

AUTOREFERAT
z elementami życiorysu
i opisem jednotematycznego cyklu publikacji

dr Renata Kędzior

Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
al. Mickiewicza 24/28; 30-059 Kraków

Kraków, 2019

Spis treści

1. Dane personalne.....	3
2. Wykształcenie, posiadane dyplomy i stopnie naukowe.....	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	3
4. Zestawienie dorobku naukowego	4
5. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki(Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)	7
5.1 Tytuł osiągnięcia naukowego.....	7
5.2 Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe	7
5.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	8
5.3.1 Wprowadzenie.....	8
5.3.2 Cele badawcze.....	12
5.3.3 Analiza wyników badań.....	13
5.3.4 Podsumowanie	23
5.3.5 Literatura	24
5.4 Wkład w rozwój dyscypliny "ochrona i kształtowanie środowiska"	26
6. Omówienie pozostałych osiągnięć w działalności naukowo-badawczej oraz popularyzującej naukę.....	28
6.1 Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora	28
6.2 Przebieg pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora	29
6.3 Udział w projektach badawczych	40
6.4 Staże zagraniczne	40
6.5 Recenzje artykułów naukowych	40
6.6 Ekspertyzy i opracowania na zamówienie	41
6.7 Działalność organizacyjna, dydaktyczna i popularyzująca naukę	41

1. Dane personalne

Imię i Nazwisko: Renata Kędzior

Data urodzenia: 14.03.1981 r.

2. Wykształcenie, posiadane dyplomy i stopnie naukowe

1996 - 2000 XX Liceum Ogólnokształcące im. Leopolda Staffa w Krakowie

2000 - 2005 5-letnie, jednolite studia magisterskie, realizowane na kierunku Biologia Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Jagiellońskiego. Praca magisterska pt. "*Biegacze jako biowskaźniki zmian poziomu linii brzegowej rzek górskich*", została wykonana w Zakładzie Entomologii pod kierunkiem dr Tomasza Skalskiego

24.06.2005 stopień magistra na kierunku biologia, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński

01.10.2006- studia doktoranckie w zakresie biologii na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi,
-30.09.2010 Uniwersytetu Jagiellońskiego

24.02.2006 uzyskanie kwalifikacji pedagogicznych do pracy nauczycielskiej na podstawie ukończonego Studium Pedagogicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego, z wynikiem bardzo dobrym

17.05.2011 stopień doktora nauk biologicznych w dyscyplinie biologia. Rozprawa doktorska pt. "*Struktura zgrupowań biegaczowatych (Coleoptera; Carabidae) na terenach zalewowych rzek górskich*" została przygotowana w Zakładzie Entomologii, Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Jagiellońskiego, promotorem pracy był prof. dr hab. Bogusław Petryszak. Na wniosek Recenzentów Rada WBiNOZ podjęła uchwałę o wyróżnieniu rozprawy doktorskiej

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

2005 - 2006 półroczny staż absolwencki odbyty w Zakładzie Entomologii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Jagiellońskiego

01.02.2008 - zatrudnienie na stanowisku asystenta w Zakładzie Entomologii Wydziału
- 30.09.2008 Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Jagiellońskiego

2011 - 2013 zatrudnienie na stanowisku asystenta w Katedrze Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

od 01.10.2013 do chwili obecnej zatrudnienie na stanowisku adiunkta w Katedrze Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

4. Zestawienie dorobku naukowego

Mój dotychczasowy dorobek naukowy obejmuje **51** pozycji (Tabela 1), w tym:

- 35 oryginalnych, recenzowanych artykułów naukowych w czasopismach krajowych i zagranicznych (**zał. 4: P.1-P.5, A.1-A.8, D.1-D.22**),
- 2 opracowania w formie monografii (**zał. 4: D.23, D.24**),
- 1 rozdział w monografii (**zał. 4: D.25**),
- 10 materiałów konferencyjnych o zasięgu krajowym (**zał. 4: B2.20**) i międzynarodowym (**zał. 4: B.1.1-B.1.3, B1.6, B1.7, B1.15-B1.18**),
- 13 prac nieopublikowanych (praca magisterska, praca doktorska, prace badawcze finansowane ze środków budżetowych, oraz prace badawcze finansowane ze środków pozabudżetowych).

Oryginalne prace twórcze opublikowałam w 19 czasopismach, w tym 5 zagranicznych. 20 artykułów ukazało się w języku angielskim, natomiast 15 w języku polskim (Tabela 2).

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora mój dorobek naukowy obejmował 2 recenzowane artykuły naukowe (**zał. 4: D.18, D.19**) oraz jedno opracowanie monograficzne o charakterze popularno-naukowym (**zał. 4: D.24**).

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek naukowo - badawczy powiększył się o 33 opublikowane, recenzowane prace oraz 2 opracowania w formie monografii (**zał. 4: P.1-P.5, A.1-A.8, D.1- D.17, D.20 - D.22, oraz D.23 i D.25**). Liczba prac nieopublikowanych w tym okresie wyniosła 10. Spośród opublikowanych prac, 11 jest indeksowanych w bazie Web of Science oraz znajduje się w bazie Journal Citation Reports (JRC) (**zał. 4: P.2-P.4, A.1-A.8**). Pozostałych 19 prac ukazało się w czasopismach będących na liście B MNiSW (**zał. 4: P.1, P.5, D.1 - D.17**), oraz 3 artykuły opublikowane zostały w czasopismach innych niż z listy B i C MNiSW (**zał. 4: D.20 - D.22**).

Wyniki swoich badań naukowych prezentowałam w formie 19 referatów oraz 29 posterów na konferencjach naukowych (w tym 24 międzynarodowych), z tego 16 referatów i 27 posterów prezentowałam po uzyskaniu stopnia doktora (**zał. 4: B1.1-B1.24, B2.1-B2.24**).

Według stanu na dzień 13.12.2018 roku sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji, zgodny z rokiem opublikowania w czasopiśmie znajdujących się w bazie Journal Citation Reports wynosił **12,231**. Liczba prac indeksowanych w bazie Web of Science (Core Collection - Cited Reference Search) wynosiła **14**, liczba cytowań **26**, indeks Hirscha wynosił **3**. Według bazy Scopus indeksowanych było **14** prac, cytowanych **55** razy, a indeks Hirscha wynosił **5**. Natomiast według bazy Google Scholar indeksowanych było **22** prace, liczba cytowań wynosiła **55**, natomiast indeks Hirscha wynosił **4**.

Poniżej znajduje się szczegółowe zestawienie mojego dorobku naukowego (Tabela 1, Tabela 2).

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego (według kwerendy na dzień 13-15.12.2018 r.)

Wyszczególnienie	Przed doktorem	Po doktoracie	Ogółem
Prace publikowane			
-oryginalne prace twórcze na podstawie badań własnych (wydane w czasopiśmie naukowych recenzowanych)	2	33	35
-monografie naukowe i popularno - naukowe, rozdziały w monografiach	1	2	3
Razem:	3	35	38
W tym prace:			
-w języku angielskim	-	20	20
-w materiałach konferencji krajowych	-	1	1
-w materiałach konferencji międzynarodowych	-	9	9
Prace nieopublikowane			
-rozprawy	2	-	2
-sprawozdania z badań	-	4	4
-projekty badawcze finansowane ze środków budżetowych (granty)	-	2	2
-projekty badawcze/zlecenia finansowane ze środków pozabudżetowych	1	4	5
Razem:	3	10	13
Łącznie:	6	45	51

Tabela 2. Zestawienie dorobku z uwzględnieniem oceny punktowej czasopism listy MNiSW według roku wydania (kwerenda na dzień 13-15.12.2018 r.)

Wydawnictwo	Język publikacji*	Liczba prac	IF	Punkty wg MNSiW	
				ind. za czasopismo	suma
Czasopisma naukowe posiadające współczynnik wpływu Impact Factor (IF) i indeksowane w bazie Web of Science					
Applied ecology and environmental research	A	2	0,721	15	30
Community Ecology	A	2	0,943	20	40
Science of Total Environment	A	1	4,984	40	40
Periodicum Biologorum	A	2	0,184	15	30
Sylvan (IF za 2015 r. i 2017 r.)	P	2	0,410 0,623	15	30
River Research and Applications	A	1	2,274	30	30
Folia Horticulturae	A	1	0,244	14	14
Czasopisma naukowe nieposiadające współczynnika wpływu Impact Factor (IF)					
Baltic Journal of Coleopterology (punkty MNSiW za 2011, 2012, 2014 i 2015 r.)	A	3	-	10	30
		1		0	0
Geology, Geophysics & Environment (punkty MNSiW za 2014 r., 2015 r. i 2017 r.)	A	2	-	14	28
		1		5	5
Infrastructure and Ecology of Rural Areas/Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich (punkty MNSiW za 2008 r., 2016 r. i 2017 r.)	A	2	-	10	20
	P	2		10	10
				4	4
Acta Agrophysica	P	1	-	14	14
Acta Scientarum Polonorum, Formatio Circumiectus	P	3	-	10	30
	A	1	-	10	10
Inżynieria Ekologiczna	P	1	-	5	5
Studia i Materiały CEPL w Rogowie (punkty MNSiW za 2011 r. i 2013 r.)	P	2		4	8
		1		5	5
Environmental Protection and Natural Resources	A	1	-	0	0
Ochrona Beskidów Zachodnich	P	3	-	0	0
Inne					
Monografie naukowe i popularno - naukowe	P	2	-	20, 12	32
Rozdziały w monografiach	P	1	-	5	5
Łącznie	-	38	12,231	-	420

* P- język polski, A- język angielski

5. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

5.1 Tytuł osiągnięcia naukowego:

Analiza tempa i efektywności kształtowania ekosystemów na terenach przemysłowych w oparciu o parametry bioindykacyjne zgrupowań chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae)

5.2 Wykaz publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe:

(przy publikacjach podano IF oraz punkty MNiSW z roku wydania, zgodnie z Komunikatem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie wykazu czasopism naukowych).

- P1. Kędzior R., Skalski T., Szwalec A., Mundała P.** 2014. Diversity of carabid beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in a post-industrial slag deposition area. *Baltic Journal of Coleopterology*, 14(2): 219 - 228.

MNiSW₂₀₁₄ = 10 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu chrząszczy i wykonaniu analiz. Przygotowałam manuskrypt do druku oraz odpowiedzi na recenzje i ostateczną wersję manuskryptu po recenzjach. Jestem autorem korespondencyjnym. Mój udział szacuję na 75%.

- P2. Skalski T., Kędzior R., Szwalec A., Mundała P.** 2016. Do traditional land rehabilitation processes improve habitat quality and function? Life-history traits of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) say no. *Periodicum Biologorum*, 118(3): 185 - 194.

MNiSW₂₀₁₆ = 15 pkt, IF₂₀₁₆ = 0,184

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu owadów, wykonaniu analiz oraz przygotowaniu manuskryptu, i ostatecznej redakcji manuskryptu po recenzjach. Mój udział szacuję na 65%.

- P3. Kędzior R., Szwalec A., Mundała P., Skalski T.** 2017. Zgrupowania biegaczowatych w rekultywowanych i regenerujących się spontanicznie ekosystemach leśnych na obszarach postindustrialnych. *Sylvan*, 161 (6): 512 - 518.

MNiSW₂₀₁₇ = 15 pkt, IF₂₀₁₇ = 0,623

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, oznaczeniu owadów, wykonaniu analiz oraz przygotowaniu pracy do druku, przygotowaniu odpowiedzi na recenzje i ostatecznej redakcji manuskryptu po recenzjach. Jestem autorem korespondencyjnym. Mój udział szacuję na 75%.

P4. Kędzior R. 2018. Co-occurrence pattern of ground beetle (Coleoptera, Carabidae) indicates quality of restoration practices in postindustrial areas. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(6): 7913 - 7924.

MNiSW₂₀₁₈ = 15 pkt, IF₂₀₁₈ = 0,721

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zaplanowaniu doświadczenia, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu owadów, wykonaniu analiz oraz przygotowaniu manuskryptu, przygotowaniu odpowiedzi na recenzje i ostatecznej redakcji manuskryptu po recenzjach. Jestem autorem korespondencyjnym. Udział 100%.

P5. Kędzior R., Szwałec A., Mundała P. 2018. Mean Individual Biomass (MIB) of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicator of succession processes in postindustrial areas. *Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus*, 17(2): 23 - 31.

MNiSW₂₀₁₈ = 10 pkt

Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na opracowaniu koncepcji badań, zbiorze materiału w terenie, oznaczeniu owadów, wykonaniu analiz. oraz przygotowaniu pracy do druku, przygotowaniu odpowiedzi na recenzje i ostatecznej redakcji manuskryptu po recenzjach. Jestem autorem korespondencyjnym. Mój udział szacuję na 85%.

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl pięciu powiązanych tematycznie oryginalnych prac naukowych opublikowanych w latach 2014 - 2018, z których trzy ukazały się w czasopiśmie znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports* w roku wydania. Sumaryczny Impact Factor (zgodny z rokiem opublikowania) tych prac wynosi 1,528, sumaryczna liczba punktów wg MNiSW to 65, a mój udział własny stanowi 80%. W czterech publikacjach jestem autorem pierwszym oraz korespondencyjnym. Oświadczenia współautorów prac wraz z określeniem ich indywidualnego wkładu pracy stanowi załącznik 7.

5.3 Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

5.3.1 Wprowadzenie

Gwałtowny rozwój przemysłu i intensywna industrializacja rozwijająca się od XVIII wieku w Europie i na świecie, z jednej strony dążyły do podnoszenia standardu życia ludzi, z drugiej stały się jednym z głównych czynników przekształcających środowisko przyrodnicze. Tereny postindustrialne cechują się szczególną specyfiką, ponieważ jako pozostałości po działalności przemysłowej zwracają uwagę głównie z powodu charakterystycznej, odmiennej zabudowy i widocznej degradacji w postaci fizycznych odkształceń powierzchni ziemi, jak na przykład składowiska, usypiska, wyrobiska itp. (Eversham i in. 1996, Porębska 2005). Z

przyrodniczego punktu widzenia tak intensywne oraz gwałtowne przekształcenia są nieprzyjemne nie tylko dla człowieka, ale także dla wielu populacji roślin i zwierząt, które poddawane są bardzo dużej presji środowiskowej. Często poprzez degradację, zanieczyszczenia oraz utratę siedlisk wiele gatunków jest bezpowrotnie eliminowanych ze środowiska (Walker 2012), natomiast pozostać mogą tylko takie, których zdolności adaptacyjne są bardzo duże.

Wysoki udział powierzchni terenów przemysłowych w skali ogólnoświatowej, zakres widocznej degradacji środowiska oraz spadek ogólnej bioróżnorodności tych terenów przyczynił się do zwrócenia większej uwagi oraz podjęcia działań mających na celu poprawę jakości środowiska przyrodniczego, zarówno w aspekcie abiotycznym jak i biotycznym. W literaturze światowej można znaleźć wiele przykładów badań prowadzonych na terenach przemysłowych, gdzie badano zarówno czynniki środowiskowe jak i analizowano zgrupowania wybranych organizmów zasiedlających te obszary (Top i in. 2001, Prach i in. 2007, Pietrzykowski 2008). Wiele uwagi poświęcano także procesom odtwarzania się ekosystemów w obszarach postindustrialnych, które mogą zachodzić w zróżnicowany sposób (Dunger i in. 2001, Tropek i Prach 2012, Doley i Audet 2013). Często tereny te pozostawione bez zagospodarowania podlegają procesom spontanicznej sukcesji, w wyniku której stopniowo rozwijają się kolejno następujące po sobie zespoły roślin i zwierząt o odpowiednich amplitudach ekologicznych, pozwalających na dostosowanie do warunków siedliskowych (Haigh 2000, Hobbs i in. 2009). W innych przypadkach, w celu zniwelowania negatywnych skutków aktywności przemysłowej przeprowadzane są zabiegi rekultywacyjne, polegające często na nasadzeniu wybranych gatunków drzew i krzewów (Zipper i in. 2011, Laarmann i in. 2015). Zarówno w jednym jak i drugim przypadku, pomimo zasadniczych różnic, odtwarzanie się ekosystemów jest bardzo trudne, czasochłonne i co najważniejsze zależne od wielu czynników, takich jak: parametry glebowe (Hendrychová i in. 2012), czynniki mikroklimatyczne, czy dostępność obszarów źródłowych dla potencjalnych gatunków kolonizujących (Prach i in. 2007). Niestety często, z powodu bardzo silnej degradacji lub izolacji obszarów przemysłowych, dostępność tych kluczowych elementów, koniecznych do właściwej regeneracji ekosystemu jest mocno ograniczona. Spowalnia to lub całkowicie ogranicza powrót do jego prawidłowej funkcjonalności i zaburza lub uniemożliwia odtworzenie sieci troficznych w ekosystemie (Topp i in. 2001, Frouz i in. 2008, Zajac i Zarzycki 2012). Wówczas efekt zabiegów rekultywacyjnych jest niewidoczny i niezadowalający.

Jednym ze sposobów biologicznej regeneracji ekosystemów w obszarach postindustrialnych jest wykorzystanie roślinności, głównie z uwagi na jej ważną rolę w kształtowaniu substratu glebowego w obszarach przemysłowych oraz zmienność zależną od stadium sukcesyjnego. Opracowanych jest kilka metod rekultywacji z wykorzystaniem roślinności (Krzaklewski i Pietrzykowski 2007, Krzaklewski 2017), jednakże w kontekście odtwarzania ekosystemów istnieje silna potrzeba zbadania także innych grup organizmów, na przykład takich, które warunkują utrzymanie ciągłości przepływu energii i obiegu materii w łańcuchach pokarmowych ekosystemów glebowych. Do takiej grupy można zaliczyć mikroorganizmy glebowe oraz bezkręgowce glebowe i epigeiczne. Dzięki nim obieg pierwiastków w ekosystemach jest optymalny (Frouz i in. 2006, Hedde i in. 2012), dlatego też stanowią ważną grupę bioindykatorów wykorzystywanych do badania tempa i efektywności odtwarzania się ekosystemów w obszarach zaburzonych, w tym także o charakterze przemysłowym (Ribas i in. 2012, Gerlach i in. 2013, Tropek i in. 2014).

Indykatorem można określić gatunek lub grupę gatunków, których funkcje życiowe odzwierciedlają abiotyczny i biotyczny stan środowiska, ukazując tym samym stopień antropopresji w środowisku (McGeoch 1998, Biesiadka 2013). Wiele jest sposobów klasyfikowania bioindykatorów. W badaniach ekologicznych często pojawia się podział na bioindykatory jakościowe, ilościowe i mieszane. Gatunki, których występowanie wskazuje na obecność w środowisku określonego jakościowo czynnika to bioindykatory jakościowe. Gatunki, których parametry struktury wskazują na występowanie w środowisku określonego jakościowo i ilościowo czynnika (lub grupy czynników) to bioindykatory ilościowe. Natomiast gatunki wykorzystywane do badań dotyczących funkcjonalności ekosystemów zarówno w układach naturalnych jak i zaburzonych nazywa się bioindykatorami mieszanymi (Dynowska i Ciecierska 2013). Ponieważ badania z zakresu bioindykacji opierają się na gatunkach lub grupach gatunków, wybór odpowiedniego indykatora jest niezwykle ważny, a potencjalny bioindykator powinien spełniać określone kryteria. Są nimi przede wszystkim dobrze poznana taksonomia i ekologia gatunku wskaźnikowego, jego wąskie i specyficzne preferencje środowiskowe, liczne występowanie, łatwość identyfikacji oraz proste metody polowu (Koivula 2011).

Wśród różnorodnych bioindykatorów, chrząszcze z rodziny biegaczowatych stanowią jedną z najczęściej opisywanych grup organizmów (Koivula 2011, Skalski i in. 2015). Jako bardzo różnorodny i wrażliwy na zaburzenia element epigeicznej fauny o dobrze poznanej systematyce i ekologii, stanowią bardzo ważną ekologicznie grupę drapieżników, o wąskich preferencjach środowiskowych, zapewniając prawidłowy obieg materii i przepływ energii w

ekosystemie. Ponadto organizmy te dostarczają wyraźnych i precyzyjnych informacji w zakresie całego ekosystemu, którego są istotnym komponentem, dlatego też tak często wykorzystywane są w badaniach oceny efektywności zabiegów rekultywacyjnych (Pik et al. 2001), w tym też na terenach przemysłowych (Moradi i in. 2018). Badania różnorodnych zaburzeń środowiskowych opierające się na analizie parametrów struktury zgrupowań biegaczowatych jako elementu indykacyjnego są bardzo powszechne i dotyczą różnorodnych zagadnień np. zaburzenia środowisk nadrzecznych (Kędzior i in. 2016, Skalski i in. 2016), rolniczych (Kosewska i in. 2016), czy ekosystemów leśnych (Skłodowski 2017). W obszarach przekształconych w wyniku działalności przemysłowej człowieka wykorzystuje się bardzo często ogólne parametry zgrupowania takie jak różnorodność gatunkową, dominację, liczebność czy też bogactwo gatunkowe. Analiza danych w tym zakresie pozwala określić stan środowiska przyrodniczego oraz zakres zmian w nim zachodzących (Skalski i Pośpiech 2006, Schwerk 2014). Poddaje się też analizie elementy ekologiczne charakteryzujące zgrupowania biegaczowatych. Poprzez szczegółowe zbadanie preferencji siedliskowych, np. dotyczących stabilności warunków środowiskowych, dostępności pokarmu czy odpowiednich warunków do rozwoju można poznać mechanizmy funkcjonowania odtwarzających się ekosystemów lub wskazać stopień zaburzeń w środowisku (Vandewalle i in. 2010, Schirmel i in. 2012). Określenie cech ekologicznych, np. siły dyspersji, czy możliwości reprodukcyjnych dostarcza wielu cennych informacji o sposobie regeneracji zgrupowań. Ponadto określenie proporcji drapieżników i roślinożerców pozwala zbadać zależności troficzne, które są niezwykle istotne w zachowaniu prawidłowego obiegu materii i przepływu energii w przyrodzie (Pedley i Dolman 2014, Hodecek i in. 2016). W odtwarzających się po zaburzeniu siedliskach, gdzie dostęp do zasobów środowiskowych jest często ograniczony występują chrząszcze charakteryzujące się określonymi parametrami ekologicznymi. Są to głównie gatunki o małych rozmiarach ciała i dużej sile dyspersji, których wysoka plastyczność ekologiczna pozwala na kolonizację terenów zaburzonych. Ponadto duża część biegaczowatych to bardzo ważna w ekosystemie grupa drapieżników, współtworząca różne poziomy troficzne i zależna od wielu ważnych procesów biogeochemicznych, zachodzących w strefie dna lasu. Zatem występowanie lub ich brak, (w połączeniu z innymi parametrami ekologicznymi), wskazuje jednoznacznie na kierunek, w którym zachodzą procesy w skali całego ekosystemu i jest niezwykle cennym narzędziem w ocenie lub monitoringu środowiska (Pedley i Dolman 2014).

5.3.2 Cele badawcze

Celem badań podjętych w ramach cyklu publikacji stanowiących oryginalne osiągnięcie naukowe była analiza tempa i efektywności kształtowania ekosystemów na terenach przemysłowych, przeprowadzona w oparciu o chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) jako grupę bioindykatorów. W tym celu wybrano do badań tereny przemysłowe o zróżnicowanym procesie regeneracyjnym:

- a) tereny ze spontaniczną sukcesją w różnym wieku (sukcesja wczesna i późna)
- b) tereny poddane rekultywacji metodą nasadzeń roślinności drzewiastej
- c) tereny leśne o niezaburzonych warunkach środowiskowych, jako obszary referencyjne.

Analizie poddano parametry zgrupowania biegaczowatych. W pierwszej kolejności dokonano oceny struktury zgrupowań Carabidae, dokonano także szczegółowej analizy parametrów ekologicznych chrząszczy, takich jak: wielkość ciała, siła dyspersji, preferencje pokarmowe, sezon rozwojowy czy preferencje siedliskowe. Ponadto zbadano uporządkowanie zgrupowań występujących w poszczególnych typach odtwarzającego się środowiska, w celu określenia stopnia zaburzenia w środowisku. Chcąc dokładniej określić kondycję odtwarzających się ekosystemów analizie poddano parametr wielkości ciała Carabidae i policzono indeks średniej biomasy osobniczej (SBO), uważany za bardzo dobry wskaźnik sukcesji ekosystemów leśnych (Schwerk i Szyszko 2007).

Tak szczegółowa i wielopłaszczyznowa analiza parametrów zgrupowań wybranych do badań bioindykatorów pozwoliła precyzyjnie scharakteryzować oraz ocenić mechanizm kształtowania się ekosystemów zaburzonych na obszarach przemysłowych. Uzyskane wyniki mogą mieć znaczący wpływ w planowaniu efektywnej przyrodniczej rekultywacji odkształconych obszarów przemysłowych, co wpłynie na większą stabilność ekosystemów i mniejsze ryzyko pojawiania się niekontrolowanych gradacji szkodników czy ektopasożytów chorobotwórczych, na przykład kleszczy. Obserwując rozwijający się obecnie kierunek badań, nakierowany priorytetowo głównie na elementy przyrodnicze różnorodnych terenów przekształconych, uzyskane wyniki stanowią mogą nowe spojrzenie na zagadnienia związane z ochroną, monitoringiem czy wspomnianą już rekultywacją obszarów postindustrialnych.

Cele szczegółowe

1. Analiza zmian sukcesyjnych na obszarze składowiska odpadów przemysłowych w oparciu o parametry struktury zgrupowań biegaczowatych.

2. Analiza tempa i efektywności odtwarzania się ekosystemów w obszarach rekultywowanych na podstawie grup ekologicznych biegaczowatych jako biowskaźników.
3. Analiza i porównanie efektywności odtwarzania się ekosystemów w obszarach ze spontaniczną sukcesją oraz rekultywowanych na podstawie struktury i cech funkcjonalnych chrząszczy z rodziny biegaczowatych.
4. Analiza efektywności kształtowania ekosystemów leśnych na obszarach przemysłowych w oparciu o model współwystępowania biegaczowatych oraz rozkład ich wielkości ciała.
5. Przetestowanie użyteczności indeksu średniej biomasy osobniczej (SBO) w ocenie skuteczności i tempa regeneracji ekosystemów rekultywowanych i ze spontaniczną sukcesją.

5.3.3 Analiza wyników badań

Cel 1. Analiza zmian sukcesyjnych na obszarze składowiska odpadów przemysłowych w oparciu o parametry struktury zgrupowań biegaczowatych.

Diversity of carabid beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in a post-industrial slag deposition area. Kędzior R., Skalski T., Szwałec A., Mundała P. 2014. *Baltic Journal of Coleopterology*, 14(2): 219 - 228.

Współcześnie ze względu na bardzo dużą antropopresję w środowisku człowiek zwraca coraz większą uwagę na aspekt przyrodniczy starając się przywracać równowagę ekologiczną zdegradowanych terenów. Szczególnie dotyczy to terenów przemysłowych, które należą do jednych z najbardziej przekształconych. Stąd w wielu krajach świata, także w Polsce obowiązuje zasada, iż szkody dokonane powinny być usuwane, a po zakończeniu działań obszar powinien być poddawany zabiegom rekultywacyjnym (Hildmann i Wunsche 1996, Porębska 2005). Różnorodność zabiegów rekultywacyjnych, czy to w postaci mechanicznych prac mających na celu stabilizację, wyrównanie przemysłowego terenu, zwiększenie żyzności podłoża, czy też biologiczną rekultywację w postaci wprowadzania nowych gatunków, skupia się na jednym celu, odtworzeniu form naturalnego krajobrazu (Dunger et al. 2001).

Celem pracy było zbadanie, czy wraz z wiekiem i postępującą sukcesją na terenie składowiska przemysłowego następuje regeneracja ekosystemów. Badania przeprowadzone

były w oparciu o analizę parametrów zgrupowań chrząszczy z rodziny biegaczowatych jako bioindykatorów. Podjęto próbę odpowiedzi na pytanie czy w zaawansowanym stadium sukcesji roślinnej na składowisku przemysłowym następuje równoczesne odtworzenie struktury i składu gatunkowego zgrupowań biegaczowatych, podobnego do obszarów referencyjnych, zlokalizowanych poza składowiskiem? Starano się odpowiedzieć także na pytanie czy czas sukcesji stanowi jedyny czynnik wpływający na zróżnicowanie zgrupowań biegaczowatych?

Badania prowadzono w Skawinie, w okolicach i na obszarze składowiska odpadów paleniskowych wyprodukowanych przez Elektrownię Skawina S.A. Na badanym obszarze wybrane zostały cztery typy powierzchni badawczych, zróżnicowanych w gradiencie przekształcenia środowiska (obszar składowiska oraz tereny referencyjne zlokalizowane poza terenem składowiska) oraz stadium sukcesji (tereny roślinności zielnej i trawiastej na koronie składowiska oraz łąki na obszarach referencyjnych obrazujących przemiany we wczesnych stadiach sukcesji, oraz tereny drzewiaste na obwałowaniu osadnika jak i na terenach porolnych zlokalizowane poza składowiskiem, jako przykład sukcesji późnej). Pierwszy, najsilniej zdegradowany obszar zlokalizowany był na koronie składowiska, gdzie po zamknięciu osadnika przeprowadzono rekultywację polegającą na uzupełnieniu wyrobiska odpadami innymi niż niebezpieczne, w celu wyrównania zniekształconej powierzchni terenu. Na powierzchniach tych występowały zbiorowiska roślinności zielnej i trawiastej odpowiadające wczesnym stadiom sukcesji. Na obwałowaniu składowiska wyznaczono drugi typ powierzchni badawczych, o charakterze późno sukcesyjnym, pokryty pasami zadrzewień powstałymi w wyniku zabiegu rekultywacyjnego związanego z nasadzeniami, wykonanego w celu ograniczenia pylenia w kierunku zabudowań. Powierzchnie referencyjne poza składowiskiem charakteryzowały się podobnym wiekiem i strukturą roślinną (zielną i zadrzewieniami) jak na terenie składowiska. W każdym z wyznaczonych typów powierzchni badawczych założono powierzchnie do połowy chrząszczy. W wynikach skupiono się na następujących parametrach struktury zgrupowań biegaczowatych: różnorodności gatunkowej Shannona - Wienera, dominacji Berger - Parkera, bogactwie gatunkowym, liczebności, biomasy oraz wskaźniku średniej biomasy osobniczej (SBO). Ponadto z każdej powierzchni badawczej, wraz z współautorami publikacji pobrałam próby materiału glebowego, który poddany został analizie pod kątem zawartości metali ciężkich, substancji organicznej oraz oceny składu granulometrycznego i pH (Ostrowska et al. 1991).

Najsilniejszy wpływ na kształtowanie się struktury zgrupowań Carabidae miały czynniki związane bezpośrednio z przekształceniem badanego obszaru (utworzenie

składowiska). Zgrupowania biegaczowatych z poszczególnych typów powierzchni badawczych różniły się zarówno w zależności od typu sukcesji (wczesna - późna) jak i stopnia przekształcenia (składowisko - obszar referencyjny poza składowiskiem). Bez względu na stadium sukcesji odnotowane zostało obniżenie wartości wszystkich parametrów struktury zgrupowań na terenach składowiska, w porównaniu do stanowisk referencyjnych. Wyjątek stanowił wskaźnik dominacji Bergera- Parkera, który nie był istotnie związany z badanymi czynnikami.

Na podstawie otrzymanych wyników wykazałam, że rekolonizacja przez gatunki Carabidae na badanym składowisku zachodzi bardzo powoli, i pomimo wykonanych nasadzeń drzew i krzewów nie zanotowałam wzrostu parametrów opisujących różnorodność i bogactwo gatunkowe chrząszczy, odzwierciedlających funkcjonalność ekosystemu. Zaobserwowałam odmienny skład gatunkowy biegaczowatych na wczesno sukcesyjnych powierzchniach składowiska względem wczesno sukcesyjnych stanowisk referencyjnych, podkreślając tym samym silny negatywny wpływ przekształceń środowiska spowodowanych samym utworzeniem składowiska odpadów przemysłowych. Pomimo postępującej sukcesji roślinności drzewiastej na obwałowaniu składowiska, nie zanotowałam równoczesnych zmian struktury zgrupowań Carabidae w kierunku zgrupowań o charakterze leśnym. Występujące tam chrząszcze były to głównie gatunki charakterystyczne dla terenów wczesno sukcesyjnych.

Cel 2. Analiza tempa i efektywności odtwarzania się ekosystemów w obszarach rekultywowanych na podstawie grup ekologicznych biegaczowatych jako biowskaźników.

Do traditional land rehabilitation processes improve habitat quality and function? Life-history traits of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) say no. Skalski T., Kędzior R., Szwałec A., Mundała P. 2016. *Periodicum Biologorum*, 118(3): 185 - 194.

Charakterystyka parametrów zgrupowań biegaczowatych na terenach przemysłowych, które omówiłam we wcześniejszej pracy stanowiły wprowadzenie do bardziej szczegółowej analizy dotyczącej charakterystyki i rozkładu grup ekologicznych badanych bioindykatorów w poszczególnych typach powierzchni badawczych. Badania dotyczyły charakterystyki Carabidae pod kątem takich cech ekologicznych jak: siła dyspersji, preferencje pokarmowe, cykl rozwojowy czy wielkość ciała. Chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) jako grupa drapieżników spełnia wiele ważnych funkcji w ekosystemach, szczególnie w leśnych, gdzie wiele z nich to tzw. specjaliści

środowiskowi. Dlatego charakterystyka gatunków pod kątem określonych cech ekologicznych pozwala ocenić funkcjonalność ekosystemu oraz kierunek zmian w nim zachodzących. Jest to niezwykle przydatne narzędzie szczególnie w przypadku badań oceniających efektywność stosowanych zabiegów rekultywacyjnych lub monitoringu środowisk o charakterze przemysłowym.

Celem pracy była analiza zgrupowań biegaczowatych pod kątem zróżnicowania grup ekologicznych w gradiencie przekształcenia (składowisko - obszary referencyjne) oraz w zależności od stadium sukcesji (wczesno sukcesyjna korona oraz późno sukcesyjne obwałowanie składowiska). Starano się także wyłonić gatunki charakterystyczne dla poszczególnych typów powierzchni badawczych. Badania obejmowały te same powierzchnie badawcze jak we wcześniejszej pracy (składowisko odpadów przemysłowych wyprodukowanych przez Elektrownię Skawina S.A.) Przy prawidłowo postępującej sukcesji spodziewać się można stopniowej wymiany gatunków, od niewielkich roślinożerców, cechujących się dużą siłą dyspersji i wiosennym cyklem rozwojowym w kierunku gatunków drapieżnych, głównie o dużych rozmiarach ciała, małej sile dyspersji i jesiennym typie rozwojowym.

Na podstawie wyników wykazano silne zróżnicowanie w składzie gatunkowym biegaczowatych z terenu składowiska względem powierzchni referencyjnych, natomiast nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic pomiędzy wczesno sukcesyjną koroną składowiska, a jego zaawansowanym sukcesyjnie rekultywowanym obwałowaniem. Analiza cech ekologicznych biegaczowatych jako bioindykatorów wykazała, iż mocne przekształcenie środowiska wpływa na stabilność ekosystemów poprzez eliminację ze środowiska specjalistów środowiskowych (głównie drapieżnych gatunków o dużych rozmiarach ciała i małej sile dyspersji, np. z rodzaju *Carabus*, *Pterostichus*), o małej plastyczności ekologicznej. Następuje natomiast wzrost udziału gatunków o wysokich zdolnościach adaptacyjnych. Wyodrębniono taksony, których liczebności na terenie składowiska były bardzo wysokie, natomiast na stanowiskach referencyjnych występowały sporadycznie. Były to głównie chrząszcze z rodzaju *Harpalus*. Charakterystyczną cechą gatunków z tego rodzaju jest duża plastyczność pokarmowa i możliwość odżywiania się materią roślinną. Występowanie tych gatunków na obszarze składowiska wskazywać może zatem na specyficzny rodzaj odpowiedzi tych organizmów na presję środowiska, jaką jest samo składowisko przemysłowe. Stanowią także może najprawdopodobniej o nieefektywnej rekultywacji obwałowania składowiska, w której skupiono się głównie na nasadzeniach drzew i krzewów, pomijając elementy biologiczne gleby. Dlatego wysoka liczebność chrząszczy z rodzaju

Harpalus przy równoczesnej redukcji liczebności osobników z rodzaju *Carabus* i *Pterostichus* stanowi dobry wskaźnik obniżenia pojemności pokarmowej w środowisku na terenie składowiska. Powodem najprawdopodobniej może być niska liczebność i biomasa bezkręgowców glebowych, które stanowią źródło pożywienia dla drapieżnych biegaczowatych. Brak zróżnicowanej fauny glebowej prowadzi do wyeliminowania ze środowiska ważnej grupy specjalistów środowiskowych, a w konsekwencji brak podstawowych procesów związanych z dekompozycją i prawidłowym funkcjonowaniem ekosystemu, co zaobserwowałam na rekultywowanym obwałowaniu składowiska.

Na podstawie otrzymanych wyników wykazałam, iż na późnosukcesyjnym obwałowaniu składowiska, gdzie roślinność rozwijała się w wyniku wykonanych nasadzeń drzew, zgrupowania biegaczowatych posiadają charakter opisujący inicjalne stadia sukcesji, podobnie jak na koronie składowiska czy referencyjnej łące. Na terenach składowiska (zarówno wczesno jak i późno sukcesyjnych) zanotowałam wyraźny udział gatunków o dużej plastyczności ekologicznej i cechach ekologicznych takich jak duża siła dyspersji, roślinożerny typ odżywiania, wiosenne cykle rozwojowe oraz preferencje w kierunku terenów otwartych. Niskie liczebności gatunków o dużych rozmiarach ciała, małej sile dyspersji, jesiennych cyklach rozwojowych, które zalicza się do tzw. specjalistów środowiskowych na późno sukcesyjnym obwałowaniu składowiska świadczyć mogą o bardzo powolnym i zaburzonym tempie odtwarzania ekosystemu. Głównym osiągnięciem na podstawie przeprowadzonych badań jest wykazanie, że procesy odtwarzania się ekosystemów w obszarach gdzie wykonuje się nasadzenia bez właściwej biologicznej rekultywacji podłoża, nie gwarantują efektywnej regeneracji prawidłowo funkcjonującego ekosystemu.

Cel 3. Analiza i porównanie efektywności odtwarzania się ekosystemów w obszarach ze spontaniczną sukcesją oraz rekultywowanych na postawie struktury i cech funkcjonalnych chrząszczy z rodziny biegaczowatych.

Zgrupowania biegaczowatych w rekultywowanych i regenerujących się spontanicznie ekosystemach leśnych na obszarach postindustrialnych. Kędzior R., Szwałec A., Mundała P., Skalski T. 2017. Sylwan, 161 (6): 512 - 518.

W kolejnym etapie badań podjęłam się próby zbadania, która z form kształtowania ekosystemów jest bardziej efektywna, czy w drodze spontanicznej sukcesji, czy też w wyniku przeprowadzonej rekultywacji metodą nasadzeń drzew i krzewów. Aby dokładnie zbadać ten problem rozszerzyłam zakres badań na sześć obszarów.

W omawianej pracy postawione zostały następujące pytania eksploracyjne:

- a) Czy sukcesja spontaniczna spowalnia proces regeneracji ekosystemów leśnych w porównaniu do tradycyjnych metod rekultywacji biologicznej?
- b) Czy grupy ekologiczne biegaczowatych na obszarach rekultywowanych mają podobny charakter jak zgrupowania leśne?

Badania prowadzono na czterech składowiskach przemysłowych oraz w dwóch pobliskich lasach referencyjnych, zlokalizowanych w województwie małopolskim. Wybrano powierzchnie badawcze, które pogrupowane zostały według typów środowiskowych. Pierwszy typ obejmował składowiska odpadów przemysłowych, gdzie wykonano rekultywację biologiczną polegającą na nasadzeniu drzew (Trzebionka, Skawina). Drugi typ obejmował składowiska odpadów przemysłowych nierekultywowane (Siersza i Krze), gdzie następowała samoistna regeneracja drzewostanów. Natomiast drzewostany porównawcze w wieku około 80 lat i wielkości wahającej się od 300 do 400 ha stanowiły głównie siedliska lasów mieszanych świeżych, z dominacją dębu bezszypułkowego (*Quercus petraea*), sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) oraz gatunkami domieszkowymi tj. brzoza brodawkowata (*Betula pendula*), jarząb pospolity (*Sorbus aucuparia*), kruszyna pospolita (*Frangula alnus*) czy leszczyna (*Corylus avellana*). Odtwarzane drzewostany na składowiskach osiągnęły wiek 20-30 lat (Trzebionka i Skawina) oraz 20 i 60 lat (Siersza i Krze). Skład gatunkowy obejmował głównie brzozę brodawkowatą (*B. pendula*), robinie akacjową (*Robinia pseudoacacia*), topolę osikę (*Populus tremula*) i jarząb pospolity (*S. aucuparia*). Sosna pospolita (*P. silvestris*) stanowiła niewielką domieszkę. Na każdej powierzchni badawczej, zbierałam wraz z współautorami publikacji próby glebowe służące zbadaniu zawartości metali ciężkich oraz chrząszcze z rodziny biegaczowatych. bioindykatory oznaczyłam do poziomu gatunku i sklasyfikowałam do różnych grup funkcjonalnych według wielkości ciała, siły dyspersji, preferencji pokarmowych i typu rozwojowego.

Wyniki ukazały, że dla większości parametrów struktury biegaczowatych zgrupowania środowisk regenerujących się spontanicznie posiadały podobny charakter jak zgrupowania referencyjnych lasów. Natomiast zgrupowania obszarów rekultywowanych posiadały wyraźnie niższe wartości wskaźnika różnorodności, a także niższą liczebność oraz biomasę. Wykazano, że *Harpalus rufipes* i *Calathus erratus* były najbardziej reprezentatywnymi gatunkami na obszarach zrehabilitowanych. Zwrócono uwagę, że w przypadku spontanicznie regenerujących się obszarów przemysłowych oprócz *Calathus erratus* liczne były gatunki typowo leśne jak *Pterostichus niger*, *Pt. oblongopunctatus*,

Leistus rufomarginatus czy *Carabus granulatus* i *C. problematicus*, występujące również licznie na obszarach referencyjnych. Również struktura oraz charakterystyka ekologiczna biegaczowatych wskazały efektywniejsze odtwarzanie się ekosystemów leśnych na składowiskach w drodze spontanicznej sukcesji.

Na podstawie otrzymanych wyników wykazałam, iż spontaniczna sukcesja na składowiskach przebiega bardziej dynamicznie i w konsekwencji efektywniej odtwarza różnorodność zgrupowań biegaczowatych w porównaniu z obszarami rekultywowanymi. Wśród biegaczowatych na składowiskach ze spontaniczną sukcesją zaobserwowałam większy udział fauny leśnej, zwłaszcza gatunków z rodzaju *Pterostichus* i *Carabus* (o określonych cechach ekologicznych), których nie notowałam na obszarach rekultywowanych.

Cel 4. Analiza efektywności kształtowania ekosystemów leśnych na obszarach przemysłowych w oparciu o model współwystępowania biegaczowatych oraz rozkład ich wielkości ciała.

Co-occurrence pattern of ground beetle (Coleoptera, Carabidae) indicates quality of restoration practices in postindustrial areas. Kędzior R. 2018. Applied Ecology and Environmental Research, 16(6): 7913 - 7924.

Oprócz zmiany składu i struktury w zgrupowaniach dobrym wskaźnikiem oceny zmian w środowisku jest wzór współwystępowania biegaczowatych. Można dzięki niemu określić charakter zgrupowań oraz zależności międzygatunkowe w środowisku. Jeżeli charakteryzuje się on przypadkowością wskazuje to na brak równowagi w zgrupowaniu i zaburzone interakcje międzygatunkowe. Stany takie charakteryzują silnie zaburzone środowiska. Jeżeli natomiast współwystępowanie gatunków jest uporządkowane, a w zgrupowaniach występują interakcje międzygatunkowe jak np. konkurencja, jest to wskaźnikiem stabilności w środowisku.

Głównym celem pracy było określenie wpływu zabiegów rekultywacyjnych na współwystępowanie gatunków Carabidae w obszarach postindustrialnych. Ponadto ocenie poddałam rozkład wielkości ciała chrząszczy w zależności od prowadzonych zabiegów odtworzeniowych. Testowane były następujące hipotezy badawcze:

(I) w obszarach rekultywowanych metodą nasadzeń występuje brak zależności międzygatunkowych Carabidae, a zgrupowania wielogatunkowe przyjmują formę układów przypadkowych;

(II) w obszarach regenerujących się spontanicznie relacje pomiędzy gatunkami współwystępującymi w zgrupowaniach pozostają niezaburzone i przyjmują formę układów uporządkowanych;

(III) w obszarach silnie przekształconych, gdzie zależności konkurencyjne są zaburzone, należy spodziewać się gatunków o niewielkich rozmiarach ciała, których własności konkurencyjne są niewielkie.

Badania prowadziłam na tych samych obszarach przemysłowych jak w pracy omówionej wcześniej. Dla każdego typu środowiska (rekultywowanego, regenerującego się spontanicznie lub referencyjnego) analizowałam charakter zgrupowań pod kątem uporządkowania (przypadkowy, uporządkowany). W tym celu wykorzystałam wskaźnik współwystępowania C-score, szeroko wykorzystywany w badaniach ekologii zaburzeń. Dla danej puli gatunków wygenerowano losowo układ przypadkowy, który następnie porównywano z układem empirycznym uzyskanym w trakcie badań terenowych. Ponadto w celu określenia zależności konkurencyjnych pomiędzy gatunkami biegaczowatych w wyznaczonych typach środowiskowych określiłam rozkłady wielkości ciała, opracowując krzywe Lorenza, wskaźniki skośności oraz kurtozy. Pozwoliło mi to zbadać, czy są różnice w rozkładzie wielkości ciała w zależności od sposobu odtwarzania się środowiska.

Otrzymane wyniki podkreślają przydatność analizy współwystępowania gatunków biegaczowatych jako dobrego wskaźnika, który można wykorzystywać w ocenie efektywności kształtowania ekosystemów w obszarach przemysłowych. Wartości wskaźnika C-score wskazały, iż regeneracja poprzez procesy spontaniczne bliższa jest procesom naturalnej sukcesji w porównaniu do obszarów planowo zadrzewianych. Pomimo rozwijających się drzewostanów na terenach rekultywowanych metodą nasadzeń, współwystępowanie biegaczowatych cechowało się rozkładem przypadkowym, co bardzo wyraźnie wskazuje na zachodzenie nieprawidłowych procesów ekologicznych. Natomiast w obszarach odtwarzających się w sposób spontaniczny współwystępowanie gatunków Carabidae miało układ uporządkowany. W literaturze znalazłam potwierdzenie otrzymanych wyników. Jak podają autorzy spontaniczne procesy wpływają korzystniej na odbudowę różnorodności i bogactwa gatunkowego organizmów, co może być przyczyną większej heterogeniczności siedliskowej regenerujących się środowisk, w porównaniu do homogenicznych struktur w rekultywowanych obszarach. Ponadto w obszarach regenerujących się spontanicznie obserwuje się odtwarzanie na różnych poziomach troficznych, przez co jest o wiele bardziej kompleksowe. Badając rozkłady wielkości ciała oraz podobieństwo gatunków występujących w każdym z trzech typów środowisk

(rekułtywowanego, ze spontaniczną sukcesją oraz referencyjnego) zbadalam proces regeneracji w ekosystemach. W niezaburzonych referencyjnych obszarach leśnych zanotowalam najwyższy udział gatunków o największych rozmiarach ciała. Porównując obszary referencyjne do rekułtywowanych, udział tych gatunków jest znikomy a występowanie najprawdopodobniej przypadkowe. Co mogło przyczynić się do takiej sytuacji? Mogły to być długo utrzymujące się zaburzone warunki siedliskowe, oraz brak odpowiedniej bazy pokarmowej dla tych gatunków. W tak trudnych warunkach występować mogą zatem jedynie gatunki o największej plastyczności ekologicznej, np. *Harpalus rufipes*, będący najsilniejszym dominatem w obszarach rekułtywowanych, a w referencyjnych lasach mający jedynie niewielki udział (co wykazałam także we wcześniejszych badaniach). Staralam się także odpowiedzieć na pytanie czy w przypadku obszarów ze spontaniczną sukcesją rozkład wielkości ciała będzie zaburzony, czy też zbliżony do warunków referencyjnych? Rozkłady zmodyfikowanych krzywych Lorenza oraz współczynniki skośności i kurtozy wykazały różnice. Udział gatunków o dużych rozmiarach ciała w tych obszarach wzrastał, a ich występowanie nie było przypadkowe, jak to miało miejsce w przypadku rekułtywowanych obszarów.

Przeprowadzone badania oraz analiza wyników pozwoliły wyłonić mi najważniejsze wnioski:

- Wzór współwystępowania gatunków biegaczowatych w zgrupowaniach na terenach przemysłowych jest wrażliwym wskaźnikiem, który można wykorzystywać do oceny stanu regeneracji ekosystemów.
- W zgrupowaniach bioindykatorów zanotowalam wzór segregacji gatunkowej, co sugeruje występowanie zjawiska wymiany gatunkowej w gradiencie zaburzenia środowiskowego.
- Spontaniczna sukcesja daje możliwość odtwarzania uporządkowanych układów gatunkowych, a funkcjonalność ekosystemów wzrasta.
- Niewłaściwa rekułtywacja generuje układy gatunkowe o charakterze przypadkowym, gdzie nie odtwarzają się prawidłowe interakcje między gatunkami, a więc nie ma możliwości powrotu do prawidłowo funkcjonującego ekosystemu.
- W obszarach ze spontaniczną sukcesją zaobserwowano wzrost udziału gatunków o dużych rozmiarach ciała, co warunkuje lepsze odtwarzanie ekosystemów leśnych.

Cel 5. Przetestowanie użyteczności indeksu średniej biomasy osobniczej (SBO) w ocenie skuteczności i tempa regeneracji ekosystemów rekultywowanych i ze spontaniczną sukcesją.

Mean Individual Biomass (MIB) of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) as indicator of succession processes in postindustrial areas. **Kędzior R.**, Szwałec A., Mundała P. 2018. Acta Scientiarum Polonorum, Formatio Circumiectus, 17(2): 23 - 31.

W pracy przedstawionej w celu 4 odkryłam istotne zależności pomiędzy parametrem wielkości ciała chrząszczy (Coleoptera, Carabidae), a sposobem odtwarzania się ekosystemu. Otrzymane wyniki dały podstawę do podjęcia bardziej szczegółowej analizy tego parametru oraz wykazania jego użyteczności w określaniu kierunku zmian w środowisku na terenach przemysłowych. Mogłoby to być bardzo użyteczne narzędzie w planowaniu zabiegów rekultywacyjnych o charakterze biologicznym. Do analizy wybrałam wskaźnik SBO (średniej biomasy osobniczej). Jest to wskaźnik wykorzystywany do określania stopnia i tempa zmian sukcesyjnych w ekosystemach leśnych. W obszarach niezaburzonych, wraz z zachodzącą sukcesją wskaźnik SBO rośnie, co jest wynikiem wzrostu liczebności gatunków o dużych rozmiarach ciała. Natomiast w zaburzonym środowisku jego wartości utrzymują się na niskim poziomie.

Celem pracy było zbadanie przydatności indykacyjnej wskaźnika SBO w obszarach przemysłowych, który można by stosować w przyszłości w monitoringu środowiskowym tego typu obszarów. W tym celu porównano wartości wskaźnika SBO dla biegaczowatych występujących na stanowiskach badawczych o różnym typie regencji oraz różnym wieku.

Postawiono następujące hipotezy badawcze:

- w gradiencie sukcesji terenów przemysłowych (około 70 lat) wskaźnik SBO jest istotnie niższy w porównaniu do obszarów referencyjnych,
- w gradiencie sukcesji terenów przemysłowych (około 70 lat) udział gatunków typowo leśnych jest niższy w porównaniu do niezaburzonych lasów,

Do badań wybrano trzy składowiska przemysłowe, które różniły się procesami sukcesyjnymi oraz wiekiem:

- a) rekultywowane metodą nasadzeń składowisko "Trzebionka", w wieku około 15-20 lat,
- b) składowisko regenerujące się spontanicznie, w wieku około 15-20 lat (Siersza),
- c) składowisko regenerujące się spontanicznie w wieku około 60-70 lat (Krze).

Wybrano także niezaburzone lasy referencyjne (las mieszane świeże), oddalone od składowisk w zakresie min-max 5 km- 50 km.

Otrzymane wyniki wskazują, wzrost indeksu SBO wraz z czasem trwania regeneracji w badanych składowiskach, oraz istotne różnice w zależności od typu regeneracji (spontaniczna lub w wyniku rekultywacji). Zgodnie z danymi literaturowymi wykazano iż, w naturalnych warunkach spodziewać się można wzrostu wartości indeksu SBO wraz z postępującą sukcesją w środowisku. Związane jest to między innymi ze wzrostem udziału gatunków o dużych rozmiarach ciała w zgrupowaniu, które w większości przypadków należą do grupy leśnych specjalistów, o wysokich wymaganiach środowiskowych. Duży udział gatunków leśnych w zgrupowaniu świadczy o stabilizacji warunków środowiskowych oraz zaawansowanej sukcesji, co cechuje wiele niezaburzonych ekosystemów leśnych. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują jednoznacznie, że składowiska nawet pomimo długiego okresu czasu nie osiągnęły takiego stabilnego stanu. W zgrupowaniach SBO utrzymywało się na istotnie statystycznie niższym poziomie względem lasów referencyjnych, a w zgrupowaniach udział gatunków biegaczowatych o charakterze typowo leśnym był wciąż niewielki. Pomimo sukcesji trwającej około 60-70 lat zgrupowania biegaczowatych nadal składały się głównie z gatunków o dużej plastyczności ekologicznej.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na przydatność wskaźnika SBO do oceny tempa i efektywności sukcesji zgrupowań biegaczowatych na terenach przemysłowych. W wielu badaniach indeks ten znalazł zastosowanie jako wskaźnik zmian sukcesyjnych środowisk głównie leśnych, np. drzewostanów w różnym wieku, lub odtwarzających się po silnych zaburzeniach jak huragan. Wykonane analizy wskazały, iż w silnie przekształconych terenach przemysłowych także obrazuje on na zmiany w zgrupowaniach biegaczowatych, pokazując równocześnie jak powolny i zaburzony jest tam proces regeneracji. Uzyskanie takich informacji może w przyszłości pomóc w określaniu takich kierunków ich zagospodarowania, które będą korzystne nie tylko dla człowieka, ale i rekolonizujących roślin i zwierząt.

5.3.4 Podsumowanie

Cechą charakterystyczną krajów uprzemysłowionych lub rozwijających się jest silna ingerencja w środowisko przyrodnicze. Powstające w wyniku aktywności przemysłowej tereny są bardzo specyficzne i niesprzyjające dla organizmów żywych, w tym człowieka. Stąd możliwość kształtowania w tych obszarach funkcjonalnych ekosystemów jest jednym z największych wyzwań dla współczesnej inżynierii ekologicznej. Oczywistym jest, iż wąskie podejście inżynierskie nie jest już wystarczające, dlatego coraz więcej uwagi poświęca się analizom biologicznym, które pozwalają ukierunkować prace inżynierskie tak, aby były one

efektywne w skali czasu i dawały szansę odtworzenia prawidłowych układów ekologicznych. Do tej pory skupiano dużą uwagę na strukturze roślinnej stanowiącej istotny element rekultywacji biologicznej terenów przemysłowych. Wyniki badań przedstawionych w cyklu publikacji stanowiących moje osiągnięcie naukowe stanowią istotny wkład w dyscyplinę ochrona i kształtowanie środowiska, wskazując zgrupowania chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) jako użyteczne bioindykatory, dzięki którym z dużą precyzją można określić kluczowe parametry środowiskowe, niezbędne do efektywnego odtwarzania ekosystemów. Otwiera to nowe możliwości dla inżynierii ekologicznej, nie tylko w zakresie oceny faktycznego stanu ekologicznego silnie zaburzonych przemysłowych środowisk, ale także jako ważny element w planowaniu prac rekultywacyjnych, które zapewniłyby skuteczne odtworzenie funkcjonalnego ekosystemu.

5.3.5 Literatura

- Biesiadka E. 2013. Teoretyczne podstawy bioindykacji. (W:) Biologiczne metody oceny stanu środowiska. Podręcznik metodyczny. Tom I, Ekosystemy lądowe. Wydawnictwo Mantis, Olsztyn, str. 15-35.
- Doley D., Audet P. 2013. Adopting novel ecosystems as suitable rehabilitation alternatives for former mine sites. *Ecological Processes*, 2: 22.
- Dunger W., Wanner M., Hauser H., Hohberg K., Schulz H.J., Schwalbe T. 2001. Development of soil fauna at mine sites during 46 years after afforestation. *Pedobiologia*. 45: 243-271.
- Dynowska M., Ciecierska H. 2013. Biologiczne metody oceny stanu środowiska. Podręcznik metodyczny. Tom I, Ekosystemy lądowe. Wydawnictwo Mantis, Olsztyn.
- Eversham B.C., Roy D.B., Telfer M.G. 1996. Urban, industrial and other manmade sites as analogues of natural habitats for Carabidae. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 149–156.
- Frouz J., Ellhotová D., Kuraz V., Sourkova M. 2006. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*, 33: 308-320.
- Frouz J., Prach V., Pižl L., Háněl J., Starý K., Tajovský J., Materna V., Balík J., Kalcík J., Řehouňková K. 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*, 44: 109–121.
- Gerlach J., Samways M., Pryke J. 2013. Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *Journal Insect Conservation*, 17 : 831–850.
- Haigh M.J. 2000. The aims of land reclamation. In: Haigh M.J. (Ed), *Reclaimed Land. Erosion Control, Soils and Ecology*. AA. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. Pages 1-20.
- Hedde M., van Oort F., Lamy I. 2012. Functional traits of soil invertebrates as indicators for exposure to soil disturbance. *Environmental Pollution*, 164: 59-65.
- Hendrychová M., Šálek M., Tajovský K., Řehoř M. 2012. Soil Properties and Species Richness of Invertebrates on Afforested Sites after Brown Coal Mining. *Restoration Ecology*, 20: 561-567.

- Hobbs R.J., Higgs E.S., Harris J.A. 2009. Novel ecosystems: implication for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 24: 599-605.
- Hodecek J., Kuras T., Sipos J., Dolny A. 2016. Role of reclamation in the formation of functional structure of beetle communities: A different approach to restoration. *Ecological Engineering*, 94: 537-544.
- Kędzior R., Skalski T., Radecki-Pawlik A. 2016. The effect of channel restoration on ground beetle communities in the floodplain of a channelized mountain stream. *Periodicum Biologorum*. 118(3): 171 - 184.
- Koivula M.J. 2011. Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *Zookeys*. 100: 287-317.
- Kosewska A., Nietupski M., Nijak K., Sklaski T. 2016. Effect of plant protection on assemblages of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in pea (*Pisum L.*) and lupine (*Lupinus L.*) crops. *Periodicum Biologorum*, 118: 213-222.
- Krzaklewski W. 2017. Podstawy rekultywacji leśnej. Lasy Państwowe, Kraków.
- Krzaklewski W., Pietrzykowski M. 2007. Diagnoza siedlisk na terenach pogórnicznych rekultywowanych dla leśnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem metody fitosocjologiczno-glebowej. *Sylvan*, 1: 51-57.
- Laarmann D., Korjus H., Sims A., Kangur A., Kiviste A., Stanturf J.A. 2015. Evaluation of afforestation development and natural colonization on a reclaimed mine site. *Restoration Ecology*, 23: 301-309.
- McGeoch M. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews*, 73: 181-201.
- Moradi, J., Potocký, P., Kočárek, P., Bartuška, M., Tajovský, K., Tichánek, F., Frouz, J., Tropek, R. 2018a. Influence of surface flattening on biodiversity of terrestrial arthropods during early stages of brown coal spoil heap restoration. *Journal of Environmental Management*, 220:1-7.
- Pedley S.M., Dolman P.M. 2014. Multi-taxa trait and functional responses to physical disturbance. *Journal of Animal Ecology*, 83: 1542-1552.
- Pietrzykowski M. 2008. Soil and plant communities development and ecological effectiveness of reclamation on sand mine cast. *Journal of Forest Science*, 54: 554-565.
- Pik A., Dangerfield J.M., Bramble R.A., Angus C., Nipperess D.A. 2001. The Use Of Invertebrates To Detect Small-Scale Habitat Heterogeneity And Its Application To Restoration Practices. *Environmental Monitoring And Assessment*, 75: 179-199.
- Porębska G. 2005. Nowa jakość przyrody i krajobrazu na terenach przemysłowych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 28: 16-17.
- Prach K., Pysek P., Jarosik V. 2007. Climate and pH as determinants of vegetation succession in Central-European man-made habitats. *Journal of Vegetation Science*, 18: 701-710.
- Ribas C.R., Schmidt F.A., Solar R.R.C., Campos R.B.F., Valentim C.L., Schoereder J.H. 2012. Ants as indicators of the success of rehabilitation efforts in Deposits of Gold Mining Tailings. *Restoration Ecology*, 20: 712-720.
- Schirmel J., Blindow I., Buchholz S. 2012. Life-trait and functional diversity patterns of ground beetles and spiders along a coastal headland successional gradient. *Basic Applied Ecology*, 13: 606-614.
- Schwerk A., Szyszko J. 2007. Increase of mean individual biomass (MIB) of Carabidae (Coleoptera) in relation to succession in forest habitats. *Wiadomości Entomologiczne*, 26: 195-206.

- Schwerk A. 2014. Changes in carabid fauna (Coleoptera, Carabidae) along successional gradients in post-industrial areas in Central Poland. *European Journal of Entomology*, 111: 677-685.
- Skalski T., Kędzior R., Kolbe D., Knutelski S. 2015. Ground beetles as indicators of heavy metal pollution in forests. *Sylvan*, 159: 905-911.
- Skalski T., Kędzior R., Wyżga B., Radecki-Pawlik A., Plesiński K., Zawiejska J. 20016. Impact of incision of gravel-bed rivers on ground beetle assemblages. *River Research and Applications*, 32: 1968-1977.
- Skalski T., Pośpiech N. 2006. Beetles community structures under different reclamation practices. *European Journal of Soil Biology*, 42: 317-320.
- Skłodowski J. 2017. Three phases of changes in carabid assemblages during secondary succession in a pine forest disturbed by windthrow – results from the first 10 years of observations. *Insect Conservation and Diversity*, 10 (6): 449-512.
- Topp W., Simon M., Kautz G., Dworschak U., Nicolini F., Prückner S. 2001. Soil fauna of a reclaimed lignite open-cast mine of the Rhineland: improvement of soil quality by surface pattern. *Ecological Engineering*, 17: 307-322.
- Tropek R., Prach K. 2012. Mining and post-industrial sites. In: Jongepierova I., Prach K., Jongepier J.W., Pesout K., (W:) *Ecological Restoration in the Czech Republic*. AOPK DR, Prague Pages 87-93.
- Tropek R., Cerna I., Straka J., Kadlec T., Pech P., Tichanek F., Sebek P. 2014. Restoration management of fly ash deposits crucially influence their conservation potential for terrestrial arthropods. *Ecological Engineering*, 73: 45-52.
- Vandewalle M., de Bello F., Berg M.P., Bolger T., Dolédec S., Dubs F., Feld C.K., Harrington R., Harrison P.A., Lavorel S., de Silva P.M., Moretti M., Niemelä J., Santos P., Sattler T., Sousa J.P., Sykes M.T., Vanbergen A.J., Woodcock B.A. 2010. Functional traits as indicators of biodiversity response to land use change across ecosystems and organisms. *Biodiversity and Conservation*, 19: 2921-2947.
- Walker L.R. 2012. *The Biology of Disturbed Habitats*. Oxford University Press, Oxford.
- Zajac E., Zarzycki J. 2012. Revegetation of reclaimed soda waste dumps: effects of topsoil parameters. *Journal of Elementology*, 17(3): 525-536.
- Zipper C.E., Burger J.A., Skousen J.G., Angel P.N., Barton C.D., Davis V., Franklin J.A. 2011. Restoring forest and Associated Ecosystem Services on Appalachian Coal Surface Mines. *Environmental Management*, 47: 751-765.

5.4 Wkład w rozwój dyscypliny "ochrona i kształtowanie środowiska"

Najważniejsze wnioski, wynikające z badań zawartych w jedno tematycznym cyklu publikacji, pt. *"Analiza tempa i efektywności kształtowania ekosystemów na terenach przemysłowych w oparciu o parametry bioindykacyjne zgrupowań chrząszczy z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae)"*, mające charakter poznawczy i aplikacyjny oraz stanowiące istotny wkład w rozwój dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska:

1. Wykorzystując charakterystykę zgrupowań biegaczowatych występujących na terenie składowiska przemysłowego wykazałam, iż tempo odtwarzania ekosystemu jest w takich obszarach mocno zaburzone i nieefektywne nawet pomimo postępującej sukcesji roślinności. Wykazałam ponadto, iż rekultywacja poprzez nasadzenie drzew, bez precyzyjnego zaplanowania odtworzenia elementów biologicznych podłoża/gleby nie jest zabiegiem prowadzącym do odtworzenia prawidłowo funkcjonującego ekosystemu.
2. Wykazałam, że rozkład grup ekologicznych biegaczowatych stanowić może użyteczne narzędzie w ocenie kierunku zmian środowisk postindustrialnych. Duży udział w zgrupowaniu gatunków charakteryzujących się dużą plastycznością ekologiczną na późno sukcesyjnych terenach rekultywowanych wskazuje na bardzo powolne tempo odtwarzania ekosystemów leśnych i zaburzoną ich funkcjonalność.
3. Porównując sposoby odtwarzania się ekosystemów na obszarach przemysłowych większą efektywność zanotowałam w przypadku obszarów ze spontaniczną sukcesją, w porównaniu do obszarów rekultywowanych metodą nasadzeń.
4. Skupienie się na zabiegu rekultywacyjnym obejmującym tylko wybrane komponenty środowiska może okazać się nieefektywne, a proces odtwarzania ekosystemów leśnych mocno spowolniony, co przekłada się na występowanie gatunków biegaczowatych o szerokich zakresach ekologicznych, charakterystycznych dla wczesnych stadiów sukcesji. Proces spontanicznej sukcesji, dzięki większej heterogeniczności elementów środowiska pozwala na bardziej efektywne odtwarzanie sieci troficznych i sprzyja bardziej kompleksowemu odtwarzaniu ekosystemów leśnych.
5. Charakterystyka grup ekologicznych biegaczowatych stanowi ważny składnik ewaluacji tempa i efektywności kształtowania ekosystemów w obszarach przemysłowych. Wykazałam, iż w zależności od stadium sukcesji występują chętniej o specyficznych cechach ekologicznych.
6. Używając modelu współwystępowania biegaczowatych wykazałam przypadkowy i nieuporządkowany wzór występowania gatunków biegaczowatych na obszarach rekultywowanych metodą nasadzenia, co obrazuje pionierski charakter takich zgrupowań i brak sukcesu związanego z podjętymi działaniami rekultywacyjnymi. Na obszarach ze spontaniczną sukcesją, zgrupowania biegaczowatych przyjmują wzór uporządkowania odpowiadający segregacji gatunków, co wiąże się z występowaniem

zależności międzygatunkowych np. konkurencji. Taki typ charakterystyczny jest dla niezaburzonych ekosystemów leśnych.

7. Wykazałam użyteczność wskaźnika średniej biomasy osobniczej (SBO) zgrupowań biegaczowatych w ocenie tempa i efektywności regeneracji ekosystemów postindustrialnych. Na obszarach odtwarzających się spontanicznie zanotowałam większy wzrost wskaźnika SBO w gradiencie czasu, co wskazywać może także na lepszą kondycję rozwijających się w tych warunkach drzewostanów. Natomiast niskie zawartości SBO na obszarach rekultywowanych metodą nasadzeń świadczyć mogą o zmianach regresyjnych zachodzących w zgrupowaniach biegaczowatych oraz niskim stanie biomasy producentów względem wieku drzewostanów.
8. Uzyskane z cyklu publikacji wyniki jasno wskazują, że kształtowanie ekosystemów jest procesem skomplikowanym i trudnym, w którym kluczową rolę odgrywają elementy biologiczne podłoża/gleby. Zabiegi rekultywacyjne pomijające ten element mogą nie być efektywne, a funkcjonalność regenerujących się ekosystemów nie może osiągnąć wysokiego poziomu, nawet pomimo długiego okresu czasu. Warto również zwrócić większą uwagę na procesy samoistnego odtwarzania, które w przyszłości stać się mogą dobrą alternatywą dla rekultywacji, szczególnie w przypadku obszarów, gdzie głównym celem ma być odtworzenie różnorodności biologicznej.

6. Omówienie pozostałych osiągnięć w działalności naukowo-badawczej

6.1 Przebieg pracy naukowej przed uzyskaniem stopnia doktora

Moje zainteresowania badawcze przed uzyskaniem stopnia doktora koncentrowały się głównie na określeniu czynników środowiskowych kształtujących środowiska nadrzeczne. Była to kontynuacja tematyki badawczej, którą rozpoczęłam w ramach pracy magisterskiej. Badania prowadziłam na terenach nadrzecznych dwóch potoków górskich: Ochotnica oraz Porębianka (zał. 4: D.18, D.19, B1.24, B2.21 - B2.24). Testowałam zmiany struktury biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) w zależności od przepływu brzegowego oraz starałam się określić rolę zaburzeń naturalnego przepływu brzegowego, związanego z regulowaniem koryt rzecznych w kształtowaniu się środowisk od wód zależnych. Natomiast wartości przepływu wyznaczone zostały na podstawie analizy parametrów abiotycznych i obliczone za pomocą metod Wołoszyna i Woodyera. W badaniach prowadzonych na potoku Ochotnica skupiałam się głównie na parametrze wielkości ciała chrząszczy oraz parametrach opisujących różnorodność, które stanowiły dobre wskaźniki odzwierciedlające

przystosowanie tych organizmów do dynamiki przepływu (zał. 4: D.19). Natomiast w badaniach na potoku Porębianka analizowany był ponadto skład gatunkowy oraz jego uporządkowanie w zależności od typu koryta rzecznej (zał. 4: D.18). Otrzymane wyniki wskazywały na istotny wpływ przepływu brzegowego oraz struktury roślinności nadrzecznej na zgrupowania Carabidae. Efekt związany z zaburzeniem przepływu brzegowego, szczególnie wyraźny był w trakcie analizowania rozkładu wielkości ciała chrząszczy. Na terasie zalewowej zlokalizowanej najbliżej lustra wody dominowały gatunki o najmniejszych rozmiarach ciała, natomiast w miarę oddalania się od linii brzegowej wzrastała liczebność gatunków większych. Wykazałam zatem, że parametr ten (jako indeks biotyczny) może mieć duże znaczenie indykacyjne dla określania frekwencji zalewów rzek. Stwierdziłam także, że wyeliminowanie sezonowych wahań związanych z naturalną dynamiką rzeki, np. poprzez regulowanie koryta rzeki, prowadzi do zubożenia fauny nadrzecznej oraz spadku ogólnej różnorodności tych terenów.

6.2 Przebieg pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora kontynuowałam rozpoczęty wcześniej wątek badawczy, ale także w związku z rozpoczęciem pracy w Katedrze Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie poszerzyłam swoje zainteresowania naukowe o nowe kierunki badawcze. W moim dorobku naukowym mogę wyróżnić następujące zagadnienia:

- Biegaczowate jako bioindykatory zmian w środowiskach nadrzecznych,
- Różnorodność biologiczna w krajobrazie górskim,
- Biegaczowate jako wskaźniki zanieczyszczenia lasów metalami ciężkimi,
- Oddziaływanie metali ciężkich na rośliny i zwierzęta w agrocenozach,
- Charakterystyka elementów ekologicznych na terenach przemysłowych,
- Inne.

Biegaczowate jako bioindykatory zmian w środowiskach nadrzecznych

Wyniki badań, które realizowałam w ramach pracy doktorskiej pozwoliły na dalsze rozwijanie tego tematu, co zaowocowało opracowaniem wielu publikacji naukowych (zał. 4: A.4, A.5, A.6, D.11, D.12, D.13, D.15 D.26) oraz zaprezentowaniem wyników na konferencjach krajowych i międzynarodowych (zał. 4: B1.1 - B1.3, B1.5, B1.6, B1.11, B1.15, B1.18, B1.20-B1.23, B2.1, B2.11, B2.15, B2.16, B2.18-B2.20). Wykazałam w nich

użyteczność fauny Carabidae, spełniającej rolę bioindykatora zmian środowiskowych w terenach nadrzecznych. W pracy **D.15** scharakteryzowane zostały parametry struktury chrząszczy z rodziny biegaczowatych, które zebrane zostały z powierzchni nadrzecznej potoku Ochotnica. Rozłożenie pułapek w gradiencie odległości od lustra wody korelowało z frekwencją zalewania tych powierzchni. Wyniki wskazały, iż w miarę oddalania się od poziomu lustra wody warunki środowiskowe ulegają stabilizacji, co widoczne jest także w zmianie składu gatunkowego i różnorodności chrząszczy. Im dalej od linii brzegowej tym większy był również wskaźnik SBO (średniej biomasy osobniczej), a zgrupowania przybierały charakter leśny. W pracy **D.11** wyróżnione zostały gatunki charakterystyczne dla brzegów z wykształconymi łachami żwirowymi, natomiast w przypadku przekrojów poddanych regulacjom wyłoniono gatunki, które dominowały w całym gradiencie brzegowym. Wyniki ukazały iż regulacje koryt rzecznych poprzez obniżenie częstotliwości zalewania stref brzegowych lub ich wyeliminowanie, prowadzą do poważnych zmian parametrów morfologicznych, które kreują specyficzne siedliska nadrzeczne. Szczególnie dotyczy to siedlisk zlokalizowanych najbliżej linii brzegowej, w których występuje wiele gatunków pełniących kluczowe role w zapewnianiu łączności ekosystemów lądowych i wodnych.

Jednym z dotkliwszych skutków regulacji koryt oraz eksploatacji materiału żwirowego jest zjawisko wcinania się rzek w wyniku erozji dna koryta. Powoduje ono zwiększenie zdolności transportowej przenoszonych w obrębie koryta przepływów wezbraniowych, a w rezultacie prowadzi do zaniku możliwości akumulacji aluwii w pogłębionym korycie. Z czasem wcięta rzeka staje się zamkniętym systemem trwale oddzielnym od doliny. Wpływa to szczególnie niekorzystnie na bioróżnorodność obszarów nadrzecznych. Wpływ wcięcia się rzek, spowodowany pracami regulacyjnymi na strukturę zgrupowań biegaczowatych badałam jako współautor w trzech systemach rzek karpackich: Białego Dunajca, Czarnego Dunajca oraz Białki (**zał. 4: A.6, D.26**). Rzeki te charakteryzowały się występowaniem odcinków z pionową stabilnością brzegów oraz odcinków wciętych. Badania prowadzone były w sumie w 25 przekrojach, z czego 14 stanowiło przekroje pionowo stabilne, a 11 przekrojów było wciętych. W każdym z przekrojów założono pułapki do połowy chrząszczy, które rozmieszczono w trzech transektach na różnej wysokości ponad zwierciadłem niskiej wody. Ponadto dla każdego stanowiska określone zostały parametry środowiskowe charakteryzujące jego położenie w krajobrazie górskim badanego regionu, geometrię koryta, cechy hydromorfologiczne i lokalizację w obrębie przekroju. Wyniki wykazały, iż wcięcie się rzek górskich istotnie

wpływa na różnorodność i skład gatunkowy biegaczowatych oraz różnorodność funkcjonalną zespołów nadrzecznych. Charakterystyka zgrupowań pod kątem grup ekologicznych (wielkość ciała, siła dyspersji, preferencje pokarmowe, rodzaj cyklu rozwojowego) okazała się być dobrym wskaźnikiem odzwierciedlającym kierunek i siłę oddziaływania procesu wcinania na ekosystem nadrzeczny. Na najniższych powierzchniach badawczych o charakterze wcinanym, zalewanych średnio raz w roku zanotowano mniejsze liczebności biegaczowatych, opisywanych w literaturze jako nadrzeczni specjaliści środowiskowi, czyli drapieżnych chrząszczy o niewielkich rozmiarach ciała i zdolności do aktywnego lotu, składających jaja wiosną. Wskazuje to na hydromorfologiczną degradację badanych rzek. Na podstawie otrzymanych wyników wykazałam, iż istotnym elementem skutecznej ochrony zagrożonych nadrzecznych zespołów organizmów powinny być działania ograniczające lub eliminujące wcinanie się rzek.

Dlatego też w następnej kolejności skupiłam się na określeniu efektywności stosowanych w korytach i dolinach rzecznych zabiegów rewitalizacyjnych, mających na celu przywrócenie naturalnej różnorodności morfologicznej oraz biologicznej silnie przekształconym systemom rzeczonym (zał. 4: A.5). Dzięki odtworzeniu szerokiego korytarza nieskrępowanego przepływu obserwuje się spadek prędkości przepływu wody w korycie, wznowienie naturalnego rytmu przepływu i procesów redepozycji, które są kluczowe dla różnorodności siedliskowej na brzegach. W celu wyeliminowania negatywnych skutków jakie niesie proces wcinania koryta (głównie związany z prędkością) wykorzystuje się techniki przyjazne naturze w postaci naturalnych umocnień, wykonanych z kamieni lub drewna np. narzuty kamienne, gabiony, bystrza o zwiększonej szorstkości. Tego typu budowle poprzez obniżenie parametrów hydraulicznych, takich jak przepływ brzegowy i prędkość wody, zwiększają szorstkość dna koryta oraz wznawiają sedymentację materiału dennego. W efekcie odtwarzane są wzdłuż linii brzegowej obszary żwirowiskowe, będące siedliskiem wielu cennych gatunków. Głównym celem badań było sprawdzenie czy zastosowanie technik przyjaznych naturze w korycie rzeki przyczyni się do odbudowania wysokiej różnorodności środowisk łąch żwirowych. Ponadto testowano użyteczność wykorzystania parametrów opisujących funkcjonalność zgrupowań Carabidae jako wskaźników tempa i efektywności odtwarzania się ekosystemów nadrzecznych. Badania prowadzone były w 10 przekrojach na potoku Porębianka, który od XIX wieku poddawany był silnym przekształceniom. Intensywnie prowadzone prace regulacyjne, poprzez zwężanie oraz prostowanie koryta potoku doprowadziły do procesu wcinania i znacznej homogenizacji siedliskowej. W 2004 roku w niektórych odcinkach potoku zastosowano rozwiązania przyjazne naturze, mające

zapobiegać dalszemu wcinaniu się koryta oraz poprawić jakość środowiska. Zgodnie z założeniami pracy w odcinkach, gdzie wykonano takie rozwiązania, zanotowano co prawda większy udział gatunków biegaczowatych o wyspecjalizowanych cechach ekologicznych (np. *Chlaenius nitidulus*, *Bembidion varicolor*, *B. fasciolatum* czy *B. flavipes*), jednakże tempo ich kolonizacji na odtwarzających się łachach żwirowych było bardzo powolne. Jako przyczynę można wskazać użytkowanie całej doliny zalewowej, które uniemożliwiło odtworzenie szerokiego koryta wielonurtowego, z dużą ilością łach żwirowych. Z powodu gęstej zabudowy mieszkalnej i liniowej lub użytkowania rolniczego terenów wzdłuż Porębianki, koryto potoku pozostało jednonurtowe i wąskie, a zakres rewitalizacji obejmował jedynie jego aktywną część. Ponadto silne przekształcenie niemal całego badanego potoku mogło spowodować utratę naturalnych odcinków cechujących się wysoką różnorodnością biologiczną, które mogłyby stanowić refugia i "źródła" gatunków migrujących w strefy odtwarzane.

Kolejną pracę poruszającą temat związany z odtwarzaniem się różnorodności biologicznej w ekosystemach nadrzecznych wykonałam we współpracy z pracownikami Instytutu Ochrony Przyrody PAN w Krakowie (zał. 4: A.4). Włączając się w projekt badawczy "Tarliska Górnej Raby", którego celem była inwentaryzacja fauny bezkręgowców lądowych z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae) brałam udział w badaniach prowadzonych na żwirowiskach w 12 przekrojach zlokalizowanych na rzece Raby. Sześć przekrojów określono jako swobodne, ponieważ występowała tam dynamiczna migracja koryta, natomiast kolejnych sześć stanowiło przekroje skrzepowane zabudową regulacyjną. Wyniki wskazały na wyraźne różnice w liczebnościach gatunków dominujących w zależności od typu koryta. W odcinkach swobodnych wysoką liczebność miały *Bembidion decorum*, *B. cruciatum*, *B. testaceum*, *B. ascedens*, *B. monticola* i *Paranichus albipens*, których udział istotnie statystycznie spadał w przekrojach skrzepowanych. Są to gatunki posiadające szereg cech ekologicznych umożliwiających im przystosowanie do dynamicznego środowiska, jakie cechuje często zalewane łachy żwirowe (np. małe rozmiary ciała lub duża siła dyspersji). Na wyraźne powiązanie kondycji zgrupowań biegaczowatych z szerokością koryta rzeki wskazują także wyniki analizy redundancji, gdzie szerokość strefy aktywnej rzeki była parametrem w sposób istotny opisującym zróżnicowanie liczebności i liczby gatunków w badanych przekrojach. Istotnymi czynnikami opisującymi zróżnicowanie badanych parametrów zgrupowań biegaczowatych były obok szerokości strefy aktywnej rzeki, także średnie uziarnienie punktów pomiarowych oraz średni stopień pokrycia punktów pomiarowych roślinnością. Wynik taki wskazuje, że dla dobrego stanu chrząszczy

biegaczowatych kluczowy jest nie tyle fakt zainicjowania swobodnego kształtowania koryta rzeki, lecz jego dalsze skutki przejawiające się znacznym poszerzeniem koryta i wzrostem powierzchni łąch żwirowych i ich uziarnieniem oraz wzrostem zróżnicowania warunków siedliskowych.

W polskiej części Karpat, doliny rzeczne stanowią często wybierane miejsce dla turystyki i rekreacji. W pracach **D.12 i D.13** starałam się określić czy takie aktywności mają wpływ na stan środowiska przyrodniczego oraz różnorodność biologiczną kształtującą się wzdłuż brzegów rzeki. Jako grupę modelową wybrano chrząszcze z rodziny biegaczowatych (**zał. 4: D.12**) oraz wykonano waloryzację środowiska w oparciu o metodę bonitacji sieci pól podstawowych (**zał. 4: D.13**). W pierwszej pracy w wybranym odcinku badawczym rzeki Raby (zlokalizowanym pomiędzy ujściem Lubieńki w Lubniu, a ujściem Trzebuńki w Stróży), przekroje badawcze podzielone zostały na dwa główne typy. Pierwszy typ obejmował przekroje z wyraźnie zaznaczoną antropopresją, zarówno w obrębie aktywnego koryta jak i strefy nadrzecznej, który określono jako obszar o niskiej atrakcyjności turystycznej. Drugi typ natomiast obejmował przekroje o charakterze naturalnym, przez co został sklasyfikowany jako obszar turystycznie atrakcyjny. W każdym przekroju badawczym materiał biologiczny zbierany był z osadów aluwialnych, w bezpośrednim sąsiedztwie wody. Analizowano ogólne parametry zgrupowań biegaczowatych i parametry zagęszczenia populacji poszczególnych gatunków w każdym z typów przekroi. Wyniki wykazały, iż w obszarach sklasyfikowanych jako atrakcyjne turystycznie parametry te mają wyższe wartości niż w przypadku odcinków mocno przekształconych. Wyniki badań podkreślają istotę i cenność nieprzekształconych terenów nadrzecznych, które stanowią nie tylko heterogenne środowiska życia dla wielu organizmów, ale także swoiste enklawy zieleni, pozbawione sztucznych i surowych elementów infrastruktury, przez co ich potencjał turystyczny wzrasta. Wydaje się to być szczególnie ważne w przypadku górnego odcinka Raby, gdzie prowadzone były badania, głównie z powodu, iż są to jedne z najpopularniejszych miejsc wypoczynku i rekreacji krótkoterminowej oraz weekendowej. W drugiej pracy (**zał. 4: D.13**) została wykonana ocena walorów turystycznych środowiska przyrodniczego rezerwatu krajobrazowego Dolina Raclawki dla potrzeb turystyki i rekreacji oraz porównanie wyników tej oceny z aktualnym przebiegiem szlaków turystycznych i ścieżek dydaktycznych w rezerwacie. W ocenie kierowano się następującymi kryteriami: występowanie ciekawych utworów skalnych i form rzeźby, występowanie wód powierzchniowych, zróżnicowanie zbiorowisk roślinnych oraz zgrupowań chrząszczy z rodziny Curculionidae i Carabidae. Na podstawie przeprowadzonej oceny wykazano, iż przeważająca część obszaru rezerwatu

krajobrazowego Dolina Raclawki stanowi tereny o wysokich walorach turystycznych i rekreacyjnych, głównie z uwagi na zróżnicowaną budowę geologiczną oraz rzeźbę terenu, ale także znaczny udział gatunków chronionych i rzadkich wśród roślin i zwierząt.

Różnorodność biologiczna w krajobrazie górskim

Badania w ramach wskazanej powyżej tematyki realizowałam we współpracy z pracownikami Uniwersytetu Jagiellońskiego (zał. 4: D.17) oraz Gorczańskiego Parku Narodowego. Włączając się w projekt badawczy dotyczący monitoringu polan reglowych w Gorczańskim Parku Narodowym brałam udział w pracach terenowych oraz opracowaniu publikacji naukowych (zał.4: D.16, D.21 i D.22), jak i prezentowałam otrzymane wyniki na konferencjach naukowych (zał. 4: B1.12, B1.13, B2.6, B2.17). W pracach skupiono się głównie na zbadaniu zespołów bezkręgowców występujących w obszarach górskich, cechujących się wysoką różnorodnością siedliskową. Celem było także określenie czynników środowiskowych oraz wpływu sposobu użytkowania polan reglowych na zgrupowania chrząszczy. Na podstawie analizy parametrów środowiskowych (pH, zawartości C, N, oceny tempa dekompozycji oraz analizy profilu glebowego i struktury roślinnej) wyróżnione zostały czynniki najsilniej wpływające na zgrupowania Carabidae (zał. 4: D.17). Były to wysokość, ekspozycja oraz stadium sukcesji. W gradiencie tych czynników udało się wyłonić trzy grupy gatunków. Pierwsza, skorelowana z siedliskami zlokalizowanymi najwyżej w gradiencie wysokości, obejmowała w większości edemity karpackie (*Carabus obsoletus*, *Pterostichus jurinei*), druga grupa obejmowała głównie gatunki leśne z rodzaju *Carabus* i *Pterostichus*. Natomiast trzecią grupę tworzyły gatunki preferujące półnaturalne, otwarte siedliska (*Pt. melanarius*, *Pseudoophonus rufipes*, *C. cancelatus*). Wyniki te podkreśliły wyraźne zróżnicowanie w gradiencie wysokościowym gatunków chrząszczy, co związane jest z oscylacjami klimatycznymi charakteryzującymi krajobrazy górskie. Amplituda zmian klimatycznych stanowi kluczowy czynnik decydujący o różnorodności biologicznej w obszarach górskich. Jak wykazały wyniki badań jest to szczególnie istotne dla górskich, endemicznych gatunków zamieszkujących strefy najwyższe, dla których utrata siedlisk na skutek zmian klimatycznych stanowi bardzo duże zagrożenie wyginięciem.

Kolejnym bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na różnorodność biologiczną obszarów górskich jest ich forma użytkowania. W pracach D.21 i D.22 określono wpływ tradycyjnie prowadzonego wypasu oraz koszenia na zgrupowania wielogatunkowe chrząszczy roślinożernych z nadrodziny ryjkowców, natomiast w pracy D.16 podjęto próbę wyłonienia parametrów środowiskowych, które wpływają na różnorodność biologiczną występujących

tam organizmów. Polany gorczańskie użytkowane były jako pastwiska już w średniowieczu, a wytworzone pod wpływem wypasu zespoły roślin i zwierząt charakteryzują się wysoką różnorodnością oraz walorami krajobrazowymi i przyrodniczymi. Stąd też zrodziło się pytanie, czy należy utrzymywać zabieg wypasania i koszenia, czy też może pozostawić te tereny procesom sukcesji? Badania prowadzone były na polanach Gorczańskiego Parku Narodowego, gdzie wybrane zostały powierzchnie z prowadzonym zabiegiem ochrony czynnej oraz powierzchnie kontrolne. Otrzymane wyniki wskazują bardzo wyraźnie, że stosowane zabiegi wypasu i koszenia wpływają pozytywnie, zarówno na liczebność jak i różnorodność zgrupowań owadów. Bogactwo gatunkowe roślinożernych ryjkowców było ściśle powiązane ze stadium sukcesyjnym ekosystemu nieleśnego. Zarastanie polan przez *Vaccinium myrtillus* powodowało, nie tylko zubożenie florystyczne, ale także wyraźny spadek różnorodności gatunkowej chrząszczy. Zatem chcąc utrzymać wysoką różnorodność biologiczną polan powinno prowadzić się ekstensywny wypas kulturowy, który nie tylko zwiększa żyzność polan ale także przyczynia się do podniesienia walorów kulturowych, krajobrazowych oraz turystycznych Gorczańskiego Parku Narodowego.

Biegaczowate jako wskaźniki zanieczyszczenia lasów metalami ciężkimi

Chrząszcze wykorzystywałam także jako bioindykatory zanieczyszczeń środowiska przez metale ciężkie. Były to badania prowadzone głównie we współpracy z pracownikami Uniwersytetu Jagiellońskiego (zał. 4: A.1, A.7 i D.20 oraz zał. 4: B1.7, B1.17, B2.10). Kompleksowe oddziaływanie metali ciężkich jest trudne do określenia ze względu na dużą złożoność ekosystemów oraz zróżnicowaną amplitudę zaburzeń. Dlatego tak ważny jest wybór odpowiednich bioindykatorów. Do badań wybranych zostało 16 rodzin chrząszczy (Anthicidae, Aphodiidae, Cermbycidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Cryptophagidae, Elateridae, Geotrupidae, Histeridae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae, Tenebrionidae, Curculionidae, oraz Carabidae). Szczególnie chrząszcze biegaczowate poprzez różnorodność funkcjonalną oraz strukturalną stanowią sprawdzoną w warunkach laboratoryjnych i naturalnych grupę modelową reagującą na skażenie środowiska. Celem badań było wykazanie wpływu zanieczyszczenia gleb przez metale ciężkie na funkcjonalność ekosystemu leśnego (na podstawie analizy 16 rodzin chrząszczy, zał. 4: D.20) oraz wskazanie parametrów struktury zgrupowań biegaczowatych, które w największym stopniu opisują negatywne oddziaływanie metali ciężkich (zał. 4: A.7). Ponadto ocenie poddano wzór współwystępowania biegaczowatych oraz parametr wielkości ciała biegaczowatych (zał. 4: A.1) w gradiencie skażenia. Badania prowadzone były w lasach (*Pino-Qercetalia*) w trzech

regionach Europy: w okolicach Głogowa (huta miedzi), Olkusza (huta cynku i ołowiu) oraz Clydach w Walii (huta niklu). Wytypowano gradient skażenia skorelowany z odległością od źródeł emisji zanieczyszczeń, w którym zbierano chrząszcze. W badaniach zanotowano zmianę w składzie gatunkowym oraz parametrach opisujących zgrupowania chrząszczy w zależności od stopnia skażenia gleby. Bogactwo gatunkowe, liczebność, biomasa i wskaźnik SBO były mniejsze na terenach skażonych, a wzór współwystępowania przyjmował układ przypadkowy, co świadczyć może o zaburzeniach interakcji międzygatunkowych (np. zależności konkurencyjnych) i słabej funkcjonalności całego ekosystemu. Analizując skład gatunkowy biegaczowatych w badanym gradiencie zanieczyszczenia, zaobserwowano wymianę gatunków dominujących w poszczególnych stanowiskach. Gatunki dominujące w niezaburzonych warunkach, wykorzystujące w sposób zmaksymalizowany zasoby środowiskowe np. *Carabus glabratus*, *C. violaceus*, *C. auronitens* czy *Abax parallelepipedus*, były zastępowane przez gatunki o większej plastyczności ekologicznej (*Pterostichus niger*, *Pt. oblongopunctatus*, *C. arcensis*), które w środowisku skażonym muszą wydatkować więcej energii na procesy detoksykacyjne.

Oddziaływanie metali ciężkich na rośliny i zwierzęta w agrocenozach

Kontynuując zainteresowanie nad wpływem metali ciężkich na jakość środowiska przyrodniczego włączyłam się do badań prowadzonych przez pracowników Katedry Ekologii Klimatologii i Ochrony Powietrza, w której jestem obecnie zatrudniona. Ponieważ zanieczyszczenie środowiska metalami ciężkimi jest jednym z ważniejszych zagrożeń dla zdrowia ludzi, badaniami objęte zostały różne gatunki roślin i zwierząt w agrocenozach. Do organizmu człowieka metale ciężkie dostają się przez skórę, są wdychane lub spożywane właśnie z produktami roślinnymi lub zwierzęcymi. W wyniku przeprowadzonych badań otrzymano wyniki, które zostały opublikowane w formie artykułów naukowych oraz zaprezentowane na konferencjach międzynarodowych i krajowych (zał. 4: **B1.9, B2.3 - B2.5, B2.13**). W pracach **D.5, D.7 i D.10**, skupiono się na gatunkach roślin i zwierząt, które zajmują ważną pozycję w produkcji rolniczej Polski, tj. uprawie pietruszki (*Petroselinum crispum*) i tytoniu szlachetnego (*Nicotina tabacum* L.) oraz hodowli kozy domowej (*Capra hircus*) oraz owcy domowej (*Ovis aries*). Próby roślin pobierano z pól uprawnych lub ogrodów przydomowych, natomiast materiał zwierzęcy (wybrane organy: wątroba, nerki i sierść) pozyskano *post mortem* z osobników należących do jednej płci i wieku, rozwijających się w takich samych warunkach oraz karmionych takim samym pokarmem. W tej samej lokalizacji co próby materiału biologicznego pobrano także próby materiału glebowego pod kątem

zawartości wybranych metali ciężkich. Do oceny zawartości pierwiastków śladowych w glebie wykorzystano zintegrowany współczynnik zanieczyszczenia (Integrated Pollution Index, IPI). Otrzymane wyniki wykazały zróżnicowanie w zawartościach Cd, Pb, Zn i Cu w glebie i częściach roślin uprawnych w zależności od lokalizacji stanowiska badawczego, oraz korelacje pomiędzy stopniem zanieczyszczenia gleb a zawartościami poszczególnych pierwiastków śladowych w badanych roślinach. Zanotowano również wyższe zawartości ołowiu oraz kadmu w tkankach zwierząt hodowanych w regionach o wysokiej antropopresji (emisje z dzielnicy Krakowa - Nowa Huta), w porównaniu do zwierząt hodowanych w bardziej naturalnych obszarach (Rożniatów). Badania te podkreśliły przydatność wybranych roślin i zwierząt jako akumulatorów w ocenie stanu zanieczyszczenia agrocenoz.

Prace **D.4** i **D.8** poświęcone były analizom zawartości metali ciężkich (Cd, Pb, Zn i Cu) w kompostach wytwarzanych w różnych technologiach oraz w biomase wykorzystywanej na cele energetyczne. Kompostowanie znane już od dawna ze względu na wysoką jakość wytwarzanego w tym procesie nawozu organicznego, znalazło z czasem także zastosowanie w gospodarce odpadami. Uzyskane wyniki (**zał. 4: D.4**) wykazały, iż w większości przypadków wytwarzanie kompostów spełniających kryteria dla nawozów organicznych możliwe jest tylko z odpadów zbieranych selektywnie. Wpływ na jakość kompostów mają także rodzaj i jakość materiału wsadowego.

W kolejnej pracy **D.8** skupiono się głównie na analizie biomasy wykorzystywanej w energetyce zawodowej pochodzącej z wyłoków z oliwek, peletów z łuski słonecznika, peletów ze słomy, łupin orzecha palmowego oraz brykietu drzewnego pod kątem zawartości metali ciężkich. Wyniki ukazały, iż rodzaj analizowanej biomasy miał znaczący wpływ na zawartości badanych pierwiastków śladowych. Jest to szczególnie ważne, ponieważ właściwości chemiczne biomasy mają zasadniczy wpływ na skład emisji gazowych i pyłowych, jak i na utylizację popiołów. A energetyczne wykorzystanie biomasy będzie w najbliższych latach jednym z podstawowych sposobów osiągnięcia wymaganego udziału energii produkowanej ze źródeł odnawialnych.

Charakterystyka elementów ekologicznych na terenach przemysłowych

Wraz z rozpoczęciem badań na terenach przemysłowych w zakresie stanowiącym moje główne osiągnięcie naukowe, opisane szczegółowo w punkcie 4.3, włączyłam się także w badania środowiskowych elementów abiotycznych w obszarach o charakterze przemysłowym. Badania w tym zakresie prowadziłam we współpracy z pracownikami Katedry, w której jestem obecnie zatrudniona oraz pracownikami Katedry Inżynierii Wodnej i

Geotechniki Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Opublikowane prace (zał. 4: **A.3, D.1, D.2, D.6, D.9 i D.14**) oraz wyniki prezentowane na konferencjach naukowych (zał. 4: **B1.10, B2.8, B2.9 i B2.12**) stanowiły charakterystykę fizyko - chemicznych oraz geotechnicznych właściwości materiałów deponowanych na składowiskach odpadów przemysłowych, jak i wpływ tych obszarów na zespoły roślinne terenów sąsiednich. Badania prowadzone były na składowiskach przemysłowych: "Trzebionka S.A." w okolicach Trzebini oraz składowisku w Kopance koło Skawiny. Określono między innymi stabilność struktury składowiska, co jest bardzo istotne szczególnie w kontekście jego zagospodarowania, czy przyszłego użytkowania (**D.1**). Ponadto zbadano stopień izolacji deponowanego materiału od wód gruntowych (**D.1**). Wykazano brak zagrożenia zanieczyszczeniem metalami ciężkimi wód gruntowych. W pracach **A.3 i D.14** skupiono się na ocenie zawartości wybranych pierwiastków śladowych w roślinności porastającej składowiska odpadów przemysłowych. Natomiast w pracach **D.2, D.6 i D.9** analizowano stopień akumulacji metali ciężkich oraz charakter zespołów roślinnych zasiedlających tereny przyległe. Na podstawie otrzymanych wyników wykazano zróżnicowanie w zawartości metali ciężkich w zależności od badanego gatunku, stopnia akumulacji w poszczególnych organach (pędy, liście) ale także lokalizacji stanowiska badawczego (ekspozycja obwałowania oraz klasy wysokości) na składowisku i na terenach z nim sąsiadujących. Są to cenne informacje, które mogą być wykorzystane w planowaniu rekultywacji składowisk przemysłowych. Wykazano także, że skład gatunkowy zbiorowisk roślinnych w sąsiedztwie składowiska jest silnie zależny od warunków wilgotnościowych, które kształtują siedliska dla poszczególnych grup roślin. Zwrócono także uwagę, że brzoza brodawkowata (*Betula pendula* Roth) stanowi dobry hiperakumulator cynku, co potwierdza jej użyteczność w rekultywacji składowisk przemysłowych jak i obszarów przyległych.

Inne

Do mojego dorobku naukowego mogę dołączyć także inne prace badawcze, które prowadziłam w wyniku nawiązania współpracy z jednostkami naukowymi lub samorządowymi (zał. 4: **A.8, D.3, D.23, zał.5: B1.14, B2.7**).

W ramach współpracy z gminą Trzebinia uczestniczyłam w pracach nad projektem "Rewitalizacji zalewu Chechło w Trzebini". Prace obejmowały badania uwarunkowań przyrodniczych i hydrotechnicznych rewitalizacji zbiornika wodnego Chechło, gdzie przeprowadziłam ocenę stanu ekologicznego zbiornika w oparciu o makrobezkręgowce wodne jako biowskaźniki. Efektem prowadzonych prac było opracowanie monograficzne, we współautorstwie pracowników Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu

Rolniczego w Krakowie oraz Uniwersytetu Śląskiego (**zał. 4: D.23**). W opracowaniu tym wykazałam istniejące zagrożenia dla jakości ekologicznej wód zbiornika Chechło oraz wskazałam obszary, w których powinno podjąć się działania na rzecz poprawy jego wartości przyrodniczej. Powinny się one opierać przede wszystkim na stworzeniu odpowiednich warunków siedliskowych, zarówno dla rozwoju roślinności naturalnej i półnaturalnej, co w konsekwencji przyczyni się do zwiększenia różnorodności biologicznej fauny wodnej zbiornika. W kolejnej pracy dotyczącej zbiorników wodnych zbadano jakość osadów dennych pod kątem zawartości metali ciężkich (**zał. 4: D.3, B2.7**). Jest to kolejny czynnik (oprócz dostępności siedliska) bardzo silnie wpływający na ekosystem wodny. Szczególnie w obszarach silnie zurbanizowanych zanieczyszczenia deponowane są w osadach dennych w dużych ilościach, prowadząc nierzadko do degradacji środowiska przyrodniczego. Badania prowadzone były w Zalewie Nowohuckim w Krakowie i wykazały przekroczenie wartości tła geochemicznego dla osadów wód powierzchniowych Polski, co uniemożliwiło jego wykorzystanie do nawożenia gleb ornych.

Inna praca badawcza powstała w wyniku nawiązania współpracy z Katedrą Roślin Warzywnych i Zielarskich, Wydziału Biotechnologii i Ogrodnictwa Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Badania dotyczyły określenia wpływu zastosowania etefonu na plonowanie i strukturę plonu oraz jakość owoców wybranych odmian pomidora gruntowego (**zał. 4: A.8, zał. 4: B1.14**). W pracy wykazany został korzystny wpływ etefonu zastosowanego w uprawie na ogólną wielkość plonu handlowego. Ponadto po zastosowaniu etefonu owoce dojrzewały szybciej niż w obiektach bez tego zabiegu, co skutkowało obniżeniem ilości owoców zapalnych, a zwiększeniem plonu handlowego.

Rozwijając swoją współpracę naukową włączyłam się także do badań prowadzonych przez pracowników Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego na temat wpływu sposobu regeneracji lasu na skład gatunkowy i parametry struktury zgrupowań biegaczowatych (Coeloptera, Carabidae) i pajaków (Araneae) (**zał. 4: A.2**). Porównaniu poddano stanowiska leśne regenerujące się w sposób naturalny, bez przygotowywania gleby, oraz stanowiska, gdzie wykonano orkę. Wyniki badań wykazały, iż naturalna regeneracja lasu jest najbardziej korzystnym procesem odtwarzającym wysoką różnorodność drapieżnych chrząszczy i pajaków. Ponadto wykazano także, że zabieg orki stanowić może czynnik zaburzający zgrupowania biegaczowatych i pajaków, prowadzący do wymiany gatunków leśnych na gatunki siedlisk otwartych, co w efekcie prowadzić może do obniżenia się funkcjonalności ekosystemów leśnych.

6.3 Udział w projektach badawczych

Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora uczestniczyłam jako wykonawca w projekcie dotyczącym monitoringu polan reglowych w Gorczańskim Parku Narodowym (2010 r.). Natomiast po uzyskaniu stopnia naukowego doktora byłam kierownikiem 4 projektów badawczych z dotacji celowej na prowadzenie badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich finansowanych w trybie konkursowym UR. Byłam także autorem głównym 2 wniosków grantowych do NCN: Sonata 12 i Miniatura 2, które nie zostały przyjęte do finansowania oraz wykonawcą projektu BiodivScen, w ramach konkursów międzynarodowych organizowanych przez Narodowe Centrum Nauki we współpracy z konsorcjami międzynarodowymi (Polska, Rumunia, Słowacja), który także nie uzyskał finansowania. Ponadto uczestniczyłam jako wykonawca w projekcie finansowanym przez fundusze szwajcarskie (Swiss Contribution) pt: "Inwentaryzacje przyrodnicze KIK/37 Tarliska Górnej Raby", który realizowany był w latach 2012-2013 oraz 2014-2015. W ramach współpracy z praktyką byłam ekspertem zewnętrznym w projekcie "Wdrożenie metody szacowania przepływów środowiskowych w Polsce", dotyczącym opracowania II aktualizacji programu wodno - środowiskowego kraju i gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy wraz z dokumentami planistycznymi stanowiącymi podstawę do ich opracowania, który realizowany był w latach 2017-2018. (zał. 4).

6.4 Staże zagraniczne

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora odbyłam 2 staże naukowe, w celu podnoszenia swoich kwalifikacji oraz nawiązania szerszej współpracy naukowej. Był to dwutygodniowy (05-18.02. 2018r.) staż naukowy na Uniwersytecie Warmińsko - Mazurskim w Olsztynie oraz dwumiesięczny staż naukowy na Uniwersytecie w Zagrzebiu (27.08-26.11. 2018r.) (zał. 4).

6.5 Recenzje artykułów naukowych

Wykonałam 12 recenzji artykułów naukowych dla czasopism z listy A MNiSW (*PlosOne* - 40 pkt, *IF=2,766*- 1 recenzja) oraz z listy B (*Acta Scientiarum Polonorum series*

Administration Locorum- 1 recenzja, Baltic Journal of Coleopterology- 3 recenzje, Journal of Ecological Engineering- 2 recenzje, Episteme- 5 recenzji) (zał. 4).

6.6 Ekspertyzy i opracowania na zamówienie

Byłam autorem następujących opracowań na zamówienie:

1. Kędzior R. 2017. Ocena oddziaływania na środowisko planowanej inwestycji przy ulicy Pychowickiej w Krakowie. Zakres prac: inwentaryzacja bezkręgowców w celu określenia wpływu realizacji planowanej zabudowy na inwentaryzowane organizmy.
2. Kędzior R. 2011. Ocena oddziaływania na środowisko planowanej inwestycji: Budowa drogi ekspresowej S - 69, odcinek węzeł "Mikuszowice" (Żywiecka - Bystrzańska) - Żywiec (km 9 + 100 do km 24 + 660). Zakres prac: inwentaryzacja i monitoring fauny bezkręgowcowej, w tym szczególnie gatunków chronionych.
3. Kędzior R. 2011. Inwentaryzacja przyrodnicza bezkręgowców - staw otoczony kompleksem drzewno-łąkowym w Krakowie przy ulicy Botewa. Cel praktyczny: wyznaczenie obszarów o charakterze użytków ekologicznych. Kraków.
4. Kędzior R. 2011. Inwentaryzacja przyrodnicza bezkręgowców - staw otoczony kompleksem drzewno-łąkowym w Krakowie przy ulicy Bełzy. Cel praktyczny: wyznaczenie obszarów o charakterze użytków ekologicznych. Kraków.
5. Kędzior R. 2010. Inwentaryzacja przyrodnicza projektowanego użytku ekologicznego "Las w Witkowicach", w zakresie bezkręgowców. Witkowice - Kraków.

6.7 Działalność organizacyjna, dydaktyczna i popularyzująca naukę

W ramach działalności organizacyjnej uczestniczyłam jako członek komitetu organizacyjnego dwóch konferencji naukowych (2010 i 2015 r.), oraz obecnie jestem zaangażowana w organizację XVI Sympozjum Polskich Karabidologów, które planowane jest na czerwiec 2019 roku. Aktywnie włączam się także w działalność organizacyjną na uczelni, w której pracuję. Należę do Rady Wydziału, zostałam także powołana jako członek Komisji do spraw parametryzacji Wydziału. Ponadto jestem odpowiedzialna za sprawozdawczość prac badawczych i naukowych w Katedrze Ekologii Klimatologii i Ochrony Powietrza, w której jestem obecnie zatrudniona. Od 2017 roku należę jako członek do Polskiego Towarzystwa Agronomicznego oraz od stycznia 2018 roku do Polskiego Towarzystwa Entomologicznego(zał. 4).

W zakresie popularyzacji nauki i dydaktyki prowadzę zajęcia dydaktyczne oraz opiekę nad pracami inżynierskimi i magisterskimi, działam także aktywnie jako opiekun Koła Naukowego Sekcji Sozologicznej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, którego studenci odnosili wiele sukcesów na poziomie uczelnianych Sesji Kół Naukowych, jak i Sesji ogólnopolskich i międzynarodowych. W 2018 roku prowadziłam zajęcia laboratoryjne i terenowe dla studentów zagranicznych, z Uniwersytetu Wisconsin, Stevens Point, USA w zakresie ekologii gleby oraz prowadzę regularnie zajęcia dla studentów z programu Erasmus. Ponadto prowadziłam dwukrotnie warsztaty ekologiczne dla uczniów szkół podstawowych, wykład na Uniwersytecie III wieku Politechniki Krakowskiej pt: "Ekologiczna ocena stanu środowiska", oraz wykład na spotkaniu Polskiego Towarzystwa Agronomicznego pt: "Biegaczowate (Coleoptera, Carabidae) jako bioindykatory zaburzeń w środowisku". Przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora brałam udział w przygotowaniu materiałów na Festiwal Nauki oraz byłam członkiem komisji w Małopolskiej Olimpiadzie Biologicznej w 2007 roku (**zał. 4**).

Renata Kędzior