

Joanna KOSTECKA*, Grzegorz PĄCZKA, Mariola GARCZYŃSKA
Agnieszka PODOLAK-MACHOWSKA, Cezary DUNIN-MUGLER, Renata SZURA

Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Biologiczno-Rolniczy
Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej
ul. M. Œwiklińskiej 2, 35-601 Rzeszów
* e-mail: jkosteck@ur.edu.pl

Wykorzystanie wermikompostowania do zagospodarowania odpadów organicznych w gospodarstwach domowych

W pracy przeprowadzono analizę odpadów produkowanych przez czteroosobową rodzinę zamieszkującą dom na obrzeżach miasta. Szczególną uwagę zwracano na kuchenne odpady organiczne. Podsumowując kilkuletnie obserwacje nad wermikompostowaniem tej grupy odpadów, zwrócono uwagę na zasadność segregowania odpadów organicznych „u źródła” w kontekście możliwości ich wykorzystania do produkcji wermikompostu w „dżdżownicowych skrzynkach ekologicznych”. W pracy porównywano proces wermikompostowania z użyciem dwóch gatunków dżdżownic: *Eisenia fetida* (Sav.) i *Dendrobaena veneta* Rosa. Rozważono również kilka ekonomiczno-organizacyjnych aspektów wprowadzania innowacyjnych „skrzynek ekologicznych” do codziennej praktyki.

Słowa kluczowe: kuchenne odpady organiczne, wermikompostowanie, dżdżownicowa skrzynka ekologiczna

Wstęp

Odpady są cywilizacyjnym skutkiem działalności człowieka i stwarzają zagrożenie dla jego egzystencji i całego środowiska przyrodniczego. Powstają każdego dnia przy wykonywaniu codziennych czynności i stały się sprawą tak powszechną, że mimo wzrastającej ilości przestano zwracać na nie uwagę. Społeczeństwa krajów wysokorozwiniętych nadal nie potrafią zrezygnować ze swoich przyzwyczajzeń konsumenckich, wobec czego stworzenie stabilnych zasad gospodarki odpadami stało się ważnym zadaniem w budowaniu zrównoważonego rozwoju i ochrony świadczeń ekosystemów [1].

Według danych statystycznych, w 2009 roku każdy mieszkaniec Unii Europejskiej wytwarzał średnio 512 kg odpadów komunalnych, natomiast statystyczny Polak wytwarzał ich około 316 kg rocznie [2], przy czym mieszkaniec miasta około 50% więcej niż mieszkaniec wsi [3]. Taka różnica w poziomie wytwarzania odpadów wynika z nasilonej konsumpcji w terenach miejskich, wyższej zazwyczaj stopy życiowej oraz dostępności towarów. Niezadowolający jest fakt, że w 2009 roku aż 65% odpadów w Polsce trafiło na składowiska (206 kg/mieszkańca), podczas

gdy w Niemczech i Austrii wartość ta jest znacznie niższa - odpowiednio 2 i 4 kg/mieszkańca [2].

W gospodarstwach domowych dużą część odpadów stanowią odpady organiczne, np. resztki żywności, obierki warzyw, a także przeterminowana żywność [4]. W strumieniu odpadów domowych dominują odpady, które mogą i powinny być ponownie zagospodarowane poprzez odzysk. Stanowią one około 50% masy odpadów pochodzących z konsumpcji - około 30% to opakowania, papier, tektura i plastik, a 20% to odpady kuchenne oraz zielone [5]. Według KPGO [3], w 2008 roku w Polsce zebrano 10 milionów ton odpadów komunalnych, z czego ponad 60% pochodziło z gospodarstw domowych.

Ilość i jakość wytwarzanych odpadów zależą od standardu życia mieszkańców, ich przyzwyczajęń i tradycji żywieniowych w różnych porach roku [4]. Inne odpady wytwarza mieszkaniec bloku, a inne mieszkaniec domu jednorodzinnego z ogródkiem przydomowym. W dzielnicach miejskich, gdzie występuje duże nasycenie w obiekty handlowo-usługowe, ilość i jakość odpadów różni się znacznie od dzielnic peryferyjnych oraz miejscowości wiejskich. Unieszkodliwianie odpadów wymaga dobrej znajomości procesów technologicznych oraz wskaźników nagromadzenia odpadów, ponieważ śmieci jako surowiec do unieszkodliwiania to mieszanina bardzo wielu materiałów o zróżnicowanych właściwościach, występujących w różnych proporcjach. Stałe badanie ilości, jakości i struktury odpadów pozwala poznać te zależności i prawidłowo planować rozwiązania w ich zagospodarowaniu [6].

Skład odpadów uzasadnia celowość działań na rzecz organizacji odzysku surowców wtórnych (obecnie takich jak papier, szkło, plastik, metale oraz odpady organiczne) - poprzez selektywne gromadzenie tych odpadów „u źródła”. Od strumienia odpadów należy także „u źródła” izolować odpady niebezpieczne [1].

Ograniczenie negatywnego oddziaływania odpadów produkowanych przez mieszkańców miast i wsi wymaga pilnych rozwiązań, ponieważ potrzeby i wymagania w zakresie ochrony środowiska rosną. Wymagania te powodują np. znaczne ograniczenia na rzecz wyboru terenów, na których można lokalizować składowiska odpadów, rosną też koszty budowy zakładów unieszkodliwiania.

Głównym celem prowadzonych badań było rozpoznanie ilości i dynamiki powstawania kuchennych odpadów organicznych produkowanych przez mieszkańców domu jednorodzinnego pod miastem oraz rozważenie wybranych uwarunkowań ich wermikompostowania w domowych „dżdżownicowych skrzynkach ekologicznych” [7].

1. Materiał i metody

Badania prowadzono w cyklu rocznym w gospodarstwie domowym czteroosobowej rodziny mieszkającej na obrzeżach Rzeszowa w domu z ogródkiem. W skład tej rodziny wchodził rodzice i dorastające dzieci. Reprezentowano tradycyjny styl odżywiania z codziennym przygotowywaniem pełnych posiłków. Wybrane elementy

struktury najczęściej produkowanych odpadów analizowano głównie pod kątem ilości i dynamiki powstawania kuchennych odpadów organicznych z przygotowywania i konsumpcji żywności (jako potencjalnego substratu do unieszkodliwiania w „dżdżownicowych skrzynkach ekologicznych” *on site*). Przy okazji izolowano i określano także udział innych odpadów. Zwrócono również uwagę na odpady niebezpieczne. Analizę przeprowadzano codziennie. Uzyskane dane opracowano z zastosowaniem arkusza kalkulacyjnego Excel, wyniki zaprezentowano jako średnie \pm odchylenie standardowe (SD). Analizę statystyczną przeprowadzono przy użyciu testu t-Studenta. Różnice statystycznie istotne stwierdzano przy poziomie istotności 0,05.

W pracy opisano jeden z eksperymentów, gdy część wyizolowanych odpadów organicznych unieszkodliwiano w „dżdżownicowych skrzynkach ekologicznych” z udziałem dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav.) i *Dendrobaena veneta* Rosa. Ścisłą obserwację procesu tego wermikompostowania prowadzono w laboratorium w temperaturze $20\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ przez okres 3 miesięcy. Do 6 dziesięciolitrowych pojemników wprowadzano odpady organiczne tej samej objętości i jakości (w dawkach po 1 dm^3 resztek kuchennych). Do skrzynek w fazie początkowej wprowadzono po 50 dojrzałych osobników dżdżownic wspomnianych gatunków. Dla *E. fetida* zbilansowano 3 populacje o średniej sumie masy $29,82\pm 1,10\text{ g}$, a dla *D. veneta* kolejne 3 populacje o średniej masie $86,17\pm 0,96\text{ g}$. W trakcie badań po 30, 60 i 90 dniach określono zmiany w ich liczebności i sumie biomasy, a na koniec określono także cechy otrzymanych wermikompostów.

Znając objętość i jakość odpadów organicznych produkowanych w badanym gospodarstwie, rozważono również kilka ekonomiczno-organizacyjnych aspektów wprowadzania innowacyjnych „skrzynek ekologicznych” do codziennej praktyki.

2. Wyniki

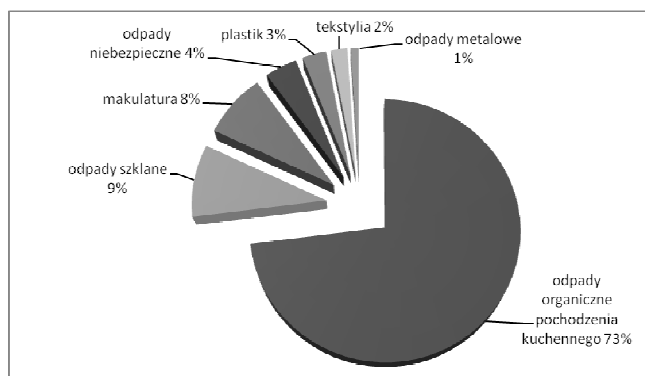
Przeprowadzone obserwacje wykazują, że badana rodzina produkowała miesięcznie $71\pm 18\text{ kg}$ ($311\pm 46\text{ dm}^3$) odpadów (tab. 1). Z dalszej analizy wynika, że nie jest to rodzina przeciętna, bo w jej odpadach bytowych odpady organiczne pochodzenia kuchennego stanowiły aż 73% ich masy. Pozostałe odpady powstawały rzadko, stanowiąc: 9% - szkło, 8% - tektura i papier, 4% - odpady niebezpieczne (w tym głównie baterie, tonery, żarówki i pozostałości po przeterminowanych lekarstwach), 3% - plastik, 2% - tekstylia, 1% - odpady metalowe masy odpadów w ciągu roku (rys. 1).

Największa masa kuchennych odpadów organicznych powstała w okresie wakacyjnym, najmniej odpadów tych stwierdzono w styczniu i lutym (rys. 2). Wydzielona selektywnie biofrakcja stanowiła dobry surowiec do produkcji nawozu. Po trzech miesiącach jej zagospodarowywania przy udziale wspomnianych gatunków dżdżownic (w opisanym w metodyce procesie) określono średnie tempo przyrostu ich liczebności i biomasy (tab. 2).

Tabela 1. Średnia miesięczna masa i objętość odpadów produkowanych przez badane czteroosobowe gospodarstwo domowe w cyklu rocznym

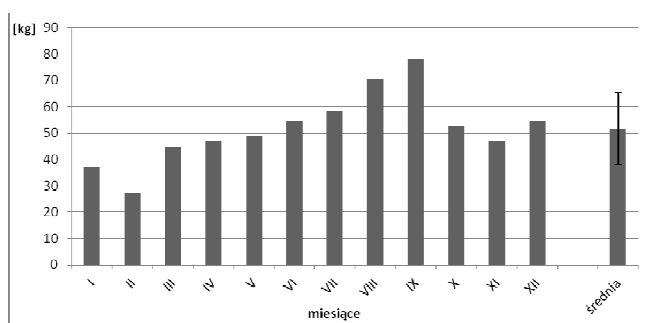
Table 1. Average monthly weight and volume of waste produced by the studied 4-person household in the annual cycle

Kategoria odpadów	Masa, kg	Objętość, dm ³
Odpady organiczne		
z przygotowania i konsumpcji żywności	51,6±13,5	95,5±17,2
Inne		
odpady szklane	6,6±5,4	17,0±1,5
makulatura	5,6±4,5	45,0±4,0
odpady niebezpieczne	3,1±3,3	5,3±1,9
plastik	2,3±1,8	120,0±10,8
tekstylnia	1,6±0,8	20,0±0,8
odpady metalowe (aluminiowe)	0,4±0,3	8,1±0,4
Razem	71±18	311±46



Rys. 1. Procentowy udział odpadów powstających w badanym gospodarstwie domowym w cyklu rocznym

Fig. 1. Percentage of waste generated in the studied household in the annual cycle



Rys. 2. Dynamika powstawania kuchennych odpadów organicznych w badanym gospodarstwie domowym

Fig. 2. Dynamics of the formation of kitchen organic waste in the studied household

Tabela 2. Porównanie wybranych cech rozwoju populacji dżdżownic wermikompostujących kuchenne odpady organiczne w 8-litrowych podłożach

Table 2. Comparison of selected development features of population of earthworms vermicomposting kitchen organic waste in 8 liters of bedding

Gatunek	Populacja startowa		Populacja po 30 dniach		Populacja po 60 dniach		Populacja po 90 dniach	
	liczebność os.	suma biomasy, g	liczebność os.	suma biomasy, g	liczebność os.	suma biomasy, g	liczebność os.	suma biomasy, g
<i>E. fetida</i>	50	29,82 ±1,10	50	34,72 ±3,31	162 ±44	31,70 ±1,51	1967 ±315	95,70 ±7,93
<i>D. veneta</i>	50	86,17 ±0,96	50	104,14 ±3,41	127 ±18	96,23 ±4,08	437 ±45	117,09 ±13,39

Dane w tabeli 2 wskazują, że liczebność dżdżownic obu gatunków w pojemnikach z wermikulturą wzrastała, przy czym średni przyrost liczebności *E. fetida* po 3 miesiącach był ponad 4-krotnie wyższy (o 1917±315 osobników) niż *D. veneta* (o 387±45 osobników) ($p = 0,001$). Z racji znacznej różnicy wielkości obu gatunków ($p = 0,001$) (rys. 3a i b) oraz wolniejszego przyrostu masy *D. veneta* ich średnie sumy biomasy w tym czasie zrównywały się ($p = 0,07$), choć populacje reprezentowały różne tempo jej przyrostu ($p = 0,02$) (przyrost o 65,88±7,0 g dla *E. fetida* i 30,9±13,8 g dla *D. veneta*) (tab. 2).

Rys. 3a. Dojrzałe osobniki *E. fetida* (na górze zdjęcia) i *D. veneta* (Fotografował C. Dunin-Mugler)Fig. 3a. Mature individuals of *E. fetida* (at the top) and *D. veneta* (Photographed by C. Dunin-Mugler)Rys. 3b. Kokony *E. fetida* (po lewej stronie) i *D. veneta* (Fotografowała A. Podolak-Machowska)Fig. 3b. Cocoons of *E. fetida* (on the left) and *D. veneta* (Photographed by A. Podolak-Machowska)

Wyprodukowany wermikompost z odpadów domowych był bardzo bogaty w składniki pokarmowe w stężeniach znacznie przekraczających wymagania pokarmowe roślin (tab. 3). Jak wykazywano już wcześniej [8, 9], przed zastosowaniem należy go odpowiednio rozcieńczyć, modyfikując pH.

Tabela 3. Cechy wermikompostu z kuchennych resztek organicznych

Table 3. Features of vermicompost from kitchen organic residues

Wermikompost	pH w H ₂ O	Zasolenie NaCl g·dm ⁻³	N-NO ₃	P przyswajalny	K przyswajalny	Ca przyswajalny	Mg przyswajalny
Wyprodukowany przez <i>E. fetida</i>	5,09÷5,44	3,48÷5,84	573÷1217	120÷315	605÷1359	1674÷2199	177÷349
Wyprodukowany przez <i>D. veneta</i>	6,19÷6,20	3,90÷4,01	423÷444	193÷211	1267÷1340	2442÷2532	265÷277
Wymagania roślin*	6,0÷7,5	około 1,0	50÷120	40÷80	125÷250	1000÷2000	60÷120

* za [10]

3. Dyskusja

Zapewnienie odpowiednich poziomów odzysku poszczególnych grup odpadów jest najskuteczniejsze przy segregacji u źródła - *on site*. Poziom selektywnej zbiórki odpadów jest w Polsce bardzo niski - w statystycznej gminie wynosi on nadal od 2 do 5%, w Niemczech jest to ponad 90%, natomiast w Szwecji zaledwie 3% odpadów trafia na składowiska [11].

Większość odpadów, w tym odpady organiczne, stanowi przetwarzalny surowiec, ale aby działania w obrębie gospodarki organicznymi odpadami komunalnymi miały sens i były ekonomicznie oraz środowiskowo uzasadnione, ich segregacja powinna zacząć się już w każdym gospodarstwie domowym [12, 13]. Jest to prostsze, niż się wydaje i może przynieść wiele korzyści dla środowiska i lokalnych społeczności.

Odpady domowe stanowią bardzo istotne źródło odpadów organicznych i mogą być przetwarzane w nawozy. Może się to odbywać przez kompostowanie [14] lub wermikompostowanie [15-17]. Gdy odpady są np. zanieczyszczone, lepiej zamienić je na energię w procesie fermentacji metanowej [18]. Wymienione technologie mają swoje uzasadnienia, uwarunkowania oraz mocne i słabe strony. Wermikompostowanie może być stosowane na dużą i małą skalę oraz skalę przydomową - w skrzynkach ekologicznych. Słabe strony tej biotechnologii w małych pojemnikach prezentują badania Kosteckiej i współpracowników [7].

W badaniach prowadzonych w latach 90. ubiegłego wieku [16] wykazywano znacznie niższe poziomy odpadów produkowanych przez badane gospodarstwa domowe (np. 7,6±1,5 kg na miesiąc na osobę w gospodarstwie wiejskim i 3,9±1,3 kg na miesiąc na osobę w bloku wielorodzinnym - w tym obecności 42÷68% odpadów organicznych). Przeprowadzone obecnie obserwacje wskazują najprawdopodobniej na znacznie szersze spektrum nabywanych zasobów pokarmowych, a także prawdopodobnie mniej oszczędne gospodarowanie resztkami pokarmu. Poszukując środowiskowego postępowania z nimi, udowodniono jednak po raz kolejny, że odpady te - zamiast do śmietnika - mogą trafić do skrzynki ekologicznej.

Z wieloletnich badań i opisywanego przykładu wynika, że w przeliczeniu na 1 dm³ wermikultury efektywność wermikompostowania z udziałem dżdżownic *E. fetida* i *D. veneta* jest wyrównana, np. po upływie opisywanych 90 dni. W przeliczeniu na 1 dm³ wermikultury populacje *E. fetida* w zagęszczeniu 246±39 i populacje *D. veneta* w zagęszczeniu 55±6 osobników przerabiały w tym samym czasie po około 1 dm³ odpadu. Wynikało to z faktu bilansowania sumy biomasy obu populacji.

Określając realną potrzebę badanej rodziny do przekształcania wytwarzanych przez nią odpadów organicznych w wermikompost *on site*, należy wziąć pod uwagę średnią miesięczną produkcję jej odpadów (około 96 dm³ na miesiąc i 3 dm³ dziennie). Można więc założyć, że w przypadku obu gatunków dżdżownic efektywnie działającą skrzynką ekologiczną może być stulitrowy pojemnik z obsadą 23,5 tys. dżdżownic *E. fetida* lub 5,3 tys. osobników *D. veneta*. Tak liczną populacją można by dysponować po około 3 miesiącach po zakupieniu około 500 osobników każdego ze wspomnianych gatunków dżdżownic. Koszt założenia przykładowej skrzynki przedstawia tabela 4.

Pierwsze próby wermikompostowania biofrakcji odpadów zapoczątkowano w latach 50. XX wieku w Ameryce Północnej [19]. W latach 70. w Holandii, a następnie w Anglii i Kanadzie rozpoczęto wermikompostowanie na skalę przemysłową, która zaczęła stopniowo ogarniać kraje Europy, Azji, Australii i Nowej Zelandii [20].

W celu zmniejszenia strumienia odpadów organicznych trafiających na składowiska Wielka Brytania i Francja propagują wermikulturę jako metodę promowania zrównoważonej gospodarki odpadami. W krajach tych poprzez wermikompostowanie przetwarza się dziennie około 20 ton odpadów organicznych pochodzących z gospodarstw domowych przy użyciu około 2 mld dżdżownic *Eisenia andrei* [21]. Badania nad wykorzystaniem dżdżownic do wermikompostowania wykazały, że potrafią one przerobić dziennie taką ilość materii organicznej, której część zostaje wchłaniana do ich organizmu, a reszta jest wydalana w postaci koprolitów bogatych w azot, fosfor i potas oraz korzystne dla gleby mikroorganizmy [8, 22].

Tabela 4. Przykładowy koszt założenia skrzynki ekologicznej do unieszkodliwiania kuchennych odpadów organicznych

Table 4. An example of the cost of setting an ecological box for kitchen organic waste disposal

Elementy skrzynki dżdżownicowej	Ilość	Cena, zł
Pojemnik (np. kaster budowlany) 100 dm ³	1 szt.	50
Podłoże stratyfikacyjne 20 dm ³	1 szt.	10
Konewka	1 szt.	15
Populacja zarodowa <i>Eisenia fetida</i>	1 kg (około 1500 osobników)	140
Populacja zarodowa <i>Dendrobaena veneta</i>	1 kg (około 1000 osobników)	85
Razem (w zależności od wyboru gatunku dżdżownic) 195/140		

Utylizowanie odpadów organicznych w dżdżownicowych skrzynkach ekologicznych na balkonie, w piwnicy, w bloku lub na działce może być sposobem na ograniczenie ilości odpadów organicznych trafiających na składowiska. W związku z tym powinno mieć znaczenie ekonomiczne w skali budżetu miasta, a także mieszkańców chcących przetwarzać domowe odpady organiczne na wermikompost. Dodatkową korzyścią z wermikompostowania domowych odpadów organicznych będzie otrzymywanie (bez ponoszenia kosztów zakupu) naturalnego nawozu bogatego w składniki pokarmowe [8, 9].

Od 1.07.2013 r. w Polsce wdrażane są postanowienia znowelizowanej ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach [3, 23]. Zmiana dotychczasowego systemu gospodarowania odpadami komunalnymi w Polsce była konieczna, ponieważ dotychczasowy system preferował najprostsze rozwiązanie problemu odpadów poprzez ich składowanie. Zgodnie z zobowiązaniami wobec Unii Europejskiej musimy całkowicie zmienić model gospodarowania odpadami: zapobiegać powstawaniu odpadów, ograniczyć masę składowanych odpadów oraz wielokrotnie zwiększyć ilość odpadów poddawanych recyklingowi (w tym odpadów biodegradowalnych, tworzyw sztucznych, szkła, metalu, opakowań). Należy zaznaczyć, że liczne działania prośrodowiskowe, wynikające z ustawodawstwa UE, są współfinansowane z wykorzystaniem środków unijnych [24]. Nowa ustawa wymusza więc także nowe zasady organizacji gospodarki odpadami; należy mieć nadzieję, że niedługo opłata za odbiór śmieci będzie zależeć nie tylko od ich ilości, ale także od sposobu ich gromadzenia.

Wnioski

1. Osiągnięcie wysokiego poziomu odzysku odpadów organicznych wymaga wysiłku nie tylko ze strony organizatorów gminnych systemów ich zbiórki oraz pracowników firm unieszkodliwiających. W systemie muszą brać także aktywny udział sami wytwórcy odpadów. Po zbieraniu w sposób selektywny odpady organiczne mogą być wermikompostowane w skrzynce ekologicznej zarówno przez dżdżownice gatunku *E. fetida*, jak i *D. veneta*.
2. Wermikompostowanie kuchennych odpadów organicznych na miejscu ich powstawania może dostarczać bogatego w składniki pokarmowe dla roślin nawozu.
3. Skrzynka ekologiczna umożliwi także szybką produkcję biomasy ciała dżdżownic o szerokim zastosowaniu.

Literatura

- [1] Kostecka J., Partycypacja społeczna i segregacja odpadów niebezpiecznych a świadczenia ekosystemów, *Ekonomia i Środowisko* 2011, 1, 39, 195-207 (dokument elektroniczny: <http://www.fe.org.pl/uploads/ngrey/eis39.pdf>).
- [2] Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski, Katowice 2011 (dokument elektroniczny: http://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/oz_wskazniki_zrownowazonego_rozwoju_Polski_us_kat.pdf).

- [3] Krajowy Plan Gospodarki Odpadami (2014), Warszawa 2010 (dokument elektroniczny: http://www.mos.gov.pl/kategoria/3340_krajowy_plan_gospodarki_odpadami_2014/).
- [4] Kostecka J., Zaborowska-Szarpak M., Badania nad odpadami wybranych typów gospodarstw domowych, Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie 2003, 3, 19-28.
- [5] Sieja L., Charakterystyka odpadów komunalnych na podstawie badań w wybranych miastach Polski, Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów 2006, 1, 1-28.
- [6] Rosik-Dulewska C., Aktualny stan gospodarki odpadami w Polsce i perspektywa zmian, III Ogólnopolski Kongres Inżynierii Środowiska, Lublin 2009, 93-101.
- [7] Kostecka J., Garczyńska M., Pączka G., Mroczek J., Modeling the processes of vermicomposting in an ecological box - recognized critical points, [in:] Contemporary Problems of Management and Environmental Protection, No. 9, K.A. Skibniewska (ed.), Some aspects of environmental impact of waste dumps, Olsztyn 2011, 143-156.
- [8] Kostecka J., Pączka G., Kitchen wastes as a source of nitrogen and other macroelements according to technology of vermiculture, Ecological Chemistry and Engineering A 2011, 18, 12, 1683-1689.
- [9] Pączka G., Kostecka J., The influence of vermicompost from kitchen waste on the yield-enhancing characteristics of peas *Pisum sativum* L. var. *Saccharatum* ser. Bajka variety, Journal of Ecological Engineering 2013, 2, 14, 49-53.
- [10] Kończak-Konarkowska B., Podstawy zaleceń nawozowych w ogrodnictwie, Podręcznik dla pracowni ogrodniczych stacji chemiczno-rolniczych, KSCHM w Warszawie, OSCHR w Gorzowie Wielkopolskim, 2009.
- [11] Europejski Urząd Statystyczny - Eurostat pp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Waste_Statistics (data wejścia: 13.11.2013).
- [12] Kucharczyk K., Stępień W., Gworek B., Kompostowanie odpadów komunalnych jako metoda odzysku substancji organicznej, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 2010, 42, 240-254.
- [13] Kostecka J., Dunin-Mugler C., Partycypacja społeczna a segregacja odpadów organicznych, Inżynieria Ekologiczna 2011, 27, 81-91.
- [14] Cheng K.H., Huang M.C., Lu M.F., Lin J.J., Assessment of compost maturity by simple-barrel method for kitchen waste, Applied Mechanics and Materials 2013, 295, 1745-1750.
- [15] Kostecka J., Badania nad wermikompostowaniem odpadów organicznych, Zesz. Nauk. AR w Krakowie 2000, Ser. Rozprawy, 1-88.
- [16] Kostecka J., Odpady organiczne różnych gospodarstw domowych przydatne do kompostowania, Inżynieria Ekologiczna 2002, 7, 73-75.
- [17] Selden P., Du Ponte M., Sipes B., Dinges K., Small-scale vermicomposting Cooperative Extension Service, Home Garden 2005, 45, 1-4.
- [18] Scano E.A., Asquer C., Pistis A., Ortu L., Demontis V., Cocco D., Biogas from anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: Experimental results on pilot-scale and preliminary performance evaluation of a full-scale power plant, Energy Conversion and Management 2014, 77, 22-30.
- [19] Edwards C.A., Bohlen P.J., Biology and Ecology of Earthworms, Chapman & Hall, London 1996.
- [20] Edwards C.A., The use of earthworms in the breakdown and management of organic waste, [in:] Earthworm Ecology, C.A. Edwards (ed.), CRC Press LLC, Florida 1998, 327-354.
- [21] Vishvanathan C., Trankler J., Joseph K., Nagendran R., Vermicomposting as an eco-tool in sustainable solid waste management, Asian Institute of Technology, Annamalai University, Chidambaram 2005, 1-40.
- [22] Chaoui H.I., Zibilske L.M., Ohno T., Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability, Soil Biology and Biochemistry 2003, 35, 2, 295-302.

- [23] Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z dnia 25 stycznia 2013 r., DzU, poz. 228.
- [24] Bień E., Skuteczność wykorzystania środków unijnych (RPO) na działania ekologiczne w poszczególnych województwach, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2011, 14, 3, 291-299.

Some Remarks on Utilization of Kitchen Organic Waste by Vermicomposting

This paper analyzes the waste produced by a family of four living in a house on the edge of the city. Particular attention was paid to the kitchen organic waste. Several years of observations on vermicomposting of such waste have been summarized. Separating of organic waste on site is important in the context of its use for the production of vermicompost in "earthworm ecological boxes". The study compared the vermicomposting process using two species of earthworms: *Eisenia fetida* (Sav.) and *Dendrobaena veneta* Rosa. Several economical and organizational aspects of introducing innovative "ecological boxes" for daily practice was also considered.

Keywords: organic waste, vermicomposting, earthworm ecological box