

# MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA CZERWONEJ HYBRYDY KALIFORNIJSKIEJ (*EISENIA FETIDA* SAV.) DO ZOOREMEDIACJI GLEB ZANIECZYSZCZONYCH ODCIEKAMI ZE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Małgorzata Anna Józwiak, Monika Żelezik, Rafał Kozłowski

**Józwiak M.A., Żelezik M., Kozłowski R., 2014:** Możliwości wykorzystania czerwonej hybrydy kalifornijskiej (*Eisenia fetida* Sav.) do zooremediacji gleb zanieczyszczonych odciekami ze składowisk odpadów komunalnych  
*The possibility of using the using the Red Hybrid of California (Eisenia fetida Sav.) for zooremediation of soil contaminated with leachates from municipal dumps*, Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Vol. 15, s. 13-19.

**Zarys treści:** W niniejszej pracy przedstawiono metodykę badań wykorzystującą czerwoną krzyżówkę kalifornijską (*Eisenia fetida* Sav.) do zooremediacji gleb zanieczyszczonych, odciekami pochodzącymi ze składowisk odpadów komunalnych. Badaniu podlegała gleba zadana odciekami pobranymi z dziewięciu składowisk odpadów komunalnych zlokalizowanych na terenie województwa świętokrzyskiego. Odzyskanie wartości rolniczych zanieczyszczonych gleb ma wykazać przydatność *Eisenia fetida* Sav. w procesach remediacyjnych.

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, dżdżownice, bioutylizacja, wermikompost

**Key words:** wastes, earthworms, bioutilization, vermicompost

*Małgorzata Anna Józwiak*, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zakład Biogeochemii Ekosystemów Lądowych, e-mail: malgorzata.jozwiak@vp.pl

*Monika Żelezik*, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zakład Geoekologii i Monitoringu Środowiska, e-mail: m.zelezik@ujk.edu.pl

*Rafał Kozłowski*, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Zakład Geoekologii i Monitoringu Środowiska, e-mail: rafalka@ujk.edu.pl

## 1. Wprowadzenie

W Polsce istnieje 527 składowisk odpadów (GUS 2013), a ich łączna powierzchnia na koniec 2012 roku wynosiła 2197,6 ha. Ze względu na niespełnienie podstawowych aktualnych wymogów dotyczących bezpieczeństwa, stanowić mogą one istotne źródła zanieczyszczenia wybranych komponentów środowiska przyrodniczego. Stwierdzono, że wiele z nich zlokalizowanych jest na terenach, które umożliwiają migrację zanieczyszczeń do środowiska gruntowo-wodnego. Jednym z największych problemów jest brak drenażu składowisk, a w związku z tym brak możliwości odpro-

wadzenia powstających odcieków.

Siedemdziesiąt procent substancji organicznych trafiających na składowiska odpadów komunalnych ulega rozkładowi mikrobiologicznemu. Około 10% materiału biologicznego po jego rozkładzie opuszcza składowisko pod postacią odcieków. Są to wody infiltracyjne przepływające przez składowisko wraz z rozpuszczonymi w nich składnikami pochodzącymi z odpadów oraz produktami reakcji biochemicznych zachodzących w złożu. Tempo przemieszczania się odcieków, ich ilość i skład fizyczno-chemiczny oraz chemiczny, mogą być bardzo różne. W Dyrektywie Rady 2008/98/WE w sprawie odpadów odcieki zdefiniowano jako

„każdy płyn sączący się przez składowane odpady i wydzielany z lub zawarty w składowisku”. Część powstałych odcieków odprowadzana jest do oczyszczalni, gdzie jest bezpiecznie zagospodarowana (Cecen, Aktas 2004). Jak podaje Surmacz-Górska (2001), ilość odcieków utylizowanych w oczyszczalniach stanowi jedynie około 0,4%. Część jednak przenika do gleb i wód gruntowych jako efekt przesiąkania wód opadowych przez złożę składowiska.

Metody stosowane w oczyszczalniach przyjmujących odcieki uwzględniają oczyszczanie mikrobiologiczne i fizyczno-chemiczne, stosując mieszanie odcieków ze ściekami, czyli tzw. współoczyszczanie (Fueyo i in. 2002). Skład odcieków ma charakter dynamiczny, a ładunek i koncentracja zanieczyszczeń ulega zmianom. Określenie ilości i składu odcieków zależy od wielu czynników. Jest to rodzaj odpadów, stopień ich rozdrobnienia, wiek składowiska, ilość wód opadowych, ukształtowanie terenu, kierunek spływu wód opadowych i roztopowych, uszczelnienie czaszy składowiska oraz skład gatunkowy roślinności porastający powierzchnię składowiska (Hombach i in. 2003; Kuliowska, Klimiuk 2008).

Dynamika składu chemicznego odcieków dotyczy głównie związków azotu i fosforu (Robinson i in. 2005). Slack i in. (2005) zwrócili uwagę, że ze względu na zawartość związków toksycznych, wprowadzenie odcieków w proces biologicznego oczyszczania stwarza zagrożenie dla mikroorganizmów w immobilizacji toksyn. Wynika to z dużej zawartości azotu amonowego w odciekach, który obniża intensywność procesów nitrifikacji, co skutkuje wysokimi stężeniami azotu azotynowego.

Alternatywą dla mikrobiologicznego współoczyszczania (osadów ściekowych i odcieków) oraz gleb zanieczyszczonych odciekami komunalnymi jest zastosowanie czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (*Eisenia fetida* Sav.), dżdżownicy odpornej na toksyny środowiskowe (Józwiak, Rybiński 2009).

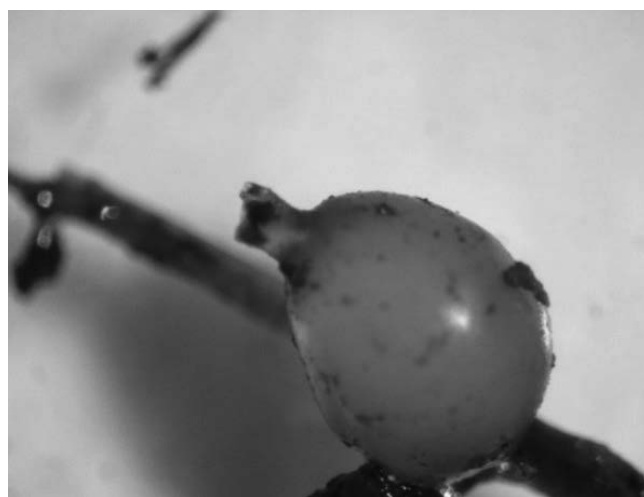
## 2. Materiały i metody

W zaplanowanych badaniach remediacji gleb zanieczyszczonych odciekami zostanie wykorzystana dżdżownica kalifornijska *Eisenia fetida* Sav. (fot. 1). W uzasadnieniu wyboru gatunku dżdżownicy posłużyły wyniki otrzymane przez Kalisza (2000), który wykazał, że jedna dżdżownica jest w stanie dziennie przetworzyć kilka razy więcej materii organicznej niż masa jej ciała. Kolejnym argumentem jest stosunkowo krótki cykl rozwojowy (wyklucie młodych następuje po 14–21 dniach inkubacji), długość życia (żyje czte-

rokrrotnie dłużej od dżdżownicy ziemnej, ok. 16 lat) (Dominguez i in. 2005) oraz jest wielokrotnie bardziej od niej płodna (12 razy) (Monroy 2006). Zapłodnione jaja otoczone kokonem rozwijają się w ziemi, złożone w amforowatej kapsule (fot. 2). Znaczenie ma również zdolność do kumulowania przez dżdżownice dużych ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do gleby i kumulowania ich w tkankach (Józwiak 2014).



Fot. 1. *Eisenia fetida* (Sav.) (fot. M.A. Józwiak)  
Photo 1. *Eisenia fetida* (Sav.) (photo M.A. Józwiak)



Fot. 2. Amforowaty kokon *Eisenia fetida* (fot. M.A. Józwiak)  
Photo 2. Amphora-like cocoon of *Eisenia fetida* Sav (photo M.A. Józwiak)

Przed rozpoczęciem eksperymentu zbadano cechy podłoża przeznaczonego do hodowli dżdżownic. Określono w nim temperaturę, pH metodą potencjometryczną, wilgotność metodą wagową, zawartość C i N przy użyciu analizatora CHNS-O Flash 2000 oraz metale ciężkie z wykorzystaniem ICP-MS-TOF (tab. 1).

Tab. 1. Cechy podłoża

Tab. 1. Characteristics of substratum

pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Wilgotność Humidity	C:N	Temperatura Temperature
6,1±0,5	85%	15±2	16°C

Uzyskane warunki hodowli wykazywały dużą zgodność z wymaganiami hybrydy kalifornijskiej opisywanymi w hodowlach Kalembasa (1998a) i Zajonca (1992) (tab. 2).

Tab. 2. Wymagania dżdżownicy *Eisenia fetida* (Sav.) w stosunku do wybranych cech podłoża (za Zajonc 1992, Kalembasa 1998)

Tab. 2. *Eisenia fetida* (Sav.) requirements in relation to some substratum characteristics (after Zajonc 1992, Kalembasa 1998)

pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Stężenie soli gNaCl dm <sup>3</sup> Salinity	C:N	Wilgotność Humidity	Temperatura Temperature
6,8–7,2	do 3	ok. 20	80%	14°C

W badaniach można zastosować metodę mineralizacji utleniającej mokrej ciśnieniowej z wykorzystaniem energii mikrofalowej wykonanej przy użyciu mineralizatora Multiwave 3000 firmy Anton Paar. Do oznaczenia metali ciężkich posłuży spektrometr ICP-MS-TOF OptiMass 9500. Ponadto przewiduje się analizę chemiczną punktową i obszarową ciała dżdżownic próbki kontrolnej oraz podłoża. Badania te będą wykonane mikroanalizatorem typu EDS EDAX Genesis XM 4i stosowanym w mikroskopie elektronowym Quanta 250 FEG (FEI Company) z działem elektronowym z emisją polową (emiter Schottky'ego). Zastosowanie



Fot. 3. Łoża eksperymentalne (fot. R. Kozłowski)

Photo 3. Experimental container (photo R. Kozłowski)



Fot. 4. Pomiar wilgotności (fot. R. Kozłowski)

Photo 4. Humidity measurement (photo R. Kozłowski)

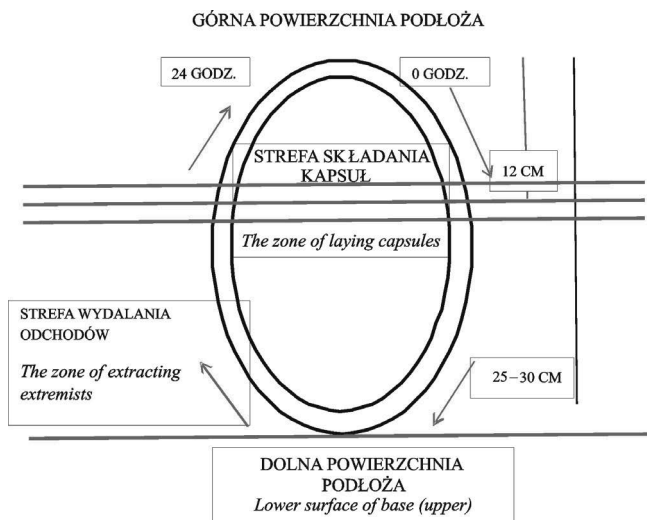
mikroskopu elektronowego skaningowego, wyposażonego w detektor energii dyspersji promieni rentgena (EDS) umożliwi uzyskanie w jednym etapie analizy informacji o składzie chemicznym próbki oraz procentowym udziale poszczególnych pierwiastków w próbce.

W pobranych odciekach pochodzących z 9 składowisk oznaczono właściwości fizyczno-chemiczne oraz dokonano analizy składu chemicznego. Do tego celu wykorzystano analizator IL 550 TOC-TN oraz chromatograf jonowy ICS 3000 DIONEX. W dalszej części prac wykonane zostaną również analizy na zawartość metali ciężkich z wykorzystaniem spektrometru ICP-MS-TOF.

Wermikompost użyty do zasilania podłoża doświadczalnych wyprodukowano przy udziale *Eisenia fetida* (Sav.) z przekompostowanej materii organicznej, opierając się na założeniach ogólnych w technologii podanej w patencie Kalembasa i in. (1995).

Założony w metodyce czas badań będzie obejmował okres dwóch lat. Analizy stanu chemicznego gleb zadanych odciekami pochodzącymi ze składowisk odpadów komunalnych dokonywane będą w cyklu 3-miesięcznym, co pozwoli uzyskać 8 pomiarów dla każdej próbki badawczej. W eksperymencie zaplanowano założenie 10 łóż eksperymentalnych. Każde z nich zadano 25 pochodzącymi z łóż matecznych dżdżownicami (80 analiz w ciągu 2 lat).

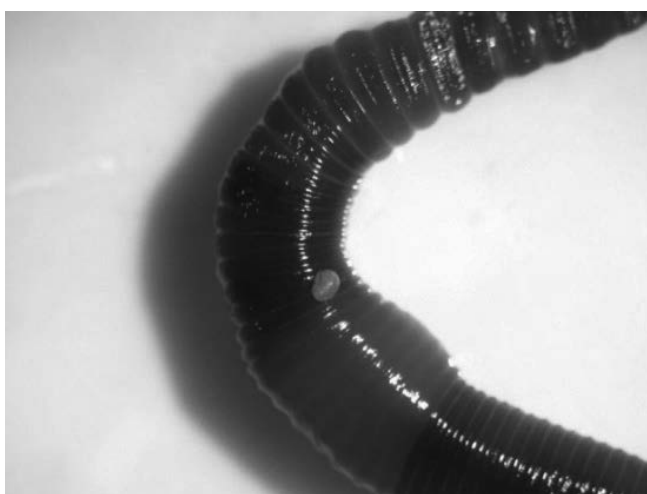
Łoże to 18-litrowy pojemnik zawierający 0,2 kg wiór celulozowych oraz 3 kg wermikompostu pochodzącego z łóż matecznych przemieszanego z 0,5 l odcieków pochodzących z 9 składowisk. Grubość warstwy gleby zadanej odciekami nie powinna przekraczać 30 cm ze względu na głębokość, na której porusza się dżdżownica w cyklu dobowym (ryc. 1, fot. 3).



Ryc. 1. Elipsa dobowa *Eisenia fetida* (Józwiak 2014)  
 Fig. 1. Daily ellipse of *Eisenia fetida* (Józwiak 2014)

Monitoring stanu wilgotności i temperatury łóż eksperymentalnych odbywać się będzie z zastosowaniem termohigrometrów (fot. 4). Odczyty wyników odbywać się będą w cyklu tygodniowym, co pozwoli na stałą kontrolę warunków hodowli i wskaże intensywność rozkładu odcieków na podstawie zmian termicznych w łóżach.

Badaniami uzupełniającymi będzie ustalanie liczebności populacji dżdżownic w cyklu 3-miesięcznym. Uwzględnić one będą liczbę osobników dojrzałych płciowo (wybarwionych brunatnie z wykształconym clitelium (fot. 5), liczbę osobników młodocianych (niewybarwionych, fot. 6) oraz liczbę złożonych kokonów.



Fot. 5. Osobnik dojrzały płciowo (fot. M.A. Józwiak)  
 Photo 5. Mature specimen (photo M.A. Józwiak)

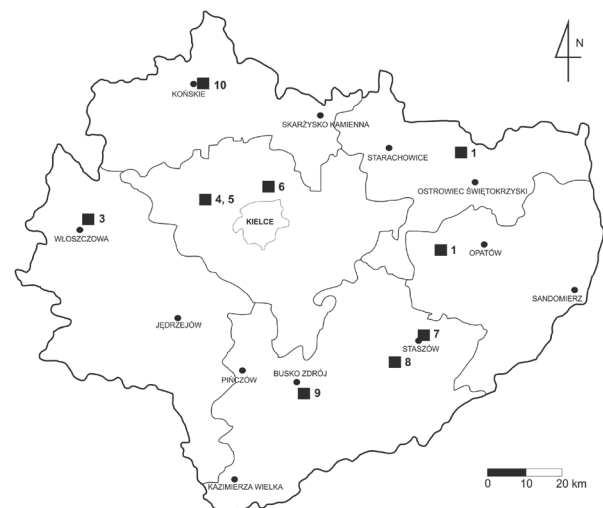


Fot. 6. Osobnik młodociany, niewybarwiony (fot. M.A. Józwiak)  
 Photo 6. Young specimen, not coloured (photo M.A. Józwiak)

### 3. Obszar badań

Badania prowadzono na terenie dziewięciu składowisk zlokalizowanych na terenie województwa świętokrzyskiego, zlokalizowanych w 6 Regionach Gospodarki Odpadami Komunalnymi (ryc. 2, tab. 3), z których pobrano 10 prób odcieków.

Województwo świętokrzyskie zamieszkuje 1 mln 287 tys. osób, co stanowi 3,3% zaludnienia kraju (stan w dniu 31.12.2010 r., GUS 2011). Pod względem liczby ludności województwo znajduje się na 13. miejscu w kraju. Sieć osadniczą regionu tworzy 31 miast i 2833 miejscowości wiejskich. W województwie wydzie-



Ryc. 2. Lokalizacja obiektów na terenie województwa świętokrzyskiego  
 Fig. 2. Area location in Świętokrzyskie Province

Tab. 3. Informacje dotyczące składowisk odpadów komunalnych (za Plan gospodarki odpadami 2012)  
 Tab. 3. Information on municipal waste landfills (after Plan gospodarki odpadami 2012)

Lp.	Nazwa składowiska Landfill name	Powierzchnia składowiska Landfill area [m <sup>2</sup> ]	Masa odpadów zdeponowanych do roku 2010 Mass of waste disposed to 2010 [Mg]	Grupa unieszkodliwianych odpadów Group disposal of municipal waste	Eksploatacja od – do roku Exploitation from – to year	Lokalizacja/Location			
						Region Region	Gmina Community	Dł. geogr. Longitude	Szer. geogr. Latitude
1	Janczyce	36 300	72 776,65	19	2005	1	Baćkowice	E 21013'16.75''	N 50045'20.23''
2	Janik	42 100	1 011 448,77	02, 03, 04, 15, 16, 17, 19, 20	1989	2	Kunów	E 21019'50.03''	N 51000'14.06''
3	Włoszczowa	20 000	103 929,61	19,20	1992	3	Włoszczowa	E 19058'32.53''	N 50052'18.07''
4	Promnik	42 700	111 102,00	17, 19, 20	1985–2000?	4	Strawczyn	E 20025'37.93''	N 50054'33.31''
5					2000?			E 20025'47.85''	N 50054'33.81''
6	Barcza	22 200	?	?	1972–1983	4	Zagnańsk	E 20042'48.83''	N 50057'23.86''
7	Staszów - Pociuszka	39 800	230 974,18	02, 03, 16, 17, 20	1989	5	Staszów	E 21011'40.12''	N 50034'42.14''
8	Rzędów	10 000	Nie dotyczy	19	2014	5	Tuczepy	E 21003'39.07''	N 50032'24.56''
9	Dobrowoda	48 600	98 355,24	19, 20	1993	5	Busko-Zdrój	E 20045'18.44''	N 50023'38.56''
10	Końskie	28 800	83 506,97	03, 10, 16, 17, 19, 20	1999	6	Końskie	E 20022'29.67''	N 51010'41.65''

lonych jest administracyjnie 13 powiatów ziemskich i jedno miasto na prawach powiatu – Kielce oraz 102 gminy, w tym: 5 miejskich, 26 miejsko-wiejskich, 71 wiejskich. W latach 2007–2010 odpady komunalne były unieszkodliwiane w procesie D5 na składowiskach odpadów komunalnych. W 2007 r. proces ten prowadzono na 23 składowiskach odpadów, w 2008 r. na 21, w 2009 r. na 19, a w roku 2010 na 16. Jedno ze składowisk przyjmujące w 2010 r. odpady komunalne, tj. „Kłępie Dolne”, gm. Stopnica, zaprzestało od 12 kwietnia 2010 r. unieszkodliwiania odpadów, w związku z czym na koniec 2010 r. eksploatowanych było już tylko 15 składowisk odpadów komunalnych, a pozostała do wykorzystania pojemność wynosi ponad 1,7 mln m<sup>3</sup>. Z pozostałych na koniec 2010 r. składowisk odpadów w poszczególnych regionach funkcjonowały:

- 2 obiekty, w tym 1 o charakterze regionalnym w regionie 1,
- 1 obiekt o charakterze regionalnym w regionie 2,
- 4 obiekty, w tym 1 o charakterze regionalnym w regionie 3,
- 2 obiekty, w tym 1 o charakterze regionalnym w regionie 4,
- 5 obiektów, w tym 2 o charakterze regionalnym w regionie 5,
- 1 obiekt o charakterze regionalnym w regionie 6.

Spośród obecnie eksploatowanych 15 składowisk odpadów komunalnych 7 ma charakter regionalnych instalacji przetwarzania odpadów, natomiast resztę stanowią składowiska o mniejszym znaczeniu w regionie (Plan gospodarki odpadami 2012).

#### 4. Literatura

- Cecen F., Aktas O., 2004:** *Aerobic Co-Treatment of Landfill Leachate with Domestic Wastewater*. Environmental Engineering Science, vol. 21 (3): 303.
- Dominguez et al. 2005:** *Are Eisenia fetida (Savigny, 1826) and Eisenia andrei Bouche (1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species?*. Pedobiologia, Vol. 49: 81-87.
- Fueyo G., Gutierrez A., Berrueta J., 2002:** *Anaerobic degradation: the effect of the combined treatment of substrates on the refraction fraction*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 77: 910-916.
- GUS 2011,** *Rocznik statystyczny województw*, GUS Warszawa.
- GUS 2013,** *Ochrona środowiska 2013*, GUS Warszawa.
- Hombach S.T., Oleszkiewicz J.A., Lagasse P., Amy L.B., Zaleski A.A., Smyrski K., 2003:** *Impact of landfill leachate on anaerobic digestion of sewage sludge*. Environmental Technology, Vol. 24: 533-560.
- Józwiak M.A., Rybiński P., 2009:** *Możliwości wykorzystania czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (Eisenia foetida Sav.) do utylizacji odpadów organicznych pochodzenia przemysłowego*. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Vol. 10: 29-34.
- Józwiak M.A., 2014:** *Wykorzystanie organizmów wskaźnikowych w bioindykacji środowisk lądowych i wodnych*, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, ss. 281.
- Kalembasa D., 1998:** *Wpływ stężenia Pb, Cd i Ni w podłożu na wzrost i rozwój dżdżownic Eisenia fetida (Sav.)*. Zesz. Nauk. AR Kraków 334, ser. Sesja Naukowa 58: 121-124.
- Klimiuk E., Kulikowska D., 2006:** *Organic removal from landfill leachate and activated sludge production in SBR reactors*. Waste Management, Vol. 26: 1140-1147.
- Monroy I., et al., 2006:** *Seasonal population dynamics of Eisenia fetida (Savigny, 1826) (Oligochaeta, Lumbricidae) in the field*. C. R. Biologies, Vol. 329: 912-915.
- Plan gospodarki odpadami dla województwa świętokrzyskiego 2012–2018**, Zarząd Województwa Świętokrzyskiego, Kielce 2012.
- Robinson H.D., Knox K., Bone B.D., Picken A., 2005:** *Leachate quality from landfilled MBT waste*. Waste management, Vol. 25: 383-391.
- Slack R.J., Gronow J.R., Voulvoulis I., 2005:** *Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate*. Science of the Total

Environment, Vol. 337: 119-137.

**Surmacz-Górska J., 2001:** *Degradacja związków organicznych zawartych w odciekach z wysypisk*. Komitet Inżynierii Środowiska PAN, Monografie No. 5, Lublin.

**Zajonc I., 1992:** *Chov zizal a vyroba vermikompostu*. Animapress. Dusan Barlik, Povoda. Okres Dunajska Streda.

THE POSSIBILITY OF USING THE USING  
THE RED HYBRID OF CALIFORNIA (*EISENIA  
FETIDA* SAV.) FOR ZOOREMEDIATION OF SOIL  
CONTAMINATED WITH LEACHATES FROM  
MUNICIPAL DUMPS

*Summary*

In this paper methodology of studies were shown with the use of *Eisenia fetida* for zooremediation of soil contaminated with leachates from municipal dumps. Soli mixed with leachates taken from ten municipal dumps located in the Świętokrzyskie Province was studied. *Eisenia fetida* is to show usefulness in recycling farming values of the contaminated soil in remediation processes