

Dr hab. Katarzyna Jankowska, prof. uczelni
Katedra Technologii w Inżynierii Środowiska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska

Gdańsk, dnia 15 września 2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Jakuba Budy

pt. „Akumulacja, mobilność i biodostępność radioizotopów oraz ich wpływ na wybrane elementy ekosystemu supraglacialnego”

„Accumulation, mobility and bioavailability of radioisotopes and their impact on selected components of supraglacial ecosystem”,

Promotorzy rozprawy: prof. UAM dr. hab. Krzysztof Zawierucha

prof. IFJ dr hab. Edyta Łokas

Rozprawa doktorska została przygotowana w Szkole Doktorskiej Nauk Przyrodniczych

Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Podstawa opracowania

Podstawą formalną przygotowania przeze niniejszej recenzji jest powołanie mnie przez Radę Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu w dniu 21 czerwca 2024r, na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr Jakuba Budy, dotyczącym nadania stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

1. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Dysertacja przygotowana przez Pana Jakuba Budę to jednotematyczny cykl dwóch wieloautorskich publikacji naukowych oraz samodzielnego rozdziału przygotowywanego do publikacji. Łączna wartość opublikowanych prac to 20,3 punktów Impact Factor (2024) oraz 340 punktów wg wykazu Ministra Nauki z dnia 05 stycznia 2024.

W obu opublikowanych pracach Doktorant był pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym. Wymienione poniżej prace zostały zebrane i omówione w formie autoreferatu napisanego w języku angielskim pod wspólnym tytułem „Accumulation, mobility and bioavailability of radioisotopes and their impact on selected components of supraglacial ecosystem”.

1. Jakub Buda, Edyta Łokas, Sylwia Błażej, Krzysztof Gorzkiewicz, Kinga Buda, Roberto Ambrosini, Andrea Franzetti, Francesca Pittino, Arianna Crosta, Piotr Klimaszyk, Krzysztof Zawierucha (2024) Unveiling threats to glacier biota: bioaccumulation, mobility, and interactions of radioisotopes with key biological components. Chemosphere 348 140738 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140738>
2. Jakub Buda, Edyta Łokas, Sylwia Błażej, Krzysztof Gorzkiewicz, Kinga Buda, Roberto Ambrosini, Andrea Franzetti, Francesca Pittino, Arianna Crosta, Piotr Klimaszyk, Krzysztof Zawierucha (2024) The surface of small glaciers as radioactive hotspots: Concentration of radioisotopes during predicted intensive melting in the Alps. Journal of Hazardous Materials Volume 476 , 5 September 2024, 135083 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135083>
(Praca ukazała się już po przygotowaniu rozprawy - tytuł nieco zmieniono w porównaniu z zamieszczonym w rozprawie „Small glaciers as radioactive hotspots: concentration of radioisotopes during predicted intensive melting in the Alp”)
3. Samodzielny rozdział “Exploring radioactivity-biodiversity relationships in the supraglacial ecosystem” przygotowywany do publikacji.

2. Ocena merytoryczna

2.1. Struktura rozprawy i szczegółowa ocena merytoryczna jej poszczególnych części.

Praca dotyczy istotnego problemu środowiskowego – wpływu radioizotopów na ekosystemy supraglacialne. Temat w ostatnich latach coraz częściej podejmowany, ponieważ jest szczególnie ważny w kontekście zmian klimatycznych, intensywnego topnienia lodowców i globalnej emisji zanieczyszczeń, takich jak radioizotopy pochodzące z testów nuklearnych i wypadków w elektrowniach jądrowych. Autor dobrze umotywował wybór tematu, odnosząc się do aktualnych badań i problemów związanych z radioizotopami w środowiskach arktycznych i górskich.

Autoreferat liczy łącznie 108 stron. Dysertację rozpoczyna szczegółowy spis treści dzięki, któremu można łatwo odnaleźć się w układzie pracy, chociaż nie do końca rozumiem numerację podrozdziałów 1.1.:1,2, itd.. Zaproponowałabym raczej 1, 2, 3, itd.

Następnie umieszczono wyczerpujące streszczenia w języku polskim i angielskim, gdzie sformułowano **cel pracy, którym jest zrozumienie, czy podwyższone stężenia radioizotopów mogą zagrozić organizmom zamieszkującym lodowce i otaczające ekosystemy.**

Dalej Doktorant przedstawił **wstęp**, w którym zawarł analizę wpływu działalności człowieka na środowisko w XX wieku, ze szczególnym uwzględnieniem radioizotopów. Zwrócił uwagę na globalny problem rozprzestrzenia się zanieczyszczeń tego typu oraz na zagrożenia związane z radioizotopami.

W **kolejnych trzech rozdziałach** Doktorant przedstawiał różnorodne źródła radioizotopów i ich wpływ na środowisko. Naturalne radioizotopy, (m.in. ^{210}Pb), pojawiają się w wyniku naturalnych procesów kosmicznych i rozpadu pierwiastków na Ziemi. Natomiast radioizotopy pochodzące z działalności człowieka (np. ^{137}Cs), zostały uwolnione w wyniku testów broni jądrowej i awarii elektrowni jądrowych. Autor podkreśla, że zarówno naturalne, jak i antropogeniczne radioizotopy mają znaczący wpływ na ekosystemy i niezależnie od ich źródła, stanowią zagrożenie dla organizmów, ponieważ są przenoszone na duże odległości i mogą być absorbowane przez gleby i osady, co skutkuje długotrwałą obecnością w środowisku. Szczególną uwagę Autor zwraca na wpływ takich izotopów jak ^{137}Cs i ^{210}Pb na ekosystemy lądowe, gdzie mogą one przenikać do organizmów, co może prowadzić do zaburzeń na poziomie molekularnym i komórkowym. W związku z tym, Autor wskazuje na potrzebę dalszych badań nad wpływem radioizotopów na organizmy i środowisko, a także na konieczność monitorowania ich stężenia i mobilności w różnych ekosystemach.

W **rozdziale czwartym** Doktorant przedstawiał wpływ promieniowania jonizującego (IR) na organizmy. Bezpośrednie oddziaływanie obejmuje uszkodzenia struktur komórkowych, takich jak białka, DNA i RNA, przez cząstki α i β . Wpływ pośredni to radioliza cząsteczek wody prowadząca do powstawania reaktywnych form tlenu i azotu, które mogą zaburzać funkcjonowanie komórek i organelli (w tym mitochondriów). Oddziaływanie wysokich dawek IR są dobrze znane, ale większe zagrożenie stanowią chroniczne, niskie dawki promieniowania. Badania przeprowadzone w rejonach o podwyższonej radioaktywności, jak np. w Czarnobylu, ujawniają negatywne skutki zdrowotne zarówno u ludzi (rak tarczycy, białaczka), jak i u roślin (uszkodzenia DNA i zmiany cytogenetyczne). Obserwowano również wpływ IR na metabolizm lipidów, mikrobiotę jelitową i różnorodność genetyczną małych ssaków (gryzonie), a także zwiększoną różnorodność genetyczną, zwiększony poziom uszkodzeń DNA oraz zmiany cytogenetyczne i fitohormonalne u drzew (sosny). Natomiast dane dotyczące wpływu promieniowania na

organizmy poza strefami testów broni jądrowej i awarii elektrowni są ograniczone. W ostatnich latach szczególną uwagę poświęca się ekosystemom lodowcowym, które gromadzą radioizotopy z opadów.

Kolejny, **piąty rozdział**, Doktorant poświęcił problemowi podwyższonych stężeń radioizotopów na powierzchni lodowców. Rozdział rozpoczyna charakterystyka ekosystemu supraglacialnego (powierzchni lodowców). Następnie opisano szczegółowo niszę ekologiczną, jakimi są otwory kriokonitowe, które biologicznie zdominowane są przez heterotroficzne i autotroficzne bakterie, grzyby, glony i heterotroficzne pierwotniaki oraz dwie grupy zwierząt (Tardigrada i Rotifera), z lokalnymi wyjątkami. Skład tej społeczności zmienia się sezonowo, co wskazuje na dynamiczną adaptację ekosystemu do zmiennych warunków środowiskowych, takich jak dostępność materii organicznej i zmiany temperatury. Kriokonity gromadzą również różnego typu zanieczyszczenia, w tym radioizotopy pochodzenia naturalnego i antropogenicznego. Zauważono, iż stężenia takich radionuklidów jak ^{137}Cs czy ^{210}Pb są znacznie wyższe w kriokonitach niż w otaczających siedliskach, co sprawia, że kriokonit pełni rolę efektywnego akumulatora zanieczyszczeń w strefie ablacji lodowców. Szczególnie podkreślono rolę kriokonitu w akumulacji zanieczyszczeń pochodzących z atmosferycznych testów broni jądrowej oraz awarii elektrowni jądrowych. Autor wskazuje na znaczenie kriokonitów jako czynnika sprzyjającego nie tylko funkcjonowaniu ekosystemów lodowcowych, ale również jako mechanizmu koncentracji zanieczyszczeń, w tym radioizotopów, co może mieć dalekosiężne konsekwencje dla organizmów żyjących na powierzchni lodowców i skutków przedostawania się tych zanieczyszczeń do innych środowisk w wyniku topnienia lodowców.

Wszystkie informacje przedstawione w tej części pracy zostały odpowiednio poparte właściwie zestawioną literaturą naukową (łącznie 82 pozycje, w tym najnowsze - 2023 i 2024). Dobór literatury wyraźnie wskazuje, iż Doktorant szczegółowo zapoznał się z literaturą przedmiotu i zna najnowsze publikacje w tej tematyce.

W **rozdziale szóstym** Doktorant przedstawiał cel pracy oraz syntetyczny opis artykułów i rozdziału stanowiącego podstawę dysertacji.

Kolejne części pracy to artykuł, manuskrypty oraz materiały uzupełniające

Dwa pierwsze artykuły ukazały się w renomowanych czasopismach naukowych co wskazuje na ich wysoką wartość naukową (Chemosphere; IF 2023-12,20 i Journal of Hazardous Materials; IF 2023 - 8,10). Mam nadzieję, że trzeci również szybko ukaże się w druku.

Na końcu pracy zamieszczono oświadczenie o wkładzie autora i oświadczenia współautorów oraz podano źródła finansowania badań. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż Doktorant był beneficjentem grantu Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu **Diaamentowy Grant** 0005/DIA/2019/48 dla wybitnych studentów oraz wziął udział w dwóch wyprawach w Alpy (2020 i 2021) w ramach projektu „Na szlakach lodowców” kierowanego przez prof. Fabiano Venturę.

2.2. Uwagi i pytania problemowe

Po przeczytaniu dysertacji mam kilka uwag oraz pytań szczegółowych, które mogą stanowić punkt wyjścia do dalszej dyskusji i chciałam poprosić Doktoranta o odpowiedź na nie podczas publicznej obrony.

Uwagi - w dysertacji zabrakło mi:

1. Krótkiego podsumowania potwierdzającego czy ogólny cel dysertacji został osiągnięty.
2. Przedstawienia osiągnięć Doktoranta, a są one przecież imponujące na tym etapie kariery naukowej. Według bazy Scopus Pan Buda od 2018 roku jest współautorem 26 publikacji naukowych w renomowanych czasopismach naukowych, których liczba cytowań (bez autocytowania) wynosi 324, a h-indeks 11). Rozumiem, że nie punkty, a praca naukowa jest najważniejsza, ale taki dorobek właśnie na to wyraźnie wskazuje.

Pytania szczegółowe:

1. Jakie są najbardziej prawdopodobne scenariusze związane z uwolnieniem radionuklidów po spodziewanym topnieniu lodowców w Alpach?
2. Czy istnieją jakieś mechanizmy adaptacyjne u organizmów zamieszkujących lodowce, które pozwalają im przetrwać w środowisku o podwyższonym poziomie promieniowania?
3. W trzeciej części pracy zauważono brak wpływu promieniowania na konsumentów wyższego rzędu (nieszporczaki). Chciałam poprosić o rozwinięcie tego zagadnienia.
4. Problematyka poruszona w dysertacji jest ważna i interesująca. Chciałam zapytać Doktoranta o dalsze plany badawcze dotyczące tego zagadnienia?

WNIOSKI I KONKLUZJA KOŃCOWA

Podsumowując - przedstawioną mi do recenzji rozprawę doktorską pana mgr Jakuba Budy oceniam jako bardzo dobrą, a moje drobne uwagi nie umniejszają jej wartości. Potwierdza ona szeroką wiedzę teoretyczną Doktoranta w omawianym zagadnieniu z dyscypliny nauk o Ziemi i środowisku oraz udowadnia bardzo dużą samodzielność w prowadzeniu pracy naukowej.

Do **najważniejszych walorów** recenzowanej pracy mogę zaliczyć przede wszystkim aktualność i duże znaczenie podjętego tematu. Autor posiada solidne podstawy merytoryczne i metodyczne. Łączy wiedzę z zakresu ekologii, radioekologii i geochemii, co daje kompleksowy obraz badanych zjawisk. Praca w dużym międzynarodowym zespole oparta na wielu technikach analitycznych i statystycznych, pozwoliła Doktorantowi przeprowadzić badania na najwyższym światowym poziomie. Potwierdzeniem mojej opinii są bardzo dobre publikacje naukowe, stanowiące podstawę dysertacji opublikowane w wysoko punktowanych czasopismach naukowych oraz ogólny bardzo dobry dorobek publikacyjny Doktoranta. Sama dysertacja jest napisana i zredagowana przejrzysto.

Na podkreślenie zasługuje również umiejętność pokonania przez Doktoranta trudności związanych z pobieraniem próbek na odległych, trudno dostępnych lodowcach alpejskich, co wymaga dużego wysiłku fizycznego i logistycznego. Ponadto, utrzymanie próbek w odpowiednich warunkach (np. niska temperatura) w trudnym terenie i transport ich do laboratorium było na pewno wyzwaniem technicznym.

Wobec czego stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska spełnia wszystkie warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2023.742 ze zm.) wobec czego wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Biologiczne Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o dopuszczenie mgr Jakuba Budy do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne.

Jednocześnie ze względu na niezwykłą istotność podjętego tematu, szeroki zakres przeprowadzonych badań opublikowanych w bardzo dobrych, wysoko punktowanych czasopismach naukowych potwierdzających biegłość Doktoranta w posługiwaniu się warsztatem naukowym i prowadzeniu dyskusji, **wnioskuje do Rady Dyscypliny o wyróżnienie pracy.**

Katarzyna Jankowska

