

Gdańsk, 25 marca 2022 r.

Prof. dr hab. Jacek Piskozub
Instytut Oceanologii PAN
ul. Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot
email: piskozub@iopan.gda.pl

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Jakuba L. Nowaka

pt.: „Turbulence properties in coupled and decoupled
stratocumulus-topped marine boundary layers”

Turbulencja jest jednym z najtrudniejszych problemów fizyki, a chmury jednym z najmniej zrozumiałych teoretycznie elementów systemu klimatu Ziemi. Dlatego należy podziwiać śmiałości, którzy rzucają się na oba te problemy równocześnie jak autor ocenianej pracy.

Mgr Jakub Nowak w swojej dysertacji zajął się eksperymentalnymi badaniami turbulencji (oraz strumieni ciepła i aerozolu) w morskich stratocumulusach, a dokładniej w „warstwie granicznej zwieńczonej stratocumulusem”. Korzystał z pomiarów wykonanych głównie przez siebie podczas międzynarodowego eksperymentu ACORES w lipcu 2017 w pobliżu Graciosa na Azorach. W rozprawie wykorzystał swój materiał autorski z dwóch już opublikowanych artykułów naukowych opisujących wyniki eksperymentu, w tym jednego, w którym był pierwszym autorem (drugi był całościowym opisem wyników eksperymentu, w którym pierwszym autorem był jego kierownik, Holger Siebert). Udział doktoranta w pomiarach i opracowaniu danych został precyzyjnie opisany w podrozdziale Statement of Originality.

Wykorzystanie w pracy materiału z dwóch artykułów wymusiło, jak zwykle w takich wypadkach, nieco nietradycyjną formę pracy gdzie np. elementy teorii występują w rozdziałach poświęconych pomiarom oraz zdarzają się pewne powtórzenia. Nie przeszkadza to jednak w percepcji dzieła, zatem nie widzę w tym problemu. Chciałbym jednak w tym miejscu stwierdzić, że ogólnie praca napisana jest niezwykle dobrze stylistycznie i językowo. Czyta się ją naprawdę z przyjemnością, co niestety nie jest normą w przypadku pracy doktorskich. Językowo nie zawiera ona żadnych błędów jakie bym zauważył, chociaż niektóre sformułowania są może zbyt kolokwialne jak na mój gust (np. coś się zmieniło „a bit” zamiast „slightly”, a wartości „raised” albo „falled” zamiast „increased” czy „decreased”). Ładniej by chyba też było gdyby czasem zamiast „the high” (prawidłowe tłumaczenie słowa „wyż”), użyć częściej stosowanego synonimu „anticyclone”. Ze względu na moją afiliację nie mogłem też nie zauważyć drobnych potknięć w terminologii typowo oceanograficznej jak „eastern oceans” zamiast „eastern ocean basins” (w sensie wschodnich akwenów oceanicznych). Są to jednak incydentalne wyjątki w ogólnie świetnie napisanym tekście angielskim. Może jedynie przeszkadzać używanie bardzo dużej liczby skrótów (wyjaśnionych prawidłowo przy pierwszym użyciu oraz wyliczonych na końcu pracy), jednak nie dziwię się, że autor nie miał ochoty pisać np. „stratocumulus topped boundary layer” po kilka razy na każdej stronie.

Właściwa praca zaczyna się od rozdziału Wstęp (tłumacząc nazwy rozdziałów na polski), który jest zasadniczo częścią teoretyczną i przeglądem literatury. Dodam, że bardzo dobrym przeglądem i ogólnie jest to chyba najlepszy rozdział tego typu jaki widziałem w kilkunastu doktoratach jakie recenzowałem, lub byłem ich promotorem. Kolejne dwa rozdziały opisują poprawnie odpowiednio przeprowadzone pomiary i ich metodologię. Wyniki opisane są w trzech rozdziałach „Stratyfikacja”, „Turbulencja” i „Aerozole” (jak już wspomniałem układ pracy jest nieco nietradycyjny), a pracę zwieńcza Podsumowanie i Dyskusja - przy czym dyskusja w tym miejscu jest też nieklasycznym rozwiązaniem, ale także nie przeszkadzającym w czytaniu. Wręcz odwrotnie.

Nie będę tu streszczał pracy, podpierając się w tym opinią prof. Grzegorza Wegrzyna, przewodniczącego RDN z niedawnego wywiadu dla Forum Akademickiego: „Dobra recenzja to ocena pracy i dorobku naukowca, a nie streszczenia i opisy”. Przystąpię od razu do wymienienia silnych stron pracy, a następnie zauważonych przeze mnie elementów dyskusyjnych (do których mam nadzieję doktorant odniesie się na obronie, być może nawet przekonując mnie, że się czepiam niesłusznie).

Przeprowadzone przez doktoranta badania są niewątpliwie nowatorskie, gdyż projekt ACORES jest jednym z niewielu badających tak kompleksowo morskie stratocumulusy i warstwę graniczną pod nimi. Nie jest to oczywiście wyłącznie zasługa doktoranta, ale wykorzystał bardzo dobrze okazję do zebranie bezcennego zestawu danych, które prezentuje w ocenianej pracy. Dokonał też bardzo kompleksowej analizy tych danych i co należy wspomnieć znalazł sposoby na obejście bardzo poważnego problemu, a mianowicie braku wiarygodnych danych o jednej składowej wiatru poziomego. Co to oznacza dla badania turbulencji można sobie wyobrazić jeśli się ma w mózgu wyryte $\langle u'v' \rangle$ zaraz koło słowa turbulencja. A jednak dane dało się wykorzystać i dość szybko opublikować w dwóch artykułach w BAMS oraz Atmospheric Chemistry and Physics, czasopismach, których prestiżu nie da się zaprzeczyć. Jest to może krótka lista zasług ale ile się za tym kryje wie każdy kto robił doktorat, a może nawet bardziej jeśli sam był promotorem. W tym wypadku wszystkie elementy (nowatorskie badania, nowoczesna metodologia, prawidłowa analiza i wręcz wzorowe opisanie wyników) są na bardzo wysokim poziomie, nie tylko w polskiej, ale również w międzynarodowej skali.

Jednak recenzent zawsze znajdzie kilka sposobów aby do miodu dodać nieco dziegciu (cokolwiek to jest). Przejdę zatem, do wymienienia kwestii, co do których chciałbym usłyszeć wyjaśnienia doktoranta. Jak wspominałem nie zawsze oznacza to błąd w pracy. Czasami po prostu fragment opisu lub wywód logiczny nie jest do końca jasny dla recenzenta. Zaznaczę przy tym, że chodzi tu o drobne kwestie, nie wpływające na główne konkluzje pracy. Uwagi ponumeruję dla łatwiejszego odpowiadania na nie.

1) Moje pierwsze pytanie dotyczy wpływu obecności helikoptera na mierzone wielkości. Dotyczy ono dwóch różnych możliwych źródeł błędu:

a) Efekt samozacieniania, bliski mi bo zajmowałem się nim w przypadku pomiarów optycznych w toni morskiej. Czy oceniono jaki wpływ na mierzone wartości strumieni radiacyjnych miała obecność helikoptera 20 m nad zestawem do pomiarów optycznych. Dotyczy to nie tylko bezpośredniego cienia helikoptera na zestawie pomiarowym (czego zapewne unikano), ale także jego cienia na powierzchni chmur (błąd dla strumienia oddolnego) i zasłaniania przez helikopter części nieba (strumień odgórny).

b) Wpływ strumienia powietrza wywołanego przez rotor helikoptera na warstwy powietrza pod nim. Jest to zapewne coś co nie dawało spać autorom eksperymentu i zapewne dlatego pomiary termodynamiczne przeprowadzano 150 m niżej (w treści pracy nie jest jasne czy jest to odległość

od helikoptera czy od zestawu optycznego). Czy jednak przeprowadzono jakąś analizę czy te 150 (lub 170) metrów wystarcza aby warstwy poniżej były niezaburzone, szczególnie podczas profilowania pionowego?

2) Kwestia strumieni turbulentnych ciepła utajonego i aerozolu

a) Jak może strumień ciepła utajonego spadać z wysokością przy prawie niezmienniej wilgotności właściwej (specific humidity)? [Rysunki 4.1 i 5.2]. I w ogóle w jaki sposób niezerowy strumień jest możliwy przy braku pionowego gradientu danej wartości (w tym wypadku wilgotności specyficznej)? Strumienie turbulentne wymagają przecież gradientu pionowego transportowanej wartości dla zaistnienia.

b) Podobne pytanie dotyczy aerozolu. Jeśli zgadzamy się, że przynajmniej mod akumulacyjny cząstek aerozolu jest generowany na powierzchni morza, a „konsumowany” (scavenged) w chmurze powyżej, to musimy sobie zdawać sprawę tego typu strumień pionowy w turbulentnej warstwie granicznej jest niemożliwy bez wystąpienia gradientu pionowego koncentracji cząstek. Nawiasem mówiąc ocena „na oko” kształtu przedstawionych na Rys. 6.1i rozkładów rozmiarów zdaje się wskazywać, że dla cząstek powyżej 100 nm (mod akumulacyjny) występuje pionowy gradient, jednak jest on niewidoczny w zbiorczych danych o koncentracji aerozolu. Czy nie dało się oddzielić danych dla modu Aitkena i akumulacyjnego?

3) Autor nie nazywa nigdy strumieni występujących w warstwie granicznej (boundary layer) turbulentnymi, a przecież takimi one są (z poprawką na prędkość depozycji w przypadku większych cząstek aerozolu lub kropelek). Rysunek 7.1, bardzo zresztą ładny, pochodzący z pracy Nowak i inni (2021) dowodzi moim zdaniem, że rozumiem turbulencję inaczej niż autor. Na rysunku występuje podział na „kaskadę wirów turbulentnych” (turbulence eddy cascade) i na ogólną cyrkulację („primary circulation”) warstwy granicznej. Ale czyż cała warstwa graniczna, praktycznie z definicji nie jest warstwą wirów turbulentnych wywołanych tarciem o powierzchnię i siłami wyporności? Wydaje mi się, że doktorant nie zalicza „large turbulent eddies” do turbulencji, skupiając się jedynie na wirach o rozmiarze poniżej ok. 100 m. Jeśli się mylę to proszę mnie poprawić. Jest to pytanie prawie filozoficzne ale nie do końca bo nie należy zapominać, że właśnie turbulencja jest powodem istnienia warstwy granicznej.

4) Jeśli mowa o rysunkach to nie mogę nie skomentować rysunku 1.30, wprawdzie pochodzącego z pracy Zheng i inni (2018a), ale i tak moim zdaniem niego źle opisanego zarówno w oryginale jak i w ocenianej pracy. Kolor czerwony jest na nim opisany jako „Deduced entrainment from FT”, czyli prawdopodobnie residuum przypisywane przenikaniu cząstek aerozolu ze swobodnej troposfery. Jednak dla dużych cząstek („Large accumulation”) kolor ten występuje nie po stronie źródeł ale ubytków (sink) i logika wskazuje, że są to cząstki, które opadły na powierzchnię morza, co nie jest nijak opisane ani w artykule źródłowym ani w dysertacji. Prosiłbym o komentarz w tej kwestii.

5) Zauważyłem różnicę w opisie pionowych gradientów temperatury (lapse rate) w części teoretycznej i w prezentowanych wynikach. Na stronie 6 opisano, że ich typowa struktura to (pomijając symbole) „dry adiabatic lapse rate below the cloud and moist adiabatic [lapse rate] inside the cloud” (gradient suchoadiabatyczny pod chmurą i wilgotnoadiabatyczny w chmurze). Tymczasem prezentowane wyniki pokazują, że gradient wilgotnoadiabatyczny występuje ponad chmurą, a wewnątrz niej następuje wzrost temperatury z wysokością (inwersja). Czy mamy tu do czynienia z problemami pomiarowymi w chmurze, nowym odkryciem czy z nieprecyzyjnym opisem w części teoretycznej?

6) Na koniec mam drobne uwagi w kwestii opisanych w pracy wiatrów. Autor zazwyczaj podaje kierunek wiatru w sposób jaki oceanografowie podają kierunki prądów (np. northward zamiast

southerly). Nie zawsze ale nie jest to błędem jeśli w każdym przypadku używa się właściwej terminologii, jak w tym wypadku (choć dziwi brak konsekwencji). Natomiast mam dwa drobne pytania:

a) Czy określenia („eastward and northward”) na dole strony 6 dotyczą kierunków dla jakich wartości są dodatnie? Jeśli tak to należało to napisać wyraźniej, bo zdanie wydaje się wskazywać, że są one takie generalnie (co nie jest w ogólności prawdą).

b) Na stronie 50 pada stwierdzenie, że ze względu na pozycję centrum wyżu w stosunku do miejsca pomiarów występowały „gentle northerly geostrophic winds”. Mam nadzieję, że jest to jedynie skrót myślowy gdyż wiatr geostroficzny jest jedynie idealizacją. Jest on zawsze równoległy do izobar, podczas gdy rzeczywisty, mierzalny wiatr w wyniku procesów nieuwzględnionych przy wyliczaniu geostroficznego (głównie tarcia) ma kierunek zwykle ok. 30 stopni od niego odchylony (z kierunku wyższego ciśnienia). Wiem to nie tylko teoretycznie, ale z własnego doświadczenia, wygrywając kiedyś podczas polarnego rejsu codziennie zakłady o jutrzejszy kierunek wiatru z prawdziwym synoptykiem IMGW, który z jakichś względów przewidywał zawsze... wiatr geostroficzny. Na mapce z Rys. 2.5 przewidywałam właśnie wiatr północny do północno-zachodniego. Napisałam to przed sprawdzeniem, że rzeczywisty kierunek wiatru tego dnia (str. 73) to NNW.

Przechodząc do podsumowania chciałem wypowiedzieć się na temat jak oceniam wyniki badań doktoranta, opublikowane w dwóch artykułach i przedstawione w ocenianej pracy doktorskiej. Potwierdzają one wiele z wcześniej opublikowanych obserwacji, różniąc się jednak od nich w wielu szczegółach. Nie jest to dziwne, zważywszy, że w ramach opisanych w dysertacji badań zebrano jeden z niewielu jak dotąd tego typu zbiorów danych dla warstwy brzegowej zwieńczonej stratocumulusem. Niestety, jak zwykle w wypadku tego typu drogich i skomplikowanych badań, zebrany materiał sam w sobie jest zbyt ubogi by wyciągać z niego istotnie statystycznie wnioski, jednak pozwala on na wnioski typu jakościowego i przede wszystkim zwiększa naszą ogólną pulę wiedzy o opisywanych procesach. Podsumuję zatem moją ocenę stwierdzeniem, że doktorant w znaczący sposób zwiększył wiedzę o fizyce warstwy przejściowej zwieńczonej stratocumulusem, biorąc udział w pionierskich badaniach międzynarodowych i umiejętnie opracowując uzyskane dane mimo nieprzewidzianych trudności aparaturowych, a następnie opracowując i opisując wyniki wręcz wzorcowo.

To stwierdziwszy, mogę przejść do oficjalnej konkluzji:

Rozprawa przedstawiona do recenzji spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w świetle obowiązujących przepisów. Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Wnoszę również o wyróżnienie rozprawy. Jako uzasadnienie proponuję podkreślony fragment akapitu powyżej.

Na zakończenie chciałbym życzyć mgr Jakubowi Nowakowi dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

Z poważaniem