



Dr hab. Bogdan H. Chojnicki, prof. nadzw. UPP

Poznań, 26. maja 2018 r

Katedra Meteorologii

Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## Recenzja

Pracy doktorskiej pt.: „Strumienie aerozolu morskiego w przywodnej warstwie atmosfery w rejonach południowego Bałtyku oraz europejskiej części Arktyki” wykonanej przez mgr. Piotra Markuszewskiego pod kierunkiem dr. hab. Tomasza Petelskiego prof. nadzw. IO PAN.

Recenzję wykonano na prośbę dr. hab. Sławomira Sagana z-cy dyrektora ds. naukowych Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie z dnia 1 marca 2018 roku.

Globalne zmiany właściwości fizycznych atmosfery są obecnie jednym z najważniejszych zagadnień naukowych, które absorbuje uwagę zarówno naukowców, jak i zwykłych mieszkańców naszej planety. Zmiany te wpływają na funkcjonowanie systemu Ziemia-Atmosfera wywołując także skutki natury gospodarczej i społecznej.

Jednym z głównych elementów tych zmian jest ujemne wymuszenie radiacyjne wywołane zwiększoną emisją aerozoli do atmosfery. Ocena wielkości emisji tych substancji oraz ilościowe oszacowanie ich wpływu na klimat są obecnie jednymi najbardziej studiowanych zagadnień naukowych. Wynika to z wciąż niedokładnego rozpoznania i zrozumienia procesów powstawania oraz przemian aerozoli w środowisku.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgra Piotra Markuszewskiego dotyczy badań strumieni oraz właściwości aerozoli występujących w rejonach południowego Bałtyku i północnego Atlantyku. Przeprowadzone badania wzbogacają wiedzę na temat aerozoli morskich, szczególnie w odniesieniu do terenu Bałtyku. Recenzja ta składa się z dwóch części:

- A. Ocena ogólna, która zawiera oceny poszczególnych aspektów i części recenzowanej pracy;
- B. Uwagi szczegółowe, w której umieszczono spostrzeżenia i rady o charakterze merytorycznym oraz edycyjnym.

### A. OCENA OGÓLNA

#### 1. Ocena poprawności tytułu

Autor pracy w poprawny i adekwatny sposób sformułował tytuł przedstawionej pracy – dobrze opisuje on zawartość przedstawionej dysertacji.



## **2. Ocena adekwatność przedstawionych badań względem prac prowadzonych na świecie.**

Tematyka podjęta w pracy doktorskiej jest bezpośrednio związana z badaniami, które obecnie stanowią szpicę badań naukowych związanych z bilansem aerozoli w atmosferze. Aerozole morskie, stanowiące około jednej trzeciej ogółu aerozoli zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio wpływają m. in na bilans radiacyjny powietrza a ilościowa ocena ich wpływu na bilans cieplny troposfery jest wciąż obciążony dużą niepewnością. Ten fakt sprawia, iż emisja, transport oraz przemiany cząsteczek zawieszonych w powietrzu wymagają dokładnych badań. Zarówno jakościowy, jak i ilościowy opis strumieni aerozoli morskich w granicznej warstwie atmosfery stanowią podstawę do skutecznej parametryzacji zjawisk transportu cząsteczek zawieszonych w powietrzu. Zgromadzenie odpowiednio szerokiej wiedzy na ten temat umożliwia zastosowanie w praktyce skutecznych deterministycznych modeli numerycznych pozwalających na ilościową ocenę emisji aerozoli z powierzchni morza. Dynamiczny wzrost ilości publikacji dot. aerozoli sprawia, iż praca doktorska mgra Markuszewskiego bardzo dobrze wpisuje się w ogólnoświatowy trend badań naukowych. Przedstawione wyniki mają szansę być opublikowane w renomowanym czasopiśmie o międzynarodowym zasięgu. Z tej perspektywy, pracę tę oceniam wysoko.

## **3. Ocena nowatorskości wyników przedstawionych w pracy**

Podczas pomiarów w warunkach in situ zastosowano nowoczesne techniki, które obecnie stanowią międzynarodowy standard jeśli chodzi o pomiary wymiany masy i energii między powierzchnią Ziemi a atmosferą. Należy tu wspomnieć, iż metoda kowariancji wirów (EC) jest rzadko stosowana w warunkach morskich, ponieważ trudności, zarówno techniczne, jak i interpretacyjne wymagają od operatora sporego doświadczenia badawczego oraz wiedzy z zakresu mikrometeorologii. Moim zdaniem autor przedstawionej pracy doktorskiej, poprzez zatasowanie EC na morzu, zdobył wiedzę i doświadczenie badawcze, które należy do rzadkości w skali świata.

Niewątpliwą nowością naukową, którą zawiera ta praca jest opracowanie strumieni aerozolu na terenie Morza Bałtyckiego. Dysertacja uzupełnia w ten sposób lukę w wiedzy na temat formowania się strumieni cząstek zawieszonych nad powierzchnią tego morza.

Zastosowanie: wieku fali i parametru zmienności wiatru stanowi bardzo ciekawy i nowatorski element tej pracy. Analiza strumieni w kontekście tych dwóch parametrów pozwala na sensowne wytłumaczenie występujących różnic w wielkości emisji aerozoli z powierzchni morza.

Opracowana dla powyżej opisanych parametrów nowa funkcja źródłowa emisji aerozolu stanowi kolejne osiągnięcie tego doktoratu. Opisana w pracy nowa metodologia ma szansę na zastosowanie przez innych naukowców. Użyteczność przedstawionej funkcji źródłowej polega także na tym, iż dane wejściowe do modelu są parametrami znajdującymi się powszechnie dostępnymi bazach danych.





## 4. Ocena organizacji oraz zawartości dysertacji

Praca ta zawiera 86 stron, na których znajduje się 25 rycin i 7 tabel. Objętość pracy doktorskiej jest wystarczająca oraz w wyczerpujący sposób opisuje zarówno pracę badawczą, jak i otrzymane wyniki. Składa się ona z następujących części:

### Wstęp

W tym rozdziale autor w klarowny i zrozumiały sposób opisał zawartość pracy oraz wskazał na znaczenie badań nad aerozolami. Przejrzyście zdefiniował hipotezę badawczą oraz opisał poszczególne zadania badawcze służące jej potwierdzeniu.

### Aktualny stan wiedzy

Autor, w tej części pracy w bardzo dokładny i sensowny sposób opisał wiedzę zgromadzoną w literaturze na temat aerozoli w przywodnej warstwie atmosfery oraz dynamiki tejże warstwy. Przeczytanie tej części dysertacji, dzięki dobrze przedstawionym pojęciom i procesom zachodzącym w atmosferze, w bardzo dobry sposób przygotowuje czytającego do zrozumienia wyników oraz dyskusji badań.

### Metodyka pomiarów oraz źródła uzyskania danych

Rozdział ten zawiera opis rejonów badawczych, zamieszczone w nim mapki pozwalają na dobre zapoznanie się z powierzchniami, na których przeprowadzone zostały pomiary. Można by umieścić na nich szczegółowe lokalizacje miejsc, w których znajdował się statek podczas obserwacji. W ten sposób, dokumentacja geograficzna badań byłaby pełna. W metodyce, autor informuje, że rzeczywisty czas pomiarowy był dwukrotnie dłuższy od długości pomiarów wziętych do dalszej analizy. Ta selekcja wynikała z braku logarytmicznego profilu gradientu aerozolu. Autor tłumaczy ten stan m. in. depozycją spalin z emisji statków. O jakich statkach mowa?

W rozdziale, bardzo dokładnie, zostały przedstawione zarówno techniki, jak i metody pomiarowe. Na bazie tej części tekstu można śmiało stwierdzić, że doktorant posiada dużą znajomość i umiejętność wykonywania pomiarów w warunkach in situ. Dodatkowo jasno i zrozumiale zostały przedstawione modele będące źródłem danych opisujących powierzchnię morza oraz rachunek niepewności pomiarowej.

### Parametryzacja strumieni aerozolu

W tym rozdziale autor przedstawił zarówno parametry służące do oszacowywania dynamiki strumieni aerozolu, jak i same wyniki badań. Chociaż zwykle pojęcia badawcze umieszczane są w rozdziale poświęconym metodologii a uzyskane wyniki badań w rozdziale wyniki, to autorowi udało się stworzyć rozdział (zawierający oba te elementy), który czyta się płynnie a zawartość jest zrozumiała.

### Nowe funkcje źródłowe emisji aerozolu

Rozdział ten ma strukturę podobną do rozdziału opisanego powyżej i tak samo dobrze



jest czytelny. Porównanie wyników symulacji wykonanych za pomocą różnych modeli z wynikami uzyskanymi podczas pomiarów zostało wykonane we właściwy sposób. Dyskusja te porównania jest przeprowadzona z uwzględnieniem już istniejących prac naukowych na ten temat.

### Podsumowanie i wnioski

W tym rozdziale autor dokonał reasumpcji całej pracy w kontekście już istniejących badań.

#### **5. Ocena odpowiedniości oraz adekwatności cytowań literaturowych**

Praca doktorska jest odpowiednio wypełniona cytowaniami. Są one zastosowane we właściwy sposób i praktycznie cała zawartość merytoryczna pracy jest dobrze opisana w kontekście dokonań innych naukowców. Przedstawione pozycje literaturowe są w większości nowe co kolejny raz potwierdza, iż praca badawcza przedstawiona w dysertacji jest adekwatna do badań realizowanych na świecie. Mgr Markuszewski udowodnił tą dysertacją, iż jest dobrze orientuje się w literaturze, a strategia oraz umiejętna realizacja badań, korespondujące z badaniami realizowanymi w ośrodkach zagranicznych, dodatkowo potwierdzają ten fakt.

#### **6. Ocena jakości przedstawionych rycin oraz tabel**

Jakość oraz zrozumiałość poszczególnych rycin oraz tabel oceniam dobrze. Propozycje ewentualnych zmian umieściłem w części „Uwagi szczegółowe”.

#### **7. Ocena przedstawionych prac badawczych**

Opisane w pracy badania zostały bardzo dobrze zaplanowane oraz zrealizowane. Z doświadczenia wiem, że pomiary strumieni masy i energii w warunkach in situ są bardzo trudne pod względem technicznym, merytorycznym, ale także organizacyjnym. Autor wykazał się umiejętnościami i determinacją, które w połączeniu z dobrze udokumentowaną w pracy wiedzą stworzyły podstawę do satysfakcjonujących wyników naukowych. Liczba zgromadzonych danych tylko laikowi może wydawać się niewielka, albowiem zastosowane przez autora metody selekcji sprawiły, iż uzyskany zbiór danych ma wysoką jakość a tym samym znaczenie naukowe.

#### **B. UWAGI SZCZEGÓŁOWE**

Praca doktorska to obszerny dokument więc znalazły się w niej drobne błędy oraz nieścisłości natury językowej. Poniżej przedstawiłem moje propozycje korekt.

#### Słownictwo w pracy

Strona 7 i inne, słowo „koncentracja”. Określenie to spotykane jest w literaturze, jednak wg. jest kalką językową z języka angielskiego (concentration). Sugeruję zastosowanie słowa „stężenie”.





Strona 13 i inne, wyrażenie „turbulentna dyfuzja”. Określenie to spotykane jest w literaturze, jednak sugerowałbym rozważenie zastosowania, pojęcia „transport turbulentny” (zastosowany na str. 14). W moim odczuciu dyfuzja i turbulencja są pojęciami stanowiącymi opisy tego samego procesu transportu, jednak odbywają się w różnych skalach przestrzennych.

Strona 36 i inne, wyrażenie „okres pików widma” jest stosowane zamiennie z „okres fali pików” proponuje ujednoczyć nazewnictwo dotyczące zmiennej  $T_p$  w całym tekście.

## Sugestie

Strona 7 linia 15 od góry: zamienić „siłę strumienia” na „gęstość strumienia”

Strona 8 linia 12 od dołu: „wiatr malał, czy wzrastał” to określenie potoczne na wzrost lub spadek prędkości wiatru lub ujemny lub dodatni trend prędkości wiatru – sugeruje zmianę

Strona 11 linia 1 od góry: zamienić „obserwowanie” na „badanie”

Strona 11 linia 1 od góry: „w naturalnym środowisku morskim” czy raczej „w środowisku morskim” – nie wiem czy istnieje nienaturalne środowisko morskie.

Strona 11 linia 5 od góry: zamienić „eksperymentów pomiarowych” na „pomiarów”

Strona 11 linia 8 od góry: zamienić „Project” na „Base”

Strona 11 linia 11 od góry: zamienić „parametryzuje” na „oszacowuje wartości parametrów”

Strona 18 linia 2 od dołu: zamienić „przechodzących” na „przepływających”

Strona 21 linia 1 od góry: zamienić „maksimum” na „dominantą” – domyślam się, że chodzi o rozmiar cząsteczek najczęściej występujących w populacji

Strona 21 wzór 2.3: brak opisu zmiennej  $\rho$  – gęstość powietrza.

Strona 21 linia 12 od góry: zamienić „właściwe przy” na „właściwe powietrza przy”

Strona 11 linia 13-14 od góry: zamienić „pulsacje temperatury” na „odchylenia od średniej temperatury powietrza”

Strona 11 linia 14 od góry: zamienić „wilgotności względnej” na „współczynnika zmieszania pary wodnej z powietrzem suchym”

Strona 21 wzór 2.4: brak opisu zmiennej  $T^*$ .

Strona 25 wzór 2.7a i 2.7b: brak opisu zmiennych  $f_t$  i  $f_d$ .

Strona 27 linia 6 od dołu: zamienić „oddania” na „symulacji”

Strona 32 linia 3 od góry: zamienić „okolice” na „ $E$ : okolice”

Strona 36 linia 14 od góry: zamienić „Rozdzielczość” na „Częstotliwość”

Strona 39 linia 3 od dołu: zamienić „inlet” na „czerpnia” lub „wlot”

Strona 41 linia 7 od góry: zamienić „najmniejszy rozrzut” na „najlepsze dopasowanie modelu” – określenie „najmniejszy rozrzut” jest wyrażeniem potocznym a przez to bardzo nieprecyzyjnym.

Strona 41 linia 4 od dołu: zamienić „w granicach” na „w zakresie” –  $\pm 0.5$  jest miarą zakresu a nie granic.



Strona 43 linia 1 od góry: zamienić „aerozolu” na „aerozolu F” – uwaga ta dotyczy większości wykresów, w których tytułach brak jest opisu symboli służących do opisu osi wykres – sprawdzić na wszystkich rysunkach.

Strona 43 linia 5 od dołu: zamienić „różnica temperatury wody i powietrza” na „różnica między temperaturą wody a temperaturą powietrza”.

Strona 43 linia 4 od dołu: stwierdzenie „(potrzeby tej pracy, parametr zdefiniowano z dokładnością do stałej)” jest niezrozumiałe – poprawić.

Strona 45 linia 7 od dołu: zamienić „zmniejsza rozrzut” na „redukuje zmienność”

Strona 45 linia 6 od dołu: zamienić „zachowanie się” na „cechy populacji zmierzonych strumieni”

Strona 45 linia 5-1 od dołu: jak określono istotność statystyczna opisanych trendów

Strona 45 linia 4 od dołu: zamienić „wiatrowe” na „wiatrowe dla Bałtyku”

Strona 48 linia 1 od góry: zamienić „emisji” na „wymiany netto”

Strona 48 linia 8 od góry: zamienić „klarowne” na „statystycznie jednoznaczne”

Strona 48 linia 14 od góry: zamienić „Informują one” na „Na ich podstawie możemy lepiej poznać fizykę zjawiska”

Strona 53 linia 2-1 od dołu: zamienić „prędkość wiatru” na „parametr zmienności wiatru”

Strona 56 Rysunek 4.14 jaka jest istotność statystyczna określonych zależności

Strona 59 linia 3 od dołu: zamienić „węższe kolumny” na „mniejsze zakresy” lub „mniejsze podzakresy”

Strona 60 linia 9-10 - dodać informacje, że na oceanie ten prędkość wiatru zdaje się nie mieć wpływu na zakresy emitowanego aerozolu.

Strona 60 linia 4-1 od dołu Reżimy emisji aerozolu dla wzrastającego i słabnącego wiatru powinny być porównane dla tych samych klas prędkości wiatru U (dot rys 4.11)

Strona 67 tabela 7 – podać istotność uzyskanych parametrów

Strona 68 Rysunek 5.2 – dodać miarę dopasowania np. RMSE

Strona 72 linia 1 od dołu: zamienić „zestawić” na „porównać”.



#### PODSUMOWANIE

W mojej ocenie przedawniona praca doktorska charakteryzuje się wysokim poziomem merytorycznym a cel badawczy tej pracy został osiągnięty. Mgr Markuszewski wykazał się bardzo dobrą znajomością badanych procesów transportu aerozolu morskiego a zaprezentowane w dysertacji pomiary oraz umiejętna analiza danych potwierdza, także jego umiejętności badawcze. Umiejętny opis oraz analiza uzyskanych wyników, a także ich omówienie w kontekście prac innych naukowców stanowi przykład dobrze wykonanej pracy. Przedstawione przez autora, w dysertacji, opis dynamiki oraz parametryzacja procesów transportu cząstek zawieszonych nad powierzchnia morzą mogą być z powodzeniem opublikowane w czasopismach naukowych o międzynarodowym zasięgu. Będzie to stanowić wartościowy wkład w wiedzę na temat aerozoli morskich.

Z uwagi na powyższe stwierdzam, że praca doktorska mgra Piotra Markuszewskiego spełnia wymogi Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „*O stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” (Dz. U. nr 65 z 2003 r, poz. 595) z późniejszymi zmianami (Dz. U. Nr 164, poz. 1365 z 27 lipca 2005 oraz Dz. U. Nr 253, poz. 2125 z 27 lipca 2005 r, Dz. U. 2011 nr 84 poz. 455 z 21 kwietnia 2011) i przedkładam wniosek Wysockiej Radzie Naukowej Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie o dopuszczenie Go do publicznej obrony pracy.



Dr hab. Bogdan H. Chojnicki, prof. nadzw. UPP