

Michał Ciuryło, Beata Latos, Dariusz Baranowski, Dąbrówka Stępniewska  
Instytut Geofizyki PAN – Instytut Geofizyki FUW, Warszawa 2023

### **Na styku żywiołów. O pomiarach atmosferycznych w trakcie przeprawy statkiem badawczym przez Atlantyk 17.11 - 05.12.2022**

Podczas przeprawy z Karaibów na Kanary niemieckim statkiem badawczym „Maria S. Merian”, w ramach międzynarodowej ekspedycji naukowej MSM112/2, Beata Latos z IGF PAN i Michał Ciuryło z FUW, pod opieką dr. Dariusza Baranowskiego z Zakładu Fizyki Atmosfery IGF PAN, wykonywali pomiary właściwości atmosferycznych aerozolu, chmur i gazów śladowych dolnej troposfery i górnego oceanu przy pomocy drona z oprzyrządowaniem, udostępnionego przez IGF FUW. Według aktualnego stanu wiedzy, to jedne z pierwszych jednoczesnych pomiarów górnej części oceanu (0-5m p.p.m.) i dolnej troposfery (0-300m n.p.m.), wykonanych ze statku badawczego, w warunkach niezakłóconych przez niego. Zebrane dane służyć będą jako dane kalibracyjne dla teledetekcji satelitarnej i jako dane ewaluacyjne dla globalnego modelowania.

W ramach ekspedycji zaplanowano działania na cztery dni stacyjne oraz ciągłe pomiary w trakcie pracy. Ze względu na pomiary atmosferyczne przedłużono dodatkowo postój przed stacją na wschód od Barbados. Jednoczesne profilowanie dolnej atmosfery z drona (UAV) i górnego oceanu sondą Conductivity-Temperature-Depth (CTD) było wykonywane dwa razy dziennie, rano i po południu, za wyjątkiem przebywania na wodach kolumbijskich i wenezuelskich (brak zezwolenia) oraz hiszpańskich (ze względu na ochronę wielorybów). Popołudniowe pomiary były szczególnie istotne z uwagi na największą szansę na rozwój o tej porze dnia tzw. powierzchniowej warstwy ciepła. Pomiary powierzchniowej warstwy ciepła są niezbędne dla walidacji modeli atmosferycznych i oceanicznych oraz dla porównań z danymi satelitarnymi.

Podzwrotnikowy Atlantyk między Karaibami a Kanarami ma silne gradienty temperatury powierzchni morza i zasolenia powierzchni morza, z zimniejszymi i bardziej słonymi w kierunku Afryki. Gradienty te wpływają na procesy wymiany hydrodynamicznej na styku ocean-atmosfera. W celu zbadania tych interakcji dron IGF FUW, przy prędkości wiatru poniżej 10 m/s, profilował temperaturę przy powierzchni morza (poniżej 300 m n.p.m.), wilgotność i ciśnienie atmosferyczne, z dodatkową możliwością badania na poszczególnych poziomach kierunku i prędkości wiatru (za pomocą anemometru sonicznego) oraz aerozole (za pomocą optycznego licznika cząstek). W tym samym czasie wykonywano rzuty sondy CTD do 500 m p.p.m., celem uchwycenia pionowych profili ciśnienia, temperatury i przewodności w górnym oceanie.

Głównym celem badawczym było sprawdzenie możliwości wykonania niezakłóconych pomiarów stratyfikacji atmosferycznej na styku powietrze-morze, czyli profilu od 5m poniżej powierzchni oceanu do 500m powyżej powierzchni oceanu. Do badań, oprócz samego drona z oprzyrządowaniem jako platformy badawczej, doczepiano cztery różne pakiety aparatury pomiarowej, z czego każdy pakiet wykorzystywany był do pomiarów innych właściwości atmosferycznych.

Dron IGF FUW został wyprodukowany przez firmę DJI i klasyfikowany jest jako ultramały, wielowirnikowy, zdalnie sterowany system powietrzny o masie startowej poniżej 1 kg. Posiada cztery plastikowe, szybkozłączne, składane śmigła 8330 (średnica 21,08 cm, gwint 7,87 cm). Aparatura pomiarowa była każdorazowo przymocowywana do górnej części drona na specjalnie zaprojektowanej i wydrukowanej w 3D platformie. Sensory podczepiane do drona kalibrowane były trzykrotnie podczas całego rejsu a sam dron wyłącznie w przypadkach usterek kompasów magnetycznych.

Dron zasilany jest bateriami litowo-polimerowymi 3S (11,4V) o pojemności 3830 mAh, które wystarczały na około 12-15 minutowe loty przy wietrze o prędkości wynoszącej ~ 9 m/s. Zasięg operacyjny był ograniczony do wysokości 500 metrów od miejsca startu na statku. Prędkość wznoszenia wynosiła poniżej 4 m/s, a prędkość opadania miała ograniczenie ustawione na 3 m/s. Prędkość pozioma była ograniczona programowo do 12 m/s.

Podczas wszystkich lotów dron wraz z doczepioną aparaturą pomiarową był sterowany ręcznie przez operatora kontrolerem 2,4 GHz wraz ze smartfonem, z dedykowanym oprogramowaniem. Wyposażony był również w zintegrowaną 3-osiową kamerę wideo z gimbalem, która służyła do nagrywania filmów i robienia zdjęć, w celu dokumentacji operacji, jak również uchwycenia aktualnych warunków meteorologicznych.

Operacje dronem przeprowadzane ze statku wymagały odpowiednio dużej, bezpiecznej i wolnej od przeszkód przestrzeni do startu i lądowania. W związku z powyższym, na miejsce to wybrano lądowisko dla helikopterów na „Maria S. Merian”, czyli tzw. helipad. Posiadał on stosunkowo dużą, równą powierzchnię i gwarantował niezakłócony widok na stronę operacyjną nad oceanem. Aby pozbyć się zakłóceń magnetycznych użyto drewnianej palety do odizolowania drona od metalowego pokładu.

Standardowa procedura obejmowała szybkie pionowe wznoszenie i latanie dronem po stronie statku pod wiatr. Średni poziom zasięgu operacji wynosił 50-100 m od statku. Wszystkie loty były wykonywane, gdy wiatr przy powierzchni wody wiał poniżej 10 m/s. Podczas całej ekspedycji wykonano łącznie 48 profili atmosferycznych na 13 stacjach, przy czym jeden lot składał się z profilu wznoszącego i profilu opadającego. Wykonano również 9 profili oceanicznych.

Loty z aparaturą do badań górnego oceanu, zamocowaną na 10-cio metrowej linie, były wykonywane, gdy wiatr przy powierzchni wody wiał z prędkością poniżej 8 m/s, choć zdarzały się też loty przy wietrze wiejącym z prędkością 10m/s. Podczas wszystkich pomiarów oceanicznych temperatura oceanu była wyższa, niż temperatura atmosfery. Wszystkie pomiary UAV były wykonywane w tym samym czasie, co pomiary CTD. Procedura lądowania inicjowana była przy poziomie baterii ~35%. Operator drona ubrany był każdorazowo w sprzęt bezpieczeństwa, czyli kask, rękawice ochronne, maskę oraz buty ochronne z metalowym czubkiem.

Wszystkie pomiary oceaniczne, które udało się wykonać podczas rejsu MSM112/2, wykazały, że górna warstwa oceanu do 5m głębokości jest homogeniczna ze stałą wartością temperatury. Z kolei pomiary atmosferyczne do 300m n.p.m., ze schodzeniem najniżej do 5m (celem uniknięcia zatonięcia drona) pozwoliły stworzyć ciągły profil temperatury pomiędzy troposferą a górną warstwą oceanu, z wyłączeniem wspomnianych 5m. W połączeniu z jednoczesnymi pomiarami CTD do 300m p.p.m. wykonane zostały finalnie profile temperaturowe od 300m p.p.m. do 300m n.p.m.

Kontynuacja pomiarów oceanicznych, z jednoczesnym zbieraniem danych referencyjnych na lądzie, np. w okolicy masztów meteorologicznych, z pomiarami na wysokości instrumentów zainstalowanych na stałych wysokościach, przyczyniłaby się do lepszej kalibracji danych zbieranych z drona oraz dokładniejszej charakterystyki interakcji zachodzących na styku atmosfera-ocean w warunkach niezaburzonych przez statek. Osobnym wyzwaniem pozostaje zbadanie wpływu prędkości obracania się śmigieł drona na pomiary.

#### Rodzaje wykonanych lotów:

- 1) profil pionowy powietrza, od bliskiej powierzchni do wcześniej zdefiniowanej wysokości (200m, 300m lub 500m n.p.m.). Typowa prędkość pionowego wznoszenia wynosiła 4 m/s, a prędkość opadania 3 m/s;
- 2) profil "pochylony" powietrza, od powierzchni do 100m n.p.m., podczas którego prędkości pionowe i poziome były mniej więcej takie same;
- 3) profil pionowy powietrza, do 300m n.p.m., z 40-60s przystankami na wielu poziomach podczas decentracji (typowo co 30m);
- 4) profil oceaniczny z sensorami RBR podpiętymi na 10-cio metrowej linie; odlot do 100m od statku, na wiatr; zanurzenie do 5m z zatrzymaniem na 1min.

#### Aparatura pomiarowa:

- 1) pakiet i-METXQ2 do profilowania temperatury, wilgotności i ciśnienia do 500m n.p.m.(pomiary 1Hz);
- 2) pakiet Trisonica do profilowania temperatury, wilgotności, ciśnienia i prędkości wiatru w poziomie do 300m n.p.m. (pomiary 10Hz);
- 3) pakiet Optical Particle Counter (OPC) do profilowania temperatury, wilgotności i ciśnienia, a także pomiaru wielkości cząstek aerozolu do 300m n.p.m. (pomiary 1Hz).
- 4) pakiet sensorów RBR do profilowania temperatury oceanu w zakresie od -5°C do 35°C z częstotliwością 1Hz, od powierzchni do 5m p.p.m.; instrument był opuszczany z drona na linie o długości 10m.

#### KONTAKTY:

Beata Latos  
Zakład Fizyki Atmosfery IGF PAN  
e-mail: [blatos@igf.edu.pl](mailto:blatos@igf.edu.pl)

Dariusz Baranowski  
Zakład Fizyki Atmosfery IGF PAN  
e-mail: [dbaranowski@igf.edu.pl](mailto:dbaranowski@igf.edu.pl)

Michał Ciuryło  
Wydział Fizyki UW  
e-mail: [michal.j.ciurylo@gmail.com](mailto:michal.j.ciurylo@gmail.com)

Dąbrówka Stępniewska  
Instytut Geofizyki Wydziału Fizyki UW  
e-mail: [dabrowka.stepniewska@fuw.edu.pl](mailto:dabrowka.stepniewska@fuw.edu.pl)

LITERATURA:

Forschungsschiff MARIA S. MERIAN Reisen Nr. MSM112, MSM112-2, MSM113 07.10.2022 - 12.01.2023 Expeditionsheft, Institut für Geologie Universität Hamburg, Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe

Nitsche F., Wochenbericht 3 (28.11. – 4.12.2022) FS Maria S. Merian – MSM112/2 „STARD“ Sub Tropische Atlantische Referenz Daten 17.11. – 05.12.2022 Cartagena (Kolumbien) – Las Palmas (Gran Canaria), Institut für Zoologie Universität zu Köln

POWIĄZANE STRONY:

<https://www.igf.edu.pl/fizyki-atmosfery.php>

<https://www.igf.edu.pl/webinaria.php#Karaiby>

<https://www.lfd.uni-hamburg.de/merian/wochenberichte>

<https://www.lfd.uni-hamburg.de/merian/presse-merian.html>

[https://en.wikipedia.org/wiki/RV\\_Maria\\_S.\\_Merian](https://en.wikipedia.org/wiki/RV_Maria_S._Merian)

<https://www.hamburg.de/merian-ship/>

<https://www.vesselfinder.com/pl/vessels/details/9274197>