

Streszczenie

Określenie właściwości cząsteczek zawieszonych w atmosferze jest istotne w kontekście ich wpływu na ziemski system klimatyczny. Szczególne zainteresowanie naukowców wzbudzają aerozole absorbujące promieniowanie słoneczne, ze względu na powodowanie lokalnego ocieplania atmosfery na wysokości ich występowania. Aerozol pochodzący ze spalania biomasy w otwartych pożarach naturalnych zbiorowisk (dym), ze względu na dużą zawartość czarnego węgla (przede wszystkim sadza), wykazuje właśnie takie właściwości.

Niniejsza praca doktorska, jako pierwsza praca naukowa tego typu, przedstawia kompleksową charakterystykę aerozolu pochodzącego ze spalania biomasy nad obszarem Polski.

Dane użyte do analizy pochodzą z nowoczesnego 12-kanalowego lidar aerozolowo-depolaryzacyjno-ramanowskiego Polly^{XT}-UW działającego w ramach RS-Lab (Laboratorium Pomiarów Zdalnych, z ang. *Remote Sensing Laboratory*) Instytutu Geofizyki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Wysokiej jakości pomiary lidarowe, wykonywane są w RS-Lab zgodnie z rekomendacją sieci pomiarowej EARLINET, będącej częścią pan-europejskiej rozproszonej infrastruktury badawczej ACTRIS. Takie podejście pozwala na wyznaczenie własności optycznych (takich jak aerozolowy współczynnik rozproszenia wstecznego β , aerozolowy współczynnik ekstynkcji α , aerozolowy współczynnik depolaryzacji liniowej δ) oraz stosunku zmieszania pary wodnej wv . A następnie, na podstawie tychże, na odzyskiwanie matematycznymi metodami odwrotnymi właściwości mikrofizycznych obserwowanych aerozoli atmosferycznych (takich jak rozkład wielkości cząsteczek aerozolu PSD , zespolony współczynnik refrakcji m , albedo pojedynczego rozpraszania SSA).

W prezentowanej pracy doktorskiej podjęto się wyznaczenia, na podstawie istniejących obserwacji lidarowych, charakterystyki fizyko-chemicznej aerozolu pochodzącego ze spalania biomasy obserwowanego nad Warszawą. Została przeprowadzona analiza uwzględniająca źródła i kierunki napływu cząsteczek aerozolu. Omówiono przypadki napływu nad Warszawę aerozoli pochodzących ze spalania biomasy ze źródeł naturalnych, takich jak pożary lasów, łąk i torfowisk. Obserwowane aerozole były zróżnicowane pod względem miejsca emisji (np. Europa Zachodnia, Ameryka Północna), czasu przebywania aerozolu w atmosferze (od jednego do kilku dni) oraz wysokości zawieszenia aerozolu w warstwie granicznej i w wolnej troposferze (w przedziale wysokości $\sim 1 - 8$ km). Badania były wspomagane obliczeniami i analizą trajektorii wstecznych, modeli transportu zanieczyszczeń oraz danymi satelitarnymi.

Wartości własności optycznych i właściwości mikrofizycznych aerozolu pochodzącego ze spalania biomasy różnią się w zależności od czasu przebywania w atmosferze i źródła pochodzenia. Ze względu na obszar pochodzenia można wyróżnić nad Warszawą odmienne typy aerozolu napływowego pochodzącego ze spalania biomasy. Napływ wyróżnionych typów aerozolu jest zależny od panującej sytuacji synoptycznej.

W pracy doktorskiej szczególna uwaga została poświęcona metodologii odzyskiwania z pomiarów lidarowych zestawu własności optycznych aerozoli $(3\beta+2\alpha+2\delta)+wv$ oraz właściwości mikrofizycznych aerozoli odzyskiwanych na podstawie zestawu własności optycznych $(3\beta+2\alpha)$ w wykorzystaniem matematycznych metod odwrotnych z regularyzacją. Prace takie są nieliczne na świecie i jest to zagadnienie nieeksplorowane dotychczas w pracach naukowych dotyczących aerozoli nad Polską.

Szczegółowej analizie poddane zostały wybrane przypadki napływu nad Warszawę aerozoli pochodzących ze spalania biomasy. Ze względu na to, że część z nich została opublikowana w artykułach ko-autorskich doktorantki (wymienione poniżej w pkt. 1-4), w niniejszej dysertacji uwaga została skupiona na wynikach dotychczas nie publikowanych (pkt. 5).

- 1) Analiza danych pomiarowych lidar Polly^{XT}-UW względem innych stacji działających w ramach sieci PollyNET. Publikacja: Baars et al. 2016.

-
- 2) Analiza przypadku napływu nad Warszawę aerozoli pochodzących z dalekosiężnego transportu starego aerozolu z kanadyjskich pożarów lasów w dniach 8-10 lipca 2013 roku. Publikacje: Janicka et al., 2016; Markowicz et al., 2016; Ortiz-Amezcu et al., 2017; Janicka et al., 2017.
 - 3) Analiza skomplikowanej struktury aerozolowej, zawierającej dym ze spalania biomasy z kilku źródeł europejskich, zmieszany z zanieczyszczeniami antropogenicznymi, obserwowany w Warszawie w dniach 9-11 sierpnia 2015 w sąsiedztwie quasi-stacjonarnego frontu atmosferycznego w czasie trwającej fali upałów. Drobnoskalowa analiza właściwości mikrofizycznych wykonana dla skomplikowanej struktury aerozolowej występującej w dniach 9-11 sierpnia 2015. Publikacje: Janicka et al., 2018; Janicka i Stachlewska, 2019; Janicka et al., 2020.
 - 4) Analiza wpływu aerozoli ze spalania biomasy z Ukrainy i Portugalii na parametry warstwy granicznej atmosfery w sytuacji wyżu barycznego nad Polską Centralną w dniach 25-27 sierpnia 2016. Publikacja: Stachlewska et al., 2018.
 - 5) Analiza porównawcza przedstawiająca stan wiedzy zgromadzonej w badaniach własnych na temat aerozoli ze spalania biomasy obserwowanych nad Warszawą. Zestawienie optycznych i mikrofizycznych wielkości charakteryzujących aerozole na podstawie pomiarów z długiego okresu 2013-2020.

Istotną częścią pracy doktorskiej było stworzenie uniwersalnych narzędzi do wizualizacji i analizy porównawczej profili lidarowych, tj. narzędzia *PROfiler* opracowanego samodzielnie przez doktorantkę.