

Prof. dr hab. Stanisław Musielak
ul. Noakowskiego 23 m.1
70-380 Szczecin, tel. kom. 0 501-149 694

R e c e n z j a
rozprawy doktorskiej mgr Natalii Bugajny
pt.: „Określanie zmian objętościowych brzegu wydmowego południowego
Bałtyku z użyciem numerycznego modelu XBeach”

Uwagi ogólne, zawartość rozprawy.

Rozprawa doktorska mgr Natalii Bugajny została wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Kazimierza Furmańczyka, w Zakładzie Teledetekcji i Kartografii Morskiej, w Instytucie Nauk o Morzu, na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Szczecińskiego. Dysertację zawarto w jednym tomie, którego łączna objętość wynosi 129 stron. Umieszczono w nim zarówno zasadniczy tekst rozprawy jak też uzupełniające go załączniki graficzne i zestawienia tabelaryczne. W jej treści wyodrębniono: Wstęp, 9 rozdziałów z dodatkowo wydzielonymi 23. podrozdziałami i trzema podpodrozdziałami oraz Podsumowanie i wnioski. W pracy znajduje się 54 rycin, 27 fotografii oraz 6 tabel. Spis literatury zawiera 179 pozycji, w tym 121 opublikowanych w języku angielskim oraz 58 w języku polskim. W końcowej części pracy umieszczono spisy: rycin, fotografii oraz tabel.

Przyjęty podział treści rozprawy oraz kolejność omawiania poszczególnych zagadnień, są poprawne. Autorka rozpoczyna swoją dysertację od syntetycznego opisu aktualnego stanu wiedzy na temat podstawowych procesów zachodzących w morskiej strefie brzegowej, następnie w dość zwartej formie podaje przegląd modeli rozwoju brzegu, opisuje obszar badań, po czym prezentuje zebrane materiały i zastosowane metody pracy. W kolejnych rozdziałach (od szóstego do ósmego), które stanowią najważniejszą część rozprawy (połowa jej objętości), Doktorantka dokonuje szczegółowej analizy uzyskanych wyników, opisując zarejestrowane w trakcie badań terenowych rzeczywiste zmiany objętościowe brzegu, ilustrując je bogatą szatą graficzną. Przedstawia przeprowadzoną kalibrację modelu XBeach, wykonaną w trybie profilowym (1D), a także w trybie obszarowym (2D), wykonaną dla warunków tzw. „sztormów znaczących” oraz „umiarkowanych”. W ostatnim rozdziale pracy zamieszczono dyskusję uzyskanych wyników. Rozprawę kończą dwustronicowe podsumowanie i syntetyczne wnioski.

Uwagi do poszczególnych rozdziałów pracy i ich zawartości.

Rozprawę rozpoczyna „**Wstęp**” (3,5s.), zawierający sformułowanie zarysu problematyki badawczej oraz omówienie wykonanych prac, jak również użytych metod i narzędzi badawczych, a także klarowne przedstawienie celu pracy, którym było „określenie zmian objętościowych brzegu wydmowego południowego Bałtyku z użyciem numerycznego modelu XBeach”.

W pierwszym rozdziale dysertacji, zatytułowanym „**Aktualny stan wiedzy**” (11 s., 5 ryc.), podano definicję strefy brzegowej i jej granice oraz omówiono wybrane procesy brzegowe, w tym transport rumowiska wzdłużbrzegowego, procesy i formy erozyjne oraz akumulacyjne w strefie plaży, a także transport eoliczny. W drugiej części tego rozdziału (podrozdział 1.2), zawarto bardzo dobrze opracowany przegląd literatury, dotyczącej metod określania zmian brzegu za pomocą modeli. Oparto go na bogatej, najnowszej literaturze. Przedstawiono różne typy modeli: opisowe koncepcyjne, modele oparte na teorii profilu równowagi i modele procesowe. Rozdział ten jest wzbogacony o dobrze dobraną oraz starannie wykonaną, część graficzną. Autorka wykazała się w nim dobrą znajomością literatury dotyczącej przedmiotu prowadzonych przez nią badań.

Drugi rozdział rozprawy, zatytułowany: „**Obszar badań**” (18,5 s., 11 rys.), rozpoczyna zwięzłe przedstawienie charakterystyki fizyczno-geograficznej rejonu w którym zlokalizowane były badania terenowe (Mierzeja Dziwnowska). Następnie syntetycznie opisano przeszłość geologiczną tego rejonu, począwszy od schyłku Plejstocenu po najmłodsze fazy Holocenu. Następnie Doktorantka przedstawiła obszerniej warunki hydrodynamiczne (wahania poziomu wody, rozkład prędkości oraz kierunków wiatru, falowanie i prądy), ich różnorodność oraz uwarunkowania. Szczególną uwagę zwróciła na wahania poziomu wód (wezbrania sztormowe) oraz rolę prędkości i kierunków wiatrów. Podkreślić należy dobrą znajomość aktualnej literatury oraz umiejętny jej dobór i poprawne wykorzystanie przy omawianiu roli tych czynników w analizowanych procesach strefy brzegowej. Ponadto, w tej części rozprawy, szczegółowo przedstawione zostały opisy zmian morfodynamicznych brzegu oraz jego hydrotechniczna ochrona. Autorka wykorzystwała informacje zaczerpnięte zarówno z literatury światowej, jak również z wieloletnich prac wykonywanych w Instytucie Nauk o Morzu, w tym w zespole Teledetekcji i Kartografii Morskiej, z którym Doktorantka jest od wielu lat związana.

W kolejnym rozdziale („**Materiały**” - 4 s., 4 ryc.), który został podzielony na trzy podrozdziały, zwięzłe zaprezentowano zebrane informacje, dotyczące rzeźby terenu, danych teledetekcyjnych oraz hydrodynamicznych. Został on napisany dosyć przejrzysto oraz nieźle zilustrowany materiałem graficznym. Zgromadzone w nim dane pozyskano z Urzędu Morskiego w Szczecinie (profile batymetryczno-topograficzne, dane z lotniczego skaningu laserowego, ortofotomapy) oraz z IMG-PIB (poziomy wody, zlodzenie), a także z dostępnych informacji umieszczonych na stronach internetowych (parametry falowania z modelu WAM).

Ze względu na bardzo małą objętość tego rozdziału (zaledwie cztery strony), zdaniem recenzenta, przesadnym było wydzielanie w nim aż trzech podrozdziałów, z których jeden (podrozdział 3.2) zawiera zaledwie 11 linii tekstu.

Następny rozdział „**Metody badań użyte w pracy**” (3 s., 2 rys.), zawiera dwa podrozdziały. W pierwszym z nich zawarto przejrzysty opis dwuwymiarowego modelu XBeach (model propagacji fal, przepływów, transportu osadów oraz zmian morfologii morskiej strefy brzegowej spowodowanych przez zmienne w czasie warunki hydrodynamiczne). Stanowi on narzędzie do oceny ryzyka dla obszarów przybrzeżnych, powodowanego przez ekstremalne zjawiska sztormowe. W podanych na stronie 45 składowych modułach obliczeniowych modelu XBeach (falowy, prądowy, transportu rumowiska, przebudowy dna), nie wymieniono wahań poziomu wody. Nie jasnym jest czy i w jaki sposób parametr ten jest w modelu uwzględniany? W drugiej części tego rozdziału przedstawiono zwięzły klarowny opis technologii pomiaru GPS RTK, stosowanej w pracach terenowych wykonywanych w ramach zbierania materiałów do recenzowanej pracy.

Rozdział piąty dysertacji, przedstawiający wykonane „**Prace terenowe**” (11 s., 32 rys., 1 tab.), ma bardzo bogatą szatę graficzną, która stanowi istotne dopełnienie tekstu. Zawarto w nim opis prac przygotowawczych do pomiarów GPS RTK, wykonanych zarówno w samym sprzęcie pomiarowym (wprowadzanie parametrów do odbiorników, przeprowadzenie procesu kalibracji, lokalizacji oraz transformacji danych), jak również w terenie (punkty kontrolne, i ich lokalizacja oraz identyfikacja). W drugiej części tego rozdziału dokładnie opisano przebieg samych pomiarów, wykonanych w drugim półroczu 2012 roku, na 2-kilometrowym odcinku brzegu w rejonie Międzywodzia, w 14 „kampaniach” pomiarowych. Każdy z pomiarów został szczegółowo opisany i uzupełniony dokumentacją fotograficzną. Zarówno opis prac przygotowawczych, jak również samych pomiarów, wykonany został bardzo starannie i dobrze udokumentowany graficznie (wykresy, fotografie). Recenzent nie znalazł jedynie w tekście pracy, informacji dotyczącej tego, co zdecydowało o przyjęciu takich a nie innych odległości pomiędzy profilami pomiarowymi? Przy analizowaniu danych podanych dla poszczególnych kampanii pomiarowych, zastanawia brak korelacji pomiędzy poziomem wody a szerokością plaży.

Podana na stronie 57 (wiersz 4 od góry) nierealna wartość wahań poziomu morza w przedziale 400 a 521 cm, wydaje się być wyraźnie błędną..

W rozdziale szóstym rozprawy („**Zmiany objętościowe brzegu określone na podstawie pomiarów terenowych**”, 7 s., 6 ryc.), zaprezentowano elementy wcześniej opublikowanych badań, dotyczących analizy zmian objętościowych oraz zmian linii brzegowej. Przedstawiono w nim klasyfikację dotyczącą warunków hydrodynamicznych, sporządzoną na bazie analizy czasowego szeregu zmian wysokości tzw. „fali znacznej” oraz zmian poziomu morza. W drugiej części tego rozdziału, przedstawiono rzeczywiste zmiany objętości brzegu, obliczone na podstawie przetworzonych danych pomiarowych. Przyjęta przez Autorkę metoda obliczenia zmian objętościowych, zarejestrowanych podczas prac terenowych nie

budzi zastrzeżeń recenzenta. Przeprowadzona przez Doktorantkę analiza tych zmian w wydzielonych trzech grupach warunków hydrodynamicznych wykazała, iż wraz ze wzrostem falowania zmienia się wartość wypadkowej objętości brzegu. Autorka stwierdziła, że umiarkowane i słabe warunki hydrodynamiczne, powodują zróżnicowany skutek na brzegu, zarówno w postaci akumulacji jak i erozji, których wielkość zależy od warunków hydrologicznych i świadczy o oscylacyjnym charakterze brzegu. Zawarte w tym rozdziale wyniki badań, mogą mieć duże znaczenie dla ich praktycznego wykorzystania.

Jednym z dwóch najobszerniejszych i najważniejszych rozdziałów ocenianej rozprawy, jest rozdział siódmy: „**Modelowanie zmian objętościowych brzegu w trybie profilowym [1D]**”, (18 s., 9 ryc., 4 tab.). Jego treść podzielono na cztery podrozdziały, w których kolejno przedstawiono:

- Wskaźniki oceny modelowanych zmian objętościowych, w tym wskaźnik BSS (analityczne porównanie profilu zmierzonego i symulacyjnego), WDK (wizualne dopasowanie kształtu profilu), błąd bezwzględny (mb) zmian objętościowych oraz błąd względny (mw) zmian objętościowych.

- Sposób kalibracji w trybie profilowym [1D] – użyto nowej wersji modelu XBeach Easter z powtórzeniem procesu jego kalibracji na wybranym wezbraniu sztormowym.

- Charakterystykę parametrów modelu, w tym: algorytm erozji wydmy biorący pod uwagę takie parametry jak krytyczne nachylenie stoku mokrego oraz stoku suchego; kształt fali i jej parametry; początek ruchu masowego – parametr Shieldsa oraz morfologiczny współczynnik przyspieszenia.

- Wyniki kalibracji modelu w trybie 1D, w tym: ocena wskaźników dopasowania; ustalenie zestawu parametrów kalibracyjnych; ocena wpływu batymetrii.

Rozdział ten napisany został na wysokim poziomie merytorycznym. Zawiera on bogatą, dobrze dobraną i starannie wykonaną szatę graficzną.

Drugim z najważniejszych rozdziałów ocenianej rozprawy, jest rozdział ósmy „**Modelowanie zmian objętościowych brzegu w trybie obszarowym [2D]**”, (18 s., 12 ryc., 1 tab.). Wydzielono w nim trzy podrozdziały, w których, po krótkim jedno stronicowym wprowadzeniu kolejno przedstawiono:

- Wyniki kalibracji modelu na „sztorm znaczący”, które pokazały, że nawet dla „zgrubnej” siatki obliczeniowej można uzyskać dobre wyniki zmian, porównywalne do modelowania w trybie 1D.

- Kalibrację modelu w trybie 2D na „słabsze warunki hydrodynamiczne” wykonaną dla około 2-kilometrowego odcinka brzegu, położonego po zachodniej stronie Dziwny. Przeprowadzona analizę porównawczą wyników modelowania z danymi pozyskanymi w terenie pokazała, że model poprawnie symuluje zachodzące zmiany, z zachowaniem ich tendencji.

- Porównanie rzeczywistych i modelowych zmian objętościowych wykazało, że model XBeach poprawnie symuluje zmiany objętościowe plaży dla warunków w których falowanie waha się pomiędzy 1,5 a 2,4 m. Dla warunków przy słabszym

falowaniu, model nie jest w stanie poprawnie odzwierciedlić zarejestrowanych zmian objętościowych.

W kończących recenzowaną rozprawę rozdziałach: „**Dyskusja**”, (4,5 s) oraz „**Podsumowanie i wnioski**” (2 s.), przedstawiono najważniejsze efekty wykonanych badań. Kalibracja modelu XBeach na poszczególnych profilach badawczych dała dobrą zgodność rzeczywistych i modelowanych zmian objętościowych. Najlepsze wyniki odnotowano dla profili, które zlokalizowane były w sąsiedztwie budowli hydrotechnicznych. Wadą adaptacji modelu w trybie 1D jest brak możliwości uwzględniania tych budowli, a tym samym nieuwzględnianie przez model modyfikacji badanych procesów przez nie powodowanych.

Przeprowadzone badania wykazały m.in. również i to, iż wpływ batymetrii na modelowanie zmian objętościowych nadbrzeża najbardziej uwidacznia się w obszarze do około 100 m od linii wody i głębokości około 2 m. Zmiana kąta nachylenia podbrzeża w obszarze do 40 m od linii brzegowej o 1 – 2% z którą wiąże się zmiana objętości materiału w podbrzeżu, może spowodować wzrost różnicy pomiędzy rzeczywistą a modelową zmianą objętości nadbrzeża.

Przedstawione w recenzowanej rozprawie badania dotyczące zmian objętościowych brzegu morskiego południowego Bałtyku, powodowanych przez zróżnicowane warunki hydrodynamiczne oraz modelowanie tych zmian przy użyciu modelu XBeach, umożliwiły Autorce ustalenie, iż umiarkowane i słabe warunki hydrodynamiczne powodują zróżnicowane skutki na brzegu w postaci zarówno akumulacji, jak i erozji, a ich wielkość zależy od warunków hydrodynamicznych i świadczy o oscylacyjnym charakterze zmian brzegowych.

Uzyskane w pracy wyniki mają istotne znaczenie dla możliwości rozszerzenia zastosowania modelu XBeach w systemach wczesnego ostrzegania oraz ewidencjonowania skutków i zagrożeń w strefie brzegowej, powodowanych przez czynniki hydrodynamiczne.

Uwagi krytyczne dotyczące ocenianej rozprawy

Przy analizie zawartości pracy, recenzent dostrzegł kilka bardziej lub mniej istotnych uchybień i niedociągnięć, które nie powinny się znaleźć w rozprawie doktorskiej. W niektórych miejscach w tekście pracy, znaleźć można uproszczenia, skróty myślowe i nieliczne niezręczne sformułowania, powodujące powstawanie wątpliwości co do ich jednoznaczności.

- W pracy wydzielono szereg niewielkich podrozdziałów, przez co spis treści wydaje się być nadmiernie rozbudowany i mniej czytelny. Przesadne chyba było wydzielanie aż 3 podrozdziałów w czterostronicowym rozdziale trzecim.

- Autorka przyjęła definicję i podział strefy brzegowej (s.10 – 11) za S. Rudowskim (1962). Zarówno sama ta definicja, jak i zaproponowany podział strefy brzegowej zawierają wiele ogólników i nieprecyzyjnych określeń. Dyskusyjne są też podane w tym podziale granice strefy brzegowej. Przykładowo, według tego podziału odmorską granicą strefy brzegowej określa się położeniem najdalej wysuniętej rewy... a jeśli nie ma rewy? (np. na brzegu klifowym), to nie ma odmorskiej granicy

strefy brzegowej? Wiele nieścisłości zawiera również ilustrująca ten podział rycina zamieszczona na stronie 11 (ryc. 1).

- Konsekwencją przyjętych za S. Rudowskim nieprecyzyjnie określonych granic strefy brzegowej i innych pojęć (np. linia brzegowa), zdefiniowane w analizowanej pracy zmiany objętościowe brzegu (istotne z merytorycznego punktu widzenia rozprawy), stają się niezbyt klarowne. W literaturze (również polskiej) istnieje szereg nowszych opracowań, lepiej i precyzyjniej opisujących omawianą strefę.

- Zastrzeżenie budzi również niezrozumiały dla recenzenta brak konsekwencji dotyczący podpisów pod niektórymi rycinami i fotografiami. Zamieszczone na stronach 39, 48 i 49 fotografie, podpisane są jako ryciny (ryc.17, ryc. 24 i ryc. 25), zaś przedstawione na stronach 52 – 57 zdjęcia podpisane są jako fotografie (Fot. 1 – Fot. 57). Zdaniem recenzenta lepszym rozwiązaniem byłoby nazwanie wszystkich obrazów graficznych rycinami i zachowanie ich jednolitej numeracji. Przy jednej z fotografii (s.54) brakuje numeracji.

Recenzent ma również wątpliwości odnośnie poprawności niektórych sformułowań, zamieszczonych na następujących stronach tekstu rozprawy:

- s.6 (w.9-10g.): „...wynikają one z czynników geologicznych i tektonicznych,..” – czynniki tektoniczne są też czynnikami geologicznymi;
- s.7 (w.12 d.): „...skutek oddziaływania różnych warunków hydrodynamicznych na plażę..” – oddziałują czynniki i procesy ale nie warunki;
- s.9 (w.9d.) – w spisie treści „dyskusja” jest rozdziałem 9 (a nie 10);
- s.12 (w.11d.): „...procesy dominujące w akumulacji linii brzegowej..” – linia brzegowa może zmieniać swoje położenie ale nie może się „akumulować”;
- s.13 (w.10-11g.): „Wysokość wału brzegowego...” jest uzależniona nie tyle od parametrów fal, ile od sztormowych wahań poziomu wody;
- s.32 (w.12.d.): „...a sam brzeg przyjmuje kształt fali stojącej..” – chyba nie sam brzeg, a linia brzegowa;
- s.39 (w.11d.): „Dane morfologii strefy brzegowej..” – Dane dotyczące rzeźby (morfologii) strefy brzegowej;
- s.5.(w. 5g.) - brak litery: ..wpływ(u)

Podsumowanie uwag i ogólna ocena pracy.

Rozprawa doktorska mgr Natalii Bugajny zawiera oryginalne rozwiązanie podjętego problemu badawczego, dotyczącego określenia zmian objętościowych morskiego brzegu wydmowego i ich numerycznego modelowania. Doktorantka w postępowaniu badawczym przyjęła podejście kompleksowe, posługując się różnymi metodami i technikami badawczymi. Wykazała się dobrą znajomością wiedzy z obszaru dotyczącego zakresu problematyki badawczej, którego dotyczy jej praca. W swojej rozprawie przedstawiła zebrane oryginalne materiały źródłowe oraz badania własne. Na wyróżnienie zasługuje poprawność strony językowej pracy i staranna korekta tekstu, w którym oceniający znalazł niewiele błędów. Tekst rozprawy uzupełniają dobrze dobrane, czytelne i starannie wykonane ilustracje oraz zestawienia tabelaryczne zebranych danych. Zawiera ona wszystkie najważniejsze elementy wymagane od prac doktorskich. Przedstawione

w recenzji uwagi krytyczne, nie umniejszają w istotniejszy sposób jej bardzo wysokiej wartości merytorycznej.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że praca doktorska mgr Natalii Bugajny, pt.: „*Określanie zmian objętościowych brzegu wydmowego południowego Bałtyku z użyciem numerycznego modelu XBeach*”, spełnia wymagania stawiane rozprawom przedstawianym do uzyskania stopnia naukowego doktora określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym dnia 14.03. 2003 r. (Art. 13).

W związku z powyższym, wnioskuje by dopuścić mgr Natalię Bugajny do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania jej stopnia naukowego doktora nauk o Ziemi w dyscyplinie *geografia*.

Jednocześnie, biorąc pod uwagę efekty naukowe recenzowanej pracy wnioskuję o jej wyróżnienie.

Szczecin, 24.10.2018 r.


/prof. dr hab. Stanisław Musielak/