

Łódź, dn. 26 czerwca 2026 r.

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak
Instytut Klimatologii i Hydrologii
Wydział Nauk Geograficznych
Uniwersytet Łódzki

**Recenzja poprawionej rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka
pt. „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną
i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery”**

Recenzję poprawionej rozprawy doktorskiej pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka zatytułowanej „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery” opracowałem na wniosek Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego dr. hab. Jacka Szczytko, prof. UW z dnia 14 maja 2026 r.

Szczegółowej charakterystyki i oceny pracy dokonałem w recenzji z dn. 13 listopada 2025 r., dlatego poniżej ustosunkuję się jedynie do wprowadzonych zmian oraz odpowiedzi Doktoranta na sformułowane przeze mnie uwagi.

Pomimo pewnych niedociągnięć przedłożonej pierwotnie dysertacji, w recenzji z dn. 13 listopada 2025 r. uznałem, że prezentuje ona ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata oraz potwierdza Jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a jej przedmiotem jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W konsekwencji spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim. Po zapoznaniu się z poprawioną wersją, konkluzję tę podtrzymuję. Generalnie wprowadzone zmiany oceniam pozytywnie, chociaż w niektórych przypadkach wydają mi się one chybione.

Rozprawa została poszerzona i obecnie liczy 192 strony (wobec 138 pierwotnie). Pozytywnie oceniam ujednolicenie stylu w kierunku „narracji naukowej” właściwej dla tego typu opracowań oraz wprowadzone poprawki redakcyjne. Podobnie zwiększenie liczby dodatków pozwoliło umieścić w pracy większość informacji, które mogą być istotne przy bardziej szczegółowej analizie wyników. Przeredagowany i rozbudowany został rozdział 2 zatytułowany „Aparatura i dane”. W przypadku systemu kowariancji wirów w sekcji 2.1 dodane zostały informacje o wysokości umieszczenia czujników, lecz uważam, że w dalszym ciągu zbyt dużo uwagi poświęcono przytaczaniu fabrycznych charakterystyk czujników, a zbyt mało konfiguracji całego systemu.

Zgodnie ze sformułowaną sugestią Autor starał się również wyraźniej określić jakie profile i parametry zostały wykorzystane jako dane wejściowe modelu i/lub w celu weryfikacji

wyników oraz w jaki sposób uzyskano je z dostępnych danych pomiarowych. Informacje te zawierają obecnie rozdziały 2.2 i 2.3. Wydaje mi się jednak, że tytuły tych rozdziałów („Część walidacyjna” oraz „Część studium przypadku ekstremalnego”) mogłyby być nieco inaczej sformułowane. Za niewłaściwe uważam przeniesienie do rozdziału 2 zatytułowanego „Aparatura i dane” podrozdziału dotyczącego parametryzacji powierzchniowych strumieni ciepła (obecnie 2.4). Zawiera on bowiem propozycje parametryzacji wypracowane przez Doktoranta w wyniku własnych prac badawczych. Co do samej parametryzacji, to ze względu na pojawiający się efekt histerezy w zależności strumienia ciepła jawnego od dochodzącego promieniowania krótkofalowego, bardziej eleganckie niż oddzielne parametryzowanie strumieni przedpołudniowych i popołudniowych byłoby uwzględnienie w regresji liniowej pochodnej czasowej promieniowania. W dalszym ciągu jest to jednak podejście bardzo uproszczone, a wykorzystanie danych ERA5 powoduje, że jest to w zasadzie parametryzacja parametryzacji. Pozytywnie natomiast należy ocenić wprowadzenie oddzielnej parametryzacji dla miesięcy zimowych. Poprawiono również terminologię i uściślono odniesienia do cytowanej literatury.

W wyniku przeniesienia opisu parametryzacji do rozdziału 2 oraz rozdziałów dotyczących walidacji modelu i studium czułości do rozdziału 4, pewnemu skróceniu uległ rozdział 3. Obecnie zawiera on głównie opis konstrukcji modelu, więc tytuł „Metody” jest może nieco zbyt ogólny.

Walidację modelu (rozdz. 4.1) dokonano przy zaktualizowanych parametryzacjach powierzchniowych strumieni ciepła oraz profilach pionowych wiatru z bazy ERA5. Spowodowało to pewne różnice w otrzymanych wynikach, w szczególności podniesienie poziomu WGWA. Ponieważ tekst został w dużej mierze niezmieniony (z wyjątkiem przytaczanych wartości liczbowych) można mieć wątpliwości czy w dniu 1 czerwca 2023 r. rzeczywiście „obserwujemy dobrą zgodność oszacowania WGWA”. Różnice w stosunku do poprzednich wyników pokazują jednocześnie jak istotne są parametryzacje strumieni powierzchniowych, o czym należałoby wspomnieć w poprawionej wersji pracy. Tymczasem Autor pozostawia tę część tekstu zupełnie bez zmian.

Wprowadzenie nowych parametryzacji strumieni powierzchniowych spowodowało również, że mniej przekonujące są rysunki rozdziału poświęconego studium czułości modelu na wybrane parametry (obecnie rozdział 4.2, rys. 4.6 – 4.8, wcześniej rozdz. 3.3, rys. 3.11 – 3.13). Obecnie modelowana temperatura potencjalna jest w większej części warstwy granicznej niższa niż obserwowana przez M20, chociaż w wartościach bezwzględnych są to różnice jedynie rzędu 0,2 K.

W analizie efektu kopuły i pieca (rodz. 4.3) Autor ponownie skupił się głównie na zmianie wartości liczbowych właściwych dla nowo wygenerowanych rysunków, nie zawsze zresztą podając poprawne wartości (np. str. 63 „różnice występują wyłącznie na skutek 29-minutowego opóźnienia” – z rys. 4.9a wynika, że opóźnienie to jest zdecydowanie większe). Mniej uwagi poświęcił analizie jakościowej, na przykład pisząc, że „Szybkość wzrostu WGWA do godz. 8.00 UTC jest podobna, a następnie przyspiesza” (str. 63) pomijając wyraźne spowolnienie wzrostu WGWA od godz. 12:00 w przypadku efektu pieca (rys. 4.9b).

Ponownej analizie poddano przypadek ekstremalny (rodz. 4.6). Szkoda, że mając świadomość dużej wrażliwości modelu na strumienie powierzchniowe oprócz standardowej jesiennej parametryzacji strumienia ciepła jawnego nie wykorzystano również jego wartości z bazy ERA5. Umożliwiłoby to bardziej realną ocenę badanego efektu.

W poprawionej wersji pracy skorygowano wyniki obrazujące wpływ zawartości aerosolu na poszczególne składniki bilansu energetycznego. Dzięki temu wyeliminowano sprzeczności pojawiające się między niektórymi rysunkami. Skorygowano również opisy.

Zdecydowanie pozytywnie należy ocenić rozszerzenie podsumowania pracy o sekcje „Ograniczenia pracy” (rodz. 5.1) oraz „Kierunki dalszych badań” (rodz. 5.2). Sekcje te są szczególnie istotne w świetle przytaczanych w podsumowaniu szczegółowych wartości, których porównanie z poprzednio otrzymanymi wskazuje na duże niepewności otrzymanych wyników. Na przykład obecnie: „Efekt pieca: ... W skrajnych przypadkach ($\tau_{500} = 1,5$, $\omega = 0,8$) wzrost GWA przyspiesza o $\sim 46\%$, a ogrzewanie o $\sim 108\%$ w porównaniu do atmosfery z $\tau_{500} = 0,0$.”, było: „Efekt pieca: ... W skrajnych przypadkach ($\tau_{500} = 1,5$, $\omega = 0,8$) wzrost GWA przyspiesza o $\sim 50\%$, a ogrzewanie o $\sim 92\%$ w porównaniu do atmosfery z $\tau_{500} = 0,0$.”

Reasumując mając na względzie zarówno uwagi sformułowane w recenzji pierwotnej wersji pracy, jak i sformułowaną wyżej analizę wprowadzonych poprawek stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka pt. „Wpływ własności optycznych aerosolu atmosferycznego na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery” spełnia zarówno merytoryczne, jak i formalne wymagania stawiane rozprawom doktorskim i podtrzymuję wniosek do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego o przyjęcie pracy jako rozprawy na stopień doktora oraz o dopuszczenie Pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora, w tym do publicznej obrony.

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak

Łódź, dn. 13 listopada 2025 r.

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak
Instytut Klimatologii i Hydrologii
Wydział Nauk Geograficznych
Uniwersytet Łódzki

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka
pt. „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną
i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery”**

Recenzję opracowałem na wniosek Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego dr. hab. Jacka Szczytko, prof. UW w związku z powołaniem mnie przez Radę Naukową Dyscypliny Nauki Fizyczne UW na recenzenta w postępowaniu doktorskim pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka.

Rozprawa doktorska pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka zatytułowana „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery”, napisana została pod kierunkiem prof. dr. hab. Krzysztofa Markowicza (promotor) i dr. Marcina Witka (promotor pomocniczy).

Praca jest oryginalnym opracowaniem naukowym z zakresu fizyki atmosfery, w szczególności dynamiki granicznej warstwy atmosfery (GWA). Jej głównym problemem badawczym jest analiza wpływu pionowego rozkładu aerozolu atmosferycznego i jego właściwości optycznych na nagrzewanie i wysokość konwekcyjnie wymieszanej GWA. Szczegółowo przeanalizowano dwa przypadki rozkładu pionowego aerozolu absorbującego – aerozol zalegający w stosunkowo cienkiej warstwie powyżej GWA (tzw. efekt kopuły) oraz aerozol równomiernie rozproszony w całej konwekcyjnie wymieszanej GWA (tzw. efekt pieca). Postawiony problem badawczy rozwiązano przy pomocy symulacji numerycznych z zastosowaniem specjalnie opracowanego w tym celu nowego modelu numerycznego EDMF-AERO.

Opis i ocena rozprawy pod względem formalnym

Przedstawiona do oceny dysertacja ma formę monografii naukowej liczącej 138 stron poprzedzonych spisem treści, częścią wstępną definiującą cel i organizację pracy, streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz przedmową. Zasadnicza treść dysertacji zajmuje strony 1–92. Na stronach 93–106 zamieszczono obszerny spis literatury, obejmujący około 120 pozycji, w przeważającej większości anglojęzycznych (warto tu przypomnieć, że w alfabecie polskim „ł” znajduje się po „l” a nie po „z”). Strony 107–138 zawierają zestaw

dotatków, w których szczegółowo omówiono teoretyczne podstawy transferu promieniowania, ewolucji GWA oraz zastosowanych metod numerycznych. Pracę zamyka tabela obejmująca zestawienie symboli i oznaczeń stosowanych w tekście.

Przedstawiony układ pracy jest logiczny i charakterystyczny dla zwartych tekstów naukowych i nie budzi zastrzeżeń. Przeniesienie znacznej części rozważań teoretycznych do dodatków jest zabiegiem nieco nietypowym, lecz nie wpływa w większym stopniu na ciągłość wywodu. Za właściwe należy uznać proporcje pomiędzy częścią teoretyczną a analizą badań własnych Autora przedstawionych w zasadniczych rozdziałach: Wprowadzenie (str.1–16), Aparatura i dane (str.17–28), Metody (str.29–54), Wyniki i dyskusja (str. 55–88), Podsumowanie (str. 89–106).

Pod względem językowym praca została napisana poprawną polszczyzną, zgodną ze stylem właściwym opracowaniom naukowym. Styl ten nie jest jednak w pełni konsekwentny – przeważnie ma on charakter bardzo hermetyczny, nasycony symbolami i trudny do śledzenia dla czytelnika nienależącego do wąskiego grona specjalistów, jednak w niektórych miejscach nosi znamiona tekstu popularnonaukowego (np.: *Czytelnika niezaznajomionego z tymi zagadnieniami zachęca się do zapoznania się z dodatkami A, B i C przed kontynuowaniem lektury.* – str. 17 i podobnie na str. 29) czy wręcz gawędziarskiego (np.: *Opis cyklu dobowego GWA rozpoczniemy od godzin porannych podążając za rys. 1.2 – str. 4).* W innych miejscach można natomiast odnieść wrażenie, że Autor bardziej opisuje rysunki niż prowadzi wywód merytoryczny.

Rysunki prezentujące wyniki badań stanowią zresztą integralną część rozprawy. Generalnie są one dostatecznie czytelne, poprawnie opisane i prawidłowo zredagowane. Pewne drobne niekonsekwencje edytorskie dotyczą sposobu zapisu podpisów pod rysunkami (np. stosowanie nawiasów w niektórych przypadkach, jak Rysunek 3.6, przy jednoczesnym ich pomijaniu w innych), a także skrótów użytych w opisach legend (np. w rys. 4.12), które miejscami mogłyby być bardziej precyzyjne. Pewną niekonsekwencją jest też stosowanie w rozdziale 4.1 czasu UTC, w innych przypadkach czasu LT.

Sposób prezentacji tabel oraz oznaczeń we wzorach matematycznych nie budzi poważniejszych zastrzeżeń – są one zasadniczo poprawne i kompletne.

Podsumowując ocenę pracy pod względem formalnym należy stwierdzić, że spełnia ona wymogi rozprawy doktorskiej a drobne uchybienia nie wpływają istotnie na odbiór merytoryczny pracy ani na jasność przedstawionych treści.

Opis i ocena merytoryczna rozprawy

Relacje pomiędzy koncentracją i właściwościami aerozoli atmosferycznych a dynamiką warstwy granicznej atmosfery stanowią istotny, stosunkowo słabo rozpoznany problem badawczy z zakresu fizyki atmosfery. Dlatego cel pracy zdefiniowany jako *wykonanie studium wpływu właściwości optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu Granicznej Warstwy Atmosfery* należy uznać za istotny a przedstawiona szczegółowa analiza dwóch szczególnych przypadków rozkładu pionowego koncentracji aerozolu absorbującego prowadzących do powstawania tzw. efektu pieca i efektu kopuły, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Część merytoryczną dysertacji rozpoczyna *Wprowadzenie*, w którym Autor przedstawił ogólne wiadomości dotyczące GWA i jej zmienności dobowej, aerozolu atmosferycznego oraz interakcji aerozol-GWA. W rozdziale tym zdefiniowano również kluczowe dla dalszej części pracy efekty pieca i kopuły oraz (nieanalizowany w pracy) efekt parasola. Rozdział ten, zwłaszcza w sekcji 1.4, zawiera przegląd literatury, który dowodzi ogólnej wiedzy teoretycznej Autora w zakresie badanej tematyki.

Doświadczalną bazę weryfikacji modelu przedstawiono w rozdziale 2 pt. *Aparatura i Dane* składającym się z 3 podrozdziałów. Pierwszy z nich (rozdz. 2.1) dotyczy przyrządów pomiarowych, które były wykorzystywane do gromadzenia danych, natomiast w kolejnych dwóch opisano dane ze stacji SolarAOT w Strzyżowie (z dni 21, 22, 28, 31 maja i 1 czerwca 2023 r.) oraz z Obserwatorium Geofizycznego w Świdrze (28 i 29 października 2014 r.). W rozdziale 2.1 wymieniono i krótko scharakteryzowano poszczególne czujniki podając niejako „fabryczne” charakterystyki, które mają ograniczone znaczenie dla analizowanego problemu. Pominięto natomiast informacje dotyczące sposobu ich wykorzystania w pomiarach. Na przykład opisano dane techniczne anemometru ultradźwiękowego Young 81000 oraz higrometru kryptonowego KH20, wspominając jedynie, że tworzyły one system kowariancji wirów pozwalający na pomiary strumienia ciepła jawnego i strumienia ciepła utajonego, nie podając na jakiej wysokości był ten system zamontowany, jakie powierzchnie obejmował obszar źródłowy itp. – informacje te byłyby znacznie istotniejsze z punktu widzenia analizy niż szczegóły techniczne samych czujników. Podobne uwagi można odnieść do opisu pozostałej aparatury.

Podrozdziały opisujące dane wykorzystane do weryfikacji modelu są nieco niejasne. W szczególności należałoby wyraźniej określić, jakie profile i parametry zostały wykorzystane jako dane wejściowe modelu i/lub w celu weryfikacji wyników, oraz w jaki sposób uzyskano je z dostępnych danych pomiarowych. Zachodzi również pytanie czy

rzeczywiście stacja w Tarnowie jest „wystarczająco blisko” aby zmierzone tam profile GWA uznać za reprezentatywne dla oddalonego o 65 km Strzyżowa. Ogólnie, baza danych służących weryfikacji modelu stanowi słabszy element badań.

Rozdział 3 zatytułowany *Metody* zawiera opis modelu EDMF-AERO (rozdz. 3.1), jego walidację (rozdz. 3.2) oraz studium czułości na wybrane parametry symulacji (rozdz. 3.3). Model EDMF-AERO jest połączeniem modelu ewolucji GWA i modelu transferu promieniowania, a jego przygotowanie i weryfikację należy uznać za kolejny dowód wiedzy oraz umiejętności Doktoranta w zakresie fizyki atmosfery oraz opanowania właściwego jej aparatu badawczego. Głównym wkładem Autora w powstanie modelu EDMF-AERO było stworzenie modułów inicjujących i integrujących oba podstawowe modele: modułu inicjalizacyjnego tworzącego profile i parametry wejściowe, modułu optycznego służącego do wygenerowania profili pionowych objętościowego współczynnika ekstynkcji i albedo pojedynczego rozpraszania, modułu strumieni powierzchniowych ciepła jawnego i ciepła utajonego oraz modułu sprzęgającego. Opis wszystkich modułów zawierają kolejne sekcje rozdziału 3.1, przy czym w opisie modułu strumieni powierzchniowych można zauważyć pewne pomieszenie pojęć odnoszących się do strumienia ciepła do gruntu i powierzchniowych strumieni ciepła. Wzory (3.6) rzeczywiście dotyczą parametryzacji strumieni ciepła jawnego (Q_s) i utajonego (Q_L), jednak współczynniki C_s i C_L to nie współczynniki przewodnictwa ciepła i wilgoci, lecz tzw. integralne współczynniki transportu (ang. bulk transfer coefficients), które nie zależą od wilgotności głębszych warstw gleby, natomiast cytowana praca (Liebethal i Foken, 2007) dotyczy strumienia ciepła do gruntu. Należy również zaznaczyć, że proponowane parametryzacje Q_s i Q_L mają wybitnie lokalny charakter, a fakt, że współczynniki regresji wyznaczono na podstawie miesięcznych pomiarów z przełomu czerwca i sierpnia budzi zastrzeżenia odnośnie ich stosowalności w innych porach roku. Z innych uchybień w tym rozdziale należy wskazać błędne przekształcenie wzoru na logarytmiczny profil wiatru (wz. 3.1). Również nie wszystkie opisy układów równań są kompletne – na przykład nie podano w jaki sposób parametryzowany jest współczynnik K_M (wz. 3.9 i 3.10) czy współczynnik wciągania powietrza przez komórki konwekcyjne, ε (wz. 3.12 i 3.13).

Porównanie wyników modelu z pomiarami wykonywanymi na stacji SolarAOT w Strzyżowie (rozdz. 3.2) pokazuje, że model w miarę poprawnie odzwierciedla główne cechy dynamiki rozwoju GWA w godzinach porannych, a obserwowane rozbieżności mogą być wynikiem niedoskonałości, zarówno samego modelu, jak i danych wykorzystywanych do jego walidacji (np. różne profile temperatury dla tej samej godziny uzyskane z radiometru

HATPRO i radiosondy M20). Ze względu na dosyć ubogą bazę danych walidacyjnych również wyniki rozdz. 3.3 stanowiącego studium czułości na wybrane parametry symulacji należy traktować w większym stopniu jakościowo niż ilościowo.

W rozdziale 4 przedstawiono *Wyniki i dyskusję*. Rozdział ten rozpoczyna analiza dziennej ewolucji wysokości GWA (WGWA) w sezonie letnim, zimowym i jesienno-wiosennym dla efektu kopuły i efektu pieca. W pierwszym przypadku, we wszystkich sezonach, wykazano opóźnienie momentu początku tworzenia się konwekcyjnie wymieszanej GWA oraz mniejszą jej grubość w momencie maksymalnego rozwoju. W przypadku efektu pieca zaobserwowano natomiast efekt odwrotny – warstwa ta zaczynała formować się wcześniej i osiągała większą grubość w momencie maksymalnego rozwoju. Przeanalizowano również szczególny przypadek skoku WGWA, w którym pozorne obniżenie tej wysokości jest wynikiem rozwarstwienia termicznego GWA. W części tej pewne wątpliwości budzić może wykorzystanie jesiennej parametryzacji strumienia ciepła jawnego do warunków zimowych. Dodatkowo parametryzacja ta (wz. 3.8) wyklucza ujemne wartości Q_s , podczas gdy parametryzacja letnia (wz. 3.7) na takie wartości pozwala. Ze względu na dużą wrażliwość modelu na wartość Q_s (rys. 3.13c) może to istotnie wpływać na wyniki, zwłaszcza na przesunięcie początku tworzenia się konwekcyjnie wymieszanej GWA.

Kolejnym krokiem analizy (rozdz. 4.2) jest studium dynamiki wzrostu GWA, w którym przeanalizowano szybkość wzrostu, V_{GWA} , i ogrzewania, Q_{GWA} , GWA w zależności od grubości optycznej, τ_{500} , i albedo pojedynczego rozpraszania, ω . Syntezą tych badań jest dopasowanie funkcji wielomianowej drugiego stopnia $V_{GWA}(\tau_{500}, \omega)$ i $Q_{GWA}(\tau_{500}, \omega)$. Jednakże, aby, zgodnie z sugestiami Autora zawartymi w podsumowaniu, parametryzacja ta mogła być stosowana w innych modelach (klimatycznych czy ewolucji GWA), powinna zostać przetestowana dla różnych sezonów i różnych parametryzacji strumieni powierzchniowych uwzględniających zróżnicowane typy pokrycia powierzchni.

Dzięki zastosowaniu podejścia modelowego możliwa była ocena wzajemnych relacji pomiędzy aerozolowym ogrzewaniem radiacyjnym (AGR) oraz zmniejszeniem intensywności ogrzewania powierzchni na skutek osłabienia promieniowania słonecznego przez warstwę aerozolową (rozdz. 4.3). Zgodnie z oczekiwaniami AGR nie ma znaczenia w przypadku efektu kopuły, gdyż warstwa aerozolowa znajduje się ponad GWA, natomiast nowatorskim ustaleniem pracy jest stwierdzenie, że w przypadku efektu pieca intensywność obu tych procesów jest w przybliżeniu funkcją liniową grubości optycznej aerozolu.

Przedstawione w rozdziale 4.4 *Studium przypadku ekstremalnego* z dnia 29.10.2014 nie daje moim zdaniem jednoznacznych rezultatów. Model stosunkowo dobrze oddaje

WGWA dla godziny 10:30, gorzej profil temperatury. Nie do końca wiadomo natomiast jaki przyjęto profil aerozolu, gdyż ewolucja WGWA (rys. 4.16) jest charakterystyczna dla efektu kopuły, natomiast szybkość ogrzewania sugeruje efekt pieca. Również opis danych przedstawiony w rozdziale 2.3 (wysoka koncentracja aerozolu absorbującego przy powierzchni) sugerowałby w tym przypadku efekt pieca.

Analizę dynamiki cieplnej GWA z uwzględnieniem podziału na poszczególne strumienie energii przedstawiono w rozdziale 4.5. W pierwszym kroku przedstawiono ewolucję czasową składników bilansu: powierzchniowego strumienia ciepła jawnego, ogrzewania charakterystycznego dla czystej atmosfery i ogrzewania związanego ze składnikiem aerozolowym. Należy domniemywać, że przedstawione na rys. 4.20 wyniki dotyczą analizowanego przypadku ze Świdra. Pojawia się w tym miejscu pewna niespójność z rys. 4.18, gdyż zgodnie z wykresem sumarycznego strumienia energii na rys. 4.20 przyjmuje on dodatnie wartości dopiero ok. godz. 9:00. Zatem do tego czasu GWA powinna się wychładzać, a nie ogrzewać.

W kolejnym kroku przeanalizowano wpływ zawartości aerosolu na poszczególne składniki bilansu, przy czym nie do końca jest jasne co przedstawiono na rys. 4.21c – czy jest to suma składników B i D równania 4.9 (jak należałoby przypuszczać), czy zgodnie z odpisem suma B i C.

Właściwą część pracy zamyka *Podsumowanie*, w którym Autor przedstawił najważniejsze wyniki i wnioski uzyskane w toku badań. Przytoczone wyniki pozwalają stwierdzić, że założony cel pracy został osiągnięty, a powstały w wyniku jej realizacji model może być użytecznym narzędziem badań GWA z uwzględnieniem efektów aerozolowych. Nie mogę jednak w pełni zgodzić się z twierdzeniem Autora, że „podobne analizy można wykonywać rutynowo np. na stacjach meteorologicznych lub też badać duże zbiory danych dla poszczególnych dni z wielu lat wstecz”. W mojej ocenie możliwość takiego zastosowania jest ograniczona ze względu na bardzo uproszczony i lokalny charakter modelu strumieni powierzchniowych.

Cechą charakterystyczną ocenianej rozprawy są następujące po spisie literatury rozbudowane dodatki szczegółowo omawiające fizyczne podstawy badań. Są one dodatkowym potwierdzeniem ogólnej wiedzy Doktoranta w zakresie analizowanej problematyki.

Podsumowując ocenę merytoryczną prezentowanej dysertacji uważam, że mimo sprecyzowanych powyżej uwag, które w większości wypadków należy traktować jako

element polemiki naukowej, prezentuje ona bardzo wysoki poziom badań z zakresu dynamiki GWA świadczący o dużej wiedzy i umiejętnościach Autora.

Uwagi końcowe

Zgodnie z obowiązującą Ustawą rozprawa doktorska powinna prezentować ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej oraz potwierdzać jego umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, a jej przedmiotem powinno być oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Uważam, że przedstawione powyżej argumenty pozwalają stwierdzić, iż przedłożona rozprawa spełnia wskazane warunki. Ogólna wiedza teoretyczna Doktoranta została potwierdzona, zarówno w rozdziale poświęconym przeglądowi współczesnych badań dotyczących relacji aerozol-GWA, jak i w dyskusji uzyskanych wyników oraz w informacjach zawartych w dodatkach do pracy.

Opracowanie połączonego modelu transferu promieniowania i ewolucji warstwy granicznej atmosfery oraz przeprowadzenie z jego wykorzystaniem symulacji efektu pieca i efektu kopuły wraz z analizą wyników dowodzą umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz stanowią rozwiązanie konkretnego problemu badawczego.

Należy jednocześnie zauważyć, że oceniana rozprawa w dużej części przytacza treści opublikowanego artykułu: Florczyk, G., K. Markowicz, i M. Witek, 2025, Substantial impacts of absorbing aerosols on pbl evolution in EDNF-AERO modeling framework. *Atmospheric Environment*, 352, 121-192. Mimo że jest to monografia, a nie zbiór artykułów, wciąż jest to praca doktorska oparta w zasadzie na jedynie jednym artykule. Zwyczajowo jest to kilka prac. Fakt ten nie stanowi jednak przeszkody formalnej, a wysoki poziom merytoryczny prezentowanych badań w pełni równoważy te „braki ilościowe” i pozwala na zdecydowanie pozytywną konkluzję odnośnie wypełnienia warunków pracy doktorskiej.

Wobec powyższego stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka pt. „Wpływ własności optycznych aerozolu atmosferycznego na strukturę termiczną i dynamikę wzrostu granicznej warstwy atmosfery” spełnia zarówno merytoryczne, jak i formalne wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję do Rady Naukowej Dyscypliny Nauki Fizyczne Uniwersytetu Warszawskiego o przyjęcie pracy jako rozprawy na stopień doktora oraz o dopuszczenie Pana mgr. inż. Grzegorza Marka Florczyka do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora, w tym do publicznej obrony.



prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak