

Prof. dr hab. Janusz Wojciech Krzyścin
Zakład Fizyki Atmosfery
Instytut Geofizyki PAN

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Łucji Janickiej

„Własności optyczne i mikrofizyczne aerozolu atmosferycznego pochodzącego ze spalania biomasy pozyskiwane na podstawie obserwacji lidarowych w Warszawie”

Podstawa opracowania recenzji: pismo prof. dr hab. Dariusza Wasika, Dziekana Wydziału Fizyki, Uniwersytetu Warszawskiego z dnia 5 września 2022 r. dot. powołania prof. dr hab. Janusza Krzyścina na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr Łucji Janickiej, która została złożona na Wydziale Fizyki UW w celu uzyskania stopnia doktora nauk fizycznych. Promotorem rozprawy jest dr hab. Iwona Stachlewska, prof. ucz.

1. Uwagi ogólne

Recenzowana rozprawa dotyczy pionowego rozkładu własności optycznych i mikrofizycznych aerozolu nad Warszawą z pomiarów lidarowych z zastosowaniem 12-kanałowego lidar aerozolowo-depolaryzacyjnego-ramanowskiego (jedyne taki w Polsce) Polly^{XT} –UW. Pomiarów wykonywano w ramach Laboratorium Pomiarów Zdalnych Instytutu Geofizyki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Szczegółowej analizie poddano przypadki transgranicznego napływu nad Warszawę aerozoli prawdopodobnie pochodzących ze spalania biomasy w okresie 2013-2020. Pomiarów lidarem Polly^{XT} –UW dostarczyły pionowych profili własności optycznych aerozolu (w tym rzadko mierzonego w atmosferze współczynnika depolaryzacji liniowej) oraz stosunku zmieszania pary wodnej. Stosując procedury matematyczne rozwiązywania tzw. zagadnienia odwrotnego uzyskano własności mikrofizyczne obserwowanych aerozoli atmosferycznych (rozkład wielkości cząstek aerozolu, zespolony współczynnik refrakcji i albedo pojedynczego rozpraszania).

Z profili pionowych charakterystyk fizyko-chemicznych aerozolu zebranych w latach 2013-2020 wyselekcjonowano 31 przypadków, kiedy z analizy źródła i kierunku napływu cząstek aerozolu wynikało, że nad Warszawą pojawiał się aerozol pochodzący ze spalania biomasy ze źródeł naturalnych. W dysertacji doktorskiej wyraźnie podkreślono, (str. 26), że celem naukowym nie była pełna analiza napływów nad Warszawę aerozolu ze spalania biomasy w

okresie 2013-2020, ale ograniczono się do analizy wybranych przypadków, kiedy z obserwacji lidarowych można było uzyskać komplet wysokiej jakości danych o parametrach fizyczno-chemicznych aerozolu. Analizowane profile podzielono na 4 klasy ze względu na obszar źródłowy aerozolu: Ameryka Północna, Europa Wschodnia i Zachodnia i Półwysep Iberyjski. Hipotezy badawcze generalne dotyczyły różnic między własnościami aerozolu napływającego z tych obszarów. W swoich wcześniejszych współautorskich artykułach autorka rozprawy doktorskiej dyskutowała wybrane indywidualne sytuacje napływu aerozolu z biomasy nad Warszawę. Rozprawa w zamyśle doktorantki miała stanowić uogólnienie i syntezę jej badań nad własnościami aerozolu pochodzącego ze spalania biomasy z zastosowaniem obserwacji lidarowych nad Warszawą z okresu 2013-2020. Zastosowano opracowane w ramach doktoratu oprogramowanie, *PROfiler*, do oceny jakości i profili lidarowych parametrów optycznych aerozolu.

Analizowany w dysertacji doktorskiej problem jest interesujący i aktualny, ze względu na to, że aerozole atmosferyczne istotnie wpływają na zmianę klimatu rozpraszając i pochłaniając promieniowanie słoneczne, co odpowiednio prowadzi do chłodzenia lub grzania atmosfery. W dodatku cząstki aerozolu atmosferycznego mogą stanowić jadra kondensacji kropel chmurowych. Rodzaj aerozolu ma pośrednio wpływ na albedo chmur i ich czas życia prowadząc do mniejszego lub większego chłodzenia atmosfery. Aerozole przeciwdziałają, więc globalnemu ociepleniu, za wyjątkiem sytuacji aerozolu ze spalania biomasy, który ze względu na dużą zawartość węgla, absorbuje promieniowanie słoneczne. Tego typu aerozol jest przedmiotem szczegółowych rozważań w przedstawionej rozprawie doktorskiej.

2. Treść Doktoratu

Dysertacja wraz ze spisem treści, streszczeniem, listą skrótów i terminów fizycznych, załącznikami, oraz spisem literatury liczy łącznie 116 stron. Praca napisana jest w języku polskim.

Tezy doktoratu przedstawiono w siedmiu rozdziałach. W rozdziale pierwszym (Wstęp) omówiono podstawowe własności aerozolu ze spalania biomasy, występowanie tego typu aerozolu na terenie Polski i stosowane metody badawcze z przedstawieniem zalet pomiarów aerozolu z zastosowaniem lidar aerozolowo-depolaryzacyjnego-ramanowskiego. Ponadto przedstawiono cele rozprawy doktorskiej, do których należało wyznaczenie specyficznych własności optycznych i mikrofizycznych aerozolu ze spalania biomasy napływającego nad Warszawę. W drugim rozdziale postawiono hipotezy badawcze. Pierwsza z hipotez i

najważniejsza, to stwierdzenie czy aerozol z biomasy nad Warszawa istotnie różni się z od tego obserwowanego w innych rejonach świata i czy źródło pochodzenia aerozolu i czas przebywania w atmosferze determinuje jego własności optyczne i mikrofizyczne uzyskane z pomiarów lidarem Polly^{XT} –UW. Druga i trzecia hipoteza badawcza to kolejno stwierdzenie, że pewne sytuacje synoptyczne i obecność frontów atmosferycznych są czynnikami różnicującymi własności optyczne i mikrofizyczne aerozolu ze spalania biomasy.

W kolejnym rozdziale szczegółowo omówiono aparaturę naukową, metodykę obróbki danych z sondowań lidarowych i przedstawiono podstawowe formuły matematyczne wykorzystywane w obliczeniach parametrów ekstensywnych aerozolu. Podkreślono znaczenie obserwacji z zastosowaniem lidar depolaryzacyjno-ramonowskiego do precyzyjnego wyznaczania własności aerozolu. W tym rozdziale zdefiniowano także parametry intensywne aerozolu wykorzystane w dysertacji do określenia typu aerozolu i jego właściwości tj., iloraz lidarowy (a zwłaszcza stosunek ilorazów lidarowych dla fal 532 nm i 355 nm służący określeniu wieku aerozolu ze spalania biomasy), oraz wykładnik Angstroma wyznaczany osobno dla ekstynkcji i rozpraszania wstecznego. W dalszej części rozdziału 3 zdefiniowano pojęcia i przedstawiono formuły i przybliżenia stosowane do wyznaczenia własności mikrofizycznych aerozolu analizowanych w rozprawie tj. funkcję rozkładu wielkości aerozolu, zespolony współczynnik refrakcji i albedo pojedynczego rozpraszania (prawdopodobieństwa rozproszenia fotonu). Omówiono algorytmy, należące do kategorii zagadnień odwrotnych, stosowane w pracy do odzyskiwania funkcji rozkładu wielkości cząsteczek.

Rozdział 4 przedstawia szczegółowo metodę obróbki danych lidarowych i procedury stosowane w wyborze przypadków napływu nad Warszawę aerozoli ze spalania biomasy. Zastosowano analizę wstecznych trajektorii, dane satelitarne do wyznaczenia obszarów palenia biomasy i model NAAPS do stwierdzenia, że istnieją przesłanki do pojawienia się nad Warszawą aerozolu ze spalania biomasy w odległych rejonach poza granicami Polski. W sumie dalej analizowano 31 sondowań aerosolowych. Założono, że w profilu pomiarowym mogło znajdować się co najwyżej do 4 warstw aerosolowych. Wybrane przypadki napływu aerozolu podzielono na 4 klasy ze względu na obszar źródłowy tj. aerozol pochodzący z Ameryki Północnej (39% ogółu przypadków), Europy Wschodniej, Południowej i Północnej (35%), Europy Zachodniej (21%) i z Półwyspu Iberyjskiego. Dalej dla każdego przypadku przedstawiono przebiegi trajektorii wstecznych i dyskutowano jakie układy synoptyczne związane były z transportem aerozolu z obszarów źródłowych, co miało na celu weryfikację hipotez naukowych przedstawionych w rozdziale 2. W ostatnim podrozdziale omówiono

zagadnienia związane z obróbką danych i błędami pomiarowymi. W analizie danych zastosowano zaproponowane przez doktorantkę narzędzie do wizualizacji i oceny profili lidarowych bazujące na wcześniejszych algorytmach opracowanych przez innych autorów. W analizie własności mikrofizycznych aerozolu zastosowano program *Lidar Configurator* opracowany na Uniwersytecie w Poznaniu.

Rozdział 5 przedstawia wyniki analizy porównawczej własności aerozolu dla wyodrębnionych typów aerozolu na podstawie lokalizacji źródła spalania biomasy. 4 profile (spośród 31) były przedmiotem wcześniejszych analiz przedstawionych we współautorskich artykułach. Doktorantka wyznacza podstawowe statystyczne wielkości (średnia, odchylenie standardowe) dla parametrów intensywnych i ekstensywnych aerozolu z podziałem na wyodrębnione cztery typy aerozolu ze spalania biomasy. Dodatkowo analizowano wysokość napływu aerozolu i grubość warstwy aerozolowej. Warstwy aerozolowe znajdujące się poniżej 0.8 km nie były uwzględnione w analizach ze względu na ograniczenia techniczne obróbki sygnału lidarowego. Nowatorskim elementem rozprawy jest wyznaczenie wzajemnych relacji (liniowych) między aerozolowymi współczynnikami rozpraszania wstecznego, współczynnikami ekstynkcji i depolaryzacji dla pary fal 355 nm i 532 nm. Tego typu analiza nie była możliwa dla nie ramanowskich lidarów. Ponadto stwierdzono zależności ilorazów lidarowych (oznaczonych w pracy jako $CRLR_{532/355}$), zwyczajowo definiujących wiek aerozolu (<1 aerozol świeży, >1 aerozol stary) od ilorazów lidarowych (dla fali 355 nm i 532 nm), oraz wykładników Angstroma (dla par fal 355 nm/532 nm), osobno dla ekstynkcji i rozpraszania wstecznego. Procesy starzenia aerozolu ze spalania biomasy można wyraźnie stwierdzić analizując rozpraszanie wsteczne i ekstynkcję aerozolu (czyli iloraz lidarowy) w zakresie ultrafioletowego widma promieniowania słonecznego. Zaobserwowano zmiany zależności ilorazu lidarowego od współczynnika Angstroma wyznaczanego dla ekstynkcji (iloraz lidarowy maleje ze wzrostem współczynnika Angstroma) i rozpraszania wstecznego (iloraz lidarowy rośnie ze wzrostem współczynnikiem Angstroma). Zidentyfikowano, że aerozol przychodzący z Ameryki i Półwyspu Iberyjskiego jest aerozolem starym z małymi wartościami współczynnika Angstroma dla ekstynkcji i dużymi wartościami współczynnika Angstroma dla rozpraszania wstecznego, oraz z małymi wartościami ilorazu lidarowego dla fali 355 nm. W ten sposób częściowo zweryfikowano pierwszą hipotezę badawczą dot. różnic w parametrach fizyczno-chemicznych aerozolu w zależności od jego źródła.

Parametry mikrofizyczne aerozolu (rozkład wielkości cząstek, zespolony współczynnik refrakcji, albedo pojedynczego rozpraszania) analizowano tylko w jednym przypadku, na

podstawie sondowań lidarowych w nocy z 9 na 10 sierpnia 2015 r. W tym czasie obserwowano nad Warszawą wielowarstwową strukturę aerozolu. Aerosol ze spalania biomasy zmieszany był z innymi typami aerozolu do wysokości około 3.5 km, powyżej znajdował się pył mineralny pochodzący znad Sahary. W sumie zidentyfikowano 115 podwarstw aerozolu z czego 69 spełniło kryteria jakościowe do wyznaczenia parametrów mikrofizycznych aerozolu. Parametry optyczne aerozolu pozwoliły zidentyfikować 5 grup aerozolu, z czego jedna (na wysokość 2.5-3 km) mogła zawierać „stary” aerosol ze spalania biomasy. Zaobserwowany rozrzut parametrów optycznych w tych grupach nie pozwolił jednoznacznie stwierdzić podobieństwa tych warstw do wcześniej przedstawionych (w rozdziale 4) klas aerozolu wyodrębnionych w oparciu o obszar źródłowy aerozolu. Mikrofizyczne własności aerozolu dla wyodrębnionych grup aerozolu przedstawiono powołując się na obliczenia przedstawione w pracy Janicka i Stachlewska (2019). Wartości albedo pojedynczego rozpraszania i urojona część współczynnika załamania wskazuje na podobieństwo własności aerozolu dla grup od drugiej do piątej. W tych grupach albedo pojedynczego rozpraszania wynosiło około 0.85, co wskazywałoby na obecność aerozolu absorbującego. Grupę 1 (najbliżej powierzchni gruntu na wysokości około 1,4 km) wyodrębniono na podstawie zwiększonego albeda pojedynczego rozpraszania (~0.90) i prawie dwukrotnie mniejszą wartością urojonej części współczynnika niż w grupach 2-5. Według doktorantki wskazywało to na obecności mieszanego typu aerozolu. Udział poszczególnych frakcji aerozolowych w wyróżnionych grupach nie był jednak dyskutowany.

Rozdział 6 i 7 rozprawy doktorskiej poświęcono na krótką dyskusję wyników i podsumowanie, zwracając uwagę na wysoką stabilność pomiarów lidar Polly^{XT}-UW i korzyści wynikające z zastosowania narzędzia *PROfiler*, opracowanego przez doktorantkę w celu efektywnego odzyskiwania parametrów optycznych aerozolu i wizualizacji wyników. W końcowych fragmentach rozdziału 7 doktorantka określiła perspektywy kontynuacji badań.

Rozprawę doktorską zamyka spis literatury, lista akronimów i dwa załączniki. Pierwszy załącznik przedstawia kalendarium 31 przypadków, od kilku do kilkunastu (18 przypadków w 2018 r.) rocznie, wybranych do analizy porównawczej dla lat 2013-2020. Załącznik B stanowi instrukcję obsługi narzędzia *PROfiler* napisaną w języku angielskim.

3. Uwagi krytyczne i zagadnienia wymagające uzupełnienia lub wyjaśnienia

Artykuł 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce w punkcie 3 stwierdza, że

„Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej”

Przedstawiono praca ma charakter monografii naukowej, ale koncepcja i metodologia badań lidarowych pochodzi z szeregu wcześniejszych współautorskich publikacji prowadzonych w ramach Laboratorium Pomiarów Zdalnych IGF UW. Nie jest jasne jaki był udział doktorantki w przygotowaniu tych prac. W kategorii doktoratu bazującym na publikacjach w recenzowanych czasopismach, zwykle współautorzy definiują swój wkład w powstanie publikacji. W monografii doktorantka rozszerzyła listę analizowanych sytuacji napływu nad Warszawę aerozolu ze spalania biomasy i zastosowała wcześniej opracowaną metodykę obliczeniową. Proponowane przez doktorantkę narzędzie *PROfiler* miało jedynie usprawnić i ujednolicić opracowanie wyników dot. profili pionowych parametrów optycznych aerozolu. Według doktorantki „istotną częścią pracy doktorskiej było stworzenie uniwersalnych narzędzi do wizualizacji i analizy porównawczej profili lidarowych” (str. 11). Jednak te narzędzie zastosowano znacznie wcześniej. Rys.14 rozprawy i Rys.6a (Janicka i Stachlewska, 2019) pokazują taką samą strukturę warstw. Na Rys.6a jest dodatkowa warstwa Numer 4, którą w rozprawie doktorskiej zaliczono do grupy „innych” warstw. Publikację Janicka & Stachlewska (2019), na którą doktoranta wielokrotnie powołuje się w rozprawie doktorskiej, przedstawiono w czasopiśmie ACPD. Ostatecznie po negatywnych recenzjach praca nie została zakwalifikowana do publikacji w czasopiśmie ACP zaliczanym do kategorii renomowanych czasopism tj. znajdujących się na liście JCR (Journal Citation Report). Czy w tej sytuacji można mieć zaufanie do funkcjonalności tego narzędzia obliczeniowego? W jaki sposób w pracy doktorskiej zmodyfikowano te narzędzie i analizę warstw aerosolowych w atmosferze w odpowiedzi na zarzuty recenzentów?

W sumie analizowano parametry optyczne aerozolu dla 27 nowych przypadków (4 przypadki pochodziły ze wcześniejszych prac) z okresu 2013-2020. Zainteresowanie aerosolami pochodzącymi ze spalania biomasy związane jest z ich właściwościami absorpcyjnymi, które zwyczajowo definiuje się podając wartość albedo pojedynczego rozpraszania. W rozprawie tylko dla jednego przypadku (9/10 sierpnia 2015 r., który wcześniej dogłębnie omówiono w pracy Janicka & Stachlewska, 2019) wyznaczono albedo pojedynczego rozpraszania dla warstw aerosolowych, stwierdzając obecność aerozolu ze spalania biomasy w warstwach od drugiej do piątej. Dlaczego nie wyznaczono tego parametru dla wszystkich wybranych profili

lidarowych? W tym aspekcie nasuwa się pytanie, czy zakres zmienności analizowanych własności optycznych aerozolu jednoznacznie wskazuje, że wybrane profile dotyczyły aerozolu ze spalania biomasy. Jaki jest zakres zmienności tych parametrów optycznych w odniesieniu do innych klas aerozolu (np. mineralnego, pyłu saharyjskiego, siarczanowego itp.)? i czy nie znając źródeł aerozolu wyznaczonych z trajektorii wstecznych i lokalizacji palenia biomasy (z obserwacji MODIS) można byłoby jednoznacznie stwierdzić, że aerozol pochodzi ze spalania biomasy? Recenzent uważa, że biorąc pod uwagę zmiany w strukturze aerozolu podczas napływu z odległych źródeł (w tym wpływ uwadniania suchego aerozolu w sytuacji dużej wilgotności powietrza) nie można ocenić typu aerozolu dysponując jedynie profilem lidarowym wielkości optycznych aerozolu (poza skrajnymi przypadkami). W tej sytuacji lidar dostarcza informacji o pionowej zmienności własności aerozolu w tym występowanie warstw o takich samych własnościach optyczno/mikrofizycznych. Wyznaczenie źródeł pochodzenia aerozolu jest zupełnie innym zagadnieniem i obciążonym dużym błędem ze względu na możliwość transformacji własności aerozolu w trakcie transportu z obszaru źródłowego.

Analizowane dane, w sumie 62 warstw aerozolowych, wybrano z okresu 2013-2020. Dane nie są rozłożone równomiernie (39 warstw pochodzi z 2018 r.) i czy w tej sytuacji dane są reprezentatywne dla tego okresu? Corocznie mamy do czynienia ze spalaniem biomasy w Europie Wschodniej i ta klasa powinna dominować w analizach. Doktorantka w rozprawie wielokrotnie stwierdza (np. na str. 46), że ograniczona liczba danych powoduje, że „prezentowana praca nie stanowi analizy statystycznej napływów w ścisłym tego słowa znaczeniu”. Takie stwierdzenie jednak stoi w sprzeczności z hipotezami badawczymi, które mają charakter generalny i wymagają systematycznego badania aerozolu w wielu miejscach w Europie. Hipoteza trzecia dot. struktury aerozolu w sąsiedztwie frontów atmosferycznych oparta jest na wcześniejszych rozważaniach prezentowanych we współautorskich pracach w tym i na analizie przypadku z 9/10 sierpnia 2015 r., który wzbudził szereg wątpliwości u recenzentów pracy Janicka & Stachlewska (2019).

Doktorantka wyróżniła 4 klasy aerozolu ze względu na miejsce źródła spalania biomasy. Kilkudniowe trajektorie wsteczne pochodziły z wysokich warstw atmosfery (nawet do 8 km od powierzchni gruntu) nad palącymi się obszarami. Dodatkowo model NAAPS potwierdzał obecności aerozolu ze spalania biomasy na tych wysokościach. Jaka jest precyzja określania typu aerozolu z modelu NAAPS? Czy rzeczywiście na wysokościach wskazywanych przez trajektorie wsteczne był wyłącznie aerozol pochodzący ze spalania biomasy i jaka była jego koncentracja związana ze spalaną poniżej biomasą? Czy obserwowane źródła spalania biomasy

były na tyle intensywne, aby aerozol mógł znajdować się tak wysoko? Zaskakującym jest to, że w dysertacji pokazano trajektorie pochodzące z obszarów, gdzie trudno byłoby oczekiwać pojawienia się aerozolu ze spalania biomasy np. 3 trajektorie przedstawione na Rys. 5 pochodzą z zachodniego Atlantyku w pobliżu wysp brytyjskich, 2 trajektorie na Rys. 6 z Norwegii. Wydaje się, że aerozol w klasie napływu z zachodniej Europy powinien zawierać silną składową antropogeniczną związaną z obszarami przemysłowymi w tej części Europy i nie nadaje się do analizy przypadków ze spalania biomasy?

W rozdziale 5 dyskutowano różnice między poszczególnymi typami aerozolu na podstawie średnich wielkości parametrów optycznych aerozolu przedstawionych w Tabeli 1 i 2. Dyskusja różnic ma wyłącznie jakościowy charakter tzn. porównuje się średnie wartości bez odniesienia do zmienności tych parametrów i liczby przypadków w poszczególnych z góry zadanych 4 typach. W tej sytuacji potrzebne jest zastosowanie testów statystycznych dla różnic między średnimi np. testu t jeśli rozkład analizowanych własności optycznych aerozolu w wyróżnionych typach aerozolu jest normalny. Pożądanym byłoby zastosowanie klasyfikacji statystycznej (wiele typów klasyfikatorów znajduje się w popularnych pakietach statystycznych), czyli przydzielenie poszczególnych obserwacji (w sumie 62) do klas bazując na zbiorze własności optycznych tych obserwacji, wysokości i grubości warstwy, oraz długości trajektorii. Dodatkowo można wyznaczyć te atrybuty, które w największym stopniu determinują przynależność do klasy (np. iloraz lidarowy, oznaczony w rozprawie jako $CRLR_{532/355}$, jak to sugeruje doktorantka). Czy rzeczywiście klasyfikacja statystyczna rozdzieli analizowane przypadki na grupy odpowiadające przyjętym w doktoracie obszarom źródłowym dla aerozolu nad Warszawą? W ten sposób możemy obiektywnie zweryfikować hipotezy badawcze, nawet jeśli dysponujemy niewielką liczbą profili lidarowych.

Problemami mniejszej wagi wymagającymi dyskusji są:

- ujemna (nawet do -1) wartość współczynnika Angstroma dla ekstynkcji w sytuacji napływu aerozolu z Ameryki Północnej (Rys.13c). Czy teoretycznie jest to możliwe? Jakie powinny być parametry mikrofizyczne aerozolu w tej sytuacji?
- grubość optyczna w warstwach aerozolu przedstawiona na Rys.10 powinna być odniesiona do wieloletniej (lub dziennej, jeśli to możliwe) średniej całkowitej (w całej kolumnie atmosfery) grubości optycznej aerozolu wyznaczonej w ramach sieci AERONET z pomiarów kolumnowych spektrofotometrem CIMEL (tego typu

obserwacje prowadzone są w pobliżu Warszawy w Belsku od 2002 r. i Warszawie od 2018 r. w tym samym miejscu co obserwacje lidarowe)

- uwzględniając precyzję pomiarów ilorazu lidarowego, $CRLR_{532/355}$, która została przedstawiona na Rys.13 w postaci przedziału ± 1 odchylenie standardowe (tak się można jedynie domyślić, gdyż doktorantka nie podaje co przedstawiają pionowe i poziome przedziały), wydaje się, że tylko nieliczne przypadki można jednoznacznie zakwalifikować do klasy starego i świeżego aerozolu. Taki podział pełni zasadniczą rolę w rozważaniach doktorantki.
- współczynniki kierunkowe dla prostych regresji (Rys.12 i Rys.13) zostały podane bez oszacowania błędu dla tych wartości. Błąd współczynnika powinien być wyznaczony nie z typowej regresji liniowej, ale z regresji liniowej liczonej w sytuacji, kiedy znane są indywidualne błędy pomiarowe dla punktów użytych w regresji.
- w pracy często padają terminy suchy aerozol i sferyczny aerozol. Jakie przedziały dla wilgotności i współczynnika depolaryzacji definiują w rozprawie takie typy aerozolu?
- podstawą ideową doktoratu (Rozdział 1.1.1. Aerozole ze spalania biomasy) jest przewidywany wpływ aerozolu absorpcyjnego (ze spalania biomasy) na strukturę termiczną atmosfery i promieniowanie słoneczne przy powierzchni gruntu. W jakim stopniu może to być stwierdzone bazując na przypadkach napływu aerozolu ze spalania biomasy nad Warszawę?

4. Konkluzja

Rozprawa doktorska mgr Łucji Janickiej wskazuje, że doktorantka posiada ogólną wiedzę z zastosowania lidar w badaniach własności aerozolu atmosferycznego. Forma doktoratu tj. odwoływanie się do osiągnięć prezentowanych we współautorskich pracach nie pozwala rozstrzygnąć na ile istotny był wkład doktorantki w rozwój badań z zastosowaniem lidar aerozolowo-depolaryzacyjnego-ramanowskiego. Nowy materiał w rozprawie doktorskiej pochodzi z analizy dodatkowych przypadków napływu nad Warszawę aerozolu ze spalania biomasy z zastosowaniem procedur obróbki sygnału lidarowego stosowanych od lat w Laboratorium Pomiarów Zdalnych Instytutu Geofizyki Wydziału Fizyki UW. Wyniki analizy własności optycznych na podstawie kilkudziesięciu warstw aerozolowych stanowią oryginalne rozwiązania problemu identyfikacji aerozolu pochodzącego ze spalania biomasy. Nowatorskim elementem rozprawy jest wyznaczenie wzajemnych relacji (liniowych) między aerozolowymi współczynnikami rozproszenia wstecznego, współczynnikami ekstynkcji i depolaryzacji dla pary fal 355 nm i 532 nm. Procesy starzenia aerozolu ze spalania biomasy można wyraźnie

stwierdzić analizując rozpraszanie wsteczne i ekstynkcję aerozolu w zakresie ultrafioletowym widma promieniowania słonecznego. **Stwierdzam, że rozprawa doktorska w minimalnym stopniu spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w ustawie z dnia 20 lipca 2018 - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Wnioskuje o dopuszczenie Pani mgr Łucji Janickiej do dalszych etapów postępowania doktorskiego licząc, że obrona rozprawy doktorskiej rozstrzygnie wątpliwości recenzenta odnośnie treści i formy rozprawy.**



prof. dr hab. Janusz W. Krzyścin