

Załącznik Nr 3
do wniosku z dnia 11.05.2022
o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora
habilitowanego

Autoreferat

Dr Iwona Gruss

Katedra Ochrony Roślin, Dyscyplina: Rolnictwo i Ogrodnictwo
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 2022

Spis treści

1. Dane osobowe	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4. Osiągnięcie naukowe, stanowiący znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej.....	4
4.1. Tytuł osiągnięcia.....	4
4.2. Cykl prac wchodzących w skład osiągnięcia.....	4
4.3. Omówienie osiągnięcia naukowego	6
4.3.1. Wprowadzenie	6
4.3.2. Metodyka badań	10
4.3.3. Wyniki	13
4.4. Podsumowanie	15
4.5. Bibliografia	17
5. Opis aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	20
5.1. Współpraca z Instytutem Helmholtza w Halle (Niemcy).....	20
5.2. Współpraca z Uniwersytetem Jana Ewangelisty w Usti nad Łabą (Czechy) i Uniwersytetem Przyrodniczym w Kijowie (Ukraina)	21
5.3. Współpraca z Politechniką Opolską	22
6. Inne kierunki badań.....	23
6.1. Wpływ zwiększonej bioróżnorodności roślinnej w agroekosystemach na populacje drapieżnych stawonogów.....	23
6.2. Wpływ technologii uprawy roli i roślin na występowanie fauny pożytecznej	24
6.3. Występowanie mezofauny glebowej i epigeicznej w zależności od intensywności użytkowania łąk .	25
6.4. Toksyczne działanie metali ciężkich i metaloidu (As) na stawonogi w glebach zanieczyszczonych	27
6.5. Badania dotyczące biologii i behawioru wybranych gatunków owadów	28
7. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę ...	29
7.1. Osiągnięcia dydaktyczne	29
7.2. Osiągnięcia organizacyjne	31
7.3. Popularyzacja wiedzy	31
8. Omówienie pozostałych osiągnięć, ważnych z punktu widzenia kariery zawodowej.....	33

1. Dane osobowe

Dr Iwona Gruss

Katedra Ochrony Roślin, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny UPWr

iwona.gruss@upwr.edu.pl

<https://orcid.org/0000-0002-3562-5962>

<https://upwr.edu.pl/badania/wiodace-zespoly-badawcze/innovacyjne-rolnictwo-i-ogrodnictwo-inrog/zespol>

<https://bazawiedzy.upwr.edu.pl/info.seam?id=UPWr52de048f59f449d48f18e0f1e6eb8ce9>

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

- 12/2014 - Obrona pracy doktorskiej pt. „Wpływ wieloletniej uprawy ziemniaka i żyta ozimego w monokulturze na zgrupowania mezofauny glebowej” pod kierunkiem dr hab. Jacka Twardowskiego, prof. nadzw.
- 20.01.2015 - Nadanie stopnia doktora nauk rolniczych w dniu r. przez Radę Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.
- 7/2011 – Dyplom ukończenia studiów podyplomowych, Kierunek: Rolnictwo i środowisko naturalne, Uniwersytet Opolski, Wydział Przyrodniczo-Techniczny.
- 3/2010 – Dyplom ukończenia studiów magisterskich, Kierunek: Biologia, Wydział Przyrodniczo-Techniczny, Uniwersytet Opolski.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 10/2010 - 09/2014 – Doktorant w Katedrze Ochrony Roślin, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- 1.04.2015 – 31.03.2017 – Adiunkt w wymiarze ½ etatu w Katedrze Ochrony Roślin, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- 1.04.2017- obecnie - Adiunkt w pełnym wymiarze etatu w Katedrze Ochrony Roślin, Wydział Przyrodniczo-Technologiczny, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

4. Osiągnięcie naukowe, stanowiący znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej

4.1. Tytuł osiągnięcia

Wykorzystanie stawonogów jako bioindykatorów stanu gleb rolniczych

4.2. Cykl prac wchodzących w skład osiągnięcia

Osiągnięcie naukowe składa się z sześciu recenzowanych publikacji naukowych powiązanych tematycznie, opublikowanych w czasopismach znajdujących się na liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (a obecnie Ministerstwo Edukacji i Nauki) oraz w bazie Web of Science. Artykuły wchodzące w skład osiągnięcia zostały opublikowane w najlepszych czasopismach naukowych z dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo (**Soil Biology & Biochemistry - Q1, Applied Soil Ecology - Q1, Land Degradation and Development - Q1, Environmental Science and Pollution Research - Q2, Sustainability - Q2**). Cztery przedstawione publikacje powstały w wyniku współpracy międzynarodowej (A1-A3, A6). Wszystkie publikacje zostały przygotowane po otrzymaniu stopnia naukowego doktora. Mój

wkład merytoryczny oraz współautorów w przygotowanie niniejszych publikacji został potwierdzony oświadczeniami dołączonymi do wniosku habilitacyjnego. Publikacje zostały przedstawione zgodnie z kolejnością ich omawiania.

A1. Yin Rui, Eisenhauer Nico, Schmidt Anja, **Gruss Iwona**, Purahong Witoon, Siebert Julia, Schädler Martin. 2019. Climate change does not alter land-use effects on soil fauna communities. *Applied Soil Ecology*, 140, 1-10. DOI:10.1016/j.apsoil.2019.03.026. 140 punktów MNiSW, IF 3.716, Q1, liczba cytowań: 13.

A2. Yin Rui, **Gruss Iwona**, Eisenhauer Nico, Kardol Paul, Thakurg Madhav P., Schmidt Anja, Xu Zhengfeng, Siebert Julia, Zhang Chensheng, Wub Gao-Lin, Schädler Martin. 2019. Land use modulates the effects of climate change on density but not community composition of Collembola. *Soil Biology & Biochemistry*, 138, DOI:10.1016/j.soilbio.2019.107598, 140 punktów MNiSW, IF 6.767, Q1, liczba cytowań: 11.

A3. Yin Rui, Kardol Paul, Thakur Madhav P., **Gruss Iwona**, Wu Gao-Lin, Eisenhauer Nico, Schädler Martin. 2020. Soil functional biodiversity and biological quality under threat: Intensive land use outweighs climate change. *Soil Biology & Biochemistry*, 2020, 147, 1-9. DOI:10.1016/j.soilbio.2020.107847. 140 punktów MNiSW, IF 6.797, Q1, liczba cytowań: 18.

A4. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Latawiec Agnieszka, Medyńska-Juraszek Agnieszka, Królczyk Jolanta. 2019. Risk assessment of low-temperature biochar used as soil amendment on soil mesofauna. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 18230-18239 DOI:10.1007/s11356-019-05153-7. 100 punktów MNiSW, IF 3.056, Q2, liczba cytowań 26.

A5. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Latawiec Agnieszka, Królczyk Jolanta, Medyńska-Juraszek A. 2019. The effect of biochar used as soil amendment on morphological diversity of Collembola. 2019. *Sustainability*, 11, 1-13. DOI:10.3390/su11185126. 100 punktów MNiSW, IF 2.576, Q2, liczba cytowań 5.

A6. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Nebeska Diana, Trögl Josef, Stefanovska Tatyana, Pidlisnyuk Valentina, Machová Iva. 2022. Microarthropods and vegetation as biological indicators of soil quality studied in poor sandy sites at former military facilities. *Land*

Degradation & Development, 33, 2, 10. DOI:10.1002/ldr.4157. 200 punktów MNiSW, IF 4.162, Q1, liczba cytowań 0.

Łączna liczba punktów za osiągnięcie: 820 punktów, 27.074 IF, liczba cytowań: 73.

Wartości punktowe MNiSW oraz wartości wskaźników IF poszczególnych prac podano zgodnie z rokiem wydania publikacji. Liczbę cytowań podano według bazy Web of Science.

4.3. Omówienie osiągnięcia naukowego

4.3.1. Wprowadzenie

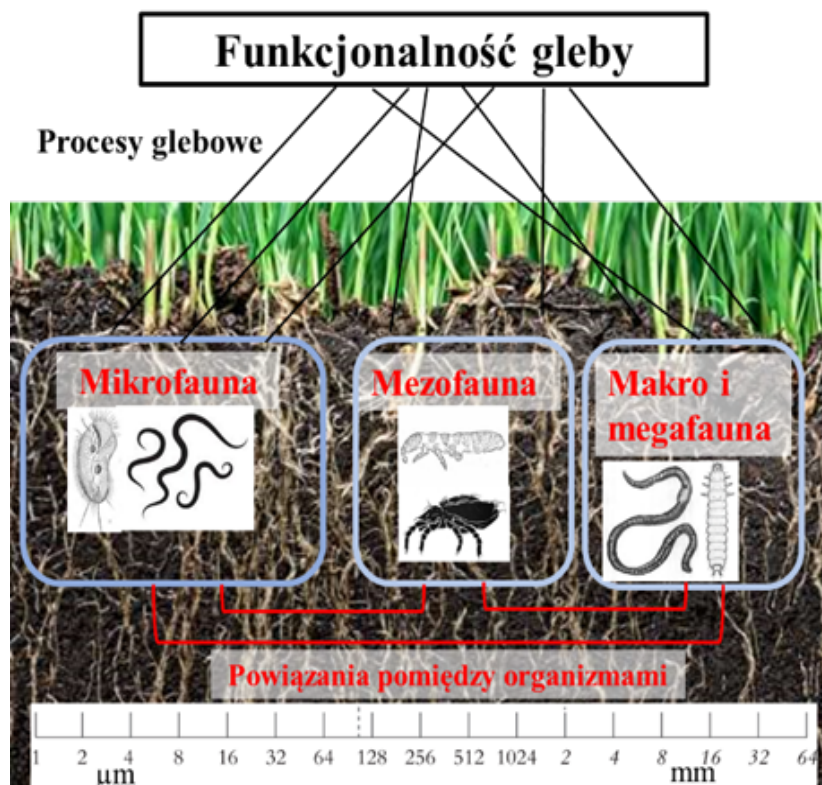
Gleba jest podstawą wszelkiego życia na Ziemi, jak również jest kluczowym zasobem w rolnictwie. Środowisko glebowe stanowi największy magazyn węgla, który jest wiązany w materii organicznej. Oczywistym zagrożeniem dla gleb jest degradacja, która powoduje utratę ich funkcjonalności. Obecnie ponad 30% gleb w skali światowej uważa się za zdegradowane, z czego większość stanowią grunty użytkowane rolniczo (FAO, 2015). Jednym z najważniejszych czynników przyspieszających degradację gleb są zmiany klimatyczne. Zjawisko to może się objawiać m.in.: suszą, zubożeniem pokrywy roślinnej, zwiększeniem zasolenia i spadkiem zawartości węgla organicznego (Borelli i in., 2020). W skali globalnej szczególnie odczuwalne będą skutki degradacji gleb w rolnictwie, co będzie miało bezpośrednie przełożenie na produkcję roślinną (Ferreira i in., 2022). Gleba stanowi złożony ekosystem, w którym funkcjonuje szereg powiązań pomiędzy czynnikami środowiskowymi, a organizmami. Zatem, aby ocenić funkcjonalność gleby, należy kompleksowo zbadać różne poziomy ekosystemu (Van Leeuwen i in., 2015).

Zmieniający się klimat przejawia się przede wszystkim wzrostem średniej temperatury oraz coraz bardziej nierównomiernym rozkładem opadów, w tym długimi okresami bezopadowymi (Klimada, 2022). Konsekwencją są także negatywne zmiany wilgotności gleby, która jest jednym z podstawowych czynników warunkujących życie organizmów. Podniesienie temperatury gleby nawet o 1°C może w istotny sposób zmieniać funkcjonowanie organizmów (Siebert i in., 2019). W celu prognozowania skutków zmian klimatycznych, jakie wystąpią za kilkadziesiąt lat, stosuje się eksperymenty manipulowane. Pozwalają one na ocenę długotrwałych skutków środowiskowych w odniesieniu do zmian klimatycznych na żywe organizmy. Ponadto, na tej podstawie można wprowadzać działania, których celem będzie

minimalizowanie negatywnych zmian (Schädler i in., 2019). Wśród wielu możliwości można wymienić zwiększenie bioróżnorodności w ekosystemach, zmniejszenie ilości stosowanych nawozów i środków ochrony roślin lub ekstensywne użytkowanie łąk (Biodiversity Strategy, 2020). Również wprowadzanie do gleb materiałów zapewniających sekwestrację węgla, np. biowęgla, wykazuje potencjalne działanie ograniczające negatywne skutki zmian klimatycznych. Biowęgiel to produkt pirolizy materiału roślinnego, mogący mieć zastosowanie do poprawy właściwości gleb. W ujęciu klimatycznym stosowanie biowęgla do stosowania w uprawach jest formą transferu dużych ilości dwutlenku węgla z atmosfery do gleby, stanowiąc formę sekwestracji węgla (Woolf i in., 2010). Stosowanie biowęgla jest zalecane do stosowania głównie na glebach słabych, na których pozytywnie wpływa na ich parametry chemiczne, pH, strukturę fizyczną oraz poprawia stosunki wodno-powietrzne (Brassard i in., 2016; Medyńska–Juraszek, 2016). Jednak w niektórych przypadkach biowęgiel może stanowić źródło zanieczyszczeń metalami ciężkimi oraz wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi. Zatem stosowanie biowęgla w uprawach może stanowić poważne ryzyko środowiskowe. Zawartość potencjalnych zanieczyszczeń w biowęglu różni się od źródła biomasy, z której powstają oraz technik pirolizy (Brassard i in. 2016; Medyńska–Juraszek, 2016).

W obliczu przedstawionych zagrożeń dla gleb użytkowanych rolniczo, ważne jest opracowanie systemu monitoringu stanu gleb, w tym poszukiwanie skutecznych bioindykatorów. Uważa się, że wskaźniki biologiczne lepiej odzwierciedlają zdolności funkcjonalne gleb w porównaniu do wskaźników fizycznych lub chemicznych (Bünemann i in., 2018). W ostatnim dziesięcioleciu, według bazy Web of Science, ukazało się około 4,5 tys. artykułów poświęconych wykorzystaniu różnych wskaźników biologicznych w ocenie jakości gleb, z czego około 700 wykorzystujących stawonogi glebowe. Pomimo licznych badań prowadzonych na całym świecie, problem wykorzystania organizmów jako bioindykatorów jakości gleb pozostaje aktualny. Glebę zamieszkują liczne zwierzęta, nazywane edafonem. Wśród nich wyróżniamy mikrofaunę (małe nicienie, wrotki, płazińce), mezofaunę (skoczogonki, roztocze, larwy owadów, nicienie), makrofaunę (dżdżownice, wazonkowce, wiję, owady) i megafaunę (duże stawonogi, małe ssaki) (Menta, 2012) (rys. 1). W żywej glebie występują ogromne liczebności i zróżnicowanie taksonomiczne zwierząt bezkręgowych (nawet do 100 000 osobników na 1 m² gleby) (Breure, 2004). Zwierzęta te pełnią różne funkcje w glebie, od roli strukturotwórczej, poprzez obieg pierwiastków i ich rozprzestrzenianie, aż po kontrolę rozprzestrzeniania się szkodników (Culliney, 2013). Fauna glebowa przyczynia się

również do rozkładu szczątków organicznych i tworzenia magazynu materii organicznej oraz magazynowania wody. Edafon jest zatem bezpośrednio związany z funkcjonalnością gleb oraz ich odpornością na degradację. Najlicniejszą grupą zoedafonu są stawonogi, a przede wszystkim skoczogonki i roztocze (Culliney, 2013). Powiązania pomiędzy omawianymi grupami organizmów, procesami glebowymi i funkcjonalnością gleby przedstawia rys. 1.



Rysunek 1. Koncepcja funkcjonalności gleby w powiązaniu z występowaniem edafonu. Opracowanie własne, na podstawie Menta, 2012.

Skoczogonki (Collembola) są gromadą w obrębie podtypu sześcionogi. Te stawonogi są zazwyczaj najlicniejszą i najbardziej zróżnicowaną grupą edafonu (Coleman i Crossley, 2004). Wspólną cechą skoczogonków jest występowanie aparatu skoczego (*furcula*), aparatu gębowego ukrytego w jamie gębowej oraz obecność cewki brzusznej (*tubus ventralis*). Zróżnicowanie morfologiczne Collembola jest powiązane z ich rozmieszczeniem w profilu glebowym. Skoczogonki żyjące w glebie (euedaficzne), to najczęściej formy najmniejsze, słabo wybarwione, posiadające zredukowane przydatki ciała. Skoczogonki żyjące na powierzchni gleby (epigeiczne), to formy największe, wybarwione, o długich czułkach, odnóżach oraz dobrze wykształconym aparacie skokowym. Trzecia grupa, skoczogonki hemiedaficzne, o pośrednich cechach, żyją najczęściej w ściółce. Oprócz różnic w budowie

morfolologicznej, skoczogonki znacznie różnią się biologią rozwoju, możliwością przemieszczania się oraz szeroko pojętymi adaptacjami do życia w środowisku glebowym (Potapov i in., 2020). Obecnie nowym trendem w badaniach jest analiza występowania skoczogonków pod względem cech morfolologicznych i analizy ich adaptacji do życia w środowisku glebowym. Na tej podstawie opracowano wskaźniki QBS-C (wskaźnik występowania określonych morfotypów skoczogonków) i QBS-Ar (wskaźnik występowania określonych morfotypów skoczogonków i innych stawonogów), które pozwalają na analizowanie występowania skoczogonków pod kątem ich adaptacji do życia w środowisku glebowym. Większe zróżnicowanie organizmów o określonych adaptacjach do życia w środowisku glebowym, oznacza wyższą jakość gleby (Parisi i Menta, 2008).

Ze względu na liczne i powszechne występowanie zooedafonu, w różnych typach środowisk, wrażliwość na szerokie spektrum zmian zachodzących w glebach, oraz bezpośrednie powiązanie tych organizmów z procesami zachodzącymi w glebie, uważa się, że mają one największy potencjał w wykorzystaniu jako bioindykatory (Menta, 2012). Wśród niektórych czynników antropogenicznych wpływających na występowanie tych organizmów można wymienić sposób użytkowania gleby w ekosystemach rolniczych (Twardowski i in., 2016) zanieczyszczenia (Vauflerl i in., 1999), jak również zmiany klimatyczne (Yin i in., 2020). Zatem występowanie i różne aspekty dotyczące aktywności edafonu, a w szczególności stawonogów, mogą zostać wykorzystane jako bioindykatory degradacji gleb. W tym celu analizuje się występowanie, aktywność i strukturę całej populacji lub wybranych taksonów (Huera-Lucero i in., 2020). Oprócz rozpoznania taksonomicznego tych organizmów, ważne jest określenie ich preferencji środowiskowych oraz sklasyfikowanie pod względem preferencji pokarmowych (Ni i in., 2020). Stosunkowo nowym podejściem jest ocena wpływu zmian w środowisku glebowym na rozmiary ciała i biomasę bezkręgowców. Przyjmuje się tutaj założenie, że stres środowiskowy, związany np. ze zmianami klimatycznymi, wpłynie negatywnie na rozmiary ciała i biomasę organizmów, a w konsekwencji na zaburzenie funkcjonalności gleb (Yin i in., 2020). Dotychczas, brakuje jednak jednoznacznych standardów oceny biologicznej jakości gleby na podstawie występowania edafonu. Porównanie wskaźników wykorzystywanych w badaniach wchodzących w skład osiągnięcia przedstawia tabela 1.

Celem naukowym prac składających się na osiągnięcie była ocena możliwości wykorzystania stawonogów do oceny jakości gleb w ekosystemach rolniczych w warunkach zmieniającego się klimatu. Odpowiedzią jest cykl publikacji obejmujący:

1. Stawonogi glebowe jako wskaźniki zmian klimatycznych w ekosystemach rolniczych (A1-A3).
2. Ocena wpływu stosowania biowęglu w uprawach rolniczych na jakość biologiczną gleb z wykorzystaniem stawonogów, ze szczególnym uwzględnieniem skoczogonków (A4-A5).
3. Stawonogi glebowe jako bioindykatory w warunkach gleb zdegradowanych (A6).

Tabela 1. Porównanie wskaźników oceny jakości gleb na podstawie analizy stawonogów glebowych - opracowanie własne na podstawie prac wchodzących w skład osiągnięcia.

Grupa wskaźników	Przykłady	Stosowanie	Ograniczenia
Wskaźniki oparte na występowaniu fauny glebowej	Liczebność, różnorodność gatunkowa	Liczebność organizmów w próbach musi być wystarczająco duża, zaleca się kilkukrotne pobieranie prób uwzględniając sezonowość.	Metoda pracochłonna, wymagająca umiejętności rozpoznawania organizmów.
Wskaźniki oparte na określeniu adaptacji do życia w środowisku glebowym	QBS-Ar, QBS-C	Metody opierające się na analizie cech morfologicznych stawonogów (QBS-Ar) i skoczogonków (QBS-C). Nie wymaga liczenia organizmów.	Metoda wymagająca umiejętności rozpoznawania organizmów na poziomie gromad.
Wskaźniki oparte na aktywności organizmów glebowych	Aktywność pokarmowa (np. „bait lamina test”); tempo rozkładu martwej materii organicznej (np. „liter bags”)	Metody mało pracochłonne, wynik łatwy do zmierzenia i interpretacji. Zalecane jest pobieranie prób uwzględniając sezonowość. W porównaniu do analizy występowania fauny glebowej, wskaźniki pokazują aktywność mezofauny w dłuższych okresach czasu.	Trudno rozpoznać udział poszczególnych grup organizmów.

4.3.2. Metodyka badań

Badania dotyczące wykorzystania stawonogów jako wskaźników stanu gleb rolniczych prowadzono w latach 2016-2019. Oprócz badań polowych (A1-A6), przeprowadzono również testy laboratoryjne (A4). Warunki prowadzenia poszczególnych doświadczeń przedstawiono w tabeli 2. Próby glebowe do badań faunistycznych pobierano z wykorzystaniem pobieraka z powierzchniowej warstwy gleby (głębokość 10 cm) i wypłaszano w aparatach Tullgrena lub aparatach Kempsona (ekstrakcja pod wpływem temperatury i światła). Następnym etapem było liczenie i rozpoznawanie wypłoszonych z gleby bezkręgowców. Były one oznaczane do grup taksonomicznych lub gatunku (skoczogonki). Do identyfikacji organizmów wykorzystano odpowiednie klucze. Liczba pobieranych prób oraz sposób pobierania były uzależnione od

układu doświadczenia. Stanowiska, na których prowadzono badania zostały scharakteryzowane pod względem czynników fizyko-chemicznych. W niektórych badaniach (A6), analizowano dodatkowo aktywność organizmów glebowych, wykorzystując metodę „litter bags” (badanie tempa dekompozycji) i „bait lamina test” (badanie aktywności pokarmowej). Na podstawie występowania bezkręgowców glebowych w poszczególnych obiektach badawczych wyznaczono szereg wskaźników, takich jak: wskaźniki różnorodności biologicznej (Simpsona, Pielou, Shannona-Weavera), wskaźniki aktywności biologicznej (badanie tempa rozkładu, badanie aktywności pokarmowej), wskaźniki oparte na cechach funkcjonalnych (wskaźniki QBS-C i QBS-ar).

W publikacjach A1-A3 badania byłyby prowadzone w ramach projektu GCEF (Global Change Facility) w czasie i pomiędzy stażami naukowymi w Niemczech w latach 2016-2017 i 2019. Projekt GCEF to największe ściśle doświadczenie klimatyczne w Europie, w którym analizowany był wpływ dwóch czynników: klimat (obecny i zmieniony) oraz typ użytkowania (Tabela 2). W przypadku drugiego czynnika badano 2 systemy produkcji roślinnej (rolnictwo ekologiczne i rolnictwo konwencjonalne) oraz 3 typy użytkowania łąk (łąka użytkowana intensywnie, łąka użytkowana ekstensywnie i pastwisko ekstensywne). Zmieniony klimat oznaczał podwyższenie temperatury powietrza o 1-2°C oraz zmianę rozkładu opadów (zwiększenie wysokości opadów w sezonie wiosennym i jesiennym oraz zmniejszenie w sezonie letnim) w porównaniu do kombinacji kontrolnej (klimat obecny). Scenariusz klimatu zmienionego odpowiada warunkom, jakie wystąpią w latach 2070-2100 na terenie centralnych Niemiec. Założono, że ekstensywny sposób użytkowania (uprawy w systemie ekologicznym vs uprawy w systemie konwencjonalnym, łąki ekstensywne vs łąki intensywne) zminimalizuje negatywny wpływ zmian klimatu. Aby potwierdzić to założenie, analizowano występowanie, różnorodność biologiczną (publikacje A1, A2) i zróżnicowanie funkcjonalne (A3) fauny glebowej.

W publikacjach A4-A5 badano wpływ biowęgla stosowanego w rolnictwie jako dodatek do gleby na faunę glebową (roztocza i skoczogonki). Badania prowadzono w interdyscyplinarnym zespole, uwzględniając wpływ biowęgla na występowanie stawonogów oraz właściwości fizyczne i chemiczne gleby po zastosowaniu tego polepszacza glebowego. Przeprowadzono badania polowe w dwóch uprawach: rzepaku ozimym i kukurydzy, w których biowęgiel stosowano w dawce 30 t·ha⁻¹. Kontrolę stanowiła kombinacja bez stosowania biowęgla. Biowęgiel stosowany w doświadczeniu to produkt niskotemperaturowy, ze spalania biomasy drzewnej. Dodatkowo (publikacja A4) przeprowadzono testy ekostoksykologiczne z

wykorzystaniem skoczgonków, mające potwierdzić wyniki badań polowych. Doświadczenie było prowadzone we współpracy z Uniwersytetem Opolskim.

W publikacji A6 badano wykorzystanie biologicznych wskaźników jakości w warunkach gleb zdegradowanych. Doświadczenie przeprowadzono na terenie Czech w latach 2017-2018 w ramach projektu NATO “Phytotechnology for Cleaning Military Sites”. Teren badawczy był wcześniej poddany odlesieniu i wykorzystywany jako obiekt militarny. W głębszych warstwach gleby (nie będącej przedmiotem analiz) stwierdzono zanieczyszczenie substancjami ropopochodnymi. Podczas trwania doświadczenia prowadzono działania fitoremediacyjne z wykorzystaniem roślin *Miscanthus x giganteus*, w celu przyszłego wykorzystania terenów pod cele rolnicze. Obiekty badawcze (2 stanowiska) różniły się zasobnością w makroelementy, oraz właściwościami fizycznymi. Badane gleby to gleby lekkie, ubogie pod względem występowania składników pokarmowych. Wśród analizowanych wskaźników były: liczebność i zróżnicowanie stawonogów glebowych, aktywność organizmów glebowych (tempo dekompozycji, aktywność pokarmowa, wskaźnik QBS-Ar).

Tabela 2. Parametry prowadzonych doświadczeń

Publikacja	A1-A3	A4-A5	A6
Lokalizacja	51°23' 30"N, 11°52' 4"E, Bad Lauchstädt, Niemcy	50°5740"N, 17°8908"E, Opole, Polska	50°37'31"N, 14°43'23"E, Mimon (Czechy)
Czynnik badany	Czynnik klimatyczny (klimat obecny i zmieniony), użytkowanie rolnicze terenu (5 typów użytkowania)	Stosowanie biowęgla w dwóch uprawach rolniczych (2 opcje nawozowe i 2 rośliny uprawne)	Właściwości glebowe podczas bioremediacji (2 stanowiska)
Okres prowadzenia badań	2016-2019	2015-2016	2017-2018
Liczba prób	50 prób w 1 terminie, próby o średnicy 16 cm	36 prób w jednym terminie, próby o średnicy 5 cm	160 prób w 1 terminie, próby o średnicy 5 cm
Metoda ekstrakcji organizmów	Aparaty Kempsona, czas wyplaszania: 10 dni	Aparaty Tullgrena, czas wyplaszania: 24 h	Aparaty Tullgrena, czas wyplaszania: 24 h
Typ gleby	Czarnoziem	Gлина piaszczysta	Gлина piaszczysta, piasek gliniasty
Oceniane parametry	Liczebność; zróżnicowanie gatunkowe; wskaźnik QBS-C	Liczebność i zróżnicowanie stawonogów glebowych, QBS-C	Liczebność i zróżnicowanie stawonogów glebowych, aktywność organizmów glebowych, QBS-Ar

4.3.3. Wyniki

Stawonogi glebowe jako wskaźniki zmian klimatycznych w ekosystemach rolniczych (A1-A3)

Wykazano negatywny wpływ zmian klimatycznych na występowanie fauny glebowej. Stwierdzono również, że fauna glebowa występowała liczniej w glebie łąk w porównaniu do pól uprawnych. Nie znaleziono natomiast interakcji pomiędzy zmianami klimatycznymi a zróżnicowaniem użytkowaniem rolniczym (A1). Wykorzystując wskaźniki oparte na adaptacjach skoczogonków do życia w środowisku glebowym (QBS-C) wykazano podobny trend, czyli wyższą jakość w glebach łąk w porównaniu do gleb uprawnych (A3). Następnie stwierdzono, że wpływ zmienionego klimatu na skoczogonki różnił się w zależności od ich charakterystyki ekologicznej (A2). Skoczogonki epigeiczne (żyjące na powierzchni gleby) okazały się najbardziej wrażliwe na symulowane zmiany klimatu. W tym przypadku symulowane zmiany klimatu spowodowały zmniejszenie ich liczebności w ekosystemie łąkowym. Analizując pozostałe grupy, tj. skoczogonki euedaficzne i hemiedaficzne, nie wykazano wpływu lub zaobserwowano zwiększenie ich liczebność w warunkach symulowanych zmian klimatu. Taki wynik jest zgodny z obecnym stanem wiedzy. Skoczogonki żyjące w glebie (euedaficzne i hemiedaficzne), powinny być mniej narażone na zmiany temperatur i opadów, w porównaniu do skoczogonków epigeicznych (Holmstrup i in., 2018). Z drugiej strony, gatunki epigeiczne, ze względu na lepsze możliwości przemieszczania się, mogą łatwiej opuścić niesprzyjające stanowiska (Ponge, 2020).

Wyniki badań pokazują, że reakcja organizmów na zmiany klimatycznie nie zależy od systemu użytkowania rolniczego. Łąki, które w założeniu stanowiły najbardziej stabilne ekosystemy, nie spowodowały zmniejszenie negatywnego wpływu klimatu na organizmy glebowe. Grupą najbardziej narażoną na zmieniający się klimat są skoczogonki epigeiczne. Zatem te stawonogi mogą efektywnymi bioindykatorami tych zmian w ekosystemach.

Ocena wpływu stosowania biowęgla w uprawach rolniczych na jakość biologiczną gleb z wykorzystaniem stawonogów, ze szczególnym uwzględnieniem skoczogonków (A4-A5)

Wyniki 2-letnich badań pokazały, że stosowanie biowęgla wpłynęło na zwiększenie zawartości węgla organicznego w glebach oraz pojemność sorpcyjną. Stosowany biowęgiel był wolny od zanieczyszczeń, takich jak WWA i metale ciężkie.

W przypadku analizowanych grup organizmów stwierdzono, że wprowadzenie biowęgla do gleb wpłynęło pozytywnie na wszystkie grupy analizowanych stawonogów, w tym liczebność roztoczy i skoczogonków (A4), oraz zróżnicowanie morfologiczne i gatunkowe skoczogonków (A5). Również wskaźnik QBS-C wskazywał na wyższą biologiczną jakość gleb w przypadku stosowania biowęgla (A5). Badania ekotoksykologiczne nie wykazały ryzyka środowisko związanego ze stosowaniem biowęgla w dawce zalecanej ($30 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$) (A4).

Podsumowując, stwierdzono pozytywny wpływ biowęgla wytwarzanego z biomasy drzewnej na organizmy glebowe, co może w konsekwencji pozytywnie oddziaływać na funkcjonalność gleby. Wykazano, że biowęgiel z biomasy drzewnej może być bezpiecznie stosowany w warunkach gleb lekkich, zdegradowanych, ubogich w składniki pokarmowe.

Stawonogi glebowe jako bioindykatory w warunkach gleb zdegradowanych (A6)

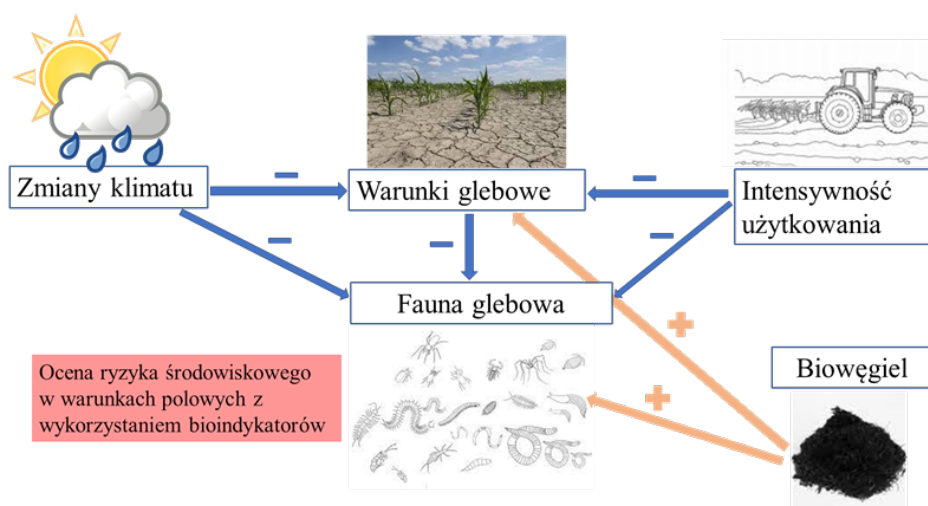
Prawie wszystkie analizowane wskaźniki okazały się skutecznym narzędziem w ocenie jakości gleb na terenach zdegradowanych. Wskaźniki, które okazały się wysoce efektywne to: liczebność skoczogonków, wskaźnik QBS-Ar oraz aktywność pokarmowa organizmów glebowych. Wyższe wartości wszystkich wskaźników wykazano w glebach o większej zasobności w składniki pokarmowe i korzystniejszym składzie granulometrycznym. Wykazano również, że wskaźniki faunistyczne są skorelowane ze wskaźnikami botanicznymi (wskaźniki Ellenberga), co oznacza, że występowanie edafonu jest ściśle powiązane z pokrywą roślinną.

Według mojej wiedzy, to pierwsze badania, w których porównano efektywność wielu wskaźników faunistycznych i botanicznych jednocześnie. Niektóre ze stosowanych badań (badanie aktywności pokarmowej „bait lamina test”, badanie tempa dekompozycji) są szybkimi metodami, których wyniki są porównywalne do wskaźników opartych na

występowaniu fauny glebowej. Można zatem rozważać ich szersze zastosowanie jako standardowych metod w ocenie funkcjonalności gleb.

4.4. Podsumowanie

W prowadzonych badaniach wykazano, że wskaźniki biologicznej jakości gleb oparte o liczebność, różnorodność i aktywność fauny glebowej, stanowią efektywne narzędzie w określaniu negatywnych zmian zachodzących w ekosystemie rolniczym. Wśród najważniejszych czynników przyspieszających degradację gleb, wymienia się zmiany klimatyczne oraz intensyfikację produkcji rolniczej. Zauważono, że zarówno intensyfikacja rolnictwa, jak i zmiany klimatyczne negatywnie wpływają na występujące w glebach organizmy (rys. 2, A1-A3). Występowanie organizmów glebowych jest również ściśle powiązane z właściwościami gleb (A6). Z drugiej strony uzyskane wyniki badań świadczą, że stosowanie biowęglu zwiększa liczebność i zróżnicowanie fauny glebowej (A4-A5).

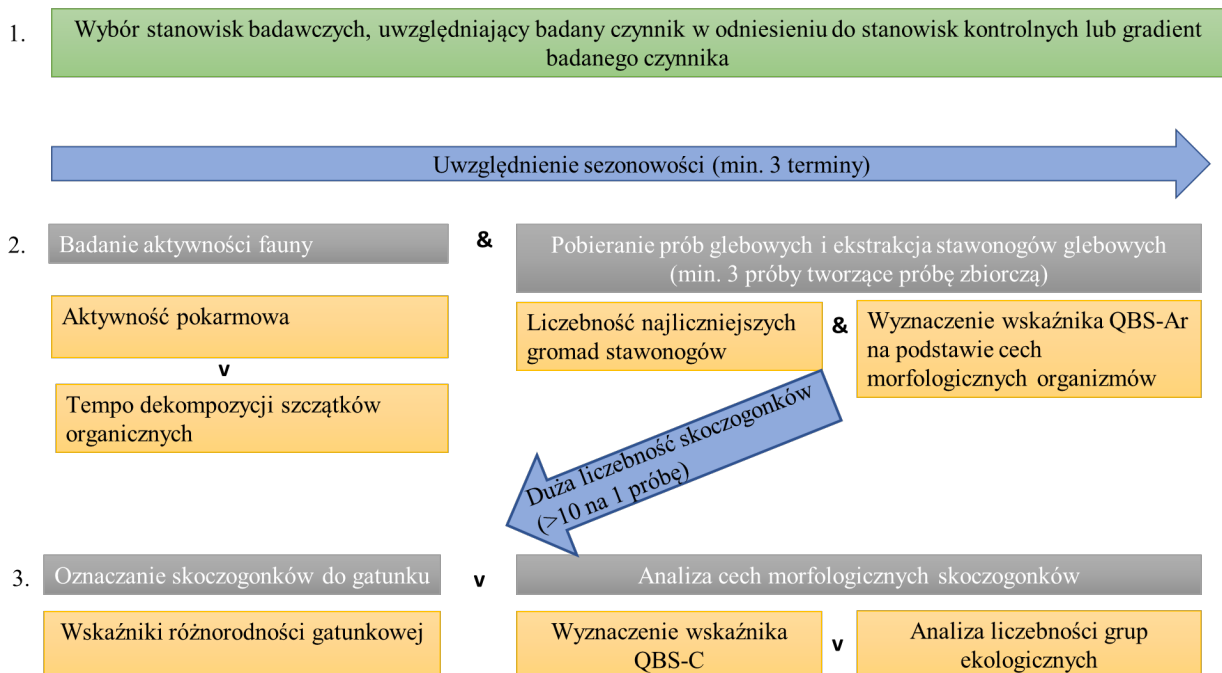


Rysunek 2. Czynniki wpływające na jakość gleb w powiązaniu z występowaniem fauny glebowej. Opracowanie własne.

Wynikiem badań własnych (A1-A6) jest opracowanie **protokołu** prowadzenia badań monitoringowych z wykorzystaniem stawonogów glebowych (Rys. 3.). Zgodnie z proponowanym protokołem istotnym etapem jest wybór stanowisk badawczych, uwzględniający badany czynnik w porównaniu do kontroli lub gradient badanego czynnika (**1**). Wykonując badania należy uwzględnić sezonowość, ponieważ występowanie fauny glebowej może podlegać dużym wahaniom w strefie klimatu umiarkowanego. W protokole

proponowane są minimum 3 terminy pobierania prób w czasie trwania sezonu wegetacyjnego: wiosna, lato, jesień lub dostosowanie terminów pobierania prób do faz wzrostu roślin. W badaniach monitoringowych zaleca się jednocześnie: ocenę aktywności fauny glebowej wykorzystując wyznaczenie tempa dekompozycji szczątków organicznych lub aktywności pokarmowej i pobieranie prób glebowych w celu określenia liczebności występujących w nich organizmów z podziałem na gromady oraz obliczenie na tej podstawie wskaźnika QBS-Ar (2). Zaleca się pobieranie minimum 3 próbek gleby z głębokości 10 cm, tworząc jedną próbę zbiorczą. Badane organizmy w większości występują skupiskowo, zatem pobieranie jednej próby może nie uchwycić występującej zmienności. Takie badania są możliwe do wykonania dla osób posiadających podstawową wiedzę w rozpoznawaniu stawonogów.

W przypadku licznego występowania skoczogonków (ponad 10 w jednej próbce) można dokonać analizy ich cech morfologicznych, wyznaczając wskaźnik QBS-C lub określając występowanie poszczególnych grup ekologicznych (3). W bardziej szczegółowych badaniach można rozpoznać skoczogonki do gatunku i określić wskaźniki różnorodności gatunkowej. W tym przypadku analizy są możliwe do wykonania przez specjalistów.



Rysunek 3. Protokół prowadzenia badań monitoringowych jakości gleb z wykorzystaniem stawonogów glebowych. Opracowanie własne.

Najważniejsze wnioski wynikające z osiągnięcia, stanowiące wkład w rozwój dyscypliny naukowej:

1. Występowanie stawonogów glebowych i epigeicznych jest ważnym bioindykatorem jakości gleb. Na podstawie oceny aktywności, różnorodności oraz aktywności edafonu można określić negatywne zmiany zachodzące w ekosystemach rolniczych, takie jak zmiany klimatyczne i degradacja gleb (A1-A3, A6).
2. Wskaźniki oparte na analizie adaptacji stawonogów do życia w środowisku glebowym (QBS-C, QBS-Ar) (A3, A5, A6) okazały się użyteczne w ocenie stanu gleb.
3. Zmniejszenie intensywności użytkowania gleb nie wpłynęło na zminimalizowanie negatywnych skutków zmian klimatycznych na występowanie stawonogów glebowych (A1-A3).
4. Stosowanie biowęglu wpływa pozytywnie na liczebność i różnorodność stawonogów glebowych, wskazując na jego potencjalne oddziaływanie na poprawę funkcjonalności gleb i przeciwdziałanie negatywnym zmianom w ekosystemie (A4-A5).
5. Potrzebne jest opracowanie standardów dotyczących badań biomonitoringowych opartych o występowanie stawonogów. Obecnie brak takich zaleceń, stąd różnorodność metodyk i analiz danych. W pracy przedstawiono propozycję protokołu badań, będącego wynikiem badań prowadzonych w ramach prac A1-A6.
6. Prowadzone badania mogą mieć znaczący wpływ w powstanie systemu badawczego dotyczącego gleb rolniczych oraz opracowanie i wdrożenie reguł w zakresie zrównoważonego i przyjaznego dla klimatu zarządzania glebami rolniczymi.

4.5. Bibliografia

- Biodiversity Strategy, 2020. EU Biodiversity Strategy for 2030. 2020. European Commission, Bruksela. COM/2020/380 final.
- Borrelli P., Robinson D.A., Lugato E., i in. 2020. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). 2020. Sustainability Science 117, 21994-22001. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>

- Brassard P., Godbout S., Raghavan V. 2016. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: Key parameters and mechanisms involved. *Journal of Environmental Management* 181, 484-497. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.063>.
- Breure A.M. 2004. Soil Biodiversity: Measurements, Indicators, Threats and Soil Functions. International Conference on Soil and Compost Eco-Biology, León, 15-17 September 2004, 83-96.
- Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120, 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.
- Coleman D., Crossley D.A. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology* (2nd ed.). Elsevier Science. Academic Press, 1-386 ss.
- Culliney T.W. 2013. Role of Arthropods in Maintaining Soil Fertility. *Agriculture* 3, 629-659. <https://doi.org/10.3390/agriculture3040629>
- FAO 2015. Status of the World Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ferreira C., Seifollahi-Aghmiuni S., Destouni G., i in. 2022. Soil degradation in the European Mediterranean region: Processes, status and consequences. *Science of The Total Environment* 805, 150106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150106>.
- Holmstrup M., Ehlers B.K., Slotsbo, S., i in. 2018. Functional diversity of Collembola is reduced in soils subjected to short-term, but not long-term, geothermal warming. *Functional Ecology* 32, 1304– 1316. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13058>
- Hopkin S.P. 1998. Collembola : the most abundant insects on earth. *Antenna*, 22, 117-121.
- Huera-Lucero T., Labrador-Moreno J., Blanco-Salas J., i in. 2020. A Framework to Incorporate Biological Soil Quality Indicators into Assessing the Sustainability of Territories in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability* 12, 3007. <https://doi.org/10.3390/su12073007>.
- Klimada 2022. <https://klimada2.ios.gov.pl/en/>, dostęp 25.03.2022.
- Medyńska-Juraszek A. 2016. Biowęgiel jako dodatek do gleb. *Soil Science Annual* 67, 151-156. DOI: 10.1515/ssa-2016-0018.
- Menta C. 2012. Soil Fauna Diversity - Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration', in G.A. Lameed (ed.), *Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World*, IntechOpen, London. 10.5772/5109.
- Ni Z., Yan X., Chang L., Sun X., Wu D., Zhang B. 2020. Habitat preferences rather than morphological traits affect the recovery process of Collembola (Arthropoda, Hexapoda) on a bare saline-alkaline land. *PeerJ*. 8:e9519. doi: 10.7717/peerj.9519.

- Parisi V., Menta C. 2008. Microarthropods of the soil: Convergence phenomena and evaluation of soil quality using QBS-ar and QBS-C. *Fresenius Environmental Bulletin* 17, 1170-1174.
- Ponge J.F. 2020. Move or change, an eco-evolutionary dilemma: The case of Collembola. *Pedobiologia*, 79, <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2020.150625>
- Potapov, A., Bellini, B. ., Chown, S. i in. 2020. Towards a global synthesis of Collembola knowledge – challenges and potential solutions . *Soil Organisms*, 92, 161–188. <https://doi.org/10.25674/so92iss3pp16>
- Schädler, M., Buscot, F., Klotz, S., i in. 2019. Investigating the consequences of climate change under different land-use regimes: a novel experimental infrastructure. *Ecosphere* 10, e02635. 10.1002/ecs2.2635.
- Siebert, J., Sünemann, M., Auge, H., i in. 2019. The effects of drought and nutrient addition on soil organisms vary across taxonomic groups, but are constant across seasons. *Scientific Reports* 9, 639. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36777-3>.
- Twarodowski J., Hurej M., Gruss I. 2016. Diversity and abundance of springtails (Hexapoda: Collembola) in soil under 90-year potato monoculture in relation to crop rotation. *Archives of Agronomy and Soil Science* 62, 1158–1168. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2015.1131270>.
- Van Leeuwen J.P., Lehtinen T., Lair, i in. 2015. An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. *Soil*, 1, 83–101. doi: 10.5194/soil-1-83-2015.
- Vauflerl A., Poinot-Balaguer N., Cortet J., i in 1999. The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. *European Journal of Soil Biology* 35, 115-134. [ff10.1016/S1164-5563\(00\)00116-3](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)00116-3). [ffhal-03217681](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(00)00116-3).
- Woolf D., Amonette J., Street-Perrott F., i in. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications* 1, 56. <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.
- Yin R., Siebert J., Eisenhauer N., Schädler M. 2020. Climate change and intensive land use reduce soil animal biomass via dissimilar pathways. *eLife* 2020;9:e54749. DOI: 10.7554/eLife.54749.

5. Opis aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

5.1. Współpraca z Instytutem Helmholtza w Halle (Niemcy)

W latach 2016-2019 prowadziłam badania w ramach projektu GCEF (Global Change Facility) w Instytucie Helmholtza UFZ w Halle. Odbyłam w tej jednostce 2 staże naukowe, w łącznym wymiarze 5 miesięcy. Efektem współpracy są 3 publikacje naukowe, które wchodziły w skład przedłożonego osiągnięcia naukowego (A1-A3). W ramach projektu pracowałam nad oznaczaniem skoczogonków do gatunku, analizą uzyskanych wyników i przygotowaniem artykułów naukowych. Obecnie wraz z partnerem zagranicznym przygotowuję dalsze publikacje, dotyczące zmian występowania organizmów glebowych w ekosystemach łąkowych pod wpływem symulowanych zmian klimatu. Opiekunem moich staży naukowych i jednocześnie kierownikiem projektu GCEF jest dr hab. Martin Schädler (martin.schaedler@ufz.de).

Publikacje:

A1. Yin Rui, Eisenhauer Nico, Schmidt Anja, **Gruss Iwona**, Purahong Witoon, Siebert Julia, Schädler Martin. 2019. Climate change does not alter land-use effects on soil fauna communities. *Applied Soil Ecology*, 140, 1-10. DOI:10.1016/j.apsoil.2019.03.026.

A2. Yin Rui, **Gruss Iwona**, Eisenhauer Nico, Kardol Paul, Thakurg Madhav P., Schmidt Anja, Xu Zhengfeng, Siebert Julia, Zhang Chensheng, Wub Gao-Lin, Schädler Martin. 2019. Land use modulates the effects of climate change on density but not community composition of Collembola. *Soil Biology & Biochemistry*, 138, DOI:10.1016/j.soilbio.2019.107598.

A3. Yin Rui, Kardol Paul, Thakur Madhav P., **Gruss Iwona**, Wu Gao-Lin, Eisenhauer Nico, Schädler Martin. 2020. Soil functional biodiversity and biological quality under threat: Intensive land use outweighs climate change. *Soil Biology & Biochemistry*, 2020, 147, 1-9. DOI:10.1016/j.soilbio.2020.107847.

5.2. Współpraca z Uniwersytetem Jana Ewangelisty w Usti nad Łabą (Czechy) i Uniwersytetem Przyrodniczym w Kijowie (Ukraina)

W latach 2016-2018 prowadziłam badania w ramach projektu „Phytotechnology for Cleaning Military Sites”, nr projektu G4687, finansowanego w ramach programu NATO Science for Peace and Security Program Multi Year Project. Moje badania skupiały się wokół występowaniu organizmów glebowych na terenach postmilitarnych, na których zastosowano odlesienie. W wyniku współpracy powstały 2 publikacje naukowe, w tym 1 pozycja (A6), wchodząca w skład osiągnięcia naukowego. Wyniki wspólnych badań były również prezentowane na międzynarodowych konferencjach naukowych.

Kontynuacją współpracy był przyjazd doktorantki z Uniwersytetu Jana Ewangelisty w Usti nad Łabą (Diany Nebeska) w ramach programu NAVA PROM (2019), podczas którego byłam opiekunem naukowym stażu. Na stażu doktoratka prowadziła badania w zakresie toksyczności różnych biowęgla dla środowiska glebowego.

- Współpraca z Uniwersytetem Jana Ewangelisty w Usti nad Łabą: prof. Valentina Pidlisnyuk (valentina.pidlisniuk@ujep.cz), prof. Trögl Josef (josef.troegl@ujep.cz), dr Diana Nebeska (diana.nebeska@ujep.cz). Współpraca dotyczyła udziału w badaniach polowych prowadzonych w ramach projektu „Phytotechnology for Cleaning Military Sites” i przygotowaniu artykułu naukowego (A6).
- Współpraca z Uniwersytetem Przyrodniczym w Kijowie: dr Tatyana Stefanovska (tstefanovska@nubip.edu.ua). Współpraca dotyczyła wykonania badań inkubacyjnych z wykorzystaniem gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi pochodzących z terenów militarnych, przygotowania artykułów naukowych i wystąpień na konferencjach.

Udział w konferencjach:

“Decomposition rates, soil faunal feeding activity and abundance at the 3 pkt former military site contaminated with petroleum substances”. 7th International Scientific Conference Applied Natural Sciences 2019, Tale (Słowacja), 25-27 września 2019. Wystąpienie, konferencja międzynarodowa.

“Environmental risk assessment of heavy metal contamination at military sites in Ukraine: avoidance and reproduction test with Collembola” CEECHE 2018: Environmental and Health Issues in Fast Changing Economies, Kraków, 10-14 czerwiec 2018. Wystąpienie, konferencja międzynarodowa.

Publikacje:

A6. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Nebeska Diana, Trögl Josef, Stefanovska Tatyana, Pidlisnyuk Valentina, Machová Iva. 2022. Microarthropods and vegetation as biological indicators of soil quality studied in poor sandy sites at former military facilities. *Land Degradation & Development*, 33, 2, 10. DOI:10.1002/ldr.4157.

Gruss Iwona, Stefanovska Tatyana, Twardowski Jacek, Tatyana, Pidlisnyuk Valentina, Shapoval P. 2019. The ecological risk assessment of soil contamination with Ti and Fe at military sites in Ukraine: avoidance and reproduction tests with *Folsomia candida*. *Reviews on Environmental Health* 34, 303-307. DOI:10.1515/reveh-2018-0067. 20 punktów MNiSZW, IF 2.429.

5.3. Współpraca z Politechniką Opolską

W ramach współpracy z Politechniką Opolską prowadziłam badania nad wpływem biowęgla na organizmy glebowe, wykorzystując doświadczenie założone przez pracowników naukowych Jednostki (dr hab. Joanny Królczyk i dr hab. Agnieszki Latawiec). Na podstawie 2-letnich badań powstały 2 artykuły naukowe wchodzące w skład osiągnięcia (A4 i A5).

Osoby z Jednostki, z którymi współpracowałam to dr hab. Jolanta Królczyk, prof. PO (j.krolczyk@po.opole.pl) i dr hab. Agnieszka Latawiec (a.latawiec@iis-rio.org).

Publikacje:

A4. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Latawiec Agnieszka, Medyńska-Juraszek Agnieszka, Królczyk Jolanta. 2019. Risk assessment of low-temperature biochar used as soil amendment on soil mesofauna. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 18230-18239 DOI:10.1007/s11356-019-05153-7.

A5. Gruss Iwona, Twardowski Jacek, Latawiec Agnieszka, Królczyk Jolanta, Medyńska-Juraszek A. 2019. The effect of biochar used as soil amendment on morphological diversity of Collembola. 2019. *Sustainability*, 11, 1-13. DOI:10.3390/su11185126.

6. Inne kierunki badań

Poza osiągnięciem wyróżniłam 5 innych trendów badawczych, niektóre z nich są wynikiem prac w zespołach interdyscyplinarnych.

6.1. Wpływ zwiększonej bioróżnorodności roślinnej w agroekosystemach na populacje drapieżnych stawonogów

W badaniach przedstawionych w cyklu publikacji, analizowano wpływ mieszanek roślin kwitnących (publikacje 1-2) oraz międzyplonów (publikacja 3) na występowanie chrząszczy oraz pajaków. Stwierdzono, że wprowadzenie mieszanki roślin kwitnących na obrzeżach upraw poprawia warunki dla występowania pożytecznych stawonogów. Chrząszcze kusakowate i pająki występowały liczniej w mieszance roślin kwitnących w porównaniu do upraw przyległych. W przypadku chrząszczy zaobserwowano migrację do upraw przyległych oraz zwiększone występowanie chrząszczy w drugim roku badań. W tym przypadku można przypuszczać, że oddziaływanie mieszanki wzrasta w kolejnych latach badań (publikacje 1-2).

Badania potwierdzają, że zwiększenie bioróżnorodności roślin w pobliżu lub w obrębie upraw zwiększa występowanie stawonogów pożytecznych, w tym drapieżców. Szczególnie mieszanki roślin kwitnących przywabiają owady, które okresowo odżywiają się pyłkiem lub nektarem albo rośliny kwitnące stanowią dla nich atrakcyjne siedlisko np. do budowania sieci. Można tutaj upatrywać dalszych pozytywnych efektów w postaci zmniejszenia liczebności szkodników, będących pod silniejszą presją drapieżców. Dlatego stosowanie mieszanek roślin kwitnących powinno być powszechnie stosowaną praktyką rolniczą.

Inną metodą zwiększenie bioróżnorodności w obrębie upraw jest uprawa współrzędna. W badaniach opublikowanych w artykule (3) badano wpływ uprawy współrzędnej pszenżyta jarego z łubinem wąskolistnym na występowanie chrząszczy kusakowatych. Wbrew przypuszczeniom, nie wykazano pozytywnego wpływu zwiększenia bioróżnorodności w obrębie upraw na występowanie chrząszczy.

Część badań (publikacje 1-2) była finansowana w ramach projektu "Wpływ mieszanki kwitnących roślin na faunę pól uprawnych w kombinacie rolnym Kietrz oraz gospodarstwie Żurawina". Nr projektu 01-B090/0027/18, zamawiający: firma BASF.

Publikacje:

1. Twardowski Jacek, **Gruss Iwona**, Hurej Michał. 2020 Does vegetation complexity within intensive agricultural landscape affect rove beetle (Coleoptera: Staphylinidae) assemblages? *Biocontrol Science and Technology*, 2, 116-131, DOI:10.1080/09583157.2019.1695101. 40 punktów MNiSW, IF 1.215
2. Twardowski Jacek, **Gruss Iwona**, Hurej Michał. 2021. Can mixture of flowering plants within intensive agricultural landscape positively affect ground-dwelling spiders assemblages? *Romanian Agricultural Research*. 38, 345-355. 10.13140/RG.2.2.12847.66723. 20 punktów MNiSW, IF 0.347.
3. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Hurej Michał, Kozak M. 2018. Effect of intercropping narrow-leaved lupin with spring triticale on the abundance and diversity of rove beetles. *Biotechnologie Agronomie Societe et Environment*, vol. 22, nr 4, 2018, ss. 220-229, DOI:10.25518/1780-4507.17202, 70 punktów MNiSW, IF 1.235

Suma: 130 punktów MNiSW, IF 2.797

6.2. Wpływ technologii uprawy roli i roślin na występowanie fauny pożytecznej

Podstawowym celem badań była analiza ilościowa i jakościowa zgrupowań skoczogonków (Collembola) i roztoczy (Acari) występujących w 90-letniej uprawie ziemniaka i żyta ozimego w monokulturze, w porównaniu do uprawy tych roślin w 5-polowym płodozmianie. Próby do badań pobierano ze ścisłego doświadczenia zlokalizowanego w Stacji Doświadczalnej SGGW w Skierniewicach.

Planując badania założono, że uprawa w wieloletniej monokulturze negatywnie wpływa na ekosystem gleby, w tym występujące w niej organizmy. Przyjęta hipoteza została potwierdzona w przypadku porównania gleb wieloletniej monokultury żyta ozimego do uprawy tej rośliny w płodozmianie (publikacja 4). W tym przypadku wykazano liczniejsze występowanie skoczogonków oraz ich wyższą bioróżnorodność w płodozmianie pięciopolowym, wskazując negatywny wpływ uprawy żyta w monokulturze na badane organizmy. Ten trend nie został potwierdzony dla uprawy ziemniaka w wieloletniej monokulturze (publikacja 5). Analizując występowanie roztoczy stwierdzono, że największy wpływ na ich liczebność w wieloletniej monokulturze ma gatunek rośliny (ziemniak vs żyto ozime) (publikacja 6). W przypadku nawożenia (nawożenie organiczne vs nawożenie

mineralne) stwierdzono pozytywny wpływ nawożenia organicznego dla roztoczy z podrzędu Astigmata.

Publikacje:

1. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek. 2016. The assemblages of soil-dwelling springtails (Collembola) in winter rye under long-term monoculture and crop rotation. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103, ss. 159-166, DOI:10.13080/z-a.2016.103.021, 20 punktów MNiSW, IF 0.644.
2. Twardowski Jacek, Hurej Michał, **Gruss Iwona**. 2016. Diversity and abundance of springtails (Hexapoda: Collembola) in soil under 90-year potato monoculture in relation to crop rotation. *Archives of Agronomy and Soil Science* 62, 1158-1168, DOI:10.1080/03650340.2015.1131270, 25 punktów MNiSW, IF 1.072.
3. **Gruss, Iwona**, Jacek Twardowski, Michał Hurej. 2018. Influence of 90-year potato and winter rye monocultures under different fertilisation on soil mites. *Plant Protection Science* 54, 31–38. 20 punktów MNiSW, IF 1.464.

Badania były finansowane w ramach projektu MNiSW: “Zespoły organizmów glebowych jako czynnik ograniczający plonowanie ziemniaka uprawianego w wieloletniej monokulturze”. Grant numer NN310303139, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Rola: Wykonawca, lata 2010-2014. Kierownik: prof. dr hab. inż. Michał Hurej.

Suma: 65 punktów MNiSW, IF 3.18

6.3. Występowanie mezofauny glebowej i epigeicznej w zależności od intensywności użytkowania łąk

Łąki górskie stanowią unikalne ekosystemy pod względem bogactwa gatunkowego roślin i zwierząt. Stosunkowo słabiej zbadana jest fauna epigeiczna i glebowa. W publikacjach 7-8 dokonano oceny sposobów użytkowania łąk na organizmy glebowe. Badania prowadzono na terenach łąkowych Stacji Doświadczalnej w Radomierzu należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Porównywano następujące systemy użytkowania: wypas bydła 1, 2 i 4 razy w roku, koszenie i system mieszany (koszenie i wypas). Celem badań było wskazanie systemu użytkowania optymalnego dla utrzymania wysokiej jakości biologicznej gleb. Stwierdzono, że system obejmujący ekstensywny wypas bydła jest najbardziej korzystny

dla zwierząt glebowych (publikacja 7), natomiast koszenie - dla stawonogów epigeicznych (publikacja 8). Obecnie ten wątek badawczy jest rozwijany z uwzględnieniem czynników klimatycznych.

Istotnym zagrożeniem dla łąk są rośliny inwazyjne, w tym z rodzaju *Solidago*. Istnieją różne metody ograniczania/zwalczania roślin inwazyjnych, jednak wpływ stosowania tych metod na ekosystem jest słabo zbadany. W przeprowadzonych badaniach (publikacja 9) sprawdzano wpływ intensywności koszenia i podsiewania łąk pięcioma wariantami mieszanek roślin na występowanie stawonogów glebowych. Badania prowadzono na terenach łąkowych we Wrocławiu. Wykazano, że zwiększenie intensywności koszenia (powyżej 1 razy w roku) wpływa ograniczająco na organizmy glebowe. Jednocześnie podsianie łąk mieszanką roślin z rodziny bobowatych działa pozytywnie występowanie edafonu.

Podsumowując, sposób użytkowania łąk wpływa na występowanie organizmów zasiedlających powierzchniową warstwę gleby. Potencjalne negatywne skutki związane z użytkowaniem łąk mogą zatem wpłynąć na funkcjonalność gleb łąk i ich produktywność.

Publikacje:

7. **Gruss Iwona**, Pastuszko Karolina, Twardowski Jacek, Hurej M. 2018. Effects of different management practices of organic uphill grasslands on the abundance and diversity of soil mesofauna. *Journal of Plant Protection Research* 58, 372-380, DOI:10.24425/jppr.2018.124652. 15 punktów MNiSW.

8. Twardowski Jacek, Pastuszko Karolina, Hurej Michał, **Gruss Iwona**. 2017. Effect of different management practices on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages of uphill grasslands. *Polish Journal of Ecology*, 65, 400-409, DOI:10.3161/15052249PJE2017.65.3007, 15 punktów MNiSW, IF 0.5.

9. Perera Peliyagodage, **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Szymura M. 2022. Effect of *Solidago* Eradication Methods on Soil Invertebrates - Preliminary Studies. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31, 1-8. DOI:10.15244/pjoes/138359. 40 punktów MNiSW, IF 1.421.

Suma: 70 punktów, IF 1.921

6.4. Toksyczne działanie metali ciężkich i metaloidu (As) na stawonogi w glebach zanieczyszczonych

Testy ekotoksykologiczne z wykorzystaniem stawonogów stanowią efektywne narzędzie w ocenie ryzyka środowiskowego związanego z zanieczyszczeniem gleb metalami ciężkimi. Często badania ekotoksykologiczne z wykorzystaniem organizmów modelowych stanowią uzupełnienie badań w warunkach terenowych.

W publikacji 10. badano toksyczność roztworów glebowych pozyskanych z gleb terenów zanieczyszczonych arsenem. Celem badań była ocena wpływu całkowitego zawadnienia gleby i wprowadzania ściółki leśnej do gleby na rozpuszczalność i ekotoksyczność As. Wpływ na organizmy mierzono z wykorzystaniem testów ekotoksykologicznych, w tym testu mikrobiologicznego Microtox oraz testów z wykorzystaniem skorupiaków (Rapidtox, Thamnotox i Ostracodtox). Oceniano toksyczność ostrą i przewlekłą roztworów glebowych. Badania potwierdziły, że wprowadzanie do gleby ściółki leśnej może znacząco nasilać skutki toksyczności. Całkowite zawadnienie prowadzi do anaerobiozy i redukcyjnego roztwarzania tlenków żelaza wiążących arsen, co powoduje uwalnianie As do roztworu glebowego, a dodanie ściółki leśnej przyspieszyło i pogłębiło ten efekt, powodując zwiększoną toksyczność. W ramach pracy w interdyscyplinarnym zespole byłam odpowiedzialna za przeprowadzenie testów ekotoksykologicznych z wykorzystaniem skorupiaków.

W publikacji 11. badano toksyczność gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi pochodzących z terenów militarnych. Organizmem testowym był skoczogonek *Folsomia candida*. Wykonano 2 testy (test unikania i test zahamowania rozrodczości), pokazując wpływ krótkoterminowy i długoterminowy. Wykazano, że test długoterminowy (zahamowanie rozrodczości) charakteryzuje się większą czułością niż krótkoterminowy (test unikania). Badania wykazują duże ryzyko ekologiczne związane z ponownym wykorzystaniem terenów post militarnych pod cele rolnicze oraz potrzebę ich remediacji.

Publikacje:

10. Szopka Katarzyna, **Gruss Iwona**, Gruszka Dariusz, Karczewska Anna, Gediga Krzysztof, Gałka Bernadr, Dradrach Agnieszka. 2021. The effects of forest litter and waterlogging on the ecotoxicity of soils strongly enriched in arsenic in a historical mining site. *Forests* 12, 1-13, DOI:10.3390/f12030355. 100 punktów MNiSW, IF 2.634.

11. **Gruss Iwona**, Stefanovska Tatyana, Twardowski Jacek, Pidlisnyuk Valentina, Shapoval Paul. 2019. The ecological risk assessment of soil contamination with Ti and Fe at military sites in Ukraine: avoidance and reproduction tests with *Folsomia candida*. *Reviews on Environmental Health* 34, 303-307. DOI:10.1515/reveh-2018-0067. 20 punktów MNiSW, IF 2.429.

Badania finansowane w ramach projektu: “Phytotechnology for Cleaning Military Sites”, projekt G4687 – NATO Science for Peace and Security Program Multiyear Project.

Suma: 120 punktów, IF 5.036

6.5. Badania dotyczące biologii i behawioru wybranych gatunków owadów

Badania przedstawione w tym wątku badawczym dotyczą zmienności morfologicznej owadów na przykładzie przylżeńców (publikacja 12) oraz reakcji owadów na substancje lotne (publikacja 13).

W publikacji 12. skupiono się na zmienności fenotypowej przylżeńca z gatunku *Aeolothrips intermedius*, gatunku drapieżcy, powszechnie występującego na całym świecie. Zarówno osobniki dorosłe, jak i larwy tego gatunku polują na małe bezkręgowce, w tym na gatunki roślinożerne z grupy Thysanoptera. Owady zebrano z pięciu stanowisk w południowo-zachodniej Polsce i pięciu różnych roślin żywicielskich. Dla każdej z płci oceniono sześć cech morfometrycznych: długość ciała, długość czułków, długość skrzydeł, długość głowy, szerokość głowy i długość przedplecza. Dodatkowo oszacowano masę ciała każdego osobnika. Wykazano, że u samic zarówno lokalizacja, jak i roślina żywicielska miały znaczący wpływ na prawie wszystkie analizowane cechy. U samców badane cechy morfometryczne silnie korelowały z lokalizacją, a jedynie umiarkowanie z rośliną żywicielską. Wyniki wskazują, że *A. intermedius* wykazuje znaczną plastyczność fenotypową.

W publikacji 13 przedstawiono interdyscyplinarne badania z zakresu poznania biologii rośliny owadożernei *Sarracenia alata* (Alph. Wood). Prace były prowadzone w interdyscyplinarnym zespole, uwzględniając genetykę, profil chemiczny i badania entomologiczne. W pracach badawczych wykonałam ocenę działania atraktantnego/repelentnego na wybrane gatunki owadów. Wykazano, że pirydyna wykazuje

działanie przywabiające w stosunku do muszki owocówki, wskazując na jej potencjalne wykorzystanie w praktyce ochrony roślin. Uzyskane wyniki pokazują nowe możliwości uprawy rzadkich roślin mięsożernych in vitro, gdyż są one uznawane za cenne źródło bioaktywnych związków lotnych, m.in. o działaniu odstrasżającym lub wabiącym.

Publikacje:

12. **Gruss Iwona**, Twardowski Jacek, Cierpisz Marcin. 2019. The effects of locality and host plant on the body size of *Aeolothrips intermedius* (Thysanoptera: Aeolothripidae) in the southwest of Poland. *Insects* 10, 1-10. DOI:10.3390/insects10090266, 100 punktów MNiSW, IF 2.220.
13. Łyczko Jacek, Twardowski Jacek, Skalny Bartłomiej, Renata Galek, Antoni Szumny, **Gruss Iwona**, Dariusz Piesik, Sebastian Sendel. 2021. *Sarracenia alata* (Alph.Wood) Alph.Wood Microcuttings as a Source of Volatiles Potentially Responsible for Insects' Respond. *Molecules* 26, 1-13, DOI:10.3390/molecules26092406. 140 punktów MNiSW, IF 4.412.

Suma: 240 punktów, IF 6.632

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

7.1. Osiągnięcia dydaktyczne

- Od 2015 roku prowadzę lub prowadziłam **zajęcia dydaktyczne** z następujących przedmiotów na różnych kierunkach
 - a) **w języku polskim:**
 1. Rolnictwo: Ochrona roślin, Skutki stosowania środków ochrony roślin w ekosystemach;
 2. Ogrodnictwo: Ochrona roślin;
 3. Medycyna roślin: Zoologia z elementami entomologii, Pestycydy w środowisku, Podstawy Ochrony Roślin;
 4. Ochrona środowiska: Zoologia, Środki Ochrony Roślin a Środowisko, Podstawy Ochrony Roślin;

5. Biotechnologia stosowana roślin: Wpływ pestycydów na środowisko, Podstawy Ochrony Roślin;
6. Bezpieczeństwo Żywności: Bezpieczeństwo w ochronie roślin.
7. Agrobiznes: Biologia, Podstawy Ochrony Roślin, Pestycydy a Środowisko.

b) w języku angielskim:

1. Ogrodnictwo: Special topics on biological control technology
 2. Principle of Plant Protection (Erasmus)
- Jestem **współtwórcą sylabusów** dla przedmiotów: Środki ochrony roślin a środowisko, Wpływ pestycydów na środowisko, Zoologia, Skutki stosowania środków ochrony roślin w ekosystemach, Bezpieczeństwo w ochronie roślin.
 - W ramach przedmiotów Środki ochrony roślin a środowisko, Pestycydy w środowisku organizowałam **wyjazdy studyjne** do Instytutu Przemysłu Organicznego Oddziału w Pszczynie.
 - W ramach przedmiotu Special topics on biological control technology organizowałam **wyjazdy studyjne** do Przedsiębiorstwa Produkcji Ogrodniczej "Siechnice" Sp. z o.o.
 - Dla przedmiotów Środki ochrony roślin a środowisko, Wpływ pestycydów na środowisko, Skutki stosowania środków ochrony roślin w ekosystemach, Pestycydy w środowisku opracowałam **autorski program prowadzenia zajęć laboratoryjnych**. Studenci podczas zajęć wykonują szereg testów ekostoksykologicznych z wykorzystaniem bezkręgowców na wybranych ksenobiotykach.
 - Otrzymuję wysokie oceny prowadzenia zajęć z ankiet studenckich. W roku akademickim 2020/2021 otrzymałam **najwyższe oceny w ankiecie studentów** oceniających jakość zajęć dydaktycznych.
 - Pod moim kierunkiem powstało 5 prac magisterskich, 15 prac inżynierskich i 1 praca licencjacka. Jestem recenzentem 46 prac, w tym 9 magisterskich, 35 inżynierskich i 2 licencjackich.

- Stale podnoszę swoje kwalifikacje w zakresie dydaktyki, w 2020 r. ukończyłam szkolenie w ramach **Szkoły Tutorów Akademickich**.
- Jestem **promotorem pomocniczym** w przewodzie doktorskim mgr inż. Marcina Cierpisza (od 2017 r.) oraz opiekunem pomocniczym pracy doktorskiej (szkoła doktorska) mgr inż. Dariusza Gruszki (od 2021 r.).

7.2. Osiągnięcia organizacyjne

- **Opiekun roku** na kierunkach Medycyna Roślin (2015-2017) i Ochrona Środowiska (od 2019 r.)
- **Członek Wydziałowej Komisji ds. Zapewnienia Jakości Kształcenia (WKds.ZJK)** (od 2019 r.)
- **Członek Rady Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo** (od 2019 r.)
- **Opieka nad Studenckim Kołem Naukowym Entomologów "Skorek"** (od 2019 r.)
- **Sekretarz Komisji Rekrutacyjnej** na kierunku Medycyna Roślin (2012)
- **Członek Komisji na Egzaminach Inżynierskich** na kierunku Agrobiznes (od 2018 r.)
- **p.o. kierownika Zakładu Entomologii** (zastępstwo XI-XII 2021)

7.3. Popularyzacja wiedzy

- **Organizacja warsztatów:**
 1. "Pożyteczne owady wokół nas", w ramach warsztatów "Studia w pigułce". Rok osiągnięcia: 2017. Forma prezentacji: Warsztat.
 2. "Poznaj owady" - Zajęcia dla przedszkolaków z przedszkoli wrocławskich. Lata: 2014-2018. Forma prezentacji: warsztat.
 3. „Fitofagi wokół nas”. Rok osiągnięcia: 2022. Warsztaty dla uczniów szkół średnich. Forma prezentacji: warsztat.

- **Upowszechnianie wiedzy na temat bioróżnorodności gleb** – udział w programie “Naturalnie Dolny Śląsk” TVP Wrocław na temat kwaśnych gleb.
- **Upowszechnianie wiedzy na temat zmian klimatu w ekosystemach** - wywiad na stronie UPWR <https://upwr.edu.pl/aktualnosci/dr-swiader-i-dr-gruss--nauka-moze-pomoc-w-walce-ze-zmiana-klimatu-3614.html>
- **Wykłady na zamówienie dla środowiska rolniczego:**
 1. “Podniesienie jakości wody w stosowaniu środków ochrony roślin” w ramach Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich. Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020. Częstochowa, 2018.
 2. “Zastosowanie Środków Ochrony Roślin w sadach i plantacjach trwałych w ramach Krajowej Sieci Obszarów Wiejskich. Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020. Siewierz, 2018.
- **Artykuły popularno-naukowe:**
 1. **Strzelczyk (Gruss) I.**, Twardowski J. 2010. Wpływ stosowania pestycydów na ekosystemy wodne, Ekonatura, 1 (86): 15-16.
 2. Borecka K., **Strzelczyk (Gruss) I.** 2010. Aktualny stan realizacji działań na rzecz ochrony gleb i wód na obszarach wiejskich województwa opolskiego w ramach PROW na lata 2007- 2013. Zarządzanie kryzysowe. Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich. Opole. 97-108 ss.

8. Omówienie pozostałych osiągnięć, ważnych z punktu widzenia kariery zawodowej

Od 2019 roku jestem członkiem Wiodącego Zespołu Naukowego “Innowacyjne Rolnictwo i Ogrodnictwo”, w ramach którego realizuję projekt “Wpływ zmian klimatycznych na występowanie organizmów glebowych w warunkach pastwisk górskich” (od 2021 r.). Jednocześnie jestem wykonawcą w projekcie “Innowacyjne metody chowu i hodowli owiec w świetle zmieniających się warunków klimatycznych Dolnego Śląska” (PROW, od 2021 r), w którym realizuję podobne zadanie związane z wpływem zmian klimatycznych na zwierzęta edaficzne. Zamierzam rozwijać ten główny wątek tematyczny, występując o własny projekt w najbliższych konkursach NCN. W ciągu ostatnich 3 lat dwukrotnie wnioskowałam o finansowanie w konkursach NCN (Miniatura - 2020 i Sonata Bis (jako kierownik zadania) - 2019).

Od 2015 r. prowadzę badania w interdyscyplinarnych w Polsce i za granicą. Wśród jednostek w Polsce współpracuję z Politechniką Opolską, oraz innymi jednostkami Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Katedra Chemii, Instytut Nauk o Glebie i Ochrony Środowiska, Katedra Genetyki i Hodowli Roślin). W przypadku jednostek zagranicznych współpracuję z Instytutem Helmholtza w Halle (Niemcy), z Uniwersytetem Jana Ewangelisty w Usti nad Łabą (Czechy) i Uniwersytetem Przyrodniczym w Kijowie (Ukraina).

Moja praca naukowa była nagradzana przez JM Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w 2017 r. i 2019 r. (nagrody zespołowe 2 stopnia za osiągnięcia naukowe). Otrzymałam również nagrodę dla najlepszych pracowników naukowo-dydaktycznych w grupie adiunktów za osiągnięcia naukowe w latach 2017-2021.

