

Prof. dr hab. Szymon Malinowski,  
Instytut Geofizyki UW  
ul. Pasteura 5  
02-093 Warszawa  
tel. 22 55 32 042  
e-mail malina@fuw.edu.pl

Warszawa 11 maja 2018

Recenzja rozprawy doktorskiej  
Pana mgr. Piotra Markuszewskiego  
zatytułowanej:

**“Strumienie aerozolu morskiego w przywodnej warstwie atmosfery w rejonach południowego Bałtyku oraz europejskiej części Arktyki”**

Rozprawa doktorska mgr. Piotra Markuszewskiego, zatytułowana “Strumienie aerozolu morskiego w przywodnej warstwie atmosfery w rejonach południowego Bałtyku oraz europejskiej części Arktyki”, napisana pod opieką dr hab. Tomasza Petelskiego, prof. IO PAN liczy 85 stron druku. Podzielona jest na 6 rozdziałów uzupełnionych spisami rysunków, tabel oraz bogatą, liczącą 183 pozycje, bibliografią.

Oddziaływanie między oceanem a atmosferą, wymiana pędu, ciepła, wody, a także i innych wielkości (w tym aerozoli) to cały czas obszar wiedzy daleki od gruntownego poznania, będący ważnym tematem badań współczesnej oceanologii i fizyki atmosfery. Szczególne znaczenie dla lepszego zrozumienia procesów wymiany mają dane pochodzące z pomiarów bezpośrednich, zebrane w różnych warunkach i lokalizacjach. Tematyka rozprawy wpisuje się w ten nurt badań, a jej przedmiotem jest analiza danych o strumieniach aerozoli emitowanych z powierzchni morza do atmosfery uzyskanych podczas pomiarów metodą gradientową na statku badawczym s/y Oceania w latach 2009-2017. Autor stawia niepozobawioną podstaw fizycznych tezę, że wiek fali ma znaczący wpływ na emisję i powinien być uwzględniany w parametryzacjach tego procesu. W efekcie przeprowadzonych analiz sam, na podstawie uzyskanych wyników, proponuje taką parametryzację.

Wyniki otrzymane w ramach pracy nad rozprawą są oryginalne i wartościowe. W razie dalszego rozwoju badań, o którym autor wspomina w podsumowaniu rozprawy, mają szansę doprowadzić do modyfikacji opisu emisji aerozolu w modelach lokalnych i globalnych. Jest to ważny przyczynek naukowy do wiedzy o aerozolu atmosferycznym i może być uznany za podstawę nadania stopnia naukowego doktora.

## Opis rozprawy

Rozprawa mgr. Piotra Markuszewskiego jest krótka i zwięzła. Po zwięzłym streszczeniu (oraz streszczeniu w języku angielskim) i krótkim trójstronicowym wstępie gdzie autor szczegółowo przedstawia wykonane zadania badawcze, w rozdziale nr 2, autor na kilkunastu stronach nakreśla zarys stanu wiedzy na temat aerozolu nad powierzchnią mórza oraz dynamiki przywodnej warstwy atmosfery. Bardzo dużo tu odwołań do literatury, dosyć ogólnych i wybiórczych oraz skrótów myślowych i niedomówień. Na przykład w sekcji 2.2.2, gdzie autor omawia przywodną warstwę atmosfery brakuje wielu kluczowych informacji, na przykład o tym że strumienie ciepła są na ogół istotnie niższe niż nad lądem, dzięki czemu stratyfikacja jest często niewiele odbiega od neutralnej, że cykl dobowy ma mniejsze niż nad lądem znaczenie. Definiując turbulentne strumienie pędu, ciepła i wilgotności, Autor wprowadza pojęcia „średniej statystycznej”, nie wspominając nic o kluczowych założeniach uśredniania Reynoldsa. Dalej podaje w cudzysłowie założenia teorii Monina-Obuchowa, nie podając skąd pochodzi cytaty. Równanie 2.6 wprowadzono za pracami Rugglesa i Tennekesa, nie wspominając że pochodzi ono oryginalnie od von Karmana (jego imieniem nazwano stałą wprowadzona wcześniej przez doktoranta w równaniu 2.4 bez odwołania do właściwego źródła).

W kolejnej sekcji 2.2.3 także można znaleźć sporo nieścisłości i niedomówień. W drugim i trzecim zdaniu autor pisze zamiennie o transporcie masy i aerozolu, co jest błędem. Rozdziela dyfuzję turbulentną od sedimentacji grawitacyjnej, co także nie jest do końca poprawne jeśli idzie o dynamikę bezwładnych ciężkich cząstek (aerozolu i kropeł) w przepływie turbulentnym. Dalej zdecydowanie brakuje dyskusji czasu uśredniania ( $\frac{1}{2}$  h). Rzeczywiście, taka wartość jest często przyjmowana w pomiarach, ale jej wybór, przynajmniej nad lądem, nie wynika ze spełnienia warunku ergodyczności (tu uśrednianie powinno być znacznie dłuższe) a z wielu innych powodów, w tym charakterystycznych okresów zmienności w czasie warunków atmosferycznych w cyklu dobowym, co nad morzem ma mniejsze znaczenie. Problem możliwej niejednorodności horyzontalnej też potraktowano pobieżnie, a szkoda bo wydaje się że gdyby kwestie jednorodności, stacjonarności i uśredniania potraktowano poważniej, można by zebrane dane scharakteryzować lepiej niż udało się to w rozprawie.

Podsumowując rozdział 2 rozprawy należy powiedzieć, że autor przedstawił podstawowe zależności używane w analizie danych pomiarowych, zabrakło w nim jednak pogłębionej analizy fizycznej badanych procesów transportu.

Rozdział 3 rozprawy też pozostawia sporo do życzenia. Jest napisany tak, jakby wiedza o pomiarach aerozolu prowadzonych na statku „Oceania” była powszechnie znana. Brak choćby szkicu aparatury i miejsca jej usytuowania, szczegółów działania. Ten ostatni element jest istotny, bo bez niego trudno ocenić przedstawioną analizę błędów. Np. dyskutowana jest sprawa

nieizokinetyczności przepływu i sugeruje się, że wymuszenie w detektorze przepływu 32 m/s jest dostatecznym rozwiązaniem. Tymczasem prędkość zasysania znacznie przekraczającą prędkość przepływu średniego też może powodować błędy.

Rozdziały 4 i 5 to najważniejsza część dysertacji, w której doktorant przedstawia wyniki pomiarów i nową parametryzację mieszania. To najbardziej wartościowa część pracy która zawiera ważne naukowo elementy. W rozdziale 4.1.1 podzielono zmierzone strumienie aerozolu na klasy ze względu na prędkość wiatru. Szkoda, że nie przedyskutowano szerzej i uzasadniono wartości granicznych prędkości wiatru oddzielających klasy, jednak wyniki przedstawione na rysunku 4.2 dokumentują, że zaproponowany podział ma sens. Zastanawiają przedstawione na nim a nieskomentowane minima dla cząstek ok 1 $\mu$ m i ok. 10  $\mu$ m, szczególnie dobrze widoczne dla klasy najsilniejszego wiatru.

W dalszych sekcjach analizowano zależność strumienia od wysokości i okresu fali a także parametru stabilności atmosfery. Pokazano, że ten ostatni odgrywa pewną rolę i dalsze analizy ograniczono dla sytuacji o stabilności neutralnej.

Kolejna analiza wiąże się wprost z główną tezą pracy: badane są strumienie w zależności od wieku fali. Znowy zabrakło w niej uzasadnienia dla takiego a nie innego podziału na klasy, jednak zarówno na Bałtyku jak i na Atlantyku zaobserwowano postulowaną zależność (rys. 4.8 i 4.9). Wydaje się, że wniosek o tym że falowanie niezbyt młode i niezbyt stare wiąże się z największymi strumieniami aerozolu jest uzasadniony, choć dla pełnego poparcia tezy brakuje danych dla młodych fal na Atlantyku. Brak ten z eksperymentalnego punktu widzenia jest usprawiedliwiony: trudno napotkać takie warunki i w wieloletnich seriach pomiarowych badanych w pracy nie było dostatecznej liczby odpowiednich pomiarów.

W dalszej sekcji przeprowadzono analizę emisji aerozolu od zmienności wiatru (wzmaganie się lub słabnięcia). Wyniki pokazują wyraźnie, że większe strumienie emisji obserwuje się przy wzrastającej prędkości wiatru.

Kolejne sekcje to analiza turbulencji atmosferycznej w warstwie przywodnej i wpływu rozwoju (wieku) falowania na prędkość tarcia. Pokazano, że na pewnym etapie rozwoju pola fal występuje maksimum prędkości tarcia, co ma pewien, trudny do określenia wpływ na całkowite strumienie aerozolu.

Na koniec rozdziału zbadano dopasowania zmierzonych rozkładów aerozoli do wyidealizowanego trójmodowego rozkładu log-normalnego i pokazano, że parametry dopasowania zależą od klasy wiatrowej, wieku fali i reżimu (nasilania i słabnięcia). Parametry dopasowań zebrano w tabelach, co pozwala na ich podstawie wykonać parametryzację strumieni cząstek aerozolu zależnie od rozpatrywanych wielkości.

W rozdziale 5 zebrano wyniki wcześniejszych analiz i wyznaczono dwie funkcje

trójmodalne rozkładu emisji dla młodych fal i rosnącej prędkości wiatru oraz dla fal starych i malejącej prędkości wiatru. W podsumowującej pracy rycinie 5.3 pokazano, że całkowite strumienie aerozolu wyznaczone dla młodych fal rosnących są większe niż w dotychczasowych parametryzacjach, a dla starych fal są mniejsze o jeden rząd wielkości niż dla młodych. To ważny wynik, który uzasadnia wystąpienie o nadanie stopnia doktora.

Rozdział 6 to krótkie podsumowanie wyników, po czym następuje spis literatury, rysunków i tabel.

### **Uwagi szczegółowe**

p. 7 – „tarciowość wiatru” co to jest?

p. 14 - „natura zjawisk turbulentnego transportu w przywodnej warstwie atmosfery jest niezmienna” - niestety, nie rozumiem...

p. 22 – co to jest średnia statystyczna?

Wzór 2.6 - dlaczego odsyłacz do prac z lat 70-tych nie oryginalnie von Karmana... O stałej von Karmana nawet nie wspomniano...

p. 25 „uśrednianie fluktuacji po czasie pomiaru (0,5h) co jest uzasadnione założeniem ergodyczności parametrów”... a dlaczego nie 1h albo 15 min? Ten element powinien być bardzo szczegółowo omówiony. Tak naprawdę sposób uśredniania to bardzo ważna sprawa, krytycznie ważna dla wyników ...

p.57 bardzo ciekawe wykresy, jednak dyskusji prawie nie ma. Czy wiek fali wpływa na parametr szorstkości?

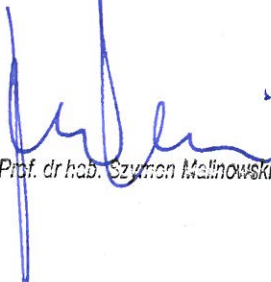
Rysunki są czytelne, ale brak poziomych i pionowych linii odniesienia (są obecne jedynie na rysunkach 5.1 i 5.2 ) bardzo utrudnia ich interpretację, szczególnie dotyczy to rozkładów o osiach logarytmicznych (i w dwóch współrzędnych, np. 4.4 jak i w jednej, no. 4.5).

### **Ocena dysertacji**

Rozprawa zawiera wszystkie niezbędne do oceny elementy, ale jej lektura pozostawia u recenzenta wyraźny niedosyt. Jej styl przypomina raczej artykuł naukowy, kolejny w serii, a nie całościowe ujęcie problemu. Razi skrótość i brak dokładnego opisu zarówno systemu pomiarowego, jak niektórych aspektów analizy wyników, co dokładniej opisałem wyżej. Jeśli autor chciał zachować zwięzłość głównej części rozprawy, można by brakujące elementy zamieścić w dodatkach. Choć uzyskany wynik jest ważny i ciekawy naukowo, to sposób jego prezentacji i brak szerszej dyskusji znacznie obniża moją ocenę rozprawy, która osiąga poziom jedynie dostateczny.

## **Rekomendacja**

Mimo bardzo licznych przedstawionych wyżej zastrzeżeń i uwag krytycznych rozprawę doktorską mgr Piotra Markuszewskiego oceniam jako zadowalającą. W ocenie recenzenta w stopniu wystarczającym spełnione zostały ustawowe i zwyczajowe wymogi stawiane przed rozprawą doktorską. Doktorant naszkicował tło naukowe swoich badań, przeprowadził analizy które doprowadziły do uzyskania ważnego naukowego wyniku. W konkluzji recenzji wnoszę o dopuszczenie mgr Piotra Markuszewskiego do dalszej części przewodu doktorskiego, licząc na to że podczas obrony rozprawy doktorant wnikliwie i szeroko ustosunkuje się do krytycznych stwierdzeń zawartych w recenzji.



Prof. dr hab. Szymon Malinowski

