

hydrologia

# DZIEJE JEDNEGO PROJEKTU



**Prof. dr hab. inż.  
Renata J.  
Romanowicz**

jest hydrologiem, pracownikiem Zakładu Hydrologii i Hydrodynamiki IG PAN. Kieruje międzynarodowym projektem dotyczącym wpływu zmian klimatu na ekstremalne procesy hydrologiczne. Jej praca w Instytucie Geofizyki (od 2007), a poprzednio na Uniwersytecie w Lancaster poświęcona jest modelowaniu matematycznemu systemów hydrologicznych ze szczególnym uwzględnieniem identyfikowalności modeli oraz niepewności predykcji.

Romanowicz@igf.edu.pl

Pewien buddyjski mnich wybierał się w długą i uciążliwą podróż. Jako towarzysza podróży wziął służącego, który znany był z krnąbrności i kłótności. Zapytany o powód tego wyboru oświadczył, że chce się ćwiczyć w cierpliwości i skromności. Dla mnie taką nauką były trzy lata prowadzenia międzynarodowego projektu CHIHE.

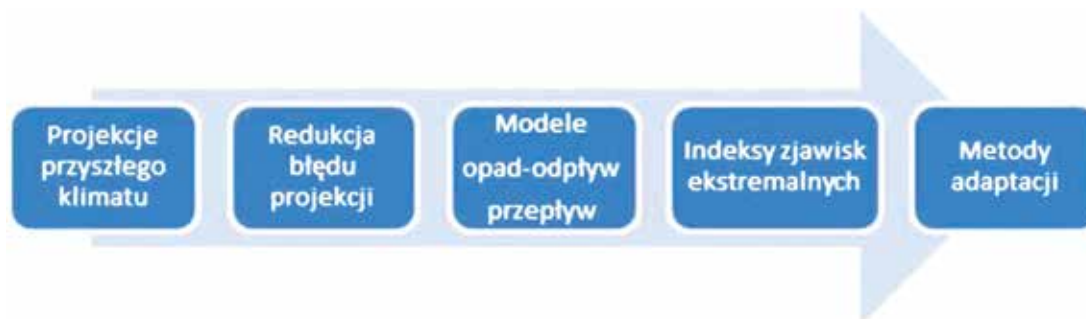
**prof. dr hab. inż.  
Renata J. Romanowicz**

Instytut Geofizyki,  
Polska Akademia Nauk, Warszawa

**P**rojekt „Wpływ zmian klimatu na ekstrema hydrologiczne” (CHIHE – *Climate Change Impact on Hydrological Extremes*, [chihe.igf.edu.pl/](http://chihe.igf.edu.pl/)) finansowany przez Norway Grants miał na celu zwiększenie wiedzy o wpływie zmian klimatu na przepływy ekstremalne w rzekach (zarówno wysokie, jak i niskie) oraz oszacowanie wpływu tych zmian na czę-

stość i wielkość powodzi i susz. W projekcie zostały zrealizowane następujące cele badawcze na przykładzie dziesięciu polskich i ośmiu norweskich zlewni „bliźniaczych”: analiza statystyczna obserwowanych hydrometeorologicznych szeregów czasowych; opracowanie projekcji hydrologicznych oraz oszacowanie ich niepewności dla horyzontu czasowego 1971–2100; rozwój i zastosowanie metodyki analizy częstości powodzi i suszy w warunkach niestacjonarnych; rekomendacje dotyczące strategii adaptacji metod przeciwdziałania skutkom powodzi w kontekście Europejskiej Dyrektywy Powodziowej oraz stworzenie podstaw do badań nad metodyką adaptacji do suszy.

Głównym osiągnięciem projektu jest stworzenie pierwszej i jedynej w Polsce integralnej bazy wiedzy, w tym opracowanie metodyki oraz narzędzi pozwa-



Schemat blokowy integralnej bazy wiedzy opracowanej w projekcie CHIHE. Zawiera ona pięć sprzężonych szeregowo modułów. Pierwszym jest system informatyczny dopasowany do potrzeb pracy z dużymi zbiorami danych („Projekcje przyszłego klimatu”). Następny moduł zawiera metody korekcji błędów symulacji zmiennych meteorologicznych uzyskanych z modeli klimatycznych o różnej siatce przestrzennej („Redukcja błędów projekcji”). Moduł „Modele opad-odpływ, przepływ” zawiera procedury uzyskiwania projekcji przepływów w postaci wiązki symulacji modeli hydrologicznych i hydraulicznych, włączając metody analizy niepewności. Kolejny moduł nazwany „Indeksy zjawisk ekstremalnych” zawiera metody niestacjonarnej analizy częstości powodzi, analizy statystycznej trendów zmiennych środowiskowych i szacowanie ryzyka powodzi. Metody adaptacji do powodzi w warunkach zmian klimatu zawarte są w ostatnim module opracowanej bazy.



## Instytucje i naukowcy w projekcie

W projekcie pracowało łącznie 12 osób, w tym 4 osoby ze strony norweskiej. Ze strony polskiej oprócz mnie wzięli udział: prof. Witold Strupczewski, prof. Jarosław Napiórkowski, dr Ewa Bogdanowicz, dr Marzena Osuch. Ze strony norweskiej uczestniczyli: dr Hege Hisdal, dr Deborah Lawrence, dr Donna Wilson oraz dr Wong Wai Kwok. W projekcie brali również udział doktoranci wyłonieni w konkursie rozpisany w światowych ośrodkach środowiska naukowego spośród ponad 100 zgłoszeń. Konkurs wygrały jedna osoba z Polski i dwie osoby z Etiopii. Byli to mgr Joanna Doroszkiewicz, mgr Hadush Kidane Meresa oraz mgr Sisay Eshetu Debele. Praca zespołu była prowadzona w czterech równoległych, ale również współzależnych zadaniach badawczych. Dwa zadania były kierowane przez naukowców z Polski, a pozostałymi dwoma zadaniami kierowali naukowcy z Norwegii. Szczególną cechą projektu była bardzo ścisła współpraca między ośrodkami polskim i norweskim, którymi były Instytut Geofizyki PAN ze strony polskiej i Norwegian Energy and Water Resources Directorate (NVE) ze strony norweskiej. Trzeba podkreślić, że Norwegia jest bardziej zaawansowana w pracach nad wpływem zmian klimatu na środowisko, szczególnie w odniesieniu do istniejących tam opracowań oraz zastosowania w praktyce. Nasz ośrodek ze swej strony włożył niewątpliwy wkład w wysoki poziom naukowy prowadzonych prac. Niemniej podział prac był równomierny, co oznacza, że strona polska ma obecnie całkowitą wiedzę (*know-how*) dotyczącą metodyki badań nad wpływem zmian klimatu na warunki środowiskowe. Dzięki temu możemy prowadzić niezależne badania w tej dziedzinie na najwyższym światowym poziomie. Znalazło to odzwierciedlenie jeszcze w trakcie trwania projektu. Opracowana w projekcie metodyka badań została zastosowana do analizy wpływu zmian klimatu w Afryce, w zlewni Nilu oraz w kręgach polarnych, na Spitsbergenie. Tematyka prac doktorskich najlepiej ilustruje zasadność oraz osiągnięcia prowadzonych badań. Obejmuje ona wyznaczanie trendów projekcji zmiennych klimatycznych oraz hydrologicznych, niepewność uzyskanych wyników, badanie metodyki analizy częstości susz oraz powodzi w warunkach niestacjonarności (tzn. zmieniających się w czasie), a także opracowanie metodyki adaptacji do przyszłych zjawisk powodziowych, biorąc pod uwagę zmienność klimatu.

Na zakończenie projektu została zorganizowana konferencja naukowa, mająca na celu przedstawienie wyników projektu oraz dyskusję nad wytycznymi i strategią adaptacji do zmian klimatu w zakresie powodzi. Konferencja „Adaptacja do zmian klimatu: od teorii do praktyki” odbyła się 5 grudnia 2016 r. w Pałacu Staszica w Warszawie. Jej myślą przewodnią było zaangażowanie w opracowanie wytycznych przyszłych działań adaptacyjnych tzw. *end-users*, czyli przedstawicieli władz regionalnych oraz lokalnych, które będą czynnie uczestniczyły w adaptacji do zmian klimatu. W dyskusji szczególną uwagę zwrócono na konieczność edukacji społeczności zamieszkującej na terenach o zwiększonym ryzyku powodzi w zakresie zarówno istniejącego ryzyka, jak i metod jego zmniejszania (np. poprzez zmianę struktury zabudowy oraz planowanie przestrzenne).

PROJEKT CHISE



lających na badanie wpływu zmian klimatu na środowisko i społeczeństwo. Wartością dodaną jest oszacowanie potencjalnych zmian indeksów suszy w warunkach przyszłego klimatu w Polsce i w Norwegii; pozwala na przeprowadzenie dyskusji merytorycznych nad adaptacją do zmian klimatu w odpowiednich sektorach gospodarki (np. rolnictwie, leśnictwie, gospodarce wodnej oraz energetycznej). Jednym z ważnych wyników projektu było zapoczątkowanie bazy danych zlewni do badań długoterminowych wpływu zmian klimatu na warunki hydrologiczne. W skład tej bazy wchodzi dziesięć prawie naturalnych zlewni z różnych regionów Polski, w których działalność człowieka jest stosunkowo ograniczona. Dodatkowo zdobyta wiedza o modelowaniu procesów ekstremalnych w odniesieniu do zmiennego reżimu wodnego w Polsce i w Norwegii będzie przydatna w wielu zastosowaniach związanych z gospodarką wodną w obu krajach, jak również na arenie międzynarodowej. Jednym z już zaistniałych zastosowań jest badanie zmienności warunków termicznych w Arktyce (West Spitsbergen) podjęte przez dr Marzenę Osuch. Kolejne wyniki to nawiązanie współpracy z naukowcami z dwóch innych projektów Polsko-Norweskich, PolCitClim ([polcitclim.uw.edu.pl/pl/](http://polcitclim.uw.edu.pl/pl/)) oraz CHASE ([www.chase-pl.pl/](http://www.chase-pl.pl/)).

W odróżnieniu od innych projektów tego typu, oprócz 30-letnich ciągów czasowych odzwierciedlających tzw. bliską (2021–2050) oraz daleką (2071–2100) przyszłość, zastosowano 130-letnie ciągi czasowe

projekcji hydrometeorologicznych (1971–2100) do określenia kierunków zmian indeksów opisujących projekcje: częstotliwość występowania oraz wielkość powodzi i suszy. Nasze badania wskazują, że przyjmowanie krótkich, czyli 20–30-letnich, okresów do badania zmienności tych indeksów prowadzi do oszacowań, które wykazują się bardzo dużą niepewnością oraz często nie mają uzasadnienia w trendach długoterminowych.

Dla czytelników interesująca może być wiadomość, że w naszych badaniach posługujemy się pojęciem „projekcji”, a nie „predykcji”. To znaczy, że wyniki badań mogą informować o większym lub mniejszym ryzyku powodzi lub suszy w przyszłości, ale nie o konkretnych latach susz czy powodzi. Wynika to z tego, że tak szczegółową wiedzą nie dysponujemy, uzyskane wyniki są obciążone dużą niepewnością, a zjawiska atmosferyczne należą do zjawisk losowych. Najciekawszym odkryciem projektu jest potwierdzona zmienność przestrzenna ocieplania się klimatu. Im dalej na północ, tym temperatury powietrza rosną szybciej. W 2100 r. spodziewany jest znacznie większy wzrost temperatury w północnych rejonach Norwegii w porównaniu ze wzrostem temperatury w Polsce. Ponadto w zlewniach z roztopowym reżimem powodzi przepływy powodziowe mogą maleć, podczas gdy średni przepływ rośnie. Ulegają zmianie również sezony, występowanie mniejszej ilości śniegu przekłada się na zmianę reżimu powodzi, choć nie we wszystkich badanych zlewniach stwierdzono zmienność czasową zjawisk powodziowych. Przede wszystkim należy pamiętać o bardzo dużej niepewności uzyskanych projekcji. Stosowane modele hydrologiczne opierają się na dobowych danych pomiarowych, a w małych zlewniach czas przejścia fali powodziowej należy mierzyć w godzinach. I najważniejsze – stosowane modele nie zakładały nagłych zmian warunków środowiskowych, które mogą nastąpić, zmieniając całkowicie charakter odpowiedzi zlewni na zjawiska meteorologiczne.

Wpływ zmian klimatu na ilość wody, zarówno suszy, jak i powodzi, może mieć olbrzymie konsekwencje ekonomiczne, socjalne i środowiskowe. Ekstrema hydrologiczne mają bezpośredni wpływ na sektory zależne od wody (rolnictwo, leśnictwo, rybołówstwo, białą energię), na zaopatrzenie ludności w wodę i na turystykę. Tak więc bardzo ważne jest rozumienie występowania oraz przebiegu ekstremalnych zjawisk hydrologicznych w warunkach zmieniającego się klimatu. Pozwoli to na efektywną gospodarkę zasobami wodnymi w zmieniających się warunkach środowiska. Oznacza to, że wszelkie plany środowiskowe na przyszłość muszą uwzględniać aspekty adaptacji do przyszłych, potencjalnie bardzo zmiennych, warunków klimatycznych.

**RENATA J. ROMANOWICZ**

Chcesz wiedzieć więcej?

Romanowicz R.J., Bogdanowicz E., Debele S.E., Doroszkiewicz J., Hisdal H., Lawrence D., Meresa H.K., Napiórkowski J.J., Osuch M., Strupczewski W.G., Wilson D., Wong W.K. (2016). Climate Change Impact on Hydrological Extremes: Preliminary Results from the Polish-Norwegian Project. *Acta Geophys.* 64 (2): 477–509. doi: 10.1515/acgeo-2016-0009.

Meresa H.K., Osuch M., Romanowicz R. (2016). Hydro-meteorological drought projections into the 21-st century for selected Polish catchments. *Water*, 8, 206; doi: 10.3390/w8050206.

Osuch M., Lawrence D., Meresa H.K., Napiórkowski J.J., Romanowicz R.J. (2016). Projected changes in flood indices in selected catchments in Poland in the 21st century. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*; DOI: 10.1007/s00477-016-1296-5.