

Warszawa, 11 marca 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Lech Łobocki
Polnej Róży 6 m 13
02-798 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Jakuba L. Nowaka
nt. „Coupled and decoupled stratocumulus-topped boundary layers: turbulence properties”

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego z dn. 19 stycznia (BRN-XII/531/11/2022), w sprawie powierzenia wykonania recenzji.

2. Struktura rozprawy

Przedstawiona w języku angielskim rozprawa zawiera 7 rozdziałów, streszczenie w dwóch językach, oświadczenie autorskie, dodatek dotyczący błędów próbkowania, spisy skrótów i symboli oraz bibliografię, łącznie 148 stron.

Rozdział 1 – 40-stronicowy wstęp – prezentuje ogólną charakterystykę chmur rodzaju *Stratocumulus* (*Sc*), granicznej warstwy atmosfery nakrytej chmurą *Sc*, problematykę rozsprzęgnięcia warstw, oraz charakterystykę warunków meteorologicznych we wschodniej części Atlantyku Północnego. Rozdział 2 zawiera opis kampanii pomiarowej ACORES, informacje o oprzyrządowaniu i realizacji pomiarów, warunkach synoptycznych i wyborze wyników do analizy. Kolejne rozdziały skupiają się już na analizie wyników, stanowiącej merytoryczny rdzeń rozprawy. W rozdziale 3 opisano zastosowane metody analizy, obejmujące stratyfikację, charakterystyki turbulencji i własności aerozolu; kolejne trzy rozdziały poświęcone są odrębnie tym trzem elementom. Rozdział 7 zawiera wnioski i podsumowanie pracy. Tekst rozprawy zamyka spis stosowanych skrótów nazw oraz bibliografia, licząca ogółem 129 pozycji, z których znakomitą większość stanowią artykuły opublikowane w czasopismach naukowych.

3. Uwagi wstępne

Przedłożony tekst rozprawy zawiera – co zostało jawnie wskazane przez Autora – poszerzoną analizę wyników, opublikowanych w artykule o takim samym tytule (doi: 10.5194/acp-21-0965-2021), autorstwa Jakuba L. Nowaka, Holgera Sieberta, Kai-Erika Szodry’ego i Szymona Malinowskiego, w r. 2021, w czasopiśmie *Atmospheric Chemistry and Physics*. Zgodnie z informacją podaną w tej publikacji, samodzielnym wkładem mgr Jakuba Nowaka w to dzieło było zaprojektowanie metody analizy i wykonanie głównej części analiz turbulencji drobnoskalowej – gdzie skoncentrowały się elementy nowości naukowej (dyssypacja kinetycznej energii turbulencji, skalowanie przedziału inercyjnego, anizotropia i określenie skal przestrzennych). Zatem, oceniając tekst rozprawy w aspekcie oryginalności rozwiązania problemu naukowego, należy bezspornie przypisać te elementy Autorowi rozprawy. Należy także wskazać istotne poszerzenie zakresu tych badań o przedstawioną w rozprawie analizę struktury aerozolu.

4. Dorobek naukowy Doktoranta

Załączony do życiorysu naukowego Doktoranta wykaz publikacji, obejmujący 7 artykułów w wiodących czasopismach naukowych, w tym 3, w których mgr Jakub Nowak jest pierwszym autorem oraz liczne (26) prezentacje konferencyjne. Na uwagę zasługuje także 10-miesięczny staż badawczy w Leibniz Institute for Tropospheric Research, uczestnictwo w kilkunastu szkołach letnich, warsztatach i kursach, prowadzenie zajęć dydaktycznych (211 godzin w 3 przedmiotach) oraz aktywność popularyzatorska.

5. Temat rozprawy i główne osiągnięcia naukowe

Rozprawa przedstawia analizę dwóch przypadków rozwoju granicznej warstwy atmosfery nakrytej chmurą *Stratocumulus*: sytuacji, w której zachowane zostało sprzężenie między transportem pary wodnej z nad powierzchnię oceanu, a rozwojem chmury, oraz sytuacji, w której doszło do przerwania owego sprzężenia. Autor dokonał tu szczegółowego porównania własności termodynamicznych, struktury turbulencji i struktury aerozolu w obu tych przypadkach.

Jakkolwiek rozwój granicznej warstwy atmosfery nakrytej chmurą *Stratocumulus* był już przedmiotem dość licznych badań polowych i studiów numerycznych, a przedstawione wyniki są w dużej mierze zgodne z wcześniejszymi obserwacjami, uwagę zwracają elementy, które nie były dotychczas prezentowane w literaturze naukowej, w kontekście omawianego sprzężenia: dyssypacja kinetycznej energii turbulencji, skalowanie przedziału inercyjnego, anizotropia i określenie skal przestrzennych. W rozprawie przedstawiono wyniki, dające wyobrażenie o wartościach i zmienności pionowej owych charakterystyk – co stanowi cenny przyczynek do obecnego stanu wiedzy światowej.

6. Uwagi krytyczne

Lektura tekstu rozprawy nasunęła mi dwie wątpliwości, które chciałbym pozostawić Doktorantowi do wyjaśnienia w trakcie obrony rozprawy. Mianowicie, zastosowane metody określania wydajności dyssypacji (rozdział 3.2.3) oparte są na teorii lokalnie izotropowej turbulencji - co może ograniczać zasadność ich stosowania. W dalszym toku analiz (rozdział 5.4), wartości te służą wyciągnięciu wniosków odnośnie izotropowości – czy zatem nie mamy tu do czynienia z możliwością zaistnienia tautologii? Przy tym, widoczne są różnice w wartościach współczynników izotropii określonych jako stosunek wariancji składowych prędkości i jako stosunek wydajności dyssypacji określonych metodami analizy funkcji strukturalnej i widmowej gęstości mocy. Czy można byłoby w jakiś sposób oszacować wiarygodność tych metod, np. przy użyciu sztucznie wygenerowanych danych?

Druga wątpliwość dotyczy wydajności mechanicznej generacji kinetycznej energii turbulencji (TKE) wskutek ścinania przepływu (wzór 3.10). W tym przypadku, zaniechanie kowariancji $\langle w'v' \rangle$ pociąga za sobą również zaniechanie składowej $\partial v / \partial z$ gradientu prędkości. Autor opisuje w tym miejscu procedurę korekty, polegającej na reprojekcji prędkości wiatru na kierunek lotu helikoptera. Jednak, formuła (3.10) byłaby wystarczająca do określenia wydajności mechanicznej generacji TKE, gdyby została określona w układzie współrzędnych zorientowanym osią X zgodnie z wiatrem. Czy zatem – wobec braku znajomości $\langle w'v' \rangle$ nie byłoby bardziej właściwe użycie pionowego gradientu bezwzględnej wartości prędkości wiatru?

Poza powyższymi pytaniami, komentarza mogą wymagać także analizy pionowych profili turbulencji przedstawionych w rozdziale 5. Problem polega na stosunkowo niewielkiej liczbie pomiarów pochodzących z poziomych fragmentów lotu (po cztery w każdym z obu przypadków),

na podstawie których Autor formułuje dość mocne stwierdzenia dotyczące profili pionowych – w szczególności, razi tu mnie używanie słów „maksimum” czy „minimum” - jak gdyby próbkowanie dawało dostatecznie określony obraz zmienności pionowej. Być może, pożyteczne byłoby tu zsyntetyzowanie wyników pochodzących z większej liczby przelotów, przy zastosowaniu odpowiedniego wyskalowania?

Mam też szereg mniej lub bardziej szczegółowych uwag dotyczących strony redakcyjnej rozprawy, które – być może – okażą się Autorowi pomocne przy pisaniu kolejnych prac:

1) W części wstępnej – jakkolwiek obszernej, dobrze prezentującej obecny stan wiedzy i dokumentującej ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta, nie potrafiłem się doszukać jasnego sprecyzowania pytań badawczych, na które odpowiedzieć miała rozprawa – można je było wprawdzie wywnioskować ze streszczenia, niemniej sformułowania takie powinny znajdować się we wstępie.

2) Brak wyjaśnienia niektórych spośród stosowanych charakterystyk względnie sposobu ich użycia. Dotyczy to wprowadzonych na str. 63-64 współczynników korelacji Pearsona R^{sfc} i R^{psd} – nie podano tutaj jasno, jakie zmienne one wiążą, jak również swobodnego posługiwania się pojęciem wymuszonego poziomu kondensacji (LCL) – w prądach opadających, wznoszących, bądź traktowanego jako funkcja wysokości w rozdziale 4. Na rysunek 3.1 przedstawiona jest funkcja D_w , podczas gdy zamieszczony wcześniej opis dotyczy funkcji D_u . Jakkolwiek można tu domyślać się, w jaki sposób wielkości te były określane, może to być źródłem niejednoznaczności.

3) Kolejność wprowadzania pojęć i omawiania wyników. Autor starał się tu zachować logikę klasycznego układu pracy, niemniej pociąga to za sobą pewne trudności w przyswojeniu treści. Dla przykładu, wymienione w rozdziale 3.1.2 metody detekcji rozsprężenia stają się zrozumiałe dopiero po przeczytaniu odpowiednich fragmentów rozdziału 4 i przeanalizowaniu zamieszczonych tam rysunków. Wydaje się, że lepszym rozwiązaniem byłoby umieszczenie tych fragmentów w jednym miejscu.

4) Jakość reprodukowanych rysunków np. 1.19, 1.21, 1.23 jest bardzo niska, rysunki te są praktycznie nieczytelne. Rysunki 3.1, 3.2, a także umieszczane w rozdziałach 4-6 rysunki o strukturze rys. 4.1 zasługiwałyby na reprodukcję w większym formacie, niewątpliwie łatwiej byłoby wtedy rozróżnić występujące na nich elementy.

5) S. 63 – wzmiankowany jest „algorytm Welcha” - w pracach naukowych obowiązuje stosowanie w takich sytuacjach odsyłaczy, w tym konkretnym przypadku pożyteczne byłoby również przedstawienie idei tej metody

6) S. 65 – stosowane określenia „small” i „large” rodzą natychmiast pytanie – małe lub duże - względem czego?

7) S. 86, rys. 5.2. Z rysunku wynika, że strumień ciepła utajonego zanika poniżej podstawy chmury – może to budzić wątpliwości, czy jest to nadal przypadek sprężgnięcia, w kontekście podanego na s. 16 określenia „cloud is disconnected from the moisture supply from the surface” - ?

8) Mnogość stosowanych skrótów (ponad 70, z których znaczna część nie jest powszechnie stosowana), zmusza czytelnika do częstego zaglądania do zamieszczonego słownika i nie sprzyja przejrzystości pracy. Wydaje się, że w dobie elektronicznych publikacji oszczędność papieru i farby drukarskiej nie jest dostatecznie mocnym argumentem na rzecz tak masowego stosowania skrótów.

7. Merytoryczna ocena rozprawy

Przeprowadzona w pracy analiza stanowi oryginalne i twórcze osiągnięcie Doktoranta. Docenić należy wnikliwość i szczegółowość analizy, wymagającej żmudnej pracy i ukierunkowanie jej w sposób pozwalający na wiarygodne zidentyfikowanie przedstawionych wyników. Wymienione w punkcie 6. uwagi krytyczne nie podważają merytorycznego sensu rozprawy ani jej wartości.

Wyniki pracy mogą być wykorzystane w modelowaniu dynamiki dolnej troposfery, z perspektywą doskonalenia modeli numerycznych prognoz pogody i modeli klimatu.

Za najważniejsze nowatorskie elementy pracy uważam określenie parametrów drobnoskalowej turbulencji – wydajności dyssypacji, miar anizotropii i skal przestrzennych – w odniesieniu do granicznej warstwy atmosfery nakrytej chmurą Stratocumulus, w kontekście sprzężenia z podłożem. Stanowi to oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, które wypełnia istniejącą lukę w wiedzy światowej - co, w opinii recenzenta, stanowi podstawę do wyróżnienia rozprawy.

Tekst rozprawy dowodzi opanowania zarówno ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie, jak też rzetelnego przygotowania warsztatowego i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przetawione powyżej argumenty świadczą o spełnieniu wymogów stawianych rozprawom doktorskim, a wraz z faktem opublikowania głównych jej wyników oraz powiązanych tematycznie artykułów w wiodących czasopiśmie światowych - potwierdzają istotność problematyki badawczej i kształtujący się wkład Doktoranta w światowe zasoby wiedzy. Tekst rozprawy dokumentuje opanowanie przez Autora ogólnej wiedzy teoretycznej z zakresu dyscypliny. Można także z całą pewnością uznać, że prezentowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a tym samym spełnia ustawowe warunki stawiane rozprawom doktorskim oraz wymogi określone przez Senat Uniwersytetu Warszawskiego w uchwale nr 481 z 16 października 2019 r. Pozwala mi to z pełnym przekonaniem wnioskować o przyjęcie przedłożonej rozprawy doktorskiej mgr Jakuba Nowaka oraz o dopuszczenie jej do dalszych czynności w przewodzie doktorskim. Ponieważ wyniki rozprawy wypełniają istotną lukę w obecnym stanie wiedzy światowej, wnioskuję także o jej wyróżnienie.