

Reduction of ammonia and greenhouse gas emissions during composting process

M. KOLLÁROVÁ ⁽¹⁾, J. HABART ⁽²⁾ AND P. PLÍVA ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Research Institute of Agricultural Engineering; Ecology of agricultural technological systems division
(e-mail: maria.kollarova@vuzt.cz, petr.pliva@vuzt.cz)

⁽²⁾ Czech University of Life Sciences; Faculty of Agrobiolgy, Food and Natural Resources (e-mail: habart@biom.cz)

Abstract One of method of biodegradable waste processing is a technology of controlled composting which can be used for processing of a large part of biodegradable waste and thus to reduce their proportion on landfills.

The controlled composting technology enables to convert the biodegradable waste to further usable humus-like material (organic fertilizer) having multiple positive effect on soil properties.

Amount of organic matter fixed in soil has still increasing impact in connection with continual climatic changes. Through utilization of organic fertilizers the organic carbon can be retained in soil to contribute to reduction of the carbon dioxide amount in atmosphere (so called sequestration).

The incidental phenomenon of the composting process is ammonia, greenhouse gas and odour substances production.

Their production depends on compost microbial activity, nature of processed raw materials and appropriate controlling of composting technology.

In the paper are presented results of experiments focused to prove ability of the composting process to reduce the greenhouse gas emissions in dependence on used composting technology, raw material composition with using of biotechnological agents.

Úvod

Kompostování je technologie, která umožňuje smysluplnou proměnu biodegradabilních odpadů na dále využitelný humusový materiál- kompost (JELÍNEK a kol., 2002). Kompost, jako organické hnojivo, může částečně nahradit průmyslová hnojiva, ale lze jej využít například i jako materiál pro rekultivace v krajině.

Kvalitní kompost svým působením mnohostranně zlepšuje fyzikálně- chemické vlastnosti půdy, obohacuje půdu o humusové látky a přispívá k oživení půdní fauny.

Kompost lze využívat k plynulému a hospodárnému zachycování organického uhlíku v půdě a vytvářet tak možnost snižování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře (sequestrace). Proto je kompostování považováno za technologii využitelnou při snižování emisí skleníkových plynů (PLÍVA a kol., 2004).

V některých případech dochází v průběhu kompostovacího procesu při rozkladu biodegradabilních odpadů k uvolňování amoniaku, skleníkových a dalších plynů, které způsobují zápach v okolí zakládek kompostu.

Produkce plyných emisí je závislá na mikrobiální aktivitě v kompostu, charakteru kompostovaných surovin a správném řízení kompostovacího procesu.

Na trhu je v současné době k dispozici řada biotechnologických přípravků, které po doporučené aplikaci podle pokynů výrobců, dokáží produkci těchto plynů snížit a podstatně omezit či dokonce odstranit zápach (JELÍNEK, KOLLÁROVÁ, 2004).

Lze předpokládat, že produkce plyných emisí je závislá i na teplotě surovin během kompostování, hodnotě pH kompostovaných surovin a intenzitě aerace.

Experiment 1

Ověření možnosti minimalizace produkce plynných emisí v průběhu kompostování pomocí regulace intenzity aerace kompostu.

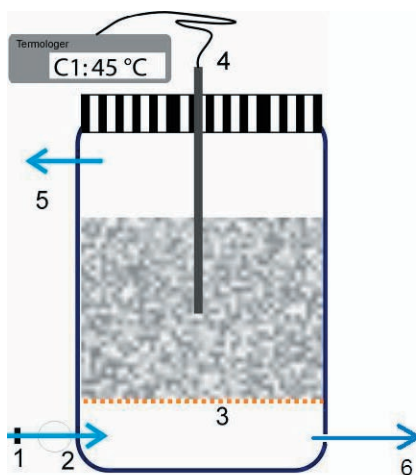
Material a metody

Pro experiment byly použity dva druhy biologicky rozložitelných surovin. Jednalo se o separovaný bioodpad z domácností a drůbeží podestýlku. Výslední hodnoty laboratorních analýz vstupních surovin uvádí tab.1.

Tab. 1: Výsledné hodnoty laboratorních analýz vstupních surovin

Parametr	Varianta	Surovina A BRKO a drůbeží podestýlka	Surovina B + DAM BRKO
Sušina (%)		35	41
Spalitelné látky (%)		78,3	76,1
pH		5,51	6,15
N _{tot} (%)		1,44	1,60
C:N		27,16	21,7

Základní jednotkou experimentální soustavy je izolovaný reaktor, tvořený polyethylenovým sudem o pracovním objemu 70 l (obr. 1).



1 – regulace průtoku vzduchu, 2 – přívod vzduchu, 3 – perforované mezidno, 4 – teploměr s digitálním záznamem, 5 – odvod emisí, 6 – odvod přebytečné tekutiny

Obr. 1: Experimentální reaktor

Tepelná izolace reaktoru je zajištěna pěnovým izolačním materiálem (miralon), který pokrývá reaktor po celém obvodovém plášti. Pro zajištění průtoku vzduchu kompostovanými surovinami je reaktor vybaven mezidnem. To je tvořeno plastovou mřížkou a jemnou sítkou, která zajišťuje, že suroviny nepropadnou do spodní části reaktoru. Význam dvojitého dna spočívá také v zachycení přebytečné vlhkosti na dně reaktoru mimo suroviny. Tím se předejde stavu, kdy by byla spodní vrstva přemokřena a docházelo by tak k nežádoucím procesům. Pod tímto druhým dnem také ústí do reaktoru přívod vzduchu, který zajišťuje PVC hadice.

Dobu aerace lze regulovat časovým spínačem, množství vzduchu škrticím ventilem.

Pro potřeby experimentu byly vytvořeny 2 varianty- varianta A a varianta B. Varianta A byla založena do fermentorů 1 až 6 a varianta B do fermentorů 7 až 12. Poměrné složení variant je zaznamenáno v tabulce 2.

Tab.2: Poměrné složení zakládky variant A a B

	Kuchyňský odpad	Zahradní odpad	Podestýlka drůbeže
zakládka A s podestýlkou drůbeže	17,5	32	50
zakládka B bioodpad + DAM	35	64	0

Pro zajištění dostatečné vlhkosti byla do zakládky obou variant přidána voda. V případě varianty B bylo do každého fermentoru přidáno ještě 110 ml tekutého hnojiva DAM z důvodu zajištění dostatečného obsahu dusíku v materiálu zakládky.

Protože cílem experimentu bylo studium vlivu intenzity aerace na proces kompostování a uvolňování emisí, byly obě varianty dále rozděleny podle intenzity aerace na varianty A1, A2, A3 a B1, B2, B3. Každá varianta probíhala ve dvou opakováních (2 fermentory s totožnou intenzitou aerace).

Tabulka 3 popisuje jednotlivé varianty.

Tab. 3: Složení a aerace jednotlivých variant

Materiál Fermentor	Kuchyňský odpad (kg)	Zahradní odpad (kg)	Podestýlka drůbeže (kg)	Voda (l)	DAM (ml)	Aerace	Varianta
1	3,2	6,6	9,9	0,5	0	2	A1
2	3,2	6,6	9,9	0,5	0	4	A2
3	3,2	6,6	9,9	0,5	0	6	A3
4	3,2	6,6	9,9	0,5	0	2	A1
5	3,2	6,6	9,9	0,5	0	4	A2
6	3,2	6,6	9,9	0,5	0	6	A3
7	6,5	13,3	0	1,3	110	2	B1
8	6,5	13,3	0	1,3	110	4	B2
9	6,5	13,3	0	1,3	110	6	B3
10	6,5	13,3	0	1,3	110	2	B1
11	6,5	13,3	0	1,3	110	4	B2
12	6,5	13,3	0	1,3	110	6	B3
Celkem	58,2	119,4	59,4	10,8	660	-	-

Do každého reaktoru byl proud vzduchu veden přes regulátor průtoku vzduchu. Intenzita aerace byla u jednotlivých variant následující:

- 2 l vzduchu .min⁻¹ (A1, B1),
- 4 l vzduchu .min⁻¹ (A2, B2),
- 6 l vzduchu .min⁻¹ (A3, B3).

Reaktory byly aerovány diskontinuálně, vždy jednou za půl hodiny - 5 minut v 1. a 2. týdnu, 2,5 minuty ve 3. až 6. týdnu a 1,25 minuty v 7. až 12. týdnu.

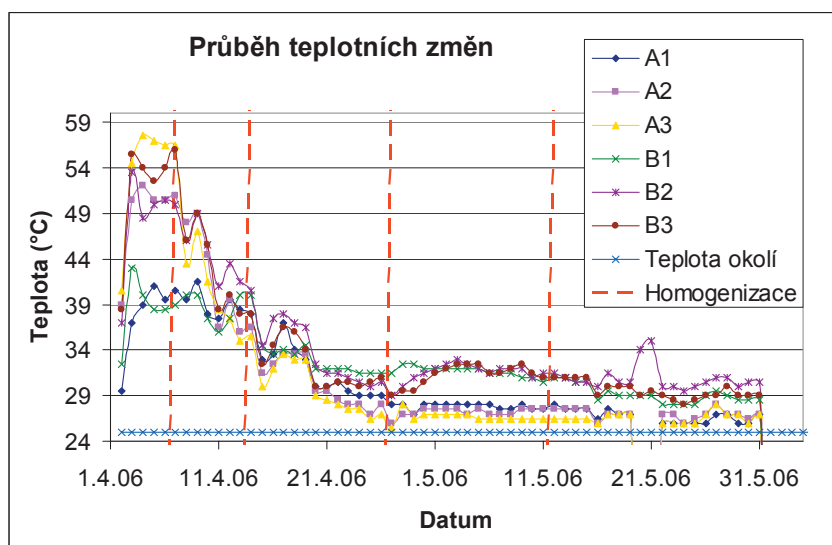
Emise plynů byly odebírány z reaktoru v horní části, pod hermeticky uzavřeným víkem. Z důvodu vysoké vlhkosti plyných emisí a nebezpečí kondenzace vodních par v měřicí aparatuře, je na odvodu plynů instalována nádoba se silicagelem k odstranění vodních par.

Pravidelně, při každé překopávce- na konci 1., 2., 4., 6., a 12. týdne experimentu byly odebrány vzorky kompostu pro analýzy.

Odběr vzorků byl proveden metodou kvartace. Stanovovala se sušina, extrahovatelný uhlík, spalitelné látky, poměr C:N a celkový dusík. Byla stanovena hodnota pH.

V průběhu experimentu probíhalo pravidelné měření teploty.

Teplota byla měřena v každém reaktoru zvlášť. Měření teploty v reaktorech bylo zajištěno sondovými teploměry, které byly napojeny na digitální odečet. Teplota prostředí byla měřena z důvodu kontroly jak digitálním, tak klasickým rtuťovým teploměrem. Teplota laboratoře byla udržována na hodnotě 25 °C. Průběh teplotních změn uvádí graf na obr. 2.



Obr. 2: Průběh teplotních změn (průměrné hodnoty pro varianty A1-3 a B1-3)

Pro posouzení produkce plyných emisí bylo provedeno stanovení koncentrace CO_2 , CH_4 , N_2O a NH_3 přístrojem FAS Brüel&Kjaer 1302. Použitá aparatura obsahuje vzorkovač plynů, který paralelně odebírá vzorky plynu ze šesti míst. Tyto vzorky plynu byly nasávány teflonovou hadičkou a jednotlivě analyzovány v intervalu 80 sekund po dobu 2 hodin. Nejprve tedy probíhalo měření prvních 6 fermentorů a následně byla stanovena koncentrace plyných emisí ve druhé šestici fermentorů. Z výsledných časových řad koncentrací jednotlivých plyných emisí byly pro každou variantu sestaveny aritmetické průměry.

Z průměrných hodnot koncentrace jednotlivých plynů ve fermentorech byly na základě průměrného průtoku vzduchu stanoveny měrné emise přepočítané na kg vstupní hmoty a den.

Pro posouzení míry aerobních podmínek byl stanoven poměr produkce CO_2 a teoretické produkce CO_2 při úplné redukci veškerého O_2 , vstupujícího do jednotlivého fermentoru, viz tab. 3 (teoretická spotřeba O_2).

Zjištěné hodnoty plyných emisí jsou zaznamenány v tabulce 4.

Tab. 4: Naměřené hodnoty plynných emisí

Varianta	A1	A2	A3	B1	B2	B3
Parametr						
Vlastnosti materiálů v čase měření (%)						
Sušina	26,5	25,9	24,6	29,8	27,8	28,3
Obsah N_{tot}	1,30	1,46	1,49	1,41	1,43	1,54
Obsah spalitelných látek	70,9	70,3	66,9	69,4	69,5	65,8
Poměr C:N	27,2	24,1	22,5	24,7	24,3	21,3
Plynné emise (mg*den ⁻¹ *kg ⁻¹ zpracovaného materiálu)						
CO₂	1 509	1 830	1 572	1 754	1 562	1 872
CH₄	4,2	0,6	0,6	19,44	1,2	1,08
N₂O	29,28	87,96	69,72	2,4	16,44	10,32
NH₃	0,275	0,425	0,348	0,262	0,221	0,258
Teoretická spotřeba O₂ (%)	65,4	39,6	22,7	75,9	33,8	27,0

Diskuse

Z měrných emisí CO₂ nelze stanovit žádný trend závislosti intenzity aerace na surovinové skladbě či intenzitě aerace. Je to patrně dáno tím, že ve všech variantách byla srovnatelná mikrobiální aktivita, ale jak je možné dokumentovat na hodnotách teoretické spotřeby O₂, aerobní podmínky byly v každé variantě rozdílné, což mělo významný vliv na hodnoty emisí dalších plynů.

Rozdílné aerobní podmínky jsou dle výsledků měření parametrem významně ovlivňujícím produkci CH₄. U variant A1 a B1, kdy dosahuje teoretická spotřeba kyslíku nad 65 % je již produkce CH₄ výrazně vyšší.

Dalším měřeným plynem je N₂O. Zde je patrný trend, že N₂O vzniká nejvíce ve středních variantách aerace. Při nižší intenzitě aerace pravděpodobně není významná část dusíku oxidována na N₂O. Naopak při vyšší aeraci fermentorů může být N ve větší míře oxidován na oxidy s vyšším oxidačním stupněm, které se během stanovení nesledovaly (NO_x; X ≥ 1).

Produkce N₂O je také ovlivněna surovinovou skladbou. U variant A je produkce N₂O několikanásobně vyšší, ačkoli obsah dusíku je u obou variant podobný. Svou roli může hrát také rozdílná sušina či formy N zastoupené v jednotlivých surovinách.

Závěr

Provedeným experimentem bylo zjištěno několik nových poznatků pro optimalizaci kompostovacího procesu a snížení produkce plynných emisí v jeho průběhu.

V průběhu aerobní fermentace dochází k mineralizaci a humifikaci primární organické hmoty. Především vlivem mineralizace vznikají plynné emise. Dle výsledků experimentu má intenzita aerace, ale také rozdílná surovinová skladba, vliv na složení plynných emisí.

Bylo potvrzeno, že vyšší aerace má pozitivní vliv na snížení produkce plynných emisí a při vyšší aeraci také dochází k rychlejší transformaci primární organické hmoty.

Experiment 2

Ověření účinnosti biotechnologických přípravků na snížení produkce plyných emisí z kompostovacího procesu s použitím biofiltru

Material a metody

V září 2004 byl na experimentální kompostárně VÚZT založený experiment, jehož cílem bylo zjistit vliv biotechnologických přípravků na produkci plyných emisí z kompostování činnosti s použitím biofiltru. Byla použita technologie kontrolovaného kompostování v pásových hromadách.

Zakládka kompostu obsahovala jednu hromadu, která byla přikryta neprodyšnou plachtou. Surovinové složení hromady kompostu je uvedeno v tab. 5.

Bylo prováděno pravidelné měření teploty kompostu a obsahu kyslíku v hromadě kompostu. Teplota kompostu byla měřena digitálním teploměrem se zapichovací sondou firmy Sandberger, obsah kyslíku byl zjišťován měřicím přístrojem firmy ASEKO.

Měření emisí plynů procházejících biofiltrem, bylo realizováno měřicím přístrojem INNOVA MULTIGAS (monitor 1312) Multipoint Sampler 1309 INNOVA (JELÍNEK, PECEN, 2003). Byl měřen obsah NH_3 , CO_2 , CH_4 , H_2S .

Biofiltr byl sestaven z velkoobjemového kontejneru, děrovaného dna, přírodního potrubí a dělicích příček. Pro potřeby experimentu byl celý prostor rozdělen na tři komory. Jako náplň komor byla použita dřevní kůra zvlhčená na cca 60%. Náplně dvou komor byly ošetřeny biotechnologickými přípravky Bio – Algeen G40 (náplň 2) a Bakteriokomposter Plus (náplň 1). Náplň střední komory byla neošetřena – kontrolní.

Emise plynů byly měřeny na pěti měřicích místech, S1 – na hromadě kompostu, S2 – v přírodním potrubí kompostu, S3 – v komoře biofiltru bez aplikace biotechnologického přípravku, S4 – v komoře biofiltru s aplikací biotechnologického přípravku Bakteriokomposter Plus a S5 – v komoře biofiltru s aplikací biotechnologického přípravku Bio-Algeen G40. Složení náplní jednotlivých komor biofiltru jsou uvedeny v tabulce 6.

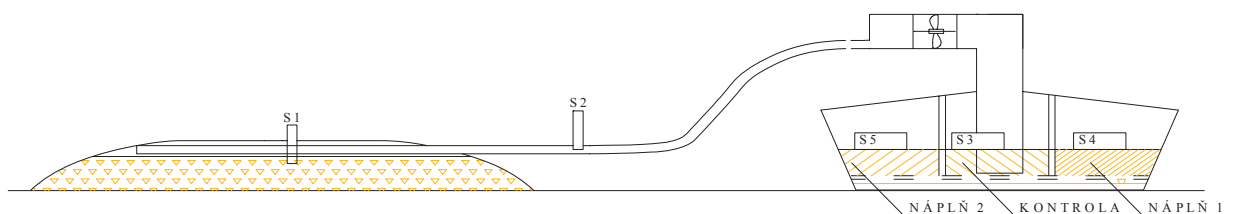
Schéma biofiltru a měřicích míst plyných emisí je zobrazeno na obr. 3. Graf průběhu hodnot naměřené koncentrace CH_4 na biofiltru ze dne 27. 9. 2004 uvádí obrázek 4.

Tab. 5: Surovinové složení hromad kompost

Hromada č.	Surovinové složení	Objem (m^3)	Percentuální podíl (%)	Obj.hmot. Vzorku kompostu (kg. m^{-3})
1	Prasečí hnůj	6	30	267,62
	Tráva	10	50	
	Štěpka	4	20	
Σ		20	100%	

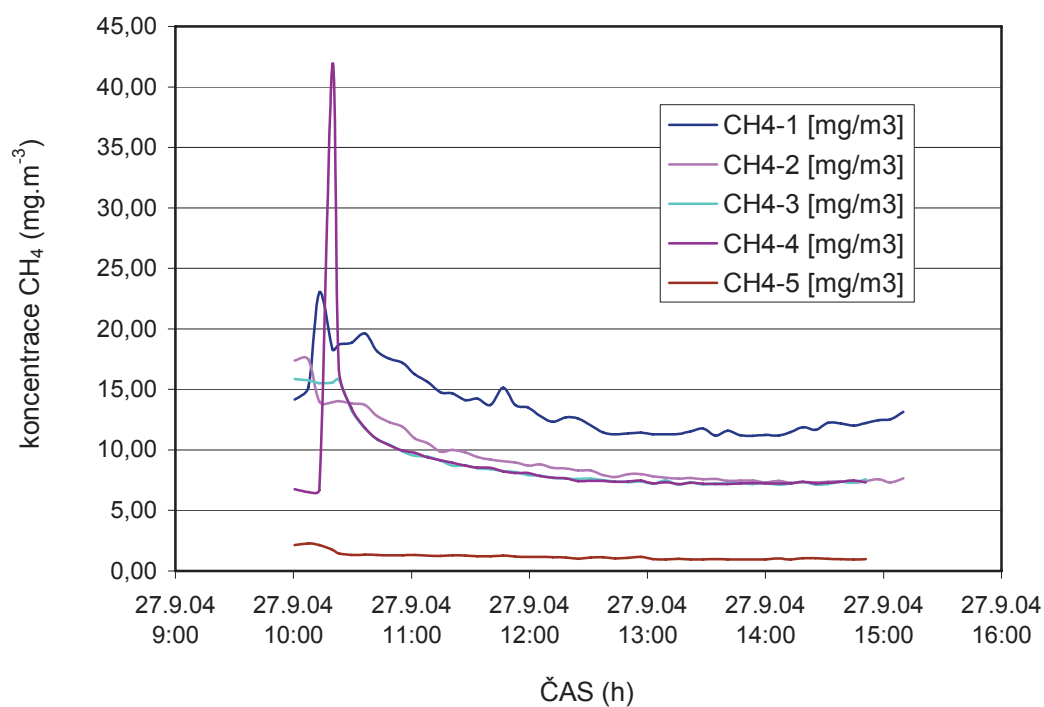
Tab. 6: Náplň biofiltru

Komora	Náplň	Objemová hmotnost (kg.m^{-3})	Mezerovitost (%)	Vlhkost (%)
náplň 1	Dřevní kůra 0,33kg Bakteriokomposter Plus 10 l vody	328,33	61,68	57,3
náplň 2	Dřevní kůra 0,12 l Bio- Algeen G40 10 l vody	333,33	57,85	60,3
kontrola	Dřevní kůra bez aplikace- kontrolní	333,33	63,33	60,1



Obr. 3: Schéma biofiltru

KONCENTRACE CH₄
BIOFILTR 27.9. 2004



Obr. 4: Graf průběhu hodnot naměřené koncentrace CH₄ na biofiltru ze dne 27. 9. 2004

Tab. 7: Jakostní znaky hotového kompostu (Agrolaboratoř VÚZT)

Vzorek	Vlhkost (%)	Spal.látky (%)	N ₂ (%)	C:N
Hotový kompost	35,98	61,12	1,71	17,87
Jakostní znaky podle ČSN 46 5735	40,0- 65,0	min.25	min.0,60	max.30

Diskuse

Výsledky měření prokázaly, že ve srovnání s produkcí plynných emisí z hromady kompostu snížil biofiltr v části, kde byl aplikován Bio-Algeen G40, emise CH₄ o 86,8 %, emise CO₂ o 80,83%, emise H₂S o 68,46 % a emise NH₃ o 83,20 %.

V části biofiltru s aplikací přípravku Bakteriokompostér Plus se snížily emise CH₄ o 42,3 %, emise CO₂ o 48,79 %, emise H₂S o 23,1 % a emise NH₃ o 75,15 %. Graf průběhu hodnot koncentrace CH₄ ze dne 27. 9. 2004 je zobrazen na obr. 5.

Na základě agrochemických rozborů vzorků hotového kompostu lze konstatovat, že vyrobený kompost splňuje ve všech jakostních znacích požadavky ČSN 46 5735 (tab. 7).

Vysoké snížení emisí CO₂ bylo pravděpodobně zapříčiněno tím, že pro měření koncentrace CO₂ byl zvolen optický filtr s vlnovou délkou infračerveného záření 4,5 μm. V kompostu byl patrně přítomen i N₂O, kterého molekuly mají rezonanční frekvenci blízkou rezonanční frekvenci molekul CO₂. Proto pro další měření byl zvolen optický filtr s vlnovou délkou infračerveného záření 4,4 μm.

Závěr

Předložené výsledky výzkumu dokazují, že biotechnologické přípravky je možno využít na snížení emisí plynů NH₃, CO₂, CH₄, H₂S. Jejich uplatnění je vhodné zejména v případech, kdy z rozličných důvodů není možné zabezpečit správný průběh kompostovacího procesu a tím i snížení zápachu pravidelným překopáváním hromad.

Poznátky uvedené v tomto článku byly získány při řešení projektu QF3148 „Přeměna zbytkové biomasy především z oblasti zemědělství na naturální bezzátěžové produkty, využitelné v přírodním prostředí ve smyslu programu harmonizace legislativy ČR a EU“, který je podporovaný Národní agenturou pro zemědělský výzkum.

Literatura

- [1]JELÍNEK A., a kol. 2002. Faremní kompost vyrobený kontrolovaným mikrobiálním procesem. Realizační pomůcka pro zpracování podnikové normy, Praha. ISBN: 80-238-8539-1
- [2]JELÍNEK, A., KOLLÁROVÁ, M.: 2004. Monitorování průběhu kompostovacího procesu.. In Zemědělská technika a biomasa. Sborník přednášek, 23.11.2004. Praha: VÚZT 2004, s. 41-45. ISBN: 80-86884-00-7
- [3]PLÍVA, P.; a kol.: 2004. Přeměna zbytkové biomasy zejména z oblasti zemědělství na naturální bezzátěžové produkty, využitelné v přírodním prostředí ve smyslu programu harmonizace legislativy ČR a EU. Redakčně upravená roční zpráva za řešení projektu č. QF3148 za rok 2004; VÚZT, Z-2440.
- [4]JELÍNEK, A., PECEN. J.: 2003. Ověření metodiky kontinuálního měření emisí amoniaku z chovů hospodářských zvířat. In: Zemědělská technika. 2003. s. 1-6.