

Streszczenie

Niedostatki w zrozumieniu niektórych procesów fizyki chmur są główną przyczyną problemów związanych z trafnością prognoz pogody, klimatu i z modelowaniem cyrkulacji atmosferycznej. Chmury składają się przede wszystkim z kropeł wody, których rozkład wielkości jest kluczowym parametrem ilościowej charakterystyki mikrofizycznej chmur, niezbędnym do badania czasu ich życia, efektów radiacyjnych i formowania się opadów.

Pomiary *in situ* mają w tym kontekście kluczowe znaczenie dla badań, ponieważ zapewniają bezpośredni wgląd w strukturę i rozmiary kropeł w danej objętości chmury. Obrazowanie cieniem (*Shadowgraph imaging*) wyróżnia się jako stosunkowo niedroga, ale zarazem bardzo skuteczna metoda optyczna do próbkowania hydrometeorów *in situ*. Pozwala wykonać pomiary cząstek/kropelek na podstawie analizy obrazów cieni rzucanych przez oświetlone czastki.

W niniejszej pracy przyrząd VisiSize D30 (zwany dalej „VisiSize”), pierwotnie zaprojektowany do celów przemysłowych, został zastosowany do wykonania pomiarów atmosferycznych *in situ*. Umożliwiło to pomiar właściwości mikrofizycznych chmur, takich jak rozkład wielkości kropeł (ang. *Droplet Size Distribution - DSD*), gęstość kropeł (ang. *Droplet Number Concentration*) i zawartość wody w stanie ciekłym (ang. *Liquid Water Content - LWC*).

W ramach pierwszego etapu badań przeprowadzono dwie serie testów laboratoryjnych z użyciem VisiSize na polidispersyjnych i monodispersyjnych kroplach wody. Opracowano odpowiednią metodę korekcji pomiarów, aby właściwie skalibrować narzędzie i poprawić szacowanie koncentracji kropeł

i rozkładu ich wielkości. W pracy oszacowana została również minimalna średnica kropeł zapewniająca ich detekcje w całym obszarze obrazowania. Dokładność pomiarów wykonanych za pomocą VisiSize weryfikowano z użyciem monodispersyjnego generatora kropeł. Uwzględniono również skutki zaobserwowanych zderzeń i parowania kropeł.

Następnie przeprowadzono serie eksperymentów terenowych w Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS), stacji badań środowiskowych znajdującej się tuż pod szczytem Zugspitze w niemieckich Alpach. Przyrządy VisiSize oraz interferometer dopplerowski (PDI) mierzyły rozmiar kropeł i ich prędkość w turbulentnym przepływie wewnątrz chmur orograficznych. Porównanie wyników z obu instrumentów (VisiSize i PDI), przy zastosowaniu modyfikacji w fabrycznych algorytmach oprogramowania, wykazało dobrą zgodność pomiarów wielkości i prędkości kropeł o średnicach większych niż 13 mikronów. Równocześnie zaobserwowano rozbieżności w wynikach pomiaru koncentracji kropeł, zwłaszcza przy ich mniejszych rozmiarach. W toku analizy ustalono, że rozbieżności są skutkiem występowania dwóch zjawisk: różnych własności optycznych czujników w odniesieniu do małych kropeł oraz dużych wahań prędkości turbulentnej w stosunku do średniego przepływu, co skutkowało niepewnościami w oszacowaniu objętości powietrza przechodzącego przez sondy PDI.

W ostatniej fazie badań wykorzystano VisiSize umieszczony na dachu Instytutu Geofizyki UW obok z optycznego disdrometru laserowego OTT Parsivel² do równoczesnych pomiarów cząstek opadowych. Disdrometry, jakkolwiek powszechnie stosowane do mierzenia DSD opadów atmosferycznych, mają ograniczoną skuteczność w przypadku małych rozmiarów kropli (np. mżawki). Synchroniczne wykorzystanie VisiSize pozwoliło uzyskać bardziej precyzyjne wyniki pomiarów szerokiego spektrum rozmiarów kropeł, z naciskiem na krople mżawki i poszerzyć zakres DSD podlegający pomiarowi.

Podsumowując, VisiSize D30 został z powodzeniem wykorzystany do pomiarów mikrofizycznych chmur. Sprawdzał się zadowalająco w wietrznych, pochmurnych i wilgotnych warunkach pogodowych. Co więcej, można było wykazać, że VisiSize może być nie tylko używany do bezpośredniego pomi-

aru hydrometeorów, ale także może być uważany za wiarygodne narzędzie do weryfikacji nowych systemów klasyfikacji kropel/czastek w fizyce atmosfery.