

Wpływ czynników naturalnych i antropogenicznych na kształtowanie się reżimu hydrologicznego rzek na przykładzie zlewni Narwi

Streszczenie polskie / Polish summary

Mikołaj Piniewski

Celem pracy była ocena wpływu czynników globalnych (zdefiniowanych jako zmiany klimatu i stężenia dwutlenku węgla w atmosferze) oraz regionalnych (określonych jako zmiany użytkowania terenu, intensyfikacji rolnictwa oraz gospodarki wodnej w rolnictwie) na wybrane składniki reżimu hydrologicznego rzek. W ramach tego ogólnego celu wyróżniono trzy cele szczegółowe:

1. Wszechstronną, przestrzenną weryfikację modelu hydrologicznego o parametrach częściowo rozłożonych pod kątem przetestowania jego możliwości oceny rozkładu przestrzennego wskaźników reżimu przepływów środowiskowych (ang. *Environmental Flow Impact Indicators, EFII*);
2. Identyfikację wymagań wodnych wybranych elementów środowiska przyrodniczego zależnych od rzek oraz ich kwantyfikację za pomocą modelu hydrologicznego;
3. Analizę rozkładu przestrzennego wskaźników *EFII* dla różnych scenariuszy modelowych opracowanych z udziałem kluczowych interesariuszy oraz z wykorzystaniem projekcji zmian globalnych.

Badania podjęte w celu osiągnięcia ww. zamierzeń przeprowadzono w zlewni Narwi położonej w północno-wschodniej Polsce. Jest to duża (o powierzchni ok. 28 000 km²) zlewnia nizinna wyróżniająca się w Polsce umiarkowaną antropopresją i wieloma cennymi przyrodniczo obszarami chronionymi. Według wiedzy Autora, badania mające na celu ilościowe oszacowanie długookresowych oddziaływań czynników działających zarówno w skali globalnej jak i regionalnej na reżim przepływów i jego funkcje środowiskowe nie były jak dotąd prowadzone w Polsce.

Zakres pracy obejmował m.in. następujące elementy:

- Konfigurację, kalibrację i weryfikację komponentu hydrologicznego modelu SWAT (Soil & Water Assessment Tool);
- Opracowanie dwóch scenariuszy zmian globalnych z wykorzystaniem uzyskanych w wyniku tzw. downscalingu projekcji zmian klimatu sięgających lat 2050-ych według dwóch modeli GCM (General Circulation Models) dla scenariusza emisji A2: IPSL-CM4 oraz MIROC3.2;
- Opracowanie dwóch scenariuszy zmian regionalnych sięgających lat 2050-ych z wykorzystaniem techniki konwersji treści opisowych w parametry liczbowe aktywnie angażującej grupę interesariuszy. Opracowane scenariusze nazwano *Sustainability Eventually (SuE)*, scenariusz zrównoważonego rozwoju) oraz *Economy First (EcF)*, scenariusz rynku i zysku);

- Określenie trzech głównych składników (ang. *building blocks*) reżimu rzek zlewni Narwi w odniesieniu do zaspokojenia potrzeb wodnych wybranych elementów środowiska przyrodniczego (użytkowników środowiskowych): (1) Przepływów nienaruszalnych wg kryterium hydrobiologicznego; (2) Występowania zalewów dolin rzecznych w określonym czasie i o określonej długości dla zwiększenia skuteczności tarła szczupaka (3) Występowania zalewów dolin rzecznych dla zachowania dobrego stanu różnych typów zbiorowisk równin zalewowych;
- Zdefiniowanie sześciu wskaźników *EFII* charakteryzujących stopień zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników środowiskowych wg kryteriów niezawodności i odnawialności stosowanych dla systemów wodnogospodarczych;
- Porównanie zmian bilansu wodnego zlewni Narwi pomiędzy ośmioma wariantami obliczeniowymi modelu (scenariuszami modelowymi) powstałymi w wyniku różnych kombinacji scenariuszy zmian globalnych i regionalnych;
- Obliczenie wartości wskaźników *EFII* i analiza ich przestrzennej zmienności wzdłuż sieci rzecznej Narwi dla każdego z ośmiu scenariuszy modelowych.

Wnioski sformułowano w pierwszej kolejności w odniesieniu do głównego celu pracy, a następnie w odniesieniu do celów szczegółowych. W odniesieniu do głównego celu pracy:

- Wyniki modelowania hydrologicznego sugerują, że wpływ zmian czynników sprawczych działających w skali globalnej na możliwości zaspokojenia potrzeb wodnych użytkowników środowiskowych istotnie przewyższa wpływ zmian czynników sprawczych działających w skali regionalnej;
- Analizowane wskaźniki częściej wykazywały zmiany negatywne (pogorszenie stopnia zaspokojenia potrzeb) niż zmiany pozytywne;
- Wykazano dużą zmienność przestrzenną analizowanych wskaźników w skali zlewni. Spośród czterech wyróżnionych podregionów najwyższy poziom oddziaływań stwierdzono w zlewni Górnej Narwi (głównie zmiany pozytywne), a najniższy w zlewni Biebrzy (głównie zmiany negatywne);
- Poprawy warunków hydrologicznych funkcjonowania ekosystemów zależnych od rzek w zlewni Narwi należy się spodziewać przede wszystkim w przypadku wydłużenia i zwiększenia częstotliwości występowania zalewów rzecznych.

W odniesieniu do pierwszego z celów szczegółowych związanego z kalibracją modelu hydrologicznego:

- Zastosowane iteracyjne podejście do kalibracji i weryfikacji modelu SWAT z wykorzystaniem przepływów obserwowanych z dużej (27) liczby posterunków wodowskazowych umożliwiło wszechstronną ocenę jakości dopasowania symulacji do obserwacji;
- Obliczone miary jakości modelu sugerują, że w małych zlewniach (mniejszych niż 1 000 km²) wyniki są wyraźnie gorsze niż w dużych zlewniach. Jest to przypuszczalnie spowodowane poziomem szczegółowości zastosowanych danych wejściowych, który był adekwatny do zastosowań np. w skali zlewni bilansowych RZGW i w niektórych zlewniach scalonych części wód powierzchniowych, a niewystarczający w skali zlewni jednolitych części wód powierzchniowych.

W odniesieniu do drugiego z celów szczegółowych związanego z parametryzacją potrzeb wodnych użytkowników środowiskowych:

- Zastosowane podejście do kwantyfikacji potrzeb wodnych użytkowników środowiskowych w postaci tzw. *building blocks* wymaga szczegółowego rozpoznania literatury z zakresu ekohydrologii obszaru badań. Ustalenie charakterystycznych dla obszaru badań powiązań pomiędzy reżimem rzeki a zależnymi od niego elementami środowiska wodnego i mokradłowego jest niezbędnym warunkiem do zastosowania podobnego podejścia dla innych rzek;
- Potrzeby wodne elementów środowiska przyrodniczego można sparametryzować do postaci wskaźników analogicznych do tych stosowanych w bilansach wodnogospodarczych zlewni. Jest to szczególnie istotne w zlewniach quasi-naturalnych, ponieważ stosowanie wskaźników takich jak *EFII* umożliwia ilościową ocenę wpływu naturalnych i antropogenicznych zmian zachodzących w zlewni na możliwość zaspokojenia potrzeb wodnych tych wrażliwych użytkowników w długoterminowym horyzoncie czasowym.

W odniesieniu do trzeciego z celów szczegółowych związanego z procesem tworzenia scenariuszy modelowych:

- Zastosowane podejście do konwersji scenariuszy opisowych w warianty obliczeniowe modelu SWAT skutecznie włączyło interesariuszy do procesu tworzenia długoterminowych projekcji rozwoju zlewni Narwi. Należy jednak podkreślić, że z powodu rozbieżności pomiędzy kreatywną zawartością scenariuszy opisowych a sztywną i niezmienną strukturą modelu, sparametryzowane warianty obliczeniowe reprezentują scenariusze opisowe tylko w ograniczonym zakresie;
- Zmiany użytkowania ziemi są dominującym składnikiem scenariuszy regionalnych, biorąc pod uwagę wkład w uzyskane wyniki na poziomie bilansu wodnego zlewni. Zmiany powierzchni obszarów nawadnianych podsiąkowo i zdrenowanych gruntów ornych mają bardzo niewielki wpływ na wyniki, natomiast zmiany poziomu nawożenia (wpływające na produkcję biomasy) mają niezauważalny wpływ na reżim odpływu w zlewni;
- Porównanie obliczonych wartości wskaźników *EFII* pomiędzy scenariuszami *SuE* oraz *EcF* prowadzi do zaskakującego wniosku, że spodziewane efekty zmian czynników sprawczych są bardziej pozytywne w przypadku drugiego niż pierwszego scenariusza, co jest głównie spowodowane różnymi kierunkami zmian bilansu wodnego zlewni w obu scenariuszach. Wynik ten można interpretować tak, że bardziej „zielony” scenariusz *SuE* zakładający m.in. znaczne zwiększenie powierzchni lasów i łąk ekstensywnych na obszarze zlewni, ma swój koszt środowiskowy wyrażony pogorszeniem dostępności wody dla ekosystemów zależnych od rzek;
- Największa niepewność uzyskanych wyników jest związana z różnicami pomiędzy projekcjami zmian klimatycznych wykorzystanych modeli GCM, które wywołują skrajnie różną reakcję modelowanego systemu hydrologicznego. Ponadto warto podkreślić mierzalny wpływ wzrostu stężenia CO_2 w atmosferze oraz wynikających z niego zmian parametrów fizjologicznych roślin na wyniki modelowania.

Podsumowując, zdaniem Autora badania nad długoterminowymi zmianami reżimu rzek wywołanymi spodziewanymi zmianami klimatu oraz nad ich skutkami ekologicznymi w quasi-naturalnych zlewniach powinny być kontynuowane. Z punktu widzenia polityki wodnej Państwa, postuluje się włączenie aktualnej wiedzy w dziedzinie oddziaływań zmian klimatycznych na zasoby wodne do planów gospodarowania wodami w dorzeczach oraz innych długoterminowych strategii polityki wodnej. Z kolei na styku nauki i gospodarki wodnej konieczne wydają się dalsze badania nad pogłębieniem zaangażowania interesariuszy w proces tworzenia scenariuszy modelowych w celu poprawy wiarygodności szacowania wskaźników zasobów wodnych charakteryzujących nadchodzące dekady.