

Recenzja pracy doktorskiej mgr Łukasza Radosza
pt. "Różnorodność taksonomiczna i funkcjonalna, jako czynniki determinujące
respirację podłoża w płatach spontanicznej roślinności na zwałach skały płonnej"

Wstęp

Recenzja dotyczy rozprawy doktorskiej mgr Łukasza Radosza wykonanej pod kierunkiem dr hab. Gabrieli Woźniak, prof. UŚ i promotora pomocniczego dr hab. inż. Dariusza Prostańskiego, prof. KOMAG. Materiał wykorzystany w recenzji obejmuje autoreferat doktoranta. Zawiera 112 stron formatu A4 i obejmuje charakterystykę zagadnienia: hipotezy badawcze, materiały i metody, uzyskane wyniki (kopie trzech artykułów naukowych), krytyczną dyskusję wyników i wyczerpujące streszczenie (również w języku angielskim).

Tryb postępowania nadania stopnia doktora, w tym w tym wymogi dotyczące sporządzenia recenzji, określają paragrafy 11 i 12 Załącznika do uchwały nr 293 Senatu UŚ z dnia 28 czerwca 2022 roku.

Zgodnie z art. 187.1 pkt. 2 i 3 Prawa o szkolnictwie wyższym i nauce (na podstawie tekstu ujednoliconego Dz. U. poz. 742 z dnia 10 kwietnia 2023 roku) kryterium nadania stopnia doktora jest "oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne", natomiast "rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej".

Niniejsza recenzja dotyczy oceny, czy uzyskane wyniki doktoranta są "oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego", na podstawie treści trzech opublikowanych artykułów naukowych. Są to: (1) *The Abiotic Habitat Factors and Soil Carbon Dioxide Release Under Spontaneous Vegetation in Coal Mine Heaps* (Journal of Ecological Engineering 25(6): 239–257, 2024), (2) *The Soil Respiration of Coal Mine Heaps' Novel Ecosystems in Relation to Biomass and*

Biotic Parameters (Energies 16, 7083, 2023), (3) *Factors driving plant diversity in the spontaneous vegetation of the novel ecosystem of post-coal mining spoil heaps and their relationship with soil respiration* (Journal of Water and Land Development 61(IV–VI, 2024). Są to publikacje wieloautorskie, w których Ł. Radosz był autorem wiodącym, opublikowane w czasopiśmie posiadających punktację według wykazu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z roku 2024. W dwóch publikacjach znajduje się informacja dotycząca wkładu poszczególnych autorów. Wynika z niej, że mgr Ł. Radosz, przy współudziale Promotorki, miał udział w pozyskaniu funduszy, powstaniu koncepcji, badaniach terenowych, analizie wyników i wszystkich etapach pisania pracy. Oryginalny i istotny wkład doktoranta został zapewne również potwierdzony podczas procedury wszczęcia postępowania o nadanie stopnia doktora. Zatem przedstawiony do recenzji cykl prac uważam za oryginalne intelektualne osiągnięcie doktoranta. Czy publikacje te tworzą "oryginalne rozwiązanie problemu naukowego", zostanie przedstawione w dalszej części recenzji.

Zarys problematyki badawczej doktoranta

Rozkład martwej materii organicznej jest zasadniczym elementem cyklu obiegu węgla i składników odżywczych w ekosystemach oraz jego przepływu między biosferą a atmosferą. Pierwiastek jest podstawowym składnikiem budulcowym organizmów, tworząc jego zasób "unieruchomiony" w tkankach (żywych i martwych) bioty Ziemi. Jego powrót do cyklu obiegu materii następuje poprzez uwalnianie do atmosfery CO₂. Proces ten jest wynikiem dekompozycji (mineralizacji) martwej materii organicznej (detrytusu) przez organizmy wchodzące w skład ogniwa reducentów łańcucha pokarmowego. Tworzą go organizmy glebowe: zwłaszcza mezofauna (np. wazonkowce Enchytraeidae i nicienie Nematoda) i grzyby (np. promieniowce), żywiących się detrytusem oraz bakterie (np. azotanowe i amonowe), rozkładające materię organiczną.

Aktywność życiowa reducentów (destruentów) warunkuje proces oddychania (respiracji) gleby, czyli uwalniania węgla w postaci gazowej do atmosfery. Dodatkowym elementem respiracji gleby jest oddychanie korzeniowe. Jest trudne do ustalenia w jakim stopniu do uwalniania CO₂ (respiracji) przyczyniają się korzenie roślin (rizosfera), a w jakim – mikroorganizmy i zwierzęta glebowe. Tempo respiracji uwarunkowane jest dostępnością substratu (materii organicznej jako źródła węgla) i warunkami abiotycznymi środowiska, z których najczęściej wymienia się: teksturę gleby, odczyn, dostępność azotu i pozostałych makroelementów oraz wilgotność gleby. Pośrednio zależy także od produktywności pierwotnej roślin zielonych, których martwa biomasa jest istotnym składnikiem detrytusu, a korzenie posiadają bardzo zmienny (od kilku do 90, średnio około 50%) wkład w oddychaniu gleby.

Niekorzystne przekształcenie siedliska i roślinności w wyniku zmian globalnych, wywołanych gospodarczą działalnością człowieka i postępującą zmianą klimatu, znacząco wpływają na tempo rozkładu martwej materii organicznej w różnych skalach przestrzennych Ziemi. Procesy te są obiektem zainteresowania współczesnej ekologii i innych dziedzin badawczych. W nurt ten wpisują badania przeprowadzone przez zespół pracowników Uniwersytetu Śląskiego i innych jednostek badawczych w makroregionie. Badania przyrodnicze w obszarze Górnego Śląska, w specyficznym krajobrazie powstałym w wyniku wielowiekowego wydobywania węgla kamiennego, dotyczą istotnej z punktu widzenia poznawczego i praktycznego problematyki procesów ekologicznych i ewolucyjnych zachodzących w warunkach spontanicznie kształtującej się roślinności (*novel ecosystems, non-analogous species composition*) na hałdach pogórnich.

Szczegółowym celem badań doktoranta i zespołu było określenie uwarunkowań biotycznych i abiotycznych tempa uwalniania CO₂ z inicjalnego podłoża glebowego hałd pogórnich. O ile temat jest stosunkowo dobrze poznany w zbiorowiskach naturalnych i półnaturalnych różnych stref klimatycznych, to wiedza dotycząca tego zagadnienia w ekstremalnych warunkach funkcjonowania spontanicznej roślinności na hałdach pogórnich jest znikoma. Dlatego też podjęta tematyka badań doktoranta, powstała z inicjatywy i przy współpracy promotorów dysertacji i innych specjalistów, posiadających uznany dorobek naukowy w tej dziedzinie, jest ze wszech miar uzasadniona.

Hipotezy badawcze i sposób ich testowania (falsyfikacji)

Środowisko przyrodnicze hałd pogórnich posiada swoiste cechy, nie spotykane w zbiorowiskach półnaturalnych, które także są pochodzenia antropogenicznego. Warunki tam panujące można określić jako skrajne, to znaczy na granicy możliwości powstania procesu obiegu materii. Jednak nawet w tak niekorzystnych warunkach obserwuje się spontaniczny proces sukcesji, któremu towarzyszy rozwój coraz bardziej złożonych sieci troficznych. W tym przypadku w pełni znajduje potwierdzenie teza starożytnych Greków, iż "przyroda nie znosi pustki" (*natura abhorret a vacuo*).

Cele badawcze postawione w ramach przeprowadzonych badań można syntetycznie ująć następująco: (a) które z składników abiotycznych podłoża mineralnego hałd (zawartość wody i zdolność jej retencji, tekstura gleby, pH, zawartość węgla organicznego, wymienne kationy, dostępność azotu i przewodność elektrolityczna) są skorelowane (dodatnio i ujemnie) z natężeniem uwalniania CO₂ z gleby i czy struktura taksonomiczna (typ roślinności) jest związana z natężeniem respiracji; (b) czy istnieje związek pomiędzy środowiskiem biotycznym (zróżnicowaniem biotycznym roślinności (*biodiversity*), mikrobiologiczną aktywnością enzymatyczną, składem fauny

glebowej) a intensywnością oddychania gleby; (c) czy funkcjonalne cechy roślin i parametry zróżnicowania biotycznego roślinności są skorelowane z abiotycznymi składnikami podłoża, mikrobiologiczną aktywnością enzymatyczną i składem mezofauny glebowej w kontekście procesu oddychania gleby. Każdy z wymienionych celów posiadał zestaw hipotez roboczych, które były testowane na podstawie uzyskanych wyników badań.

Dla rozwiązania postawionych celów zaplanowano schemat eksperymentalny obejmujący 324 poletka badawcze rozmieszczone losowo na kilkudziesięciu (autorzy publikacji nie podają ich liczby, jedynie mapę ich rozmieszczenia) hałdach pogórnich znajdujących się w całym obszarze Górnego Śląska. Badania prowadzono w latach 2018 – 2022. Z każdego poletka uzyskano dane dotyczące wybranych parametrów fizykochemicznych gleby, aktywności enzymatycznej, fauny glebowej i składu ilościowego i gatunkowego pokrywy roślinnej. Natężenie respiracji gleby, jej temperatury i wilgotności określono przy użyciu zawansowanych technologicznie i sprawdzonych przez inne zespoły badawcze analizatorów polowych, umożliwiających wykonywanie pomiarów w czasie rzeczywistym. Aktywność enzymatyczną gleby (dehydrogenazy, ureazy, fosfatazy) określono na podstawie badań laboratoryjnych z wykorzystaniem prób uzyskanych *in situ*. Skład fauny glebowej (wazonkowce i nicienie) określono w laboratorium na podstawie próby mieszanej przechowywanej w niskiej temperaturze.

Uzyskane dane poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem tradycyjnych metod opisu i wnioskowania statystycznego oraz specyficznych metod analizy wielozmiennej obejmującej uporządkowanie zbiorów rozmytych (*fuzzy set ordination*), analizy PCA, RDA, CA, CCA, uporządkowania RLQ i, dla sprawdzenia istotności korelacji pomiędzy zmiennymi, metody *fourth-corner*. W obliczeniach wykorzystano przede wszystkim procedury statystyczne dostępne w internetowej platformie R.

Metodyka zbioru danych i ich analiza statystyczna nie budzi wątpliwości (za wyjątkiem pomiaru biomasy, o czym będzie jeszcze wspomniane). Opublikowanie wyników w uznanych i renomowanych czasopismach gwarantuje merytoryczną poprawność zastosowanych procedur badawczych i wiarygodność uzyskanych wyników, co miało miejsce w omawianym przypadku.

Wyniki i ich znaczenie poznawcze

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiono w cyklu trzech powiązanych tematycznie publikacjach oraz omówiono w tekście autoreferatu. Można je streścić w następujący sposób.

W pierwszej pracy (*J. Ecol. Engineering*) główny gradient zmienności poletek badawczych związany był z odczynem pH substratu glebowego, który równocześnie był ujemnie skorelowany z

zawartością azotu i występowaniem wazonkowców. Istotna statystycznie korelacja ($p < 0,05$) poziomu respiracji dotyczyła czterech parametrów: fosfatazy i odczynu pH (korelacje dodatnie) oraz występowaniem wazonkowców i zawartością K (korelacje ujemne). Uporządkowanie zbiorów rozmytych (ZM) (kanoniczna wersja skalowania Braya-Curtisa) wskazała na związek pomiędzy zróżnicowaniem roślinności a badanymi zmiennymi środowiskowym, przede wszystkim zawartością K i Mg, fosfatazą i respiracją. Korelacje obliczona na podstawie analizy kanonicznej ZM wykazały silne współwystępowanie K i Mg, a zarazem ich ujemną korelację z fosfatazą. Spośród gatunków, których występowanie było dodatnio skorelowane z respiracją, największą wartość uzyskano w przypadku płatów z dominacją chabra nadreńskiego *Centaurea stoebe*, natomiast najniższy poziom respiracji (statystycznie istotny) związany był z płatami z udziałem marchwi zwyczajnej *Daucus carota*.

Ujemna korelacja występowania marchwi zwyczajnej z wartościami respiracji posiada prawdopodobnie związek przyczynowy z wynikami badań Kompały-Bąby (2013). W badaniach tych stwierdzono optimum występowania tego gatunku na siedliskach ruderalnych Wyżyny Śląskiej w warunkach niskiego poziomu fosforu (*proxy* dla fosfatazy). Zatem w płatach z marchwią spodziewany jest niski poziom respiracji związany z występowaniem gatunku w warunkach niedoboru pierwiastka. W dyskusji wyników zwrócono uwagę na rolę fosforu w stabilizacji fosfatazy, odpowiedzialnej za rozkład mikrobiologiczny. Dotychczasowe wyniki podkreślały raczej znaczenie azotu w respiracji glebowej, natomiast fosfor wymieniany był jako pierwiastek wchodzący w interakcję statystyczną z azotem. W warunkach siedliska pogórnicych hałd czynnikiem minimum wydaje się być fosfor, a nie azot.

Nie stwierdzono statystycznie istotnego związku respiracji z zawartością węgla, co było wiodącą hipotezą roboczą. Przeciwnie, badania innych autorów dowodzą silnego związku pomiędzy niskimi wartościami C/N organiczno-mineralnych warstw gleby a wysokimi wartościami respiracji. Wynik uzyskany przez autorów na hałdach pogórnicych wskazuje na skrajną odmienność warunków siedliskowych tu występujących, w których brak rozwiniętego poziomu humusowego. Z tego powodu znaczenia nabierają tu czynniki siedliskowe, odmienne od tych uwidaczniających się na przykład w naturalnych lub gospodarczych zbiorowiskach leśnych. Zagadnienie to pogłębione zostało w drugiej z cyklu prac.

Druga praca (*Energies*) kładzie nacisk na związki zachodzące pomiędzy roślinnością hałd pogórnicych, jej uwarunkowaniami siedliskowymi oraz respiracją glebową. Testowano hipotezę, że oddychanie glebowe pozostaje w ścisłej relacji do biomasy (źródła materii organicznej, czyli węgla, lecz także mającej wpływ na oddychanie korzeniowe, który to wątek moim zdaniem został nieco zaniedbany przez autorów) i zróżnicowania taksonomicznego roślinności. Drugim

rozważanym zagadnieniem było określenie znaczenia roślinności w procesie rozkładu materii organicznej, zarówno przez mezofaunę glebową, jak i mikroorganizmy. W rezultacie wyróżniono pięć typów roślinności, przyjmując jako kryterium dominację gatunku. Metodami numerycznymi i statystycznymi stwierdzono istotny związek pomiędzy respiracją a biomasa (pokryciem) roślinności. Najsilniejszą respirację stwierdzono w zbiorowisku zdominowanym przez trzcinę pospolitą *Phragmites australis*. Równocześnie w tym typie roślinnym stwierdzono największą aktywność ureazy i niewielką obecność mezofauny glebowej. W ogólnym obrazie, aktywność ureazy pozostawała w wysokiej korelacji z obecnością Nematoda. W konkluzji autorzy potwierdzają znaczenie biomasy roślinnej jako czynnika warunkującego uwalnianie CO₂ z gleby.

Syntetyzując wyniki omawianej pracy można zauważyć, iż aktywność enzymatyczna badanego substratu glebowego pozostawała w ścisłym związku z biomasa roślinną, natomiast stwierdzono brak istotnej statystycznie korelacji pomiędzy aktywnością enzymatyczną (za wyjątkiem ureazy), a oddychaniem gleby. Narzuca się wniosek, iż wysoki poziom respiracji w tym przypadku nie był warunkowany oddychaniem mikrobiologicznym, lecz korzeniowym. Pozostaje do wyjaśnienia istotny wpływ ureazy na uwalnianie CO₂, który w tym przypadku może być mediowane (jako interakcja statystyczna) ilością biomasy, prawdopodobnie korzeniowej. Być może korzenie trzciny tworzą korzystne siedlisko rozwoju Nematoda.

W trzeciej z cyklu prac (*J. Water Land Development*) podjęto wątek relacji zachodzących pomiędzy taksonomicznym i funkcjonalnym (*functional diversity, plant species traits*) zróżnicowaniem roślinności i uwarunkowaniami czynników glebowych, a natężeniem respiracji. Jest to obecnie najbardziej gorący temat w tej dziedzinie, chociaż kwestia pozostaje daleka od rozwiązania. Analiza dekompozycji całkowitej inercji określonej na podstawie dwóch pierwszych osi RLQ wykazała, iż macierz gatunków wyjaśniała jedynie połowę informacji, w porównaniu z macierzą cech funkcjonalnych i środowiskowych. Korelacja badanych cech osią pierwszą wskazała na istotne znaczenie cech funkcjonalnych: "ruderalność", formy życiowej (chemikryptofity, nanofaneropty) i barochorii. Spośród czynników środowiskowych największe znaczenie posiadały: dostępny Mg, zawartość C i przewodnictwo elektrolityczne (EC). Test *fourth-corner* wskazał na istotność dodatniej korelacji dwóch pierwszych osi RLQ z dostępnym Mg, EC i obecnością wazonkowców, natomiast ujemną z odczynem pH, dostępnym P, zawartością C, aktywnością enzymatyczną i respiracją. Wśród cech funkcjonalnych największą (ujemną) korelację z osią 1 wykazały pora kwitnienia i wegetatywny sposób propagacji, natomiast z osią 2 (korelacja ujemna) strategia życiowa "stress". Respiracja była istotnie statystycznie dodatnio skorelowana z wysokością roślin, wegetatywną propagacją i strategią *stress-tolerant*. Równocześnie respiracja była ujemnie skorelowana ze składową różnorodnością funkcjonalnej Fd_{is} (dyspersja). Cecha ta

związana jest z filtrowaniem siedliskowym (*habitat filtering*), które polega na eliminacji gatunków w danym siedlisku posiadających nie zharmonizowane z siedliskiem cechy funkcjonalne. W rezultacie proces ten prowadzi do ujednoczenia cech funkcjonalnych wśród gatunków zbiorowiska. Ujemna korelacja respiracji na siedlisku hałd pogórnicych z Fd_{is} może być interpretowana jako brak filtrowania siedliskowego gatunków celem harmonizacji ich respiracji, lecz przebiegu procesu zgodnie z przewidywaniami wynikającymi z *null-model*, czyli stochastycznego doboru gatunków.

Płaty z trzciną pospolitą reagowały wzrostem respiracji wraz z temperaturą, w przeciwieństwie do płatów z marchwią zwyczajną, w których respiracja pozostawała na stałym poziomie. Wynik ten potwierdza wcześniej wysuniętą tezę, iż być może oddychanie korzeniowe trzciny zwyczajnej tworzy istotną składową respiracji.

W dyskusji autorzy podkreślają, iż mikrobiologiczna respiracja ma miejsce w ekosystemach bogatych w źródło węgla, do których nie zaliczają się substraty glebowe na hałdach pogórnicych. Równocześnie uzyskane wyniki prac autorów wskazują, że hipoteza *mass ratio*, zakładająca rolę gatunku dominującego, posiada większe uzasadnienie w przypadku hałd pogórnicych, niż hipoteza *niche complementarity*. Zgodnie zatem z uzyskanymi wynikami pracy gatunek dominujący powinien być wysoką rośliną rozprzestrzeniającą się głównie drogą propagacji wegetatywnej i posiadającą strategię *stress-tolerant*. Z mojej strony dodam, że wszystkie te cechy spełnia trzcina pospolita. Tworzyła ona zbiorowisko roślinne o najmniejszym zróżnicowaniu biotycznym, co jest dodatkowym argumentem za odrzuceniem hipotezy *niche complementarity*, zakładającej największą respirację w najbardziej biotycznie zróżnicowanych środowiskach, co nie miało miejsca w badanym przypadku.

Uwagi krytyczne

Nie jest dla mnie jasne, w jaki sposób określano biomasę roślin. Czy w każdym z 324 poletek o promieniu 3 m wytyczano kwadrat próbny o boku 0,5 x 0,5 m, z którego zbierano wszystkie gatunki roślin i ważono w terenie? Jeśli tak, to w jakim celu przechowywano rośliny w strunowych workach plastikowych? Czy osobno ważono części nadziemne i podziemne? Czy ważono w ten sposób każdy gatunek? Jeśli tak, to nie przedstawiono pełnych wyników badań.

Podczas lektury załączonych prac zauważyłem kilka niejasności, które należy wskazać i wyjaśnić. Pierwsza z nich dotyczy wyróżnionych typów zbiorowisk roślinnych w pracy opublikowanej w czasopiśmie *Energies*. Na str. 51 w rozdziale Wyniki czytamy, iż wyróżniono 5 grup roślinności: 1 - *Arenaria serpyllifolia*, 2 - *Phragmites australis*, 3 - *Tussilago farfara*, 4 - *Hieracium pilosella*, 5 - *Solidago gigantea*, z odnośnikiem do "Figure 3A". Rycina 3A przedstawia

wyniki klasyfikacji Warda, w której w sposób graficzny wyróżniono pięć grup, a których uporządkowanie DCA przedstawiono na "Figure 3B". Poszczególne grupy to: 1 - *Poa compressa*, 2 - *Tussilago farfara*, 3 - *Daucus carota*, 4 - *Chamaenerion palustre*, 5 - *Phragmites australis*.

Podpisy pod Ryc. 5 i Ryc. 7 powtarzają informację ze str. 51, niezgodną z podpisem pod Ryc. 3B. W pracy wyniki te omawiane są tylko jako "cluster 1", "cluster 2", etc., bez podania nazw dominujących gatunków roślin. Przykładowo, znajdujemy m.in. informację, iż oddychanie glebowe było największe w płatach "cluster in group 2", natomiast pokrycie in "group cluster 5". Na szczęście w konkluzji pracy znajduje się stwierdzenie, iż "the spontaneous patches of *Phragmites australis* presented the highest biomass", co pozwala ostatecznie rozstrzygnąć, iż prawidłowego opisu dostarcza Ryc. 3B, natomiast opis w tekście jest błędny, gdyż wynika z niego, że "grupa 5" to płaty z *Solidago gigantea*. Utwierdza w tym przekonaniu fakt, iż w kolejnej pracy (*J. Water Land Develp.*) powtórzony jest schemat z Ryc 3B.

Drugą istotną kwestią dotyczy aktywności enzymatycznej. W pracy *Energies* w streszczeniu (str. 44) czytamy: (1) "The activity of soil enzymes such as dehydrogenase, acid phosphatase, and basic phosphatase was positively corelated with the amount of CO₂ released, however, there was no correlation between urease activity and CO₂ emissions from the soil". W części wynikowej na str. 55 znajduje się passus: (2) "The significant Spearman rank correlation between soil respiration CO₂ release and biomass and urease is positive..." Wynika z tego zdania, że jednak istnieje dodatnia korelacja pomiędzy respiracją a aktywnością ureazy. Ostatecznie w rozdziale "Conclusions" (str. 62) znajduje się fragment: (3) "The activity of soil enzymes such as dehydrogenase, acid phosphatase, and alkaline phosphatase does not increase significantly with the amount of CO₂ released. Only urease activity is increased with the mineral soil respiration of coal mine heaps". Zdanie (3) jest przeciwstawne (1) oraz w części dotyczącej ureazy zgodne z (2). Ostatecznie, ogląd Ryc. 6 (str. 56) pozwala stwierdzić, zdania 2 i 3 dokładnie referują otrzymany rezultat badań, natomiast zdanie (1) jest nieprawdziwe w każdym jego fragmencie.

Nasuwa się uwaga, iż autorzy mają prawo do pomyłek, gdyż każdy piszący prace naukowe wie z doświadczenia, że własnych uchybień po kolejnym cyklu sprawdzania tekstu po prostu często się nie zauważa. Zadanie to spoczywało na barkach recenzentów, którzy najwyraźniej w tym przypadku zawiedli. Oczywiście, nie ma to wpływu na wartość pracy, jest jedynie pewnym utrudnieniem dla czytelnika w jej poprawnej recepcji.

Konkluzja

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgra Łukasza Radosza dotyczy istotnego – i w gruncie rzeczy słabo poznanego – zagadnienia funkcjonowania ekosystemów w skrajnych warunkach siedliskowych, jakie tworzą się na spontanicznie zarastających hałdach pogórnich w obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Obszar ten należy (wraz z przygranicznymi obszarami Republiki Czeskiej) do najbardziej przyrodniczo zmienionych pod względem krajobrazowym w Europie środkowej. Ze względu na bogactwo kopalin (węgiela kamiennego, rud cynku, ołowiu i srebra, dolomitu itp.) teren ten podlegał silnej presji człowieka od czasów średniowiecza. Zasadnicze zmiany nastąpiły jednak w drugiej połowie 19. wieku wraz z rozwojem ery przemysłowej opartej na energii węgla i związanej z nią intensywną działalnością wydobywcą. Zjawiskom uprzemysłowienia towarzyszyła urbanizacja obszaru, tworząc specyficzne śląskie megapolis. Obecne tendencje rozwojowe wpływają na stopniową transformację gospodarczą coraz śmielsze wprowadzanie odnawialnych źródeł energii kosztem tradycyjnej gospodarki węglowej. Gospodarka węglem zmienia swoje oblicze.

Pomimo tego, hałdy pogórnice są i pozostaną trwałym elementem krajobrazu Górnego Śląska. Nie powinno zatem dziwić, że znajdują się w centrum zainteresowania badaczy z wielu jednostek naukowych, co ilustruje m.in. skład autorski i afiliacje wymienione w omawianych tu i innych publikacjach. Na podkreślenie zasługuje niezwykle trudny pod względem metodycznym charakter badań przyrodniczych na silnie antropogenicznie przekształconych obszarach poprzemysłowych. Ich specyficzną cechą jest olbrzymia różnorodność siedliskowa, jak zauważa doktorant, często większa w obrębie poszczególnych obiektów niż pomiędzy nimi. Z punktu widzenia statystyki, jest to okoliczność szczególnie niekorzystna. Sposobem jej poprawy jest duża liczba powtórzeń prób, co miało miejsce w omawianym przypadku. Na hałdach pogórnich (być może z pominięciem najstarszych) nie istnieje pokrywa glebowa z pełni wykształconym poziomem mineralno-próchnicznym. Podłoże mineralne, z jakim tu mamy do czynienia, charakteryzuje się stochastyczną zmiennością, czego dowodzi obraz wykresów korelacyjnych w omawianych pracach.

Pomimo tych trudności, autorowi i współpracownikom udało się uzyskać interesujące, dobrze udokumentowane wyniki, w wielu przypadkach stawiające zagadnienie funkcjonowania tworzących się dopiero sieci troficznych w nowym świetle. Pozwolę sobie w tym miejscu na komentarz. Jak zapewne autorzy publikacją zauważają, niektóre interpretacje przedstawione w niniejszej recenzji odbiegają od tych przedstawionych przez nich w omawianym cyklu trzech publikacji. Jest to dobitny dowód, że uzyskane rezultaty posiadają dużą wartość heurystyczną i wywołują rezonans nawet u czytelnika nie w pełni wprowadzonego w specyfikę przeprowadzonych

badania. Liczba publikacji dotyczących skrajnych siedlisk pochodzenia antropogenicznego jest stosunkowo niewielka. Dlatego autor i jego zespół opisują uzyskane wyniki na tle obrazu rysującego się w wyniku badań przeprowadzonych w bardziej "regularnych" zbiorowiskach, przede wszystkim leśnych. W rezultacie prowadzi to do narzucającej się i szczególnie podkreślonej w pracach konkluzji, iż spontanicznie tworzące się ekosystemy na gruntach pogórnicych posiadają unikatowy zestaw cech, nie spotykany w ekosystemach ustabilizowanych. Przykładem służy zagadnienie materii organicznej jako źródła węgla. Jest to podstawowy składnik warunkujący efektywność procesu oddychania glebowego, jak się jednak okazuje, nieistotny w warunkach siedliska hałd pogórnicych. Zatem wykorzystanie tak efektywnego wskaźnika w badaniach ekologiczno-glebowych jak stosunek C/N, w warunkach siedliskowych hałd pogórnicych jest praktycznie niemożliwy do zastosowania. W zamian, stwierdzono w omawianych badaniach istotną zależność pomiędzy biomasą a oddychaniem. To z kolei kieruje uwagę na zagadnienie oddychania korzeniowego, na które zwróciłem już uwagę. Innym, niezmiernie interesującym wątkiem pojawiającym się w pracach jest rola fosforu (a nie azotu, jak w ustabilizowanych warunkach glebowych) w oddychaniu gleby. Niezwykle frapującym wątkiem jest również wynik sugerujący, iż zmienność warunków siedliskowo-roślinnych wydajniej opisana była przez zestaw danych środowiskowych i funkcjonalnych, niż przez opis taksonomiczny. Sugeruje to dalszy kierunek badań, w którym opis taksonomiczny powinien spełniać jedynie rolę wyjściową, a główny nacisk powinien zostać położony na cechy funkcjonalne.

Ponieważ, jak udokumentowano w recenzowanym cyklu prac, przebieg procesów i relacji pomiędzy czynnikami biotycznymi i abiotycznymi w nowo powstających ekosystemach na terenach pogórnicych jest odmienny, niż w ekosystemach naturalnych i półnaturalnych, pozostaje do określenia natura tych różnic i ich ilościowy opis. Dotychczasowy niewielki dorobek tej dziedzinie otwiera nowe horyzonty poznawcze. W tym względzie publikacje doktoranta wskazują na ich szczególny charakter, wskazują problematykę badawczą i wytyczają przyszłe kierunki eksploracji naukowej tych tak wyjątkowych siedlisk antropogenicznego pochodzenia. Wyrażam przekonanie, że uzyskane przez autora wiodącego i jego zespół wyniki będą twórczą inspiracją dla kolejnych prac. Z tego powodu wyrażam opinię, iż przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Łukasza Radosza spełnia warunek oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, uzyskanego na podstawie powiązanych tematycznie cyklu trzech opublikowanych prac naukowych w czasopiśmie specjalistycznym o szerokim kręgu odbiorców i posiadających odpowiedni poziom naukowy. Rozprawa doktorska spełnia wymagania zawarte w art. 187 ustawy z dnia 18 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2023, poz. 742). Stąd z całym przekonaniem wnoszę do Szanownej Rady Naukowej Instytutu Biologii, Biotechnologii i Ochrony

Środowiska Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o dopuszczenie Pana mgr Łukasza Radosza do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

Kraków, 29.07.2024

A handwritten signature in blue ink, consisting of two distinct parts. The first part is a stylized, cursive 'Ł' followed by 'R', likely representing 'Łukasz Radosz'. The second part is a more complex, cursive signature.

Cytowana literatura

Kompała-Bąba A. 2013. Abiotic and biotic factors affecting the diversity of ruderal vegetation (Silesian Uplands Poland). Sorus, Poznań.