

# Eksploracja głębin Morza Karaibskiego w rejonie wyspy Roatán (Honduras) przez polskich paleontologów – terazniejszość kluczem do poznania przeszłości

Przemysław Gorzelak<sup>1</sup>, Mariusz A. Salamon<sup>2</sup>



P. Gorzelak



M.A. Salamon

**Deep-sea exploration of the Caribbean Sea in the area of Roatán Island (Honduras) from the point of view of Polish palaeontologists – the present is the key to the past.** *Prz. Geol.*, 71: 71–81; doi: 10.7306/2023.4

*Abstract.* The island margin of Isla de Roatán is a unique place of outstanding scientific and didactic values, with one of the longest coral reef and an astonishing fauna inhabiting the deep sea zones. The unique geomorphological conditions enable to perform shore-based submersible operations at great depths. In this paper a short report from our dive down to about 650 m is presented. Our preliminary dive was used to document a diverse faunal assemblage, which allowed for a better understanding of the fossil record.

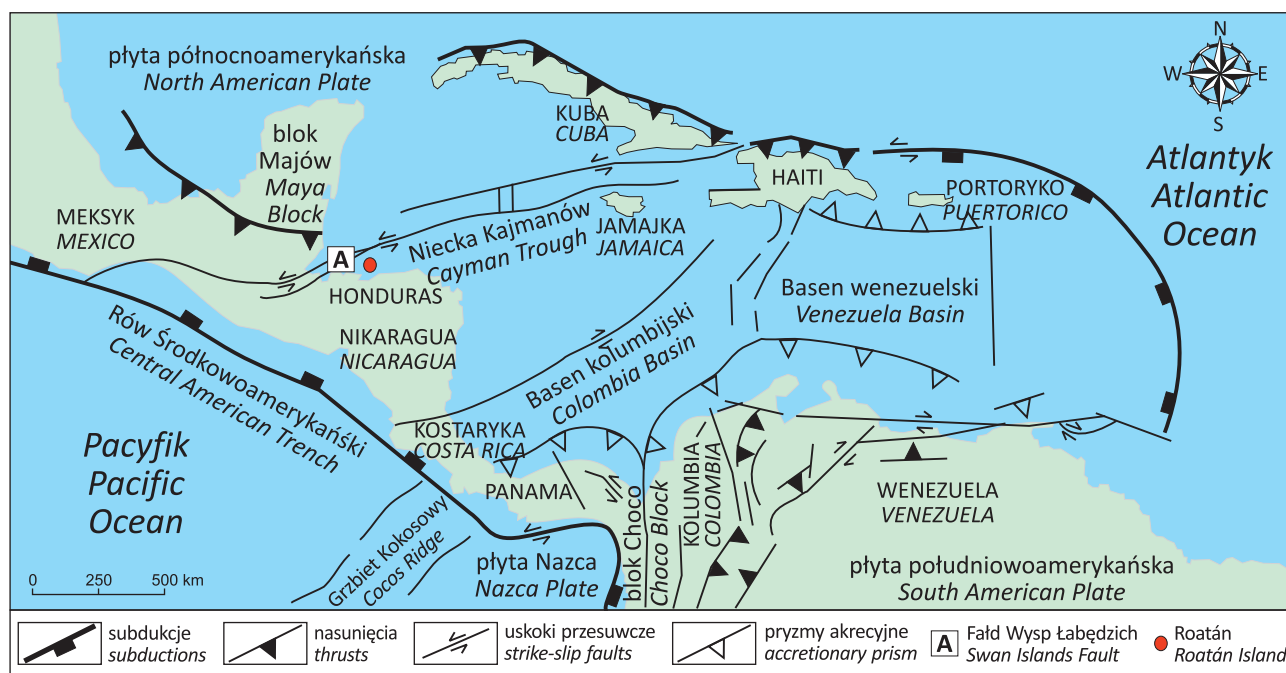
**Keywords:** Honduras, echinoderms, crinoids, photic zone, ichnology

Wyspa Roatán, podobnie jak pobliskie Útila i Guanaja, należy do archipelagu Bahía, który znajduje się na Morzu Karaibskim w odległości ok. 65 km od wybrzeży kontynentalnego Hondurasu (ryc. 1). Powierzchnia wyspy wynosi 83 km<sup>2</sup>, długość nie przekracza 60 km, a szerokość 3 km. Dokładna liczba jej mieszkańców nie jest znana, choć szacuje się ją na 100–120 tysięcy. Archipelag Bahía słynie z piaszczystych plaż oblewanych turkusowymi wodami Morza Karaibskiego. To one oraz różnorodność świata organicznego tutejszych raf przyprawiają o zawrót głowy i przyciągają rzesze turystów, głównie ze Stanów Zjednoczonych. Roatán jest wyjątkowym miejscem pod wieloma względami, m.in. ma duże walory naukowe i dydaktyczne, ponieważ znajduje się tu rozległa rafa wchodząca w skład,

drugiej co do wielkości na świecie, Wielkiej Mezoamerykańskiej Rify Koralowej oraz unikatowe zespoły faunistyczne, zasiedlające głębsze strefy morskie. Wyspę tę odwiedziliśmy w październiku 2022 r., by wziąć udział w ekspedycji badawczej, mającej na celu eksplorację faun głębokomorskich, ze szczególnym uwzględnieniem szkarłupni. W batyskafie *Idabel*, zanurzyliśmy się na głębokość 650 m pod powierzchnię wody i podziwialiśmy organizmy zasiedlające skłon dna morskiego.

## BUDOWA GEOLOGICZNA WYSPY

Roatán leży na południowym skraju lewostronnego uskoku ślizgowego Motagua i Wysp Łabędzich (ryc. 1), tuż



**Ryc. 1.** Mapa geotektoniczna (za Sutton i in., 2015, uproszczona) z zaznaczonym miejscem ekspedycji głębokomorskiej (czerwona kropka)  
**Fig. 1.** Geotectonic map (simplified after Sutton et al., 2015) with location of the deep-sea expedition indicated (red dot)

<sup>1</sup>Instytut Paleobiologii PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa; pgorzelak@twarda.pan.pl; ORCID ID: 0000-0001-5706-1881

<sup>2</sup>Instytut Nauk o Ziemi, Wydział Nauk Przyrodniczych, Uniwersytet Śląski w Katowicach, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; paleo.crinoids@poczta.fm; ORCID ID: Mariusz Salamon

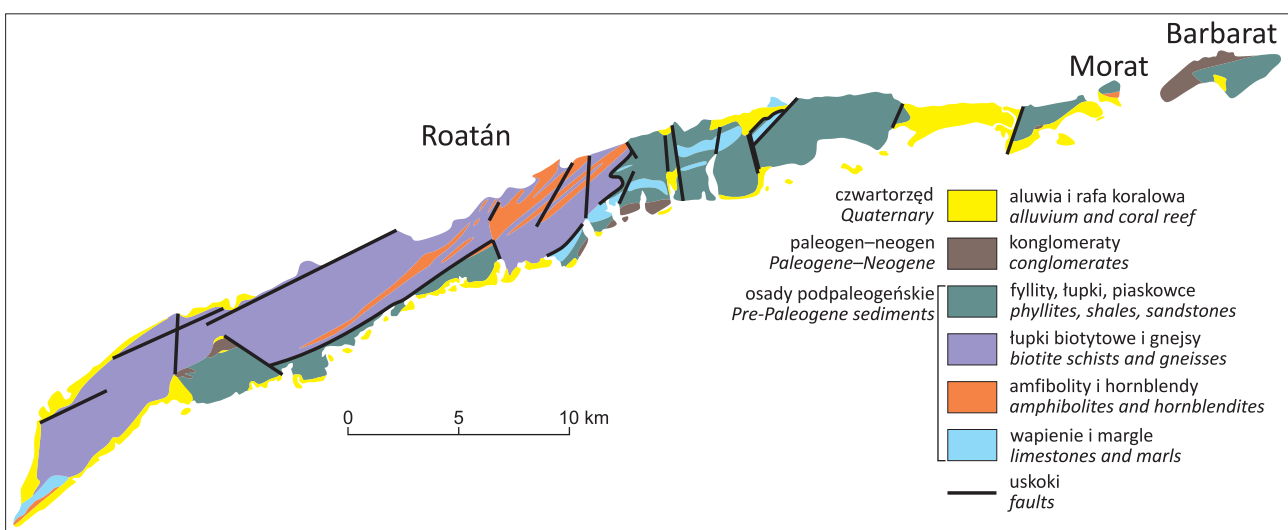
obok zachodniego krańca Niecki Kajmanów (Rosencrantz, Mann, 1991). System uskoków wyznacza tu granicę między płytami tektonicznymi – północnoamerykańską i karaibską. W podłożu wyspy występują skały ultramaficzne i metamorficzne (zdominowane przez amfibolity i serpentynty z intruzjami pegmatytów kwarcowych) oraz bazalty. Ich wiek oraz relacje strukturalne są niejasne (Sutton i in., 2015). Skały osadowe są dokumentowane nieregularnie występującymi wapieniami i dolomitami o różnym stopniu metamorfizmu. Pozyskuje się je jako marmury niskiej jakości. We wschodniej części wyspy występują także zlepieńce, które zalegają na skałach metamorficznych, bazaltach i marmurach (ryc. 2). Na nich z kolei obserwuje się czwartorzędowe rafy koralowe oraz osady aluwialne (Sutton i in., 2015).

W odległości zaledwie kilkuset metrów od brzegu Roatánu występuje silnie nachylony stok dna morskiego. Do

głębokości 400–450 m odsłaniają się na nim wapień, a poniżej bazalty. Bazalty te widać także na dnie morskim, którego rozległe obszary są pokryte nieskonsolidowanym jeszcze osadem klastycznym i węglanowym (Etnoyer i in., 2022).

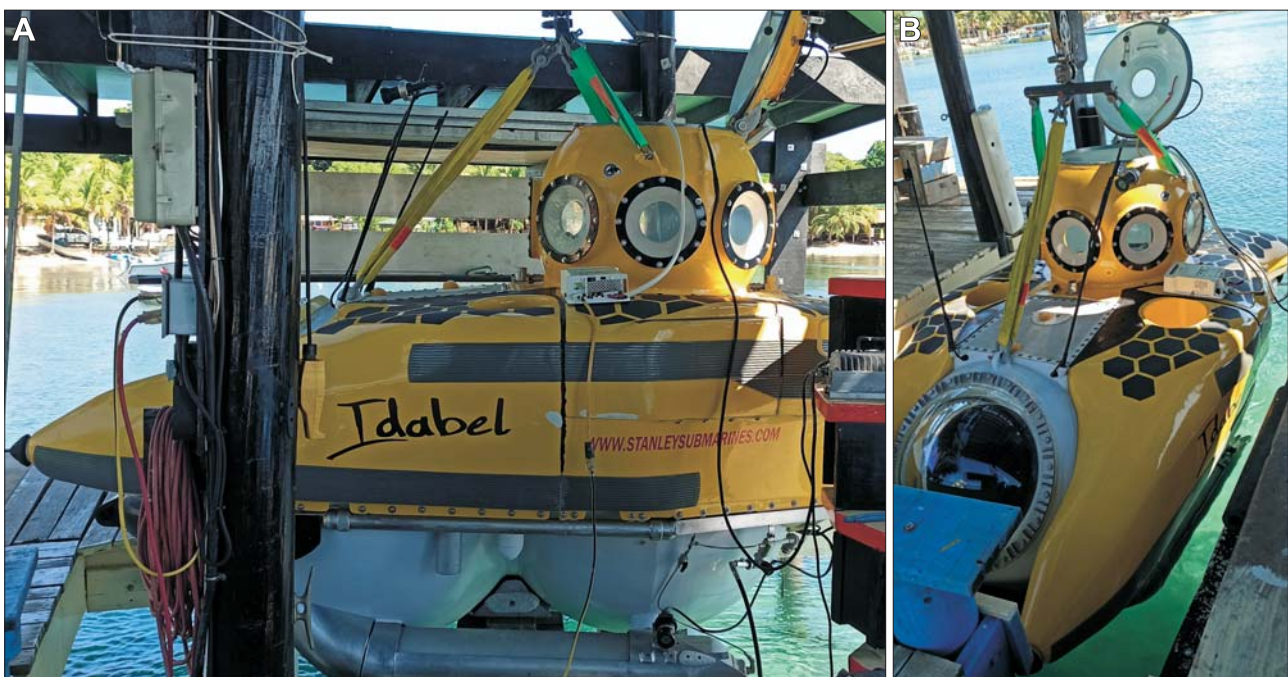
### BATYSKAF IDABEL

Konstruktorem, właścicielem i pilotem batyskafu *Idabel* jest Karl Stanley (ryc. 3), znany odkrywca głębin, który w wieku 15 lat zbudował swoją pierwszą łódź podwodną (Roatan Institute for Deepsea Exploration, West End, Roatán; <https://stanleysubmarines.com>). *Idabel* może się zanurzać pod powierzchnię morza maksymalnie na głębokość ok. 2400 stóp, czyli ok. 734 m (1 stopa = 30,48 cm). Pojazd ten stacjonuje w doku w West End, usytuowanym w odległości zaledwie 250 m od ściany stromego rowu



Ryc. 2. Mapa geologiczna wyspy Roatán (uproszczona za Sutton i in., 2015)

Fig. 2. Geological map of Roatán island (simplified after Sutton et al., 2015)



Ryc. 3. Batyskaf *Idabel* z profilu i *en face*. Fot. P. Gorzelak

Fig. 3. The *Idabel* submersible in profile and *en face*. Photo by P. Gorzelak



morskiego o głębokości ponad 1500 m, dzięki czemu nie ma potrzeby używania statku do holowania batyskafu w odległe zakątki akwenu. *Idabel* ma 4 m długości, 2 m szerokości i 2,1 m wysokości. Łódź ta jest zaopatrzona w baterie litowe (także zapasowe), które umożliwiają jej zasięg do 16 km. Znajdują się w niej trzy (ciasne!) miejsca: jedno dla pilota i dwa dla obserwatorów, którzy muszą zmieścić się na ławce o długości metra, a ich waga nie może przekraczać 220 kg. Podwodny świat można podziwiać przez dwa bulaje. Jeden znajduje się na froncie, ale jest wypukły, przez co zniekształca rozmiary oglądanych obiektów. Drugi jest płaski, usytuowany w podłodze i w mniejszym stopniu przekłamuje obserwowany obraz.

### DOTYCHCZASOWE BADANIA Z WYKORZYSTANIEM *IDABEL*

Pierwszych naukowych obserwacji głębin morskich u wybrzeży Roatánu dokonano z batyskafu *Idabel* w 2012 r. Efektem tych ekspedycji (na głębokość 430–640 m p.p.m.) jest m.in. opracowanie Syversona i in. (2015), w którym opisano strukturę populacyjną i ślady regeneracji współczesnych liliowców z rzędu Cyrtocrinida (*Holopus mikihe*). Kolejne głębokowodne liliowce udokumentowali w okolicach Roatánu Veitch i Baumiller (2021) oraz Veitch (2022). Były to: łądogowy *Democrinus* sp. (Bourgueticrinina, Comatulida), łądogowe izokrynidy (Isocrinida) oraz bezłodygowe komatulidy (Comatulida).

*Idabel* wykorzystywano także do obserwacji ryb. Tornabene i in. (2018) zwracali uwagę na obecność na głębokości 122–165 m nowego gatunku *Lipogramma*, należącego do rodziny Grammatidae. Rybę tę nazwano *L. idaebli* na cześć batyskafu, który umożliwił przeprowadzenie podwodnych badań. W pracy tej dowodzą, że obserwacje *L. idaebli* i innych reprezentantów *Lipogramma* wskazują na wyraźny, międzygatunkowy rozkład siedlisk w zależności od głębokości i rodzaju zasiedlanego podłoża. Najbardziej kompleksową, jak dotychczas, pracę na temat bezkręgowców z tego rejonu z szerokiego zakresu głębokości

(150–750 m) zaprezentowali Etnoyer i in. (2022). Autorzy ci w dziesięciu lokalizacjach wokół Roatánu wskazywali na obecność 20 różnych gatunków oktokorali (Octocorallia), wielu skleraktinii i czarnych koralii (Scleractinia i Antipatharia) oraz wielu innych, znanych i nieznanych jeszcze reprezentantów Zoantharia, 20 taksonów gąbek należących do Demospongiae i Hexactinellida, a także co najmniej 9 gatunków liliowców (patrz tab. 2 w Etnoyer i in., 2022). Stwierdzali także, że zbiorowiska epifauny są związane z koralowcami i obejmują co najmniej 24 gatunki bezkręgowców, zdominowane przez węzowidło (Ophiuroidea) *Asteroschema laeve* oraz dziesięcionoga (Anomura) *Chirostylus* spp., którym towarzyszyły mniej liczne kraby, pąkle, inne węzowidła, rozgwiazdy, jeżowce regularne, ukwiały i ryby z rodziny Bythitidae.

### EKSPLORACJA GŁĘBIN MORZA KARAIBSKIEGO W REJONIE WYSPI ROATÁN

#### Zanurzamy się

W portowym doku stawiliśmy się o godz. 14.00. Najpierw zostaliśmy zważeni. Potem wspólnymi siłami załadowaliśmy do batyskafu odważniki oraz sorbent (wapno sodowane), które przez najbliższych pięć godzin miało pochłaniać wydychany przez nas dwutlenek węgla. Wysięgnik usadowił *Idabel* na wodzie, po czym zanurzyliśmy się na głębokość około metra i przez 15 minut płynęliśmy w kierunku północnym. Następnie przez ponad godzinę płynęliśmy wzdłuż skłonu dna morskiego na zachód, zanurzając się coraz głębiej, aż do osiągnięcia głębokości docelowej, tj. około 650 m p.p.m. W trakcie zanurzania widzieliśmy przed sobą turkusową wodę z ogromną ilością planktonu – głównie skorupiaków, migających w świetle niczym gwiazdy w kosmosie. Trzeba przyznać, że towarzyszyło nam „lekkie” przerażenie (ryc. 4). Pierwszy postój nastąpił na głębokości ok. 250 m. Był to ostatni moment, żeby zobaczyć tego dnia promienie słoneczne (powrót był planowany po zachodzie słońca). Wkrótce znaleźliśmy się w strefie mroku...

#### Oceaniczne strefy nasłonecznienia

Wyróżnia się pięć stref pelagialu, ale światło słoneczne dociera tylko do dwóch górnych z nich.

W najpłytszej strefie, epipelagicznej, jest na tyle dużo światła słonecznego, że może w niej zachodzić fotosynteza. Jeśli woda jest przejrzysta, strefa ta sięga maksymalnie do głębokości 200 m, ale w mętnych wodach może mieć zaledwie kilka metrów. Jej odpowiednikiem jest strefa fotyczna, zwana również eufotyczną, w której bytuje 90% organizmów morskich, zdominowanych przez fitoplankton, obejmujący bruzdnice, okrzemki, cyjanobakterie, glony wapienne oraz mięsożerny i roślinożerny zooplankton (np. Falkowski i in., 2007; Lee i in., 2007).

Poniżej jest strefa mezopelagiczna (odpowiednik strefy dysfotycznej), która otrzymuje niewielką ilość światła w porównaniu do strefy epipelagicznej. Bywa ona nazywana także strefą mroku ze względu na panujące w niej zaciemnienie, przypominające wieczorny zmierzch na powierzchni Ziemi. Ciśnienie w tej strefie osiąga nawet ponad milion Pa.



**Ryc. 4.** Uczestnicy ekspedycji: Przemysław Gorzelak (z lewej) i Mariusz Salamon (z prawej), w trakcie zanurzenia – 600 m p.p.m. Fot. P. Gorzelak

**Fig. 4.** Members of the expedition – Przemysław Gorzelak (left) and Mariusz Salamon (right), during immersion – 600 m b.s.l. Photo by P. Gorzelak

Rozpoczyna się ona na głębokości 200 m i sięga nawet do 1000 m p.p.m.

Trzecią strefą pelagialu jest batypelagial, nazywany również strefą afotyczną, obejmujący ok. 90% oceanów. Strefa ta w ogóle nie otrzymuje światła, stąd jej synonimiczne określenia strefa północy lub strefa głębokiego oceanu (np. Southward, Blaxter, 1997). Światło, które pojawia się w niej okazjonalnie, jest produkowane przez organizmy żywe w wyniku zachodzących w nich reakcji chemicznych (bioluminescencja). Ciśnienie panujące w tej strefie jest ekstremalnie wysokie, znacznie wyższe niż w strefie zmroku. Temperatura wody waha się w zakresie od 0 do 4°C. Batypelagial rozpoczyna się na głębokości ok. 1000 m i sięga do 4000 m.

Dwie najgłębsze strefy morskie to abysopelagial oraz hadopelagial. Ta ostatnia strefa obejmuje najgłębsze rowy oceaniczne (np. Jamieson i in., 2017).

Niedawno Baldwin i in. (2018) opisali na podstawie wyników badań przeprowadzonych na Morzu Karaibskim nową strefę oceaniczną, rozciągającą się na głębokości od ok. 130 do 300 m, do której dociera niewiele światła. Autorzy cytowanego opracowania nazwali ją *rariphotic zone* – nie ma ona jeszcze określenia w języku polskim. Zaobserwowano w niej unikatową faunę ryb rafowych, wśród których dominują gatunki silnie spokrewnione z formami płytko- niż głębokomorskimi. Towarzyszy im ponad setka gatunków bezkręgowców, w tym wiele wcześniej nieznanymi nauce.

W trakcie naszej podróży mogliśmy się przekonać, jak wygląda fauna zamieszkująca tę i głębszą strefę. Zauważyliśmy też, że w wodach okalających wyspę Roatán strefa fotyczna (teoretycznie sięgająca do 200 m) może kończyć się głębiej. Promienie światła, przebijające przez wodę, można było dostrzec nawet na głębokości ok. 300 m. Wydaje się zatem, że sztywne, podręcznikowe definicje granic stref fotycznych należy traktować ostrożnie.

#### Fauna na głębokości 650 m p.p.m.

Docelową głębokość zanurzenia (ok. 650 m) osiągnęliśmy chwilę po godz. 15.30. Przed nami widniała stromo nachylna ściana rowu morskiego, miejscami pod kątem 70°. Była ona pokryta głównie czarnymi skałami wylewnymi (ryc. 5). Na skałach tych znajdował się jasnożółty, nieskonsolidowany i różnoziarnisty osad (ryc. 6). W wielu miejscach zalegały na nim duże, czarne bloki skalne i głązy (o średnicy metra i większej). Miejscami osad ten był słabo wysortowany i zawierał klasty o zróżnicowanej wielkości i obtoczeniu. W wielu miejscach były też widoczne liczne szczątki roślinne, przetransportowane przez prądy, w tym kompletne liście (ryc. 6). Takie cechy facjalne, rozpoznane w zapisie kopalnym, w połączeniu z obecnością licznych i zróżnicowanych koralowców, mogłyby być mylnie interpretowane jako wskaźnik środowisk płytkomorskich. Po raz kolejny zatem nasze obserwacje wyszły na przeciw utartym schematom i podręcznikowym teoriom.

W stromych ścianach skłonu dna morskiego można było zauważyć zagłębienia, tunele i jaskinie. Pierwszymi organizmami, które udało się zaobserwować, były jamochłony, węzowidła, gąbki oraz głowonogi, w tym ośmiornice z rodzaju *Grimptoteuthis* (ryc. 7A), potocznie zwane Dumbo (nazwa nawiązuje do disnejowskiego słonia Dumbo). Wśród innej fauny liczne były koralowce,



Ryc. 5. Komatulid *Neocomatella* (czerwona strzałka) na tle głazów bazaltowych; ok. 630 m p.p.m. Fot. M. Salamon

Fig. 5. Feather star *Neocomatella* (red arrow) against the background of basalt boulders; approx. 630 m b.s.l. Photo by M. Salamon



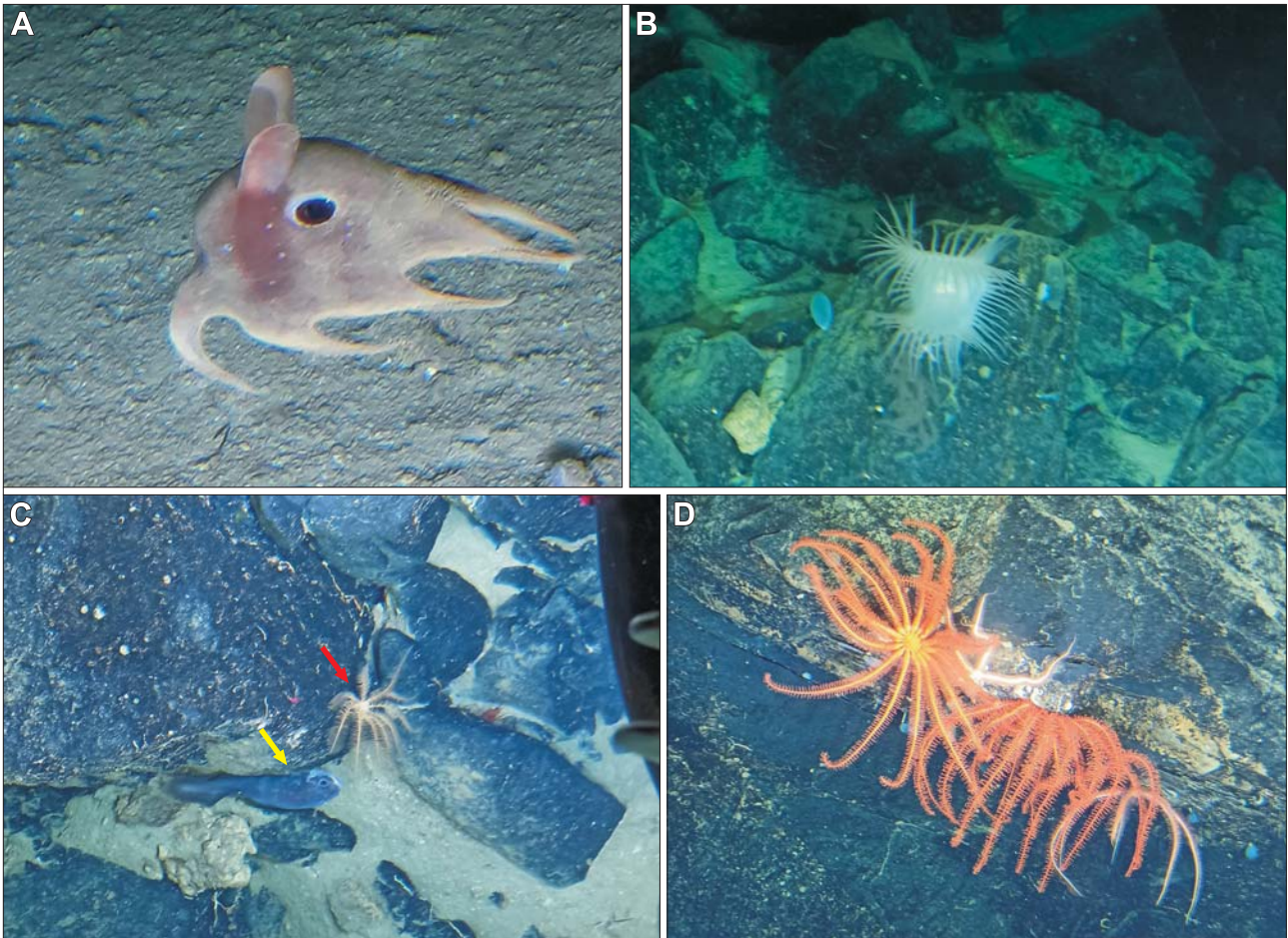
Ryc. 6. Niewysortowany, różnoziarnisty osad z licznymi klastami i szczątkami roślin lądowych (czerwona strzałka – liść). Fot. P. Gorzelak

Fig. 6. Unsorted, variously grained sediment with numerous clasts and remains of terrestrial plants (red arrow – leaf). Photo by P. Gorzelak

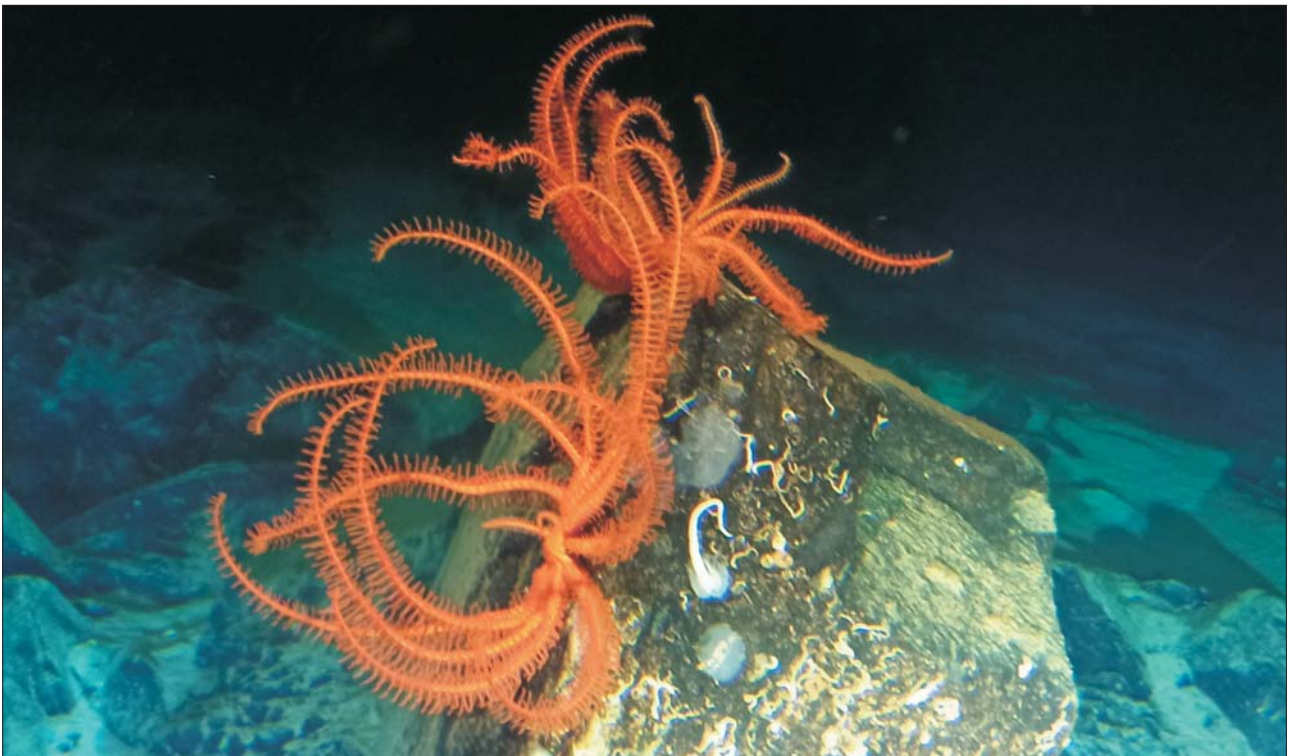
m.in. *Paramuricea*, *Dendrophyllia*, *Stichopathes* (ryc. 9A), krewetki, widowiskowo filtrujące węzowidła *Asteroschema laeve*, rozgwiazdy *Novodinia antillensis* (ryc. 7D i 8) oraz bezłodygowe komatulidy *Neocomatella* (ryc. 5 i 7C) i *Crinometra* (ryc. 9C). Liliowce te nosiły widoczne ślady regeneracji ramion, będące wynikiem drapieżnictwa – prawdopodobnie towarzyszących im ryb (ryc. 7C). Podobne ślady dokumentowano w stanie kopalnym (np. Salamon i in., 2022).

Obserwowane organizmy bytowały w skalnych zagłębieniach i niewielkich jaskiniach, często w pozycji do góry nogami (ryc. 10). Trzeba przypomnieć, że taki sposób zasiedlania podmorskich jaskiń jest też znany z zapisu kopalnego. W utworach dewonu Maroka Jakubowicz i in. (2014) udokumentowali podobne „wiszące ogrody”, zdominowane przez koralowce i liliowce. Autorzy ci podkreślali, że obserwowany przez nich zespół uderzająco



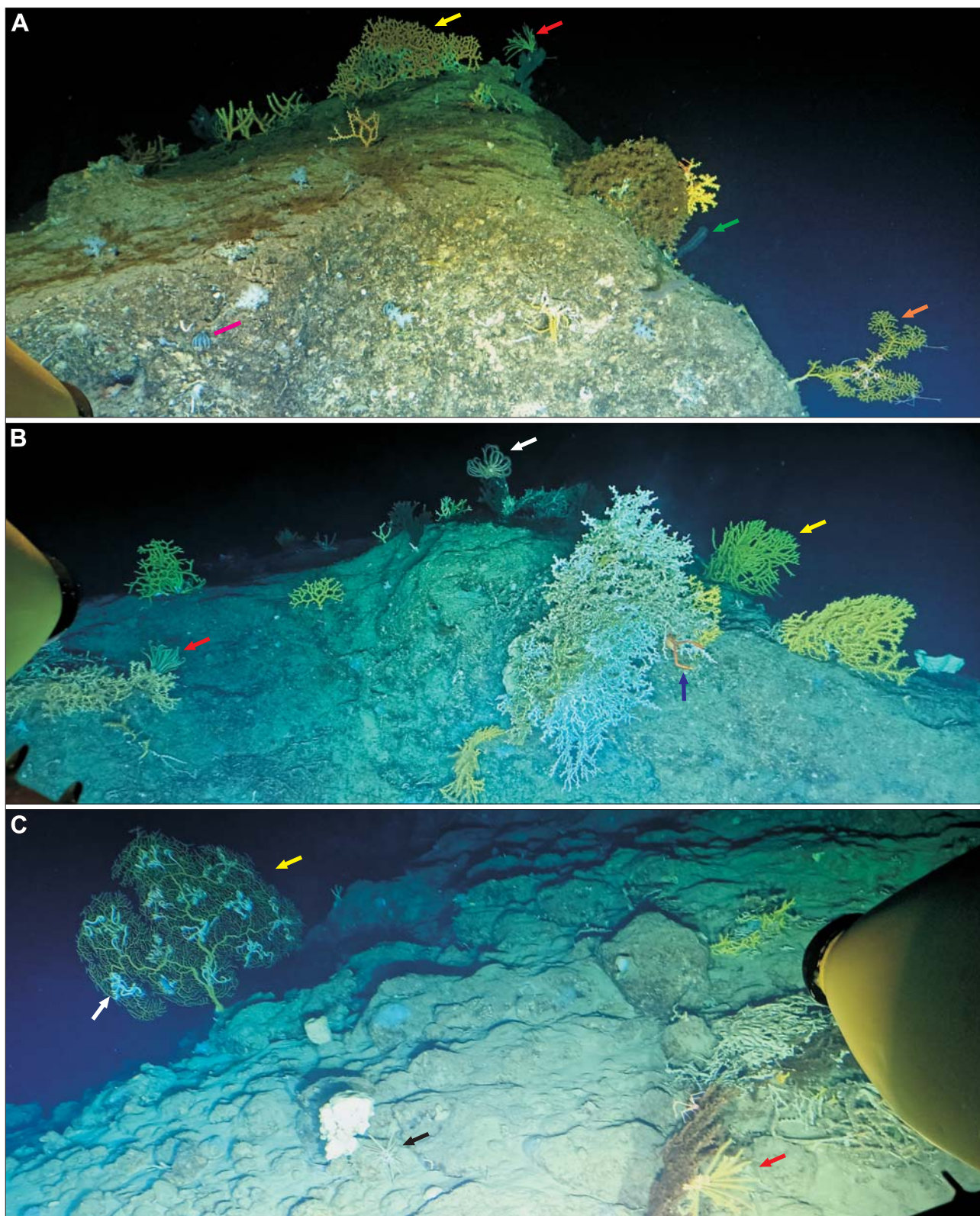


**Ryc. 7.** Fauna na głębokości ok. 630 m p.p.m.: **A** – ośmiornica *Grimptoteuthis*; **B** – Actiniaria indet.?; **C** – komatulid *Neocomatella* (czerwone strzałki) z towarzyszącą rybą (strzałka żółta); **D** – rozgwiazdy *Novodinia antillensis*. A i C fot. M. Salamon; B i D fot. P. Gorzelak  
**Fig. 7.** Fauna at a depth of ca. 630 m b.s.l.: **A** – octopus *Grimptoteuthis*, **B** – Actiniaria indet.?; **C** – feather star *Neocomatella* (red arrows) with associated fish (yellow arrow); **D** – sea star *Novodinia antillensis*. A and C photo by M. Salamon; B and D photo by P. Gorzelak



**Ryc. 8.** Rozgwiazdy *Novodinia antillensis* – ok. 630 m p.p.m. Fot. P. Gorzelak  
**Fig. 8.** Sea star *Novodinia antillensis* – ca. 630 m b.s.l. Photo by P. Gorzelak

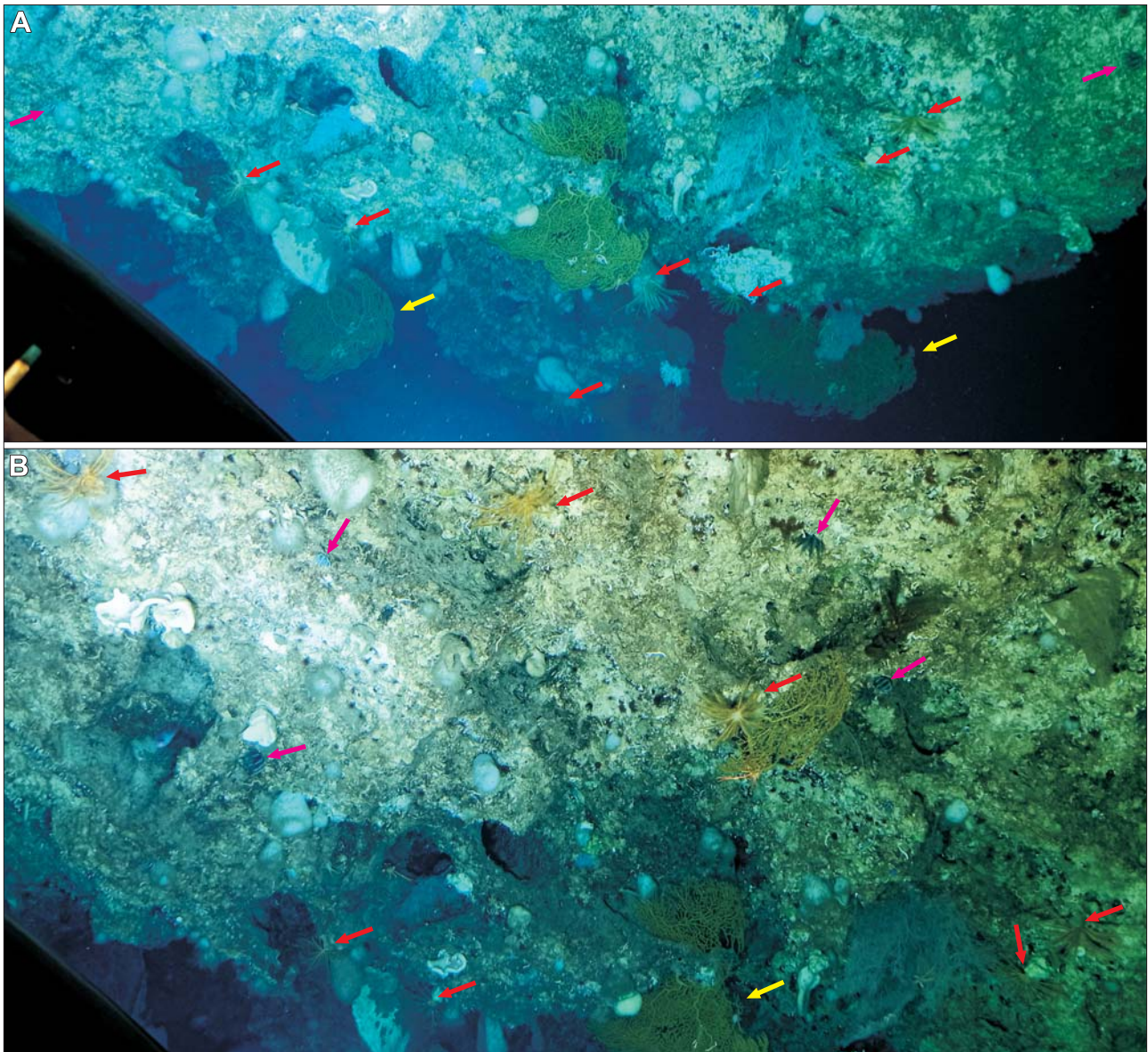




**Ryc. 9.** Fauna na głębokości ok. 450 m p.p.m.: **A** – fauna skalistego podłoża zdominowana przez koralowce *Dendrophyllia* (żółta strzałka), *Paramuricea* (pomarańczowa strzałka), *Parantipathes* (zielona strzałka) i liliowce: komatulid *Crinometra* (czerwona strzałka) oraz *Holopus* cf. *mikihe* (różowa strzałka); **B** – rozgwiazda *Novodinia antillensis* (biała strzałka) w towarzystwie koralowców *Dendrophyllia* (żółta strzałka), liliowców *Crinometra* (czerwona strzałka) i krabów (fioletowa strzałka); **C** – oktokoral *Paramuricea* (żółta strzałka) obrosnięty przez wężowidła *Asteroschema laeve* (biała strzałka) w towarzystwie jeżowców (*Cidaris abyssicola*, czarna strzałka) i liliowców (*Crinometra*, czerwona strzałka). Fot P. Gorzelak

**Fig. 9.** Fauna at a depth of approx. 450 m b.s.l.: **A** – bedrock fauna dominated by corals: *Dendrophyllia* (yellow arrow), *Paramuricea* (orange arrow), *Parantipathes* (green arrow) and crinoids: *Crinometra* (red arrow) and *Holopus* cf. *mikihe* (pink arrow); **B** – starfish *Novodinia antillensis* (white arrow) accompanied by *Dendrophyllia* corals (yellow arrow), crinoid *Crinometra* (red arrow) and crabs (purple arrow); **C** – *Paramuricea* octocoral (yellow arrow) encrusted with *Asteroschema laeve* (white arrow) accompanied by sea urchins (*Cidaris abyssicola*, black arrow) and crinoids (*Crinometra*, red arrow). Photo by P. Gorzelak





**Ryc. 10.** „Wiszące ogrody” (A i B) zdominowane przez: oktokorale *Paramuricea* (żółte strzałki), liliowce – komatulid *Crinometra* (czerwone strzałki), cyrtokrynid *Holopus* cf. *mikihe* (różowe strzałki) – oraz liczne gąbki (białe kielichowate struktury). Głębokość ok. 420 m p.p.m. A fot. P. Gorzelak; B fot. M. Salamon

**Fig. 10.** “Hanging gardens” (A and B) dominated by: *Paramuricea* octocorals (yellow arrows), crinoids – a comatulid *Crinometra* (red arrows); cyrtocrinid *Holopus* cf. *mikihe* (pink arrows) – and a number of sponges (white cup-shaped structures). Depth ca. 420 m b.s.l. A photo by P. Gorzelak; B photo by M. Salamon

różni się od swoich współczesnych odpowiedników i nie ma analogii wśród dzisiejszych ekosystemów. Nasze obserwacje sugerują jednak, że asocjacje faunistyczne w rejonie wyspy Roatán mogą być dobrym współczesnym analogiem, pozwalającym lepiej zrozumieć te kopalne ekosystemy.

Pewnym zaskoczeniem była obecność licznych koralowców przyczepionych do skał, gąbek oraz wolnożyjących komatulidów (ryc. 7C i 9). Liliowce te są traktowane w paleontologicznej literaturze jako wskaźniki wybitnie płytkich środowisk. Dla przykładu Hess (1999) w swoim fundamentalnym opracowaniu na temat liliowców napisał, że preferencje batymetryczne komatulidów są ograniczone do 70 m. Korzystając z tej wiedzy, jeden z nas [M.A.S.], dokumentując szczątki komatulidów w zapisie kopalnym, wielokrotnie twierdził, że ich obecność świadczy o osadach, które powstawały w płytkich akwenach (np. Sa-

lamon, 2008a, b, c, 2009). Doświadczenia zdobyte w trakcie ekspedycji na Roatán po raz kolejny nakazują, aby z ostrożnością podchodzić do publikowanych danych paleontologicznych.

### Wynurzamy się

Po upływie kilku godzin, przesuając się z wolna wzdłuż ściany rowu, a w zasadzie tunelami, które tną tę ścianę gęstą siecią, zaczęliśmy wznosić się ku górze. Na głębokości ok. 430 m napotkaliśmy kolejne liliowce, tym razem krótkołydowe izokrynidy *Endoxocrinus parrae carolinae* (ryc. 11), co nas nie zdziwiło, ponieważ przywoływany wcześniej Hess (1999) pisał, że o ile kopalni przedstawiciele tego rzędu bytowali w płytkich akwenach, o tyle współczesne izokrynidy są wskaźnikami głębokich i bardzo głębokich stref morskich (patrz także: Macurda,



→

**Ryc. 11.** Krótkołądowy izokrynid *Endoxocrinus parrae carolinae* (żółta strzałka wskazuje na ślad regeneracji ramienia; kompletne ramiona mają długość ok. 15 cm) w towarzystwie cyrtokrynida *Holopus* cf. *mikihe* (czerwona strzałka) głębokość ok. 430 m. Fot. P. Gorzelak

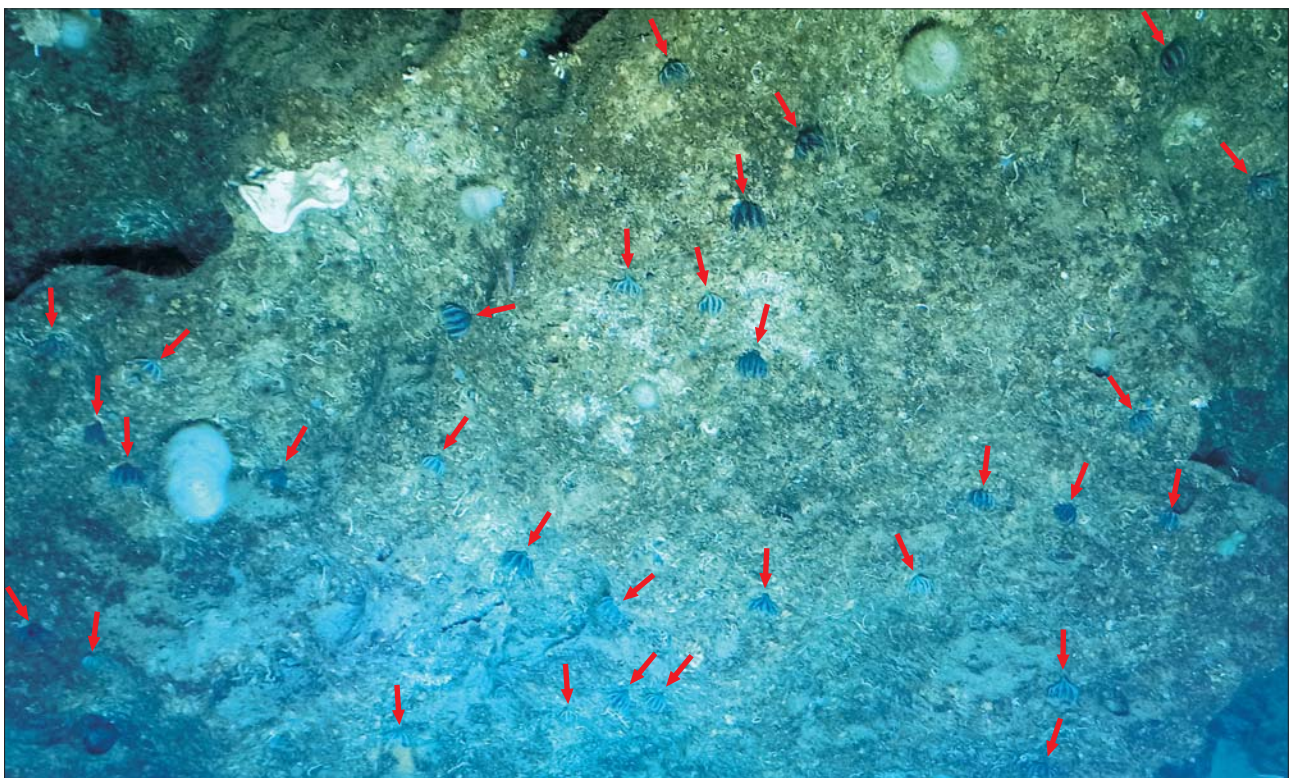
**Fig. 11.** A short-stemmed isocrinid of *Endoxocrinus parrae carolinae* (yellow arrow indicates a sign of arm regeneration; length of complete arm ca. 15 cm) in the company of a cyrtocrinid *Holopus* cf. *mikihe* (red arrow); depth ca. 430 m. Photo by P. Gorzelak



Meyer, 1974; Messing i in., 1990). Liliowce te, podobnie jak komatulidy, nosiły ślady regeneracji ramion. Izokrynidom towarzyszyły liczne gąbki, koralowce, rzadsze były ślimaki, krewetki, kraby, głowonogi, jeżowce i ryby.

Ostatnią obserwowaną grupą liliowców były niewielkie, sesylne cyrtokrynidy, przytwierdzone w wielu miejscach do ścian bloków skalnych (ryc. 12). Pierwsze ich osobniki zauważyliśmy na głębokości ok. 450 m, a ostatnich reprezentantów, z rodzajów *Holopus* i *Cyathidium*, zobaczyliśmy ok. 250 m poniżej lustra wody. To również nas nie zaskoczyło, ponieważ wiele opracowań traktuje te zwierzęta jako indykatory środowisk bardzo głębokich. Uczestniczący w podmorskich wyprawach Cherbonnier, Guille (1972) czy Heinzeller i in. (1996) dokumentowali

*Cyathidium* z Oceanu Atlantyckiego i Indyjskiego z interwału 200–900 m. Hess (1999) przypominał, że pewni przedstawiciele *Proisocrinus* mogą bytować w okolicach Nowej Kaledonii nawet na głębokości 1900 m. O ile starsze dane literaturowe (np. Głuchowski, 1987) wskazywały, że kopalne cyrtokrynidy, podobnie jak współczesne, preferowały głębsze akweny morskie, to ostatnie, które prezentowały wiedzę na temat jurajskich reprezentantów tego



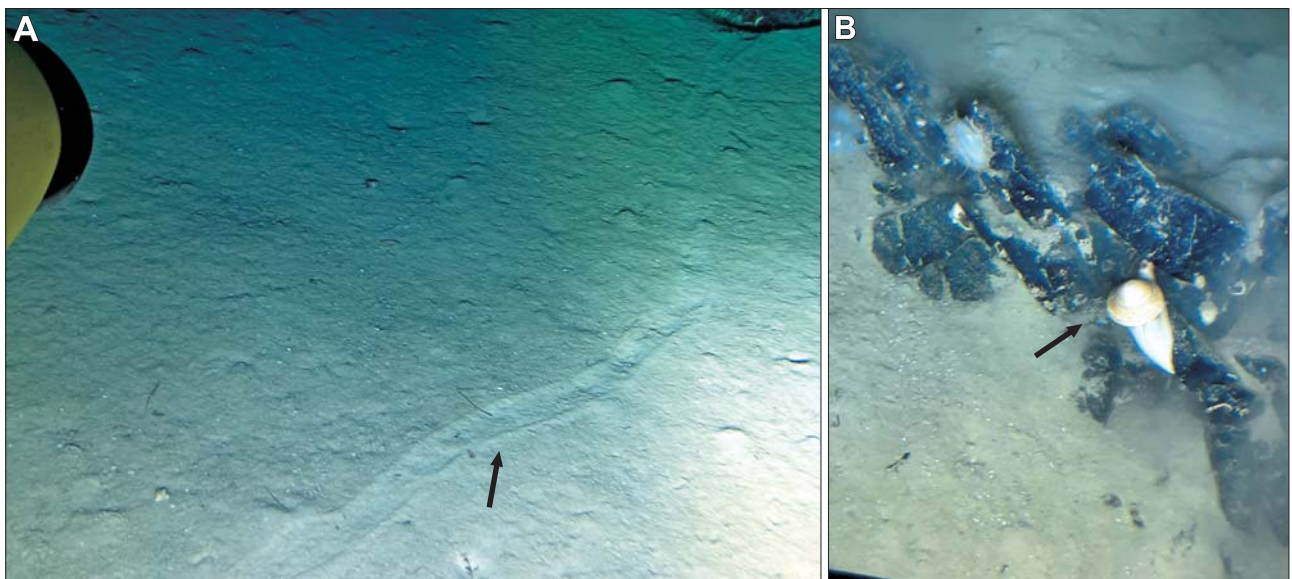
**Ryc. 12.** Pionowy blok skalny z gęsto rozmieszczonymi i różnie zorientowanymi cyrtokrynidami *Holopus* cf. *mikihe* (czerwone strzałki); głębokość ok. 430 m p.p.m. Fot. P. Gorzelak

**Fig. 12.** Vertical block of a rock with densely distributed and differently oriented cyrtocrinids *Holopus* cf. *mikihe* (red arrows); depth ca. 430 m b.s.l. Photo by P. Gorzelak



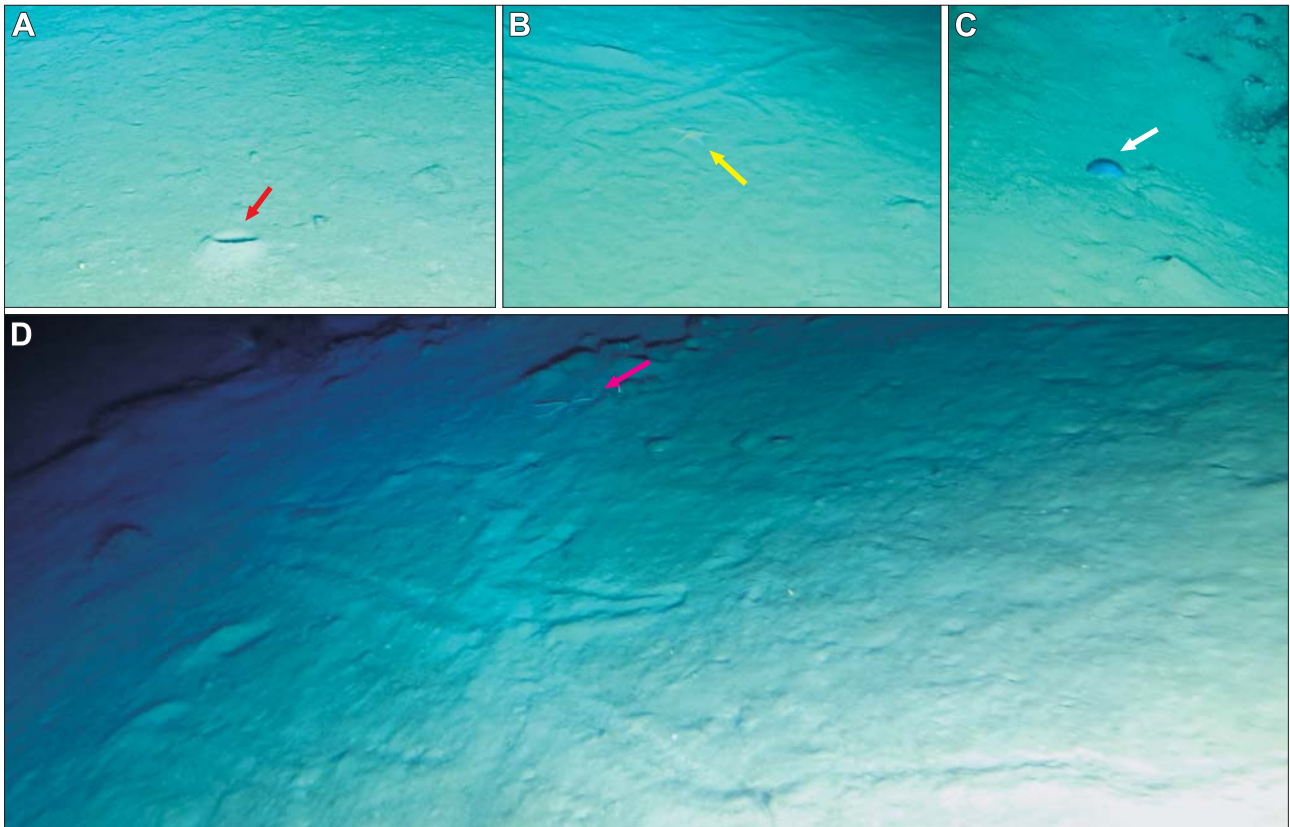


Ryc. 13. *Cidaris abyssicola* (czarna strzałka) żerujący na cyrtokrynidach *Holopus* cf. *mikihe*; głębokość ok. 430 m p.p.m. Fot. M. Salamon  
Fig. 13. *Cidaris abyssicola* (black arrow) feeding on cyrtocrinids *Holopus* cf. *mikihe*; depth ca. 430 m b.s.l. Photo by M. Salamon



Ryc. 14. Długi ślad lokomocji (A) ślimaka z rodziny Pleurotomariidae (B). Fot. P. Gorzelak  
Fig. 14. Long locomotion trail (A) of a Pleurotomariidae snail (B). Photo by P. Gorzelak





**Ryc. 15.** Ślady na powierzchni osadu; głębokość ok. 440–500 m: nora mieszkalna (A); ślady lokomocji stowarzyszone z rozgwiazdą (B); strzykwą (C) i wężowidłem (D). Fot. P. Gorzelak

**Fig. 15.** Traces on the sediment surface; depth ca. 440–500 m: burrow (A); locomotion traces associated with starfish (B), sea cucumber (C) and brittle star (D). Photo by P. Gorzelak



**Ryc. 16.** Śmieci, w tym puszka (czerwona strzałka) na głębokości ok. 300 m. Fot. P. Gorzelak

**Fig. 16.** Garbage, including a can (red arrow) at a depth of about 300 m. Photo by P. Gorzelak

rzędu liliowców, sugerują, że równie chętnie bytują one w środowiskach głębokich, jak i płytkich (np. Salamon i in., 2021 i literatura tam cytowana). Pewnym zaskoczeniem była obserwowana nadzwyczajnie duża liczebność populacji tych liliowców, ich zagęszczenie oraz różnokierunkowa orientacja koron.

W trakcie ekspedycji zarejestrowaliśmy wiele różnych reakcji behawioralnych liliowców, np. zwijanie ramion do wewnątrz w momencie zbliżania się do nich batyskafu. Co ciekawe, zarejestrowaliśmy również prawdopodobnie pierwszy przypadek żerowania regularnych jeżowców (*Cidaris abyssicola*) na liliowcach (ryc. 13). W odniesieniu do liliowców tego rodzaju współczesne interakcje drapieżnik–ofiara były dotychczas dokumentowane wyłącznie u komatulidów i izokrynidów (Baumiller i in., 2010), choć ślady ugryzień jeżowców na cyrtokrynidach były opisywane ze stanu kopalnego (Gorzelak i in., 2012).

Oprócz dokumentacji licznych grup taksonomicznych i środowiska ich życia, mogliśmy obserwować ślady działalności życiowej na powierzchni osadu, które są doskonałym, neoichnologicznym materiałem porównawczym. Najbardziej spektakularnym śladem był kilkudziesięciometrowej długości ślad lokomocji ślimaków z rodziny Pleurotomariidae (ryc. 14). Podobne ślady, choć mniejszych rozmiarów, przypisywane ślimakom z rodziny Muricoidea, Cerithiidae, Potamididae czy Nassariidae, były okazjonalnie rejestrowane we współczesnych środowiskach (np. wybrzeża Morza Adriatyckiego, patrz: Baucon, Felletti, 2013: Fig. 9a) i w stanie kopalnym (ichnorodzaj *Archaeonassa*). Śladami bytności zwierząt, których widzieliśmy



najwięcej, były nory, najprawdopodobniej niezidentyfikowanych stawonogów (ryc. 15A). Udało się nam również zarejestrować ślady lokomocji rozgwiazd (ryc. 15B), strzykw (ryc. 15C) oraz węzowideł (ryc. 15D).

Na głębokości około 150 m udało się nam dostrzec inny gatunek długołodygowego liliowca (*Cenocrinus asterius*) (zobacz zdjęcie na okładce). Jest to jedno z najpłytszych wystąpień liliowców łodygowych na świecie. Podczas badań etologii tych zwierząt dokonano wielu interesujących obserwacji na temat ich behawioru. Obok liliowców *Cenocrinus asterius* udało się na tej głębokości dostrzec również komatulidy. W dalszym ciągu powszechne były gąbki, koralowce, jeżowce, krewetki i ryby. Trafił się nawet rekin młot oraz, niestety, śmieci – jeden z wyznaczników naszej epoki – antropocenu (ryc. 16).

Wynurzyliśmy się o 19.00. Dookoła panowała absolutna ciemność, a my cieszyliśmy się, że żyjemy...

### KONKLUZJE

Unikatowe uwarunkowania geomorfologiczne wybrzeża Roatánu umożliwiają łatwo dostępną eksplorację głębin oceanicznych. Pozwala to na lepsze poznanie procesów geologicznych (w tym sedimentologicznych) oraz pełniejsze zrozumienie ekologii i biologii tych ekosystemów, co jest szczególnie interesujące i pouczające dla paleontologów w kontekście lepszego zrozumienia zapisu kopalnego.

Dziękujemy Pani Profesor dr hab. Urszuli Radwańskiej (Uniwersytet Warszawski) za wiele cennych wskazówek, które pozwoliły uniknąć błędów i niejasności.

### LITERATURA

BALDWIN C.C., TORNABENE L., ROBERTSON D.R. 2018 – Below the Mesophotic. *Scientific Reports*, 8: 4920.  
 BAUCON A., FELLETTI F. 2013 – Neochronology of a barrier-island system: The Mula di Muggia (Grado lagoon, Italy). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 375: 112–124.  
 BAUMILLER T.K., SALAMON M.A., GORZELAK P., MOOI R., MESSING C.G., GAHN F.J. 2010 – Post-Paleozoic crinoid radiation in response to benthic predation preceded the Mesozoic marine revolution. *Proc. National Academy of Sciences of the United States of America*, 107: 5893–5896.  
 CHERBONNIER G., GUILLE A. 1972 – Sur une espèce actuelle de crinoïde crétacique de la famille Holopidae: *Cyathidium foresti* nov. sp. *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences, Paris*, 274: 2193–2196.  
 ETNOYER P.J., MESSING C.G., STANLEY K.A., BAUMILLER T.K., LAVELLE K., SHIRLEY T.C. 2022 – Diversity and time-series analyses of Caribbean deep-sea coral and sponge assemblages on the tropical island slope of Isla de Roatán, Honduras. *Marine Biodiversity*, 52: 8.  
 FALKOWSKI P.G., KNOLL A.H. 2007 – Evolution of primary producers in the sea. Elsevier Academic Press, Amsterdam.  
 GŁUCHOWSKI E. 1987 – Jurassic and early Cretaceous Articulate Crinoidea from the Pieniny Klippen belt and the Tatra Mts, Poland. *Studia Geol. Polon.*, 94: 6–102.  
 GORZELAK P., SALAMON M.A., BAUMILLER T. 2012 – Predator-induced macroevolutionary trends in Mesozoic crinoids. *Proc. National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 7004–7007.

HEINZELLER T., FRICKE H., BOURSEAU J.-P., AMÉZIANE-COMINARDI N., WELSCH U. 1996 – *Cyathidium plantei* sp.n., an extant cyrtocrinid (Echinodermata, Crinoidea) – morphologically identical to the fossil *Cyathidium depressum* (Cretaceous, Cenomanian). *Scripta Zool.*, 25: 77–84.  
 HESS H. 1999 – Recent. [W:] Hess H., Ausich W.I., Brett C.E., Simms M.J. (red.), *Fossil crinoids*. Cambridge University Press, Cambridge: 237–244. <https://stanleysubmarines.com>  
 JAKUBOWICZ M., BERKOWSKI B., BEŁKA Z. 2014 – Cryptic coral-crinoid “hanging gardens” from the Middle Devonian of southern Morocco. *Geology*, 42: 119–122.  
 JAMIESON A.J., MALKOCS T., PIERTNEY S.B., FUJII T., ZHANG Z. 2017 – Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the deepest ocean fauna. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 0051.  
 LEE Z.P., WEIDEMANN A., KINDLE J., ARNONE R., CARDER K.L., DAVIS C. 2007 – Euphotic zone depth: Its derivation and implication to ocean-color remote sensing. *J. Geophysical Res.: Oceans*, 112: C03009.  
 MACURDA D.B.JR., MEYER D.L. 1974 – Feeding posture of modern stalked crinoids. *Nature*, 247: 394–396.  
 MESSING C.G., NEUMANN A.C., LANG J.C. 1990 – Biozonation of deep-water lithoherms and associated hardgrounds in the northeastern Straits of Florida. *Palaios*, 5: 15–33.  
 ROSENCRANTZ E., MANN P. 1991 – SeaMARC II mapping of transform faults in the Cayman Trough. *Caribbean Sea Geol.*, 19: 690–693.  
 SALAMON M.A. 2008a – The Callovian (Middle Jurassic) crinoids from northern Lithuania. *Paläont. Zeitschr.*, 82: 269–278.  
 SALAMON M.A. 2008b – Jurassic cyrtocrinids (Cyrtocrinida, Crinoidea) from extra-Carpathian Poland. *Palaeontographica Abt. A*, 285: 77–99.  
 SALAMON M.A. 2008c – The Callovian (Middle Jurassic) crinoids from the black clays of the Luków area, eastern Poland. *Neues Jahrb. für Geologie und Paläontologie Abh.*, 247: 133–146.  
 SALAMON M.A. 2009 – Early Cretaceous (Valanginian) sea lilies (Echinodermata, Crinoidea) from Poland. *Swiss J. Geosci.*, 102: 77–88.  
 SALAMON M.A., FELDMAN-OLSZEWSKA A., JAIN S., FERRÉ B.B.M., PASZCZAK., PŁACHNO B.J. 2021 – Substrate type and palaeodepth do not affect the Middle Jurassic taxonomic diversity of crinoids. *PeerJ*, 9: e12017.  
 SALAMON M.A., JAIN S., BRACHANIEC T., DUDA P., PŁACHNO B.J., GORZELAK P. 2022 – *Ausichicrinites zelenskyi* gen. et sp. nov., a first nearly complete feather star (Crinoidea) from the Upper Jurassic of Africa. *Royal Soc. Open Sci.*, 9: 220345.  
 SOUTHWARD A.J., BLAXTER J.H.S. 1997 – Advances in marine biology. The biogeography of the oceans. Academic Press, London: 596.  
 SUTTON S., GOTTARDI R., KINSLAND G.L. 2015 – Structural and geophysical analysis on Roatan Island, Honduras, Western Caribbean. *Geol. Soc. America Ann. Meeting*, Baltimore, Maryland.  
 SYVERSON V.J., MESSING C.G., STANLEY K., BAUMILLER T.K. 2015 – Growth, injury, and population dynamics in the extant cyrtocrinid *Holopus mikihe* (Crinoidea, Echinodermata) near Roatán, Honduras. *Bull. Marine Sci.*, 91: 47–61.  
 TORNABENE L., ROBERTSON D.R., BALDWIN C.C. 2018 – A new species of *Lipogramma* from deep reefs of Roatan, Honduras (Teleostei, Grammatidae). *ZooKeys*, 809: 79–95.  
 VEITCH M.A. 2022 – Reflecting the Past in the Present: How Studying Living Crinoids Sheds Light on Their Fossil Record. PhD thesis. Earth and Environmental Sciences in the University of Michigan. *Ann. Arbor.*: 1–187.  
 VEITCH M.A., BAUMILLER T.K. 2021 – Low predation intensity on the stalked crinoid *Democrinus* sp. (Echinodermata) in Roatán, Honduras reveals deep water as likely predation refuge. *Bull. Marine Sci.*, 97: 107–128.

Praca wpłynęła do redakcji 28.02.2023 r.  
 Akceptowano do druku 14.03.2023 r.



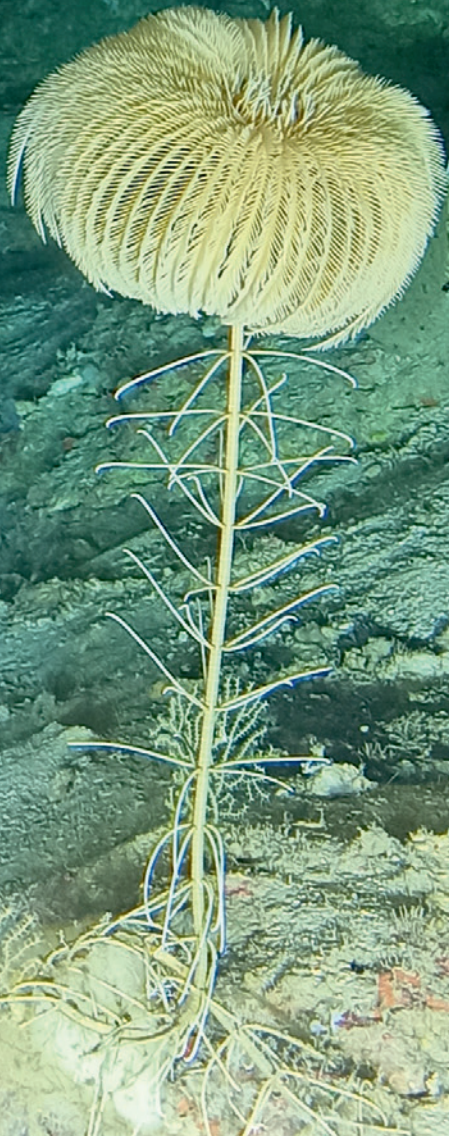
PRZEGLĄD

# GEOLOGICZNY



TOM 71 Nr 2 (LUTY) 2023

Indeks 370908 ISSN-0033-2151



**Potencjalnie lecznicze wody radonowe  
w Górach Izerskich (Sudety)**

**Eksploracja głębin Morza Karaibskiego  
w rejonie wyspy Roatán (Honduras)**

**Zmiany ciśnień wód podziemnych  
w wyżynnym subregionie środkowej Wisły**



**Zdjęcie na okładce:** Długołodygowy izokrynid *Cenocrinus asterius* w Morzu Karaibskim w rejonie wyspy Roatán (Honduras); głębokość ok. 150 m p.p.m. Fot. P. Gorzelak – zobacz artykuł na str. 71

**Cover photo:** Long-stemmed isocrinid *Cenocrinus asterius* in the Caribbean Sea in the area of Roatán Island (Honduras); depth ca. 150 m b.s.l. Photo by P. Gorzelak – see article on page 71