



OBSERWACJA OCEANÓW PRZY POMOCY ROBOTÓW ARGO

Blair J. Greenan^{1*}, Annie P. Wong², Tammy Morris³, Emily A. Smith⁴ and Marine Bollard⁵

¹Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Halifax, NS, Canada

²School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, United States

³South African Weather Service, Cape Town, South Africa

⁴National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, United States

⁵Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC), Brest, France

Czy zastanawialiście się kiedyś, skąd naukowcy wiedzą, co dzieje się głęboko pod powierzchnią oceanu? Istnieje kilka rodzajów robotów, które mogą zanurzyć się pod powierzchnię morza i dostarczyć dane z głębin. Jeden z tych rodzajów to pływak Argo. Porusza się on wraz z prądami oceanicznymi na średnich głębokościach i wynurza na powierzchnię co dziesięć dni, aby przekazać naukowcom zebrane informacje. Obecnie około 4000 robotów Argo codziennie obserwuje oceany. Te roboty mierzą temperaturę i zasolenie oceanu, a niektóre mogą również monitorować bardziej złożone parametry chemiczne i biologiczne. Roboty Argo stanowią jedno z narzędzi oceanografa, pomagając naukowcom zrozumieć, jak funkcjonuje ocean i jak wpływa nie tylko na życie morskie, ale również na całą Ziemię.

DLACZEGO NAUKOWCY OBSERWUJĄ OCEANY ?

Oceany mają ogromne znaczenie dla dobrostanu ludzi, ponieważ dostarczają nam żywności, leków, umożliwiają transport i rekreację. Oceany są również domem dla wielu morskich gatunków, które czynią Ziemię przyjazną dla ludzi. Na przykład drobny **plankton** w oceanach produkuje ponad 50% tlenu, którym oddychamy. Oceany zajmują ponad 70% powierzchni Ziemi i odgrywają główną rolę w środowisku naszej planety.

PLANKTON

Dryfujące rośliny, glony i niektóre bakterie, które potrafią fotosyntezować.

KLIMAT

Opis długoterminowego wzorca pogody w danym obszarze. Jest to zazwyczaj szacowane jako średnia danych (na przykład temperatury) zebranych przez co najmniej dwie dekady.

GAZY CIEPLARNIANE

Gazy, które zatrzymują ciepło w atmosferze, w tym dwutlenek węgla, metan, podtlenek azotu i gazy fluorowe.

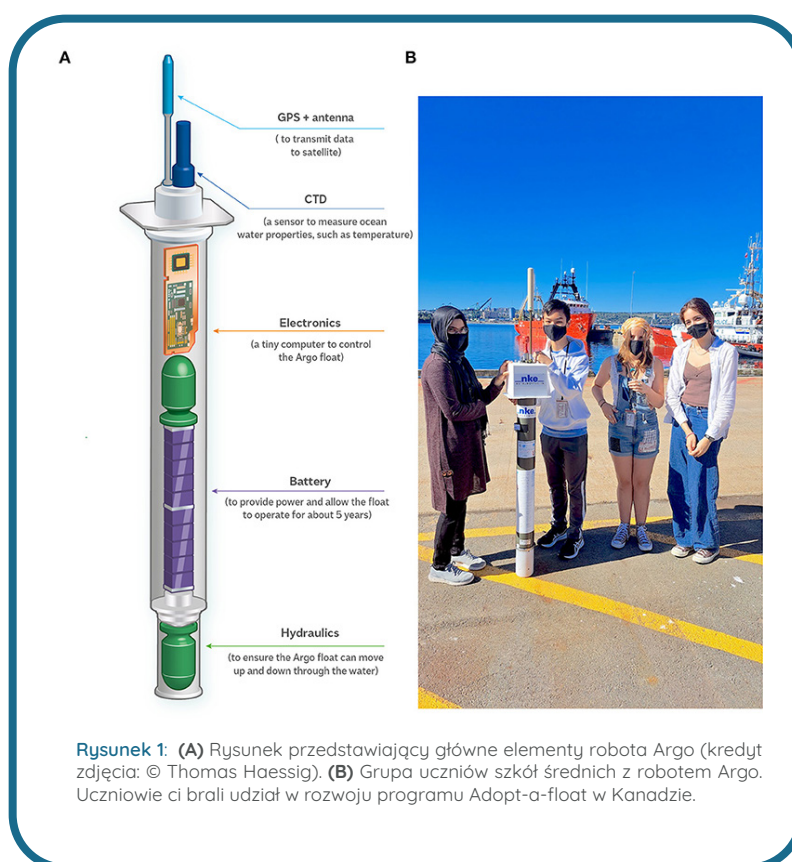
Z tych wszystkich powodów naukowcy od wielu lat wiedzą, że niezbędne jest obserwowanie oceanów, aby lepiej je zrozumieć i przewidzieć nadchodzące zmiany.

Obserwacjami oceanograficznymi interesują się również naukowcy badający atmosferę, ponieważ pogoda, którą doświadczamy każdego dnia, jest pod wpływem oceanów. Na przykład czy kiedykolwiek widziałeś wodę parującą z rozgrzanej drogi? To samo dzieje się w oceanie, gdy ciepła woda na powierzchni paruje, przenosząc wodę do atmosfery. Gdy woda dostanie się do atmosfery, pomaga tworzyć chmury, śnieg i deszcz. Dlatego lepsze monitorowanie warunków oceanicznych skutkuje lepszymi prognozami pogody.

Niektórzy naukowcy specjalizują się w badaniu **klimatu** Ziemi. Regiony o «klimacie tropikalnym» otrzymują każdego roku dużo światła słonecznego. To powoduje, że powierzchnia morza jest tam ciepła i powstają chmury oraz deszcz, więc klimat w tych regionach jest zazwyczaj gorący i wilgotny. Jednak klimat może się zmieniać z czasem. Na przykład niektóre działania ludzkie, takie jak używanie samochodów czy ogrzewanie naszych domów, mogą dodawać do atmosfery **gazy cieplarniane**. Gazy cieplarniane działają jak koc, zatrzymując ciepło i ogrzewając powierzchnię Ziemi. Obserwacje oceanów są ważne dla zrozumienia, jak gazy cieplarniane przyczyniają się do zmian klimatycznych, ponieważ ocean może absorbować dwutlenek węgla i ciepło z atmosfery Ziemi oraz przemieszczać je poprzez prądy morskie.

ROBOTY ARGO: WŁÓCZĘDZY OCEANÓW!

Aby badać oceany, naukowcy muszą systematycznie zbierać dane przez wiele lat. Jednym z ważnych sposobów pozyskiwania tych informacji są wyprawy statkami w celu przeprowadzenia pomiarów (zobacz także artykuł w «Frontiers for Young Minds»). Jednak istnieją miejsca, do których trudno dotrzeć statkom, takie jak Arktyka czy Antarktyda. W dodatku zimę morza są wzburzone, co utrudnia pracę statków. Aby prowadzić pomiary ziemskich oceanów we wszystkich porach roku, naukowcy opracowali roboty Argo (*Rysunek 1*).

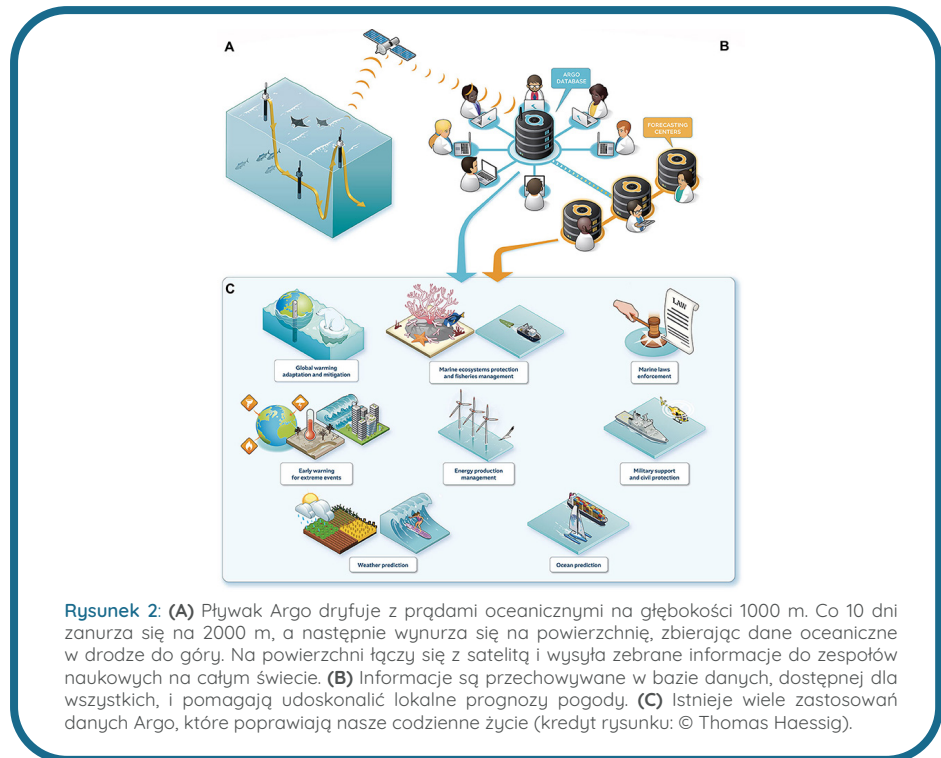


Rysunek 1: (A) Rysunek przedstawiający główne elementy robota Argo (kredyt zdjęcia: © Thomas Haessig). (B) Grupa uczniów szkół średnich z robotem Argo. Uczniowie ci brali udział w rozwoju programu Adopt-a-float w Kanadzie.

CZUJNIKI

Urządzenie, które wykrywa i reaguje na pewien rodzaj sygnału ze środowiska fizycznego.

Roboty Argo, nazywane „pływakami”, są wyposażone w **czujniki** do zbierania danych oceanicznych. Mimo że nazywamy je „pływakami”, tak naprawdę poruszają się one w oceanie w górę i w dół. Naukowcy wodują roboty Argo do oceanu ze statków. Gdy Argo znajdują się już w wodzie, zanurzają się na głębokość 1000 metrów i przez 9 dni swobodnie przemieszczają się na tej głębokości z prądami oceanicznymi. W 10. dniu zanurzają się na 2000 metrów, a następnie wypływają na powierzchnię, zbierając po drodze dane dotyczące oceanu. Gdy osiągną powierzchnię, wysyłają zebrane dane oraz swoją lokalizację za pomocą satelitów, co umożliwia naukowcom budowanie bazy danych na temat badanej części oceanu. Po tym Argo ponownie zanurzają się na 1000 metrów i rozpoczynają cykl od nowa (*Rysunek 2A*). Naukowcy używają programów komputerowych do sprawdzania jakości pomiarów i przesyłania informacji do bazy danych (*Rysunek 2B*). Dane te są dostępne publicznie dla każdego w ciągu 24 godzin od wynurzenia robotów (*Rysunek 2C*).



Rysunek 2: (A) Pływak Argo dryfuje z prądami oceanicznymi na głębokości 1000 m. Co 10 dni zanurza się na 2000 m, a następnie wynurza się na powierzchnię, zbierając dane oceaniczne w drodze do góry. Na powierzchni łączy się z satelitą i wysyła zebrane informacje do zespołów naukowych na całym świecie. (B) Informacje są przechowywane w bazie danych, dostępnej dla wszystkich, i pomagają udoskonalić lokalne prognozy pogody. (C) Istnieje wiele zastosowań danych Argo, które poprawiają nasze codzienne życie (kredyt rysunku: © Thomas Haessig).

ZASOLENIE

Miara stężenia soli w oceanie. Można to również określić jako słoność.

GĘSTOŚĆ

Masa substancji podzielona przez objętość, jaką substancja zajmuje.

Roboty Argo rejestrują ciśnienie, temperaturę i **zasolenie**. Zasolenie jest miarą stężenia soli w oceanie. Zasolenie i temperatura razem determinują **gęstość** wody morskiej. Ciśnienie informuje naukowców o głębokości, na której są przeprowadzane pomiary temperatury i zasolenia. W oceanie jeden metr (m) głębokości odpowiada w przybliżeniu jednemu decybarowi (dbar) ciśnienia. W atmosferze rejony wysokiego i niskiego ciśnienia tworzą nasze systemy pogodowe. W oceanie obszary o wysokiej i niskiej gęstości wody tworzą prądy morskie, które przemieszczają po całym globie olbrzymie ilości wody. Zrozumienie, jak woda krąży w oceanie, jest ważne zarówno dla badań nad klimatem, jak i dla ochrony roślin oraz zwierząt żyjących w oceanie.

Gdy pod koniec lat 90. naukowcy po raz pierwszy projektowali sieć robotów Argo, chcieli, aby dane te uzupełniały pomiary wysokości powierzchni morza zbierane przez satelitę o nazwie Jason. W mitologii greckiej Jason, w poszukiwaniu złotego runa, podróżował statkiem o nazwie Argo. Dlatego oceanografowie nazwali te roboty pływakami Argo. Dane o wysokości powierzchni morza z satelitów mogą być łączone z danymi z Argo, informując badaczy o zmianach prądów oceanicznych. Roboty Argo, przemierzając oceany przez ostatnie 20 lat, zebrały ponad 2 miliony pomiarów na całym świecie¹. Dzisiaj pomiary oceaniczne prowadzi prawie 4000 robotów Argo.

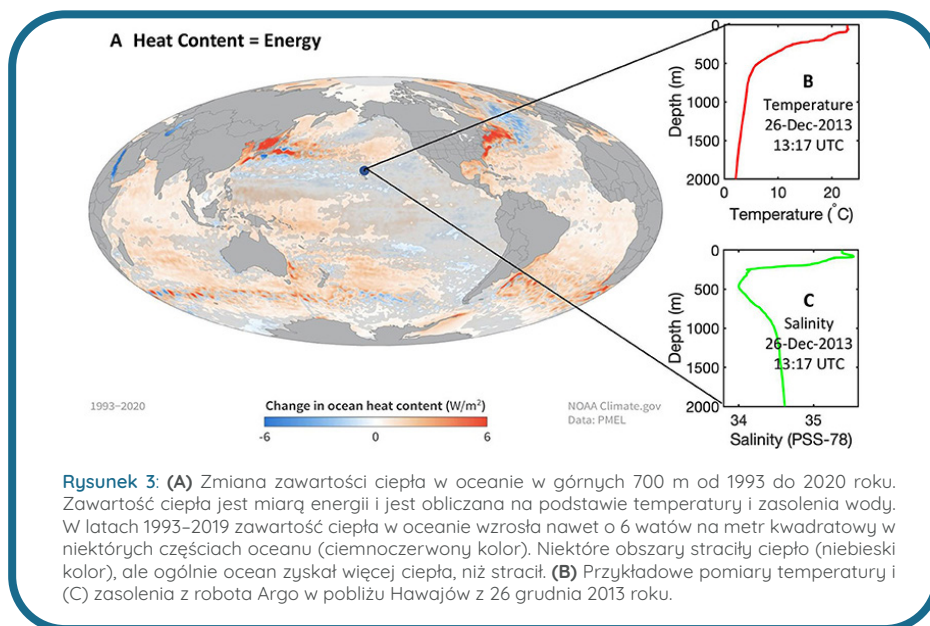
Roboty Argo są zasilane bateriami i pracują bezustannie, każdego dnia, przez cały rok. Dzięki tym urządzeniom naukowcy mogą teraz obserwować oceany Ziemi jak nigdy dotąd. Baterie w pływakach Argo zwykle starczą na ponad pięć lat pracy. Gdy baterie się wyczerpią, Argo staje się nieaktywne i opada na dno oceanu. Choć może to wyglądać jak zaśmiecanie oceanu, wpływ środowiskowy Argo jest niezmiernie mały w porównaniu z innymi zanieczyszczeniami, a zebrane informacje o oceanach są niezwykle cenne dla zrozumienia naszej planety.

CO ROBOTY ARGO MOGĄ NAM POWIEDZIEĆ O OCEANIE?

Od 1970 roku ocean zaabsorbował ponad 90% nadmiaru ciepła zatrzymanego przez gazy cieplarniane pochodzące z działalności ludzkiej. Temperatury w wielu obszarach światowych oceanów wzrosły. Jednym ze sposobów, w jaki oceanografowie monitorują tę zmianę, jest używanie pomiarów temperatury i zasolenia do obliczenia **zawartości ciepła oceanu** (Rysunek 3) i obliczanie, ile ciepła zostało dodane do badanej warstwy. Korzystając z danych zebranych przez pływaki Argo, naukowcy odkryli, że ekstremalne zdarzenia, takie jak fale upałów, podobnie jak w atmosferze, występują coraz częściej w oceanie. Te morskie fale upałów powodują, że zwierzęta morskie przemieszczają się do innych obszarów w poszukiwaniu chłodniejszej wody. Jednak rośliny i zwierzęta, które nie mogą się przemieszczać, będą cierpieć z powodu nadchodzących morskich fal upałów.

ZAWARTOŚĆ CIEPŁA OCEANU

Ilość energii w formie ciepła, która jest magazynowana w oceanie.



Globalny wzrost poziomu morza to kolejna poważna konsekwencja zmian klimatycznych. Gdy woda w oceanie się ogrzewa, rozszerza się, co jest jedną z głównych przyczyn wzrostu poziomu morza. Podnoszący się poziom oceanu może mieć dramatyczny wpływ na nasze codzienne życie, ponieważ może powodować powodzie, erozję oraz sprawiać, że woda słodka staje się niezdatna do picia przez mieszanie się ze słoną wodą morską (więcej informacji na temat wzrostu poziomu morza znajdziesz w artykule «Frontiers for Young Minds»). Roboty Argo są kluczowym narzędziem w monitorowaniu globalnego wzrostu poziomu morza, ponieważ obserwują, jak zmieniają się oceany Ziemi.

Śledzenie zmian w oceanie przyczyniło się również do poprawy prognozowania pogody. Wykorzystując dane o temperaturze i zasoleniu przesyłane przez pływaki Argo, naukowcy dodali **komputerowy model** oceanu do swoich obliczeń prognozy pogody. Posiadanie rzeczywistych danych oceanicznych w tych modelach poprawia zrozumienie przez naukowców interakcji między atmosferą a oceanem. Jest to bardzo ważne do przewidywania intensywnych burz, takich jak huragany, cyklony i tajfuny, które czerpią dużo swojej energii z ciepłych powierzchni oceanów.

MODEL KOMPUTEROWY

Program działający na komputerze, który symuluje rzeczywisty system, taki jak atmosfera Ziemi czy oceany.

IDĄC GŁĘBIEJ I W NOWYCH KIERUNKACH

W przeszłości zasięg robotów Argo był ograniczony do górnych 2000 metrów oceanu, co stanowi mniej niż 50% całkowitej objętości światowego oceanu. Projektowanie urządzeń, które mogą dotrzeć na dno oceanu, jest bardzo trudnym zadaniem, ale naukowcom i inżynierom niedawno udało się stworzyć roboty, które mogą zanurzać się na głębokość do 6000 metrów². Zbieranie danych oceanograficznych od powierzchni aż do dna pozwoli naukowcom lepiej zrozumieć zmiany w zawartości ciepła i wody słodkiej, co zapewni lepsze informacje o globalnym wzroście poziomu morza.

Obecnie jesteśmy u progu nowej ery, w której roboty Argo mogą dokonywać pomiarów związanych z chemią i biologią oceanu³. Dostarczy to na przykład informacji na temat zmian w ilościach tlenu i dwutlenku węgla w oceanie. Globalny ocean obecnie traci tlen i absorbuje więcej dwutlenku węgla z ziemskiej atmosfery. Te zmiany wpływają na ekosystemy morskie, w tym na rybołówstwo, które żywi wielu z nas.

Roboty Argo to jedno z narzędzi w zestawie badacza oceanów. Są częścią globalnego systemu nazywanego Globalnym Systemem Obserwacji Oceanów (GOOS). Wspólnie z innymi partnerami w GOOS postępy w rozwoju robotów Argo pomogą nam stworzyć zarówno globalny obraz zdrowia oceanów, jak i tego, jak zmienia się ono z biegiem czasu. Ty również możesz dotrzeć do obserwatorów oceanów. Jak? Adoptując pływaka. Możesz wybrać robota Argo, nadać mu imię i śledzić jego podróż dookoła świata. Możesz także dowiedzieć się więcej o Argo w Szkole Online Argo oraz na stronie Ocean Observers. Czeka na Ciebie morska przygoda!

REFERENCJE

1. Wong, A. P. S., Wijffels, S. E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D. et al. 2020. Argo data 1999–2019: two million temperature-salinity profiles and subsurface velocity observations from a global array of profiling floats. *Front. Mar. Sci.* 7:700. doi: 10.3389/fmars.2020.00700
2. Roemmich, D., Alford, M. H., Claustre, H., Johnson, K., King, B., Moum, J. et al. 2019. On the future of argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. *Front. Mar. Sci.* 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439
3. Bittig, H. C., Maurer, T. L., Plant, J. N., Schmechtig, C., Wong, A. P. S., Claustre, H., et al. 2019: A BGC-argo guide: planning, deployment, data handling and usage. *Front. Mar. Sci.* 6:502. doi: 10.3389/fmars.2019.00502

ZŁOŻONO: 13 maja 2022

PRZYJĘTO: 21 września 2023

OPUBLIKOWANO ONLINE: 6 października 2023

EDYTOR: Pedro Morais, Florida International University, United States

MENTORZY NAUKOWI: Laura Lorenzoni and Sagi Dalrymple

KONFLIKT INTERESÓW: Autorzy oświadczają, że badania zostały przeprowadzone bez jakichkolwiek komercyjnych lub finansowych powiązań, które mogłyby zostać uznane za potencjalny konflikt interesów.

MŁODZI RECENZENCI

DENIZE, WIEK: 12

Cześć, mam na imię Deniz i lubię obserwować gwiazdy oraz grać w gry wideo z przyjaciółmi. Moja ulubiona gromada gwiazd to Messier 45, a moja ulubiona konstelacja to Pas Oriona. Moja ulubiona gra wideo to Call of Duty 2.

LEO, WIEK: 12

Leo urodził się na Florydzie i lubi plażę; szczególnie przepada za nurkowaniem z rurką. Interesuje się historią i mitologią, zwłaszcza jeśli dotyczą one świata podwodnego. Gra na wiolonczeli, ma dwa psy i w wolnym czasie lubi grać w gry wideo.





OMER, WIEK: 14

Interesuję się polityką międzynarodową i lubię czytać o polityce, filozofii i historii. Lubię grać w gry wideo na mojej konsoli Nintendo Switch i komputerze, a także słuchać muzyki i grać w gry fabularne, takie jak D&D i Warhammer 40K.

AUTORZY

BLAIR J. GREENAN

Blair Greenan jest naukowcem w Bedford Institute of Oceanography z siedzibą w Halifax, Nowa Szkocja, Kanada. Zarządza kanadyjskim wkładem w międzynarodowy program Argo. Jego badania koncentrują się na pomaganiu społecznościom nadmorskim w adaptacji do zmian klimatu oceanicznego. Obejmuje to rozwiązywanie problemów infrastrukturalnych poprzez dostarczanie narzędzi naukowych z informacjami o lokalnych zmianach poziomu morza wynikających ze zmian klimatu.

ANNIE P. WONG

Annie jest naukowcem na Uniwersytecie Waszyngtońskim w Seattle, WA, Stany Zjednoczone. Jest oceanografem, która rozpoczęła swoją karierę w naukach o morzu, wykonując pomiary oceanograficzne z statków. Obecnie wykorzystuje dane Argo do badania zasolenia oceanów i interesuje się akwenami wokół Antarktydy. Jest członkiem zespołu Argo Data Management Team, który pomaga w dystrybucji danych Argo.

TAMMY MORRIS

Tammy Morris jest starszym naukowcem w Oddziale Morskim Południowoafrykańskiej Służby Meteorologicznej z siedzibą w Kapsztadzie, Republika Południowej Afryki. Jest oceanografem obserwacyjnym, która spędziła wiele miesięcy na statkach badawczych, pracując na morzu z instrumentami do obserwacji oceanu, takimi jak pływaki Argo, dryftery i boje. Jej badania koncentrują się wokół systemu Prądu Agulhas, a ostatnio również na interakcjach z Oceanem Południowym.

EMILY A. SMITH

Emily jest menedżerem kilku programów, w tym amerykańskiego programu Argo, Globalnego Systemu Obserwacji Poziomu Morza (GLOSS), szybowców oceanicznych (gliderów) w prądach granicznych oraz produktów dotyczących zawartości ciepła w oceanach. Emily odpowiada za zarządzanie budżetami i planowanie strategiczne systemów obserwacyjnych. Koordynuje również program Adopt a Drifter, który ułatwia współpracę ze szkołami w USA i za granicą, aby mogły one śledzić dryfujące boje i wykorzystywać dane w czasie rzeczywistym w swoich klasach. Przed rozpoczęciem pracy w NOAA, Emily spędziła kilka lat ucząc uczniów szkoły średniej, a ten program pomaga jej pozostać w kontakcie ze światem edukacji.

MARINE BOLLARD

Marine odpowiada za działania informacyjne Europejskiego Konsorcjum Infrastruktury Badawczej Euro-Argo (ERIC). ERIC jest zaangażowany w rozwój długoterminowego europejskiego wkładu w globalny system monitorowania oceanów Argo, mającego na celu wspieranie lepszego zrozumienia i przewidywania oceanu, jego roli w systemie klimatycznym oraz zdrowia oceanu. Posiada dwa tytuły magistra w dziedzinie inżynierii hydrogeologicznej oraz dziennikarstwa naukowego. Przed dołączeniem do Euro-Argo, Marine spędziła kilka lat publikując książki i artykuły popularnonaukowe do celów edukacyjnych i dla szerokiej publiczności.



CYTOWANIE: Greenan BJ, Wong AP, Morris T, Smith EA and Ballard M (2023) Keeping an Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491

TŁUMACZENIE: Waldemar Walczowski

PRAWA AUTORSKIE © 2023 Greenan, Wong, Morris, Smith i Ballard. Jest to artykuł o otwartym dostępie rozpowszechniany na warunkach licencji Creative Commons Attribution License (CC BY). Dozwolone jest używanie, dystrybucja lub reprodukcja w innych miejscach, pod warunkiem, że oryginalny autor(zy) i właściciel(e) praw autorskich są uznani i że oryginalna publikacja w tym czasopiśmie jest cytowana zgodnie z przyjętymi normami akademickimi. Żadne użycie, dystrybucja ani reprodukcja nie jest dozwolona, jeśli nie spełnia tych warunków.