



Lublin, 19 czerwca 2021 r.

dr hab. Małgorzata Wójcik, prof. UMCS
Katedra Fizjologii Roślin i Biofizyki
Instytut Nauk Biologicznych
Wydział Biologii i Biotechnologii
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
ul. Akademicka 19, 20-033 Lublin
tel. (081) 537 50 64
email: mwojcik@umcs.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej**Pani mgr Iryny Skrynetskiej****pt. „Monitoring i ocena ryzyka ekologicznego na terenach miejskich w oparciu o wybrane wskaźniki ekologiczne”**

wykonanej w Instytucie Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska
na Wydziale Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach
pod kierunkiem dr hab. Aleksandry Nadgórskiej-Sochy prof. UŚ

Działalność antropogeniczna, zwłaszcza wydobywanie surowców, rozwój przemysłu, komunikacji i urbanizacja prowadzą do bardzo silnego przekształcenia i zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Zmiany te są szczególnie dotkliwe w ekosystemach miejskich, gdzie dominują obiekty infrastruktury materialnej, a tereny nieprzekształcone lub w niewielkim stopniu przekształcone przez człowieka spotykane są jedynie na niewielkich obszarach objętych różnymi formami ochrony lub w parkach miejskich. Zanieczyszczenia gleby i powietrza bardzo niekorzystnie oddziałują na ożywione elementy środowiska, w tym na zdrowie człowieka. Dlatego niezwykle istotne jest monitorowanie stanu środowiska w ekosystemach miejskich oraz ocena ryzyka ekologicznego i zdrowotnego, a także wprowadzanie działań przeciwdziałających negatywnym skutkom antropopresji.

Celem badań przedstawionych w recenzowanej pracy doktorskiej było opracowanie wskaźników ekologicznych, pozwalających na ocenę zanieczyszczenia środowiska (powietrza i gleby) przez metale oraz oszacowanie ryzyka środowiskowego, a także wskazanie gatunków roślin odpowiednich w planowaniu zagospodarowania takimi zanieczyszczonymi terenami miejskimi. Uważam, że założone cele zostały w pełni zrealizowane, a uzyskane wyniki są wartościowe, nowatorskie i oprócz wartości poznawczej mają również aspekt praktyczny. Przeprowadzone badania i zaproponowane wskaźniki ekologiczne są zgodne ze standardami europejskimi i światowymi, i wpisują się w nurt działań na rzecz zrównoważonego rozwoju obszarów miejskich, określonych m.in. w dokumentach Komisji Europejskiej i Organizacji Narodów Zjednoczonych (np. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*).



Badania zostały przeprowadzone w pięciu miastach na południu Polski: Częstochowie, Gliwicach, Rudzie Śląskiej, Piekarach Śląskich i Lublińcu (jako teren referencyjny, o najniższym poziomie zanieczyszczeń), a dodatkowo w Ostrawie w Czechach, na zróżnicowanych pod względem zanieczyszczenia i antropopresji stanowiskach. Analizowano parametry fizykochemiczne gleb oraz aktywność enzymów glebowych, a także parametry biochemiczne i fizjologiczne (poziom proliny, chlorofilu, kwasu askorbinowego, aktywność peroksydazy gwajakolowej, względną zawartość wody i pH) w liściach trzech gatunków roślin: *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Plantago lanceolata*. Na podstawie wyników przeprowadzonych analiz wyznaczono szereg wskaźników ekologicznych:

- APTI (ang. Air Pollution Tolerance Index) – wskaźnik wrażliwości roślin na zanieczyszczenie powietrza,
- EF (ang. Enrichment Factor) – wskaźnik wzbogacenia,
- CF (ang. Contamination Factor) – wskaźnik zanieczyszczenia,
- PLI (ang. Pollution Load Index) – wskaźnik obciążenia zanieczyszczeniem,
- PER (ang. Potential Ecological Risk) – wskaźnik potencjalnego ryzyka ekologicznego,
- BCF (ang. Bioconcentration Factor) – wskaźnik biokoncentracji,
- HRI (ang. Health Risk Index) – wskaźnik ryzyka zdrowotnego.

W mojej ocenie, zarówno tematyka badawcza, jak również teren badań i gatunki roślin zostały dobrane właściwie.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia ogólnie przyjęte wymagania formalne stawiane pracom eksperymentalnym. Treść pracy, obejmującej 198 stron maszynopisu, została podzielona na siedem rozdziałów plus bibliografia, poprzedzonych wykazem używanych skrótów. Dokumentację pracy stanowią 52 ryciny (schematy, fotografie, mapy, wykresy), 19 tabel zamieszczonych w tekście oraz 11 tabel (nie uwzględnionych w spisie tabel) zamieszczonych w czterech załącznikach.

Rozdział pierwszy – „Wstęp” (nie uwzględniono numeru tego rozdziału) przedstawia zwięźle (2 strony manuskryptu) wprowadzenie do tematyki pracy doktorskiej. Przedstawiono w nim charakterystykę zanieczyszczeń w ekosystemach miejskich, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości gleby. Opisano również szereg parametrów biochemiczno-fizjologicznych w liściach roślin, które ulegają zmianom na skutek ekspozycji roślin na zanieczyszczenia atmosferyczne i glebowe, i które są powszechnie wykorzystywane do monitorowania zanieczyszczenia środowiska i określenia tolerancji roślin na takie zanieczyszczenia. Lektura tego rozdziału uświadamia logiczną konsekwencję podejmowanych badań i ich celowość.

Cel i zakres badań zostały szczegółowo opisane w rozdziale drugim, liczącym 5 stron. Autorka przedstawiła charakterystykę analizowanych wskaźników ekologicznych i uzasadniła wybór badanych gatunków roślin. Powołując się na dane literaturowe wskazała luki w badaniach zanieczyszczonych środowisk miejskich w odniesieniu do szacowania ryzyka ekologicznego i typowania gatunków wskaźnikowych. Jasno i precyzyjnie sformułowała główne cele badawcze oraz postawiła poprawne hipotezy badawcze.

Rozdział trzeci, zatytułowany „Przegląd literatury” (14 stron manuskryptu), prezentuje bardzo logicznie poprowadzoną i przejrzyste przedstawioną syntezę wiadomości, które stanowią



doskonałe wprowadzenie do badań prezentowanych w pracy. Autorka przedstawiła aktualny stan wiedzy dotyczącej stanu zanieczyszczenia oraz monitoringu powietrza pyłem w Polsce i na świecie, zanieczyszczenia środowiska pierwiastkami śladowymi oraz ich negatywnych konsekwencji dla funkcjonowania ekosystemów. Szczególną uwagę zwróciła na toksyczność metali w roślinach i roślinne mechanizmy tolerancji na metale, a także wyjaśniła pojęcie bioindykatora (gatunku wskaźnikowego) w kontekście wykorzystania parametrów opisujących tolerancję roślin na zanieczyszczenia pierwiastkami śladowymi do oceny stanu zanieczyszczenia środowiska. W dalszej kolejności przedstawiła charakterystykę trzech gatunków roślin wybranych do badań oraz metody wykorzystywane do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza i gleby metalami.

W liczącym 23 strony rozdziale „Materiał i metody”, Autorka szczegółowo opisała miejsca badań (po pięć stanowisk wyznaczonych na terenie sześciu miast zlokalizowanych na południu Polski i w Czechach) oraz schemat pobierania materiału glebowego i roślinnego do analiz. Bardzo dokładnie opisała procedury i metody badawcze, a także obliczenia wskaźników ryzyka ekologicznego. Tak precyzyjny opis pozwala na odtworzenie przeprowadzonych eksperymentów. Wskazuje również na wielki nakład pracy włożony w przeprowadzenie opisanych doświadczeń. Jedyna drobna uwaga dotycząca tego rozdziału dotyczy braku rozwinięcia skrótu MUB przy opisie analizy aktywności fosfatazy (str. 43). Przedstawiony sposób analizy statystycznej danych jest prawidłowy. Dobór zastosowanych metod badawczych jest jak najbardziej adekwatny do celów pracy.

Rozdział piąty – „Wyniki” stanowi najobszerniejszą, liczącą 67 stron część maszynopisu. Wyodrębniono w nim cztery podrozdziały, opisujące odpowiednio wyniki analiz glebowych, roślinnych, wskaźnika APTI oraz pozostałych wskaźników oceny ryzyka ekologicznego. Rozdział ten jest bardzo dobrą analizą uzyskanych danych i mimo wielości wyników jest napisany przejrzysto i logicznie. Liczne, czytelne i dobrze opisane tabele i wykresy ułatwiają analizę przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników.

Przy prezentacji tak licznych danych, Doktorantce nie udało się ustrzec kilku błędów i niedociągnięć, które zostały wymienione poniżej:

- w tabeli 14 (str. 112) zabrakło wyników analizy statystycznej dla wskaźnika APTI w miastach Lubliniec, Piekary Śląskie, Ruda Śląska i Gliwice;
- dobrze byłoby wyjaśnić w podpisach lub stopce do tabel 5-18 jakie wartości zaznaczono kolorem czerwonym, a jakie zielonym i konsekwentnie przestrzegać tych oznaczeń.

W rozdziale szóstym „Dyskusja wyników”, zestawiono omawiane wcześniej wyniki z danymi dostępnymi w literaturze. Za bardzo wartościowe uważam odniesienie analizowanych danych do obowiązujących aktów prawnych, jak również międzynarodowych standardów dotyczących procesu oszacowania ryzyka ekologicznego. Uważam, że dyskusja jest napisana w sposób bardzo dojrzały, bez zbędnych powtórzeń uzyskanych wyników. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością problematyki pracy i umiejętnością umiejscowienia własnych badań na tle literatury światowej, a co szczególnie istotne, w odniesieniu do badań, opracowań, raportów i wytycznych regionalnych, dotyczących województwa śląskiego. Aby lepiej zinterpretować uzyskane wyniki, Autorka powołała się w dyskusji na wyniki własne opublikowane w 6-autorskiej pracy w renomowanym czasopiśmie z listy JCR (Skrynetska i in. 2019, *Environmental Science and Pollution Research*). Na przykładowych zdjęciach ze



skaningowego mikroskopu elektronowego pokazała potencjał badanych gatunków roślin do zatrzymywania zanieczyszczeń pyłowych na powierzchni liści, a następnie podała wyniki mikroanalizy rentgenowskiej przedstawiające skład mineralny tych zanieczyszczeń na wybranych stanowiskach.

Rozdział siódmy – „Podsumowanie i wnioski” przedstawia potencjalne znaczenie uzyskanych wyników dla monitoringu środowiska miejskiego i tworzenia planów zagospodarowania terenów miejskich (np. tworzenie tzw. zielonych pasów). Doktorantka w sześciu punktach zebrała najważniejsze osiągnięcia przeprowadzonych badań. Moim zdaniem te podsumowania i wnioski są w czterech pierwszych punktach zbyt ogólne, jednak dwa ostatnie punkty doskonale podsumowują przeprowadzone badania.

Wykaz piśmiennictwa w przedstawionej do oceny pracy doktorskiej liczy 204 pozycje literatury, w znakomitej większości anglojęzycznej, w tym najbardziej aktualne publikacje z 2021 roku. Dobór pozycji literaturowych jest odpowiedni, bardzo dobrze powiązany z tematyką pracy.

Pracę zamykają cztery załączniki oraz spis tabel i rycin. W trzech pierwszych załącznikach w formie tabel przedstawiono szczegółowe wyniki analiz, które były prezentowane wcześniej w rozdziale opisującym wyniki jako wartości średnie lub w formie wykresów. Ostatni załącznik przedstawia klasyfikacje wybranych wskaźników na podstawie zakresów wartości wskazujących na różne poziomy zanieczyszczenia lub stopnie ryzyka ekologicznego. W pracy zamieszczono również streszczenie w języku polskim i angielskim.

Za najważniejsze osiągnięcia przedstawionej do oceny dysertacji doktorskiej uważam:

- zaproponowanie szeregu wskaźników oceny ryzyka ekologicznego, opartych na stosunkowo prostych analizach łączących w sobie badania materiału glebowego i roślinnego;
- dokonanie analizy stopnia zanieczyszczenia i ryzyka ekologicznego badanych terenów przy wykorzystaniu opisanych wskaźników i określenie, że największe zanieczyszczenie występuje na terenie Piekar Śląskich i niektórych stanowiskach w Rudzie Śląskiej i Gliwicach, gdzie dopuszczalne normy poziomów toksyczności w glebie i materiale roślinnym są znacznie przekroczone – są to tereny o wysokim i bardzo wysokim ryzyku ekologicznym;
- wykazanie, że głównym komponentem zanieczyszczenia środowiska są zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i opady pyłowe, wnoszące znaczne ilości toksycznych metali do organizmów roślinnych i całych ekosystemów;
- wykazanie, że wszystkie badane gatunki roślin mogą służyć jako biogeochemiczne indykatory stanu środowiska w odniesieniu do zanieczyszczeń pierwiastkami śladowymi, przy czym *Taraxacum officinale* jest gatunkiem najbardziej odpornym, a *Plantago major* – najbardziej wrażliwym na zanieczyszczenie środowiska metalami;
- zaproponowanie wykorzystania badanych gatunków roślin, jako akumulatorów pyłów na powierzchni liści, zwłaszcza w przypadku *Plantago major*, do tworzenia zielonej przestrzeni miejskiej.

Przy przygotowaniu tak rozległego opracowania nie udało się Doktorantce uniknąć kilku drobnych pomyłek i nieścisłości, jak również dosyć licznych błędów natury edytorskiej lub stylistycznej (literówki, podwójne spacje, nieprawidłowo umieszczone lub brakujące przecinki). Na przykład, na str. 28 przytoczono wyniki badań, z których wynika „... możliwość wykorzystania gatunków *Plantago* do fitoremediacji terenów zanieczyszczonych”. Ponieważ termin „fitoremediacja” jest bardzo szeroki i obejmuje kilka, czasami przeciwstawnych strategii



remediacji łożowiska, np. fitostabilizacja vs fitoekstrakcja, chciałabym dowiedzieć się, jakie Doktorantka zna strategie fitoremediacji i o którą konkretnie strategię chodziło w przytoczonym powyżej fragmencie.

Z obowiązku recenzenta podaję poniżej kilka przykładów innych błędów czy niedociągnięć w ocenianej pracy doktorskiej:

- brak wyjaśnienia niektórych skrótów, które pojawiają się po raz pierwszy w tekście (np. nazwy rodzajowe roślin: *Robinia pseudoacacia*, *Melandrium album* – błędna nazwa gatunkowa w tym drugim przypadku – str. 143);
- stosowanie nieprawidłowych jednostek (np. średnica cząstek pyłu 2,5 μ zamiast μm – str. 17; powinno być $\mu\text{g m}^{-3}$ w tabeli 1; jakie jednostki powinny wyrażać stężenia metali podane na str. 20? – w pracy błędnie podano $\mu\text{g/m}$);
- brak w spisie literatury niektórych pozycji cytowanych w tekście (np. Breathlife 2019, 2030 – str. 17);
- niejednolity styl cytowania literatury w tekście ('i inni' lub 'i in.', czasem 'and' zamiast 'i' w przypadku dwóch autorów publikacji) i w spisie literatury (pisownia skrótów lub całych nazw czasopism, podawanie danych bibliograficznych opatrzonych lub nie zwrotami t./V/Vol., nr./No/N, str./s/p/pp).

Wobec szerokiego zakresu prezentowanych badań, wartościowych wyników uzyskanych w pracy oraz rzetelnej dokumentacji, dyskusji i interpretacji uzyskanych wyników, przedstawione powyżej uwagi w żaden sposób nie umniejszają wartości całej pracy i nie mają istotnego znaczenia dla mojej wysokiej oceny rozprawy doktorskiej Pani mgr Iryny Skrynetskiej.

Podsumowując opinię stwierdzam, że Doktorantka znakomicie wywiązała się ze wszystkich zadań, jakie zostały postawione w celach pracy. Uzyskane wyniki mają szeroki zakres, są wartościowe i wnoszą istotny wkład w biomonitoring i ocenę ryzyka ekologicznego terenów miejskich w wybranych miastach województwa śląskiego i w Ostrawie w Czechach. Przy tak szerokim zakresie badań Doktorantka wykazała się pracowitością, adekwatnym warsztatem badawczym, a także umiejętnością starannej dokumentacji oraz poprawnej interpretacji uzyskanych wyników.

Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska spełnia wszelkie wymagania określone w art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 roku, poz. 1789) oraz w art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 roku, poz. 1669). W związku z powyższym, przedkładam Wysokiej Radzie Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony Środowiska Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach wniosek o dopuszczenie mgr Iryny Skrynetskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Małgorzata Wójcik

