

Zakwaszenie Oceanów (*ang.* Ocean Acidification, OA): Raport Krajowy sporządzony dla Polski

Agnieszka Fiszka Borzyszkowska – Polski Klub Ekologiczny, Okręg Pomorski

Monitoring pH w polskiej strefie Morza Bałtyckiego

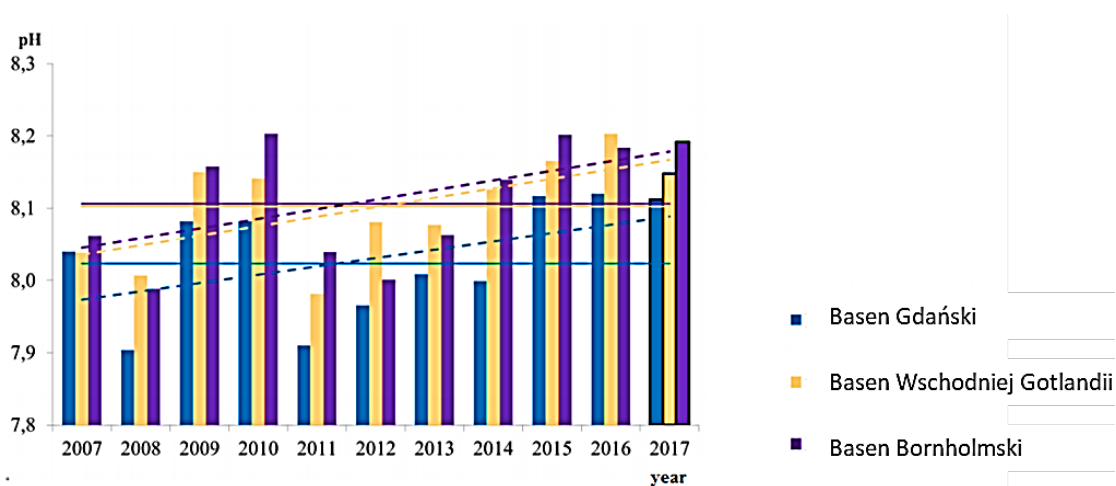
Państwowy monitoring środowiska obejmuje pomiary, ocenę i prognozy dotyczące stanu środowiska, a także gromadzenie, przetwarzanie i rozpowszechnianie informacji o stanie środowiska.

W ramach [Państwowego Monitoringu Środowiska](#) wytwarzane i gromadzone są dane oraz informacje o stanie elementów przyrodniczych w zakresie m. in. wód podziemnych, powierzchniowych wraz z osadami dennymi, wód przejściowych, a także wód morza terytorialnego, wód wyłącznej strefy ekonomicznej Rzeczypospolitej Polskiej i wód przybrzeżnych, w tym dna i skały macierzystej znajdujących się na obszarze tych wód. [Główny Inspektorat Ochrony Środowiska](#) spośród wielu parametrów jakości wód badanych w polskiej strefie Morza Bałtyckiego, monitoruje w szczególności wartość pH.

Najnowsze dostępne dane dotyczą [Oceny Stanu Środowiska Polskich Obszarów Morskich Bałtyku na podstawie danych monitoringowych z roku 2017 na tle dziesięciolecia 2007-2016](#) (Wyniki pH otrzymane dla wody morskiej opisano na stronie 53).

W latach 2007-2017 prowadzono badania w ramach Rejsów Badawczych na Morzu Bałtyckim wzdłuż polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej (EEZ), dzięki którym zbierano dane pomiarowe umożliwiające analizę zmian wartości pH wody morskiej.

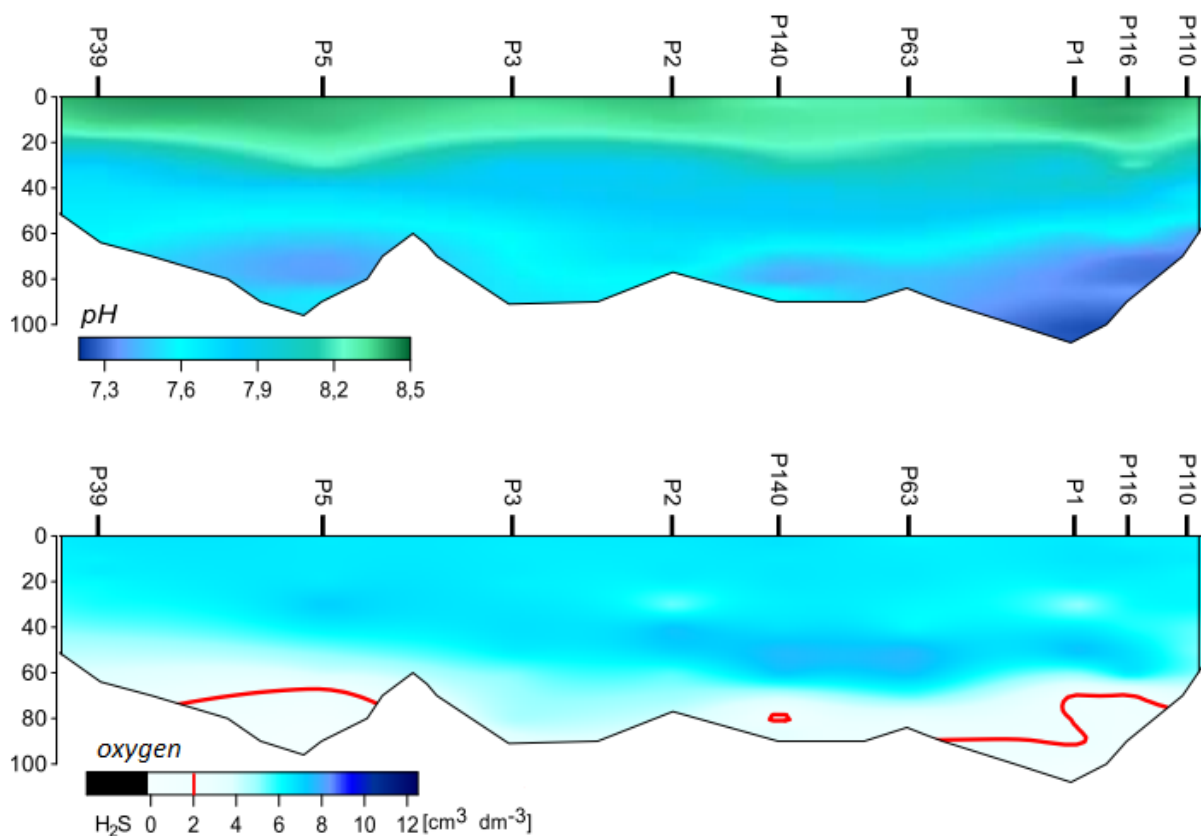
Na podstawie analizy danych z ostatnich dziesięciu lat zauważono, że pomiary uzyskane w roku 2017 wykazują tendencję wzrostową wartości pH wody morskiej, zarówno na całym obszarze objętym badaniami, jak i na poziomie wydzielonych basenów. Co więcej, średnie wartości pH w 2017 roku poszczególnych obszarów wodnych (**Rys. 1**) były wyższe od średniej dekadowej.



Rys. 1. Średnie roczne wartości pH w całym zakresie wysokości słupa wody (powierzchnia – dno) w latach 2007 – 2016, linia ciągła – średnia z lat 2007 – 2016, linia przerywana – obserwowany kierunek zmian (http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_wod/ocena_2017.pdf)

Zmienność pH w czasie w przy powierzchniowej warstwie morza (0 - 10 m), wykazywała podobne prawidłowości, jakie obserwowano dla całej badanej wysokości słupa wody w ciągu ostatniej dekady. W dużej mierze było to spowodowane zdolnością górnej warstwy wodnej do odbierania wszelkich zmian zachodzących w atmosferze.

Zmiany odczynu wody morskiej najczęściej były wynikiem procesów biologicznych zachodzących w powierzchniowej warstwie wody. Podczas intensywnych zakwitów fitoplanktonu, w procesie fotosyntezy z otoczenia pochłaniany jest dwutlenek węgla, a uwalniany tlen. Dlatego też można oczekiwać korelacji pomiędzy stężeniem tlenu, a wartością pH. Ponadto, zmienności przestrzennej i czasowej tego parametru związanego z geograficzną i sezonową zmiennością intensywności fotosyntezy (Wesslander 2011). Zauważono również, że sezonowe wahania pH głównie związane były ze zmianami intensywności produkcji pierwotnej. W 2017 roku najwyższe wartości pH zanotowano w okresie intensywnej wegetacji w okresie od kwietnia do czerwca. Charakterystyczny pionowy spadek pH od powierzchni zwierciadła wody do dna, związany był między innymi z redukcją ilości rozpuszczonego tlenu zużywanego w głębszych warstwach morza w procesach chemicznych (Rys. 2).



Rys. 2. Pionowy rozkład pH oraz stężeń tlenu w wodach polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej wzdłuż głębokowodnego odcinka od Basenu Bornholmskiego do Zatoki Gdańskiej (przykładowa sytuacja z września 2017 roku)

Popularnonaukowe doniesienia na temat ekologicznych skutków OA

W Polsce w Internecie można znaleźć wiele powszechnie dostępnych materiałów na temat zakwaszenia oceanów. Część z tych dokumentów oparta jest na doniesieniach naukowych.

[Nauka o klimacie](#) - portal stworzony przez naukowców związanych z badaniami fizycznych podstaw dotyczących zmian klimatu

- [20 faktów dotyczących zakwaszenia oceanów](#) - tekst powstał na podstawie podsumowania przygotowanego w ramach: [Projektu dotyczącego biogeochemii oraz węgla w oceanie](#) (*ang.* Ocean Carbon and Biogeochemistry Project), [Programu zakwaszenia oceanów Wielkiej Brytanii](#) (*ang.* United Kingdom Ocean Acidification Programme), a także [Europejskiego projektu dotyczącego zakwaszenia oceanów](#) (*ang.* European Project on Ocean Acidification, EPOCA). W pracach uczestniczyło 63 naukowców z 47 instytucji i

12 krajów. Więcej informacji na stronie: [Międzynarodowego Centrum Koordynacji ds. Zakwaszania Oceanu](#).

- [MIT: ZAKWASZENIE OCEANÓW NIE SZKODZI MORSKIM STWORZENIOM](#) - tekst powstał na podstawie [Waldbusser i in. \(2014\)](#), [Skeptical Science \[1\]](#), [Skeptical Science \[2\]](#) i [Portal Oceaniczny](#) - Wyjaśnienie szkodliwego wpływu niedoboru CO_3^{2-} na skorupiaki i rafy koralowe. Zakwaszenie oceanów polega nie tylko na wzroście stężenia jonów wodorowych (spadek pH), ale także anionów HCO_3^- kosztem CO_3^{2-} .

[Nauka w Polsce](#) - jest największym publicznie dostępnym serwisem informacyjnym poświęconym polskiej nauce. Jego głównym zadaniem jest upowszechnianie dorobku polskich naukowców oraz popularyzacja ich osiągnięć, w szczególności w zakresie innowacyjności. Artykuły publikowane w serwisie oparte są na najnowszych doniesieniach naukowych.

Wybrane artykuły na temat [zakwaszenia oceanów](#):

- [Do końca wieku wszystkie rafy mogą wyginąć](#) - Wzrost temperatury na powierzchni morza i kwaśne wody mogą wyeliminować prawie wszystkie istniejące siedliska raf koralowych do 2100 roku. Sugeruje to, że projekty rewitalizacyjne tych obszarów prawdopodobnie będą dużym wyzwaniem. Wynika to z najnowszych badań przedstawionych na [Ocean Sciences Meeting 2020](#). Naukowcy przewidują, że od 70 do 90 % raf koralowych zniknie w ciągu najbliższych 20 lat w wyniku zmian klimatycznych i zanieczyszczenia oceanów ([źródło danych](#)).
- [IPCC: oceany i lodowce są niszczone szybciej, niż sądzono](#) - W artykule znajduje się informacja, że rosnąca temperatura mórz i oceanów oraz wzrost zakwaszenia stanowi poważne zagrożenie dla życia morskiego i całych ekosystemów. Nawet jeśli drastycznie ograniczy się emisję gazów cieplarnianych (a tym samym ograniczy się wzrost temperatury do 1,5 °C), prawdopodobnie zginie nawet 90% raf koralowych.
- [Kwaśne oceany szkodzą larwom dorszy](#) - Badania naukowców z niemieckiego GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research Kiel, którzy współpracowali z kolegami z Francji i Norwegii, potwierdzają, że wysokie stężenie dwutlenku węgla jest destrukcyjne dla gatunku dorsza atlantyckiego, zwłaszcza we wczesnych stadiach życia - ikry i larw.

- [Ocean Arktyczny coraz bardziej zakwaszony](#) - W raporcie opublikowanym w czasopiśmie "Nature Climate Change" naukowcy poinformowali, że zakwaszenie Oceanu Arktycznego znacznie wzrosło w latach od 1990 do 2010 roku. Zasięg zakwaszonych wód zwiększył się aż o około 300 mil morskich na północ od Morza Czukockiego, do obszaru tuż poniżej bieguna północnego. Zakwaszenie stwierdzono również znacznie głębiej niż dotychczas - na głębokości 250 metrów (w porównaniu do wcześniejszych 100 metrów).

Raporty na stronach internetowych prowadzonych przez organizacje pozarządowe:

- [Zakwaszenie oceanów dosłownie rozpuszcza pancerze młodych krabów. Przyczyna: emisje CO₂](#) - smoglab.pl ([źródło](#))

Wideo o zakwaszeniu oceanów:

- [Niebezpieczne zakwaszenie oceanów](#) - TVN METEO, Rosnąca emisja dwutlenku węgla zagraża zwierzętom żyjącym w Oceanie Arktycznym.
- [Test kwasowości: Globalne zakwaszenia oceanów](#) - Rada Ochrony Zasobów Naturalnych. Tłumaczenie: Aleksandra Kardaś, Marcin Popkiewicz, NaukaOKlimacie.pl

Aktualności:

- [Wielka Rafa Koralowa blaknie trzeci raz od pięciu lat. Badacz: Jakbym widział płonący Luwr](#) + film o zagrożeniu dla zwierząt wodnych
- [ONZ ostrzega: rok 2020 jest decydujący dla ochrony mórz i oceanów](#) - Od początku industrializacji wody morskie na świecie stają się coraz bardziej kwaśne, co utrudnia egzystencję morskich kręgowców i mięczaków - Specjalny wysłannik Sekretarza Generalnego ONZ ds. Oceanów Peter Thomson, onet.pl

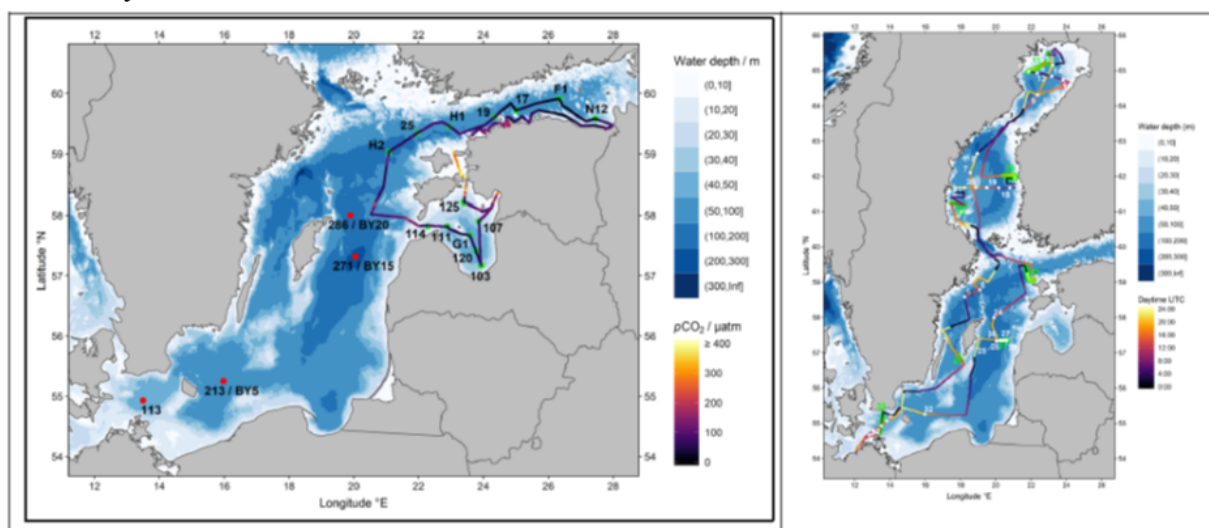
Badania:

Aktualne prace:

Projekt - [Zintegrowany monitoring węgla i gazów śladowych w Morzu Bałtyckim](#), Program BONUS - W ramach projektu ośmiu partnerów BONUS INTEGRAL z pięciu różnych krajów

- a) zintegrowało różne strumienie danych ICOS i związanej z nim infrastruktury dla obszaru pan-bałtyckiego,
- b) dostarczyło lepszych wykresów sezonowego strumienia dwutlenku węgla i gazów cieplarnianych (GHG) nad Morzem Bałtyckim,
- c) połączono zmienne systemu węglowego w modelu 3D o wysokiej rozdzielczości, co przyczyni się do lepszego opisu biogeochemicznego sprzężenia eutrofizacji i deoksygenacji,
- d) wykazano wartość dodaną dla lepszego biogeochemicznego opisu stanu ekosystemu Morza Bałtyckiego,
- e) doradzano we wdrażaniu ICOS w południowo-wschodnich krajach nadbałtyckich, w szczególności promując elementy, które zwiększają wartość oceny stanu ekosystemu Morza Bałtyckiego,
- f) opracowano w ścisłej współpracy z zainteresowanymi stronami strategię na rzecz lepszego, efektywnego kosztowo podejścia do monitorowania Morza Bałtyckiego poprzez integrację i dostosowanie do ICOS.

[Dwa roczne raporty](#) są dostępne na [stronie internetowej](#); na Rys. 3 przedstawiono wyniki dwóch rejsów.



Rys. 3. Po lewej: trasa rejsu RV Salmę od 28 maja do 2 czerwca 2018 roku kolorami reprezentującymi ciśnienie parcjale CO₂ na powierzchni, stacje poboru próbek gazów śladowych i systemu węglowego zaznaczone czerwonymi i zielonymi kropkami. Po prawej: trasa rejsu, letniego rejsu BONUS INTEGRAL. Kod kolorystyczny na ścieżce wskazuje porę dnia (UTC). Próbkę CTD oznaczono białymi kropkami, natomiast transekty ScanFISH zielonymi liniami. Obie mapy z podstawową batymetrią.

[Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk jest partnerem w tym projekcie](#)

Poprzednie projekty:

[POLNOR - The Changing Ocean of the Polar North - Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk](#) - Celem projektu była ocena, jak ekosystem Arktyki odpowie na zmienne poziomy stresorów środowiskowych w wyniku ocieplenia oceanu oraz zmiany chemizmu wody morskiej w wyniku zakwaszenia oceanu (OA) ([Strona projektu](#))

[BONUS PINBAL](#) - Rozwój spektrofotometrycznego systemu pomiaru wartości pH do monitorowania Morza Bałtyckiego. Bardzo dokładne pomiary pH w połączeniu z innymi parametrami są nieocenione dla pełnego opisu morskiego systemu CO₂, badania procesów biogeochemicznych oraz śledzenia "zakwaszenia oceanu". W ramach projektu BONUS PINBAL konsorcjum Instytutu Badań Morza Bałtyckiego im. Leibniza, niemieckiego MŚP CONTROS Systems & Solutions GmbH, Uniwersytetu w Göteborgu oraz Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk będzie wspólnie realizować nadal wymagane podstawowe prace chemiczne, projektowanie systemu i oprogramowania oraz testy terenowe. W celu stworzenia prototypu spektrofotometrycznego systemu pomiaru pH do ciągłych pomiarów w trakcie pracy, jak również dla próbek dyskretnych (*ang.* discrete samples).

[Struktura i funkcjonowanie systemu kwasowo-zasadowego w Morzu Bałtyckim](#) - projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Projekt miał dwa podstawowe cele:

- Zwiększenie dokładności w obliczaniu pH i pCO₂ dla Morza Bałtyckiego poprzez uwzględnienie wszystkich istotnych osobliwości/anomalii tu występujących, co zmniejszy niepewność przewidywania przyszłych potencjalnych zmian pH Morza Bałtyckiego
- Eksperymentalne badanie i parametryzacja procesów biogeochemicznych, które mogą wpływać na funkcjonowanie systemu kwasowo-zasadowego.

Publikacje:

Wpływ rozpuszczonej materii organicznej na system kwasowo-zasadowy Morza Bałtyckiego (*ang.* The influence of dissolved organic matter on the acid-base system of the Baltic Sea).

Karol Kuliński, Bernd Schneider, Karoline Hammer, Ulrike Machulik, Detlef Schulz-Bull, [The influence of dissolved organic matter on the acid-base system of the Baltic Sea](#), Journal of Marine Systems, 132 (2014) 106-115

Praca doktorska Magdaleny Anny Jakubowskiej nt. [Wpływ zakwaszania wody dwutlenkiem węgla na procesy fizjologiczne bałtyckich bezkręgowców](#) z Uniwersytetu Gdańskiego, [Wydział Oceanografii i Geografii](#). Badania potwierdziły hipotezę, że bezkręgowce bałtyckie są odporne na zakwaszenie wody dwutlenkiem węgla. Badane gatunki okazały się nawet lepiej przystosowane niż przypuszczano, gdyż u większości z nich nie zaobserwowano zmian mierzonych parametrów.

[Kryształowy szkielet koralowców rejestrują zakwaszenie oceanu](#) - w ramach badań przeprowadzonych w [Instytucie Paleobiologii](#) w Warszawie (Polska) opublikowano w czasopiśmie Nature Communications, po raz pierwszy, związek pomiędzy zmianami fizjologicznymi zachodzącymi u koralowców żyjących w zakwaszonym oceanie a zmianami w organizacji ich szkieletu w skali atomowej lub krystalograficznej.

Ismael Coronado, Maoz Fine, Francesca R. Bosellini, Jarosław Stolarski. **Wpływ zakwaszenia oceanu na krystalograficzny efekt witalny szkieletu koralowców**. Nature Communications, 2019; 10 (1) DOI: [10.1038/s41467-019-10833-6](https://doi.org/10.1038/s41467-019-10833-6)

BALSAM (Baltic Sea Acidification Mitigation), finansowanego przez Instytut Szwedzki, realizowanego przez AirClim (Szwecja) we współpracy z Ecoaction (Ukraina), Friends of the Baltic (Rosja), Polskim Klubem Ekologicznym Okręg Pomorski (Polska) oraz Novia University of Applied Sciences (Finlandia).

