

Gdańsk, 25 lipca 2026 r.

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

RECENZJA UZUPEŁNIAJĄCA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Grzegorza Marka Florczyka

pt.: „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego
na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery”

Niniejsza recenzja uzupełniająca została sporządzona na podstawie wewnętrznych przepisów Uniwersytetu Warszawskiego. Jest to opinia o poprawionej wersji rozprawy doktorskiej, sporządzona na podstawie pierwotnego i poprawionego jej tekstu oraz odpowiedzi doktoranta recenzentom (do pełnego tekstu pozostałych recenzji dostępu nie posiadam). Niniejsza opinia stanowi załącznik do mojej recenzji z 3 listopada 2025 r. sporządzonej na podstawie ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym nauce z 20 lipca 2028 r. (Dz. U. 2024.0.1571), i dlatego skupia się ona na ocenie wpływu zmian w rozprawie doktorskiej i odpowiedzi na recenzje na konkluzję w kwestii spełnienia przez rozprawę doktorską wymogów ustawowych¹. Mówiąc językiem naukowym jest to ocena różnicowa. Co istotne, moja oryginalna ocena była pozytywna i nie ma sensu przepisywać w tym załączniku dlaczego uważam, że spełniała ona już w swej oryginalnej formie wymogi ustawowe (nie zmieniłem co do tego zdania), a jedynie czy zmiany w nowej wersji wpłynęły na tą ocenę i jak. Istotne jest też, że zmiana oceny z pozytywnej na negatywną może być spowodowana jedynie istotnym pogorszeniem rozprawy w stosunku do wersji oryginalnej.

Omówię zatem zmiany w kolejnych częściach pracy, w kontekście ich wpływu na moją końcową ocenę pracy. Część materiału została poprzysuwana między rozdziałami i dodatkami pracy, zgodnie z sugestiami recenzentów (w tym moim JP13²). Jeśli jest to ten sam tekst to zmiana taka jest jedynie redakcyjna i dlatego będę oceniał jedynie zmiany samego tekstu. Zatem po kolei:

W tekście poprzedzającym rozdziały pracy (obecnie z numeracją "rzymską") jedyna istotna zmiana to rozszerzenie oświadczenia o autorstwie, o autorstwo użytych danych, co oczywiście należy ocenić pozytywnie. Z mniej istotnych zmian, poprawiono oznaczenie grubości optycznej, zgodnie z sugestią (JP1) z moje recenzji.

W rozdziale 1 (Wprowadzenie) zmiany są jedynie redakcyjne. Między innymi autor poprawił definicję aerozolu zgodnie z moją sugestią (JP3) oraz dodał przypis 1 o przyczynach zmian

1 Zamawiający recenzję nie udzielili informacji czy życzą sobie recenzję uzupełniającą, czy *de novo*. W tego typu recenzjach stosuje się oba typy. Wydaje mi się, że recenzja uzupełniająca jest lepszym rozwiązaniem. Przyczyny chętnie podam podczas obrony.

2 Stosuję tu oznaczenia komentarzy z odpowiedzi na recenzje.

koncentracji ozonu i pary wodnej z wysokością, będący dokładnym powtórzeniem mojej uwagi (JP2) z recenzji. Zmiany te są niewielkie ale oczywiście pozytywne.

W rozdziale 2 ("Aparatura i Dane") zmiany są nieco większe, między innymi:

- uzupełniono opis instrumentów pomiarowych, podając ich wysokość zawieszenia,
- dodano analizę statystyczną porównującą profile w obu miejscach pomiarowych (związane jest to m. in. z moją uwagą JP4),
- rozszerzono opis pomiarów "przypadku ekstremalnego" w Świdrze,
- w opisie parametryzacji powierzchniowych strumieni dodano uzasadnienie wyboru jej metody, oraz wzory przeniesione z rozdziału 3,
- usunięto niefortunne omówienie do czwartej (przypis wyglądający jak potęga), o co apelowałem (JP5),
- dodano parametryzację zimową (jej brak krytykowałem w JP7) oraz jawnie jej jednostkę (co sugerowałem w JP9). wszystkie parametryzacje zostały oparte na danych ERA5 i podzielone na pory dnia,
- opisano w jednym miejscu uproszczone profile używane w symulacjach.

Wszystkie te zmiany są oczywiście pozytywne, chociaż istotne dla konkluzji rozprawy jest tylko dodanie parametryzacji zimowej i oparcie parametryzacji o dane z ERA5.

Rozdział 3 ("Metody"), w wyniku zmian proponowanych przez recenzentów (chyba głównie przeze mnie), zawiera obecnie wyłącznie opis modelu. Zaszły tu istotne zmiany, a przede wszystkim zmiana siatki przestrzennej jednowymiarowego modelu z 5 m, na 1 m. Już samo to spowoduje zmiany w wszystkich liczbowych wynikach prezentowanych w rozprawie. Do mniejszych zmian należy usunięcie wzoru (3.1) na logarytmiczny pionowy profil prędkości wiatru. W obecnej wersji zastąpiono go profilem z reanalizy ERA5. To także wpłynęło na oczywiście na wyniki modelu. Oprócz tego:

- równania (3.4) i (3.5) zostały przerzucone do załącznika, zgodnie z moją sugestią (choć nie widzę jej w odpowiedzi na recenzję),
- wzory z podrozdziału "Moduł ewolucji GWA i zakończenie iteracji" zostały przeniesione do dodatku B.

Tego rozdziału dotyczyła też moja uwaga o zerowym gradiencie pionowym aerozolu (JP6). Nie spowodowana została w tym miejscu, ale autor zaadresował ją w sposób zadowalający w podrozdziale o ograniczeniach pracy na str. 95.

Ogólnie zmiany redakcyjne dokonane w tym rozdziale oceniam pozytywnie. Na ocenę jak zmiany w modelu wpłynęły na wyniki należy jednak poczekać do następnego rozdziału.

Zmiany w rozdziale 4 ("Wyniki i dyskusja") są najbardziej istotne dla oceny całości rozprawy, gdyż na tych wynikach opierają się jej konkluzje. Omówię zatem osobno każdy podrozdział.

W podrozdziale "Walidacja modelu":

- rozszerzono opis wyboru danych, warunków meteorologicznych oraz poprawiono wartości wysokości warstwy granicznej z danych HATPRO-G5 oraz wartości niepewności modelu
- poprawiono błędy profilu HATPRO-G5 (o które pytałem w JP10).

W sekcji "Studium czułości na wybrane parametry symulacji" wyniki liczbowe zmieniły się w niewielkim stopniu, ale Rysunki 4.6-4.8, przy porównaniu do swoich wcześniejszych wersji 3.11-3.13 wskazują na pogorszenie zgodności wyliczonych z modelu profili temperatury potencjalnej z wartościami pomiarowymi z radiosondy (model w obecnej wersji zawyża temperatury). Nie zostało to moim zdaniem skomentowane wystarczająco tym podrozdziałem. Zmiany wyników nie wpływają jednak jakościowo na konkluzje rozprawy.

Wyniki prezentowane w podrozdziale "Efekt kopuły i pieca" zmieniły się w niewielkim stopniu (z wyjątkiem zmiany momentu rozpoczęcia podnoszenia się warstwy granicznej przy efekcie pieca z 93 minut w poprzedniej wersji do 60 minut w nowej). Polepszyła się natomiast zgodność z wynikami pracy Ma i inni (2020) jesienią i wiosną.

Nowością, według autora, jest dodanie dodatkowego modelowania "dla jesiennych warunków solarnych", chociaż porównanie nowego rysunku 4.12 z uaktualnionym 4.10 (według jego opisu dla "dla wiosennych/jesiennych warunków solarnych" pokazuje, że są one dla tego samego dnia i różnią się jedynie różnym współczynnikiem albedo pojedynczego rozpraszania (odpowiednio 0,9 i 0,8). Skąd ta zmiana i czy Rys. 4.10 jest zatem także dla warunków jesiennych czy nie?

Ogólnie, konkluzje podrozdziału nie uległy zmianie.

W podrozdziale "Studium dynamiki wzrostu GWA" zaszczyły jedynie niewielkie zmiany wyników bez wpływu na konkluzje.

W podrozdziale "Niesprężone efekty Oddziaływania Aerosol-GWA" zmiany w wynikach oceniam jako kosmetyczne.

Podrozdział "Studium przypadku ekstremalnego"

W wypadku badania dynamiki wysokości warstwy granicznej (Rys. 4.24, dawniej 4.16) widać istotne pogorszenie zgodności z obserwacjami "polepszonego modelu". Zmienił się też mocno wykres zmian wysokości warstwy granicznej (Rys. 4.25, dawniej 4.17). Autor uzasadnia tę zmianę, ale nie wygląda na to aby polepszyła się zgodność z rzeczywistym przebiegiem tej wartości. Mam co do tego wątpliwości, które autor będzie miał szanse rozwiązać na obronnie pracy.

Zwiększyła się natomiast szybkość ogrzewania radiacyjnego przy powierzchni (Rys. 4.26, dawniej 4.18) z 8 K/doba do 15 K/doba, przy czym co ciekawe, w obu wersjach tekstu jest to "zgodnie z przewidywaniami". Powiększone ogrzewanie spowodowało wolniejszy wzrost warstwy granicznej? Te kwestie wymagają chyba komentarza od autora.

W ostatnim podrozdziale pt. "Wpływ na budżet energetyczny GWA" wyniki dla strumieni energii (Rys. 4.28, poprzednio 4.20) uległy wyraźnej zmianie, w tym wypadku moim zdaniem na bardziej wiarygodne. Niestety, w przeciwieństwie do moich kolegów nie zauważyłem przy recenzowaniu pierwotnej wersji pracy, że człon odpowiedzialny za ogrzewanie radiacyjne czystej atmosfery w warstwie granicznej jest ujemny przez cały przebieg wykresu (i to z niewiarygodną wartością ok. 100 W/m^2), podczas gdy jego odpowiednik dla aerozolu dodatni. W nowej wersji jest tak tylko w początkowej części wykresu (jak rozumiem tuż po świcie), ale i w tym wypadku czy nie powinny one mieć tego samego (ujemnego) znaku? Sytuacja gdy czysta atmosfera będzie się zauważalnie netto ochładzała radiacyjnie, ale zawierająca aerozol ogrzewała jest wprawdzie możliwa, ale czy na prawdę było tak w tym wypadku do godziny 7:30? Podejrzewam, że niekoniecznie³. Czyli chyba nadal model jest mocno uproszczony. Konkluzje podrozdziału zmieniły się jedynie ilościowo, ale jak wspomniałem wyżej nadal mam nieco wątpliwości co do działania modelu. Nawiasem, mówiąc podrozdział ten, mimo znacznego ulepszenia, nadal wydaje mi się najsłabszy w całej pracy.

Przy okazji dyskusji ograniczeń modelu, należy wspomnieć o moim pytaniu o brak jego wrażliwości na zmiany strumienia ciepła utajonego (JP8). Autor rozprawy odpowiedział, że jest to spowodowane tym, że "Modelowane warunki zakładają jednak zerową wodność i warunki suche".

3 Biorąc pod uwagę, że między godzinami 6:30, a 7:30, warstwa graniczna miała około 30 m wysokości, a według modelu ochładzanie radiacyjne samego powietrza produkowało w tym czasie (Rys. 4.28), strumień radiacyjny średnio ok. 8 W/m^2 , warstwa ta (bez uwzględnienia strumieni związanych z obecnością aerozolu i ciepła wyczuwalnego), ochłodziła by się o ok. 0,8 K w ciągu godziny, co przeliczając na dobę wynosiłoby ponad 19 K. Wartość ta jest kilkakrotnie za wysoka w porównaniu z wartościami z literatury (1-4 K/doba, w zależności od ciśnienia i wilgotności), szczególnie że dzieje się to już po świcie (czyli nie jest to czyste chłodzenie radiacyjne, a efekt netto emisji i absorpcji).

Akceptuję tę odpowiedź jako wyjaśnienie małego znaczenia ciepła utajonego ale jest to poważne ograniczenie modelu ponieważ przynajmniej jak na razie jest on w miesiącach letnich nie do zaniechania⁴. Wyjaśnienie jakie doktorant podał innemu recenzentowi o braku danych na temat wilgotności gleby tłumaczy dlaczego trudno jest używać tego parametru, chociaż uważam, że powinien on być używany jeśli da się go wyznaczyć.

Ocenę rzecz chyba najważniejszą, czyli jak zmiany w modelu (zmniejszenie oczek siatki z 5 km do 1 km, dodanie parametryzacji zimowej i przejście na dane z ERA5 wpłynęły na jakość wyników modelu. W mojej ocenie spowodowało to pogorszenie zgodności modelu z profilami M20 na rysunkach 4.6-4.8, w jednym z nielicznych miejsc rozprawy jedynych gdzie można tę zgodność ocenić. Porównując je z ich odpowiednikami z pierwotnej wersji pracy, widzę, że ponowne przeliczanie raczej pogorszyło zgodność z obserwacjami (model jest za ciepły). To samo dotyczy wspomnianego już Rys. 4.24, dotyczącego dynamiki wysokości warstwy granicznej. Oczywiście wiem, że spodziewany efekt poprawienia stosowanego błędnego wzoru powinien poprawić wyniki modelowania (natomiast zastosowanie danych z reanalizy zamiast nawet niekompletnych pomiarowych już niekoniecznie). Słowem kluczowym jest tu jednak "powinien". Każdy model zawiera uproszczenia i (i prawie każdy błędy). Poprawienie jednego uproszczenia, może w praktyce pogorszyć wyniki modelu, jeśli to uproszczenie równoważyło efekty innych błędów lub przybliżeń. Dokładnie to zdarzyło się modelom klimatycznym kohorty CMIP6, gdy poprawiono w nich parametryzację mikrofizyki chmur⁵. Niezależnie od przyczyny pogorszenia zgodności modelu z radiosondażami (przynajmniej w niektórych warunkach), efekty przeliczenia wszystkiego na nowo zasadniczo nie zmieniły konkluzji pracy, co moim zdaniem sugeruje, że był to wysiłek przynajmniej w części niepotrzebny. Jest to także argument za tym, że ustawodawca, który wykreślił tego rodzaju procedurę z obowiązującej Ustawy o szkolnictwie wyższym, miał jednak dużo racji⁶.

Ogólnie, nawet jeśli stara wersja modelu lepiej odpowiada rzeczywistości (co jest oczywiście dyskusyjne, bo oparte na niewielu przykładach), to różnice liczbowe w wynikach nie są duże i w sumie obie spełniają on swoje zadania.

Ostatni rozdział 5 ("Podsumowanie") różni się (podobnie jak w rozdziale Wyniki) od poprzedniej wersji prawie wyłącznie wartościami liczbowymi i to najczęściej nie więcej niż kilka lub kilkanaście procent wartości poprzedniej. Autor ostrożniejszy jest w proponowaniu swojej parametryzacji porannej dynamiki wzrostu ogrzewania warstwy granicznej i sądząc po wynikach podrozdziału o budżecie energetycznym, jest to dobry wybór. Można więc stwierdzić, że konkluzje pracy praktycznie się nie zmieniły.

Autor w poprawionej wersji dodał podrozdział "Ograniczenia pracy" (str. 95 i następna), co jest niewątpliwie dobrym pomysłem (każda praca doktorska, i nie tylko, powinna takowy posiadać). Praktycznie wszystkie poruszane w nim punkty poruszone były przez recenzentów pierwotnej wersji pracy (jak wynika z odpowiedzi na recenzje), co powoduje, że dodanie tego podrozdziału bez wątpienia ulepsza rozprawę.

Podobnie nowy podrozdział "Kierunki dalszych badań" (str. 96 i następna) jest przydatnym materiałem, przynajmniej dla autora, ale być może także dla osób chcących używać jego modelu.

4 Niedawna praca Sanchez-Benitez i inni (2002), <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0573.s1>, pokazywała na danych z Niemiec, że stosunek Bowena (iloraz strumieni ciepła wyczuwalnego i utajonego), jest obecnie latem zbliżony do 0,5 ale w cieplejszym klimacie będzie rósł (będzie suszej). Innymi słowy także i w Polsce spodziewał bym się, że strumień ciepła utajonego będzie wyższy niż wyczuwalnego w miesiącach, w których walidowano model.

5 Zelinka, M. D., Myers, T. A., McCoy, D. T., Po-Chedley, S., Caldwell, P. M., Ceppi, P., et al. (2020). Causes of higher climate sensitivity in CMIP6 models. *Geophysical Research Letters*, 47, e2019GL085782. <https://doi.org/10.1029/2019GL085782>

6 Moim zdaniem, lepszym rozwiązaniem byłoby poproszenie doktoranta o pokazanie na obronie jak zaproponowane zmiany wpłyną na wyniki wybranych obliczeń, zamiast przeliczanie wszystkiego od początku wersją, której jakości wyników nie dało się z góry przewidzieć.

Dodatki A, B i C zmieniły się w nowej wersji w nieznaczny sposób (np. w B opatrzone numerem istniejącą już przedtem grupę wzorów i dodano kolejną opisującą warunki brzegowe algorytmu wyznaczania profilu szybkości ogrzewania). Dodano natomiast 31-stronicowy Dodatek D opisujący szczegółowo warunki meteorologiczne w dniach pomiarów, przez co spis użytych symboli stał się Dodatkiem E. W dodatkach tych autor prawidłowo zaadresował moje uwagi na temat terminologii równania przenoszenia oświetlenia (JP11) i przybliżenia Bousinnsqua (JP12), o oczywiście oceniam pozytywnie.

Tym samym mogę stwierdzić, że jestem zadowolony z odpowiedzi na wszystkie moje uwagi, oraz że nie uważam obecnej wersji pracy za gorszą niż ta, którą oceniłem pozytywnie. Wiele uchybień poprawiono. Również sam model dostosowano do słusznych uwag recenzentów. W prawdzie ta wersja daje niekoniecznie wyniki bliższe obserwacji, ale jak już pisałem, takie paradoksalne efekty zdarzają się przy poprawianiu wybranych przybliżeń z wielu jakimi taki model operuje (nie wiemy które kasują nawzajem spowodowane przez siebie błędy). Dlatego moja konkluzja nie może być inna niż pozytywna ocena pierwszej wersji pracy.

Pozostała jeszcze kwestia spełnienia warunków ustawowych. Wszystko co napisałem pozytywnego o pracy w poprzedniej wersji recenzji z 3 listopada 2020 r. nadal jest aktualne i dowodzi, że mgr Florczyk "prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie [...] oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej". Nie uważam, że cokolwiek w tej kwestii się zmieniło, więc mógłbym jedynie powołać się na tamten dokument ale kompromisowo zacytuję z niego najważniejszy fragment:

>>Doktorant w pełni wykorzystał posiadane dane dla wykazania, że stworzony przez niego model stanowi postęp w prognozowaniu tego zjawiska, co jest, moim zdaniem, spełnieniem warunku ustawowego o „oryginalnym rozwiązaniu problemu naukowego”.<<

To stwierdziwszy, mogę przejść do oficjalnej konkluzji, powtarzając ją co do słowa:

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 ponownie życzyć mgr Grzegorzowi Markowi Florczykowi dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

Z poważaniem



Digitally signed
by Jacek
Piskozub
Date: 2026.07.25
10:46:49 CEST
Reason: Podpis
recenzenta

Gdańsk, 3 listopada 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 Grzegorza Marka Florczyka

pt.: „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego
na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery”

Przedmiotem rozprawy doktorskiej mgr Grzegorza Florczyka jest stworzenie modelu numerycznego do badania dynamiki wzrostu i zmian struktury termicznej Granicznej Warstwy Atmosfery, z szczególnym uwzględnieniem dwóch scenariuszy wpływu aerozolu na badane zjawisko, oraz zweryfikowanie go za pomocą danych pomiarowych. Celowo piszę (używając języka właściwej tu ustawy) o przedmiocie, a nie o celu pracy. Recenzowana rozprawa jest jedynie udokumentowaniem „oryginalne[go] rozwiązani[a] problemu naukowego”, a nie samym rozwiązaniem. Rozwiązaniem jest w gruncie rzeczy opisywany tu model i dlatego recenzja rozprawy doktorskiej musi być również jego oceną, oczywiście na podstawie przedstawionych w pracy jego opisu i rezultatów weryfikacji.

Ten dość nietypowy wstęp do mojej recenzji spowodowany jest równie nietypową genezą ocenianej rozprawy doktorskiej. W pewnym sensie jest to mocno rozbudowany pojedynczy artykuł naukowy¹, czego autor nie ukrywa czytując pracę Florczyk, Markowicz i Witek (2025) wszędzie gdzie trzeba. Artykuł liczy 15 stron, podczas gdy rozprawa prawie 10 razy więcej ale narracja jest podobna. Przy bardzo formalistycznym myśleniu typu „z ilu artykułów naukowych składa się praca” można by od razu nastawić się negatywnie tej pracy doktorskiej. Uważam jednak, że względów które wymieniłem na wstępie, że jest to bez znaczenia. To co różni w/w artykuł od recenzowanej pracy

1 Istnieje też możliwość, że artykuł jest streszczeniem rozprawy, ale tak udane przedstawienie jej wyników na 15 stronach sugerowałoby również, że nie same wyniki ale sposób w jaki zostały osiągnięte, jest rzeczywistym ocenianym osiągnięciem.

doktorskiej to dodanie dokładnego opisu fizyki użytej w modelu i samego algorytmu oraz bardziej szczegółowe udokumentowanie wyników jego weryfikacji, czyli dokładnie to co pozwala ocenić rozprawę. Mogę zatem przystąpić to tejże oceny.

Praca jest napisana językiem poprawnym, chociaż czasami nieco bardziej kolokwialnym niż zwykle w pracach doktorskich. Czasem to lekko razi starego recenzenta, ale pokazuje też, że autor ma talent popularyzacyjny, widoczny szczególnie w Przedmowie. Przy okazji dodam, że podobnie jak on fascynowałem się w młodości astronomią, ale w przeciwieństwie do niego również dinozaurami.

Zacznę od przedstawienia struktury pracy. Spośród 149 stron pracy (plus 8 osobno numerowanych: Cel pracy, Streszczenie i Przedmowa), 54 są częścią wstępno-teoretyczną, a 34 omówieniem wyników. Praca uzupełniona jest 30 stronami dodatków, które tematycznie należą do części teoretycznej. Potwierdza to moje wrażenie, że rozprawa stanowi rozbudowanie artykułu Florczyk i inni (2025) o elementy pozwalające lepiej ocenić osiągnięcie jakim jest opisywany model i jego wyniki. Nie widzę w tym problemu ale zaznaczam, że tak właśnie rozumiem strukturę ocenianej pracy.

Cel pracy i Streszczenie prawidłowo przedstawiają to co obiecują w tytułach, natomiast Przedmowa ciekawie przedstawia motywację autora. Jediną uwagą krytyczną jaką mam do tych części pracy jest:

- Autor w streszczeniu użył sformułowania „Zbadano również przypadek ekstremalny z wyjątkowo wysoką koncentracją aerozolu absorbującego ($\tau_{500} = 0,18$)”. Tau jest tu oczywiście grubością optyczną dla długości fali światła 500 nm, chociaż na tym etapie pracy tego indeksu nie wyjaśniono (co samo w sobie jest błędem). Jednak jaką? Ekstynkcji, której grubość optyczną tak się zwykle oznacza, czy absorpcji (bo istnieje też taka wielkość), jakby wynikało z tekstu i (moim zdaniem) mało ekstremalnej wartości tej grubości optycznej (kilka linijek wyżej mamy wartość $\tau_{500} = 1,5$, co budzi wątpliwość czy jest to grubość optyczna tej samej wielkości). Zrozumiałem to w końcu podczas lektury dalszych rozdziałów, ale naprawdę tekst był dla mnie mocno mylący.

Numerowane strony pracy zaczynają się od rozdziału² Wprowadzenie, który bardzo efektywnie wprowadza najważniejsze pojęcia używane w pracy, w tym strukturę pionową atmosfery, graniczną warstwę atmosfery (GWA) i jej dynamikę dobową, aerozol, w szczególności absorbujący (razem z

2 Sam autor nazywa rozdziały sekcjami.

ciekawym wtrętem o zanieczyszczeniu nim w Polsce na tle innych krajów Europy) i wreszcie jego formy wpływania na GWA (efekty „kopuły”, „pieca” i „parasola”, z których dwa pierwsze stosowane są później w modelowaniu). Jest to ogólnie bardzo dobrze napisany rozdział, do którego mam dwie (zupełnie drobne) uwagi:

- W miejscu gdzie autor wspomina, o tym że zawartość ozonu i pary wodnej w atmosferze zmienia się z wysokością, aż by się prosiło napisać dlaczego, szczególnie że nie jest to długie wyjaśnienie (odpowiednio powstawanie i rozkład ozonu w atmosferze oraz kondensacja i skraplanie się dla pary wodnej),
- Znam podaną przez autora definicję aerozolu jako mieszaninę powietrza i zawieszonych w nim cząstek (stoją za nią autorytety), ale w praktyce gdy fizycy atmosfery piszą o aerozolu, myślą o samych zawiesinach, nie o powietrzu. Sam autor jeszcze w tym samym akapicie pisze o powstawaniu, transporcie i usuwaniu aerozolu co nie bardzo ma sens, jeśli powietrze traktowane było jako jego składowa część. Nie wspominam już o używanym w rozprawie stężeniu aerozolu atmosferycznego, które ewidentnie nie uwzględnia powietrza. Dlatego użytą w pracy definicję aerozolu chętnie wysłałbym tam skąd ona przybyła (nie z dziedziny fizyki).

Drugi rozdział pracy nazywa się Aparatura i Dane. Zawiera on bardzo dobry opis aparatury badawczej i danych pomiarowych użytych w modelowaniu. Wątpliwość mogłoby budzić umieszczeniu tu opisu obliczeń pewnych parametrów wyliczonych z danych pomiarowych, użytych potem w rozdziale Wyniki i Dyskusja (może lepsze byłoby ich przeniesienie do Metod) ale jestem w stanie zaakceptować logikę wyboru autora. Skomentuję tu jedynie dwa niewielkie potknięcia:

- Stwierdzenie, że stacje pomiarowe odległe od siebie o 65 km są „wystarczająco blisko, aby oddać podobne warunki meteorologiczne” i to mimo dodatkowych różnic w wysokości stacji n.p.m. i topografii powinno paść dopiero w rozdziale o wynikach. Nie jest to bowiem założenie, ale wniosek z analizy danych („wyszło poprawnie mimo tej odległości pionowej i poziomej”).
- Przypis nr 4 zaraz za literą omega (strona 28), sugeruje znaną z optyki atmosfery czwartą potęgę częstotliwości światła, rozpraszanie Rayleigha – można to było rozwiązać bardziej elegancko.

Kolejnym rozdziałem pracy są Metody. Opisuje on elementy kolejne składowe modelu, wraz z najważniejszymi wzorami obliczeń stosowanych w nim, walidację modelu i studium jego czułości na wybrane parametry środowiskowe. Tu także można by zastanowić się czy dwa ostatnie

podrozdziały nie pasowałyby raczej wśród Wyników ale rozumiem przesłanki takiego wyboru. Jednak czytając wyniki analizy czułości, które pokazały, że struktura pionowa warstwy granicznej zależy silnie tylko od 3 parametrów zastanawiałem się czy prosta parametryzacja z użyciem tych wartości nie dałaby wyników podobnych do prezentowanego w rozprawie modelu. Odpowiedź na to otrzymałem dopiero w następnym rozdziale. Czyli może lepiej byłoby przestawić jedno i drugie wyniki w jednym rozdziale. W końcu wyniki walidacji, to też... wyniki.

Omawiany rozdział odwołuje się do wszystkich trzech Załączników, i dla tego może lepiej byłoby gdyby stanowiły one jego integralną część, szczególnie że potrzebne są do zrozumienia wyводу zawartego w rozdziale. Być może doktorant obawiał się długich fragmentów tekstu powtarzających tekst cudzego podręcznika, ale jeśli jest to dobrze opisane to nie widzę problemu. A ewidentnie jest, np. Załącznik A to bardzo dobry wykład teorii przenoszenia promieniowania, wzorowany na dość pedantycznym podręczniku Jamesa J. Buglii z 1986 roku, co jest zaznaczone nie tylko cytowaniem ale wręcz w tekście samego załącznika. Jeśli jednak wyłączy się część tekstu do załączników to nie należy nagle wprowadzać wzorów w nich wyprowadzonych bez chociażby wytłumaczenia znaczenia użytych symboli (np. wzory 3.4 i 3.5 ze stron 35-36, czy wzory 3.9-3.14 ze strony 40)³.

Ogólnie, oprócz wyżej przedstawionych kwestii edycji tekstu, rozdział nie zawiera istotnych błędów. Przynajmniej żadnych nie znalazłem. Zauważyłem jedynie parę drobnych problemów, nie mających wpływu na wyniki modelu, a zatem i konkluzje rozprawy:

- Na stronie 32 autor pisze „Zakładamy, że koncentracja aerozolu jest stała z wysokością w GWA ze względu na ruchy konwekcyjne”. Jest to oczywiście podręcznikowa sytuacja stanu stacjonarnego bez pionowego strumienia aerozolu, jednak czy wobec powierzchniowych źródeł tegoż aerozolu oraz istnienia grawitacji nie należy spodziewać się wyższych jego stężeń bliżej powierzchni? Aerozol nie jest dobrze wymieszanym składnikiem powietrza, gdyż jest od niego cięższy i stan stacjonarny to naprawdę równowaga między funkcją źródłową (produkcją aerozolu przy powierzchni) i jego wypadaniem grawitacyjnym. Stąd należało by się jednak spodziewać gradientu pionowego, tym większego im o większych cząstkach mówimy. Proszę o komentarz autora.
- Zaskoczył mnie brak różnicy między zimą a latem w przyjętej wielkości strumienia ciepła utajonego przy powierzchni Ziemi w funkcji strumienia oświetlenia (wzory 3.7 i 3.8). Różnica ta powinna być większa niż dla ciepła wyczuwalnego ze względu na inną

3 Podobnie jest we wzorze (3.1), chociaż w tym wypadku nie jest to chyba skutek wyłączenia części tekstu do Załączników.

wilgotność gleby. Zrozumiałem jednak, że autor przyjął jednakową parametryzację ze względu na brak danych oraz niewielkie znaczenie tego parametru dla wyników modelu. Może jednak nie należało powtarzać tego samego wzoru dwa razy: dla lata i zimy jeśli ten zimowy jest i tak oparty na danych letnich? Wystarczyło wspominać, że użyto letniej parametryzacji także zimą.

- To powiedziawszy zapytam wprost o zdanie autora o jego zdanie dlaczego strumień ciepła utajonego nie ma znaczenia na ewolucję warstwy granicznej (jak pokazuje jego model), w przeciwieństwie do ciepła wyczuwalnego, mimo iż jest on globalnie średnio 4 razy większy⁴? W Polsce powinno być podobnie, przynajmniej latem. Pytanie to dotyczy też analizy wokół Rys. 4.19 (w następnym rozdziale) gdzie ciepło utajone także nie jest brane pod uwagę.
- Wspomniane wyżej wzory 3.7 i 3.8 zawierają swobodny wyraz posiadający jednostkę strumienia energii, a przedstawiony jako liczba bez jednostki. Literatura w dziedzinie nauk o Ziemi jest pełna tego rodzaju kwiatków, gdzie szczególnie w starszych pracach nie jest oczywiste czy są to na pewno jednostki SI. Tutaj zapewne są to $W\ m^{-2}$ i raczej nie ma niebezpieczeństwa pomyłki, ale fizyk powinien jednak podawać używane jednostki.
- Mam też pytanie o wyniki walidacji. W opisie przyrządów pomiarowych (str. 21) pada zdanie: „W przypadku estymacji WGWA, [radiometr mikrofalowy] HATPRO-G5 wypada zdecydowanie lepiej charakteryzując się błędem $\sim 0,6\%$ (Moreira i in., 2018).” Natomiast w Tabelach 3.1-3.5, radiometr ten podaje wysokość warstwy granicznej (WGWA) systematycznie o około połowę niższą niż radiosonda M20 i walidowany model EDMF-AERO. Rozumiem zatem że „Średni błąd wyznaczenia WGWA: 4,9%” to porównanie z radiosondą, a nie z radiometrem. Jednak nie znalazłem wyjaśnienie dlaczego pokazywał on tak inne wartości WGWA, mimo teoretycznej swojej dużej dokładności w jej wyznaczaniu.

Ponieważ Załączniki są ściśle związane z tym rozdziałem, w tym miejscu podam też drobne błędy (a przynajmniej tematy do polemiki) jakie w nich znalazłem:

- Wielkość zdefiniowana w punkcie 4 na stronie 108, w opisie równania przenoszenia oświetlenia, opisana jako „Energia rozproszona przez medium do własnego wnętrza” to w istocie energia rozproszona z wszystkich kierunków do snopa radiacji, zwana czasem po polsku "funkcją drogową". Na stronie 109 mamy ponownie „sumaryczną zmianę energii na skutek emisji medium i rozproszenia do wewnątrz medium”. Nie do „wnętrza medium” ale

4 Wild M., 2017, Towards Global Estimates of the Surface Energy Budget, Curr Clim Change Rep, 3:87–97
<https://doi.org/10.1007/s40641-017-0058-x>

do snopa, czy jak kto woli promienia, bo mowa jest o bilansie energii promieniowania skierowanego w jednym kierunku.

- W załączniku B autor pisze o „przybliżeniu Bousinnsqua” (s. 123) oraz „hipotezie Bussinesqua” (s.125). Oczywiście jest to ta sama osoba, a poprawna jest pierwsza wersja pisowni. Dodam jednak, że nie słyszałem tej nazwy w kontekście parametryzacji strumieni gradientowych. I chociaż rzeczywiście da się tę teorię transportu gradientowego (jak jest zwykle nazywana) wywieść od Bousinesqua to mało kto to robi⁵. Np, w wielokrotnie cytowanym w rozprawie podręczniku podręczniku Stulla „An Introduction to Boundary Layer Meteorology” przybliżenie Boussineta i teorię transportu gradientowego dzieli ponad 100 stron i Boussinesq nie jest w kontekście tej ostatniej wspominany. Może dlatego, że do meteorologii (i później oceanografii) wprowadzili ją Taylor i Richardson, i o ile byli oni zapewne świadomi wcześniejszych o ponad 30 lat prac Boussinesqa, to końcowi użytkownicy ich wzorów już niekoniecznie (ja też nie przez rozpoczęciem recenzji). Chwała więc doktorantowi za przypomnienie tego dość zapomnianego uczonego.

Kolejny, czwarty rozdział zawiera wyniki pracy i ich dyskusję. Najpierw autor potwierdza, że model daje wyniki zgodne z literaturą naukową. Trudno to nazwać wynikiem nowatorskim, gdyż jest to raczej dalszy ciąg walidacji, która moim zdaniem cała powinna być w części o wynikach⁶. Jednak w podrozdziale temu poświęconemu schowany jest jeden z najciekawszych wyników pracy, bardzo nieliniowe tempo wzrostu wysokości warstwy granicznej przy dużych gęstościach optycznych aerozolu absorbującego, zarówno w wariancie efektu kopuły jak i pieca. Jest to wynik odtwarzający obserwowane zachowania warstwy granicznej w podobnych warunkach, coś czego nie dało by się osiągnąć prostą parametryzacją. Piszę to ponieważ uważam, że sam autor nie podkreślił wystarczająco znaczenia tego wyniku. Pozostałe analizy wyników modelu (których nie będę dokładnie wymieniał gdyż sam doktorant robi to lepiej na obronie) przekonywająco potwierdzają jego skuteczność w prognozowaniu dynamiki warstwy granicznej w obecności warstwy aerozolu absorbującego, a zatem i jego przydatność praktyczną. Nie widzę w tej części rozprawy (zasadniczo najważniejszej) żadnych błędów. Doktorant w pełni wykorzystał posiadane dane dla wykazania, że stworzony przez niego model stanowi postęp w prognozowaniu tego zjawiska, co jest, moim zdaniem, spełnieniem warunku ustawowego o „oryginalnym rozwiązaniu problemu naukowego”. Należy tu dodać, że jest to rozwiązanie, które może być przydatne innym

5 Natomiast przybliżenie Boussinesqua przypisywane jest późniejszemu od niego Prandlowi (autorowi koncepcji warstwy granicznej) oraz Karmanowi, Tak robi np. Steward w swojej “Introduction to Physical Oceanografii” (2008).

6 Porównywanie wyników modelu z rezultatami kampanii pomiarowej z Świdra, w dalszej części rozdziału potwierdza, że mam rację bo jest to też w gruncie rzeczy walidacja modelu.

naukowcom, co nie jest dosłownie warunkiem ustawowym, ale w praktyce znacznie zwiększa wartość rozprawy.

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 Grzegorzowi Markowi Florczykowi dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

Z poważaniem



Digitally signed
by Jacek
Piskozub
Date: 2025.11.03
12:24:20 CET