

Sopot, 30 czerwca 2025 r.

dr hab. Agnieszka Herman, prof. IO PAN
Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk
Powstańców Warszawy 55, 81-712 Sopot
e-mail: agaherman@iopan.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Patryka Sapięgi
pt. „Aplikacja systemu modeli do prognozowania falowania i jego skutków
w obszarze południowego Bałtyku”**

Podstawą recenzji jest Uchwała nr 36/2025/XI z dnia 11 marca 2025 r. Rady Naukowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego, powołująca mnie na recenzenta wyżej wymienionej rozprawy doktorskiej.

Struktura i ogólna problematyka pracy

Podstawową część przedstawionej mi do oceny rozprawy doktorskiej Pana mgr Patryka Sapięgi stanowią trzy artykuły naukowe:

1. Sapięga P., Zalewska T., & Struzik P. (2023). Application of SWAN model for wave forecasting in the southern Baltic Sea supplemented with measurement and satellite data. *Environmental Modelling & Software*, 163, 105624.
2. Sapięga P., Zalewska T., & Bochenek B. (2023). The applicability of ALARO and AROME wind-fields in multi-scale waves forecasting in open sea and coastal areas of the southern Baltic Sea. *Ocean Engineering*, 287, 116050.
3. Sapięga P., Zalewska T. (2024). Application of the high-resolution wave model for forecasting 1D sediment transport and beach inundation as a component of a short-term storm warning system. *Environmental Modelling & Software*, 106089.

Ponadto, rozprawa zawiera obszerny, około 40-stronicowy wstęp, stanowiący podsumowanie celów, osiągnięć i metod wykorzystanych w pracy, jak również spis osiągnięć naukowych Autora oraz oświadczenia Autora i jego współautorów dotyczące ich wkładu w poszczególne artykuły.

Wszystkie trzy artykuły wchodzące w skład rozprawy mają wysoką punktację na liście MNiSW (140 punktów każde), we wszystkich Autor rozprawy jest autorem pierwszym i, zgodnie z deklaracjami, jest odpowiedzialny za zdecydowaną większość (co najmniej 60%) pracy związanej z ich przygotowaniem. Na uwagę zasługuje fakt, że artykuł 1, pomimo tego, iż został opublikowany bardzo niedawno (w 2023 roku), ma już 14 cytowań, co wskazuje na zainteresowanie środowiska przedstawionymi w tym artykule wynikami.

Składające się na rozprawę artykuły stanowią spójną tematycznie i logiczną całość. Ich głównym celem jest stworzenie, wykalibrowanie i walidacja opartego na modelach numerycznych systemu pozwalającego na wiarygodne, a równocześnie efektywne obliczeniowo prognozowanie falowania w południowej części Bałtyku, jak również prognozowanie skutków

oddziaływania falowania na polską strefę brzegową. Praca ma więc z założenia charakter nie tylko naukowy, ale przede wszystkim praktyczny. Jej efekty powinny przyczynić się do poprawy jakości prognoz falowych na polskim wybrzeżu, a tym samym do poprawy bezpieczeństwa samego wybrzeża, znajdującej się na nim infrastruktury oraz różnego rodzaju aktywności prowadzonych w jego obrębie. Ponadto, wyniki modelowania mogą być wykorzystane do wielu celów, w tym do analizy klimatu falowego oraz jego zmian. Są to niewątpliwie zagadnienia niezwykle istotne zarówno z gospodarczego i społecznego, jak i przyrodniczego punktu widzenia – zwłaszcza w obliczu zachodzących obecnie oraz przyszłych zmian klimatu.

Artykuł 1 prezentuje wyniki kalibracji spektralnego modelu falowego SWAN na podstawie danych pomiarowych z dwóch punktów na południowym Bałtyku oraz danych satelitarnych. Przedmiotem kalibracji są dwie z funkcji źródeł w równaniu transportu energii falowej, opisujące, odpowiednio, generację energii fal przez wiatr oraz dyssypację energii w wyniku załamania na głębokiej wodzie. Autor porównuje modelowane i mierzone wartości wysokości i okresu fali, identyfikując na tej podstawie optymalną konfigurację modelu (parametryzacja ST6).

Wnioski z artykułu 1 są wykorzystane w artykule 2, gdzie współczynniki parametryzacji ST6 oraz inne ustawienia modelu (krok czasowy, liczba iteracji na krok czasowy) są kalibrowane w konfiguracjach modelu SWAN wykorzystujących dwa różne źródła danych wiatrowych (ALARO i AROME).

Artykuł 3 dotyczy modelowania transportu osadu i nabiegania fali na brzeg na wybranych odcinkach polskiego wybrzeża. Wykorzystywany do tego model SWANOneSed wykorzystuje wyniki wykalibrowanego modelu SWAN jako dane wejściowe. Modelowane zmiany w strefie brzegowej (erozja, akumulacja) w warunkach silnego falowania są jakościowo porównywane z dostępnymi obserwacjami. W artykule 3 są też dyskutowane korzyści oraz wyzwania związane z wykorzystaniem stworzonego systemu modelowania w sposób operacyjny.

Uwagi dotyczące poziomu redakcyjnego pracy

Zanim przejdę do merytorycznej oceny rozprawy, muszę niestety poruszyć jej najbardziej rzucający się w oczy aspekt: ogromną wręcz liczbę drobnych błędów i niedociągnięć (językowych i nie tylko), które bardzo przeszkadzają w lekturze, utrudniają skupienie się na treści i powodują, że całość sprawia niezwykle niedbałe wrażenie. Dotyczy to niestety nie tylko streszczenia pracy, napisanego w języku polskim, ale również – chociaż na szczęście w mniejszym stopniu – składających się na główną część rozprawy artykułów naukowych.

Niemal na każdej stronie polskiego streszczenia znajduje się wiele błędów językowych i innych: niepoprawne lub nieistniejące terminy fachowe, błędy gramatyczne, brak przecinków lub ich stosowanie w niewłaściwych miejscach; niektóre zdania sprawiają wrażenie, jakby były wygenerowane za pomocą jakiegoś (kiepskiej jakości) tłumacza internetowego na podstawie fragmentów artykułów. W anglojęzycznych tekstach artykułów z kolei jest wiele bardzo elementarnych błędów, z których większość mogłaby być poprawiona za pomocą narzędzi dostępnych w większości edytorów tekstu.

Wszystkie te niedociągnięcia wpływają oczywiście negatywnie na estetyczną stronę artykułów i całej rozprawy, ale – co znacznie ważniejsze – mają również znaczenie merytoryczne. Istotą literatury fachowej jest to, że jej autorzy (i czytelnicy) posługują się zestawem ustalonych, precyzyjnie zdefiniowanych pojęć i terminów, bez wprowadzania nowych określeń na nazwane

już zjawiska, procesy czy metody. Jest to jeden z podstawowych elementów warsztatu pracy każdego naukowca. Autor rozprawy stosuje natomiast w swoim streszczeniu całe mnóstwo żargonowych, potocznych i/lub samodzielnie wymyślonych określeń, których znaczenia trzeba się domyślać. Niektóre z nich są wręcz kuriozalne (kilka przykładów: „skorygowana geostrofia wiatru”; „w pełni spektralna reprezentacja formuł równowagi działania”; „kontrola siły składnika dyssypacyjnego”; „hybrydowe pionowe poziomy sigma”; „ścieżka proceduralna modeli prognozujących”), inne po prostu niepoprawne (np. „osad suspensyjny” na określenie osadu zawieszonego w toni wodnej, „łamanie fali” zamiast załamania fali, „frakcje pokrywy lodowej” na określenie – chyba? – koncentracji lodu).

Podobnie, wiele nieściśłych i/lub niepoprawnych określeń można znaleźć w artykułach. Przykładowo, w artykule 1 (str. 2) znajduje się zdanie: „The model is based on a fully spectral representation of equilibrium formulas, considering all physical processes.” – określenie „equilibrium formulas” na równanie transportu energii fal to wynalazek Autora (podobnie jak określenie tego równania jako „superior equation” w dalszej części tekstu, i stwierdzenie, że opisuje ono „propagation across the action of physical space”), a kwestia tego, czy równanie to opisuje „wszystkie procesy fizyczne”, nie wymaga nawet komentarza... Podobnie, mowa jest o „wave inflow” zamiast „wave propagation”; „mean wave crest length”, podczas gdy chodzi o długość fali, a nie długość grzbietów fal; „a post-storm extinction wave” oraz „a dead wave” pojawiają się jako barwne, ale oczywiście niepoprawne określenia fal rozkołysu; „sea waving” (artykuł 2) oznacza „falowanie” i tak dalej – ta lista mogłaby być bardzo długa.

Na trudny do zaakceptowania „bałagan językowy” nakłada się, w artykule 1, bałagan związany z kolejnością rysunków (Figs. 2 – 5) i niezgodnością pomiędzy ich zawartością a opisem, a także brak informacji dotyczących różnych elementów zawartości rysunków i tabel (np. brak wyjaśnienia kolorów komórek w Tabeli 6 i innych – trzeba się domyślać, co oznaczają). Najwyraźniej Autor nie zadał sobie trudu dokładnego przejrzania „page proofs” przed publikacją. Artykuły 2 i 3 są wyraźnie lepsze pod względem językowym i edytorskim, ale tam też np. brakuje jednostek na Fig. 1 (art. 2) czy Fig. 3 (art.3).

Ogólnie: umiejętność precyzyjnego opisu i prezentacji wyników własnej pracy oraz dbałość o szczegóły to cechy, które u naukowca są niezwykle istotne, a do których Autor rozprawy zdaje się nie przywiązywać większej wagi. Pomijając inne negatywne aspekty takiej niedbałości i braku staranności: to się po prostu nie opłaca, bo nasuwa podejrzenia, iż pozostałe etapy pracy (analiza danych, konfiguracja modeli itd.) były przeprowadzone równie niestarannie i powierzchownie.

Merytoryczna ocena pracy

Jak już zostało powiedziane, recenzowana tutaj rozprawa doktorska dotyczy ważnych i ciekawych zagadnień, które posiadają niezwykle istotny aspekt praktyczny.

Ogólne wrażenie po lekturze całości rozprawy jest takie, że Autor dobrze orientuje się w stosowanych obecnie metodach modelowania falowania oraz strefy brzegowej, a także, że jest bardzo biegły w technicznych aspektach wykorzystania tych modeli. Fragmenty artykułów dotyczące np. integracji modeli, przekazywania danych między nimi, czy struktury tych danych są napisane w sposób jasny i przekonujący oraz zilustrowane rozbudowanymi grafikami – widać, że, mówiąc potocznie, Autor „wie, o czym pisze”. Do słabych punktów wszystkich trzech

artykułów należą natomiast te fragmenty, które dotyczą fizyki fal wiatrowych. Objawia się to nie tylko stosowaniem niepoprawnych lub samodzielnie stworzonych określeń na wielkości fizyczne używane do opisu falowania – o czym pisałam wcześniej – ale również stwierdzeniami wskazującymi na brak zrozumienia fizyki opisywanych procesów. Przykładowo, Autor pisze: „The energy of most waves is dissipated in the washing zone by wave refraction.” Refrakcja nie powoduje dyssypacji energii, a jedynie zmienia kierunek jej propagacji. W innym miejscu jest mowa o „wave dispersion direction” (nie wiadomo, co to jest, ani jak się to liczy; może chodzi o dyssypację, a nie dyspersję?), „specific wave height” czy „wave alignment” (wszystkie powyższe przykłady pochodzą z artykułu 3). Jestem przekonana, że ktoś, kto czuje się pewnie w tematyce związanej z falowaniem i jest dobrze obeznany z literaturą dotyczącą fizyki fal, nie napisze takich rzeczy, a nawet jeśli przez nieuwagę napisze, to zauważy to i skoryguje podczas edycji tekstu. Moje dalsze, bardziej szczegółowe uwagi merytoryczne są następujące:

1. Jednym z celów artykułu 1 jest dobór optymalnej parametryzacji procesów generacji fal przez wiatr i dyssypacji w wyniku załamania na głębokiej wodzie dla modelu SWAN dla południowego Bałtyku. Czytając opis dostępnych parametryzacji oraz przyjętej procedury selekcji parametryzacji „najlepszej” trudno się oprzeć wrażeniu, że Autorzy z góry zakładają, jaki powinien być wynik tej selekcji.

W rozdziale 2.2 jest zdanie: „The wind scaling for the formulas of Komen, Janssen and Westhuysen is described by the formula: $U = 28u^*$ and in the formula ST6: $U = Swsu^*$, where Sws is a free parameter.” Sugeruje to, że dla parametryzacji ST6 współczynnik Sws może być dobrany do danej konfiguracji modelu, a w pozostałych trzech przypadkach wartość 28 jest „jedynie słuszną” i nie powinna być modyfikowana – co jest po prostu nieprawdą. Co więcej, we wszystkich przypadkach może być modyfikowany sposób wyznaczania prędkości tarcia u^* (czyli wyrażenie na współczynnik tarcia C_d w funkcji prędkości wiatru).

Podobnie, w części 2.4.2 pojawia się stwierdzenie, że algorytm Westhuysena „expresses whitecapping without the dependencies” – nie wiem, czy dobrze rozumiem to sformułowanie, bo nie wiadomo, o jakich „dependencies” jest mowa, ale jeśli to oznacza brak parametrów, które mogłyby być wykorzystane do kalibracji modelu, to jest to stwierdzenie błędne.

Moje pytanie brzmi: dlaczego kalibracja potraktowana jest w ten sposób? Skoro każda z dostępnych parametryzacji zawiera zestaw kilku (semi)empirycznych współczynników, dlaczego nie została przeprowadzona próba ich dopasowania, podobna do tego, jaki przeprowadzono w artykule 2 dla parametryzacji ST6 – albo chociaż dyskusja, dlaczego zostało przyjęte uproszczone podejście opisane w artykule, polegające na wykorzystaniu wersji domyślnych każdego z algorytmów (względny koszt obliczeniowy? jakieś inne?)

To, że domyślna wersja algorytmu, powiedzmy, Komena, jest „gorsza” niż domyślna wersja algorytmu ST6, wcale nie oznacza, że ten pierwszy nie może być wykalibrowany do danej konfiguracji modelu lepiej niż ten drugi.

2. Kolejne pytanie dotyczące kalibracji modelu SWAN w artykułach 1 i 2:

W obu przypadkach kalibracja koncentruje się na parametryzacjach opisujących generację fal przez wiatr i dyssypację w wyniku załamania na głębokiej wodzie. Są one niewątpliwie bardzo ważne, ale czy rozważano kalibrację innych parametrów modelu

(dotyczących zarówno „fizyki”, np. sposobu liczenia oddziaływań nieliniowych lub tarcia o dno, które jest istotne na płytkiej wodzie, jak i „numeryki”, np. rozdzielczości modelu w przestrzeni spektralnej)? Jakimi argumentami kierował się Autor wybierając zestaw parametrów do kalibracji?

3. Związany z tym jest następujący komentarz:

Jednym z głównych celów zaprezentowanego w rozprawie modelowania jest analiza i prognozowanie oddziaływania falowania na polską strefę brzegową. W związku z tym, szczególne istotne jest uchwycenie w modelach procesów zachodzących bezpośrednio w strefie brzegowej. Tymczasem kalibracja i walidacja modelu przeprowadzana jest na podstawie danych z punktów położonych stosunkowo daleko od brzegu (dotyczy to obu punktów, również tego w Zatoce Pomorskiej). Oznacza to, że wykorzystane dane pomiarowe są nieodpowiednie do tego, żeby znaleźć konfigurację modelu dającą wiarygodne wyniki blisko brzegu. Przykładowo, dwie konfiguracje modelu różniące się między sobą tylko parametryzacją tarcia o dno mogą dawać wyniki nierozróżnialne w lokalizacjach obu punktów pomiarowych, ale jednak istotnie różniące się od siebie w bezpośredniej bliskości plaży.

Czy Autor rozprawy brał te argumenty pod uwagę?

Przykładowo, w artykule 1 jest zdanie „Nonlinear triad interaction is turned off since their effect is minor (Christakos et al., 2021) in the analysed area.” Co jest podstawą tego stwierdzenia? Czy “analysed area” dotyczy całego modelowanego obszaru, włącznie z punktami blisko brzegu, wewnątrz Zatoki Puckiej i na Zalewie Wiślanym? We wszystkich tych miejscach oddziaływania potrójne, załamanie na płytkiej wodzie i tarcie o dno są niezwykle istotne – a, jak rozumiem, w ogóle nie poświęca im się uwagi. Dlatego też nie zgadzam się z konkluzją sformułowaną w artykule 2, mówiącą, że „it was possible to create appropriate tools for operational wave prediction, with a particular focus on the shallow water zone”. Szczególna uwaga w artykułach 1 i 2 jest skupiona na tych podobszarach modelowanego obszaru, w których warunki falowe są podobne do tych, jakie panują w dwóch analizowanych punktach pomiarowych.

Czy Autor rozważa(ł) przeprowadzenie porównania wyników modelowania z pomiarami wykonywanymi bezpośrednio przy brzegu (np. w Lubiatowie, gdzie dostępne są długie szeregi czasowe pomiarów falowania)? Pozwoliłoby to na walidację modelu w tych miejscach, z których dane są używane jako warunki brzegowe dla modelu SWANOneSed.

4. Określenie „mean wave period” używane w artykułach 1 i 2 niewiele mówi, bo nie wiadomo, o jaki średni okres fali chodzi ($T_{-1,0}$, $T_{0,1}$, jeszcze inny?). Jest to bardzo istotne w kontekście kalibracji i walidacji modelu SWAN z pomiarami – co jest głównym tematem tych artykułów – gdyż różne wersje średniego okresu fali są w różny sposób czułe na kształt spektrum energii fali oraz na zakres częstotliwości fali, w obrębie którego średnie te są liczone. Czy Autor pracy zadbał o to, żeby przedziały te były identyczne dla wyników modelu (jak się domyślam, 0.05–1 Hz) oraz dla danych pomiarowych? Innymi słowy, czy „real conditions”, z którymi porównywany jest model, reprezentują dokładnie to samo, co jest wyznaczane z modelu? (Niektóre stwierdzenia w rozdziale 4.3 artykułu 1 są niepokojące, bo sugerują, że średnie charakterystyki fal z danych pomiarowych były wyznaczane w zupełnie inny sposób niż z modelu, np. „The measured significant wave height is the average height of one-third of all waves” – nie wiadomo, czy jest to ogólne

stwierdzenie niefortunnie przepisane „z podręcznika”, czy informacja o tym, jak faktycznie było liczone mierzone H_s .)

(Przy okazji: pomiary nigdy nie reprezentują „rzeczywistych warunków” i „real conditions” – bardzo często używane przez Autora – to bardzo niefortunne określenie).

5. Pytanie związane z poprzednim:

W rozdziale 3.3 artykułu 1 mowa jest wyłącznie o wysokości fali znacznej (H_s). Co z okresami fali, które nawet nie są wspomniane? Czy dla nich też prawdziwa jest konkluzja, że AWAC i WaveGuide dają zbliżone wyniki? W dalszej części artykułu 1, chociaż statystyki dla kierunków i okresów fali są podane, nacisk jest również bardzo wyraźnie położony na H_s .

Ogólnie – i stwierdzenie to dotyczy zarówno pomiarów, jak i modelowania – bardzo dobra jakość danych H_s jest obecnie właściwie normą, natomiast trudności są związane z innymi średnimi charakterystykami fali, bo one wymagają uchwycenia kształtu widma energii (innymi słowy: umiemy dobrze mierzyć /modelować całkowitą energię fali, ale nie rozmieszczenie tej energii w przestrzeni spektralnej). Oznacza to, że wykresy i statystyki analogiczne do tych zaprezentowanych w artykule, ale dotyczące T_m , mówiłyby znacznie więcej o faktycznej zgodności pomiędzy pomiarami z różnych źródeł – a tym samym dałyby lepszą podstawę do oceny jakości wyników modelowania na tle tych pomiarów.

W przypadku H_s , zaprezentowane wyniki wskazują, że zgodność modelu SWAN z pomiarami jest porównywalna ze zgodnością, jaką wykazują między sobą pomiary uzyskane różnymi metodami (pomijając dane satelitarne w strefie „brzegowej”). Czy Autor zgadza się z tym stwierdzeniem? Jeśli tak, to czy nie należałoby – jak sugeruję powyżej – skupić się raczej na pozostałych zmiennych opisujących falowanie?

6. Wspomniana w komentarzu #4 niefrasobliwość Autora dotycząca traktowania średniego okresu fali w artykułach 1 i 2 jest szczególnie niepokojąca ze względu na fakt, że okres fali to jedna z głównych zmiennych wejściowych do modeli strefy brzegowej używanych w artykule 3. Przykładowo, pod równaniem (3.2) pojawia się krótki komentarz, że L oznacza długość fali, a T okres, ale nie podano, o jaki okres i długość chodzi ani jakie założenia leżą u podstaw wzoru (3.2) – jedynie z podanej prostej zależności między L a T można się domyślać, że przyjmuje się tutaj, iż fale są regularne. Wyniki modelu natomiast to fale nieregularne – co wymaga pewnych założeń przy stosowaniu wzoru (3.2) i innych, wykorzystywanych w artykule 3. Nie ma o tym jednak żadnej wzmianki w tekście.

Co prawda, Autor stwierdza na początku rozdziału 2.6 artykułu 3, że wyniki SWANa mogą być przekazywane do SWANOneSed bez jakiegokolwiek ingerencji użytkownika, ale zakłada to, że lista poprawnych zmiennych została zapisana do pliku, za pomocą którego przekazywane są dane. Czy Autor jest pewien, że wykorzystuje właściwy „średni okres” na wszystkich etapach obliczeń?

Uwagi końcowe

Moim zdaniem, pomimo dużej liczby różnego rodzaju błędów, praca doktorska Pana mgr Patryka Sapięgi spełnia kryteria ustawowe stawiane rozprawom doktorskim. Do mojej

pozytywnej ogólnej oceny przyczyniają się dwie rzeczy. Po pierwsze, u podstaw rozprawy leży ogromna ilość pracy związanej z konfiguracją modeli, ich testowaniem, dostarczaniem do nich odpowiednich danych wejściowych w odpowiednich formatach, przetwarzaniem i wizualizacją wyników modelowania itd. Jest to praca, której przeważnie nie widać w końcowym „produkcie”, ale która jest niezbędna do jego powstania i niewątpliwie wymaga zarówno praktycznych umiejętności, jak i wiedzy teoretycznej, o której mowa w ustawie. Wiele artykułów dotyczących podobnych systemów modelowania dla innych obszarów posiada bardzo długą listę autorów – bo nad stworzeniem tych systemów pracują często dziesiątki osób. To, że Autor rozprawy był w stanie osiągnąć zaprezentowane w niej wyniki, pracując w małym zespole i wykonując samodzielnie zdecydowaną większość pracy, moim zdaniem zasługuje na podziw i bardzo wysokie uznanie. Po drugie uważam, że stworzone w ramach rozprawy narzędzia zawierają w sobie istotny potencjał zarówno poznawczy, jak i – a może przede wszystkim – praktyczny: przyczyniają się do poprawy jakości modelowania falowania i procesów zależnych od falowania w południowym Bałtyku i w polskiej strefie brzegowej. Należy też podkreślić, że wiele przedstawionych przeze mnie w tej recenzji krytycznych uwag dotyczy edytorskiej i językowej strony rozprawy i składających się na nią artykułów. Jak stwierdzam powyżej, są to zastrzeżenia bardzo istotne, jednak nie przesądzają o ogólnej ocenie rozprawy.

Mam nadzieję, że po wykonaniu ogromu technicznej pracy związanej z konfiguracją modeli, Autor znajdzie w przyszłości więcej czasu na merytoryczne aspekty związane z modelowaniem falowania i będzie miał możliwość skupienia się na fizycznych aspektach analizowanych procesów – co pozwoli na uniknięcie błędów i niedociągnięć, jakie znajdują się w tej rozprawie.

W świetle wszystkich powyższych argumentów stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr Patryka Sapięgi spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zgodnie z art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2023 r. poz. 742, z późn. zm.), i stawiam wniosek o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

dr hab. Agnieszka Herman, prof. IO PAN
Instytut Oceanologii PAN