

Gdańsk, 3 lutego 2025 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 Wojciecha Szkółki

pt.: „Multi-scale interactions in the tropical atmosphere”

Praca doktorska mgr Wojciecha Szkółki jest kolejną, pochodzącą z tej samej grupy badawczej, na temat niezwykle ciekawych i w sumie mało znanych (nie tylko w Polsce) zjawisk meteorologicznych w okolicy równika Ziemi, a w szczególności na jego styku z tzw. Kontynentem Morskim (ang. Maritime Continent), czyli pełnym wysp akwenem, pomiędzy kontynentalną Azją, a Australią. Zjawiska meteorologiczne takie jak Oscylacje Maddena-Juliana, czy równikowe fale Kelvina, nadciągające wzdłuż równika od zachodu, spotykają się z tym wyjątkowym obszarem, o największych na globie temperaturach powierzchni morza, najpierw na Sumatrze. I właśnie ta wyspa jest obiektem badań recenzowanej pracy.

Mówiąc bardziej precyzyjnie, praca doktorska mgr Wojciecha Szkółki wykorzystuje dane z okresu 2001-2019 pochodzące z unikatowego urządzenia badawczego, Równikowego Radaru Atmosferycznego (EAR), dane o opadach z lokalnej stacji i produktu satelitarnego IMERG, dane z sondowań balonowych oraz wyniki reanalizy ERA-5 dla kompleksowego przebadania jak wspomniane już zjawiska Maddena-Juliana, fale Kelvina, a także zjawiska w większej skali (cykl ENSO i kwazi-dwuletnia oscylacja stratosferyczna (QBO) wpływają na lokalne zmiany wiatru i opadów, w tym na ich cykl dobowy. Mocno to musiałem uprościć a i tak zajęło to cały akapit, pokazując ambitny plan badawczy doktoranta.

Wyniki tych analiz zajmują 78 stron, spośród 109 jakie ma praca, jeśli nie liczyć bibliografii, dodatków itp. Dwa rozdziały teoretyczne (o danych i metodologii) to zaledwie 10 stron. Praca ma

klasyczny charakter monografii, chociaż jej tekst jest w dużym stopniu pochodzi z jednego opublikowanego i dwóch gotowych manuskryptów, czego autor oczywiście nie ukrywa. Jest ona dość krótka ale nie mam wrażenia aby czegokolwiek w niej brakowało (jestem przeciwnikiem wstępów teoretycznych z materiałem niepotrzebnym w dalszej części pracy).

Język angielski jakim napisana jest praca jest wręcz wzorowy. Chyba jedyna forma jaka mnie zaskoczyła to użycie *tremendous* (w sensie „bardzo duży”) w tekście naukowym (str. 11). Jednak okazuje się, że nauki medyczne stosują to słowo nawet w tytułach artykułów, więc może i my możemy. Natomiast błędem jest użycie *gravitational waves* na stronie 30 (zamiast *gravity waves*) jako nazwy atmosferycznych fal grawitacyjnych. Określenie to stosowane jest jedynie dla fal czasoprzestrzeni, za odkrycie których kilka lat temu przyznano Nagrodę Nobla. Jednak sądzę, że jest to jednorazowe przejęzyczenie bo gdzie indziej w pracy używana jest zawsze prawidłowa nazwa. W sumie wymieniam te przykłady bo... niczego innego nie znalazłem, a recenzent musi wykazać, że czytał pracę uważnie. Tu trzeba było naprawdę dużej uwagi aby znaleźć jakiegokolwiek potknięcie. Autor wydaje się ogólnie bardzo sprawny w użyciu terminologii fizyki atmosfery i meteorologii, co czasami prowadzi do tworzenia fraz, które w kontekście całego akapitu są poprawne ale wyglądają zaskakująco, jak *mean anomalies* (str. 59), chociaż może trzeba było dodać coś w stylu *for both El Niño and La Niña*. Nieco też mnie razi *vertical shear of the vertical wind component* (str. 53). W tym wypadku bardziej elegancki byłby chyba jednak *vertical gradient*, chociaż wiem, że są w tej kwestii dwie szkoły.

Jedynym błędem redakcyjnym jaki zauważyłem jest odnoszenie się do nieistniejących numerów rysunków¹. Część z tych błędów wynika prawdopodobnie ze zmiany liniowej numeracji rysunków na rozdziałowe (operacja zawsze niebezpieczna przy tekście tej długości). Szczególnie bolesne dla czytelnika jest to w konkluzjach pracy (str. 106), gdzie nawet nie wiadomo w jakim rozdziale należy szukać nieistniejącego rysunku „13e” (moim zdaniem jest to 5.1e z rozdziału 5 ale nie jestem na 100% pewny). Przy okazji rysunków, dodam, że przerzucenie rysunków pochodzących z innych prac do załączników nie wydaje mi się potrzebne, gdyż w pracy doktorskiej, w przeciwieństwie do artykułów w czasopiśmie naukowych, nie trzeba starać się o zgodę na ich umieszczenie w tekście.

1 Na przykład odwołanie się do rysunków od 16 do 21 na stronie 59, rysunków „a3-g3” na str. 84, czy 10 i 11 na stronie 101, czy 13e na stronie 106

Znacznie ważniejsza jest jednak ocena merytoryczna pracy. Procedura obrony pracy doktorskiej sprawia, że wymienianie co dokładnie doktorant osiągnął będzie jedynie powtórzeniem jego autoreferatu. Skupię się zatem głównie na wymienieniu najważniejszych moim zdaniem sukcesów i tych (nielicznych) elementów, które wymagają dyskusji lub wyjaśnień od autora pracy. Wcześniej jednak od razu stwierdzę, że ogólna metodologia pracy i użyte w niej dane są bez zarzutu. Nie mam także wątpliwości, że zadanie „kompleksowego przebadania” wyżej wspomnianych zjawisk mgr Wojciech Szkółka wykonał w pełni. Przy okazji dodam, że praca ta nie ma hipotezy (czy „tezy”), co według niektórych jest poważną wadą. Wydaje mi się jednak, że istnieje kategoria prac, do której należy i recenzowana, gdzie każda hipoteza będzie sztucznym tworem doklejonym do niej już po przeanalizowaniu wyników. Ciągłe jeszcze w nauce są problemy, które należy zbadać, nie wiedząc jakie będą wyniki. W gruncie rzeczy często są to najciekawsze badania.

Wszystkie wyniki pracy wydają mi się użyteczne dla badaczy zjawisk wokółrównikowych w troposferze i dolnej stratosferze. Za najważniejsze odkrycie pracy (nie boję się użyć tego słowa) uważam jednak udokumentowanie istnienia fal Kelvina w dolnej stratosferze (a przynajmniej fal dających się opisać literaturową definicją takich fal), ale poruszających się z prędkością troposferycznych fal Kelvina, które są źródłem ich generacji. Mimo wysiłków, nie udało mi się znaleźć opisu czegoś podobnego w literaturze przedmiotu. Mam nadzieję, że ukaże się artykuł naukowy opisujący to odkrycie.

Drugim najważniejszym nowym wynikiem pracy jest wykazanie, że cyrkulacja stratosferyczna cyklu QBO ma wpływ na wiatry troposferyczne aż do poziomu 250 hPa, a reanalizy (czyli zasadniczo współczesne modele cyrkulacji) nie są w stanie odtworzyć tego zjawiska. Ta obserwacja, podobnie jak podobne wcześniejsze prace o obserwowanych w naturze (ale nie w modelach) powiązaniach stratosfery i troposfery w skali czasowej rzędu miesięcy (np. korelacja prędkości prądu strumieniowego i powierzchniowej cyrkulacji strefowej szerokości umiarkowanych²) powinna stanowić wyzwanie dla twórców kolejnej generacji modeli i dlatego także powinna zostać opublikowana. Wyraźnie brakuje w modelach jakiegoś zjawiska łączącego cyrkulację po obu stronach tropopauzy, a jeśli nawet istnieje (fale Rosby’ego?) to ma stanowczo za małą amplitudę.

2 Blackport R., Fyfe J.C (2022) Climate models fail to capture strengthening wintertime North Atlantic jet and impacts on Europe, Sci. Adv., 8 (45), eabn3112, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abn3112>

Trzecim ciekawym wynikiem jest różnica w profilu pionowej składowej wiatru w danych z radaru oraz reanalizy. Autor pracy tłumaczy to problemami z orografią i typem chmur generowanym w modelu i zapewne jest w tym dużo prawdy. Należy dodać jeszcze jeden powód. Jakakolwiek cyrkulacja pionowa powietrza o rozmiarze mniejszym niż siatka modelu musi z konieczności mieć wartość zerową, gdyż inaczej nie zachowane byłoby równanie ciągłości (inaczej mówiąc nie zachowana byłaby masa). Model wykorzystywany w reanalizie ERA-5 ma siatkę o oku 31 km i to samo w sobie sprawia, że w wypadku pionowej składowej wiatru musi być mało użyteczny na wyspie ze skomplikowaną orografią, takiej jak Sumatra.

W ten sposób łatwo przeszedłem od sukcesów do kwestii dyskusyjnych (co w nauce nie koniecznie oznacza błędnych). Jedną z nich wydaje mi się uwaga na stronach 105/106, a mianowicie iż faza cyklu półdobowego (12-godzinnego) zgadza się z fazą generacji chmur konwekcyjnych, sugerując że efekty pływowe mogą mieć wpływ na zmienność zachmurzenia. Mam pytanie czy ta zgodność nie może być spowodowana po prostu 12-godzinną długością dnia i nocy w tropikach, oraz podobnymi warunkami w okolicach świtu i zmierzchu?

Kolejne pytanie mam, o wartość średnią pionowego gradientu temperatury, podaną na stronie 82. Wynosi ona 5.25K/km i jest moim zdaniem za mała nawet jak na bardzo wilgotną (tropikalną) atmosferę. Czy nie jest to efekt uśredniania grubo poza tropopauzę, jak wynika za Rys. 6.1d (w tekście oczywiście opisanego jako „Fig 1d”)? Chyba tak ale jaki sens ma liczenie średniego gradientu dla troposfery i kawałka stratosfery, czyli obszarów gdzie nawet znak gradientu jest przeciwny?

I w końcu mam pytanie o zakresy niepewności zaznaczone kolorami na Rys. 5.4 i podobnych. Podpis nazywa je *errors in mean calculations* (błędem średniej) ale nie jest to jednoznaczna nazwa? Czy jest to błąd standardowy średniej czy np. jego podwojona wartość, odpowiadająca w przybliżeniu istotności statystycznej na poziomie $p < 0.05$? Pewnie to pierwsze, chociaż wolałbym to drugie. Jednak w każdym przypadku należało to lepiej opisać.

Konkludując, stwierdzam, że wymienione wyżej nieliczne wady pracy (głównie natury redakcyjnej) w żadnym stopniu nie zmieniają mojego wrażenia, że doktorant w pełni wykorzystał dostępne dane dla przeprowadzenia kompleksowej analizy stojącego przed nim problemu naukowego³. Wykazał się przy tym wiedzą teoretyczną i umiejętnością nie tylko samodzielnego prowadzenia badań, ale

3 Który był na tyle bogaty w szczegóły, że nie ma sensu w pełni go tu powtarzać.

także pisanie tekstu naukowego na światowym poziomie. Podczas prowadzenia badań wykrył nieznane wcześniej aspekty cyrkulacji atmosferycznej górnej troposfery i dolnej stratosfery. Uważam zatem, że wypełnił wymogi ustawowe z taką nadwyżką, że **wnioskuję o wyróżnienie recenzowanej pracy doktorskiej**⁴.

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.

Na zakończenie chciałbym tradycyjnie życzyć mgr Wojciechowi Szkółce dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

Z poważaniem

4 Uzasadnieniem wniosku o wyróżnienie jest niniejszy akapit.