

Wrocław, 13.09.2023 r.

Dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Joanny O'Keeffe**

**pt. „Prognoza wpływu zmian klimatu na ustrój hydrologiczny rzek i
funkcjonowanie siedlisk rzecznych i dolinowych”**

wykonanej w Katedrze Hydrologii, Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
promotor: prof. dr hab. inż. Tomasz Okruszko
promotor pomocniczy: dr hab. Mikołaj Piniewski, prof. SGGW

1. Podstawa formalna

Recenzję opracowano zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki SGGW z dnia 5.07.2023 r., na posiedzeniu której zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Joanny O'Keeffe.

Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, Pana prof. Janusza Kubraka z dnia 21.07.2023 r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa podejmuje ważną tematykę stabilności ekosystemów związanych z rzekami, które mogą być zagrożone przez zmiany klimatu. Jednym z kluczowych zagadnień są przekształcenia w charakterystyce przepływów, których zaburzenia destrukcyjnie wpływają na różne elementy biotyczne, zależne od wody. Dotyczy to zarówno narastającego zjawiska susz hydrologicznych i hydrogeologicznych, które redukują przepływy poniżej dotychczasowych norm, ale również skali, dynamiki i narastającej częstości występowania fal wezbraniowych. Wiele odcinków rzek wraz z dolinami jest silnie przekształconych, ubogich

hydromorfologicznie, co dodatkowo obniża ich potencjał ekologiczny. Kolejne czynniki, które negatywnie wpływają na przyrodnicze funkcjonowanie ekosystemów rzecznych, to sposób prowadzenia prac utrzymaniowych oraz niektóre aktywności hydrotechniczne wpływające okresowo, ale znacząco na zmiany poziomu wody i przepływów w rzekach. Katastrofa ekologiczna na Odrze pokazała, że zanieczyszczenia antropogeniczne wód oraz splot czynników zależnych od zmian klimatu w każdej chwili mogą doprowadzić do załamania funkcjonowania ekosystemu rzecznoego.

W wielu dziedzinach nauk środowiskowych i przyrodniczych powszechnie wykorzystuje się modelowanie i prognozowanie oparte na scenariuszach zmian klimatu. Niniejsza rozprawa w swoich założeniach również bazuje na tej metodyce. Głównym celem podjętych badań było przeprowadzenie oceny możliwych skutków wpływu zmian klimatu na wybrane siedliska i gatunki, zależne od reżimu hydrologicznego rzek, co jest jasno odzwierciedlone w tytule rozprawy. Podstawową koncepcją badawczą było modelowanie bazujące na założeniach ekohydrologicznych. Prognozy hydrologiczne opracowane zostały za pomocą modelu Soil & Water Assessment Tool (SWAT) dla dwóch różnych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych do końca 21 wieku. Podjęto również próbę ustalenia wskaźników, które uchwycą zależność między reżimem hydrologicznym rzek a cyklem życia organizmów. Stanowiło to podstawę do przeprowadzenia interdyscyplinarnych badań nad wpływem zmian klimatu na reżim przepływu cieków, który jest istotny dla wybranych siedlisk i gatunków. Przeprowadzone zostały trzy studia przypadków, z których każde koncentruje się na innym wskaźniku ekologicznym: siedliskach podmokłych, gatunkach ryb i ptaków. Oddziaływanie na siedliska podmokłe oceniono na podstawie występowania ryzyka wysychania oraz aktualnego stanu ochrony. W przypadku szczupaka, klenia i łososia atlantyckiego ocena koncentrowała się na przeglądzie piśmiennictwa dotyczącym preferencji przepływu dla tych gatunków i przekroczeń progu jego dopuszczalnej zmiany. Kierunek zmian dla mewy, rybitwy rzecznej i mewy czarnogłowej analizowano na podstawie przekroczeń progu tolerowanej zmiany przepływu w odniesieniu do sukcesu lęgowego. Badania przeprowadzono dla sieci rzecznej i wybranych siedlisk dorzecza Wisły i Odry o powierzchni odpowiednio 193 831 km² i 119 041 km². Pozwoliło to Autorce na sformułowanie głównej hipotezy badawczej: „Możliwe jest wykorzystanie modeli hydrologicznych do analizy wpływu zmian klimatu na wybrane siedliska rzeczne i dolinowe.”

3. Ocena dorobku naukowego

Przedstawiony do oceny dorobek naukowy stanowi cykl trzech powiązanych ze sobą artykułów naukowych, które zostały opublikowane w czasopismach z listy MEiN:

1. **O'Keefe**, J., Marcinkowski, P., Utratna, M., Piniewski, M., Kardel, I., Kundzewicz, Z. W., Okruszko, T., 2019. Modelling Climate Change's Impact on the Hydrology of Natura 2000 Wetland Habitats in the Vistula and Odra River Basins in Poland. *Water*, 11(10):2191. <https://doi.org/10.3390/W11102191>;
2. **O'Keefe**, J., Piniewski, M., Szcześniak, M., Oglęcki, P., Parasiewicz, P., Okruszko, T., 2018. Index-based analysis of climate change impact on streamflow conditions important for Northern Pike, Chub and Atlantic salmon. *Fisheries Management and Ecology*, 26(6), 474–485. <https://doi.org/10.1111/fme.12316>;
3. **O'Keefe**, J., Bukaciński, D., Bukacińska, M., Piniewski, M., Okruszko, T., 2023. Future of birds nesting on river islands in the conditions of hydrological variability caused by climate change, *Ecohydrology & Hydrobiology*, In press, <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.03.007>.

Łączna punktacja Ministerstwa Edukacji i Nauki artykułów wynosi 300, a sumaryczny IF = 8,585. We wszystkich publikacjach Pani O'Keefe jest pierwszą autorką, a jej udział jest dominujący i wynosi 55%.

4. Ocena treści merytorycznej rozprawy

Analizy przedstawione w artykułach opierają się na modelach i prognozach zmian klimatu oraz zmiennych hydrologicznych opracowanych w ramach polsko-norweskiego projektu CHASE-PL (Climate change impact assessment for selected sectors). Wykorzystano zestaw dziewięciu regionalnych modeli klimatycznych EURO-CORDEX w dwóch stężeniach gazów cieplarnianych zwanych reprezentatywnymi ścieżkami koncentracji (RCP) 4,5 i 8,5. Parametry klimatyczne były symulowane dla okresu odniesienia (1971-2000) i dla dwóch przyszłych horyzontów czasowych: bliskiej przyszłości (NF, 2021-2050) i dalekiej przyszłości (FF, 2071-2100). Analiza warunków hydrologicznych wykonana była w modelu SWAT, skalibrowanym i zweryfikowanym dla Polski, w celu rozszerzenia jego funkcjonalności. Modelowanie hydrologiczne przeprowadzono bez udziału antropogenicznych zmian w

przepływie, takich jak budowle piętrzące czy pobór wody, co miało na celu wyizolowanie wpływu zmian klimatu.

Wszystkie studia przypadków wykorzystują te same warunki klimatyczne, wyniki modelowania przy użyciu SWAT oraz wskaźniki hydrologiczne dostosowane do danego siedliska lub gatunku. Nowością w tych badaniach jest ilościowe modelowanie interakcji ekohydrologicznych, co pozwala lepiej zrozumieć, jak analizowane gatunki i siedliska reagują na różnice w przepływie spowodowane zmianami klimatu.

Artykuł 1. W publikacji dokonano analizy wpływu zmiany klimatu na siedliska terenów podmokłych położonych w dorzeczu Wisły i Odry. Wybrane zostały siedliska z sieci Natura 2000, które są zależne od powodzi rzecznych: a) – naturalne, hydrofilne, trwałe zbiorowiska ziołoroślowe w górach i na pogórzu (klasa Betulo-Adenostyletea) oraz nitrofilne, okrajkowe zbiorowiska ziół i pnączy wzdłuż cieków wodnych na niżu (klasa Galio-Urticenea, kod 6430); b) – łągi wierzbowe, topolowe, olszowe i jesionowe (kod 91E0) i c) – łągowe lasy dębowo-wiązowo-jesionowe (kod 91F0).

Przy ocenie przepływu wykorzystano analizę przekrojów geodezyjnych doliny rzeki, aby ustalić częstotliwość zasilania siedlisk wodami rzeczными. Określono również zmiany średniej rocznej liczby dni, w których przepływ przekraczał wypełnienie koryta (NOD) między okresem odniesienia a przyszłymi prognozami. Wyniki modelowania na bazie scenariuszy zmiany klimatu wykazały znaczny wzrost czasu trwania powodzi, które dotkną analizowane siedliska podmokłe. Przewiduje się, że NOD wzrośnie dla wszystkich trzech typów siedlisk zasilanych wodami powierzchniowymi.

Prognozowany wzrost NOD może być korzystny dla siedlisk o dobrym, średnim lub obniżonym stanie ochrony i zagrożonych wysychaniem. Jeżeli jednak wydłużenie czasu trwania powodzi przekroczyłoby tolerancję siedlisk, ekosystemy, które są obecnie w optymalnym stanie, mogą doświadczyć negatywnych skutków zmiany klimatu. W związku z tym wpływ zmiany klimatu na nadbrzeżne tereny podmokłe oceniono jako niespójny. Warto zauważyć, że przyjęto tu dość jednostronne założenie wzrostu dostępności wody w postaci opadów i przepływów, co z różnych względów nie musi się faktycznie wydarzyć w przyszłości.

Artykuł 2. W drugiej publikacji badano wpływ zmiany klimatu na warunki przepływu w dorzeczu Wisły i Odry, istotne z ekologicznego punktu widzenia dla ryb takich, jak: szczupak

(*Esox lucius*), kleń (*Squalius cephalus*) i łosoś atlantycki (*Salmo salar*). Poprzez analizę literatury zidentyfikowano istotne cechy wskaźników zmian hydrologicznych (IHA) dla tych gatunków ryb. Wybrane wskaźniki IHA zostały obliczone i porównane między scenariuszami referencyjnymi a przyszłymi. Ustalono próg akceptowalnej zmiany na $\pm 30\%$. Przekroczenie tego progu wskazywało na zagrożenie dla danego gatunku ryb z powodu zmian klimatu.

Wyniki analizy wskazują, że łosoś atlantycki jest najbardziej narażony na ryzyko ze względu na zmiany w charakterystyce przepływu dotyczące: tarła, migracji i przetrwania. Około 97% rzek w dorzeczu Wisły i Odry jest podatnych na zmiany klimatu w różnych horyzontach czasowych i scenariuszach RCP. Kleń ma najmniejszy odsetek rzek, które nie są dotknięte zmianami klimatu (do 5%). Szczupak, z kolei, będzie doświadczać znacznego wzrostu średnich przepływów w marcu, kwietniu i maju. To ma dwukierunkowy wpływ na powodzenie tarła szczupaków, ponieważ zwiększone przepływy wiosenne mogą korzystnie wpłynąć na dostępność obszarów zalewowych, ale jednocześnie zbyt wysokie przepływy mogą zagrażać rydom i ikrze. W przypadku klenia, mediany przepływów w: marcu, maju i czerwcu przekroczyły próg dopuszczalnej zmienności między wartościami IHA w okresie referencyjnym a przyszłymi scenariuszami. Klenie są mało podatne na powodzie i preferują wysokie przepływy do tarła. Wzrost mediany wiosennego przepływu, pomimo pozornego pozytywnego wpływu, zostaje uznany za negatywny z powodu przekroczenia zakresu tolerancji tego gatunku na zmienność przepływów spowodowaną zmianami klimatu.

Artykuł 3. W trzecim artykule skupiono się na charakterystyce hydrologicznej środkowej Wisły i jej wpływie na stabilność wysp i ławic, co ma znaczenie dla zakładania gniazd i wychowywania młodych ptaków, takich jak mewa (*Larus canus*), rybitwa białoczarna (*Sternula albifrons*) i mewa czarnogłowa (*Chroicocephalus ridibundus*).

Przeprowadzono identyfikację okresu wrażliwości tych gatunków ptaków (czas składania jaj, gniazdowania i wychowywania piskląt) oraz opracowano zestaw skorygowanych cech wskaźników zmian hydrologicznych (IHA), dostosowanych do biologii rozrodu tych gatunków. Analizując dobowe przepływy z projekcji hydrologicznych, otrzymano skorygowane charakterystyki hydrologiczne IHA, które zostały zestawione z danymi bazowymi, dotyczącymi sukcesu gniazdowania ptaków na wyspach i mieliznach środkowej Wisły w latach 2004–2018. Próg akceptowalnej zmiany $\pm 30\%$ został wyznaczony po obliczeniu skorygowanych IHA i

porównaniu między scenariuszem referencyjnym a scenariuszem przyszłym. Przekroczenie tego progu oznaczało potencjalny negatywny wpływ zmian klimatu na te gatunki ptaków.

Wyniki analizy wykazały, że mewy wykazywały najniższą korelację między skorygowanymi IHA a sukcesem gniazdowania. W przypadku rybitwy rzecznej i mewy czarnogłowej stwierdzono umiarkowaną do silnej korelację między sukcesem gniazdowania a skorygowanymi IHA, co wskazuje na istotny wpływ zmian w hydrologii na badane gatunki.

Najważniejsze skorygowane IHA dla tych trzech gatunków ptaków zostały ocenione pod kątem zmian w przyszłych scenariuszach. Mediana procentowej zmiany w skorygowanych IHA z największą korelacją z sukcesem gniazdowania nie przekroczyła progu tolerowanego odchylenia od scenariusza odniesienia $\pm 30\%$, z wyjątkiem rybitwy rzecznej, dla której prognozowane zmiany klimatyczne miały największy negatywny wpływ na sukces gniazdowania, przewidując wzrost liczby lat z katastrofalnymi sezonami lęgowymi. Wpływ na mewy jest mniej jednoznaczny, podczas gdy wpływ na mewę czarnogłową jest prognozowany jako niewielki, ale negatywny.

Przyjęte podejście, polegające na modelowej ocenie wpływu zmian klimatu na różne aspekty biologiczne za pomocą dostosowanego zestawu wskaźników hydrologicznych, wydaje się być dobrze dostosowane do badania większych obszarów, takich jak skala dorzecza lub kraj, i może być stosowane w różnych zlewniach. Niniejsza rozprawa wnosi zatem istotny wkład w zrozumienie zależności między różnicami w przepływie, spowodowanymi zmianami klimatu, a zachowaniem korzystnych warunków środowiskowych dla wybranych gatunków ryb, ptaków oraz nadbrzeżnych obszarów podmokłych w Polsce. Opracowana metoda pozwala na monitorowanie zmian w kompleksowym ekosystemie rzeki, uwzględniając jej tereny zalewowe. Należy zwrócić uwagę, że analiza w skali: wyspy, łachy czy mielizny, wymaga połączenia różnych technik pomiarowych i badawczych oraz odpowiedniej interpretacji uzyskanych wyników.

Cel badań, którym było dostarczenie narzędzia umożliwiającego lepsze zrozumienie wpływu potencjalnych skutków zmian klimatu dla niektórych siedlisk i gatunków zależnych od przepływu rzecznej w Polsce, został w znacznym stopniu osiągnięty. Przy czym ważne jest, aby pamiętać o ograniczeniach i uproszczeniach zastosowanych w przyjętym modelu. Uzyskane wyniki modelowania potwierdzają, że prognozowane zmiany klimatu wpłyną na reżim hydrologiczny rzek, co z kolei będzie miało wpływ na wybrane ryby, ptaki i siedliska podmokłe. Autorka zwraca uwagę, że wpływ ten nie jest jednoznacznie pozytywny ani

negatywny dla wszystkich analizowanych gatunków i siedlisk, co podkreśla trudną w prognozowaniu niespójność wpływu zmian klimatu na reżim wodny rzek i zależne ekosystemy.

Należy również podkreślić praktyczny aspekt przeprowadzonych badań. Wyniki wskazują, że planowanie zarządzania środowiskiem wodnym i strategię łagodzenia zmian klimatu są niezwykle ważne, a zarządzający zasobami wodnymi oraz decydenci odgrywają kluczową rolę w ograniczaniu negatywnych skutków tych zmian. Praca ta dostarcza cennych informacji na temat konieczności podejmowania działań mających na celu ochronę siedlisk i gatunków, które są szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu, oraz podkreśla rolę polityki i zarządzania w ochronie środowiska wodnego.

5. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

W przedłożonej do oceny rozprawie da się wskazać kilka aspektów budzących pewne wątpliwości, rodzących pytania i zachęcających do podjęcia dyskusji. Proszę zatem Doktorantkę o ustosunkowanie się do poniższych kwestii:

- Obecnie istnieje wiele planów i założeń inwestycyjnych związanych ze zwiększaniem różnych form retencji, których realizacja nieuchronnie i znacząco wpłynie na podstawowe składniki bilansu wodnego. Czy zatem przyjęcie założenia o braku oddziaływań antropogenicznych na model hydrologiczny jest słuszne i jakie może generować błędy? Tym samym – w przeprowadzonych badaniach nie uwzględniono faktu, że z biegiem lat będzie się również nasilać konkurencja o zasoby wodne, wykorzystywane do różnych celów, w związku z czym ochrona przyrody i bioróżnorodności można napotkać dodatkowe problemy i ograniczenia, wynikające z antropogenicznego wpływu na bilans wodny.
- Przyjęcie do modelu SWAT zakresu uwilgotnienia gleb od połowej pojemności wodnej (PPW) do punktu trwałego wędnięcia (PTW) wydaje się niewłaściwe pod względem oceny stabilności siedlisk podmokłych i bagiennych, w szczególności – torfowisk. Długotrwałe susze, powodujące potencjalne spadki uwilgotnienia poniżej tolerancji gatunków wilgociolubnych (znacznie poniżej PTW), mogą trwale zaburzyć ich funkcjonowanie i wpłynąć na obniżenie bioróżnorodności, przebudowę składu gatunkowego, wkraczanie gatunków inwazyjnych itp. Poza tym wątpliwości budzi przyjęta wartość graniczna PPW ustalona na $-0,033$ MPa, co jest odpowiednikiem $pF = 2,5$, czyli wartości powszechnie uznawanej za zasób wody łatwo dostępnej.

Zdecydowanie częściej za górną granicę odciekalności grawitacyjnej przyjmuje się zakres $pF = 1,8-2,2$, co odpowiada potencjałowi rzędu $-0,001$ MPa. Rozbieżność ta może istotnie wpływać na uzyskane wyniki modelowania i prognozę zasobów wodnych gleb terenów podmokłych.

- Jak „ewentualny pozytywny wpływ zmian klimatu na siedliska zagrożone wysychaniem” ma się do prognozowanych wzrostów częstości występowania i długotrwałości susz? Czy gwałtowne wezbrania po opadach nawalnych będą zawsze poprawiać warunki na siedliskach podmokłych? A może potrzeba będzie do tego dodatkowej infrastruktury lub ingerencji w istniejącą – np. budowle piętrzące i regulujące przepływ i odpływ wody, co z założenia nie zostało uwzględnione w modelowaniu?
- Autorka słusznie zauważa, że „wskazane jest powtórzenie tego badania w przyszłości przy użyciu nowszych prognoz, np. CMIP6 z IPCC AR6. Nowe prognozy CMIP6 różnią się od prognoz CMIP5 i EURO-CORDEX w Europie (w tym w Europie Środkowej), ponieważ przewidują mniejszy wzrost opadów i spadki zamiast wzrostu przepływu”. Potwierdza to znaczące rozbieżności wyników różnych badań modelowych, przytaczanych w ramach dyskusji w cyklu publikacji. Wskazane jest zatem dalsze rozwijanie prac badawczych z uwzględnieniem nowych i skorygowanych danych.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani Joanny O’Keeffe stanowi wartościowy dorobek naukowy, wnoszący nową wiedzę w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Odpowiada ona na aktualne potrzeby w zakresie doskonalenia metod oceny i prognozowania w zakresie ekohydrologii pod wpływem prognozowanych zmian klimatu. Na tle oceny ilościowej związanej z przepływami rzecznyymi, poruszony został niezwykle ważny aspekt wzrastającego zagrożenia dla siedlisk i gatunków. Doktorantka jest przygotowana do samodzielnej pracy naukowej, zarówno w zakresie modelowania zjawisk środowiskowych, pozyskiwania i obróbki danych, jak również współpracy oraz koordynacji szerokiego zespołu interdyscyplinarnego.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Joanny O’Keeffe pt. „Prognoza wpływu zmian klimatu na ustrój hydrologiczny rzek i funkcjonowanie siedlisk rzecznych i dolinowych” spełnia warunki obowiązującej ustawy z dnia

14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 z późniejszymi zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W związku z tym wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny O'Keeffe i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie.

Tamara Kowalczyk