

SN. 410.2.2024

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Dnia	16-09-2024r.
Nr dz.
Zal.
Barki Wodnej	

Dr hab. Mikołaj Piniewski, prof. SGGW
Katedra Hydrologii, Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Instytut Inżynierii Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159
02-787 Warszawa

Warszawa, 9.09.2024

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Tesfayego Senbety pt. "The role of human footprint in shaping drought dynamics. Hydrological modeling approaches"

Oceniana rozprawa doktorska napisana została przez Pana mgr Tesfayego Senbetę z Instytutu Geofizyki PAN pod kierunkiem dr hab. inż. Krzysztofa Kochanka, prof. PW oraz ś.p. prof. dr hab. inż. Renaty Romanowicz. Funkcję promotorki pomocniczej rozprawy pełniła dr Emilia Karamuz. Rozprawa zrealizowana została w dyscyplinie nauk o ziemi i środowisku.

Rozprawę stanowi zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych w rozumieniu art. 187 ustawy "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce". Zbiór ten opatrzony jest opisem w dwóch wersjach językowych (angielskiej i polskiej). Właściwą część opisu poprzedzają wykaz skrótów, streszczenie oraz lista publikacji naukowych stanowiących rozprawę. Sam opis liczy 29 stron w wersji angielskiej oraz 28 w wersji polskiej. Po wersji polskiej zamieszczono spis literatury obejmujący 69 pozycji oraz wykazy wystąpień konferencyjnych i publikacji Autora. Ostatnią częścią rozprawy stanowią przedruki czterech artykułów poprzedzone stosownymi oświadczeniami Autora odnośnie wkładu w ich powstanie. Publikacje dołączone są w identycznej formie jak oryginalne wersje udostępniane przez wydawców i zajmują odpowiednio 15, 15, 8 i 22 strony.

W skład rozprawy wchodzi następujące cztery publikacje:

- 1) Senbeta TB, Karamuz E, Kochanek K, Napiórkowski JJ, Romanowicz RJ. 2023. Budyko based approach for modelling water balance dynamics considering environmental change drivers in the Vistula River basin, Poland. Hydrological Sciences Journal 68 (5): 655–669 DOI: 10.1080/02626667.2023.2187297 [wkład Senbety 70%]
- 2) Senbeta TB, Romanowicz RJ. 2021. The role of climate change and human interventions in affecting watershed runoff responses. Hydrological Processes 35 (12): e14448 DOI: 10.1002/hyp.14448 [wkład Senbety 90%]
- 3) Senbeta TB, Kochanek K, Karamuz E, Napiórkowski JJ. 2024. Modelling human impacts on surface and subsurface hydrological drought. Proc. IAHS 385: 155-162 DOI: 10.5194/piahs-385-155-2024 [wkład Senbety 80%]
- 4) Senbeta TB, Napiórkowski JJ, Karamuz E, Kochanek K, Woyessa YE. 2024. Impacts of water regulation through a reservoir on drought dynamics and propagation in the Pilica River watershed. Journal of Hydrology: Regional Studies 53: 101812 DOI: 10.1016/J.EJRH.2024.101812 [wkład Senbety 80%]

Wszystkie artykuły opublikowane zostały w recenzowanych periodykach o zasięgu międzynarodowym. Artykuły nr 1, 2 i 4 ukazały się w czasopismach notowanych w bazie Web of Science, plasujących się w drugim (artykuły 1 i 2) oraz pierwszym (artykuł 4) kwartylu. Artykuł nr 3 opublikowano w materiałach konferencyjnych Międzynarodowego Stowarzyszenia Nauk Hydrologicznych (IAHS), które są od niedawna indeksowane w bazie Scopus (trzeci kwartył). Oczywiście aspekty bibliometryczne nie są przedmiotem recenzji, lecz jedynie stanowią jej tło.

Ponieważ rozprawa doktorska, w myśl Ustawy, powinna prezentować umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, ocena tej samodzielności spoczywa również na barkach recenzenta. Zbiór oświadczeń dotyczących wkładu Autora w poszczególne publikacje, podpisany przez niego oraz Promotora, nie budzi żadnych wątpliwości co do samodzielności tego pierwszego. Przede wszystkim,

Doktorant był pierwszym i wiodącym autorem wszystkich czterech artykułów. Ilościowa samoocena udziału Autora oscyluje między 70 a 90%, a oświadczenia o szczególowej roli napisane wg taksonomii CRedit potwierdzają, że był on odpowiedzialny m.in. za opracowanie metodyki badań, przeprowadził analizę formalną oraz napisał pierwszą wersję artykułu, a zatem wykonał trzy najistotniejsze elementy procesu badawczego. Podsumowując, kwestię samodzielności naukowej Autora uważam za rozstrzygniętą.

Mam pewne zastrzeżenie co do tytułu rozprawy, który w wersji angielskiej brzmi „The role of human footprint in shaping drought dynamics. Hydrological modeling approaches”. Moim zdaniem sugeruje on, że całość rozprawy dotyczy zagadnienia suszy, tymczasem dwa pierwsze artykuły tego wątku w ogóle nie zawierają, koncentrując się na bilansie wodnym oraz odpływie. Co więcej, tylko dwa z czterech celów badawczych sformułowanych przez Autora dotyczą zagadnienia suszy. Domyślam się zatem, że intencją Autora było zwrócenie, poprzez tytuł, uwagi czytelnika, że wątek suszowy jest istotniejszy niż sugerowałaby to literalna analiza treści rozprawy.

Dziesięciostronicowy wstęp daje czytelnikowi dobre wyobrażenie na temat problematyki badawczej podjętej przez Autora. Autor wprawnie porusza się po literaturze przedmiotu, przechodząc od ogółu do szczegółu, i przywołując adekwatne źródła. Niektóre fragmenty rzucają światło na zastosowane w rozprawie metody badawcze, takie jak standaryzowane wskaźniki suszy czy metody służące do rozdzielenia wpływu czynników klimatycznych i antropogenicznych na kształtowanie odpowiedzi hydrologicznej zlewni.

Autor sformułował jako główny cel rozprawy znalezienie odpowiedzi na pytanie: jaki jest udział działalności człowieka w modelowaniu bilansu wodnego i rozwoju suszy hydrologicznej. Brzmienie pierwszego członu, tj. „udział działalności człowieka w modelowaniu bilansu wodnego” uważam za niefortunne. Należałoby raczej napisać o udziale działalności człowieka w kształtowaniu lub modyfikowaniu bilansu wodnego. Z kolei cztery sformułowane przez Autora cele szczegółowe odnoszą się w chronologicznej kolejności do artykułów 1-4 i stanowią w zasadzie dość wierne powtórzenie celów badań zdefiniowanych w samych artykułach. Cele te są moim zdaniem zdefiniowane w sposób poprawny, chociaż w określeniu pierwszego celu zabrakło terminu „wodny” w odniesieniu do słowa „bilans”.

W rozdziale pierwszym zabrakło moim zdaniem ilustracji graficznej koncepcji rozprawy w postaci schematu blokowego. Rozprawa powinna stanowić (i stanowi) zbiór powiązanych tematycznie publikacji. Chociaż to, że poszczególne artykuły są powiązane tematycznie nie budzi zastrzeżeń, to schematyczna ilustracja wzajemnych powiązań na pewno przysłużyłaby się lepszej percepcji pracy.

Rozdziały 2-5 zawierają wypunktowane najważniejsze zagadnienia oraz streszczenia o długości od 1 do 3 stron poszczególnych artykułów wchodzących w skład rozprawy. Niestety, taka forma prezentacji najważniejszych wyników rozprawy jest zbyt lapidarna, żeby wyrobić sobie zdanie na temat mocnych i słabych stron rozprawy i niezbędne jest uważne przestudiowanie treści pełnych tekstów artykułów, których przedruki załączono na jej końcu. W dalszej części recenzji przedstawię zatem swoją opinię na temat poszczególnych artykułów.

Artykuł nr 1 „Budyko-based approach for modelling water balance dynamics considering environmental change drivers in the Vistula River basin, Poland”

W artykule tym Autor zastosował różne modele oparte o koncepcji Budyki znanej w literaturze hydrologicznej od lat 70-ych XX w. w celu oceny wpływu zaproponowanej modyfikacji struktury tych modeli na ich jakość mierzoną konwencjonalnymi miarami dopasowania takimi jak współczynnik Nasha-Sutcliffe’a. Opracowane modele wykorzystano następnie do oceny dynamiki zmian składowych bilansu wodnego analizowanych zlewni w dorzeczu Wisły. Propozycja Autora dotyczyła wprowadzenia dodatkowego parametru opadu efektywnego α , który w zamierzeniu miał reprezentować różnego rodzaju „straty” opadu w zlewni i sprawić, że model będzie odzwierciedlał warunki nieustalone.

Struktura modeli bazujących na hipotezie Budyki jest stosunkowo prosta, a w literaturze istnieje wiele jej adaptacji. Zaproponowane przez Autora rozszerzenie trzech różnych wersji modeli Budyki (różniących się reprezentacją tzw. wskaźnika parowania Ψ) sprawiło, że liczba parametrów niezbędnych do identyfikacji wzrosła z jednego do dwóch. Innymi słowy, struktura tych konceptualnych modeli została wzbogacona, przy utrzymaniu identycznego zestawu danych wejściowych, obejmujących roczne wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej, opadu oraz odpływu dla każdej zlewni. Udokumentowany w artykule wzrost wartości miar dopasowania (NSE) w wyniku wprowadzenia parametru α nie powinien więc raczej dziwić. Nieco zaskakujące jest natomiast to, że nawet po wzbogaceniu struktury modelu, w większości zlewni, zwłaszcza tych zlokalizowanych na Niżu Polskim, nie udało się osiągnąć zadowalających wartości miar dopasowania. Zidentyfikowane wartości parametru α dla tych zlewni sugerujące, że średnioroczne wielkości „strat” opadu mogą wynosić nawet 50% budzą moje wątpliwości. W szczególności, w Tabeli 5 artykułu podano obliczoną dla takiej wartości α wartość średniej rocznej ewapotranspiracji aktualnej zlewni Wisły powyżej wodowskazu Warszawa jako 129 mm. Poprosiłbym Autora o interpretację uzyskanych wartości „strat” opadu oraz obliczonej ewapotranspiracji w trakcie publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Artykuł nr 2 „The role of climate change and human interventions in affecting watershed runoff responses”

Celem tego artykułu była kwantyfikacja wkładu zmiany klimatu oraz działań człowieka w kształtowanie odpływu rocznego w średniej wielkości zlewni wyżynnej (zlewnia Kamiennej) za pomocą dwóch istotnie różnych metod: modelowania opartego na procesach fizycznych oraz koncepcji tzw. „klimatycznej elastyczności odpływu”. Zastosowany przez Autora model SWAT jest bardzo popularnym w Polsce i na świecie narzędziem służącym do matematycznego modelowania procesów hydrologicznych w zlewni. Metoda „klimatycznej elastyczności odpływu” jest znacznie prostsza do zastosowania i polega na ocenie czułości zmian odpływu w relacji do zmian opadu oraz ewapotranspiracji wskaźnikowej bezpośrednio na podstawie danych obserwowanych. Kluczowym aspektem pracy była identyfikacja punktu „nagłej zmiany” w dynamice odpływu rzeki Kamiennej, który wypadł w roku 1982. Model SWAT został w związku z tym skalibrowany dla okresu przed tą „nagłą zmianą” (okresu bazowego), a następnie zastosowany do symulacji odpływu „znaturalizowanego” w okresie po roku 1982, nazwanym okresem perturbacji. Porównanie odpływu znaturalizowanego z odpływem obserwowanym w okresie perturbacji pozwoliło określić procentowy wkład działalności człowieka w zmianę odpływu po roku 1982 jako 61%. Zbliżoną wartość uzyskano zresztą za pomocą metody klimatycznej elastyczności odpływu, co należy interpretować w sposób pozytywny ze względu na zupełnie odmienny charakter tej metody.

O ile udowodnienie antropogenicznego charakteru zmian odpływu rzeki Kamiennej nie budzi moich zastrzeżeń, interpretacja tych zmian poprzez analizę zmian pokrycia terenu już je budzi. Po pierwsze, zidentyfikowany przez Autora wzrost powierzchni zbiorników wodnych między rokiem 1982 a 1990 wynoszący 412% jest dyskusyjny. Według mapy pokrycia terenu dla roku 1982 opracowanej na podstawie zdjęcia Landsat-4 przedstawionej na Rys. 8 artykułu nr 2 w roku tym nie istniał zbiornik Brody, który jak wiadomo został wybudowany w latach 60-ych, a zatem musiał istnieć w roku 1982. Trudno zatem zgodzić się z tym, że to budowa zbiornika Brody spowodowała spadek odpływu Kamiennej po roku 1982. Tym bardziej trudno zgodzić się ze stwierdzeniem, że doprowadziła do tego budowa zbiornika Wióry, którą zakończono dopiero w roku 2006. Oczywiście proces napełniania tego zbiornika z całą pewnością przyczynił się do redukcji odpływu poniżej zapory w pierwszej dekadzie XXI wieku, jednak nie ma on prawa wyjaśniać całkowitej redukcji odpływu stwierdzonej przez Autora. Podsumowując, wątek interpretacji roli działalności człowieka w redukcji odpływu został moim zdaniem potraktowany zbyt powierzchownie. Lepiej byłoby go zupełnie pominąć lub rozbudować, np. o analizę porównawczą odpływu dla innych posterunków wodowskazowych w zlewni Kamiennej, z których część położona jest powyżej głównych zbiorników. Niezbędne dane z modelu SWAT do tego typu analizy były z pewnością dostępne. Drugim kierunkiem wartym rozważenia była analiza zmian

odpływu w układzie miesięcznym lub sezonowym, co również mogło dać wskazówki co do możliwych przyczyn tych zmian.

Artykuł nr 3 Modelling human impacts on surface and subsurface hydrological drought

Celem artykułu nr 3 było określenie wpływu działalności człowieka na wybrane charakterystyki suszy hydrologicznej w zlewni Kamiennej. W pracy wykorzystano model SWAT opracowany dla tej zlewni w poprzednim artykule oraz konceptualny model HBV w wersji o parametrach skupionych. Wykorzystanie (skromnej) wiązki modeli hydrologicznych o odmiennej strukturze w celu kwantyfikacji charakterystyk suszy oceniam pozytywnie, gdyż pozwala to uwzględnić niepewność modelowania. Punktem wyjścia w tym artykule, podobnie jak w poprzednim, była zidentyfikowana dla roku 1982 nagła zmiana odpływu. Do oceny roli czynnika antropogenicznego wykorzystano, podobnie jak w artykule nr 2, „znaturalizowane” wartości przepływu pochodzące z modeli SWAT i HBV dla tzw. okresu perturbacji. Różnice między wartościami wskaźników suszy uzyskanymi z modelowania oraz z obserwacji przypisano działalności człowieka.

Pewnym mankamentem niniejszego artykułu jest jego lapidarność, wynikająca przypuszczalnie ze szczególnego charakteru periodyka naukowego „Proceedings of IAHS”, w którym opublikowano tę pracę. W artykule zabrakło moim zdaniem kilku istotnych informacji, które pozwoliłyby na jego rzetelną ocenę:

1. Brak informacji na temat wyników kalibracji i weryfikacji modelu HBV i ich porównania z wynikami modelu SWAT (zwłaszcza jeśli chodzi o niskie przepływy). Jest to istotne zwłaszcza w kontekście dużych różnic w obliczonych wskaźnikach suszy między modelami.
2. Brak informacji na temat zastosowanego okresu akumulacji wybranego do obliczeń standaryzowanych wskaźników suszy.

Uprzejmie proszę Autora o przedstawienie tych informacji w trakcie publicznej obrony. Ponadto, uważam że warto było skorzystać z symulowanego przez model SWAT odpływu bazowego zamiast stosowania metody separacji odpływu bazowego Wittenberga.

Artykuł nr 4 Impacts of water regulation through a reservoir on drought dynamics and propagation in the Pilica River watershed

Głównym celem artykułu nr 4 było określenie roli działalności człowieka w kształtowaniu dynamiki suszy ze szczególnym uwzględnieniem funkcjonowania zbiornika retencyjnego. Wśród celów szczegółowych wyróżniono: 1) kwantyfikację czasu propagacji suszy hydrologicznej i glebowej dla różnych okresów akumulacji wskaźników standaryzowanych; 2) ocenę wpływu funkcjonowania zbiornika na dynamikę suszy hydrologicznej; 3) ocenę czasowej i przestrzennej zmienności suszy w skali zlewni. Badania przeprowadzono dla zlewni Pilicy i zbiornika Sulejowskiego. Artykuł ten uważam za najważniejsze osiągnięcie badawcze niniejszej rozprawy, co też częściowo uzasadnia uwzględnienie terminu „susza” w tytule i unieważnia moją poprzednią uwagę. Czytając ten artykuł, można zauważyć większą dojrzałość naukową pierwszego autora przekładającą się na wykorzystanie bardziej zaawansowanych metod badawczych, bardziej rozbudowane analizy oraz większą dbałość o szczegóły w pisaniu tekstu publikacji. Ponadto, zlewnia Pilicy jest kilkukrotnie większa od Kamiennej, co wymagało większego wysiłku przy budowie modelu SWAT oraz jego kalibracji, co jednak nie przeszkodziło Autorowi w uzyskaniu zadowalających wyników.

Za najciekawszy wątek podjęty w tym artykule uważam ten związany z analizą związków między różnymi typami susz oraz czasu opóźnienia między ich pojawieniem się lub kulminacją. Ciekawym wnioskiem jest ten mówiący o tym, że większy odsetek susz hydrologicznych (81-94%) niż glebowych (68-80%) miał pochodzenie „meteorologiczne”. Chociaż zagadnienie propagacji suszy jest dobrze znane od strony teoretycznej, w niewielu publikacjach analizowany jest faktyczny czas propagacji dla poszczególnych zlewni. Przykładowo, dla 6-miesięcznego okresu akumulacji, Autor zidentyfikował

czas opóźnienia między suszą meteorologiczną a glebową i hydrologiczną wynoszący odpowiednio 3 i 4 miesiące, co jest wartościowym odkryciem, również w kontekście predykcji suszy.

Drugim ciekawym wątkiem jest analiza wpływu funkcjonowania zbiornika Sulejowskiego na wskaźniki suszy hydrologicznej. Tego typu analizy brakowało moim zdaniem w próbie interpretacji przyczyn zmian odpływu w zlewni Kamiennej w artykule nr 2, gdzie Autor trochę spekulował na temat roli zbiorników Brody i Wióry. Dobrym posunięciem było podzielenie okresu po powstaniu zapory na dwa pod-okresy, uwzględniające zmianę w systemie zaopatrzenia w wodę miasta Łodzi w 2004 roku. W ten sposób, bardzo czytelnie wykazano jak różnego rodzaju zmiany antropogeniczne (budowa zbiornika oraz zmiana wielkości poboru wody na cele komunalne) wpływają na dynamikę suszy hydrologicznej poniżej zbiornika.

Jednym z niewielu aspektów, który wzbudził moje wątpliwości w skądinąd bardzo dobrym artykule nr 4 był wybór wartości progowej dla wskaźników standaryzowanych suszy w wysokości -0.5 . Zdaję sobie sprawę, że w różnych publikacjach stosuje się różne kryteria, i choć wartość -1 wydaje się dominująca, da się „obronić” również wartość -0.5 jako granicę pojawienia się tzw. łagodnej suszy. Wydaje mi się jednak, że skutkiem ubocznym zastosowania tej wartości progowej było pojawienie się wielu tzw. „mało znaczących” zdarzeń oraz wielu zdarzeń od siebie zależnych. Być może, przy zastosowaniu progę -1 dla wskaźników SDI można było uniknąć stosowania opisanej w artykule procedury usuwania zdarzeń mało znaczących oraz łączenia zdarzeń zależnych. Podobnie jak wcześniej, zachęcam Autora do odniesienia się do przedstawionego w tym akapicie problemu w trakcie publicznej obrony.

Wracając do tekstu rozprawy, kończy go rozdział pt. „Synteza, wyzwania i rekomendacje”, w którym Autor zawarł wiele trafnych spostrzeżeń, skupiając się głównie na znaczeniu dobrej jakości danych wejściowych do modelowania. Jednym z wątków, z którym bym polemizował jest apel Autora by w przyszłości w podobnych badaniach stosować większą liczbę modeli hydrologicznych. Na poparcie mojej tezy, chciałbym wskazać przewagę jakościową artykułu nr 4, w którym wykorzystano jeden model nad chociażby artykułem nr 3, w którym wykorzystano dwa różne modele. Nie chcę negować podejścia wiązkowego w modelowaniu, chcę raczej podkreślić, że z tego samego modelu można zrobić lepszy lub gorszy użytek w zależności od umiejętności i oddania modelarza.

Szkoda, że w rozdziale tym zabrakło sformułowania głównych wniosków z rozprawy w postaci punktów, co byłoby korzyścią dla czytelnika.

Wniosek końcowy

Moja całościowa ocena rozprawy doktorskiej jest pozytywna. Stanowi ona bez wątpienia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Kilka wspomnianych mankamentów nie ma decydującego znaczenia dla oceny rozprawy. Niektóre z uwag o charakterze dyskusyjnym mogą świadczyć o kompleksowości tematyki i innym spojrzeniu recenzenta na niektóre zagadnienia. Rozprawa prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Autora w dyscyplinie nauk o ziemi i środowisku. Ponadto Autor zaprezentował umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, co udowodnił wnosząc istotny wkład we wszystkie elementy procesu badawczego związane z opublikowaniem czterech współautorskich artykułów naukowych stanowiących zbiór podlegający ocenie. Na uwagę zasługuje również szeroki wachlarz metod modelowania wykorzystanych przez Autora, który świadczy o rozwiniętym w trakcie pisania rozprawy warsztacie badawczym.

W związku z powyższym stwierdzam, iż przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska pt. “The role of human footprint in shaping drought dynamics. Hydrological modelling approaches” spełnia wszystkie wymogi stawiane przez Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. z późniejszymi zmianami, określone w art. 187 Ustawy (Dz.U.2018; poz. 1668). W związku z tym wnioskuję o dopuszczenie mgr Tesfayego Senbety do publicznej obrony.

