

Recenzja rozprawy doktorskiej „Czasowo-przestrzenna zmienność pokrywy lodowej na rzekach karpackich w XX i XXI wieku” mgr-a Maksymiliana Fuksia

Uwagi ogólne

Podstawą wykonania recenzji była uchwała Rady Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk (Uchwała nr 16/2025), w której zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr-a Maksymiliana Fuksia.

Recenzowana praca została napisana w Zakładzie Badań Geośrodowiska Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN pod kierunkiem dr hab. Łukasza Wiejaczki, profesora IGIPZ PAN, pełniącego rolę promotora pracy. Praca doktorska powstała w ramach projektu badawczego finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (nr 2020/39/O/ST10/00652) pt: *Wpływ zmian klimatu oraz budowy zbiorników zaporowych na formowanie się pokrywy lodowej w rzekach karpackich*.

Przedłożony do recenzji manuskrypt liczy 170 stron. W jego obrębie można wyróżnić trzy zasadnicze części. Pierwsza część (licząca 47 stron), stanowi zwięzłą charakterystykę dysertacji przedstawioną w języku polskim. Jej układ i struktura jest typowa dla prac naukowych związanych z badaniami środowiska geograficznego. W kilkunastu podrozdziałach zawarto streszczenie (w j. polskim i j. angielskim), wprowadzenie do problematyki badawczej, określono cel główny, cele szczegółowe wraz z hipotezą badawczą, opisano teren badań oraz wykorzystane w pracy materiały i metody. Dokonano również krótkiej charakterystyki 5 artykułów, które stanowią zasadniczą część dysertacji (kopie zawarto w części drugiej manuskryptu) oraz przedstawiono najważniejsze wyniki badań zwracając również uwagę na zagadnienia, które w przyszłości mogą stanowić wartościowe pola badawcze związane z badaniem zjawisk lodowych na ciekach górskich. Druga część manuskryptu (strony 48-135), stanowi zbiór cyklu pięciu artykułów które stanowią zasadniczą część rozprawy doktorskiej. W ich obręb wchodzi następujące prace: 1) Fuks, M. *Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review*, Aquatic Sciences, 85(113), 2) Fuks, M. i Wiejaczka, Ł. *Temporal and spatial variability of ice cover occurrence on Carpathian rivers: a regional perspective*, Hydrology and Earth System Sciences, 29(13); 3) Fuks, M. *Assessment of the impact of*

dam reservoirs on river ice cover – an example from the Carpathians (central Europe), The Cryosphere, 18(5), 2509–2529; 4) Fukś, M., Kędra, M. i Wiejaczka, Ł. *Assessing the impact of climate change and reservoir operation on the thermal and ice regime of mountain rivers using the XGBoost model and wavelet analysis*, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 38, 4275–4294; i 5) Fukś, M., i Wiejaczka, Ł. *Climatic determinants of changes in the ice regime of Carpathian rivers*, Quaestiones Geographicae, 44(1), 131–143. Trzecią część manuskryptu stanowi zestawienie bibliografii (135 pozycji), materiały uzupełniające będące suplementami do wymienionych artykułów oraz załącznik stanowiący oświadczenia autorów określające udział procentowy (w tym wyszczególnienie zakresu wykonanych prac) dla trzech, spośród pięciu artykułów, w których doktorant jest współautorem. Wszystkie pięć artykułów opublikowano w uznanych i cenionych w środowisku naukowym czasopismach tj.: Aquatic Sciences (IF: 1,8, Punktacja MNiSW: 100 pkt); Hydrology and Earth System Sciences (IF: 5,8, Punktacja MNiSW: 140 pkt.); The Cryosphere (IF: 4,2, Punktacja MNiSW: 140 pkt.); Stochastic Environmental Research and Risk Assessment (IF: 3,6, Punktacja MNiSW: 100 pkt.); Quaestiones Geographicae (IF: 0,8, Punktacja MNiSW: 100 pkt.). Doktorant jest jedynym autorem 2 publikacji (Aquatic Sciences, The Cryosphere) i pierwszym współautorem w pozostałych publikacjach, mając zawsze dominujący procentowy udział (85% - Hydrol. and Earth System Sci.; 65% Stoch. Environ Res and Risk Assess.; 90% - Quaestiones Geographicae). Warto podkreślić że prace wchodzące w skład dysertacji są już rozpoznawalne w środowisku naukowym, o czym świadczy ich cytowanie (sumaryczna wartość bez autocytacji - WoS Core Collection – 19 cytowań na dzień 30-10-2025).

Ocena pracy oraz doktoranta w aspekcie umiejętności identyfikowania problemu badawczego, prezentowania stanu wiedzy, planowania i prowadzenia badań, prezentowania wyników badań własnych oraz prowadzenia dyskusji naukowej

Zjawiska lodowe na ciekach i zbiornikach wodnych stanowią ważne zjawisko przyrodnicze, które oddziałuje na różne elementy środowiska abiotycznego i biotycznego. Znacząca rola jaką zjawiska te odgrywają w środowisku geograficznym spowodowała, że zagadnienia związane z występowaniem i parametrami zjawisk lodowych były przedmiotem zainteresowania środowiska naukowego od wielu lat, zarówno w kraju jaki na świecie. Mając to na uwadze, doktorant na wstępie dokonał rozpoznania zakresu dotychczas prowadzonych badań (artykuł *Changes in river ice cover in the context of climate change and dam impacts: a review*) i zdiagnozował te obszary/zagadnienia badawcze, które powinny być przedmiotem pogłębionych analiz. Jako główne przesłanki do prowadzenia badań wskazał nie do końca rozpoznany: a) wpływ temperatury powietrza oraz dużych zbiorników zaporowych na przebieg procesów warunkujących rozwój pokrywy lodowej na ciekach oraz jej przestrzenne i czasowe zróżnicowanie w dobie postępujących zmian klimatycznych oraz b)

braki metodologiczne, które nie pozwalają na rozdzielenie wpływu czynników naturalnych i antropogenicznych na tworzenie się i parametry tejże pokrywy. Zdaniem doktoranta, wspomniane zagadnienia pozostają szczególnie słabo rozpoznane w obszarach górskich.

Identyfikacja słabo rozpoznanych obszarów/zagadnień badawczych była podstawą do sformułowania celów badawczych oraz określenia obszaru badań. Głównym celem badań była analiza czasowej i przestrzennej zmienności występowania pokrywy lodowej w XX i XXI wieku na rzekach polskich Karpat, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu uwarunkowań klimatycznych i funkcjonowania zbiorników zaporowych. Cel główny został osiągnięty, poprzez stopniową realizację badań nawiązujących do celów szczegółowych; te zaś związane były z: 1/ rozpoznaniem stanu wiedzy w zakresie zmian występowania pokrywy lodowej rzek połączonej z diagnozą wpływu czynników naturalnych (związanych z uwarunkowaniami klimatycznymi) oraz czynników antropogenicznych (związanych z funkcjonowaniem zbiorników zaporowych) na rozwój pokrywy lodowej w różnych skalach przestrzennych (od globalnej, przez regionalną po lokalną) i czasowych (podokresy wielolecia 1950-2020); 2/ wypracowaniem metod pozwalających na rozpoznanie wpływu uwarunkowań klimatycznych oraz antropogenicznych związanych z oddziaływaniem dużych zbiorników retencyjnych na czasową i przestrzenną zmienność występowania pokrywy lodowej oraz 3/ szczegółowym rozpoznaniem tych zmian na głównych ciekach odwadniających polską część Karpat.

Wyniki prowadzonych badań były sukcesywnie prezentowane w kolejnych artykułach, kierując się zasadą od ogółu do szczegółu. W ten sposób seria sześciu artykułów stanowi dzieło kompletne, w którym rozeznano obecny stan wiedzy, zaproponowano zakres badań pozwalający wypełnić dotychczasowe luki w wiedzy, te zaś konsekwentnie wypełniano poprzez odpowiednio zaplanowane badania, prowadzone przy pomocy poprawnie dobranych materiałów i metod.

Doktorant, w swej pracy wykorzystał różnego typu dane zarówno tzw. dane podstawowej jak również przetworzone. Pochodzą one z opracowań naukowych, baz tematycznych (np. WordClim, CRU-TS, GeoDAR, WDR, GEanD) sieci monitoringu hydrometeorologicznego IMGW-PIB, zobrażeń satelitarnych oraz własnych badań terenowych. Warto podkreślić, że doktorant podchodzi do danych źródłowych w sposób krytyczny. Mając świadomość ograniczeń, które wynikają ze sposobu prowadzenia obserwacji/pomiarów w punktach monitoringu hydrologicznego, proponuje działania które pozwalają opracować odpowiedniej jakości szeregi czasowe tak, aby uzyskane wyniki były w jak najmniejszym stopniu obciążone błędem wynikającym z jakości danych. Warto podkreślić, że pozyskanie i przygotowanie danych o analizowanych w pracy zjawiskach lodowych wymagało od doktoranta sporego nakładu pracy, zarówno w obszarze digitalizacji jak również dostosowania do jednolitego i spójnego formatu. Podobnie w przypadku danych hydrometeorologicznych. Ich

przetworzenie z formy w jakiej są dostępne w repozytorium wymaga sporo pracy lub zastosowania narzędzi analizy BigData np. w Pythonie.

Na uwagę zasługuje warsztat pracy doktoranta, związany z umiejętnościami prowadzenia analiz statystycznych danych. Doktorant, biegle korzysta z różnych narzędzi analiz statystycznych dedykowanych analizie szeregów czasowych, które pozwoliły mu określić czasowe (krótko/długoterminowe) zmiany w analizowanych danych klimatycznych, hydrologicznych oraz danych opisujących badane w pracy zjawiska lodowe. Warto zwrócić uwagę, że dobór tych metod był przemyślany a zastosowana procedura ich analizy zgodna z zasadami prowadzenia tego typu analiz statystycznych – poczynawszy od sprawdzania rozkładów analizowanych zmiennych, przed dobór odpowiedniego rodzaju miar statystycznych po ich interpretację. Warto podkreślić, że doktorant korzystał zarówno z typowych, szeroko wykorzystywanych i znanych w tego typu badaniach miar/testów statystycznych (np. estymator Theila-Sena, testy Shapiro-Wilka, Manna-Kendala, t-Studenta itp.), co daje możliwość porównywania/dyskusji uzyskanych wyników z danymi prezentowanymi w literaturze. Doktorant sięga również po narzędzia, które pozwalają na analizę/prezentację tych danych w sposób bardziej szczegółowy, atrakcyjny w odbiorze i pozwalający popatrzeć na zmienność danego zjawiska w różnych horyzontach czasowych (np. metody „Moving Average and Running Trend Analysis – MARTA lub Moving Average over Shifting Horizont - MASH). Doktorant wykazał, że biegle korzysta również z bardziej zaawansowanych narzędzi analizy danych pozwalających na badanie przestrzenno czasowych zależności jakie wpływały na rozwój pokrywy lodowej np. model wykorzystujący regresję logistyczną, który został wykorzystany do prognozowania rozwoju pokrywy lodowej na podstawie danych o śr. temp. powietrza z 14 dni lub model XGBoost który pozwala włączyć do analizy większą liczbę zmiennych objaśniających badane zjawisko. W tego typu analizach biegle korzysta z języka Python, korzystając ze specjalistycznych bibliotek. Doktorant wykazał również, że potrafi pozyskać, odpowiednio analizować i prezentować dane pochodzące ze zobrażeń satelitarnych (Sentinel-1; SAR) pod kątem rozpoznania zasięgu pokrywy lodowej. Biegle też korzysta z narzędzi GIS do analizy i wizualizacji danych. Ten ostatni element niewątpliwie polepsza odbiór prezentowanych wyników badań, co można prześledzić na rycinach wchodzących w skład dysertacji.

Zastosowanie bogatego zbioru danych wejściowych w powiązaniu z użytymi metodami pozwoliło na dosyć szczegółowe rozpoznanie skali i kierunku zmian jakie wystąpiły w odniesieniu do pokrywy lodowej w ostatnich dziesięcioleciach oraz ocenę na ile są one skutkiem uwarunkowań klimatycznych (głównie zmian temp. powietrza) a na ile wynikają one z uwarunkowań antropogenicznych związanych z budową i funkcjonowaniem dużych zbiorników zaporowych na rzekach karpackich. Zdaniem recenzenta uzyskane wyniki znacząco poszerzają obecny stan wiedzy

w tym zakresie oraz wnoszą istotne nowe informacje np. te związane z ilościowym określeniem wpływu zbiornika na reżim lodowy rzeki, określony przy pomocy wykorzystania modelu XGBoost. To bardzo wartościowe badania, których wyniki mają nie tylko charakter poznawczy, ale znacząco poszerzają zagadnienia metodyczne związane z wykorzystaniem tego typu modeli do predykcji zlodzenia cieków górskich.

W artykułach, które stanowią zasadniczą część recenzowanej dysertacji, bardzo dobrze oceniam również styl i poziom prowadzonej dyskusji. W każdym z pięciu artykułów wchodzących w skład dysertacji dyskusja uzyskanych wyników badań jest prowadzona na wysokim poziomie naukowym. Oparta jest ona na aktualnej i związanej z przedmiotem badań literaturze przedmiotu, która stanowi tło do prezentacji uzyskanych w danym artykule wyników badań własnych. Każdy z artykułów kończy zestawienie najważniejszych konkluzji, będących syntezą prezentowanych w pracy zagadnień. Taka forma prezentacji jest bardzo wartościowa i świadczy o wypracowanym i ugruntowanym warsztacie doktoranta.

Podsumowując tą część recenzji można stwierdzić, że doktorant posiada odpowiedni poziom wiedzy merytorycznej z zakresu zagadnień podejmowanych w dysertacji, potrafi określić cel i zakres badań, zaplanować badania dobierając odpowiednie materiały i metody, poprawnie analizuje otrzymane wyniki oraz potrafi przeprowadzić ich dyskusję, korzystając z różnych opracowań. Zdaniem recenzenta doktorant opanował warsztat badawczy na poziomie pozwalającym na samodzielne prowadzenie badań naukowych. Dowodem tego jest przedstawiona do oceny dysertacja, która w mojej ocenie stanowi kompletne i bardzo wartościowe opracowanie.

Osiągnięcia doktoratu - dobór tematyki badań, znaczenie uzyskanych wyników

Pokrywa lodowa stanowi ważne zjawisko przyrodnicze, które istotnie wpływa na charakter i intensywność wielu procesów morfodynamicznych (m.in. przekształcenia koryt cieków i brzegów zbiorników wodnych czy też uruchamianie i transport materiału), właściwości fizykochemiczne (m.in. termikę, natlenienie wody) i hydrodynamiczne wody przez co oddziałuje na środowisko biotyczne i abiotyczne. Wywiera również istotny bezpośredni lub pośredni wpływ na działalność człowieka (np. zatory lodowe jako jeden z czynników sprzyjający wezbraniom i powodziom, konieczność udrażniania koryt dla potrzeb żeglugi itp.). Mając na uwadze jej wpływ na środowisko geograficzne oraz obecny stan badań związany z rozpoznaniem zmian w jej parametrach uważam, że badania których podjął się doktorant są istotne zarówno z punktu widzenia poznawczego jak również aplikacyjnego. Uważam, że uzyskane i zaprezentowane w dysertacji wyniki badań, znacząco poszerzają aktualny stan wiedzy na temat kierunku i dynamiki zmian jakie w ostatnich kilkudziesięciu latach zaszły w reżimie lodowym

wybranych rzek karpackich oraz wnoszą istotny wkład związany z metodyką prowadzenia tego rodzaju badań.

Za najważniejsze osiągnięcia doktoratu uważam:

1/ Określenie czasowego i przestrzennego zróżnicowania: częstości występowania, czasów formowania i zaniku pokrywy lodowej oraz zmian zachodzących w strukturze tego typu zjawisk lodowych (lód brzegowy vs. pełna pokrywa lodowa) w obrębie wybranych rzek polskiej części Karpat. Doktorant udokumentował te zmiany, bazując na bogatym materiale źródłowym, analizowanym przy pomocy wielu metod, stąd też uzyskane wyniki określające kierunek i wielkość zmian jakie zachodziły w ostatnich kilkudziesięciu tego typu zjawiskach lodowych na rzekach karpackich mają istotny walor poznawczy.

2/ powiązanie zmian jakie zachodzą w obrębie tego rodzaju zjawisk lodowych z czynnikami naturalnymi – głównie związanymi z klimatem (temp. powietrza, temp. wody, przepływem) i antropogenicznymi – głównie związanymi z oddziaływaniem dużych zbiorników retencyjnych, w tym określenie zasięgu oddziaływania zbiorników.

3/ wykorzystanie modeli statystycznych regresji logicznej do opracowania narzędzi pozwalających na prognozowanie występowania pokrywy lodowej na podstawie średniej temp. powietrza z okresu 14 dni;

4/ wykorzystanie modeli wykorzystujących uczenie maszynowe XGBoost do ilościowej oceny wpływu zbiorników zaporowych na rzekach karpackich na formowanie pokrywy lodowej. To jedne z nielicznych tego typu badań.

Ponieważ zasadniczą część dysertacji stanowi cykl artykułów opublikowanych w uznanych czasopismach naukowych, trudno wskazać na elementy, które mogły być podstawą formułowania większych uwag o charakterze krytycznym – w dużej mierze większe lub mniejsze błędy zostały wyeliminowane na etapie recenzji podczas przygotowania artykułów do publikacji. Te, które wskazano odnoszą się do spraw drugorzędnych (brak Witkowski 2019 w zestawieniu literaturowym, czy też czasem zamienne posługiwanie się terminami określającymi przepływ i odpływ (discharge vs flow volume art. 6)) i nie rzutują na ogólną wysoką ocenę recenzowanej rozprawy. W ostatnim artykule, gdzie badano wpływ zmian w przepływie na formowanie i rozpad pokrywy lodowej ciekawe byłoby określenie na ile identyfikowane zmiany w przepływie przekładają się na zmiany stanów wody, co pozwoliłoby wyobrazić sobie poziom oddziaływania na pokrywę lodową i jej rozpad. Interesujące od strony metodologicznej byłoby rozpoznanie w jaki sposób uśrednianie danych wejściowych w przepływie stosując MASH przekładałoby się na wyniki identyfikacji trendów w serii czasowej.

Podsumowanie

Odpowiadając na pytania ustawowe stwierdzam, że recenzowana praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Autor wykazał się szeroką wiedzą merytoryczną czemu dał wyraz we wprowadzeniu do tematyki badań oraz dyskusji naukowej. Pokazał, że potrafi odpowiednio zaplanować badania, pozyskać odpowiednie dane, analizować je przy użyciu odpowiednio dobranych metod a uzyskane wyniki odpowiednio interpretować. W ten sposób udowodnił, że posiada umiejętności potrzebne do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca magistra Maksymiliana Fuksia odpowiada jej przeznaczeniu jako rozprawy doktorskiej. Zdaniem recenzenta, praca w pełni spełnia wymagania określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm). Wnoszę o dopuszczenie Pana mgr-a Maksymiliana Fuksia do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Biorąc pod uwagę szeroki zakres prowadzonych badań oraz wysoką jakość opracowania prezentowanych w dysertacji zagadnień badawczych, wnoszę o wyróżnienie dysertacji mgr-a Maksymiliana Fuksia.

Brumda Tomasz