

Dr Mariola Garczyńska

Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami
Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska
Kolegium Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Rzeszowski

J. M. Rektor Uniwersytetu Rzeszowskiego

Aleja Rejtana 16 C
35-959 Rzeszów

za pośrednictwem:

Rady Doskonałości Naukowej

pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Wniosek

z dnia 11.06.2021 roku

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego
w **Dziedzinie Nauk Rolniczych w Dyscyplinie Rolnictwo i Ogrodnictwo** na
podstawie jednotematycznego cyklu publikacji pod tytułem:

Wermikompostowanie bioodpadów komunalnych i odpadów z rolnictwa oraz biomonitoring neonikotynoidów stosowanych w ochronie roślin

Wnioskuję – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) –
aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu **tajnym/jawnym**

Zostałam poinformowana, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa). Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art. 232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu. Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

M. Garczyńska
podpis wnioskodawcy

Załączniki:

Załącznik 1 – Dyplom nadania stopnia doktora nauk rolniczych

Załącznik 2 – Dane wnioskodawcy

Załącznik 3 – Autoreferat

Załącznik 3.A.1 – 3A.6 – Publikacje wchodzące w skład dzieła naukowego

Załącznik 3B – Potwierdzenie współpracy

Załącznik 3C – Potwierdzenie staży naukowych

Załącznik 3D – Potwierdzenie uczestnictwa w KOOB

Załącznik 4 – Wykaz osiągnięć naukowych

Załącznik 5 – Oświadczenia współautorów

Załącznik 6 – Dokumentacja wniosku w wersji elektronicznej (2 nośniki danych „pendrive”)



UNIWERSYTET RZESZOWSKI

Załącznik 3

Autoreferat

dr Mariola Garczyńska

Uniwersytet Rzeszowski

Kolegium Nauk Przyrodniczych

Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska

Rzeszów 2021

Spis treści

1. Imię i nazwisko:	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca, roku i tytuł rozprawy doktorskiej:	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:	3
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy	4
4.1. Wykaz prac naukowych wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji	4
4.2. Wprowadzenie	7
4.3. Główne cele badawcze	10
4.4. Obiekty badawcze i metodyka badań	10
4.4.1. Eksperymenty laboratoryjne	11
4.4.1.1. Obiekty badawcze	11
4.4.2. Badania polowe	14
4.4.3. Analizy laboratoryjne	15
4.4.3.1. Analiza chemiczno-rolnicza	15
4.4.3.1.1. Metodyka analiz	15
4.4.3.1.2. Metodyka analizy gleby	16
4.4.3.2. Analiza biologiczna	16
4.4.4. Analiza statystyczna	16
4.5. Najistotniejsze wyniki badań	17
4.6. Wnioski	31
4.7. Bibliografia	35
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	39
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę	42
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	42
6.2. Osiągnięcia organizacyjne i popularyzujące naukę	47
7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej	49
7.1. Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych	49
7.2. Omówienie dalszych planów naukowo-badawczych	60

1. Imię i Nazwisko:

Mariola Garczyńska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca, roku i tytuł rozprawy doktorskiej:

1989-1993 r. I Liceum Ogólnokształcące im. Henryka Sienkiewicza w Łańcucie, profil biologiczno-chemiczny. Świadectwo ukończenia szkoły średniej potwierdzające uzyskanie średniego wykształcenia.

1993-1998 r. Jednolite studia magisterskie na kierunku biologia, specjalność biochemia, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie; praca magisterska, pt. „Biochemiczna charakterystyka grzyba *Abortiporus biennis* hodowanego w obecności kadmu, manganu, cynku i miedzi”.

Promotor: prof. dr hab. Elżbieta Dernałowicz-Malarczyk. Dyplom ukończenia studiów uprawniający do tytułu zawodowego magister biologii, specjalność biochemia.

Rozprawa doktorska pt. **Wpływ wybranych preparatów na populacje dżdżownic (*Eisenia fetida* Sav.) w skrzynkach ekologicznych.**

Promotor: prof. dr hab. Joanna Kostecka

Recenzenci: prof. dr hab. Maria Rościszewska

dr hab. Grzegorz Makulec

Stopień doktora nauk rolniczych w zakresie zootechniki, nadany 17.03.2010 r. uchwałą Rady Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

1998–2001 r. – asystent w Zakładzie Biologicznych Podstaw Rolnictwa, Wydział Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie.

2002–2009r. – asystent w Zakładzie Biologicznych Podstaw Rolnictwa, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski,

2010–2018 r. – adiunkt w Zakładzie Biologicznych Podstaw Rolnictwa, kolejno Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski,

2018–2019 r.– starszy wykładowca w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski,

2019 – do chwili obecnej, adiunkt dydaktyczny w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej (obecnie Zakład Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami), Wydział Biologiczno-Rolniczy (obecnie Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska), Uniwersytet Rzeszowski.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.).

Tytuł osiągnięcia naukowego:

WERMIKOMPOSTOWANIE BIOODPADÓW KOMUNALNYCH I ODPADÓW Z ROLNICTWA ORAZ BIOMONITORING NEONIKOTYNOIDÓW STOSOWANYCH W OCHRONIE ROŚLIN

4.1. Wykaz prac naukowych wchodzących w skład jednotematycznego cyklu publikacji

Osiągnięcie naukowe składa się z sześciu recenzowanych publikacji naukowych, które zostały opracowane i opublikowane po otrzymaniu stopnia naukowego doktora, w czasopiśmie znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego oraz w bazie Web of Science. Mój wkład w powstanie publikacji przedstawiony jest szczegółowo poniżej, a oświadczenia współautorów o ich wkładzie w przygotowanie niniejszych publikacji zestawiono w załączniku 5.

- A.1.** Kostecka J., **Garczyńska M.**, Podolak A., Pączka G., Kaniuczak J. (2018): Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants. *Journal of Ecological Engineering*. 19(6): 267-274. DOI: 10.12911/22998993/99691. (12 pkt. MNiSW 2016 r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji części badań, zaplanowaniu i wykonaniu części doświadczeń laboratoryjnych, udziale w opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań oraz udziale w napisaniu wstępnej i ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- A.2.** **Garczyńska M.**, Pączka G., Wirkus K., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Bartkowska I., Kostecka J. (2018): Vermicomposting of Post-harvest Maize Waste. *Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska*. 20: 358-374. (15 pkt. MNiSW₂₀₁₈ r., IF=0,899₂₀₁₆r.)

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń laboratoryjnych, opracowaniu statystycznym, udziale w interpretacji wyników badań i napisaniu wstępnej oraz ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- A.3. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Hajduk E., Mazur-Pączka A., Butt R.K. (2020): Properties of Vermicomposts Derived from Cameroon Sheep Dung. Applied Sciences. 10(15): 5048. DOI: 10.3390/app10155048. (70 pkt. MNiSW 2019r, IF=2,474)**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń laboratoryjnych, opracowaniu statystycznym i udziale w interpretacji wyników badań, oraz napisaniu wstępnej i ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

- A.4. Garczyńska M., Kostecka J., Kaniuczak J. (2020): Effect of Fertilization with the Sheep Manure Vermicompost on the Yield of Sweet Potatoes and Selected Properties of Soil Developed from Loess. Journal of Ecological Engineering. 21(5): 27-33. DOI: 10.12911/22998993/122183. (40 pkt. MNiSW 2019 r.)**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń polowych, opracowaniu statystycznym i udziale w interpretacji wyników badań oraz napisaniu wstępnej i ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 80%.

- A.5. Garczyńska M., Pączka G., Kostecka J., Mazur-Pączka A. (2018): Earthworms in short-term contact with a low dose of neonicotinoid Actara 25WG. Journal of Ecological Engineering. 19(3): 93-101. DOI: 10.12911/22998993/86254. (12 pkt. MNiSW 2016r)**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń laboratoryjnych, opracowaniu statystycznym i interpretacji wyników badań oraz napisaniu wstępnej i ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

- A.6. Garczyńska M., Pączka G., Kostecka J. (2019): Influence of neonicotinoids on selected characteristics of the earthworm *Dendrobaena veneta* (Rosa) in laboratory conditions. Journal of Ecological Engineering. 20(4): 217-224. DOI: 10.12911/22998993/103015 (40 pkt. MNiSW 2019 r.)**

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu i wykonaniu doświadczeń laboratoryjnych, opracowaniu statystycznym i udziale w interpretacji wyników badań oraz na napisaniu wstępnej i ostatecznej wersji pracy. Mój udział procentowy szacuję na 85%.

Nr.	Publikacje	% wkładu jako współautora pracy	*udział wnioskującego w publikacjach zespołowych	Punktacja zgodna z rokiem publikacji w czasopiśmie z listy punktowanych MNiSW **
A.1.	Kostecka J., Garczyńska M. , Podolak A., Pączka G., Kaniuczak J. 2018. Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants. <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 19(6): 267-274. DOI: 0.12911/22998993/99691	60%	3, 5, 6, 7	12
A.2.	Garczyńska M. , Pączka G., Wirkus K., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Bartkowska I., Kostecka J. 2018. Vermicomposting of Post-harvest Maize Waste. <i>Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska</i> . 20: 358-374.	60%	1, 2, 3, 5, 6, 7	15 IF; 0,899
A.3.	Garczyńska M. , Kostecka J., Pączka G., Hajduk E., Mazur-Pączka A., Butt R.K. 2020. Properties of Vermicomposts Derived from Cameroon Sheep Dung. <i>Applied Sciences</i> . 10(15): 5048. DOI: 10.3390/app10155048	60%	1, 2, 3, 5, 6, 7	70 IF; 2,474
A.4.	Garczyńska M. , Kostecka J., Kaniuczak J. 2020. Effect of Fertilization with the Sheep Manure Vermicompost on the Yield of Sweet Potatoes and Selected Properties of Soil Developed from Loess. <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 21(5): 27-33. DOI: 10.12911/22998993/122183	80%	1, 2, 4, 5, 6, 7	40
A.5.	Garczyńska M. , Pączka G., Kostecka J., Mazur-Pączka A. 2018. Earthworms in short-term contact with a low dose of neonicotinoid Actara 25WG. <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 19(3): 93-101. DOI: 10.12911/22998993/86254	85%	1, 2, 3, 5, 6, 7	12
A.6.	Garczyńska M. , Pączka G., Kostecka J. 2019. Influence of neonicotinoids on selected characteristics of the earthworm <i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa) in laboratory conditions. <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 20(4): 217-224. DOI: 10.12911/22998993/103015	85%	1, 2, 3, 5, 6, 7	40

* udział wnioskującego w publikacjach zespołowych: 1.- pomysłodawca tematu, 2.- opracowanie koncepcji badań i założeń metodycznych, 3. - zaplanowanie i wykonanie doświadczeń laboratoryjnych, 4. - zaplanowanie i organizacja prac polowych, 5. - zestawienie i analiza wyników, 6. - obliczenia statystyczne; 7. - przygotowanie lub udział w redakcji publikacji; ** - Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 9 lutego 2021 roku

Łączna liczba punktów za cykl publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe, zgodnie z punktacją MNiSW obowiązującą w latach ich wydania, wynosi **189**. Sumaryczny współczynnik wpływu *Impact Factor* IF w/w publikacji wynosi **3,373**. Oświadczenie współautorów wraz z określeniem ich indywidualnego wkładu pracy stanowi Załącznik 5.

4.2. Wprowadzenie

Intensyfikacja produkcji rolniczej może stanowić zagrożenie dla ekosystemu glebowego. Wynika to z rosnącego zapotrzebowania na żywność powodowanego czynnikami demograficznymi; rozwoju globalnej populacji ludzi oraz stale intensyfikowanego udziału rolnictwa przemysłowego w jej wytwarzaniu. Jeśli ma być produkowana większa ilość żywności, istnieje potrzeba stałego monitorowania właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb oraz oddziaływania człowieka na utrzymanie bądź poprawę ich żyzności. Stosowanie nawozów mineralnych dostarcza głównie składników pokarmowych roślin, ale nie poprawia w zadawalający sposób jakości gleby [Ansari i Mahmood 2017]. Dodatkowo nadmierne zużycie nawozów mineralnych i pestycydów w konwencjonalnej produkcji roślinnej może być jednym z głównych czynników pogorszenia wydajności i jakości upraw, degradacji gleb i poważnych zagrożeń dla środowiska, co w dużym stopniu zaburza zrównoważony system produkcji rolnej. Stosowanie nawozów organicznych okazało się lepszym sposobem na poprawę jakości gleby i wspieranie zrównoważonego rolnictwa [Verma i in. 2020].

W glebach użytkowanych rolniczo zmniejsza się zawartość materii organicznej i to objawia się pogorszeniem ich żyzności. Przyjmuje się, że w glebach Polski zawartość próchnicy mieści się w przedziale od 0,6 do 6%, przy czym większość z nich zawiera poniżej 2%. Szacuje się, że obniżenie zawartości materii organicznej o kolejne 0,8% w glebach użytków rolnych w Polsce nastąpi do roku 2030 [Leksykon nawożenia ... 2017]. W krajach UE przy zmniejszeniu zawartości materii organicznej do 2%, zalecane są działania zabezpieczające przed dalszym jej ubytkiem. Powoduje to decyzję o konieczności pilnego jej uzupełnienia [Unijna strategia ochrony gleby... 2006]. Gleby Polski i Europy wymagają ciągłego dopływu materii organicznej w celu uzupełnienia zasobów próchnicy i składników pokarmowych roślin. Ma to szczególne znaczenie ze względu na duży udział gleb lekkich w Polsce, gdyż występujące w nich

stosunki wodno-powietrzne powodują naturalnie mniejszą zawartość materii organicznej w porównaniu do gleb ciężkich [Ukalska-Jaruga i in. 2017].

Konsumpcyjny styl życia, intensyfikacja różnych sektorów produkcji rolniczej oraz nierefleksyjne gospodarowanie wytworzoną już żywnością, powodują powstawanie rosnących objętości odpadów, w tym również biodegradowalnych. Na całym świecie powstaje problem z ich racjonalnym zagospodarowaniem. Nowoczesna, zrównoważona gospodarka odpadami wyznacza nowe kierunki i przejście z modelu gospodarki linearnej do gospodarki o obiegu zamkniętym (*circular economy*). Stawia to szczególne wymagania, ale jednocześnie i możliwości przed racjonalnym gospodarowaniem odpadami biodegradowalnymi. Gospodarka cyrkulacyjna pozwoli osiągnąć główne cele i założenia gospodarki odpadami na miarę potrzeb XXI wieku, co wymaga zmiany w podejściu do efektywnych strategii w środowiskowym gospodarowaniu tymi odpadami [Zorpas 2020]. Takie podejście jest szczególnie ważne ze względu na wyczerpujące się zasoby przyrody.

Odpady powstające w wyniku działalności rolniczej są ważnym źródłem składników pokarmowych roślin (makropierwiastków i mikropierwiastków), w tym występujących w połączeniach organicznych. Niewłaściwie ich zagospodarowanie może natomiast prowadzić do problemów środowiskowych i wpływać negatywnie na zdrowie ludzi. Do odpowiednich metod postępowania należy tu zaliczyć ich kompostowanie a także wermikompostowanie [Ayilara i in. 2020, Ustawa o nawozach i nawożeniu 2020]. Wermikompostowanie polega na przekształceniu materii organicznej w stabilną formę w wyniku działania dżdżownic i mikroorganizmów żyjących w ich jelitach [Juárez i in. 2011]. Dżdżownice zwiększają napowietrzanie w odpadzie i sprzyjają szybkiemu rozkładowi substancji organicznych. Rezende i współautorzy [2014] uznają tą biotechnologię za lepszą np. od kompostowania; między innymi ze względu na jej zdolność do obniżania stężenia toksycznych pierwiastków zawartych w przetwarzanych odpadach.

Technologia wermikompostowania sprawdza się w zrównoważonym rolnictwie i gospodarce odpadami na świecie. Może być przeprowadzana zarówno w indywidualnych gospodarstwach domowych, jak i w wielkotowarowych gospodarstwach rolniczych. Choć jest to stosunkowo prosta i niskoenergetyczna biotechnologia rozmnażania dżdżownic na biodegradowalnych odpadach różnego pochodzenia [Wani i in. 2013], to na świecie nadal prowadzone są badania nie tylko nad jej optymalizacją i możliwością wykorzystywania do utylizacji różnych podłoży, ale

także badane są możliwości wykorzystywania produktów; wermikompostów i samych dżdżownic Lumbricidae [Maheswari i Priya 2018, Sharma i Garg 2018, Aslam i in. 2019, Bhunia i in. 2021, Shobha i in. 2021]. Pomimo, że zebrano już wiele danych dotyczących wermikompostowania i wykorzystywania wermikompostów, to jednak jako istotne zagadnienia praktyczne, są one nadal pełne tajemnic i pozostawiają wiele pytań. Warto też dodać, że zainteresowania badawcze w tym zakresie, jak dotąd jest znacznie większe na świecie niż w Polsce.

Dżdżownice Lumbricidae są warte uwagi badawczej także z innego powodu. Jako gatunki inżynierskie w glebie [Blouin i in. 2013], są także doskonałym obiektem analizy wpływu różnych form antropopresji (w tym ksenobiotyków używanych w rolnictwie) na to środowisko. Spełniają kryterium 5p (są w ekosystemach podstawowe, powszechne, przeżywające, podatne i powtarzalne) [Laskowski i Migula 2004]. Spośród wielu środków ochrony roślin stosowanych w rolnictwie neonikotynoidy stanowią 25% ich ogółu [Jeschke i in. 2010, 2013; Wang i in. 2015 a,b]. Są insektycydami stosowanymi w rolnictwie od lat 90-tych i nadal należą do najczęściej użytkowanych substancji owadobójczych o działaniu systemicznym. Niestety udowodniono, że wykazują wysoką toksyczność dla licznych bezkręgowców, w tym zwłaszcza dla owadów zapylających [Singla i in. 2020]. Obecnie istnieje duża luka w wiedzy na temat wpływu tych substancji na liczne bezkręgowce pełniące ważną rolę w funkcjonowaniu ekosystemu glebowego. Z drugiej strony dotychczasowe badania wskazują na fakt, że zanieczyszczenie środowiska neonikotynoidami wynikające z obecnie dopuszczonych poziomów zastosowań, często powoduje negatywne skutki biologiczne i ekologiczne w szerokim zakresie. Chociaż neonikotynoidy są ukierunkowane na szkodniki owadzie, ich przeważające zastosowanie dotyczy zaprawy do nasion. Długa trwałość neonikotynoidów w glebie stanowi także zagrożenie dla wielu organizmów nie będących przedmiotem zwalczania. Do tych organizmów należą także dżdżownice [De Lima i in. 2020], dlatego należy badać wpływ tych substancji na ich populacje występujące w glebach różnych siedlisk. Według OECD [1984] Lumbricidae są organizmami kluczowymi dla oceny ryzyka środowiskowego substancji chemicznych stosowanych w rolnictwie w Europie.

Cykl publikacji stanowiących opisywane osiągnięcie naukowe wnosi szereg istotnych i nowych informacji na temat produkcji, wykorzystania i oddziaływania wermikompostu, a także stanowi przyczynek do wiedzy o zastosowaniu Lumbricidae jako organizmu testującego neonikotynoidy używane w rolnictwie.

4.3. Główne cele badawcze

W badaniach przedstawionych w cyklu publikacji powiązanych tematycznie i stanowiących osiągnięcie naukowe, postawiono następujące cele badawcze:

- określenie cech / składu chemicznego wermikompostów wyprodukowanych z bioodpadów komunalnych, oraz odpadów z rolnictwa: agroodpadów (resztki kukurydzy zwyczajnej *Zea mays*) oraz odchodów zwierząt hodowlanych (odchody owiec kameruńskich *Djallonké* i owcy domowej *Ovis aries*);
- wyznaczenie wielkości i struktury plonu batatów nawożonych wermikompostem wyprodukowanym z odchodów owcy domowej;
- określenie cech gleby wytworzonej z lessu po nawożeniu wermikompostem z odchodów owcy domowej, w uprawie batatów;
- wyznaczenie wpływu wermikompostowania badanych odpadów na kondycję dżdżownic *Eisenia fetida* (Savigny 1826) i *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893);
- ocena wpływu neonikotynoidów w dawce rekomendowanej przez producenta na dżdżownice, jako przedstawicieli zooedafonu gleby.

4.4. Obiekty badawcze i metodyka badań

Wermikompostowanie jest prośrodowiskową biotechnologią, umożliwiającą przetwarzanie odpadów organicznych [Adi i Noor 2009, Dominguez i Edwards 2011]. Jest to proces wykorzystujący zagęszczone populacje dżdżownic do rozkładu dostarczanej materii organicznej. Produktami tego procesu są nawóz wermikompost i biomasa worów powłokowo-mięśniowych dżdżownic [Scherman 2003, Garg i in. 2005, Adhikary 2012]. Wermikompost z uwagi na wysoką zawartość mikroflory oraz składników odżywczych umożliwiających wzrost roślin nazywany jest „czarnym złotem” [Adhikary 2012]. Stanowi on homogenną, granularną strukturę, o przyjemnym zapachu i ciemnobrązowym kolorze. Jego właściwości nawozowe zależą od rodzaju dostarczanych odpadów oraz zastosowanego gatunku dżdżownic [Singh i in. 2008, Adhikary 2012]. Tak otrzymany nawóz organiczny zawiera składniki łatwo dostępne dla roślin, w tym N, P, K i inne, bowiem w przewodzie pokarmowym dżdżownic bytują mikroorganizmy, które przekształcają nierozpuszczalne formy pierwiastków w dostępne dla roślin [Adhami i in. 2014].

Wśród stosowanych środków chemicznych w ochronie roślin, neonikotynoidy (NEO) stanowią około 25% wyprodukowanych na świecie insektycydów [Jeschke i in. 2010, 2013, Wang i in. 2015a,b]. Są one powszechnie wykorzystywane do eliminacji

szkodliwych owadów żerujących na roślinach uprawnych i jak dotąd stanowią najpopularniejszą grupę insektycydów. Wielu autorów zauważyło ich negatywny wpływ na funkcjonowanie ekosystemów. Liczne badania wskazują także, że nawet bezpieczne dawki, zalecane przez producentów tych ksenobiotyków, oddziałują na różne organizmy glebowe i jak dotąd nie znane są synergiczne skutki ich aplikacji [Garczyńska i Kostecka 2011, Jovana i in. 2014, Krüpke i Long 2015, Uhl i in. 2015, Garczyńska i in. 2018].

Badania obejmowały eksperymenty przeprowadzone w laboratorium oraz doświadczenia polowe. W eksperymentach laboratoryjnych zastosowano dojrzałe osobniki dwóch gatunków dżdżownic: *Eisenia fetida* (Savigny 1826) i *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893), lub tylko *D. veneta*, pochodzące z własnej linii hodowlanej Katedry Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.

4.4.1. Eksperymenty laboratoryjne

Badania przeprowadzono w laboratorium w/w Katedry w pojemnikach o różnej wielkości, umieszczonych w napowietrzanej komorze klimatyzacyjnej ($20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$), o stałej wilgotności około 70%, zgodnie z normą (PN-ISO 2001). Publikacje [A.1., A.2., A.3., A.5., A.6.] powstały na bazie eksperymentów przeprowadzonych w laboratorium, a publikacja [A.4.] w oparciu o doświadczenia polowe.

4.4.1.1. Obiekty badawcze

W pierwszym eksperymencie obiektami badań były wermikompostowane, w cyklu jednorocznym, odpady kuchenne (bioodpady) w postaci dwóch mieszanin, przy udziale dwóch gatunków dżdżownic: *Eisenia fetida* (Sav) i *Dendrobaena veneta* (Rosa) (A.1.). Wermikompostowano dwa zestawy bioodpadów kuchennych: a/ wytłoczyny po sokach z jabłek, marchwi i buraków oraz resztki ziemniaków + celuloza w stosunku 4:1; b/ obierki z jabłek, ziemniaki, makaron, chleb + celuloza w stosunku 2:1. Wermikompostowanie mieszanin kuchennych odpadów organicznych przez populacje obu gatunków dżdżownic, zakończyło się uzyskaniem podobnie zabarwionych wermikompostów o strukturze gruzelkowatej.

W drugim eksperymencie obiektami badań były resztki poźniwne po zbiorze kukurydzy (*Zea mays* ssp. *Indurata*)(łodygi z liśćmi, rdzenie, okrywy kolb oraz nie zebrane i wybrakowane kolby i ziarno), które wermikompostowano w okresie 5 miesięcy, także przy udziale tych samych dwóch gatunków dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav) i *Dendrobaena veneta* (Rosa). (A.2.). Resztki poźniwne (łodygi kukurydzy pozyskano

z pola uprawnego położonego w miejscowości Iwierzycy w powiecie ropczycko-sędziszowskim, 24 km od Rzeszowa). Łodygi kukurydzy rozdrobniono mechanicznie do średnicy 20 mm. Vermikompostowanie biomasy odpadowej w postaci rozdrobnionych łodyg kukurydzy (agroodpadów), przeprowadzono w 4 powtórzeniach, w 3 wariantach doświadczalnych: I – rozdrobnione łodygi kukurydzy; II – rozdrobnione łodygi kukurydzy z dodatkiem celulozy w stosunku 2:1; III – rozdrobnione łodygi kukurydzy z dodatkiem obornika końskiego w stosunku 2:1. Zawartość wszystkich pojemników regularnie zraszano (jeden raz w tygodniu) wodą wodociągową o znanym składzie chemicznym (A.2.). Warstwę stratyfikacyjną stanowiło uniwersalne podłoże do roślin ozdobnych (Floro-hum). Stan populacji dżdżownic oceniano w utylizowanych odpadach, stosując metodę segregacji ręcznej w całej objętości podłoża.

W trzecim eksperymencie laboratoryjnym, obiektem badań był obornik od owiec kameruńskich, uprzednio składowany (przez 1,5 roku), pochodzący z gospodarstwa agroturystycznego w Krośnie, który po wysuszeniu w temperaturze 105°C, poddano wermikompostowaniu przez dżdżownice *D. veneta* (Rosa), pochodzące z własnej wieloletniej linii hodowlanej (A.3.). Doświadczenie przeprowadzono w 4 powtórzeniach i w 2 wariantach: I – (OOK) – po 10 dojrzałych osobników *D. veneta* ze znaną i zbilansowaną biomasą w każdym z czterech pojemników (550g ±0,016) + ziemia ogrodnicza + 400 g wysuszonego obornika owczego; II – (OOKS) – po 10 dojrzałych osobników *D. veneta* ze znaną i zbilansowaną biomasą w każdym z czterech pojemników (550g±0,011) + ziemia ogrodnicza + po 200g wysuszonego obornika i odpadowego siana zmieszanych w proporcji 1:1). Ziemię ogrodniczą stanowiła uniwersalna ziemia (Kronen) o znanych cechach, w tym składzie chemicznym (A.3.). W każdym tygodniu trwania eksperymentu podłoże zwilżano, tą samą objętością wody (100 ml) o znanych cechach, w tym również znanym składzie chemicznym (A.3.).

Otrzymane wermikomposty z tych odpadów organicznych poddano dalszym badaniom pod kątem oceny ich przydatności jako nawozów organicznych (A.1. - A.3.).

Kolejnymi eksperymentami, które przeprowadzono w laboratorium Katedry Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej UR w Rzeszowie, były badania nad wpływem 2 insektycydów neonikotynoidowych (Actara 25 WG i Nuprid 200SC) na te same gatunki dżdżownic pochodzące z hodowli zachowawczej w/w Katedry (A.5., A.6.). Eksperymenty te przeprowadzono w komorze klimatyzacyjnej (20±0,5°C, 24 L, przy wilgotności około 70%) (OECD 1984, 2004).

W czwartym eksperymencie laboratoryjnym, obiektami badawczymi były 2 gatunki dżdżownic *E. fetida* (Sav.) i *D. veneta* (Rosa) (A.5.), które po uprzedniej aklimatyzacji w ziemi ogrodniczej, poddano krótkotrwałemu kontaktowi z preparatem Actara 25WG, zawierającym substancję aktywną tiametoksam. Preparat zastosowano jednorazowo, w dawce zalecanej przez producenta (jako odpowiednik stężenia $0,003 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Badania przeprowadzono w okresie 5 miesięcy (od grudnia 2015r. do maja 2016 roku) w 3 powtórzeniach i 2 wariantach:

I – $1,5 \text{ dm}^3$ ziemi ogrodniczej + po 20 osobników *E. fetida* do każdego pojemnika i po 10 osobników *D. veneta* do kolejnych 3 pojemników + 5 razy po 600 ml resztek kuchennych, zmieszanych z 300 ml celulozy;

II – $1,5 \text{ dm}^3$ ziemi ogrodniczej + po 20 osobników *E. fetida* do każdego pojemnika i po 10 osobników *D. veneta* do kolejnych 3 pojemników + 5 razy po 600 ml resztek kuchennych, zmieszanych z 300 ml celulozy + preparat Actara 25WG w odpowiedniku dawki $0,003 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, zgodnie z zaleceniami producenta. Vermikompostowano odpad kuchenny w składzie: resztki makaronu, chleba, obierki z jabłek i ziemniaków w stosunku 1:1:1:1. W każdym miesiącu badań sprawdzano stan populacji dżdżownic, stosując metodę ręcznej segregacji podłoża [wg Pelosi i in. 2009].

W piątym eksperymencie, przeprowadzonym w warunkach laboratoryjnych (A.6.), obiektami badawczymi były dżdżownice *D. veneta*, pochodzące z hodowli zachowawczej, prowadzonej w Katedrze. Wcześniej poddano je aklimatyzacji w ziemi ogrodniczej. W tych badaniach zastosowano preparat Nuprid 200SC, kolejny insektycyd należący do neonikotynoidów; substancją aktywną w nim jest imidaklopryd (17,8%). Preparat ten także zastosowano jednorazowo, w dawce rekomendowanej przez producenta (jako odpowiednik stężenia $0,3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-2}$). Doświadczenie przeprowadzono w okresie 5 miesięcy (2017), w 4 powtórzeniach i dwóch wariantach. Eksperyment realizowano na zbilansowanej biomase dojrzałych osobników *D. veneta*. Do plastikowych pojemników, wypełnionych ziemią ogrodniczą wprowadzono po 10 dżdżownic. W celu ograniczenia liczebności konkurujących z dżdżownicami wazonkowców, odpady kuchenne wermikompostowano po zmieszaniu z celulozą w proporcji 2:1 [Kostecka 2000]. Odpady dostarczano regularnie według potrzeb hodowanych dżdżownic, umieszczając je w nylonowej siatce o dużych oczkach (5mm).

Schemat doświadczenia z dżdżownicami *D. veneta* był identyczny jak w poprzednim eksperymencie (A.5.).

Bioodpady (resztki kuchenne) stanowiły substrat do produkcji wermikompostu, który następnie poddano ocenie pod względem przydatności nawozowej (A.1.).

Te bioodpady zostały także użyte w podłożach do badań populacji dżdżownic *E. fetida* i *D. veneta* w odpowiedzi na kontakt i oddziaływanie neonikotynoidów (A.5.; A.6.).

Odpady z rolnictwa (resztki poźniwne kukurydzy, odchody owiec kameruńskich, odchody owiec domowych) użyto do produkcji wermikompostów. Wermikomposty te scharakteryzowano pod względem składu chemicznego (A.2., A.3., A.4.) a niektóre z nich zastosowano do nawożenia batatów (A.4.).

4.4.2. Badania polowe

Trzyletnie doświadczenie polowe przeprowadzono w gospodarstwie indywidualnym w Łąncucie (2016-2018) na Podgórzu Rzeszowskim. Gleba, na której założono doświadczenie należała do gleb ciężkich, o składzie granulometrycznym pyłu ilastego, w typie gleby brunatnej, wytworzonej z lessu, II klasy bonitacyjnej. Przed założeniem doświadczenia gleba charakteryzowała się wysoką zawartością przyswajalnego fosforu, a średnią zawartością przyswajalnego potasu i magnezu. Węgiel organiczny w glebie stanowił 2,2%, a azot ogólny 0,26%.

Badano wpływ nawożenia wermikompostem, wyprodukowanym z odchodów owcy domowej, na plon i strukturę plonu batatów odmiany wczesnej – Carmen Rubin oraz na wybrane parametry gleby: pH w 1 M KCl, węgiel organiczny, azot ogólny, przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w 4 powtórzeniach.

Zastosowano 2 technologie uprawy, w których różnicującym było stosowane nawożenie wermikompostem (II fv) lub jego brak (I nf). Nawożenie wermikompostem zastosowano w każdym roku, wnosząc w dwóch dawkach, pod każdą roślinę przed rozpoczęciem doświadczenia i w trakcie jego trwania (0,852 kg/ 1 roślinę). Dawka wermikompostu wyniosła w każdym roku po 22,7 Mg ha⁻¹. Bataty uprawiano, przykrywając je na początku sezonu ciemną folią polietylenową. Rośliny te pozostawały pod osłonami, przeciętnie przez 4 tygodnie, zależnie od warunków pogodowych, najczęściej do połowy czerwca. Stanowiło to zabezpieczenie przed nadmiernym zachwaszczeniem oraz dawało lepsze wykorzystanie energii słonecznej przez rośliny.

4.4.3 Analizy laboratoryjne

Dotyczyły analizy chemiczno-rolniczej i analizy biologicznej.

4.4.3.1. Analiza chemiczno-rolnicza

W eksperymentach laboratoryjnych ta analiza obejmowała warstwę stratyfikacyjną, zastosowane odpady organiczne do produkcji wermikompostów (bioodpady - odpady kuchenne), agroodpady – resztki poźniwne po uprawie kukurydzy) oraz inne odpady z rolnictwa – obornik owiec kameruńskich) oraz wermikomposty (A.1. - A.3.).

W doświadczeniu polowym analizowano obornik owcy domowej i otrzymany z niego wermikompost zastosowany w nawożeniu batatów, a także wykonano analizę gleby, na której prowadzono doświadczenie (przed założeniem doświadczenia i w każdym w trzech lat po jego zakończeniu) (A.4).

4.4.3.1.1. Metodyka analiz

Wermikomposty, podłoże i odpady organiczne poddano różnorodnej analizie chemicznej.

Wartości pH w H₂O analizowano metoda potencjometryczną, przewodnictwo (mS) i zasolenie (g NaCl·dm⁻³) – metodą konduktometryczną, N-NO₃ – jonometrycznie z użyciem elektrody jonoselektywnej, węgiel organiczny (C org.) analizowano metodą Türina, lub z zastosowaniem analizatora elementarnego Vario El Cube (ThermoFisher Sci), a azot metodą Kjeldahla.

W niektórych materiałach wyjściowych i wermikompostach oznaczono również przyswajalne formy P, K i Mg z zastosowaniem metod kolorymetrycznych i fotometrii płomieniowej.

Fosfor analizowano metodą wanadowo-molibdenową, kolorymetrycznie z użyciem UV - VIS spektrofotometru (Shimadzu UV – 2600). Potas analizowano metodą emisyjną (EAAS) na spektrofotometrze absorpcji atomowej Hitachi Z-2000 lub na fotometrze płomieniowym. Wapń i magnez oznaczono metodą płomieniową (FAAS) z użyciem spektrofotometru absorpcji atomowej Hitachi Z-2000.

W niektórych wermikompostach oznaczono ogólną zawartość pierwiastków śladowych (Cu, Cd, Cr, Ni i Pb), które ekstrahowano wodą królewską, a następnie analizowano metodą płomieniową (FAAS) i metodą elektrotermiczną (ET) (PN-ISO 11047: 2001).

Dokładność procedur analitycznych sprawdzano z użyciem materiałów referencyjnych.

Ogólne formy makroelementów (K, Ca, Mg) i mikroelementów (Fe, Mn, Cu, Ni) i innych pierwiastków śladowych (Cd, Cr, Pb) w wermikomposcie i odpadach organicznych ekstrahowano również w mieszaninie stężonych kwasów HNO_3 : HClO_4 : H_2SO_4 w proporcji 20:5:1 w systemie otwartym w bloku grzejmym TECATOR.

Analizy chemiczne wykonano w trzech lub czterech powtórzeniach.

W materiałach odpadowych i wermikompostach wyliczono także stosunek C:N.

4.4.3.1.2 Metodyka analizy gleby

W doświadczeniu polowym nad wpływem nawożenia wermikompostem na plon i strukturę plonu batatów, analizowano glebę: przed założeniem doświadczenia oraz w kolejnych 3 latach po ich zbiorze (A.4.).

Próbki gleby pobrano z poziomu orno-próchnicznego Ap z głębokości 0-30 cm. Analizy chemiczne gleby wykonano w trzech powtórzeniach. Węgiel organiczny oznaczono metodą Turina, a azot ogólny metodą Kjeldahla. Wartości pH w 1 M KCL oznaczono według normy (PN-ISO10390, 1997), potencjometrycznie. Fosfor przyswajalny oznaczono według normy (PN-R-04023, 1996), kolorymetrycznie. Potas przyswajalny analizowano zgodnie z normą (PN-R-04022, 1996), fotometrycznie, a magnez przyswajalny według normy (PN-R-04020, 1994) kolorymetrycznie.

4.4.3.2. Analiza biologiczna

Analiza biologiczna obejmowała ocenę stanu populacji dżdżownic dwóch gatunków *Eisenia fetida* (Sav. 1826) i *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893), użytych w eksperymentach laboratoryjnych (A.1.–A.6.). W eksperymentach (A.5. i A.6.) badano wpływ dwóch insektycydów neonikotynoidowych (Actara 25WG i Nuprid 200SC), zastosowanych w dawkach zgodnie z zaleceniami producentów, na wybrane cechy populacji dżdżownic (liczebność i biomasa osobników dojrzałych oraz osobników niedojrzałych, liczba i biomasa składanych kokonów).

Eksperyment A.2. dotyczył analizy populacji badanych gatunków dżdżownic podczas wermikompostowania resztek poźniwnych kukurydzy (agroodpadów).

4.4.4. Analiza statystyczna

Wyniki badań zamieszczone we wszystkich publikacjach pokazano jako średnie arytmetyczne ($\bar{X}$) i odchylenia standardowe (SD).

Do obliczeń statystycznych wykorzystano program Statistica v. 10 i Statistica v. 13.1 (*Statsoft*). Różnice statystycznie istotne stwierdzano przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Do wyznaczenia różnic pomiędzy danymi używano testu *t-Studenta* oraz analizy wariancji (*ANOVA*) z testem *Tuckeya* (*post-hoc*).

Przed stosowaniem odpowiednich testów sprawdzano czy rozkład danych jest zgodny z rozkładem normalnym (*test W Shapiro-Wilk'a*) oraz czy wariancje w grupach są jednorodne (*test Browna-Forsyth'a*).

4.5. Najistotniejsze wyniki badań

- określenie cech i składu chemicznego wermikompostów wyprodukowanych z bioodpadów komunalnych oraz odpadów z rolnictwa: agroodpadów (resztki kukurydzy zwyczajnej *Zea mays*) i odchodów zwierząt (odchody owiec kameruńskich *Djallonké* i owcy domowej *Ovis aries*)

Wermikompostowanie bioodpadów komunalnych (resztek kuchennych)

A.1. Kostecka J., Garczyńska M., Podolak A., Pączka G., Kaniuczak J. (2018): Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants. *Journal of Ecological Engineering*. 19(6): 267-274. DOI: 10.12911/22998993/99691.

Według raportu Food Waste Index sporządzonego przez Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP) w 2019 r. [*Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych ...2021*], szacuje się, że na świecie co roku marnujemy około 930 mln ton żywności, z czego większość (bo prawie 570 mln) pochodzi z gospodarstw domowych. Ustawa z 19 lipca 2019 roku o przeciwdziałaniu marnotrawieniu żywności [*Ustawa z 19 lipca 2019 r. o przeciwdziałaniu marnowaniu żywności, Dz.U. z 2019 r. poz. 1680*], zmieniła podejście do resztek organicznych, powstających nie tylko w domowych kuchniach, ale także np. w hipermarketach, restauracjach czy stołówkach. Podobnie Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy, wymaga aby Państwa członkowskie zapewniły, najpóźniej od dnia 31 grudnia 2023 r., aby bioodpady były segregowane i poddawane recyklingowi u źródła lub selektywnie zbierane i niemieszane z innymi rodzajami odpadów. Segregacja bioodpadów komunalnych na miejscu powstawania stanowi więc szansę na gromadzenie dobrej jakości surowca do wytwarzania nawozów organicznych.

Wermikompostowanie *on-site* może być jednym z rozwiązań powyższych problemów.

W badaniach analizowano przetwarzanie bioodpadów kuchennych, wermikompostując je w obecności populacji dżdżownic *E. fetida* oraz *D. veneta*. Ważnym aspektem poznawczym tych badań było wykazanie możliwości wykorzystania gatunku *D. veneta*; w literaturze podobne procesy były przeprowadzane głównie z wykorzystaniem gatunku *E. fetida* [Wani i in. 2013, Jawaher i Dohaish 2020]. Dżdżownice wermikompostowały resztki pokarmowe (mieszanina a - wytloki z jabłek, marchwi i buraków, resztki ziemniaków zmieszane z celulozą w proporcji 4:1; mieszanina b – obierki z jabłek i ziemniaków, resztki makaronu i pieczywo zmieszane z celulozą w proporcji 2: 1).

Wermikompostowanie tych resztek kuchennych przez populacje obu gatunków dżdżownic zakończyło się uzyskaniem podobnie ciemno zabarwionych wermikompostów o strukturze gruzełkowatej, bez pozostałości nieprzerobionych resztek odpadów. Proces przebiegał bezodorowo (bezwonnie).

Porównując otrzymane wermikomposty stwierdzono, że w przypadku obu mieszanin bioodpadów, gatunek dżdżownic decydował o cechach pH ($<0,001$) i przewodności otrzymanych nawozów ($p<0,01$). Transformacja mieszaniny zarówno z mniejszym jak i większym udziałem celulozy przez *D. veneta* prowadziła do wyższego pH wermikompostów i charakteryzowały się one mniejszym zasoleniem w porównaniu do wermikompostów wyprodukowanych przez *E. fetida*.

W przypadku mieszaniny z mniejszym udziałem czystej celulozy (mieszanina a) gatunek dżdżownicy nie różnicował zawartości węgla, azotu, fosforu i potasu w wermikompostach. Większa jej zawartość w wermikompostowanej mieszaninie bioodpadu (mieszanina b) mogła wpływać natomiast na brak zróżnicowania tylko zawartości potasu, ale wermikompost wytworzony przez *D. veneta* miał znacznie mniejsze zawartości węgla i azotu (odpowiednio stanowiły 60% i 59% zawartości w porównaniu do zawartości w wermikompostach wyprodukowanych przez *E. fetida*)(**tabela 1 i tabela 2**).

Wermikompostowanie z udziałem dżdżownicy *D. veneta* nie różnicowało zawartości wapnia w otrzymywanym nawozie, w przypadku mieszaniny a, natomiast w przypadku mieszaniny b - podnosiło zawartość tego pierwiastka. Metabolizm dżdżownicy *D. veneta* inaczej różnicował zawartość magnezu. W przypadku tego pierwiastka, większy udział celulozy nie powodował różnicy zawartości w porównaniu do wermikompostu produkowanego z udziałem *E. fetida*, a przy mniejszym udziale celulozy w bioodpadzie, większa zawartość magnezu charakteryzowała wermikompost wytworzony przez *D. veneta*.

Hanc i Chadimova [2014] wermikompostowali z udziałem dżdżownic z rodzaju *Eisenia* wytloki jabłkowe z dodatkiem słomy w różnych proporcjach (25%, 50%, 75%). Dodatek słomy do wytlóków jabłkowych zwiększył zawartość dostępnych składników pokarmowych. Wytworzone wermikomposty charakteryzowały się odczynem od lekko kwaśnego do obojętnego (pH 5,9–6,9) i odpowiednim stosunkiem C: N (13–14). W procesie przetwarzania wytlóków jabłkowych z udziałem dżdżownic, we wszystkich wyprodukowanych mieszankach zwiększyła się całkowita zawartość składników pokarmowych (średnie wartości finalne: N = 2,8%, P = 0,85%, K = 2,3% i Mg = 0,38%).

Wermikompostowanie resztek poźniwnych

A.2. Garczyńska M., Pączka G., Wirkus K., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Bartkowska I., Kostecka J. (2018): Vermicomposting of Post-harvest Maize Waste. *Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska*. 20: 358-374.

Aktualnie, obok pszenicy ozimej i rzepaku ozimego, kukurydza należy do najważniejszych roślin rolniczych uprawianych w kraju, a powierzchnia jej zasiewów od 2012 roku przekracza nieco ponad milion hektarów, w tym na ziarno około 650 tys. ha terenów produkcji roślinnej (GUS 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018). Wprowadzenie dużej ilości słomy kukurydzianej do gleby może zakłócić stosunek C:N w tym środowisku, ponieważ jest to źródło materii organicznej bogate w węgiel a ubogie w azot (stosunek C:N w słomie średnio waha się w granicach 40-60:1). Nie zapewniając odpowiedniej ilości azotu dla rozwoju mikroorganizmów glebowych, obecność słomy kukurydzianej powoduje, że mikroorganizmy rozkładające jej biomasę korzystają z azotu glebowego, który stopniowo staje się niedostępny dla roślin. Po wyczerpaniu zasobów azotu w glebie, intensywność rozmnażania się mikroorganizmów maleje, co wydłuża rozkład resztek poźniwnych.

Dlatego określano możliwości wykorzystania resztek poźniwnych kukurydzy (słomy kukurydzianej czyli łodyg z liśćmi, rdzeni, okryw kolb oraz nie zebranych i wybrakowanych kolb i ziarna) do produkcji bogatego w składniki pokarmowe roślin nawozu - wermikompostu. Literatura naukowa nie donosi o wermikompostowaniu tego agroodpadu, choć z wielu względów, odpowiednie zagospodarowanie tej biomasy jest kluczowe. W tym kontekście wyniki tych badań stanowią pewne nowum i uzupełniają lukę w naukach rolniczych.

Resztki poźniwne kukurydzy wermikompostowano podobnie z wykorzystaniem dwóch gatunków dżdżownic *E. fetida* oraz *D. veneta* w 3 wariantach doświadczalnych; I- czyste resztki poźniwne kukurydzy; II – resztki poźniwne kukurydzy zmieszane z celulozą (w stosunku 2:1) oraz III – resztki poźniwne kukurydzy zmieszane z obornikiem końskim (w stosunku 2:1).

Dodatek celulozy oraz obornika końskiego dwukrotnie przyspieszył tempo przetwarzania resztek kukurydzy. Czyste łodygi (wariant I) zostały przetworzone w nawóz organiczny po 189 dniach. W wariacie II (kukurydza z dodatkiem celulozy) - dżdżownice przetworzyły pokarm w ciągu 90 dni, w III kombinacji (kukurydza z dodatkiem obornika końskiego) zagęszczone populacje dżdżownic przerobiły odpad poźniwny w wermikompost w przeciągu 78 dni.

I w tym zestawie wermikompostowania, wszystkie odpady wyjściowe zostały przekształcone w wartościowe nawozy (**tabela 3**). Podczas bezwonnej biotransformacji, dżdżownice rozluźniły podłoża odpadowe i we współpracy z mikroorganizmami w swoich przewodach pokarmowych, wyprodukowały w odpadach strukturę gruzelkową z trwałymi agregatami organiczno-mineralnymi, o zwiększonej wodoodporności. Po wprowadzeniu wermikompostu do gleb, ułatwia to rozwój systemu korzeniowego roślin.

Jakość i dojrzałość wermikompostu pokazuje zmiana stosunku C:N w odpadzie i wyprodukowanym nawozie. W procesie wermikompostowania można regulować stosunek C:N, podnosząc przykładowo zawartość węgla przez dodanie tektury albo słomy do utylizowanego podłoża. W opisywanym doświadczeniu przebadano także wariant II – resztki poźniwne kukurydzy z celulozą. Kostecka [2000] udowodniła, że dodatek celulozy do wermikompostowanych odpadów przyspiesza proces ich przetwarzania. Obniżenie stosunku C: N do mniej niż 20, wskazuje na zaawansowany stopień stabilizacji materii organicznej [Lim i in. 2011] i odzwierciedla zadowalający stopień dojrzałości odpadów organicznych [Sharma i Garg 2018]. Z kolei substancje azotowe w procesie wermikompostowania przyspieszają aktywność mikrobiologiczną i enzymatyczną w jelicie dżdżownic, co wpływa na szybsze tempo mineralizacji podłoża [Alidadi i in. 2016]. Obniżenie stosunku C: N jest również obserwowane przy zwiększonej szybkości humifikacji materii organicznej w glebach [Parthasarathi i in. 2016].

Uzyskane wermikomposty miały statystycznie podobne cechy ($p > 0,05$). Nie różniły się odczynem (pH w wodzie min 5,6; max 6,1). Odczyn ten był zbliżony do obojętnego,

choć niższy od stwierdzonego w wermikompostach z odpadów kuchennych przez Kostecką [2000], gdzie kształtował się średnio w granicach 6,5–7,5. Zasolenie w wyprodukowanym podłożu było zbliżone do poziomu optymalnego dla roślin (min 0,5; max 1,0), choć Kostecka [2000] opisuje, że zasolenie nawozów produkowanych przez dżdżownice z kuchennych resztek organicznych w przeciągu roku wzrastało gwałtownie z 3,9 g NaCl·dm⁻³ do 12,6 g NaCl·dm⁻³.

Z kolei Pandit i Maheshwari (2012) badali wpływ wybranych czynników abiotycznych (temperatury, pH, wilgotności i wielkości cząstek materiału odpadowego) na optymalizację procesu wermikompostowania wyłoków trzciny cukrowej. Doświadczenie prowadzono przez okres 6 tygodni w dwóch wariantach: I – podłoża wyłoków trzciny cukrowej bez dżdżownic, II – podłoża wyłoków trzciny cukrowej + dżdżownice *E. fetida*. Autorzy zauważyli, że optymalnymi parametrami dla wermikompostowania odpadów trzciny cukrowej w skrzynkach z *E. fetida* była temperatura 25°C, pH 7,0, wielkość cząstek 1-2 mm oraz wilgotność 80%. Stwierdzono ponadto, że wermikompost otrzymany w wariancie II był zasobniejszy w składniki pokarmowe (azot (2,3%), fosfor (2,6%), potas (1,7%), sód (3,3%), wapń (2,3%), magnez (1,9%)) w porównaniu odpowiednio do kompostu otrzymanego w wariancie I (azot (1,5%), fosfor (2,5%), potas (1,5%), sód (2,9%), wapń (2,1%), magnez (1,6%) (p<0,05). Podobnie, otrzymany wermikompost był bogatszy w niektóre mikroelementy: żelazo (1052 ppm), cynk (163 ppm), mangan (407 ppm) i miedź (167 ppm)), w porównaniu do kompostu (żelazo (969 ppm), cynk (155 ppm), mangan (399 ppm) i miedź (156 ppm) (p<0,05).

Wermikomposty wyprodukowane przez oba gatunki dżdżownic we wszystkich trzech wariantach z resztkami łodyg kukurydzy nie różniły się zawartością azotu azotanowego (min 66; max 88 mg·kg⁻¹), przyswajalnego fosforu (min 66; max 102 mg·kg⁻¹), potasu (min 232; max 289 mg·kg⁻¹), wapnia (min 675; max 780 mg·kg⁻¹) i magnezu (min 88; max 156 mg·kg⁻¹). Stanowiło to duży zasób składników pokarmowych roślin (**tabela 3**) (p>0,05).

Wermikompostowanie odchodów owiec kameruńskich

A.3. Garczyńska M., Kostecka J., Pączka G., Hajduk E., Mazur-Pączka A., Butt R.K. (2020): Properties of Vermicomposts Derived from Cameroon Sheep Dung. Applied Sciences. 10(15): 5048. DOI: 10.3390/app10155048.

Odchody zwierząt gospodarskich (także pochodzące z hodowli alternatywnych, np. odchody owiec kameruńskich) mogą stanowić cenny czynnik utrzymywania żyzności ekosystemów glebowych. Poddane kompostowaniu lub wermikompostowaniu, w porównaniu do surowego materiału, zawierają więcej makroelementów, pomagają w stabilizacji gleby, zapobiegają erozji, poprawiają strukturę gleby, lepiej zatrzymują wilgoć [Faridullah i in. 2014]. Proces wermikompostowania odchodów zwierzęcych, skutecznie redukuje też mikroorganizmy chorobotwórcze, obniża wektorowanie patogenów i innych czynników chorobotwórczych z gospodarstw hodowlanych do wód powierzchniowych i gruntowych oraz ekosystemu glebowego [Kumar i Shweta 2011, Karimi i in. 2017, Bellitürk i in. 2020].

W omawianej publikacji po raz kolejny badano wermikompostowanie odchodów z wykorzystaniem dżdżownicy *D. veneta*, ponieważ większość badań tego materiału (odchodów bydłęcych, owczych, oślich, kozich, wielbłądzych, końskich, bawolich, króliczych, świńskich) była przeprowadzana z wykorzystaniem populacji dżdżownic kompostowych *E. fetida* [Kostecka 2000, Garg i in. 2005, Siddique i in. 2005, Aira i in. 2007, Molina i in. 2013, Yadav i in. 2013].

Bezwonne wermikompostowanie odchodów owiec kameruńskich przez populację dżdżownic *D. veneta* prowadzono w dwóch kombinacjach: czyste odchody owiec kameruńskich oraz odchody owiec kameruńskich zmieszane z sianem w stosunku 1:1.

Obecnie w wielu gospodarstwach siano staje się niezagospodarowaną biomasą odpadową, co jest związane z faktem, że niektóre łąki są objęte programem Natura 2000. Prowadzi to do ich późnego koszenia (ochrona gniazdujących na ziemi ptaków) i powoduje obniżenie wartości pokarmowej, przez co siano staje się nieatrakcyjne dla zwierząt gospodarskich i stanowi materiał odpadowy do zagospodarowania w rolnictwie.

Uzyskane wermikomposty (z obu kombinacji eksperymentu) charakteryzowały się podobnymi cechami. Nie różniły się odczynem (pH w wodzie: min 6,7; max 6,8) oraz zasoleniem (min 1,1; max 1,2 g·dm⁻³) ($p > 0,05$). Wielu autorów wskazuje na lepsze właściwości wermikompostów wyprodukowanych z odchodów zwierzęcych w porównaniu do czystych odchodów. Jahanbakhshi i Kheiralipour [2019] wykazali, że wermikompost owczy w porównaniu do obornika owczego charakteryzował się mniejszym zasoleniem, kwasowością oraz korzystniejszym stosunkiem C/N pod uprawy pomidorów. Inną ważną zaletą wermikompostu w porównaniu z obornikiem owczym jest wysoka przyswajalna zawartość potasu i fosforu. Według tych samych autorów [Jahanbakhshi i Kheiralipour 2019], zastosowanie samego obornika owczego dogłębowo

w porównaniu do wermikompostu owczego, może wpłynąć negatywnie na ekosystem glebowy poprzez introdukcję różnych wirusów i patogenów zawartych w samym oborniku. Zastosowanie wermikompostu na bazie odchodów owczych wpływa natomiast na poprawę parametrów fizyko-chemicznych ekosystemu glebowego.

Wermikomposty z odchodów owiec kameruńskich wyprodukowane przez gatunek *D. veneta*, nie różniły się zawartością węgla organicznego (min 340; max 365 g·kg⁻¹ s.m.), azotu ogólnego (min 17; max 18 g·kg⁻¹ s.m.), fosforu (min 9,6; max 10,5 g·kg⁻¹ s.m.), potasu (min 13,2; max 13,6 g·kg⁻¹ s.m.), wapnia (min 16,2; max 16,6 g·kg⁻¹ s.m.) i magnezu (min 3,0; max 3,2 g·kg⁻¹ s.m.) (**tabela 3**). Jakość i dojrzałość wermikompostów wyznacza stosunek C:N. Wyprodukowane nawozy cechowały się odpowiednią dojrzałością, co wskazuje na możliwość ich użycia pod odpowiednie uprawy rolnicze lub ogrodnicze.

Wermikomposty wyprodukowane z odchodów zwierzęcych różnią się składem chemicznym w porównaniu do samych odchodów pochodzenia zwierzęcego, co w istotny sposób wpływa na możliwość zastosowania pod konkretne uprawy zgodnie z ich zapotrzebowaniem na składniki pokarmowe.

Według Bellitruk i innych [2020] wermikomposty wytworzone z odchodów owczych i kozich charakteryzowały się lepszymi właściwościami i wykazywały lepszą przydatność nawozową w stosunku do wermikompostu wyprodukowanego z odchodów bydłowych. Wermikomposty owcze i kozie wykazywały większe zawartości całkowitego azotu, potasu, fosforu, wapnia, magnezu, żelaza i siarki w porównaniu do wermikompostu z obornika bydłowego.

Wyprodukowane w przeprowadzonym doświadczeniu nawozy z odchodów owiec kameruńskich, w porównaniu do inicjalnej biomasy, cechowały się większą zawartością azotu, fosforu i potasu (odpowiednio 17,0; 10,5; 13,2 g kg⁻¹ s.m.), a także mniejszą zawartością węgla i magnezu (odpowiednio 340 i 3,2 g kg⁻¹ s.m.). W badaniach prowadzonych przez Jahanbakhshi i Kheiralipour [2019], w wermikompostach wyprodukowanych z odchodów owczych wykazano większą zawartość potasu (wermikompost 0,75%; odchody 0,62%) i fosforu (wermikompost 0,49%, odchody 0,41%) w stosunku do czystych odchodów owiec.

Zawartość badanych pierwiastków śladowych w obu wermikompostach z odchodów owiec kameruńskich nie różniła się ($p > 0,05$). Ich poziomy zawierały się w granicach: Cu 17,5–18,8, Cr 5,7–5,8, Pb 13,5–14,4, Ni <3, Cd <0,4 mg kg⁻¹ s.m.. Podobnie niewielkie zawartości pierwiastków śladowych w wermikompostach wyprodukowanych z odchodów zwierzęcych wykazali Bellitruk i in. [2020]. Analiza

chemiczna przeprowadzona przez tych autorów pokazała, że wermikomposty (wytworzone z obornika koziego, owczego i krowiego) zawierały mniej pierwiastków śladowych tj. (chromu, kadmu, niklu, ołowiu, rtęci i cyny) w porównaniu odpowiednio do czystych odchodów zwierzęcych. Dodatkowo wermikomposty powstałe na bazie odchodów kozich i owczych cechowały się mniejszymi zawartościami pierwiastków śladowych w stosunku do wermikompostu wytworzonego z obornika krowiego [Belliturk i in. 2020].

Określone poziomy zawartości pierwiastków śladowych nie wykluczały stosowania uzyskanych wermikompostów jako nawozu w uprawach rolniczych.

Wermikompostowanie odchodów owiec domowych

A.4. Garczyńska M., Kostecka J., Kaniuczak J. (2020): Effect of Fertilization with the Sheep Manure Vermicompost on the Yield of Sweet Potatoes and Selected Properties of Soil Developed from Loess. *Journal of Ecological Engineering*. 21(5): 27-33. DOI: 10.12911/22998993/122183.

W prowadzonych badaniach użyty był także wermikompost z odchodów owcy domowej, wyprodukowany z udziałem dżdżownic *D. veneta*. Cechował się odpowiednim dla roślin pH w wodzie (6,7-6,8) a jego zasolenie mieściło się w granicach 0,6-5,3 g·dm⁻³. Nawóz ten był bogaty w makropierwiastki: węgiel organiczny (min 17,6-max 19,2%), azot (min 0,88; max 0,92%), fosfor (min 1; max 1,2%), potas (min 0,90; max 0,94%) wapń (min 1,3; max 1,5%) oraz magnez (min 0,3; max 0,34 %). Odpowiedni stosunek C:N – (min 20; max 21) wskazywał na dojrzałość wytworzonego wermikompostu (**tabela 1**).

Badania obejmowały także:

- **wyznaczenie wielkości i struktury plonu batatów uprawianych na wermikompoście z odchodów owcy domowej *Ovis aries***
- **określenie cech gleby wytworzonej z lessu po nawożeniu wermikompostem**

Plon i elementy struktury plonu, wpływ nawożenia organicznego wermikompostem na wybrane cechy gleby

A.4. Garczyńska M., Kostecka J., Kaniuczak J. (2020): Effect of Fertilization with the Sheep Manure Vermicompost on the Yield of Sweet Potatoes and Selected Properties of Soil Developed from Loess. *Journal of Ecological Engineering*. 21(5): 27-33. DOI: 10.12911/22998993/122183.

Celem pracy było określenie wpływu nawożenia opisanym już wermikompostem z odchodów owcy domowej *Ovis aries* na plon batatów *Ipomoea batatas* L. (Lam), jego strukturę oraz wybrane właściwości gleby, po zastosowaniu wermikompostu.

W obszarze prowadzonego doświadczenia, gleba charakteryzowała się odpowiednim odczynem do uprawy batata – (5.8-7.0) [Granberry i in. 2007]. Wielkość plonu batatów zależy także od rodzaju gleby i jej zasobności w składniki pokarmowe [Burt 2008]. Bataty najlepiej plonują na glebach lekkich, przepuszczalnych, o wysokiej zawartości materii organicznej. Pobieranie składników pokarmowych przez batata odbywa się przez cały okres wegetacji. Nawożenie wermikompostem powodowało stopniowe uwalnianie składników pokarmowych, w związku z tym po zastosowaniu do gleby zabezpieczał on składniki pokarmowe przez cały okres wegetacji [Granberry i in. 2007, Mahmud i in. 2018].

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono wyższą plon batatów odmiany Carmen Rubin nawożonych wermikompostem, porównując do plonu z gleby nie nawożonej (plon batatów nawożonych wermikompostem $24,64 \pm 0,61 \text{ Mg ha}^{-1}$, plon z gleby bez nawożenia – $10,20 \pm 0,47 \text{ Mg ha}^{-1}$) ($p < 0,05$) (**tabela 2**). Fakt ten może mieć znaczenie praktyczne przy uprawie batatów w gospodarstwach ekologicznych, ponieważ roślina ta do dobrego wzrostu i rozwoju wymaga nawożenia organicznego. Niska zawartość materii organicznej w glebie może być główną przyczyną obniżenia produktywności jego upraw; niedobór materii organicznej w glebie obniża potencjał biodostępności składników pokarmowych, co znajduje potwierdzenie w wielu badaniach.

Sowley i współpracownicy [2015] potwierdzili, że plon batatów odmiany WFSP (white-fleshed sweet potato) był większy na poletkach nawożonych obornikiem drobiowym w stosunku do poletek nawożonych mineralnie. Podobnie wysoki plon uzyskały Krochmal-Marczak i współpracownicy [2018] – $31,18 \text{ Mg ha}^{-1}$ na glebach zasobnych w składniki pokarmowe.

Ważnym wynikiem przedstawionych badań jest ustalenie, że zastosowane nawożenie organiczne różnicowało strukturę plonu batatów. W plonie batatów nie nawożonych przeważały bulwy o masie 0,41-0,60 kg (34,4%), najmniejszy zaś udział miały bulwy większe o masie z przedziału 0,81-1,00 (11,1%), przy czym nie stwierdzono bulw powyżej 1,0 kg. W wariacie nawożenia wermikompostem bulwy batata były większe; najczęściej były to bulwy o masie 0,61-0,80 kg (34,8%). Stwierdzono tu najmniej, niewygodnych dla konsumenta, bulw najdrobniejszych o masie 0,21-0,40 kg (5,2%). Występowały również bulwy powyżej 1kg, które są łatwe w użytkowaniu (13,2%)(**tabela 3**).

Zastosowanie nawożenia wermikompostem z odchodów owiec wpłynęło korzystnie na właściwości gleby, na której przeprowadzono doświadczenie (**tabela 4**). Na poletkach nawożonych w okresie trzyletnim wermikompostem z odchodów owiec, istotnie zwiększyła się zawartość przyswajalnego fosforu, potasu, magnezu oraz udział węgla organicznego i azotu ogólnego w porównaniu do poletek nie nawożonych. Nawożenie wermikompostem w uprawie batatów wpłynęło jednak tylko na tendencję do zwiększania udziału C org i N org w glebie oraz obniżenia zawartości przyswajalnych form P, K i Mg w porównaniu ze stanem tych cech przed założeniem doświadczenia. Prawdopodobnie wynikało to z dużego zapotrzebowania batatów na składniki pokarmowe, co wpłynęło również na ich średni plon [Granberry i in. 2007]. Powodem uzyskania plonu batatów na średnim poziomie mogła być także gleba ciężka, która jest mniej odpowiednia do uprawy tej rośliny w porównaniu z glebami lekkimi [Burt 2008]. Informacje zebrane w doświadczeniu mają zastosowanie praktyczne w zakresie stosowania nawożenia organicznego (wermikompostem), potwierdzają korzystne oddziaływanie wermikompostu na glebę i mogą być przydatne w promowaniu upraw o wysokiej jakości plonów.

- **wyznaczenie wpływu wermikompostowania wykazanych odpadów na kondycję dżdżownic *Eisenia fetida* Sav. i *Dendrobaena veneta* Rosa**

- A.1.** Kostecka J., **Garczyńska M.**, Podolak A., Pączka G., Kaniuczak J. (2018): Kitchen organic waste as material for vermiculture and source of nutrients for plants. *Journal of Ecological Engineering*. 19(6): 267-274. DOI: 10.12911/22998993/99691
- A.2.** **Garczyńska M.**, Pączka G., Wirkus K., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Bartkowska I., Kostecka J. (2018): Vermicomposting of Post-harvest Maize Waste. *Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska*. 20: 358-374.
- A.3.** **Garczyńska M.**, Kostecka J., Pączka G., Hajduk E., Mazur-Pączka A., Butt R.K. (2020): Properties of Vermicomposts Derived from Cameroon Sheep Dung. *Applied Sciences*. 10(15): 5048. DOI: 10.3390/app10155048.

Wermikompostowanie odpadów kuchennych i resztek poźniwnych kukurydzy (*Zea mays*) (**A.1.** i **A.2.**) prowadzono wykorzystując dwa gatunki Lumbricidae: *Eisenia fetida* (Sav 1826) i *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893), przy czym dżdżownica *D. veneta* jest znacznie rzadziej stosowana w praktyce i w badaniach, ponieważ akceptuje mniejszy zakres warunków abiotycznych (temperatura, wilgotność podłoża) w porównaniu do dżdżownic *E. fetida*. Kondycja dżdżownic wermikompostujących podłoża z odpadów

ma znaczenie praktyczne, bo decyduje o efektywności biotransformacji. Wskaźnikiem, że proces przebiega efektywnie jest odpowiednia dynamika populacji dżdżownic oraz ich efektywne rozmnażanie [Suthar 2006]. W porównaniu rozwoju w cyklu rocznym, średnich populacji dżdżownic *E. fetida* i *D. veneta* na resztkach kuchennych [Podolak i in. 2020] wykazano, że gatunek *E. fetida* charakteryzuje szybsze tempo rozwoju i liczebność jej populacji które były trzykrotnie większe niż u *D. veneta*. Masa indywidualnych osobników była natomiast znacznie większa u *D. veneta*, co dotyczyło zarówno osobników dojrzałych, jak i niedojrzałych. Kokony składane przez *E. fetida* na resztkach kuchennych były lżejsze i węższe w porównaniu do kokonów składanych przez *D. veneta*, ale dżdżownice *E. fetida* szybciej osiągały dojrzałość płciową.

W chowie obu gatunków dżdżownic na zróżnicowanych podłożach z resztkami poźniwnymi kukurydzy (A.2.) przeanalizowano zmiany w ich populacjach, określając ich liczebność, biomasę oraz liczbę i biomasę składanych kokonów po 3 i 5 miesiącach wermikompostowania zróżnicowanych podłoży z tych odpadów. Cykl życia dżdżownic jest regulowany przez powyższe parametry. Dorosłe osobniki wymagają w podłożu 60–80% wilgotności, optymalnej dla rozwoju temperatury 15–25°C i pH w granicach 6,8–7,8 [Juárez i in. 2011]. Stwierdzono, że biomasa obu gatunków dżdżownic wykazywała tendencję do obniżania się wraz z czasem przebiegu chowu, we wszystkich wariantach doświadczenia ($p > 0,05$) (w przypadku *E. fetida* w I wariacie o 57%, w II o 37% a w III podłożu o 30%); w przypadku *D. veneta* w I wariacie o 64%, w II wariacie o 28% i w III o 41%). Na końcu doświadczeń, średnia biomasa dżdżownic *E. fetida* była mniejsza od *D. veneta* na podłożu z czystych łodyg kukurydzy ($p > 0,05$) i z dodatkiem celulozy ($p > 0,05$), natomiast sytuacja była odwrotna w przypadku łodyg kukurydzy zmieszanych z obornikiem końskim ($p > 0,05$), co może wskazywać na różne adaptacje pokarmowe badanych gatunków. Wydaje się, że wariant podłoża z resztek kukurydzy oraz kukurydzy z dodatkiem celulozy bardziej odpowiadał jako pokarm dla *D. veneta*, a wariant kukurydza + obornik koński bardziej służył gatunkowi *E. fetida*, którego właściwym ekosystemem występowania jest pryzma obornikowa [Guandi i in. 2003].

Zmianom biomasy dżdżownic towarzyszyły zmiany liczebności populacji. W każdym z badanych wariantów podłoża z resztkami kukurydzy średnia liczebność dżdżownic dojrzałych i niedojrzałych wzrastała. Populacja *E. fetida* rosła liczebnie szybciej na podłożach z dodatkiem celulozy i obornika końskiego (w podłożu z dodatkiem celulozy o 306% szybciej niż na samych resztkach kukurydzy, a w podłożu z dodatkiem obornika

o 670%)($p < 0,05$). *D. veneta* osiągnęła istotnie większy przyrost liczebności na podłożach z czystą kukurydzą (o ile po 3 miesiącach było to 280%, to po 5 miesiącach już 708%). Liczebność *D. veneta* w podłożu z łodyg kukurydzy z celulozą wzrosła tylko o 182%, a z dodatkiem obornika o 223%.

W opisywanych badaniach stwierdzono, że dodatek celulozy i obornika końskiego do resztek poźniwnych kukurydzy wpływał na większą reprodukcję dżdżownic (istotny przyrost biomasy młodych dżdżownic i kokonów). Wpływ celulozy, jako dodatku do podłoży pokarmowych, na przyrost biomasy dżdżownic i ich rozmnażanie wykazała Kostecka [2000, 2004]. Różnice we wzroście biomasy obu gatunków dżdżownic w badanych odpadach oraz liczba złożonych przez nie kokonów wskazały, że *E. fetida* preferowała resztki poźniwne kukurydzy z obornikiem końskim, natomiast *D. veneta* czyste odpady kukurydzy oraz odpady kukurydzy zmieszane z celulozą.

Przetwarzanie odchodów owiec kameruńskich (A.3.) prowadzono wykorzystując dżdżownice *D. veneta*, których populacja, wermikompostując tą biomasę odpadową, dobrze się rozwijała. Dodatek siana do odchodów owczych miał pozytywny wpływ na funkcje życiowe dżdżownic. Nie różnicował biomasy populacji ($p > 0,05$), lecz istotnie jednak zwiększył liczebność osobników *D. veneta* ($p < 0,05$).

Przeprowadzone badania wskazują kolejne możliwości recyklingu bioodpadów w ramach gospodarowania odchodami pochodzenia zwierzęcego *on-site*, co wpisuje się w organizację gospodarki o obiegu zamkniętym. Wyniki dostarczone przez te badania mają znaczenie praktyczne, oddają w ręce rolników informację, jak mogą zapewnić sobie dodatkowy zysk, organizując odpowiednio swoje gospodarstwo rolne lub agroturystyczne. Łatwo rozmnażająca się populacja dżdżownic *D. veneta* może generować kilka źródeł dochodu, co wpisuje się także w wielofunkcyjny rozwój wsi polskiej. Właściciel przydomowej wermikultury może nie tylko produkować cenne nawozy organiczne, czy skarmiać posiadane dżdżownice przez trzodę chlewną, drobiem czy rybami w stawach hodowlanych. Może także wykorzystywać namnożone populacje dżdżownic w celach zarobkowych. Zgodnie z trendami, które są powszechne w wielu krajach, dżdżownice można sprzedawać w sklepie akwarystycznym, dostarczać ich wartościowe białko do ZOO, założyć dodatkowe wermikompostowniki w gospodarstwie czy bezpośrednio wprowadzić nadmiernie namnożone dżdżownice epigeiczne do ekosystemu glebowego. Wyprodukowany wermikompost może zostać wykorzystany pod różne uprawy. W każdym przypadku, zastosowanie prawidłowej dawki

vermikompostu powinno zostać obliczone zgodnie z jego właściwościami fizykochemicznymi i wymaganiami pokarmowymi roślin oraz zasobnością gleby w składniki pokarmowe.

• ocena wpływu neonikotynoidów w dawce rekomendowanej przez producenta na dżdżownice, jako przedstawicieli zoedafonu gleby

A.5. Garczyńska M., Pączka G., Kostecka J., Mazur-Pączka A. (2018): Earthworms in short-term contact with a low dose of neonicotinoid Actara 25WG. *Journal of Ecological Engineering*. 19(3): 93-101. DOI: 10.12911/22998993/86254. (A.5.)

A.6. Garczyńska M., Pączka G., Kostecka J. (2019): Influence of neonicotinoids on selected characteristics of the earthworm *Dendrobaena veneta* (Rosa) in laboratory conditions. *Journal of Ecological Engineering*. 20(4): 217-224. DOI: 10.12911/22998993/103015 (A.6.)

Dżdżownice są powszechnie wykorzystywane w testach ekotoksykologicznych, jako przedstawiciele organizmów zamieszkujących glebę. Zgodnie z normami ISO i ich polskimi odpowiednikami, w badaniach tych określa się wpływ różnych substancji chemicznych na Lumbricidae zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i polowych. Oddziaływania są określane na poziomie komórkowym i/ lub populacyjnym [Cherillot i in. 2017, Zhang i in. 2020]. W przytaczanych badaniach testowano wpływ neonikotynoidów tiametoksamu (preparat Actara 25WG) i imidaklopyrydu (preparat Nuprid 200SC), powszechnie stosowanych w rolnictwie. W badaniach wykorzystano oba opisywane już gatunki Lumbricidae, określając wpływ wymienionych neonikotynoidów w dawkach rekomendowanych przez producenta, na poziomie populacyjnym.

Większość badań wskazuje wpływ odpowiedniej substancji czynnej tej grupy związków (czyli tiametoksamu, imidaklopyrydu i klotianidyny) w stosunku do dżdżownic (zwłaszcza *Eisenia fetida* lub *Eisenia andrei*) w standardowych testach ekotoksykologicznych (sztuczna gleba, test artisołowy) [Wang i in. 2015 a,b]. Niewiele badań testuje wpływ nie samych substancji czynnych, ale ich odpowiednich preparatów handlowych (Actara 25WP, Mospilan 20SP, Nuprid 200SC i wiele innych) stosowanych szeroko w rolnictwie czy ogrodnictwie. Ich oddziaływania często różnią się stopniem toksyczności w stosunku do bezkręgowców glebowych [De Lima i in. 2020].

De Lima i in. [2020] porównywali toksyczność preparatów handlowych z grupy neonikotynoidów (imidaklopyrydu, tiaclopridu, tiametoksamu, acetamiprydu i klotianidyny) dla bezkręgowców glebowych: *Folsomia candida* i *Eisenia andrei* w glebie naturalnej. W przypadku gatunku *E. andrei* czyste związki i ich preparaty

miały podobną toksyczność. Autorzy oszacowali, że dla obu populacji – skoczogonków i dżdżownic największym współczynnikiem ryzyka środowiskowego cechował się preparat handlowy Poncho (substancja czynna - klotianidyna).

Niskie dawki ksenobiotyków, mogą oddziaływać w sposób zróżnicowany w stosunku do organizmów glebowych, co wykazali w badaniach Alves i in. [2013] i Uhl i in. [2015], testując wpływ substancji w stosunku do dżdżownic *E. fetida*.

W przeprowadzonym badaniu, tiametoksam (Actara 25WG) (A.5.) w niskiej dawce, nie działał tak samo na populacje obu gatunków dżdżownic. W przypadku *E. fetida*, stres stymulował wzrost populacji (liczebność ($p < 0,05$); biomasa ($p < 0,001$)), w tym osobników dojrzałych (liczebność ($p < 0,05$); biomasa ($p < 0,001$)) oraz niedojrzałych (liczebność ($p < 0,01$)). Zastosowanie tiametoksamu ograniczyło jednak reprodukcję *E. fetida* – obserwowano obniżenie liczby wyprodukowanych kokonów ($p < 0,05$).

W populacji *D. veneta*, niska dawka tiametoksamu (Actara 25WG) stymulowała tylko liczebności osobników dojrzałych ($p < 0,05$), bez wpływu na pozostałych przedstawicieli struktury wiekowej ($p > 0,05$).

W kolejnym doświadczeniu (A.6.) imidaklopyryd (Nuprid 200SC) oddziaływał negatywnie na strukturę wiekową populacji *D. veneta*. W przeciągu 5 miesięcy eksperymentu badana substancja redukowała liczebność całej populacji ($p < 0,01$), osobników dojrzałych ($p < 0,0001$) oraz osobników niedojrzałych tego gatunku ($p < 0,001$). Imidaklopyryd w Nuprid 200SC redukował również biomasę osobników całej populacji ($p < 0,0001$), osobników dojrzałych ($p < 0,0001$) i niedojrzałych ($p < 0,01$). Imidaklopyryd redukował osobniki dojrzałe dżdżownic z rozwiniętym *clitellum*, obok tego dżdżownice te składały drastycznie mniej kokonów ($p < 0,01$) a cała populacja nie tylko nie rozwijała się, ale zanikała. Negatywny wpływ imidaklopyrydu w badaniach w stosunku do dżdżownic *E. fetida* potwierdzili również Eng i in. [2017], Rayman i in. [2018] oraz [Zhang i in. 2020].

Ważnym aspektem opisanych badań było zastosowanie dżdżownic epigeicznych z gatunku *D. veneta* w obu doświadczeniach. Gatunek ten jest wrażliwszy na oddziaływanie ksenobiotyków, w porównaniu do gatunku *E. fetida*, który jest rekomendowany przez ISO i powszechnie wykorzystywany do oceny wpływu substancji chemicznych [PN-ISO 2001]. Badania przeprowadzone przez Podolak i in. [2019] potwierdziły to spostrzeżenie w odniesieniu do różnych stężeń środków znieczulających (prokainy i lidokainy) w teście kontaktowo-bibułowym. Większą odpornością na stres wywołany działaniem tych substancji charakteryzował się gatunek *E. fetida*.

4.6. Wnioski

1. Aktualny stan gleb wymaga uzupełnienia w nich substancji organicznej, stąd każdy odpad biodegradowalny, zarówno pochodzący z rolnictwa, jak i niekonwencjonalnych źródeł, powinien być traktowany jako cenny zasób.
2. Segregacja bioodpadów komunalnych (resztki kuchenne), na miejscu ich powstawania, zapewnia dobrej jakości surowiec do otrzymania nawozów organicznych. Vermikompostowanie *on-site* może być jednym ze sposobów ich biotransformacji; jak wykazano w przeprowadzonych badaniach, przez zastosowanie dwóch gatunków dżdżownic *Eisenia fetida* i *Dendrobaena veneta*.
3. Vermikompostowanie mieszanin bioodpadów, tak z mniejszym, jak i większym udziałem celulozy przez dżdżownice *Dendrobaena veneta*, wpłynęło na poprawę odczynu, zmniejszenie przewodności i zasolenia wermikompostów w porównaniu do wermikompostu wytworzonego przez gatunek *Eisenia fetida*.
4. Podczas wermikompostowania bioodpadów z mniejszym udziałem celulozy, gatunek dżdżownic nie różnicował zawartości węgla, azotu, fosforu i potasu w wermikompostach.
5. Zwiększenie udziału celulozy w wermikompostowanej mieszaninie bioodpadów, nie wpłynęło na zawartość fosforu, potasu i magnezu w wermikompostach produkowanych przez dżdżownice *Eisenia fetida* i *Dendrobaena veneta*, jednak wermikompost wytworzony przez dżdżownice *Dendrobaena veneta* był uboższy w węgiel i azot, a bogatszy w wapń wobec wermikompostu od *Eisenia fetida*.
6. Vermikompostowanie agroodpadów (resztki poźniwne – łodygi kukurydzy) było efektywne, a wyprodukowane wermikomposty cechowały się wartościowymi parametrami.
7. Przedstawione badania demonstrują, że łodygi kukurydzy mogą być przetwarzane przez oba gatunki dżdżownic (*E. fetida* i *D. veneta*). Vermikompostowanie tych odpadów pozwala odzyskać niezbędne składniki pokarmowe dla roślin i ponownie włączyć je do nawożenia.
8. Dodatek celulozy lub obornika do łodyg kukurydzy znacząco usprawnił proces wermikompostowania, ale nie wpłynął na zróżnicowanie zawartości głównych składników pokarmowych w wermikompostach. Wermikomposty te wyprodukowane przez obydwa gatunki dżdżownic nie różniły się zawartością azotu (N-NO₃), przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu oraz wapnia.

9. Badane gatunki dżdżownic (*E. fetida* i *D. veneta*) wykazywały odmiennosc w kształtowaniu cech populacji w zależności od składu / rodzaju wermikompostowanych podłoży:
 - różnice we wzroście biomasy obu gatunków dżdżownic w badanych odpadach wskazują, że *E. fetida* preferowała resztki poźniwne kukurydzy z obornikiem końskim, natomiast *D. veneta* czyste odpady kukurydzy;
 - podłoża wpływały na liczbę złożonych przez badane dżdżownice kokonów. Dżdżownice *E. fetida* składały więcej kokonów w podłożach z dodatkiem celulozy i obornika końskiego, w porównaniu do dżdżownic *D. veneta*.
10. Odchody owiec kameruńskich (*Djallonké*) w czystej postaci i zmieszane w stosunku 1:1 z odpadowym sianem, mogą być wermikompostowane, czyli przekształcane w wartościowy nawóz rolniczy, o dobrych właściwościach fizyko-chemicznych i strukturze. W rezultacie wermikompostowania tego rodzaju komponentów, nastąpiło zatężenie składników mineralnych i zawężenie stosunku C:N, jako skutek utraty węgla.
11. Nie stwierdzono różnic w zawartości makroelementów (C, N, P, K, Ca, Mg) i pierwiastków śladowych (Cu, Cr, Ni, Pb) pomiędzy wermikompostami wyprodukowanymi z odchodów owiec kameruńskich i tych odchodów zmieszanych z dodatkiem odpadowego siana.
12. Upowszechnienie (zwiększenie skali) wermikompostowania w celu wykorzystania odchodów owiec kameruńskich i innych zwierząt gospodarskich, a także biofrakcji odpadów komunalnych, może pomóc organizacji gospodarki o obiegu zamkniętym. Zwiększenie skali wermikompostowania wymaga kompleksowej oceny ekonomicznej, która powinna obejmować usuwanie obornika, produkcję nawozów wysokiej jakości oraz produkcję biomasy dżdżownic, jako potencjalnego źródła białka. Dalsze badania w tej dziedzinie mogą także okazać się cenne dla małych i średnich gospodarstw rolnych, poszukujących rozwiązań na rzecz wielofunkcyjnego rozwoju obszarów wiejskich.
13. Wermikompost z odchodów owcy domowej *Ovis aries* był zróżnicowany pod względem zawartości składników pokarmowych. Stwierdzono w nim najwięcej wapnia, następnie fosforu, potasu i azotu, a najmniej magnezu. Odczyn tego wermikompostu był prawidłowy do wzrostu i rozwoju batata, a zasolenie przekraczało optimum dla wymagań tej rośliny.

14. Zastosowanie wermikompostu wyprodukowanego z odchodów owcy domowej, w uprawie batatów odmiany wczesnej – Carmen Rubin, wpłynęło korzystnie na wielkość i strukturę plonu tej rośliny. W plonie zwiększył się udział bulw o większej i największej masie.
15. Zastosowanie w uprawie batata wermikompostu wyprodukowanego z odchodów owcy domowej, wpłynęło na zwiększenie w glebie wytworzonej z lessu, węgla organicznego i azotu ogólnego oraz zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Cechy te kształtowały się jednak mniej korzystnie, w porównaniu do ich stanu przed rozpoczęciem badań.
16. Wpływ neonikotynoidów (NEO), zastosowanych w dawkach rekomendowanych przez producentów, ze wskazaniem jako bezpieczne, dotyczył oddziaływania na dżdżownice, przedstawicieli zooedafonu gleby. Badanie obejmowało preparaty Actara 25WG (tiametoksam) i Nuprid 200SC (imidaklopryd) w eksperymentach laboratoryjnych.
17. Przeprowadzone badania wskazują na zróżnicowaną wrażliwość gatunków *Eisenia fetida* i *Dendrobaena veneta* na neonikotynoid Actara 25WG i ich zróżnicowane strategie życiowe w kontakcie z tym ksenobiotykiem, powodującym stres. W krótkim teście przeżywalności (okres 5 miesięcy; 155 dni) insektycyd ten zastosowany w dawce sugerowanej przez producenta jako bezpieczna, spowodował zróżnicowane odpowiedzi populacji badanych dżdżownic:
 - w przypadku gatunku *Eisenia fetida*, niskie dawki preparatu Actara 25WG stymulowały rozwój liczebności osobników dojrzałych ($p < 0,05$) i ich biomasy ($p < 0,001$) oraz liczebności osobników niedojrzałych ($p < 0,01$). Zastosowanie tego preparatu spowodowało jednak ograniczenie reprodukcji *E. fetida* poprzez redukcję liczby składanych kokonów ($p < 0,05$);
 - w przypadku gatunku dżdżownicy *D. veneta* niska dawka preparatu Actara 25WG stymulowała tylko liczebność osobników dojrzałych ($p < 0,05$), a nie wpłynęła na pozostałe cechy populacji.
18. Badania te wymagają kontynuacji w różnych warunkach, bo pomimo że wskazują na częściowo pozytywne w skutkach strategie życiowe, to pokazują także zagrożenie dla reprodukcji badanych gatunków dżdżownic.
19. Przeprowadzone badania nad wpływem oddziaływania Nupridu 200SC (imidaklopryd), wykazały wysoką toksyczność tego preparatu dla dżdżownic gatunku

Dendrobaena veneta. W warunkach zastosowanych w doświadczeniu laboratoryjnym, stwierdzono, że ten insektycyd:

- obniżał liczebność całej populacji ($p < 0,01$), liczebność osobników dojrzałych ($p < 0,0001$) i niedojrzałych ($p < 0,001$), a także powodował ograniczenie reprodukcji, obniżając liczbę składanych kokonów ($p < 0,01$);
 - redukował biomasę populacji ($p < 0,0001$), przy czym zaburzał wzrost biomasy osobników dojrzałych ($p < 0,0001$) i masy pojedynczych osobników niedojrzałych ($p < 0,01$). Podobnie oddziaływał na osobniki niedojrzałe ($p < 0,0001$) oraz biomasę kokonów, redukując ją ($p < 0,01$).
20. Przeprowadzone eksperymenty wskazują na konieczność kontynuacji badań nad oddziaływaniem Nupridu 200SC (imidaklopryd) na dżdżownice oraz na pozostałych przedstawicieli zooedafonu gleby.

4.7. Bibliografia

1. Adhami E., Hosseini S., Owliaie H. (2014). Forms of phosphorus of vermicompost produced from leaf compost and sheep dung enriched with rock phosphate. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 3: 68-73.
2. Adhikary S. (2012). Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*. 3(7): 905-917.
3. Adi A.J., Noor Z.M. (2009). Waste recycling: Utilization of coffee grounds and kitchen waste in vermicomposting. *Bioresource Technology*. 100: 1027-1030.
4. Aira M., Monroy F., Domínguez J. (2007). *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology*. 54(4): 662-671.
5. Alidadi H., Hosseinzadeh A., Najafpoor A.A., Esmaili H., Zanageneh J., Takabi M.D., Piranloo F.G. (2016). Waste recycling by vermicomposting: Maturity and quality assessment via dehydrogenase enzyme activity, lignin, water soluble carbon, nitrogen, phosphorous and other indicators. *Journal of Environmental Management*. 182: 134-140.
6. Alves P.R.L., Cardoso E.J.B.N., Martines A.M., Sousa J.P., Pasini A. (2013). Earthworm ecotoxicological assessments of pesticides used to treat seeds under tropical condition. *Chemosphere*. 90(11): 2674-2682. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.11.046>.
7. Ansari R.A., Mahmood I. (2017). Optimization of organic and bio-organic fertilizers on soil properties and growth of pigeon pea. *Scientia Horticulturae*. 226: 1-9.
8. Aslam Z., Bashir S., Hassan W., Bellitürk K., Asham N., Nazi N.K., Khan M.J., Chan Zh., Maitah M. (2019). Unveiling the efficiency of vermicompost derived from different biowaste on wheat (*Triticum aestivum* L.) plant growth and soil health. *Agronomy*. 9: 9791. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120791>.
9. Ayilara M.S., Olanrewaju O.S., Babalola O.O., Odeyemi O. (2020). Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*. 12(11): 4456. <https://doi.org/10.3390/su12114456>.
10. Bellitürk K., Aslam A., Ahmad A., Rahman S.U. (2020). Alteration of physical and chemical properties of livestock manures by *Eisenia fetida* (Savigny, 1926) and developing valuable organic fertilizer. *Journal of Innovative Science*. 6(1): 47-53. <https://doi.org/10.17582/journal.jis/2020/6.1.47.53>.
11. Bhunia S., Bhowmik A., Mallick R., Mukherjee J. (2021). Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility on soil: a review. *Agronomy*. 11: 823. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050823>.
12. Blouin M., Hodson M.E., Delgado E.A., Baker G., Brussard L., Butt K.R., Dai J., Dendooven L., Peres G., Tondoh J.E., Cluzeau D., Brun J.J. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*. 64: 161-182.
13. Burt J. (2008). Growing sweet potatoes in Western, Farmnote, ISSN 0726-934X. 47(99): 1-4.
14. Cherillot F., Convert Y., Desrosiers M., Cadoret N., Veilleux E., Cobana H., Bellenger J.P. (2017). Selective bioaccumulation of neonicotinoids and sub-lethal effects in the earthworm *Eisenia andrei* exposed to environmental concentrations in an artificial soil. *Chemosphere*. 186: 839-847.
15. De Lima C.S., Rooij W., Werweij R.A., Gestel C.A.M. (2020). Toxicity in neonicotinoids to *Folsomia candida* and *Eisenia Andrei*. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 39(3): 548-555. <https://doi.org/10.1002/etc.4634>
16. Domínguez J., Edwards C.A. (2011). Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Edwards C.A., Arancon N.Q., Shreman R. (Eds.) *Vermiculture technology. Earthworms, organic wastes and environmental management*. CRC, Taylor and Francis Group Press. Boca Raton, London, New York, 2, 11-25.
17. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pl> [data wejścia 30.05.2021].

- 18.Eng M., Stutchbury B.J., Morrissey C.A. (2017). Imidacloprid and chlopyrifos impair migratory ability in a seed-eating songbird. *Scientific Reports*. 7: 151–176. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-15446-x>.
- 19.Faridullah P.A., Hafeez S., Alam A., Ma J., Shah S.H., Waseem A. (2014). Evaluating nutrient elements and heavy metals in fresh and composted manure of different livestock. *Fresenius Environmental Bulletin*. 23: 1773-1777. Available online: https://www.prt-parlar.de/download_feb_2014/.
- 20.Garczyńska M., Kostecka J. (2011). Influence of Dimilin 25 WP on characteristics of earthworm *Eisenia fetida* Sav., vermicomposting organic waste. *Ecological Chemistry and Engineering*. 18(11): 1557-1563.
- 21.Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A., Kostecka J. (2018). Earthworms in short-term contact with a low dose of neonicotinoid Actara 25WG. *Journal of Ecological Engineering*, 19(3), 93-101. <https://doi.org/10.12911/22998993/86254>.
- 22.Garg V. K. Chand S., Chhillar A., Yadav A. (2005). Growth and reproduction of *Eisenia foetida* in various animal wastes during vermicomposting. *Applied Ecology and Environmental Research*. 3: 51-59.
- 23.Granberry D.M., Kelley W.T., Boyhan G. (2007). Sweet potato. *Commercial Vegetable Production*. 677: 1-8.
- 24.Guandi B., Edwards C.A., Blount C. (2003). The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survival of *Eisenia foetida* (Savigny) in cattle and pig manure solids. *European Journal of Soil Biology*. 39: 19-24. <https://doi.org/10.1078/0031-4056-00109>.
- 25.GUS (2013). Wyniki produkcji roślinnej w 2012 roku. GUS, Warszawa, ss. 113.
- 26.GUS (2014). Wyniki produkcji roślinnej w 2013 roku. GUS, Warszawa, ss. 98.
- 27.GUS (2015). Wyniki produkcji roślinnej w 2014 roku. GUS, Warszawa, ss. 94.
- 28.GUS (2016). Wyniki produkcji roślinnej w 2015 roku. GUS, Warszawa, ss. 92.
- 29.GUS (2017). Wyniki produkcji roślinnej w 2016 roku. GUS, Warszawa, ss. 82.
- 30.GUS (2018). Wyniki produkcji roślinnej w 2017 roku. GUS, Warszawa, ss. 76.
- 31.Hanc A., Chadimowa Z. (2014). Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology*. 168: 240-244.
- 32.Jahanbakhshi A., Kheiralipour K. (2019). Influence of vermicompost and sheep manure on mechanical properties of tomato fruit. *Food Science & Nutrition*. 7: 1172-1178. <https://doi.org/10.1002/fsn3.877>.
- 33.Jawaher E.L., Dohaish A.B. (2020). Vermicomposting of organic waste *Eisenia fetida* increases the content of exchangeable nutrients in soil. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 23: 501-509. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.501.509>.
- 34.Jeschke P., Nauen R., Beck M.E. (2013). Nicotinic acetylcholine receptor agonists: a milestone for modern crop protection. *Angewandte Chemie International Edition*. 52(36): 9464-9485.
- 35.Jeschke P., Nauen R., Schindler M., Elbert A. (2010). Overview of the status and global strategy for neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59: 2897-2908.
- 36.Jovana M., Tanja M., Mirjana S. (2014). Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) under laboratory conditions: Assessment of mortality, biomass and growth inhibition. *European Journal of Soil Biology*. 62: 127-131.
- 37.Juárez P.D.A., Fuente J.L., Paulín R.V. (2011). Vermicomposting as a process to stabilize organic waste and sewage sludge as an application for soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14: 949-963. <https://doi.org/10.1007/s11356-011-0606-1>.
- 38.Karimi H., Mokhtari M., Salehi F., Sojoudi S., Ebrahimi A. (2017). Changes in microbial pathogen dynamics during vermicomposting mixture of cow manure–organic solid waste and cow manure sewage sludge. *International Journal of Recycling Organic Waste on Agriculture*. 6: 57-61.
- 39.Kostecka J. (2000). Badania nad wermikompostowaniem odpadów organicznych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Rozprawy*. 268: ss. 88.

40. Kostecka J. (2004). Zmiany wybranych cech dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav.) w odpadach z celulozy. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 498: 119-125.
41. Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Tobiasz Salach R. (2018). Impact of cultivations technology on the yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L) tubers. Emirates Journal of Food and Agriculture. 30(11): 978-983.
42. Krüpke C.H., Long E.Y. (2015). Intersections between neonicotinoid seed treatments and honey bees. Current Opinion in Insect Science. 120. 1-6.
43. Kumar R., Shweta A. (2011). Removal of pathogens during vermistabilization. Environmental Science & Technology. 4: 621-629.
44. Laskowski R., Migula P. (2004). Ekotoksykologia. Od komórki do ekosystemu. PWRiL, Warszawa.
45. Leksykon nawożenia. (2017). Grupa Azoty. ss. 199. <https://nawozy.eu/wiedza/leksykon-nawozenia/wstep/zglebic-wiedze-do-gruntu.html> [data wejścia 31.05.2021].
46. Lim SS., Jung J.W., Choi W.J., HM Ro. (2011). Substrate quality effects on decomposition of Tyree livestock manure composts with similar stability degree in an acid loamy soil. Korean Journal of Science Fertility. 44: 527-533.
47. Maheswari U., Priya M. (2018). Vermicompost is a backbone for sustainable agriculture – review article. European Journal of Biomedical and Pharmaucertical Scienses. 5(1): 835-846.
48. Mahmud M., Adbullah R., Syafawati Yaacob J. (2018). Effect of vermicompost amended on nutritional status of sandy loam soil, growth performance and yield of pineapple (*Ananas comosus* var. MD2) under field condition. Agronomy. 8(183): 1-17.
49. Molina M. J., Soriano M. D., Ingelmo F., Llinaresd J. (2013). Stabilisation of sewage sludge and vinasse bio-wastes by vermicomposting with rabbit manure using *Eisenia fetida*. Bioresource Technology. 137: 88-97.
50. OECD. 1984. Test 207: Earthworm, Acute Toxicity Tests, OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264070042-en>.
51. OECD. 2004. Test No. 222: Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida*/*Eisenia andrei*), OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264070325-en>.
52. Pandit N.P., Maheshwari S.K. (2012). Optimization of vermicompostnig technique for sugarcane waste managment by using *Eisenia fetida*. International Journal of Biosciences. 2(10): 143-155.
53. Parthasarathi, K., Balamurugan, M., Prashija, K. V., Jayanthi, L., Basha, S.A. (2016). Potential of *Perionyx excavatus* (Perrier) in lignocellulosic solid waste management and quality vermifertilizer production for soil health. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 5: 65-86. DOI: 10.1007/s 40093-016-0118-6.
54. Pelosi C., Bertrand M., Capowiez Y., Boizard H., Roger-Estrade J. (2009). Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants in presence/absence of hand-sorting. European Journal of Soil Biology. 45: 176-183.
55. PN-ISO 2001. Jakość gleb. Wpływ zanieczyszczeń na dżdżownice (*Eisenia fetida*). Oznaczanie wpływu na rozmnażanie. 11268-2. DOI://pzn.pkn.pl/info/Publisher 9000128854.
56. PN-ISO10390 1997. Jakość gleby. Określenie pH. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji.pkn.pl/pniso-10390–1997p.html [data wejścia: 30.05.2021].
57. PN-R-04020. 1994. Az1. 2004. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu. Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 1994. pkn.pl/pn-r-04020–1994-az1–2004p.html [data wejścia: 19.05.2021].
58. PN-R-04022 1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych. Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 1996. [data wejścia: 20.05. 2021].
59. PN-R-04023 1996. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji. pkn.pl/pn-r-04023–1996p.html [data wejścia: 15.05. 2021].
60. PN-R-04020. 1994. Az1. 2004. Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu. Polski Komitet Normalizacji, Warszawa 1994. pkn.pl/pn-r-04020–1994- az1–2004p.html [data wejścia: 20.05.2021].

61. Podolak A., Kostecka J., Mazur-Pączka A., Garczyńska M., Pączka G., Szura R. (2020). Life cycle of the *Eisenia fetida* and *Dendrobaena veneta* earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae). *Journal of Ecological Engineering*. 21(1):40-45.
62. Podolak A., Kostecka J., Rožen A., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A., Szura R. (2019). New perspectives for the use of earthworms – testing of anesthetics. *Journal of Ecological Engineering*. 20(3): 253-261.
63. Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych. United Nations Environment Programme (UNEP) 2021. Food Waste Index Report. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35280/FoodWaste.pdf>.
64. Raymann K., Motta E.V.S., Girard C., Raddington I.M., Dinser J.A., Morgan N.A. (2018). Imidacloprid decreases honey bee survival rates but does not affect the gut microbiome. *Applied Environmental Microbiology*. 84(13): e00545-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00545-18>.
65. Rezende M.O.O., Dores-Silva P.R., Silva M.D., Zozolotto T.C.B., Landgraf M.D. (2014). Understanding the vermicompost process in sewage sludge: a Humic fraction study. *International Journal of Agriculture and Forestry*. 4(2):94-99. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20140402.08>.
66. Sharma, K., Garg, V.K. (2018). Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*. 250: 708-715. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.101>.
67. Sherman R. (2003). Raising earthworms successfully. North Carolina Cooperative Extension Service. North Carolina State University, Raleigh, NC. 1-26.
68. Shobha S., Deepika T., Sheetal R., Shuchita Ch. (2021). The effective tool to convert floral waste into the black gold: the vermicompost. *Research Review International of Multidisciplinary*. 6(2): 138-145. <https://doi.org/10.31305/rrijm.2021.v06.i02.023>.
69. Siddique J., Khan A.A., Hussain I., Shamim A. (2005). Growth and reproduction of earthworm (*Eisenia fetida*) in different organic media. *Pakistan Journal of Zoology*. 37(3): 211-214.
70. Singh R., Sharma R.R., Kumar S., Gupta R.K., Patil R.T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*. 99: 8507-8511.
71. Singla A., Sahoo S.K., Kang B.K., Barmota H. 2020. Influence of neonicotinoids on pollinators. A review. *Journal of Agricultural Research*. 60(1): 1-14. <https://doi.org/10.1080/002188392020-1825044>.
72. Sowley E.N.K., Neindow M., Abubakari A.H. (2015). Effect of poultry manure and NPK on yield and storability of orange- and white- fleshed sweet potato [*Ipomoea batatas*(L.) Lam] ISABB – *Journal of Food and Agriculture Science*. 5(1): 1-6.
73. Suthar S. (2006). Potential utilization of guar gum industrial waste in vermicompost production. *Bioresource Technology*. 97: 2474-2477.
74. Uhl P., Bucher R., Schafer R.S., Entling M.H. (2015). Sublethal effects of imidacloprid on interactions in a tritrophic system on non target species. *Chemosphere*. 132: 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.027>.
75. Unijna strategia ochrony gleb z dnia 22 września 2006 [COM (2006) 231] <https://www.eea.europa.eu/policydocuments/soil-thematic-strategy-com-2006-2> [data wejścia 20.05.2021].
76. Ukalska-Jaruga A., Smreczak B., Strzelecka J. (2017). The influence of organic matter on the quality of agricultural soils. *Studia Rap. IUNG-PI*. 54: 25-39. Available online: http://iung.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid.
77. Ustawa o nawozach i nawożeniu 2020 (Dz.U. 2020, poz.796).
78. Ustawa z 19 lipca 2019r. o przeciwdziałaniu marnotrawieniu żywności (Dz.U. 2019, poz.1680). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20190001680/T/D20191680L.pdf>.
79. Verma B.C., Pramanik P., Bhaduri D. (2020). Organic Fertilizers for Sustainable Soil and Environmental Management. In: Meena R. (eds). *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8660-2_10.

80. Wang K., Pang S., Mu X., Qi S., Li D., Cui F., Wang C. (2015a). Biological response of earthworm *Eisenia fetida* to five neonicotinoid insecticides. *Chemosphere*. 132: 120-126. [10.1016/j.chemosphere.2015.03.002](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.002).
81. Wang K., Suzhen Qi., Xiyan M., Tingling Ch., Yang Y., Danden W., Dongzhai Li., Wunam Ch., Chengju W. (2015b). Evaluation of the toxicity, Ache activity and DNA damage cause by imidachlopyrd of earthworms *Eisenia fetida*. *Bulletin Environmental Contamination of Toxicology*. 95: 475-480. <https://doi.org/10.1007/S00128-015-1629-y>.
82. Wani K.A., Mamta, Rao R.J. (2013). Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*. *Saudi Journal of Biological Science*. 20(2):149-154. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2013.01.001>.
83. Yadav A.; Gupta R.; Garg V.K. (2013). Organic manure production from cow dung and biogas plant slurry by vermicomposting under field conditions. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*. 2: 1-7.
84. Zhang X., Wang X., Liu Y., Fang Y., Fang K., Liu T. (2020). The toxic effects of sulfoxafloor induced in earthworms (*E. fetida*) under effective concentrations. *Internatinal Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(5): 1740. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051740>.
85. Zorpas A.A. (2020). Strategy development in the framework of waste management. *Science of the Total Environment*. 716: 137088 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137088>.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej

W trakcie pracy zawodowej na Uniwersytecie Rzeszowskim, podjęłam współpracę zewnętrzną z Politechniką Białostocką; Katedrą Wodociągów i Kanalizacji na Wydziale Budownictwa i Nauk o Środowisku (wcześniej na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska) (Załącznik 3. B.).

W latach 2017-2018 odbyłam kilka krótkoterminowych pobytów na tej uczelni, w trakcie których kilkakrotnie prezentowałam tamtejszym studentom praktyczne założenia prowadzenia wermikompostowania bioodpadów i obserwowałam realizację lokalnie prowadzonych eksperymentów z zakresu inżynierii środowiska. Wymiana doświadczeń i udział w roboczych spotkaniach dotyczących interpretacji uzyskiwanych lokalnie wyników, zaowocowały moim udziałem w organizowanej przez Politechnikę Białostocką Międzynarodowej i XIX Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej z cyklu: "Problemy Gospodarki Komunalnej w Regionach Rolniczo-Przemysłowych" (Problems of the Environmental Engineering in Agricultural and Industrial Regions). 24-27.06. 2018. Białowieża. Rezultatem stała się także wspólna publikacja:

Garczyńska M., Pączka G., Wirkus K., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Bartkowska I., Kostecka J. 2018. Vermicomposting of Post-harvest Maize Waste. *Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska*. 20: 358-374.

W roku 2019 odbyłam 2-tygodniowy staż w Katedrze Wodociągów i Kanalizacji, Instytutu Inżynierii Środowiska i Energetyki, Wydziału Budownictwa i Nauk o Środowisku Politechniki Białostockiej (Załącznik 3. C.). W czasie stażu dyskutowano założenia badawcze podejmowanych w obu ośrodkach zadań. Uczestniczyłam także w prowadzonych eksperymentach.

Współpraca między ośrodkami jest kontynuowana (między innymi udział przedstawicieli Politechniki Białostockiej w cyklicznych konferencjach naukowych: „Retardacja przekształcania zasobów środowiska. Osiągnięcia, problemy, perspektywy”, czy współpraca w ramach działań Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej. Omawiana jest także koncepcja wspólnego projektu badawczego dotyczącego wermikompostowania osadów ściekowych.

Uczestniczę także w szeroko prowadzonej współpracy naukowej w badaniach nad dżdżownicami z angielską Earthworm Research Group (ERG) kierowaną przez dr Kevina R. Butt, reprezentującego School of Forensic and Applied Sciences University of Central Lancashire w Preston, w Anglii. Po stronie polskiej współpracą kieruje Pani prof. dr hab. Joanna Kostecka. Pozwala to na istotną wymianę doświadczeń pomiędzy obiema grupami badawczymi i dotyczy zarówno działalności naukowej jak i organizacyjnej.

Wśród rozwiązywanych wspólnie zagadnień i problemów znajdują się także te, które leżą w moich zainteresowaniach badawczych, czyli dotyczące potencjalnych możliwości unieszkodliwiania wybranych odpadów biodegradowalnych z zastosowaniem wermikultury oraz badania cech pozyskiwanych wermikompostów.

Efektem wspólnej pracy obu grup naukowych jest opublikowanie w latach 2019-2021 – sześciu publikacji z listy *Journal Citation Reports* (JCR). Publikacje te zostały wyszczególnione np. w **załączniku 3 (A.3 str. 5)** oraz **załączniku 4 (II.4. pozycje 10-14 w tabeli, str. 5 i 6)**. Jedna z tych publikacji wchodzi w skład mojego jednotematycznego cyklu publikacji (**A.3.**, załącznik 3 str. 5). W najbliższym czasie planowane jest wydanie kolejnych wspólnych opracowań naukowych.

Prowadzona jeszcze w latach 90. ubiegłego wieku wspólna praca w obu ośrodkach; w Rzeszowie i w Preston, umożliwiła mi wartościową okazję odbycia trzymiesięcznego stażu zagranicznego (25.06.2017 - 29.09.2017) w School of Forensic and Applied Sciences University of Central Lancashire, Preston.

W czasie stażu (załącznik 3.C.) zapoznałam się z technikami badawczymi w zakresie hodowli dżdżownic stosowanych przez ERG. W szczególności byłam zaangażowana w:

- 1) Vermikompostowanie określonych odpadów organicznych, z grupy resztek pożywnych;
- 2) Określanie specyfiki biologii i ekologii wybranych gatunków dżdżownic istotnych jako „inżynierowie gleby” w procesach żyznotwórczych i w rolnictwie;
- 3) Współuczestniczyłam w badaniach terenowych na stanowiskach w Szkocji, co było związane z odtwarzaniem terenów przemysłowych i rekultywacją w kierunku rolniczym.

Istotną korzyścią z działań, które prowadziliśmy w terenie jest poznawanie metodyki wypłaszania organizmów glebowych. Uzupełniam w ten sposób wiedzę praktyczną na temat biologii i ekologii dżdżownic należących do 3 grup ekomorfologicznych, co pozwala mi zrozumieć i szerzej spojrzeć na rolę tych zwierząt jako ważnych przedstawicieli zooedafonu glebowego.

W ramach współpracy organizacyjnej brałam udział w przygotowaniu dwóch spotkań i konferencji naukowych dotyczących kierunków badań nad dżdżownicami. Pierwszą Konferencję Naukową pt. „Isle of Rum Earthworm Conference” przygotowano i odbyło w 2014 roku w Anglii, a drugą pt. „Bieszczady Earthworm Conference”, w 2018 roku, w Polsce. Na obydwu konferencjach przedstawiałam referaty z zakresu problematyki związanej z moimi badaniami nad dżdżownicami.

Ważnym punktem w poznawaniu i szerszym rozumieniu wermikompostowania na dużą skalę, była wizyta studyjna, którą zorganizowałam i odbyłam z moimi kolegami z Katedry Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, w roku 2014, w Guru Jambheshwar University of Science and Technology, w Indiach. Wyjazd pod kierownictwem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej, był tutaj kolejnym i cennym doświadczeniem. Brałam tam czynny udział w prezentacji naszych badań i miałam okazję do obserwowania osiągnięć badawczych i organizacyjnych grupy hinduskiej pod przewodnictwem prof. V. Kumar Garga. W ramach tej wizyty studyjnej zapoznaliśmy się z aktualnymi metodami unieszkodliwiania i zagospodarowania odpadów organicznych w warunkach hinduskich. Zwiedziliśmy ekologiczne gospodarstwa rolnicze, w których prowadzone są uprawy ekologiczne na bazie wermikompostów. Wizytowaliśmy również duże farmy, gdzie hodowane jest bydło (także szpital dla świętych krów) i mogliśmy obserwować zintegrowany system wermikompostowania ich odchodów, produkcję

biogazu oraz energii dla całej społeczności. Dodatkowo byliśmy uczestnikami szkolenia z zakresu analizy pierwiastków śladowych w wermikompostach.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

W ramach działalności dydaktycznej prowadzę wykłady i / lub ćwiczenia oraz ćwiczenia terenowe na studiach I stopnia na kierunkach: Rolnictwo, Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami, Ochrona środowiska i Architektura krajobrazu. Zestawienie prowadzonych zajęć w ostatnim dziesięcioleciu (2011-2021) znajduje się poniżej.

Kolegium Nauk Przyrodniczych; Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska (wcześniej Wydział-Biologiczno-Rolniczy)

Wykłady:

Kierunek: Rolnictwo

- Biologiczne podstawy rolnictwa,
- Przyrodnicze wykorzystanie odpadów,
- Agrobiznes a rozwój zrównoważony obszarów wiejskich,
- Biologia gleby i ekosystemów rolniczych.

Kierunek: Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami

- Przyrodnicze aspekty produkcji energii / Przyrodnicze aspekty produkcji biomasy

Kierunek: Ochrona środowiska

- Problemy ekonomiczne w ochronie środowiska

Kierunek: Architektura krajobrazu

- Przyrodnicze podstawy architektury krajobrazu

Ćwiczenia laboratoryjne:

Kierunek: Rolnictwo

- Biologiczne podstawy rolnictwa,
- Przyrodnicze wykorzystanie odpadów,

- Agrobiznes a rozwój zrównoważony obszarów wiejskich,
- Biologia gleby i ekosystemów rolniczych.

Kierunek: Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami

- Przyrodnicze aspekty produkcji energii/Przyrodnicze aspekty produkcji biomasy,
- Gospodarka odpadami,
- Zrównoważony rozwój,
- Seminarium inżynierskie.

Kierunek: Ochrona środowiska

- Problemy ekonomiczne w ochronie środowiska,

Kierunek: Architektura krajobrazu

- Przyrodnicze podstawy architektury krajobrazu,
- Biologia roślin.

Ćwiczenia terenowe:

Kierunek: Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami

- Gospodarka odpadami,

Kierunek: Ochrona środowiska

- Odpady przemysłowe i komunalne w środowisku.

Promotorstwo i recenzje prac magisterskich

W latach 2012-2017 byłam promotorem **14 prac magisterskich** oraz recenzentem 2 prac realizowanych przez studentów Wydziału Biologiczno-Rolniczego na kierunkach:

- Rolnictwo
- Ochrona środowiska.

Prace magisterskie zrealizowane pod moją opieką w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski, na kierunku **Rolnictwo**:

1. Wirkus Katarzyna, 2013. Możliwości prośrodowiskowego zagospodarowania odpadów rolniczych.
2. Sykała Sabina, 2013. Vermikompostowanie odpadów organicznych na przykładzie rogatka sztywnego (*Ceratophyllum demersum*).
3. Wołoszyn Konrad, 2015. *Dendrobaena veneta* Rosa 1893 w wermikompostowaniu niekonwencjonalnych odpadów organicznych.
4. Węgrzyn Konrad, 2015. *Eisenia fetida* Sav. (1826) w wermikompostowaniu niekonwencjonalnych odpadów organicznych.
5. Leniart Agnieszka, 2016. Możliwości prośrodowiskowego zagospodarowania wybranych odpadów kuchennych.

Prace magisterskie zrealizowane pod moją opieką w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski, na kierunku **Ochrona środowiska**:

1. Gagat Agata, 2012. Wpływ insektycydu na dżdżownice *Dendrobaena veneta* Rosa (1893).
2. Bącal Joanna, 2012. Wpływ insektycydu na dżdżownice *Eisenia fetida* (Sav. 1826).
3. Głodowska Alicja, 2012. Wpływ ksenobiotyków na rozmnażanie dżdżownicy *Eisenia fetida* (Sav. 1826).
4. Babiarz Alicja, 2015. Wpływ ksenobiotyku Mospilan 20 SP na cechy populacji dżdżownicy *Dendrobaena veneta* Rosa 1893.
5. Skrabalak Monika, 2014. Wpływ insektycydu Mospilan 20SP na cechy populacji dżdżownic *E. fetida* (Sav. 1826).
6. Jakubek Bogusław, 2015. Wpływ insektycydu Actara 25 WG na populację dżdżownic *Dendrobaena veneta* Rosa 1893.
7. Górak Mateusz, 2015. Wpływ neonikotynoidu Actara 25 WG na populację dżdżownic *E. fetida* Sav. 1826.
8. Mosior Michał, 2016. Wpływ ksenobiotyku ProAgro 100 SL na populację dżdżownic *Dendrobaena veneta* Rosa 1893.
9. Szymczak Jagoda, 2017. Wpływ insektycydu ProAgro 100SL na cechy populacji dżdżownic *Eisenia fetida* Sav. (1826).

Recenzja pracy magisterskiej zrealizowana na kierunku **Rolnictwo**:

1. Kornak Natalia, 2019. Wybrane aspekty gospodarowania odpadami biodegradowalnymi w obszarach wiejskich. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytetu Rzeszowskiego pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej.

Recenzja pracy magisterskiej zrealizowana na kierunku **Ochrona Środowiska**:

1. Przytuła Karolina, 2015. Chów dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav) – modyfikowanie warunków. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski, pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej.

Promotorstwo i recenzje prac inżynierskich

W latach 2014-2021 byłam promotorem **16 prac inżynierskich** oraz recenzentem 12 prac realizowanych przez studentów Wydziału Biologiczno-Rolniczego (obecnie Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytutu Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska) na kierunkach:

- Rolnictwo
- Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami
- Ochrona środowiska

Prace inżynierskie zrealizowane pod moją opieką kierunku **Rolnictwo**:

1. Szewczyk Filip, 2014. Prośrodowiskowe zagospodarowanie kosańca (*Irys* L.) z Zalewu rzeszowskiego. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski.
2. Leniart Agnieszka, 2014. Możliwość zagospodarowania w procesie wermikompostowania odpadu litoralnego – pałki wodnej. jw.
3. Bułak Katarzyna, 2019. Wermikompostowanie niekonwencjonalnych odpadów organicznych. jw.
4. Gerka Anna, 2020. Wermikompostowanie wybranych odpadów biodegradowalnych. Praca wykonana w Zakładzie Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami. Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski.
5. Mucha Daniel, 2021. Prośrodowiskowe unieszkodliwianie niekonwencjonalnych odpadów pochodzenia rolniczego. jw.

6. Mazur Justyna, 2021. *Eisenia fetida* Sav. (1826) w vermikompostowaniu niekonwencjonalnych odpadów biodegradowalnych. jw.
7. Partyka Michał, 2021. *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893) w vermikompostowaniu niekonwencjonalnych odpadów biodegradowalnych. jw.

Prace inżynierskie zrealizowane pod moją opieką na kierunku **Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami** :

1. Krempa Mariola, 2019. Vermikompostowanie jako prośrodowiskowa metoda unieszkodliwiania wybranego materiału roślinnego. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski.
2. Tumula Mateusz, 2020. Wybrane możliwości zagospodarowania odpadów biodegradowalnych. Praca wykonana w Zakładzie Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski.
3. Osękowska Monika, 2020. Wpływ osadu pofermentacyjnego na dżdżownice *Eisenia fetida* Sav. jw.
4. Noga Karolina, 2020. Wpływ osadu pofermentacyjnego na dżdżownice *Dendrobaena veneta* (1893) Rosa. jw.
5. Krzyżanowska Katarzyna, 2020. Vermikompostowanie jako prośrodowiskowa metoda unieszkodliwiania wybranego materiału roślinnego. jw.
6. Golik Jolanta, 2020. Prośrodowiskowe zagospodarowanie odpadów pochodzenia roślinnego. jw.
7. Waberska Sylwia, 2021. Wpływ pofermentatu z biogazowni rolniczej w Odrzechowej na wybrane organizmy glebowe. jw.
8. Maciąg Marzena, 2021. Wpływ pofermentatu z biogazowni rolniczej w Odrzechowej na wybrane organizmy glebowe. jw.

Praca inżynierska zrealizowana pod moją opieką na kierunku **Ochrona środowiska**:

1. Koryl Aleksandra, 2018. Wpływ stresu chemicznego na wybranych przedstawicieli edafonu. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski.

Recenzje prac magisterskich zrealizowane na kierunku **Rolnictwo**:

1. Czełuśniak Mariusz, 2019. Straty w rolniczej przestrzeni produkcyjnej powodowane przez wybrane gatunki zwierząt dziko żyjących. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski, pod kierunkiem dr Grzegorza Pączki.
2. Grabowska Wiktoria, 2021. Możliwości wykorzystania vermikultury do przetwarzania wybranych odpadów organicznych na terenach wiejskich. Praca wykonana w Zakładzie Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, pod kierunkiem dr Grzegorza Pączki.
3. Kołodziej Michał, 2021. Możliwości zagospodarowania wybranych odpadów organicznych na terenach użytkowanych rolniczo. jw., pod kierunkiem dr Grzegorza Pączki.

Recenzje prac magisterskich zrealizowane na kierunku **Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami**:

1. Banaś Mariusz, 2019. Ocena wybranych elementów gospodarki odpadami w gminie i mieście Narol. Praca wykonana w Zakładzie Podstaw Rolnictwa i Gospodarki Odpadami, Kolegium Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Rzeszowski, pod kierunkiem dr inż. Justyny Koc-Jurczyk.
2. Wikiera Natalia, 2020. Zróżnicowanie w obrębie populacji Lumbricidae w uprawach paulowni (*Paulownia* sp.) przeznaczonych na cele energetyczne. jw., pod kierunkiem dr Anny Mazur-Pączki.
3. Szewc Martyna, 2020. Zróżnicowanie w obrębie populacji Lumbricidae w uprawach wierzby (*Salix* sp.) przeznaczonych na cele energetyczne. jw., pod kierunkiem dr Anny Mazur-Pączki.
4. Pelc Konrad, 2020. Unieszkodliwianie odpadów organicznych przy użyciu wermireaktorów. jw., pod kierunkiem dr Grzegorza Pączki.

5. Żyga Sabina, 2021. Wybrane elementy funkcjonowania systemu gospodarki odpadami w gminie Kańczuga. jw., pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej.
6. Wiech Patrycja, 2021. Odpady komunalne wybranych producentów. jw., pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej.
7. Cetera Sebastian, 2021. Struktura jakościowa i ilościowa w uprawach wierzby (*Salix* sp.) przeznaczonych na cele energetyczne. jw., pod kierunkiem dr Anny Mazur-Pączki.
8. Noga Magdalena, 2021. Lumbricidae w uprawach paulowni (*Paulownia* sp.) przeznaczonych na cele energetyczne. jw., pod kierunkiem dr Anny Mazur-Pączki.
9. Kosiński Jakub, 2021. Zróżnicowanie w obrębie populacji Lumbricidae w uprawach robinii akacjowej (*Robinia pseudoacacia* L.) użytkowanej na cele energetyczne. jw., pod kierunkiem dr Anny Mazur-Pączki.

Promotorstwo i recenzje prac licencjackich

Prace licencjackie zrealizowane pod moją opieką na kierunku **Ochrona środowiska:**

1. Weber Izabela Ewelina, 2014. Wpływ ksenobiotyków na rozmnażanie dżdżownicy *Dendrobaena veneta* (Rosa 1893). Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski.
2. Bartyna Ewelina, 2014. Wpływ ksenobiotyków na rozmnażanie dżdżownicy *Eisenia fetida* (Sav. 1824). jw.

Recenzja pracy licencjackiej zrealizowana na kierunku **Ochrona środowiska:**

1. Kowalska Brygida, 2015. Rozważania na temat retardacji przekształcania zasobów przyrodniczych. Praca wykonana w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Uniwersytet Rzeszowski, pod kierunkiem prof. dr hab. Joanny Kosteckiej.

Inne formy opieki nad studentami:

- Opiekun sekcji zoologii gleby, Studenckiego Koła Naukowego Zrównoważonego Rozwoju działającego na Wydziale Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie, w latach 1998-2001.
- Opiekun sekcji rolnictwo ekologiczne, Studenckiego Koła Naukowego Zrównoważonego Rozwoju w latach 2011-2015, a następnie od 2015 roku do obecnie sekcji gospodarka odpadami (obecnie w Instytucie Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska UR).
- Opiekun roku na kierunku Rolnictwo, na Wydziale Ekonomii w Rzeszowie, Akademia Rolnicza w Krakowie (dla studentów rozpoczynających naukę w roku akademickim 2003/2004).
- Opiekun roku na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami na Wydziale Biologiczno-Rolniczym (obecnie Kolegium Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska) Uniwersytetu Rzeszowskiego (dla studentów rozpoczynających naukę w roku akademickim 2015/2016).
- Opiekun roku na kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami, jw. (dla studentów stacjonarnych i niestacjonarnych od roku akademickiego 2020/2021).

6.2. Osiągnięcia organizacyjne i popularyzujące naukę

- Członek Komisji rekrutacyjnej na kierunku Rolnictwo studia I stopnia w roku akademickim 1999/2000
- Współprowadzenie sesji referatowej i posterowej na konferencjach skierowanych do studentów i doktorantów:
 - ✓ III Konferencja Naukowa pt. "Dekada Różnorodności Biologicznej" 05.12.2017, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
 - ✓ I Konferencja Naukowa pt. „Perspektywy dla Odnawialnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami” 21. 11. 2018, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski
 - ✓ II Konferencja Naukowa pt. „Perspektywy dla Odnawialnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami” 19. 11. 2019, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski
- Udział w zespole ds. oceny jakościowej prac dyplomowych oraz recenzji prac za rok akademicki 2019/2020 dla kierunku Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami
- Udział w tworzeniu nowego kierunku studiów na Wydziale Biologiczno-Rolniczym UR - Odnawialne Źródła Energii i Gospodarka Odpadami (studia I stopnia), 2015 rok
- Udział w działalności Komitetu Okręgowego Olimpiady Biologicznej (załącznik **3.D.**) - współorganizowałam i współprowadziłam na Wydziale Biologiczno-Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego coroczne eliminacje okręgowe OB dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych Podkarpacia (2003-2016); coroczne spotkania metodyczne dla nauczycieli szkół ponadgimnazjalnych Podkarpacia (2005-2016)
- W ramach działalności Komitetu Okręgowego Olimpiady Biologicznej współorganizowałam coroczne Konferencje i Warsztaty dla uczniów szkół ponadgimnazjalnych Podkarpacia w latach (2005-2016).
 - ✓ Studencka Konferencja Kół Naukowych „Przyrodniczo-społeczno-ekonomiczne aspekty zrównoważonego i trwałego rozwoju”, (organizator Uniwersytet Rzeszowski), 13-14.11. 2006.
 - ✓ VI-X Podkarpacka Konferencja Edukacyjna i Warsztaty na rzecz zrównoważonego rozwoju, kwiecień 2005-2010, (organizator Uniwersytet Rzeszowski), warsztaty: Prawidłowe przygotowanie pracy badawczej olimpijczyka.
 - ✓ IX Podkarpacka konferencja edukacyjna na rzecz zrównoważonego rozwoju. 26.03.2011, Uniwersytet Rzeszowski, **Referat**, pt.: Praca badawcza olimpijczyka – Doświadczenia z zastosowaniem dżdżownic (**Garczyńska M.**)
 - ✓ X Podkarpacka konferencja edukacyjna na rzecz zrównoważonego rozwoju. 14.03.2012, Uniwersytet Rzeszowski, **Referat**, pt.: Zwierzęta występujące w parkach miejskich (**Garczyńska M.**)
 - ✓ XI Podkarpacka konferencja edukacyjna na rzecz zrównoważonego rozwoju. 26.03. 2013, Uniwersytet Rzeszowski, **Referat**, pt.: Zwierzęta występujące w ogrodach (**Garczyńska M.**)
 - ✓ XII Podkarpacka konferencja edukacyjna na rzecz zrównoważonego rozwoju. 27.03.2014, Uniwersytet Rzeszowski, **Referat**, pt.: Zastosowanie dżdżownic w doświadczeniach olimpijczyka (**Garczyńska M.**)
 - ✓ XIII Podkarpacka konferencja edukacyjna na rzecz zrównoważonego rozwoju. 15.04.15, Uniwersytet Rzeszowski, **Referat**, pt.: Makrofauna glebowa w doświadczeniu olimpijczyka (**Garczyńska M.**)
- Organizacja Seminarium i warsztatów Zrównoważeni I, Iwonicz (9-11.01.2015r.)
- Organizacja Seminarium i warsztatów Zrównoważeni II na Wydziale Biologiczno-Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego (13.04.2016 r.)
- Organizacja i współprowadzenie Seminarium i warsztatów Zrównoważeni III na Wydziale Biologiczno-Rolniczym Uniwersytetu Rzeszowskiego (18.05.2016 r.)

- Udział i prowadzenie warsztatów dla uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych - Dzień Wydziału Biologiczno-Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego (20.04.2018 r.)
- Organizacja i prowadzenie warsztatów dla uczniów szkoły podstawowej „Dżdżownicowa skrzynka ekologiczna” Uniwersytet Rzeszowski. (11.06.2019)
- Organizacja i prowadzenie warsztatów dla uczniów szkoły podstawowej „Dżdżownicowa skrzynka ekologiczna” Szkoła Podstawowa w Krzemienicy (14.06.2016)

Publikacje ze studentami:

Konferencja skierowana do studentów i doktorantów „Dekada Różnorodności Biologicznej” 05. 12. 2017, Uniwersytet Rzeszowski

- ✓ Krempa M., Miazga N., **Garczyńska M.**, Pączka G. Gospodarowanie odpadami a różnorodność biologiczna. Polish Journal for Sustainable Development. 22(1). 47-54. 2018.

Konferencja skierowane do studentów i doktorantów „Perspektywy dla Odnawialnych Źródeł Energii i Gospodarki Odpadami” 21. 11. 2018, Uniwersytet Rzeszowski

- ✓ **Garczyńska M.**, Krempa M. Wstępne badania nad prośrodowiskowym zagospodarowaniem topinamburu (*Helianthus tuberosus L.*). Polish Journal for Sustainable Development. 22(2): 19-26. 2018.
- ✓ Janora K.J., **Garczyńska M.**, Pączka G. Badanie świadomości prośrodowiskowej studentów na podstawie wybranych elementów gospodarki odpadami. Polish Journal for Sustainable Development. 22(2): 27-34. 2018.

7. Inne informacje, nie wymienione w pkt. 1-6, ważne z punktu widzenia przebiegu kariery zawodowej

7.1. Omówienie pozostałych osiągnięć publikacyjnych

Obok prac, które składają się na cykl publikacji w osiągnięciu naukowym pt. **”Wermikompostowanie bioodpadów komunalnych i odpadów z rolnictwa oraz biomonitoring neonikotynoidów stosowanych w ochronie roślin”** moja aktywność badawcza obejmowała współudział w publikacjach w następujących obszarach tematycznych:

1. Analiza problemów technologii wermikompostowania *on-site*,
2. Cechy wybranych wermikompostów oraz wpływ nawożenia organicznego na wybrane uprawy w warunkach polowych,
3. Wpływ ksenobiotyków/ środków ochrony roślin na wybrane organizmy testowe i ochrona organizmów glebowych przed skutkami ich stosowania,
4. Badania zgrupowań Lumbricidae terenów o różnym stopniu antropopresji,
5. Wybrane zagadnienia z zakresu tworzenia i rozpoznawania uwarunkowań zrównoważonego rozwoju

1. Analiza problemów technologii wermikompostowania *on-site*

Odpowiednie zagospodarowanie bioodpadów jest nadal problematyczne i stanowi duże wyzwanie. Wynika to m.in. z nieodpowiedniej segregacji tych odpadów lub jej braku, w związku z czym część omawianej frakcji jest bezpowrotnie marnotrawiona i stanowi obciążenie środowiska. Wobec w dalszym ciągu nierozwiązanych problemów zagospodarowywania dużych objętości odpadów organicznych, wskazane są badania nad udoskonalaniem technologii wermikultury i jej wykorzystywania do przetwarzania odpadów organicznych nie tylko z gospodarstw domowych. Zainteresowanie wermikulturą wzrasta, zarówno badawczo, jak i w praktyce (niestety bardziej za granicą aniżeli w Polsce), gdyż jest to technologia przyjazna środowisku, opłacalna ekonomicznie oraz bezpieczna dla zdrowia człowieka. W badaniach prowadzonych na Uniwersytecie Rzeszowskim w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej od dawna poszukiwane są rozwiązania dla optymalizacji warunków wermikompostowania segregowanej biofrakcji z wykorzystaniem zagęszczonych populacji dżdżownic.

Wermikompostowanie *on-site*, na małą skalę w pojemnikach nazywanych dżdżownicowymi skrzynkami ekologicznymi [Kostecka 2000], stanowi wyzwanie badawcze i praktyczne, ponieważ nie jest pozbawione problemów i ograniczeń wynikających z zakresu tego procesu. W małych pojemnikach mogą pojawiać się utrudnienia zaburzające efektywne funkcjonowanie populacji dżdżownic, ponieważ szybciej dochodzi tu do przegęszczenia, wskutek czego dżdżownice tracą dynamikę rozwoju. Wynika z tego istotność poznawania i aktualizowania wiedzy praktycznej, a także ważne jest porównywanie cyklu rozwojowego różnych gatunków dżdżownic wykorzystywanych do wermikompostowania odpadów (np. *E. fetida* i *D. veneta*), po to aby móc wskazać gatunek najbardziej odpowiedni do zagospodarowania konkretnych materiałów odpadowych [9]. W skrzynkach ekologicznych może pojawić się i nadmiernie rozmnożyć fauna towarzysząca np. Enchytraeidae, co może wskazywać na zasolenie podłoża [1]. W prowadzonych eksperymentach wykazano, że zagęszczone populacje Enchytraeidae są konkurentami pokarmowymi dla populacji dżdżownic, dodatkowo wydzieliny wazonkowców wpływają negatywnie na dżdżownice *E. fetida*, co obniża skuteczność procesu wermikompostowania [1].

Z kolei w mocno uwilgotnionych podłożach mogą się pojawiać się larwy muchówek (Sciaridae), które konkurują z dżdżownicami o odpad organiczny [7]. Ważnym celem badawczym dla wspomnianego problemu, było porównanie działania stabilizującego podłoża skrzynki z wykorzystaniem preparatów naturalnych i chemicznych, które skutecznie zwalczą ich larwy ale jednocześnie będą bezpieczne dla dżdżownic. W prowadzonych badaniach zastosowałam preparaty naturalne - aliofilowy [5] i Owinema - oparty na żywych larwach nicieni *Steinernema feltiae* [8]. Duże nadzieje w zastosowaniu na szerszą skalę daje tu preparat biologiczny Owinema, bo jest nie tylko efektywny w walce z larwami muchówek, ale ponadto wpływa pozytywnie na rozwój populacji dżdżownic *E. fetida*. Pośrednio wpływa też na przyspieszenie procesu wermikompostowania. W badaniach analizowałam również chemiczne środki ochrony roślin (pochodne acylomocznikowe); Nomolt 150SC, Dimilin 25WP i DAR 2,5GR [2,3,4,6], stosowane do zwalczania muchówek (Sciaridae), przy czym określałam reakcje na te środki dżdżownic *E. fetida*. Wymienione preparaty chemiczne skutecznie redukowały populacje Sciaridae, ale zastosowane w nich substancje, co należy podkreślić – w dawkach rekomendowanych przez producentów, wpływały negatywnie (choć w sposób zróżnicowany) na dynamikę rozwoju i strukturę wiekową dżdżownic.

Wszystkie te preparaty powodowały ograniczenia w rozwoju dżdżownic wermikompostujących odpady organiczne.

1. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Pączka G., Mroczek. J. 2011. *Modelling the processes of vermicomposting in an ecological box – recognized critical points. Contemporary Problems of Management and Environmental Protection: „Some aspects of environmental impact of waste dumps”*. Red. Skibniewska K.A. 9: 143- 156.
2. Kostecka J., **Garczyńska M.** 2011. *Influence of selected insecticides on vermicomposting of wastes in ecological boxes with participation of the earthworm Dendrobaena veneta Rosa 1893 (Lumbricidae). Ecological Chemistry and Engineering*. 18(9-10): 1263-1270.
3. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2011. *Influence of Dimilin 25WP on characteristics of earthworm Eisenia fetida Sav., vermicomposting organic waste. Ecological Chemistry and Engineering*. 18(11): 1557-1563.
4. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2011. *Wpływ insektycydu Nomolt 150SC stosowanego przeciwko muchówkom w skrzynkach ekologicznych na cechy dżdżownic Eisenia fetida (Sav.). Inżynieria Ekologiczna*. 27: 13-18.
5. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2012. *Ograniczanie larw muchówek podczas wermikompostowania domowych odpadów organicznych w skrzynkach ekologicznych. Roczniki Gleboznawcze. LXIII(1): 18-21.*
6. **Kostecka J., Garczyńska M.** 2012. *Influence of chosen insecticides on the characteristics of vermicompost produced from kitchen waste. Proceedings of Ecopole*. 6 (2): 535-540.
7. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2014. *Dynamika muchówek ziemiorkowatych (Sciaridae) na odpadach organicznych w skrzynce ekologicznej w laboratorium. Zesz. Nauk. Pol.-Wsch. Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie*. 17: 31-36.
8. **Garczyńska M.**, Pączka P., Podolak A., Mazur-Pączka A., Szura R., Butt K.R., Kostecka J. 2020. *Effects of Owinema Bio-preparation on Vermicomposting in Earthworm Ecological Boxes. Applied Sciences*. 10(2): 456. DOI:10.3390/app10020456.
9. Podolak A., Kostecka J., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.**, Pączka G., Szura R. 2020. *Life cycle of the Eisenia fetida and Dendrobaena veneta earthworms (Oligochaeta, Lumbricidae). Journal of Ecological Engineering*. 21(1):40-45.

2. Cechy wybranych wermikompostów oraz wpływ nawożenia organicznego na wybrane uprawy w warunkach polowych

W wermikulturze przetwarzamy odpady organiczne i produkujemy wermikomposty, a ich cechy oraz wartość nawozowa zależy od składu materiału odpadowego oraz od zastosowanej technologii produkcji i sposobu przechowywania. Ważnym problemem jest tu określenie uwarunkowań dla wytwarzania kompostów i wermikompostów w skali komercyjnej, gdy konkretne problemy utrudniają ich produkcję i zastosowanie na dużą skalę. Jest to m.in. związane z faktem zbyt niskich limitów przyjęć frakcji organicznej do poszczególnych instalacji oraz z brakiem gwarancji rynku zbytu powstałego kompostu czy wermikompostu. Koniecznym jest więc tworzenie warunków aby sektor rolniczy wykorzystywał nawozy naturalne w dużo większej skali, w tym wermikompost, który w produkcji roślinnej jest uznawany za doskonałą alternatywę dla nawożenia mineralnego. Jego wytwarzanie może być także korzystne ekonomicznie dla rolników, ogrodników a także wszystkich obywateli, bo produkując zdrowsze produkty dobrej jakości pokarmowej, wzbogacają jednocześnie

ekosystem glebowy w składniki pokarmowe, konserwując żyzność gleb. Informowanie rolników na temat znaczenia wermikompostowania w zrównoważonym rolnictwie, jest w związku z tym ważne a prowadzenie dalszych badań nad optymalizacją wytwarzania wermikompostu jest w pełni uzasadnione.

Istotą badań laboratoryjnych jest ich ekstrapolacja do potencjalnego zastosowania w praktyce polowej. W związku z tym ważnym celem badań, w których uczestniczyłam było określenie możliwości przydatności nawozowej wermikompostów na podstawie ich składu chemicznego i praktyczne zastosowanie w uprawach warzyw. Zrealizowane badania opierały się na wytwarzaniu wermikompostów o dobrych parametrach fizykochemicznych z obornika bydlęcego czy odpadów z przemysłu owocowo-warzywnego i zaaplikowaniu ich w doświadczeniach polowych. W tych badaniach, przeprowadzonych w indywidualnych gospodarstwach metodą losowanych bloków, współanalizowałam wpływ nawożenia organicznego (wermikompostem) i mineralnego na wybrane cechy użytkowe porów (t.j. długość, masę czy średnicę części konsumpcyjnej porów) [10,15], zawartość w nich makroskładników i mikroskładników [14] oraz plonowanie i zdrowotność tych roślin [11, 16]. Podobnie współuczestniczyłam w badaniach dotyczących wpływu nawożenia organicznego na zawartość makroskładników i mikroskładników w kapuście [12] oraz na jej zdrowotność [13]. Przeprowadzone badania potwierdziły, że nawożenie wermikompostem wpływa pozytywnie na wybrane cechy upraw porów i kapusty. Warzywa wyprodukowane na wermikompoście charakteryzowały się często wyższym plonem i / lub lepszą zdrowotnością [10-16]. Wyniki przeprowadzonych badań znajdują potwierdzenie w badaniach opublikowanych w czasopismach zagranicznych i stanowią podstawę do kontynuowania prezentowanych doświadczeń w przyszłości. Warzywa produkowane na wermikompoście mogą stanowić atrakcyjną bazę pokarmową w gospodarstwach agroturystycznych.

Od wielu lat uczestniczyłam w wyznaczaniu cech wermikompostów z różnych, segregowanych odpadów organicznych. Celem prowadzonych badań było produkowanie wermikompostów zasobnych w składniki pokarmowe, które można zaaplikować w gospodarstwie ekologicznym czy praktyce ogrodniczej do produkcji żywności o wysokiej jakości pokarmowej. Uzyskane wyniki wyraźnie wskazywały, że wermikomposty z odpadów kuchennych [17], wysłodków buraczanych [19, 21] a także z biomasy litoralu [20] były zasobne w składniki pokarmowe roślin. Badania

pozwalają na porównanie składu wytworzonych wermikompostów w kontekście ich zastosowania pod konkretne uprawy.

Współpracując ze studentami, w ramach działalności Studenckiego Koła Naukowego Zrównoważonego Rozwoju wyznaczono również cechy wermikompostu powstałego na bazie resztek topinamburu (*Helianthus tuberosus*). Roślina ta może być wykorzystywana na cele energetyczne, ale jej uprawa jest problematyczna, bo jest rośliną inwazyjną [18].

10. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Kryńska B. 2001. Wpływ nawożenia mineralnego i wermikompostu na wartość podstawowych cech użytkowych pora odmiany Bartek i Arkansas. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 372 (75): 105-111.
11. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Błażej J. Surmiak J. 2001. Plonowanie i zdrowotność porów nawożonych wermikompostem oraz nawozami mineralnymi w drugim roku doświadczenia. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 372(75): 81-90.
12. Kostecka J., Kaniuczak J., **Garczyńska M.**, Nowak M., Szalacha E. 2001. Wpływ nawożenia organicznego i mineralnego na wartość pokarmową oraz zawartość makro- i mikroskładników w kapuście. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 372(75): 205-210.
13. Kostecka J., Błażej J., **Garczyńska M.** 2001. Wpływ wermikompostu na występowanie *Plasmodiophora brassicae* oraz rozwój i wzrost kapusty głowiastej. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie*. 372(75): 199-204.
14. Kaniuczak J., Kostecka J., **Garczyńska M.**, Nowak M. 2002. Zawartość makro- i mikroskładników w porach nawożonych wermikompostami i nawozami mineralnymi. *Acta Agrophysica*. 73: 141-147.
15. Kostecka J., **Garczyńska M.** 2002. Charakterystyka wybranych cech porów nawożonych wermikompostami i nawozami mineralnymi. *Acta Agrophysica*. 73: 213-219.
16. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Olbrycht T. 2004. Wpływ nawożenia na występowanie miniarki porówki *Napomyza gymnostoma* Loew (Diptera: Agromyzidae). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 493:65-70.
17. Kostecka J., Pączka G., **Garczyńska M.**, Podolak-Machowska A., Dunin-Mugler C, Szura R. 2014. Wykorzystanie wermikompostowania do zagospodarowania odpadów organicznych w gospodarstwach domowych. *Inżynieria i Ochrona Środowiska*. 17(1): 21-33.
18. **Garczyńska M.**, Krempa M. 2018. Wstępne badania nad prośrodowiskowym zagospodarowaniem topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.). *Polish Journal for Sustainable Development*. 22(2): 19-26.
19. Pączka G., **Garczyńska M.**, Mazur-Pączka A., Podolak A., Szura R., Skoczko I., Kostecka J. 2018. Vermicomposting of Sugar Beet Pulps Using *Eisenia fetida* (Sav.) Earthworms. *Annual Set The Environment Protection. Rocznik Ochrona Środowiska*. 20: 588-601.
20. Pączka G., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.**, Podolak A., Szura R., Butt K.R., Kostecka J. 2019. Using of earthworms *Eisenia fetida* (Sav.) for vermicomposting expansive littoral plants biomass. *Applied Sciences*. 9(17): 3635. DOI 10.3390/app9173635.
21. Pączka G., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.**, Kostecka J., Butt K.R. 2020. Effects of Vermireactor Modifications on the Welfare of Earthworms *Eisenia fetida* (Sav.) and Properties of Vermicomposts. *Agriculture*. 10(10): 481. DOI: 10.3390/agriculture10100481.

3. Wpływ ksenobiotyków/ środków ochrony roślin na wybrane organizmy testowe i ochrona organizmów glebowych przed skutkami ich stosowania

Testowanie wpływu ksenobiotyków na organizmy żywe jest istotnym elementem monitorowania ich oddziaływania na te organizmy, a także pośrednio na ekosystemy, w tym ekosystem glebowy. Pierwsza z publikacji realizujących kolejny obszar tematyczny dotyczyła badań prowadzonych w ramach realizacji mojej pracy

magisterskiej i określała wpływ wybranych pierwiastków śladowych na przeżywalność grzyba należącego do podstawczaków; *Abortiporus biennis* (Basidiomycetes Polyporaceae). Celem tych badań było określenie reakcji biochemicznej grzyba w odpowiedzi na stres chemiczny [22].

Lumbricidae są powszechnie wykorzystywane do biomonitoringu gleb. Są bardzo dobrymi biowskaźnikami do określania zmian na różnych poziomach; od poziomu całych populacji po zmiany fizjologiczne i biochemiczne zachodzące w komórkach czy też poszczególnych organellach (biomarkery). Z związku z tym szacuje się, że znaczenie dżdżownic w badaniach toksykologicznych i ekotoksykologicznych środowiska będzie wzrastać. Dżdżownice mają kontakt z zanieczyszczeniami poprzez pokrycie ciała – wór powłokowo-mięśniowy oraz przez układ pokarmowy. Dlatego do oceny wpływu substancji chemicznych w stosunku do dżdżownic stosuje się różne testy rekomendowane przez ISO i OECD. W kolejnej publikacji, jako współautor [23], analizowałam różne możliwości zastosowania dżdżownic w ocenie zanieczyszczenia ekosystemu glebowego. Monitorowanie zanieczyszczenia gleb z wykorzystaniem dżdżownic jest ważne, bo są one istotną częścią zooedafonu i ich stan pozwala na określenie wpływu substancji chemicznych i innych czynników na ekosystem glebowy, w dobie wzmożonej antropopresji.

Jednym z głównych czynników wpływających na prawidłowe funkcjonowanie organizmów glebowych jest prawidłowe zasolenie gleby. W kolejnych badaniach określałam tolerancję dżdżownic *E. fetida* w stosunku do różnych stężeń NaCl w teście kontaktowo-bibułowym w warunkach laboratoryjnych [25]. W ramach działania grupy badawczej w Katedrze Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, konsultowałam badania tolerancji dżdżownic *E. fetidia* oraz *D. veneta* na anestetyki w teście bibułowym [27].

Inny z badanych problemów obejmował zagadnienia dotyczące określenia tolerancji dżdżownic na insektycydy i modyfikowanie ich reakcji na nie poprzez zastosowanie podlewania podłoża hodowli wodą aktywną biologicznie. Wyniki tych doświadczeń wskazywały na pozytywny związek podlewania hodowli wodą aktywną biologicznie i cyklu życiowego dżdżownic *D. veneta*. Aplikowanie wody aktywnej zwiększało reprodukcję badanych osobników, czyli miało wpływ na wzrost liczby i biomasy składanych kokonów ($p < 0,05$) [26]. W związku z tym pozytywnym wynikiem badań wody aktywnej biologicznie, może zarysować się potencjał jej stosowania także w wermikulturach, gdzie mogłaby pozytywnie modyfikować tempo procesu

przekształcania odpadów w wermikompost. Celem badań we wcześniejszym doświadczeniu [24] było natomiast wskazanie, czy podlewanie wodą wodociągową w porównaniu z wodą aktywną biologicznie może wpływać na minimalizowanie stresu chemicznego u dżdżownic *D. veneta*. Oddziaływanie wody aktywnej biologicznie sprawdzano w hodowli tej dżdżownicy poddanej działaniu insektycydu Dar 2,5 GR [24]. Modyfikowanie podlewania (wodą wodociągową lub wodą aktywną biologicznie) nie różnicowało liczebności i biomasy osobników dojrzałych i niedojrzałych ($p > 0,05$). Wykazano tu natomiast pozytywny wpływ wody aktywnej biologicznie na liczebność i biomasę kokonów składanych przez dżdżownice *D. veneta* ($p < 0,05$). Zastosowanie wyników tego doświadczenia w praktyce daje szansę działań na rzecz efektywnego łagodzenia skutków stresu chemicznego u dżdżownic *D. veneta*. Jest to istotne, ponieważ badany gatunek dżdżownic jest wrażliwszy na substancje chemiczne w porównaniu do gatunku *E. fetida* [27]. Zastosowanie wody aktywnej, jest także ciekawym kierunkiem dalszych badań nie tylko nad dżdżownicami, może stwarzać szanse na opracowanie metod łagodzących skutki stresów chemicznych u innych przedstawicieli zooedafonu, które różnią się tolerancją w stosunku do różnych substancji zanieczyszczających środowisko.

22. **Bieniasz* M.** 1999. Badanie wpływu wybranych pierwiastków śladowych na przeżywalność *Abortiporus biennis*, (Basidiomycetes Polyporaceae). Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Oddział w Rzeszowie. 2: 7-16.
23. **Garczyńska M., Mazur A., Kostecka J.** 2009. Wybrane aspekty toksykologii dżdżownic w kontekście zrównoważonego rozwoju. Zesz. Nauk. Pol.-Wsch. Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie. 11: 61-66.
24. **Kostecka J., Garczyńska M., Machniak P.** 2010. Wpływ wody aktywnej biologicznie na dżdżownice (*Dendrobaena veneta* Rosa) w obecności ksenobiotyku Dar 2,5. Inżynieria Ekologiczna. 22: 78-82.
25. **Garczyńska M., Kostecka J.** 2011. Wpływ wybranych stężeń chlorku sodu na przeżywalność dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav.) w teście bibułowym. Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Oddział w Rzeszowie. 14: 19-22.
26. **Kostecka J., Garczyńska M., Cebulak T.** 2012. Wpływ wody „aktywowanej” na dżdżownice (*Dendrobaena veneta* Rosa, 1893). Roczniki Gleboznawcze. LXIII (1): 32-35.
27. **Podolak A., Kostecka J., Rožen A., Garczyńska M., Pączka G., Mazur-Pączka A., Szura R.** 2019. New perspectives for the use of earthworms – testing of anesthetics. Journal of Ecological Engineering. 20(3): 253-261.

4. Badania zgrupowań Lumbricidae terenów o różnym stopniu antropopresji

Uczestnicząc w działaniach grupy badawczej Katedry, brałam udział w licznych badaniach terenowych. W ich trakcie, w poszukiwaniach i w analizie populacji Lumbricidae wykorzystywano różne metody wypłaszania dżdżownic z gleby.

* nazwisko panieńskie

W środowiskach przyrodniczo cennych było ważne aby podczas poboru próbek badawczych stosować techniki ograniczające negatywny wpływ substancji chemicznych wykorzystywanych do ekstrakcji dżdżownic z ekosystemu glebowego. Uczestniczyłam w testowaniu próśrodkowych metod wypłaszania i badania fauny dżdżownic (badania dotyczyły tzw. metody musztardowej i za pomocą prądu elektrycznego) [28, 31, 36].

Zooedafon bierze udział w kluczowych procesach w glebie, w związku z tym istotne jest zbadanie jego składu i struktury udziału w danych zespołach ekosystemowych. Brałam udział w analizie przedstawicieli makrofauny glebowej w Bieszczadach [30].

Dżdżownice reprezentują makrofaunę gleby stanowiąc w niej około 70% biomasy. Odgrywają ważną rolę w tworzeniu jakości gleb i decydują o wielu procesach żyznótórczych, zachodzących w tym ekosystemie. W związku z tym bardzo istotnym elementem badań określających to środowisko jest analiza ich składu ilościowego i jakościowego oraz wzajemnych powiązań. Kolejna praca obejmowała badania populacji Lumbricidae na łąkach i w gruntach ornych [34]. Ich obecność w zooedafonie, a także liczebność i różnorodność gatunkowa wskazuje na stan profilu glebowego. Globalne zmiany środowiskowe, doprowadzają do degradacji ekosystemu glebowego, co jest powiązane z utratą różnorodności biologicznej gleby. Zjawisko to wywołuje zaburzenia dla prawidłowego funkcjonowania tego ekosystemu. Ważnym celem kolejnych badań była ocena ilościowa i jakościowa populacji dżdżownic w Ustrzykach Górnych w Bieszczadzkim Parku Narodowym. W badaniach tych wskazano również czynniki zagrażające populacji dżdżownic w ekosystemach bieszczadzkich gleb. Wyniki wyraźnie pokazały, że *Octolasion transpadanus* (Rosa 1884) jest gatunkiem endemicznym i w związku z tym należy zaproponować działania ochraniające ten gatunek - poprzez wpisanie go na listę gatunków zagrożonych [32]. Czynniki antropogeniczne mogą modyfikować skład gatunkowy dżdżownic [29, 33], co stwierdzono na jednym ze stanowisk badawczych w Bieszczadzkim Parku Narodowym [37]. Celem kolejnych badań było określenie ekologii i dynamiki populacji innego ograniczonego zasięgiem gatunku- *Eisenia lucens* (Waga 1857). Badania prowadzone były w terenie, w jego naturalnym stanowisku w Bieszczadach oraz w warunkach chowu w laboratorium. Naturalnym siedliskiem tego gatunku jest butwiejące drewno buków. Natomiast analiza danych laboratoryjnych wykazała, że gatunek *E. lucens*, karmiony obornikiem, może żyć około 2 lat w warunkach sztucznych.

Należy podkreślić, że ten fakt ma także duże atrybuty poznawcze i stanowi podstawę do dalszych badań [35].

28. Kostecka J., **Garczyńska M.** 2001. Poszukiwanie próśrodowiskowych metod badania fauny dżdżownic (*Lumbricidae*). *Acta Agrophysica*. 48: 271-277.
29. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2002. Earthworms in chosen anthropogenic environments. *Wistnik – Zeszyty Naukowe Lwowskiego Państwowego Uniwersytetu Rolniczego*. 145-150.
30. Kostecka J., **Garczyńska M.** 2003. Liczebność wybranych przedstawicieli makrofauny glebowej w różnych siedliskach regionu Bieszczadów. *Zesz. Nauk. Pol.-Wsch. Oddziału PTIE i PTG w Rzeszowie*. 493: 401-407.
31. Kostecka J., **Garczyńska M.** 2003. Badania nad bezpiecznymi dla uczniów metodami poszukiwania dżdżownic. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Oddział w Rzeszowie*. 3:25-31.
32. Kostecka M., Mazur-Pączka A., Pączka G., **Garczyńska M.** 2018. Lumbricidae biodiversity at the sites in Bieszczady Mountains (Poland) after 25 years. *Journal of Ecological Engineering*. 19(2):127-132.
33. Kostecka J., Mazur-Pączka A., Podolak A., Pączka G. **Garczyńska M.** 2018. Ecomorphological Groups of Earthworms Found in a Beech Wood in the Bieszczady National Park (South-Eastern Poland). *Journal of Ecological Engineering*. 19(4): 153-158.
34. Mazur-Pączka A., Pączka G., Kostecka J., **Garczyńska M.**, Podolak A., Szura R. 2019. Community structure of lumbricidae in permanent grassland and arable land. *Journal of Ecological Engineering*. 20(5): 1-6.
35. Kostecka J., Butt K.R., Mazur-Pączka A., Pączka G., **Garczyńska M.**, Podolak A. 2019. Aspects of the ecology of the earthworm *Eisenia lucens* (Waga 1857) and its laboratory culture. *Environmental Science and Pollution Research*. 27. DOI 10.1007/s11356-019-06187-7.
36. Mazur-Pączka A., Pączka G., Kostecka J., Podolak A., **Garczyńska M.** 2020. Effectiveness of Lumbricidae extracting with an enviromentlly friendly method. *Journal of Ecological Engineering*. 21(5): 114-119.
37. Mazur-Pączka A., Pączka G., Kostecka J., Butt K.R., Jaromin M., **Garczyńska M.**, Podolak A. 2021. Community structure of Lumbricidae in beech woodland of the Bieszczady National Park, Southeast Poland. *Pedosphere*. 31(3): 391-397. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60090-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60090-X).

5. Wybrane zagadnienia z zakresu tworzenia i rozpoznawania uwarunkowań zrównoważonego rozwoju

Stosowanie zasad zrównoważonego rozwoju powinno prowadzić między innymi do utrzymania wysokiej różnorodności biologicznej ekosystemów; w tym gleb, a w konsekwencji także do produkcji żywności wysokiej jakości. W pracy [38], której jestem współautorem, podkreślono rolę współczesnego rolnika jako opiekuna przyrody. Powinien on zwracać uwagę nie tylko na aspekt ekonomiczny – czyli produkcję żywności o odpowiednio wysokiej jakości pokarmowej, ale również dbać o aspekt środowiskowy, czyli ochronić zasoby przyrody i krajobrazu oraz mieć szacunek dla lokalnej tradycji [38].

Przekształcenia ekosystemów w wyniku działalności człowieka doprowadzają do stopniowej utraty bioróżnorodności. Na całym świecie obserwujemy stopniowe uszczuplanie populacji zapylaczy (w tym pszczoł). Istotnym zagadnieniem jest więc budowanie świadomości o funkcjach ekosystemowych przez nie pełnionych, poznawanie przyczyn zmniejszenia liczebności ich populacji oraz działań ochronnych [39]. Określenie funkcji ekosystemowych pełnionych przez zwierzęta dziko żyjące (bobry,

dziki, jelenie) w krajobrazie użytkowanym rolniczo było celem kolejnej publikacji [40]. Zgodnie z założeniami zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich, dla tych zwierząt należy rozpoznać a następnie zaspokoić ich potrzeby siedliskowe oraz wymagania pokarmowe, tak aby mogły być uczestnikami zrównoważonych ekosystemów. Należy upowszechniać wiedzę, że to działalność człowieka doprowadza do niekorzystnych dla niego samego zmian behawioralnych wielu zwierząt [40].

Kolejne usługi ekosystemowe warte upowszechniania i ochrony tworzą drzewa oraz zadrzewienia śródpolne. Stanowią one istotny element krajobrazu nie tylko wiejskiego ale i miejskiego. Za zagadnienie godne publikacji przeglądowej [41] uznano opis tych świadczeń i prezentację prawidłowego zabezpieczania drzew przed zniszczeniem w czasie prowadzenia różnorodnych inwestycji, bo w przeciwnym wypadku po zakończeniu robót budowlanych, one często obumierają. Ponadto zaprezentowano metody wyceny drzew na podstawie pełnionych przez nie usług ekosystemowych. W kolejnym opracowaniu [42] analizowano zasady zrównoważonego i bezpiecznego zbioru dwóch roślin zielarskich - lipy oraz jarzębu pospolitego a także możliwość sprzedaży uzyskanych z nich surowców [42]. Powrót mieszkańców obszarów wiejskich do tradycyjnych aktywności jest istotny dla wielofunkcyjnego rozwoju tych obszarów oraz dla zachowania i trwałości zasobów różnorodności biologicznej.

Ważnym zagadnieniem w omawianej przestrzeni problemowej było także rozpoznawanie efektywnych rozwiązań dla gospodarki odpadami. W budowaniu gospodarki o obiegu zamkniętym (*circular economy*) stanowi to duże wyzwanie i obejmuje m.in. ponowne wykorzystywanie surowców i produktów czy też przedłużanie ich żywotności, bo przynosi to korzyści dla gospodarki i środowiska. W publikacji [43] zaprezentowano współczesne trendy w gospodarowaniu odpadami komunalnymi w Polsce i Unii Europejskiej, natomiast w kolejnej pracy zwrócono uwagę na odpady organiczne jako cenne źródło zasobów [44]. W praktyce ogrodniczej czy rolniczej niezbędne jest systematyczne uzupełnianie materii organicznej w glebach. Obok minimalizowania strat żywności u źródła i wprowadzania dobrych praktyk zrównoważonej konsumpcji, warto podkreślać, że alternatywą dla niezagospodarowanych inaczej resztek żywności jest ich przekształcanie w nawóz poprzez wermikompostowanie na miejscu powstawania [44].

Współpracując ze studentami Studenckiego Koła Naukowego Zrównoważonego Rozwoju analizowałam świadomość studentów kilku uczelni wyższych, w zakresie wybranych aspektów gospodarki odpadami [45,46]. Badania te pokazały niestety, że

ankietowani mają nadal niski poziom świadomości w zakresie odpowiednich, pro-środowiskowych praktyk. Według danych GUS, co piąty Polak segreguje odpady, a poziom recyklingu – metali, tworzyw sztucznych, szkła i makulatury do 2030 powinien osiągnąć 65%, natomiast obecnie jest na poziomie 26%. Istniejące dzikie wysypiska są niestety miernikiem niewielkiej świadomości ekologicznej, a przede wszystkim wpływają na ograniczenie różnorodności biologicznej.

Celem kolejnych prac było rozważanie nowego sposobu wartościowania zasobów środowiskowych, w tym powiązanie wpływu danego przedsięwzięcia na wybrane komponenty ekosystemów lub na formy ochrony przyrody oraz ustalenie sposobów zapobiegania, ograniczania lub minimalizowania skutków realizacji planowanej inwestycji [47]. Niekorzystny wpływ odpadów komunalnych na środowisko należy rozważać w wielu nakładających się na siebie płaszczyznach, w czym może pomóc coraz bardziej szczegółowa środowiskowa analiza cyklu życia (Life Cycle Assessment, LCA). Rozważać należy jej wiele składowych (np. analiza oddziaływania środowiskowego poszczególnych odpadów jako efektu cyklu życia wielu produktów) [48].

38. Kostecka J., Mroczek J.R., **Garczyńska M.** 2010. Szacunek dla rolnika w kontekście potrzeb zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich. *Biuletyn Komitetu Przestrzennego Zagospodarowania Kraju Pan.* 242: 133-145.
39. **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2015. Pszczoły a zdrowie ekosystemów i człowieka. *Zesz. Nauk. Pol.-Wsch. Oddziału PTiE i PTG w Rzeszowie.* 19: 21-30.
40. Pączka G., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.**, Kostecka J. 2016. Wybrane gatunki zwierząt w krajobrazie użytkowanym rolniczo i strategia ochrony dziedzictwa przyrodniczego. *Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju. PAN. Biuletyn. Zesz.* 262: 99-113.
41. **Garczyńska M.**, Mazur-Pączka A., Pączka G., Kostecka J. 2017. Botanika Stosowana II. Ochrona drzew i krzewów w procesie inwestycyjnym. *Inżynieria Ekologiczna.* 18(3): 139-149.
42. Kostecka J., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.**, Pączka G. 2017. Botanika Stosowana I. Znaczenie roślin zielarskich. *Inżynieria Ekologiczna.* 18 (4): 184-189.
43. Kostecka J., Koc-Jurczyk J., **Garczyńska M.** 2016. Rozważania na temat zrównoważonej gospodarki odpadami. *Polish Journal for Sustainable Development.* 20:105-117.
44. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Pączka G. 2018. Food waste in the organic recycling system and a sustainable development. *Problemy Ekorozwoju.* 13(2): 157-164.
45. Krempa M., Miazga N., **Garczyńska M.**, Pączka G. 2018. Gospodarowanie odpadami a różnorodność biologiczna. *Polish Journal for Sustainable Development.* 22(1): 47-54.
46. Janora K.J., **Garczyńska M.**, Pączka G. 2018. Badanie świadomości prośrodowiskowej studentów na podstawie wybranych elementów gospodarki odpadami. *Polish Journal for Sustainable Development.* 22(2): 27-34.
47. Kostecka J., Podolak A., Pączka G., Mazur-Pączka A., **Garczyńska M.** 2019. Nowe ujęcie wartościowania zasobów środowiska (powiązania problemów ekonomicznych i ochrony środowiska w kontekście OoŚ). *Polish Journal for Sustainable Development.* 23(1): 89-98.
48. Kostecka J., **Garczyńska M.**, Progorowicz S. 2020. Rozpoznawanie elementów oceny cyklu życia jako wsparcie organizacji zrównoważonej gospodarki odpadami komunalnymi i edukacji. *Polish Journal for Sustainable Development.* 24(1): 87-94.

7.2. Omówienie dalszych planów naukowo-badawczych

W trakcie poszukiwania technik optymalizacji procesu wermikompostowania na małą skalę, pojawiły się kwestie, które nie zostały do końca wyjaśnione, w związku z czym powinny być podejmowane dalsze badania tych zagadnień. Ich kontynuowanie jest przedmiotem kolejnych aktywności naszej grupy badawczej a także stanowi podstawę dla przyszłych prac dyplomowych. W Polsce południowo-wschodniej funkcjonuje wiele mniejszych i rozdrobnionych gospodarstw. Jest też dużo upraw ekologicznych. Ważnym kierunkiem mojego działania będzie tu więc współpraca z praktykami rolnikami, w celu upowszechnienia wermikultury jako pro-środowiskowej biotechnologii i dalszej optymalizacji samego procesu produkcji nawozów, na których (jak już udowodniono) można uzyskać np. warzywa o wysokiej jakości pokarmowej.

Współpraca z kompostowniami, biogazowniami czy przemysłem rolno-spożywczym, który generuje duże objętości resztek poprodukcyjnych jest także celem, który rysuje się dla mnie jako ważny i otwiera możliwości współpracy z zainteresowanymi beneficjentami zewnętrznymi.

Rzeszów, 11.06.2021

