

Dr hab. Jan Jędrasik
81-533 Gdynia ul. Grodzieńska 18
Tel. 518 411 827
Uniwersytet Gdański Instytut Oceanografii
81-378 Gdynia al. Piłsudskiego 46
Tel. 58 523 68 77

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Natalii Bugajny
pt. " Określanie zmian objętościowych brzegu wydmowego
południowego Bałtyku z użyciem numerycznego modelu XBeach".

Zawartość rozprawy

Praca zawiera łącznie 129 stron, w tym 180 pozycji literatury (56 w jęz. polskim, 124 w jęz. angielskim), 11 linków stron internetowych, 54 rysunków, 27 fotografii oraz 6 tabel. Spis treści odpowiada oczekiwaniom wyrażonym w tytule pracy. Poszczególne rozdziały są zgodne z metodologią prezentowania wyników badań naukowych oraz sposobu ich dokumentacji. Układ treści jest logiczny.

Autorka pracy wskazała na ważność obszarów przybrzeżnych oraz ich zagrożeń wskutek oddziaływania morza podczas zachodzących obecnie zmian klimatycznych. Wzrastający poziom morza oraz liczba sztormów generują niebezpieczeństwo dla pierwszej linii obrony – wałów wydmowych, a w razie ich zniszczenia, obszarów przyległych. Istnieje potrzeba budowania sposobów zapobiegania tym zagrożeniom oraz ich łagodzenia. Dla systemów ostrzegawczych niezbędne są badania zmian brzegu wskutek procesów hydrodynamicznych w strefie brzegowej oraz efektywne ich modelowanie szczególnie w prognozowaniu. Uważam, że podjęte badania są istotne w budowaniu systemu prognoz.

Cel rozprawy i hipoteza badawcza

Jako cel pracy Autorka postawiła określenie zmian objętościowych brzegu wydmowego na południowym Bałtyku z wykorzystaniem modelu XBeach. Dla realizacji tak sformułowanego celu podzieliła go na etapy:

- wyznaczenie krótkookresowych zmian brzegu wydmowego
- określenie warunków hydrodynamicznych determinujących zróżnicowane zmiany objętościowe
- zastosowanie (adaptacja, kalibracja i walidacja) numerycznego modelu XBeach w trybie 1D oraz 2D do określania zmian objętościowych brzegu wydmowego na przykładzie Mierzei Dziwnowskiej
- analiza dokładności modelowanego określania zmian objętości brzegu wydmowego

Jako tezę pracy przyjęła, że zmiany objętościowe brzegu południowego Bałtyku można określać z użyciem numerycznego modelu XBeach.

Postawione cele są zasadne i dobrze postawione, teza słuszna.

Jak realizowano postawione cele ?

Jako obszar badań wybrano Mierzeję Dziwnowską w Zatoce Pomorskiej. W części wstępnej rozprawy scharakteryzowano przeszłość geologiczną i morfologię Mierzei. Szeroko opisano warunki hydrodynamiczne z naciskiem na wahania poziomu morza i falowanie. Na-

stępnie odwołano się do najnowszych badań związanych z morfodynamiką brzegu morskiego istotną w podjętych badaniach. Autorka wykazała się dobrą znajomością problematyki morfodynamiki brzegu morskiego.

W pracy zgromadzono materiały morfologiczne w postaci profili batymetryczno-topograficznych z oceną precyzji pomiarowej. Z kolei materiały z lidara lotniczego oraz ortofotomapy pozyskiwano z monitoringu strefy brzegowej jako dane teledetekcyjne do analiz zmian brzegowych wyznaczonych w modelowaniu i pomiarach terenowych. Wykorzystano również obserwacje zmian poziomów morza uzyskane z IMGW.

Szeroko opisano prace terenowe jako kampanie pomiarowe osobiście zorganizowane i przeprowadzone przez Autorkę w okresie od czerwca do grudnia 2012r. na obszarze Mierzei Dziwnowskiej. Uważam ten rozdział za bardzo wartościowy ponieważ pozwolił na wyznaczenie pomierzonych zmian objętościowych brzegu w rejonie badań, które przyjęto jako referencyjne. Wszystkie rezultaty modelowe były odnoszone do pomierzonych, jako rzeczywistych. Pomiarom towarzyszyła równoczesna rejestracja parametrów hydrodynamicznych: wahań poziomu morza, wysokości fal znacznych, trendów zmian poziomu, czas od ostatniego sztormu.

Zastosowanie metody hierarchicznej analizy skupień Warda do parametrów hydrodynamicznych pozwoliło wydzielić trzy klasy warunków hydrodynamicznych determinujących wielkości zmian objętości brzegu bezpośrednio pomierzonych. Wyznaczono nowe parametry: sumy wektorowe (net) sumy skalarne (total) oraz maksymalne wartości zmian objętościowych (maximal) dla trzech klas warunków hydrodynamicznych w profilach. Powstała możliwość obliczenia zmian objętościowych brzegu w profilach pomiędzy kolejnymi kampaniami pomiarowymi. Zatem zdeterminowane warunkami zmiany objętości zostały wyznaczone. Powstała możliwość określenia zmian objętościowych brzegu z podziałem na proces akumulacji i erozji.

Nowym etapem w realizacji rozprawy były badania modelowe w oparciu o model XBeach. Modelowanie przeprowadzono w trybie profilowym czyli 1D oraz w domenie jako 2D. Przede wszystkim wprowadzono wskaźniki oceny modelowanych zmian objętościowych. Pierwszym był wskaźnik BSS (Brier Skill Score) porównujący profil zmierzony przed i po sztormie z profilem modelowanym. Podobnym wskaźnikiem był tzw. najlepszy kształt WDK (Wizualne Dopasowanie Kształtu) polegającym na porównywaniu profilu po sztormie z profilem modelowanym. Dla oceny poprawności symulacji modelowych przyjęto błąd bezwzględny i względny zmian objętościowych.

W modelowaniu 1D najpierw przeprowadzono kalibrację na wezbranie sztormowe z października 2009 r. Korzystano z danych przed sztormowych – profili batymetryczno-topograficznych oraz po sztormowych z lotniczego skanowania laserowego. Dla symulacji sztormu wykorzystano widma falowania wiatrowego z Bałtyku oraz dobrano zestaw parametrów kalibracyjnych. Do oceny kalibracji wzdłuż 19 profili na obszarze badań zastosowano wskaźniki BSS, WDK oraz błędy zmian objętościowych. W kolejnym etapie ustalono zestaw parametrów kalibrujących do każdego z profili z najlepszym WDK oraz parametrów uwzględniających sąsiedztwo klifów i obiektów hydrotechnicznych. Przeprowadzone komplety symulacji z różnymi zestawami parametrów kalibrujących we wszystkich 19 profilach poddano ocenie. Oceny najlepsze wyselekcjonowano dla zestawów kalibrujących.

Modelowanie 2D, co należy podkreślić, uwzględnia transport wzdłuż brzegowy w odwzorowaniu procesów brzegowych. Podobnie jak w modelu profilowym najpierw przeprowadzono kalibrację modelu 2D. W pierwszej kolejności wyniki kalibracji modelu 1D dla warunków sztormowych wykorzystano w kalibracji modelu 2D na sztorm znaczący, następnie na warunki hydrodynamiczne umiarkowane i słabe. Symulacje zmian objętościowych brzegu pod-

czas siedmiu przedziałów czasowych w roku 2012 poddano walidacji. Rozkłady średnich wartości błędu bezwzględnego wynosiły dla warunków hydrodynamicznych sztormowych $2.42 \text{ m}^3\text{m}^{-1}$, umiarkowanych $2.37\text{m}^3\text{m}^{-1}$ oraz dla warunków najsłabszych dynamicznie $0.64 \text{ m}^3\text{m}^{-1}$. Autorka udowodniła, że stosowanie modelu dało dobre rezultaty w określaniu zmian objętościowych brzegu wydmy na wybrzeżu bałtyckim.

Pozytywny wynik walidacji modelu XBeach upoważnia do jego stosowania w badaniach zmian objętościowych brzegu morskiego. Niewielkie błędy bezwzględne symulacji modelowych potwierdziły stosowalność modelu także w warunkach morza bez pływowego. W ten sposób Autorka osiągnęła cele postawione w przedkładanej pracy.

Ocena znaczenia problemu badawczego i oryginalności rozwiązania przedstawionego w pracy doktorskiej

Zmiany brzegu morskiego wskutek hydrodynamiki wydają się naturalne. Intuicyjny imperatyw motywował do podejmowania bardzo wielu prac, które wskazywały głównie na zmiany jakościowe. Złożoność procesów w strefie brzegowej, ich przenikanie i wzajemne oddziaływanie, nie pozwalało na śmiałe przedsięwzięcia ocen ilościowych. Zagadnienie określenia zmian objętościowych brzegu wydmy podjęte w rozprawie dotyczące morza bez pływowego, samo w sobie stało się wyzwaniem.

W pracy podjęto zbadanie zróżnicowanych przestrzennie rzeczywistych zmian objętościowych brzegu wobec odpowiadających im warunkom hydrodynamicznym oddziaływującym na brzeg z gradacją intensywności, implikującą związki pomiędzy przyczynami i skutkami. Zmiany objętościowe brzegu wyznaczono podczas prac terenowych przy równoczesnej rejestracji parametrów hydrodynamicznych morza, które determinowały mierzone zmiany brzegu. Zdefiniowane klasy rejestrowanych warunków hydrodynamicznych przydzielono tym zmianom. Moim zdaniem, to przyczyniło się najbardziej istotnie do rozwiązania postawionego problemu. Przestrzenne zróżnicowanie zmian objętościowych w postaci sum wektorowych (net), skalarnych (total) oraz maksymalnych wartości zmian objętości (maximal) w odniesieniu do klas warunków hydrodynamicznych pozwoliły na wyznaczenie wielkości zmian objętości brzegu w m^3m^{-1} jak również parametrów jego zmienności. Wskazania gdzie była erozja a gdzie akumulacja były konsekwencją tego przyporządkowania. Wysiłek w kampaniach pomiarowych, gromadzenie materiałów obserwacyjnych okazał się dobrze zaplanowanym i efektywnym wkładem w rozwiązanie problemu.

Drugim bardzo ważnym wkładem Autorki w badaniach ilościowych nad zmianami brzegu morskiego jest zastosowanie modelu XBeach (dedykowanego pierwotnie do badań w morzu pływom), na obszarze bez pływowego Morza Bałtyckiego. Model XBeach pozwalający na określenie zmian morfologicznych strefy brzegowej (wydmy, plaże i płytkie podbrzeże) został zastosowany najpierw w trybie 1D czyli profilowym. Dla zwiększenia efektywności oceny zmian objętości brzegu, podjęto modelowanie w trybie obszarowym 2D. Rezultaty modelowania poddane walidacji wykazały niskie błędy bezwzględne w ocenie zmian objętości brzegu.

Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej ujawnionej w przygotowanej rozprawie

O przygotowaniu do badań naukowych Autorki świadczy fakt prezentacji wyników badań na International Coastal Symposium w Durbanie (Afryka Południowa) oraz czterech publikacji, w tym trzech z nich w dobrze punktowanym czasopiśmie Journal of Coastal Research w latach 2013-17. Poza tym zdobywała doświadczenie i wiedzę podczas uczestnictwa w niektórych projektach badawczych np.: MICORE i SatBałtyk.

Z lektury pracy wynika, że wykazała się szeroką wiedzą przyrodniczą oraz umiejętnościami z modelowania matematycznego. Przeprowadzone kalibracje zarówno modelu profilowego jak i obszarowego, symulacje i walidacje dla zróżnicowanych warunków dynamicznych strefy brzegowej, świadczą o znakomitym przygotowaniu Autorki do przyrodniczych prac naukowych.

Z uwagi na brak sztormów w okresie kampanii pomiarowych, podjęła decyzję o kalibracji modelu 2D na tzw. sztorm znaczący z innego terminu. Umiejętnie dopasowała zestaw parametrów kalibrujących, uzyskując wielowariantowe symulacje, których analiza ukazała dojrzałą interpretację. Intuicyjne dążenie do zwiększenia jakości wyników skutkowało wielokrotnym badaniem błędów, kolejnym doбором parametrów do symulacji, ponownymi ocenami, które wykazały redukcję błędów.

W rozprawie szczególnie w rozdziałach od 6 do 8 Autorka wiązała swoje rezultaty badań terenowych i modelowych z opisami w rozdziale drugim oraz pracami wcześniej publikowanymi własnymi i innych autorów. Bardzo liczne odwołania świadczą o świetnej znajomości literatury oraz umiejętności konfrontowania własnych wyników z pracami innych badaczy. Przeprowadzona dyskusja dotyczyła głównie wyników modelowania w morzu pływowym i bez pływowym.

Inne uwagi

Praca jest napisana w sposób przejrzysty i zrozumiały. W przygotowaniu ilustracji wyraźny jest wkład staranności, co przełożyło się na czytelność rysunków.

Konkluzja

Praca doktorska Pani mgr Natalii Bugajny odpowiada wymaganiom sformułowanym w kryteriach formalnych. W mojej ocenie mgr Natalia Bugajny podjęła ważny temat badawczy i zaproponowała właściwą metodę jego rozwiązania. W pracy integruje podejście badań in situ z modelowaniem matematycznym w naukach przyrodniczych, także prezentuje bardzo dobrą znajomość literatury naukowej w obszarze rozprawy. W badaniach uzyskała interesujące i oryginalne wyniki empirycznych i modelowych badań dotyczących objętościowych zmian wydmowego brzegu morskiego w morzu bez pływowym.

Reasumując, opiniowana dysertacja prezentuje bardzo dobry poziom w obszarze badań brzegu morskiego. Praca spełnia wymagania, które dotyczą pracy doktorskiej podanych w obowiązujących przepisach art.13 ust.1 ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003r., nr 65 poz. 595 z póź. zm.) stawiane rozprawom przedkładanym na uzyskanie stopnia naukowego doktora. Wnioskuje o dopuszczenie Pani mgr Natalii Bugajny do kolejnych etapów procedury w ubieganiu się o stopień naukowy doktora oraz wnioszek o wyróżnienie przedkładanej dysertacji.

Gdynia 25-10-2018



dr hab. Jan Jędrasik