciální dynamické respirační analýzy je definován jako „potenciální dynamický respirační index“ (PDRI) v jednotkách $mg\ O_2.kg\ VS^{-1}.h^{-1}$, ($VS = spalitelné\ látky$).

Metoda může být použita pro měření biologické stability organické hmoty i pro upravený a neupravený pevný komunální odpad.

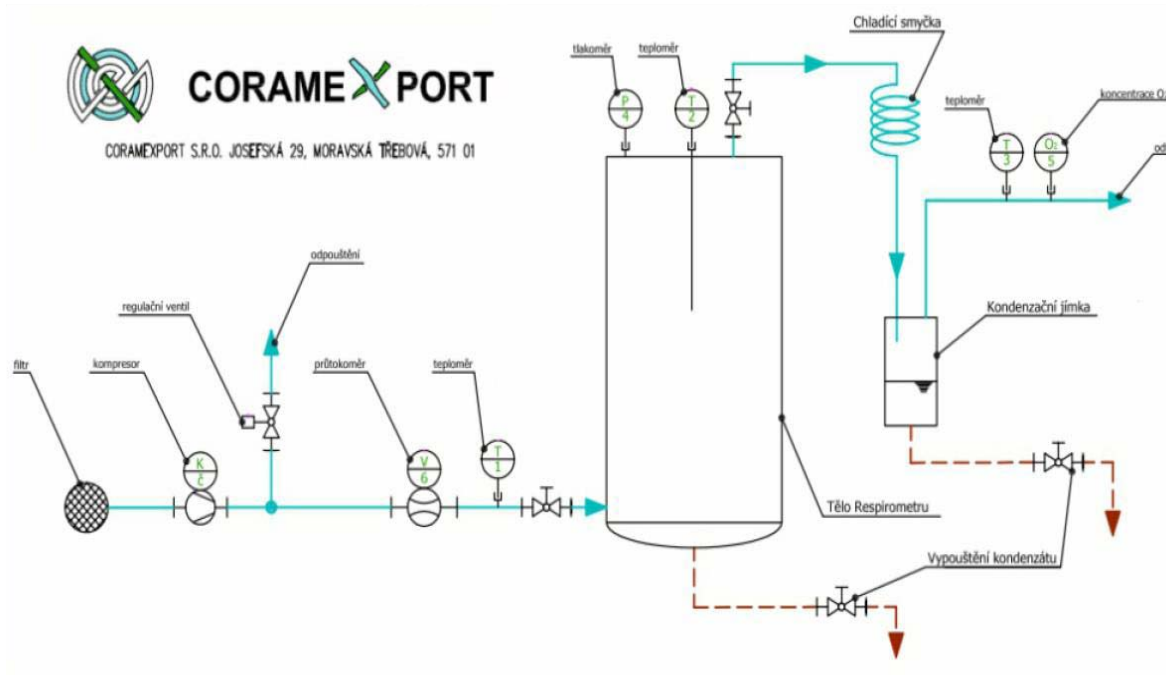
Před vlastním měřením je nutné vzorek upravit na následující hodnoty v tab. 1.

Tab. 1: Hodnoty vstupního materiálu

objem	5-50 l
vlhkost	40-65 %
objemová hmotnost	< 650 kg.m ⁻³
pH	6,5 až 8,5

Pokud je nutná úprava pH, provádí se během vlhčení přidáním kyseliny či zásady. Je-li objemová hmotnost vyšší než 650 kg.m⁻³, upravuje se tento parametr pomocí biologicky inertního strukturovaného materiálu.

Respirační test se provádí na aerobním respirometru s kontinuálním průtokem, který je schematicky znázorněn na obr. 1 a na obr. 2 je přístroj zachycen v činnosti v laboratoři VÚZT, v.v.i..



Obr. 1: Schéma aerobního respirometru s kontinuálním průtokem
(Zdroj: http://www.coramexport.cz/data/ramko2_cz.pdf, 2014)



Obr. 2: Stanovování stability kompostu v laboratoři
(Zdroj: P. Plíva)

Dynamický respirační index (DRI) odráží provozní podmínky reálných zařízení na využívání bioodpadů. Typický průběh hodnot při měření dynamického respiračního indexu má dle spotřeby kyslíku čtyři fáze:

- první mezofilní (zahřívací) fáze, která, pokud bude probíhat, může trvat i několik dní,
- druhá fáze nastává, pokud jsou dobré fyzikálně-chemické podmínky ve vzorku podporující rozvoj mikroflóry, zvýšením počtu a aktivity mikroorganismů stoupá v této fázi DRI exponenciálně,
- třetí fáze začíná s postupným úbytkem snadno rozložitelných látek, který časem způsobí rovnováhu mezi množením a umíráním mikroorganismů, v této fázi bývají momentální hodnoty DRI v čase konstantní,
- ve čtvrté fázi probíhá snížení momentálních hodnot DRI, neboť dochází ke zpomalení degradace díky zmenšení množství snadno rozložitelných látek, tato fáze je podmíněna rychlostí hydrolýzy stabilních látek.

Vzorek je v zařízení 1-4 dny (podle trvání první fáze), zjištěné hodnoty jsou zaznamenávány v intervalu 2 hodin. Pokud hodnoty DRI dosahují konstantních či rostoucích čísel, měření je po odečtu posledních 12 dat ukončeno.

Po ukončení je určen objem kyslíku spotřebovaný aerobní biologickou aktivitou. Vypočítá se jako průměr 12 okamžitých respirometrických indexů (DRI_i) během 24 hodin, kdy byla mikrobiální aktivita nejvyšší.

4. MĚŘENÍ STABILITY

RAMKO 2 firmy CORAMEX je respirometr, určený ke stanovení aktivity bio odpadů (kompostů). Tělo respirometru je vyrobeno z vysoce kvalitní nerezové oceli, aby byla zaručena dostatečná tuhost, odolnost a životnost. Systém RAMKO 2 má jednoduché ovládání přes dotykovou obrazovku a je vybaven USB rozhraním, pro snadný přenos dat jejich manipulaci.

Měření DRI v systému RAMKO 2 probíhá na principu prohánění vzduchu měřeným substrátem a na základě spotřeby kyslíku se provádí úprava množství vhněného vzduchu do respirometru.

Při měření SRI v systému RAMKO 2 není proháněn vzduch měřeným, ale sleduje se pouze úbytek kyslíku v čase v uzavřené nádobě.

Toto měření se zaměřovalo na sledování DRI a jeho hodnotu pro jednotlivé zakládky. Při zpracování dat z respirometru, bylo použito vyhodnocení pomocí grafů, které zobrazují vývoj teploty během měření a zaznamenané hodnoty DRI. Též je tam zanesena červenou čarou hodnota $1000 \text{ mg O}_2 \text{ kg VS}^{-1} \text{ h}^{-1}$ jako hranice stanovená pro biologickou stabilitu.

Pro ověření hodnot stability kompostu v jednotlivých fázích bylo využito respirometru Ramko 2 od firmy Coramexport. Z jeho funkcí bylo vybráno měření pomocí dynamického respiračního indexu (DRI) a to konkrétně Reálný dynamický respirační index. Kdy vkládaný vzorek byl určován z neupraveného vzorku. Tento index byl vybrán z důvodu aktuálním chemicko-fyzikálním vlastnostem vzorku.

Vkládané vzorky měly objem od 10 do 40 litrů a před samotným měřením muselo proběhnout měření vlhkosti, měření obsahu spalitelných látek, hustoty a hmotnosti, neboť tyto hodnoty byly zadávány jako vstupní hodnoty do přístroje. Dále se zadávala relativní vlhkost a teplota v laboratoři, které se měřili teploměrem doplněným o měření vlhkosti. Poté byl spuštěn proces měření.

Vzorek byl v zařízení 1 – 3 dny (podle trvání lag fáze) zjištěné hodnoty byly zaznamenávány v intervalech 10 min. Výsledky byly zpracovány, průměrovány a zaneseny do tabulek a grafů pro možnost porovnání s vývojem teploty.

Hlavními surovinami do zakládek kompostu č. 1, 2 a 3 jsou uvedeny v tab. 2 a v tab. 3 jsou uvedeny výsledky agrochemických rozborů kompostů, které byly provedeny v laboratořích MORAVA s.r.o. a VÚZT,v.v.i.. V tab. 4 jsou vstupní parametry vzorků.

Všechny zakládky byly založeny na kompostárně v areálu VÚRV, v.v.i. na oplocené ploše o rozměru cca 60 m x 10 m. Na kompostárně

se kompostuje technologií kontrolovaného mikrobiálního kompostování v pásových hromadách na volné ploše.

Tab. 2: Složení modelových zakládek na kompostárně VÚZT, organická zakládka v % hm.: 60–70 % separátu, 20–30 % BRO (tráva, listi) a 10 % sláma, OHV = 275 kg/m³, popel ze spalování biomasy OHV = 960 kg/m³

Varianta	Organická zakládka		Popel		Celková zakládka		Podíl popela	
	V [m ³]	m [kg]	m [kg]	V [l]	m [kg]	V [m ³]	% hm.	kg/m ³
Hromada 1 – HR1	15	4125	62	59,5	4187	15	1,48	4,1
Hromada 2 – HR2	15	4125	124	119	4249	15	2,92	8,2
Hromada 2 – HR3	15	4125	-	-	4125	15	-	-

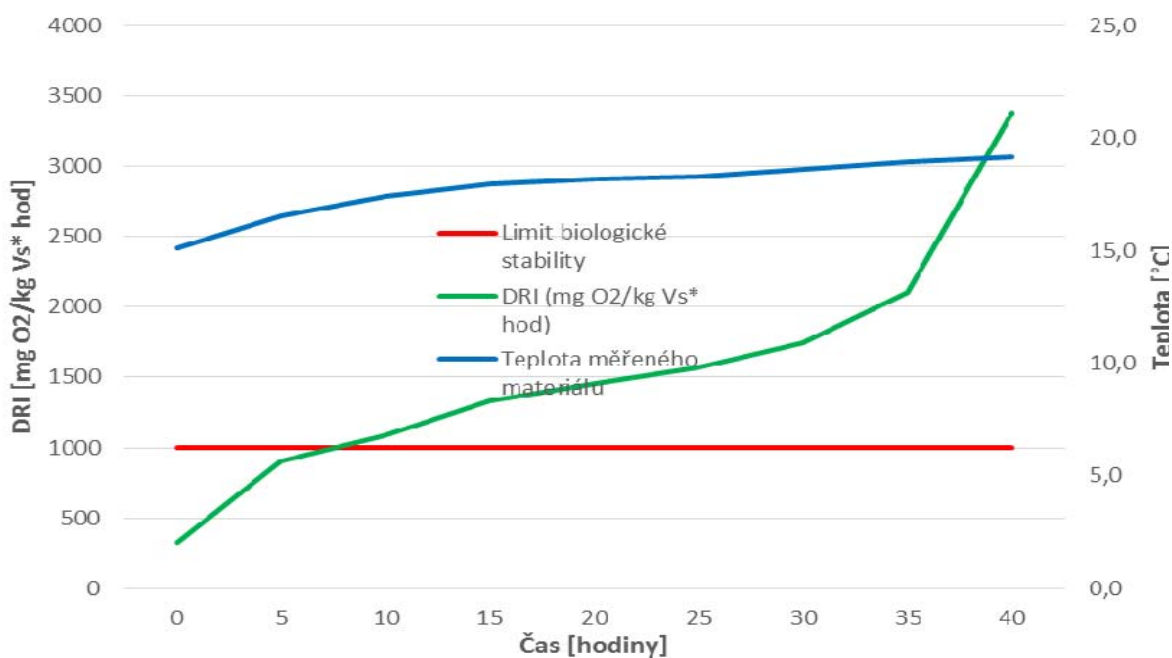
Tab.3: Agrochemické rozbory zakládek č. 1, 2, 3 (na experimentální kompostárně VÚZT,v.v.i.)

Znak jakosti	Jednotky	Hodnota dle ČSN	Zjištěné hodnoty zakládka č. 1, 2, 3		
			1	2	3
Vlhkost	%	Od zjištěné hodnoty spalitelných látek do jejího dvojnásobku avšak min. 40,0 max. 65,0	46,70	47,76	51,69
Spalitelné látky ve vysušeném vzorku	%	min. 25,0	27,6	35,0	32,3
Celkový dusík jako N přepočtený na vysušený vzorek	%	min. 0,60	1,00	1,12	1,10
Poměr C:N	-	max. 30:1 u organ. kompostů výlučně (5-15):1	14:1	16:1	15:1
Hodnota pH	-	od 6,5 do 8,5	8,5	8,5	8,5
Nerozpustitelné příměsi	%	max. 2,0	<0,50	<0,50	2,90
Objem	l	od 5 do 50	38	45	22
Objemová hmotnost	kg.m ⁻³	< 650	460	520	445

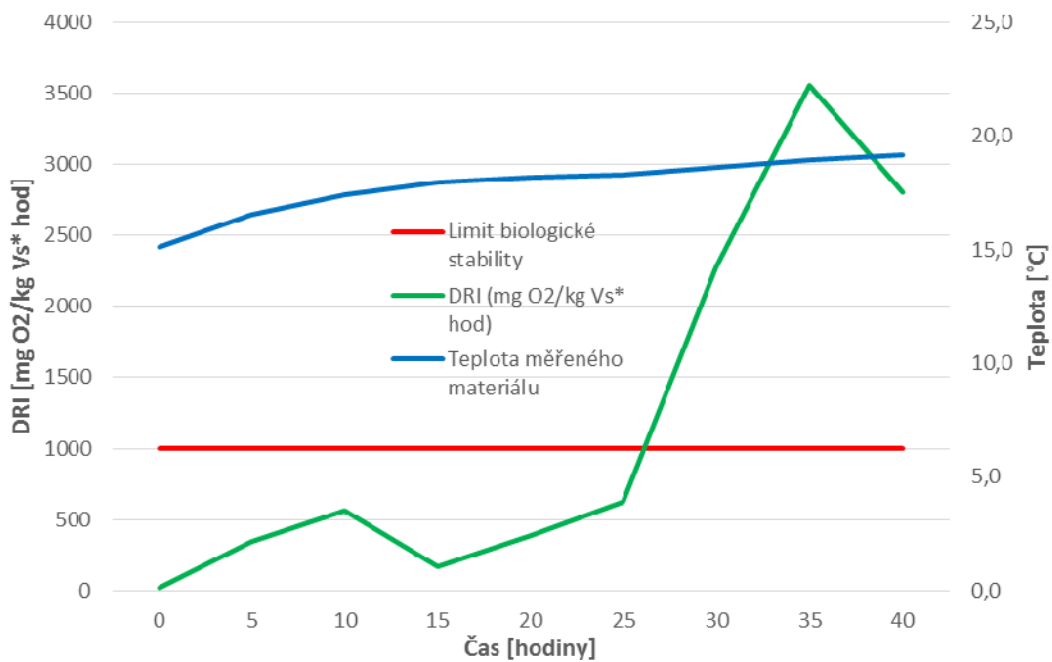
5. VÝSLEDKY

Tab. 4: Vstupní parametry vzorků

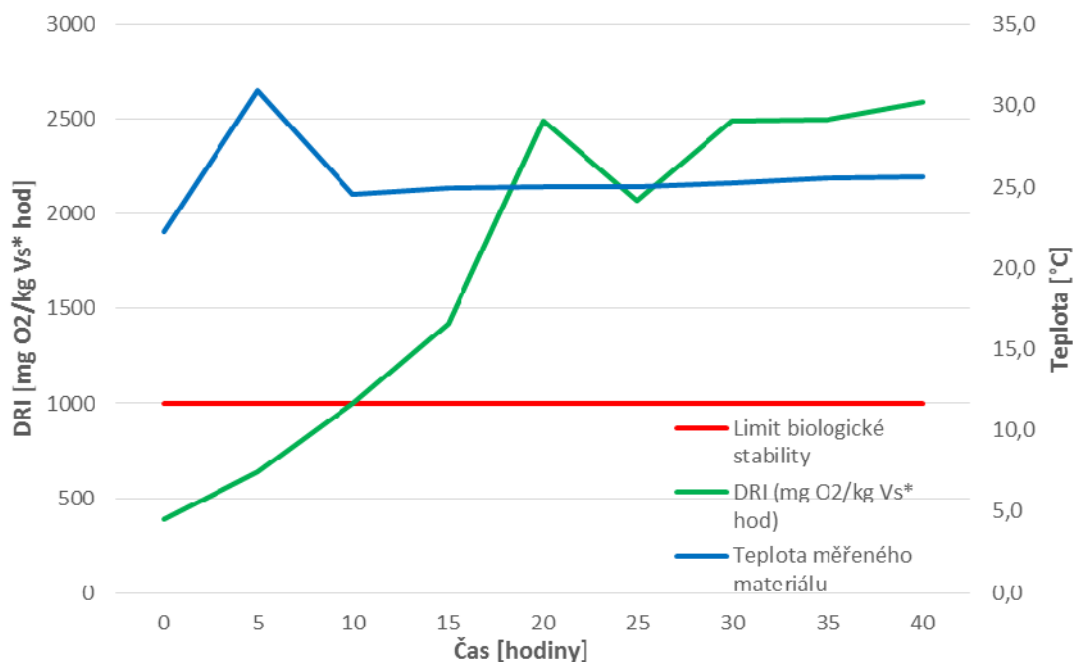
Vstupní parametry vzorku	Hmotnost	Hustota	Vlhkost	Podíl spalitelných látek	Teplota v laboratoři	Vlhkost v laboratoři
	kg	kg/m ³	%	%	°C	%
Zakládka č. 1	38	460	47	28	30	60
Zakládka č. 2	45	520	48	35	25	65
Zakládka č. 3	22	445	52	32	25	70



Graf 1: Průběh teploty a DRI u vzorku č.1 (červeně je vyznačena hranice DRI pro biologicky stabilní materiály)



Graf 2: Průběh teploty a DRI u vzorku č. 2 (červeně je vyznačena hranice DRI pro biologicky stabilní materiály)



Graf 3: Průběh teploty a DRI u vzorku č. 3 (červeně je vyznačena hranice DRI pro biologicky stabilní materiály)

6. ZÁVĚR A DISKUSE

Kompostování bio odpadů je možno považovat za jednu z technologií přispívajících k trvale udržitelnému životu na této planetě. Tato technologie minimalizuje vznik skleníkového plynu metanu vznikajícího při skládkování bio odpadů a vyrobený kompost trvaleji zabezpečuje úrodnost půdy. Ekologický účinek kompostování bio odpadů se zvyšuje v kombinaci s technologií anaerobní digesce. V budoucnosti bude kompostování aplikováno nejen při využívání, ale i při likvidaci nevyužitelných biologických odpadů.

Od roku 1998 je evidentní nárůst zájmu o kompostování odpadů a to zejména odpadů z údržby veřejné zeleně (tráva, listí, dřevní štěpka). Na základě obnoveného zájmu zemědělců o hnojení průmyslovými komposty se zprovozňují staré kompostárny a rozbíhají se nové podnikatelské záměry.

Právě v těchto kompostárnách považujeme za nutné používat respirometry při procesu kompostování. Běžně jsou kompostárny opatřeny zařízeními sledujícími vývoj teploty, vlhkosti a obsahu kyslíku v zakládce. Na základě těchto dat může obsluha, popřípadě software, zasahovat do procesu. Nicméně doplněním o měření mikrobiální aktivity vznikne další pohled na stále zkoumané prostředí přeměny organických látek, vtažů s dalšími veličinami a vlivu technologických vstupů. Ideální by byla též spolupráce s firmou Coramexport na vývoji zařízení a

vytvořit tak přístroj který není omezen na zakládání materiálu do těla respirometru, nýbrž by pomocí sond dokázal měřit DRI přímo v zakládce.

Vývoj měření stability se posouvá stále kupředu, usuzujeme tak podle rozšiřující se dostupnosti hodnot DRI pro jednotlivé materiály, ale i pro směsi. Navzdory tomu těchto zdrojů je stále malé množství a v případě hodnot z měření DRI v jednotlivých fázích kompostování je prostor pro další výzkum. K těmto účelům, dle mého názoru může být využit přístroj RAMKO 2.

Pro interpretaci výsledků byla zvolena forma grafů, které zobrazují vývoj všech měřených záznamů v čase. Tyto grafy byly vybrány z důvodu názorného zobrazení naměřených hodnot a možnosti vzájemného porovnání.

Měření všech 3 zakládek se přiblížilo k hranici biologické stability, hodnoty byly už pod limit biologické stability stanovený na 1000 mgO₂ kg VS⁻¹h⁻¹. Hodnota posledního měření DRI vyšla 109 mgO₂ kg VS⁻¹h⁻¹, kdy můžeme konstatovat, že se jedná o stabilní a vyzrálý kompost.

POZNÁMKA

Článek byl zpracován v rámci řešení projektu NAZV QJ1530034 „Legislativní podklady pro větší uplatnění kompostů, zejména vermikompostu, na zemědělskou půdu“ podpořeném MZe ČR.

7. LITERATURA

- ADANI F., GUGLIOTTI G., VALENTINI F. AND LARAIA R.: Respiration index determination: a komparative study of different methods. *Kompost Science and Utilization*, 11(2), 2003, 144-151.
- IANNOTTI, D.A., T PANG, B.L. TOTH, D.L. ELWELL, H.M. KEENER AND, H.A.J. HOITINK.: A quantitative respirometric method for monitoring compost stability, *Compost Science & Utilization*, 1 (3): 52-65, 1993.
- LASARIDI K.E. AND STENTIFORD E.I.: Respirometric techniques in the context of compost stability assessment: principles and practice, In: de Bertoldi, P. Sequi, B. Lemmes and T. Papi (eds). *The Science of Composting*, Blackie Academic & Professional, London, 1996, pp. 567-576.
- LASARIDI K.E. AND STENTIFORD E.D.: A simple respirometric technique for assessing compost stability, 1998, *Water Research*, 32: 3717-3723.
- MÜLLER W., K. FRICKE AND, H. VOGTMANN.: Biodegradation of organic matter during mechanical biological treatment of MSW, 1998, *Compost Science & Utilization*, 6 (3): 42-52.
- STOFFELA P.J., KAHN B.A.: *Compost Utilization in Horticulture cropping system*. Lewis Publisher, USA, 2001.

Abstrakt

Cílem této práce bylo ověřit vhodnost respirometru RAMKO 2 pro měření biologické stability v průběhu kompostování v podmínkách VUZT v.v.i. Praha. Za tímto účelem byly založeny tři zakládky, na nichž se měřila teplota, obsah kyslíku a dynamický respirační index DRI všech hotoových kompostů. Z výsledků se posoudila vhodnost pro tohoto přístroje ověřování biologické stability kompostu

Klíčová slova: biologická stabilita, respirometr, kompostování

Kontaktní adresa:

Ing. Amitava Roy, Ph.D.

tel.: 233 022 241

e-mail: roy.amitava@vuzt.cz

Ing. Petr Plíva, CSc.

tel.: 233 022 367

e-mail: petr.pliva@vuzt.cz

Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.

Drnovská 507, 161 01 Praha 6 – Ruzyně

Ing. Antonín Dolan Ph.D.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Studentská 13, 37005 České Budějovice

tel.: 387 772 638, 603 513 679

e-mail: dolan@zf.jcu.cz

Bc. Kristýna Holubová

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Péče o biosféru - Odpady a jejich využití

Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 - Suchbátka

tel.: 733 120 412

e-mail: holub.kr@gmail.com

Recenzovali: Ing. M. Macourek, Ph.D., Ing. J. Frydrych