

NURKOWANIA NAUKOWE W REJONACH POLARNYCH NA PRZYKŁADZIE BADAŃ EKOLOGICZNYCH PROWADZONYCH PRZEZ INSTYTUT OCEANOLOGII PAN

Piotr Bałazy¹⁾, Piotr Kuklinski^{1,2)}, Maria Włodarska-Kowalczyk¹⁾

1) Zakład Ekologii Morza, Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk, Warszawa

2) Zakład Nauk Przyrodniczych, Muzeum Historii Naturalnej, Cromwell Road, Londyn

STRESZCZENIE

Nurkowanie jako narzędzie służące do badań naukowych sprawdza się nawet trudnych warunkach polarnych. W artykule opisujemy krótko powody zainteresowania rejonami polarnymi oraz przedstawiamy zalety nurkowania na tle innych metod badawczych. Ponadto przestawiamy subiektywny przegląd najważniejszych momentów wczesnej historii podwodnej eksploracji rejonów polarnych, a także przybliżamy ekologiczne badania jakie Instytut Oceanologii PAN prowadzi w Arktyce i Antarktyce po to, by na końcu ujawnić nieco z kulisów takiej pracy.

Słowa kluczowe: ekologia, scientific-diving, Arktyka, Spitsbergen, Antarktyka.

ARTICLE INFO

PolHypRes 2014 Vol. 46 Issue 1 pp. 65 – 84

ISSN: 1734-7009 eISSN: 2084-0535

DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.13006/PHR.46.4](http://dx.doi.org/10.13006/PHR.46.4)

Strony: 19, rysunki: 1, tabele: 0.

page **www of the periodical:** www.phr.net.pl

BADANIA BYŁY FINANSOWANE Z RÓŻNYCH ŹRÓDEŁ, W TYM PRZEZ NARODOWE CENTRUM NAUKI NA PODSTAWIE DECYZJI: DEC-2011/01/N/NZ8/04493 I E12AP004.

Publisher

Polish Hyperbaric Medicine and Technology Society



WSTĘP

Obszary polarne, choć trudno dostępne i niegościnne, były obiektem zainteresowania człowieka od bardzo dawna. Pierwsze nieśmiało wyprawy podyktowane chęcią zysku nastawione były na eksploatację często bardzo bogatych zasobów naturalnych. Następnie przyszedł czas na szerzej zakrojone odkrycia geograficzne, eksploracje nowych miejsc na mapie świata i pierwsze doniesienia naukowe. Obecnie zainteresowanie rejonami polarnymi wcale nie słabnie a wręcz zyskuje na znaczeniu. Przyczyną tego, szczególnie w ciągu ostatnich dekad, są postępujące zmiany klimatu.

Spośród wszystkich rejonów na kuli ziemskiej, najszybciej ogrzewają się właśnie rejony polarne takie jak Zachodni Półwysep Antarktyczny czy Arktyka europejska (wzrost temperatury jest tam około trzykrotnie większy niż średnia ogólnosiwiatowa) [1, 2, 3]. Prognozy szacują, że niektóre z wspomnianych obszarów mogą być sezonowo wolne od lodu już w przeciągu trzydziestu lat [4].

Związane z tym kwestie pojawiających się nowych możliwości wydobycia złóż mineralnych czy alternatywnych dróg transportu będą miały niewątpliwie swoje konsekwencje geopolityczne jak również staną się źródłem silnej presji antropogenicznej na dosyć izolowane dotychczas ekosystemy polarne. Obserwowane zmiany przede wszystkim jednak sprawiają, że rejony polarne są doskonałym miejscem do prowadzenia eksperymentów naukowych w terenie - swoistym laboratorium do badań nad wpływem zmian klimatycznych.

Uznaje się, że najbardziej podatna na zmiany jest strefa przybrzeżna [5], a tam doskonałym narzędziem badawczym są techniki nurkowe. Rzeczywiście, nurkowanie w rejonach polarnych dostarcza bardzo wielu cennych informacji, ponieważ jak dotąd większość z dostępnych danych pochodzi z pokładów dużych statków [6]. Te z kolei omijają trudne do nawigacji, często jeszcze nie skartowane rejony przybrzeżne i skupiają się na głębszych rejonach dna. Ponadto tradycyjny sprzęt do poboru prób opuszczany z pokładu statków, jak czerpacze i dragi, oferuje jedynie zaobserwowanie pewnego wycinka środowiska, który nie koniecznie musi odzwierciedlać większą całość. Nic nie zastąpi bezpośrednich obserwacji podwodnych.

Co więcej, taki sprzęt ma ograniczoną sprawność, szczególnie w miejscach o twardym dnie, a to te miejsca charakteryzują się największym bogactwem życia. Większość organizmów zamieszkujących morza i oceany stowarzyszona jest właśnie z płytkim, skalistym dnem.

Trudy i niedogodności związane z nurkowaniem w wodach polarnych wynagradzane są zatem dostępem do nie do końca zbadanych środowisk o wysokiej bioróżnorodności, gdzie ciągle wiele prac nosi znamiona odkrycia.

Z uwagi na ograniczoną wiedzę autorów jak i ramy samego artykułu, przedstawiony poniżej rys historyczny nie jest kompletny – jest on jedynie próbą chronologicznego przypomnienia ważniejszych wydarzeń związanych z wczesną historią podwodnej eksploracji rejonów polarnych.

Zgodnie z jednym z najskrupulatniej opracowanych przeglądów [7], pierwsze nurkowania w warunkach polarnych miały miejsce podczas niemieckiej wyprawy na statku „Gauss”, mającej zbadać nieznanne wtedy rejony Antarktyki, na południe od Wysp Kergulena. Ekspedycja w latach 1901-1903 była kierowana przez Ericha von Drygalskiego, a pierwsze zanurzenia przy użyciu sprzętu klasycznego (skafander angielskiej firmy Siebe Gorman & Co. Ltd.) odbyły się około 16 kwietnia 1902 roku.

Nurkującym był Willy Heinrich, cieśla okrętowy, który nauczył się nurkowania w marynarce wojennej. Podczas trwania wyprawy kilkakrotnie nurkował pod lodem, nawet przy temperaturach powietrza sięgających -30°C . Pomimo tego, że wyprawa miała charakter poznawczy, to nie były to nurkowania stricte naukowe, a jedynie prace polegające na uszczelnianiu kadłuba, reperowaniu steru czy uwolnieniu łańcucha kotwicznego [7 oraz ref. w niej zawarte].

Z podobnych przyczyn, ale dużo później, bo krótko po 1 stycznia 1947 roku, na kartach historii nurkowań polarnych zapisali się nurkowie marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych: kmdr por. Tommy Thompson i główny mechanik Dixon. Pierwsze nurkowania wykonali używając pełnotwarzowych masek Jack'a Brown'a i tlenowych rebreatherów Desco w pobliżu Szelfu Rossa. Miały one na celu inspekcję śruby okrętu podwodnego USS

Sennet, który zapuścił się w te rejony, w ramach największej ekspedycji Antarktycznej w historii – operacji „High Jump” [7, 8]. Oficjalnie nazywana przez marynarkę amerykańską projektem rozwojowym była próbą przygotowania się na ewentualny zimnowojenny konflikt w warunkach arktycznych. Jednym z pierwszych udokumentowanych przypadków użycia sprzętu do nurkowania w rejonach polarnych, do celów naukowych, były nie do końca udane próby poboru glonów przez Johna Bunt’a na początku 1957 roku na australijskiej stacji antarktycznej „Mawson”.

Z powodu niewygody (Bunt wyposażony był w sprzęt Siebe-Gorman’a, aparat Salvus lub hełm) pozostawał w zanurzeniu jedynie przez pięć minut. W późniejszych latach (1962- 1963) z powodzeniem prowadził bogaty program badawczy, oparty na swobodnym nurkowaniu. Po wejściu do masowej produkcji sprzętu S.C.U.B.A, pierwszymi nurkami wykorzystującymi go pod lodem w Antarktyce byli prawdopodobnie nurkowie marynarki wojennej Stanów Zjednoczonych, którzy w styczniu 1957 roku zmuszeni byli do wydobycia zwłok z wraku pojazdu gaśnicowego po tym, jak zapadł się on pod lodem. Lata 60-te (1961-1962) to już całoroczne nurkowania naukowe (w tym podlodowe) w cieśninie McMurdo, wykonywane w przez ekologa bentosu Verne

E. Peckham’a, na potrzeby Zakładu Nauk Biologicznych Uniwersytetu Stanforda. Peckham nurkował do głębokości 48 metrów wykorzystując pojedynczą butlę, dwu-wężowy automat oddechowy Aqualung i suchy skafander Bel-Aqua/Aquala razem z neoprenowym skafandrem i wełnianą bielizną używaną jako ocieplacz.

Od sezonu 1963/1964 akcje nurkowe do badań naukowych znacznie się zwielokrotniły, szczególnie na Antarktydzie. Jedną z ważniejszych postaci wartych wspomnienia tu jest Paul Dayton, który wykonał ponad 500 nurkowań podczas ponad pięćdziesięciu miesięcy spędzonych w McMurdo. Prace jego i współpracowników, pomimo, że pionierskie, do dziś uważane są za wytyczające standardy w dziedzinie ekologii bentosu Antarktydy [7]. Oprócz Amerykanów, nurkowania prowadzili także Brytyjczycy z British Antarctic Survey (1962, Wyspa Signy), Francuzi ze stacji biologicznej CNRS w Roscoff (1962, Wyspy Kergulena), Rosjanie (Mikhail Propp, Eugene Gruzov, Alexander Puszkin, 1965/1966, stacja Mirnyy), Japończycy (1968, Stacja Syowa) i Nowozelandczycy (1970, Stacja Scotta, McMurdo) [7, 9 oraz ref. w nich zawarte].

W 1975 roku cztery miesiące w Antarktyce spędziła słynna „Calypso” wraz z ekipą Jacques’a Yves’a Cousteau, który kręcił tam swój film „Podróż na kraniec świata”. Na półkuli północnej, w Arktyce, historia nurkowań polarnych zaczęła się nieco później.

Jeżeli się nie mylimy, jednymi z pierwszych byli nurkowie Kanadyjscy, zajmujący się ratownictwem lub pracami przy rurociągach (druga połowa lat 50-tych ubiegłego wieku) oraz Amerykanie dokonujący inspekcji kadłubów okrętów podwodnych wynurzających się na biegunie (1958).

Cywilne nurkowania w Arktyce wykonywane przez te kraje dotyczyły głównie badań oceanograficznych, biologii morza oraz geologii [10]. Norwegowie, znani ze swoich polarnych tradycji, pierwsze nurkowania w Arktyce wykonali prawdopodobnie w 1962 roku, a pierwszym nurkującym był Per Svendsen – botanik morski z Uniwersytetu w Bergen [11, 12].

Od 1978 roku corocznie na Svalbardzie, badania ekologiczne, przy użyciu nurkowania prowadził Bjorn Gulliksen (pierwsze nurkowanie na wyspie Jan Mayen w 1972 roku) [13].

Wartymi wspomnienia są również Rosjanie, którzy wzorując się zapewne na wczesnych norweskich eksploracjach - Fridtjofie Nansenie i jego statku „Fram”, prowadzili zakrojone na szeroką skalę różnorodne obserwacje przez okrągły rok, bezpośrednio z lodu morskiego. Na tych dryfujących stacjach również wykorzystywano nurkowanie, po raz pierwszy bodajże w 1969 roku na stacji „Biegun Północny - 18” pod kierownictwem Vladimira Grishchenko [14].

Początki nurkowania naukowego w Polsce sięgają lat trzydziestych ubiegłego stulecia i związane są z działalnością Prof. Romana Wojtusiaka, pracownika naukowego Zakładu Zoopsychologii i Etologii Zwierząt Uniwersytetu Jagiellońskiego. W 1935 roku Wojtusiak wzorując się na hełmie Beebe’a, skonstruował własny hełm nurkowy typu otwartego, zasilany zwykłą pompą samochodową.

Rok później, korzystając z zaplecza Morskiego Laboratorium Rybackiego na Helu, prowadził przy jego użyciu pierwsze udokumentowane obserwacje podwodne w Zatoce Puckiej. Przydatność hełmu, jego opis a także wyniki obserwacji, Prof. Wojtusiak zawarł m.in. w publikacji „Hełm

nurkowy do obserwacji biologicznych morskich”, która ukazała się w piśmie „Wszechświat” w 1938 roku [15, 16, 17].

Jak podaje Małgorzata Orlewicz-Musiał [15], w zanurzeniach uczestniczyło wiele osób, w tym np. znany biolog morski Prof. Kazimierz Demel czy córka wielce zasłużonego dla badań morza Prof. Michała Siedleckiego, Ewa. Prof. Siedlecki osobiście obsługiwał pompę doprowadzającą powietrze do hełmu, choć sam nigdy nie zszedł pod wodę.

W 1955 roku pojawiły się w Polsce pierwsze „akwalungi” - automaty oddechowe konstrukcji Cousteau-Gagnan. Trzy sztuki z firmy La Spirotechnique z Francji, razem ze skafandrami, maskami, fajkami płetwami, sprowadziła sopocka Stacja Morska Polskiej Akademii Nauk, mieszcząca się w małym budyneczku u nasady mola spacerowego (dała ona początek powołanemu wiele lat później Instytutowi Oceanologii Polskiej Akademii Nauk).

Pierwszą osobą wykorzystującą ten sprzęt był Witold Zubrzycki – pionier polskiego nurkowania swobodnego [15, 18].

W 1957 roku w magazynie „Wszechświat” ukazał się artykuł opisujący pierwsze próby podwodnych badań fauny i flory przy użyciu automatów Cousteau- Gagnan [19]. Wcześniej (1952-1954) wykorzystywano skafandry i hełmy nurków klasycznych (np. w Szczecinie Prof. W. Filipowiak, w Morskim Instytucie Rybackim w Gdyni dr P. Ciszewski) [20]

Pierwsze polskie nurkowania w rejonach polarnych związane były z powstaniem w 1977 roku, na Wyspie Króla Jerzego, Stacji Antarktycznej Polskiej Akademii Nauk „Arctowski”. W pierwszej ekspedycji brała udział grupa nurków Marynarki Wojennej, której zadaniem było wyznaczenie dogodnych do lądowania miejsc dla ciężkiego sprzętu pływającego, jak gąsienicowe transportery PTS i promy pontonowe.

Pierwsze, ciągle rekonansowe nurkowania o charakterze naukowym, mające na celu zebranie okazów fauny bentosowej, odbyły się już następnego lata (1978/1979) w okolicach stacji.

Na sprzęcie pozostawionym przez Marynarkę (skafandry typu Foka, aparaty Bp, płetwy „komandoski”) nurkowali wtedy Maciej Zawadzki i Karol Teliga.

W kolejnym roku, już na prywatnym sprzęcie, nurkował dr Maciej Lipski wraz z Ryszardem Stępnikiem [21]. Kolejno nurkowano tam w latach 1981, 1988, 1989, 1993 i 1994 [22] przy czym jednymi z pierwszych, większych badań naukowych były te organizowane przez naukowców z Uniwersytetu Łódzkiego - Prof. Krzysztofa Jażdżewskiego i Jerzego Żychlińskiego w 1988 roku. Bogaty materiał organizmów bentosowych jaki wtedy zebrano z głębokości 5-30 metrów, posłużył do napisania kilku oryginalnych prac naukowych [23].

Pierwszymi nurkowaniem pod pakiem lodowym o grubości 2-3 metrów mogły być te z sezonu 1988/1989 (dr Maciej Lipski, Marek Michalak), kiedy to pobierano próbki planktonu na otwartym morzu Scotia, podczas ostatniego antarktycznego rejsu r/v „Prof. Siedlecki” [21]. Regularnie na „Arctowski” nurkowano od 2003 roku (dr Tomasz Janecki z Zakładu Biologii Antarktyki i współpracownicy) [22].

Powołany w 1983 roku Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk (IO PAN) jako bezpośredni spadkobierca sopockiej Stacji Morskiej, oprócz badań Morza Bałtyckiego zajmuje się również badaniami rejonów polarnych – głównie europejskiej części Arktyki (archipelag Svalbard), ale także Grenlandii, Arktyki Kanadyjskiej, Aleutów, Ziemi Franciszka Józefa czy Antarktyki (Wyspa Króla Jerzego).

Z punktu widzenia ekologii morza, są to przede wszystkim badania terenowe nad bioróżnorodnością, w kontekście funkcjonowania ekosystemów i zmian jakim one podlegają, w tym zmian spowodowanych przez globalne zjawiska jak ocieplenie klimatu, zakwaszenie oceanów. Obszarami szczególnego zainteresowania są rejon przybrzeżne, strefa pływowa, fiordy czy lód morski, dlatego też nurkowanie stało się jednym z często wykorzystywanych narzędzi.

Pierwsze nurkowania na potrzeby badań ekologicznych w IO PAN miały miejsce stosunkowo późno, bo były to lata 90-te.

W 1991 roku współpracowano z grupą czechosłowackich biologów i płetwonurków, z Prof. Zdenkiem Durisem na czele, bazujących w mieszczącej się na południowo- wschodnim wybrzeżu Bellsundu (zachodni Spitsbergen) stacji Calypso (Uniwersytet Marii Curie -Sklódowskiej w Lublinie).

Celem pięciodobowej ekspedycji, podczas której udało się wykonać 18 nurkowań (4-43 m) w 9-ciu miejscach (większość w Recherchefjorden, ale także niedaleko Tomtvika w Van

Keulenfjorden i Van Mijenfjorden) były ogólne obserwacje podwodne i inwentaryzacja arktycznego bentosu (w tym fotograficzna). Podczas wyprawy udało się pozyskać małą kolekcję skorupiaków dziesięcionogich, a także pobrać organizmy stowarzyszone z makroalgami [24, 25].

W 1992 roku czechosłowacka ekipa brała udział w rejsie na s/y Oceania w rejon wysp Bolsheoya i Tusenoyane (na południe od wyspy Edgoya, Svalbard), gdzie występowało duże nagromadzenie morsów.

Materiał pobierany przy użyciu nurkowania, jak i dokumentacja fotograficzna, posłużyła do opisu terenów żerowiskowych tych wielkich ssaków morskich. Podczas tej wyprawy płetwonurkowie posługiwali się po raz pierwszy specjalnie przygotowanym „benthometrem” [26, 27, 28] – jedną z wczesnych wersji tzw. ramki Kautskiego [29, 30], która pozwalała na ilościowy zbiór organizmów bentosowych bez strat.

W 1995 Prof. Duris wykonał pojedyncze nurkowania, podczas których pobierał głównie skorupiaki, w tym żyjącą pod krami lodowymi faunę sympagiczną [31, 32].

Od 1997 roku badania na Spitsbergenie prowadzone są już rokrocznie [33]. Pierwszymi z serii były badania dotyczące ekologii stosunkowo słabo zbadanej grupy kolonijnych organizmów bentosowych, jakimi są mszywioly – ich bogactwa gatunkowego, rozmieszczenia i zagęszczenia w zależności od rozmaitych czynników środowiskowych [34, 35].

Skupiono się przy tym szczególnie na środowisku arktycznego fiordu Kongsfjord (79°N), choć badania pokrywały swoim zasięgiem cały Archipelag Svalbard i nurkowano m.in. na najdalej wysuniętej wyspie archipelagu Rossoya, 80°N, czy w wielu trudno dostępnych rejonach wschodniego Spitsbergenu.

W sumie wykonano ok. 100 nurkowań. Stwierdzono występowanie 162 taksonów, co stanowi 82% gatunków notowanych dla całego Archipelagu i prawie połowę wszystkich znanych gatunków arktycznych mszywiolów.

Udało się także zidentyfikować dwa główne gradienty środowiskowe, odpowiedzialne za ich rozmieszczenie: pierwszy to procesy związane z głębokością (dynamika środowiska, ilość światła), a drugi wiąże się odległością od lodowców a więc ilością zawiesziny i dopływem wody słodkiej [36].

Dzięki zastosowaniu nurkowania, możliwe było przebadanie całego spektrum bioróżnorodności i czynników na nią wpływających, nie ograniczając się tylko do głębokiego dna i prób pobieranych z pokładu statków.

Kolejny projekt dotyczył fauny stowarzyszonej z makroglonami w Hornsun- gdzie, najbardziej wysuniętym na południe fiordzie Spitsbergenu. Brunatnice tworzą gęste zarośla na twardym dnie w zakresie głębokości od około 5 do 25 m.

Wysokie do około 3 metrów glony pełnią rolę tzw. „inżynierów środowiska” – powodują osłabienie dynamiki wód w strefie naddennej i gromadzenie się materii organicznej, stanowią też schronienie przed drapieżnikami, a ich tkanki są świetnym substratem dla fauny poroślowej np. wspomnianych już mszywiolów.

Stąd siedliska tzw. lasów brunatnic zamieszkiwane są zwykle przez bardzo bogate w gatunki zespoły fauny bentosowej. W roku 2003 prowadzono badania w trzech miejscach: w Hornsundzie – w okolicach Hyrneodden, Hoferypynten, i zatoce Isbjornhamna. Zbiór tego typu materiałów możliwy jest tylko przy pomocy płetwonurków.

Nurek zagarnia glon (i towarzysząca mu faunę) w rodzaj torby uszytej z siatki o 1 mm wielkości oczka, po czym odcina nożem ryzoid glonu od podłoża skalnego i transportuje zebrany materiał na powierzchnię. W sumie zebrano w ten sposób 403 sztuki makroglonów reprezentujących 9 gatunków brunatnic i krasnorostów, w tym 3 najczęściej występujących, czyli *Laminaria digitata* *Saccharina latissima* i *Alaria esculenta*.

Analiza zabranego materiału wykazała, że fauna stowarzyszona z glonami zdominowana była przez gatunki z grup Bryozoa (mszywioly) i Hydrozoa (stułbiopławy) [37]. W sumie stwierdzono występowanie 208 gatunków bezkręgowców, szczególnie gęsto rozmieszczonych w ryzoidach glonów, tworzących skomplikowane, trójwymiarowe struktury.

Wśród nich znajdował się nowy gatunek stułbiopławy, nieznany dotąd nauce, *Halecium arcticum*, opisany na podstawie okazów zebranych w Hornsundzie [38].

Dalsze analizy zebranych materiałów pozwoliły na zdefiniowanie czynników środowiskowych, które decydują o rozmieszczeniu gatunków fauny stowarzyszonej

z glonami, w różnych częściach fiordu [39, 40], a także na szczegółową analizę rozmieszczenia obunoga *Caprella septentrionalis* – charakterystycznego elementu biocenoz związanych z lasami małego skorupiaka, który całymi grupami żeruje na powierzchni liści wielkich glonów [41].

W latach 2005 i 2006, w trakcie kolejnych wypraw płetwonurkowo dokonywali zbioru samych makroglonów na 10 stacjach rozmieszczonych wzdłuż wybrzeża fiordu Hornsund. Próby te służyły między innymi do kalibracji metody wykorzystania pomiarów akustycznych do określania rozmieszczenia i biomasy brunatnic. Prace pozwoliły na szczegółowy opis składu gatunkowego i biomasy lasów brunatnic we fiordzie [42].

Przykładami badań eksperymentalnych, prowadzonych przy użyciu nurkowania są projekty poświęcone kolonizacji i sukcesji w rejonach polarnych (rys. 1. a) [43, 44] (trzy miesięczny w Antarktyce i trwający do dziś w Arktyce).

W ich przypadku nurkowanie zostało użyte do instalacji na skalistym dnie specjalnie skonstruowanych do tego celu metalowych ram. Do tychże ram przymocowane zostały panele kolonizacyjne, na których rokrocznie (od 2004) monitorowana jest osiadająca fauna. Każdego roku, jeden zestaw paneli wymieniany jest na nowy, natomiast reszta (trzy zestawy) pozostająca stale na dnie, jest jedynie fotografowana.

Analiza komputerowa zdjęć o wysokiej rozdzielczości pozwala na odtworzenie rozwoju (sukcesji) osiadłych zgrupowań fauny arktycznej, oszacowania tempa porostania i konkurencji międzygatunkowej.

Panele wymieniane na nowe, pozwalają nie tylko na prześledzenie corocznego napływu organizmów ale także na monitorowanie gatunków inwazyjnych, które zaczynają się pojawiać w szybko zmieniającym się środowisku arktycznym. Nurkowanie z powodzeniem wykorzystywano również do poboru krabów pustelników [45, 46, 47]. Badania te, tak naprawdę nad fauną porastającą muszle ślimaków zamieszkałych przez pustelniki, miały na celu rozpoznanie rozmieszczenia, zagęszczenia i preferencji siedliskowych krabów jako dostarczycieli specyficznego mobilnego podłoża do życia dla tych zbiorowisk.

W tym celu, w latach 2009 – 2012 prowadzono zakrojone na szeroką skalę (ok. 200 nurkowań) bezpośrednie obserwacje podwodne w Północnej Norwegii i w większości fiordów zachodniego Spitsbergenu, operując ze statku lub pontonów.

Do szacowania zagęszczenia krabów używano ramek o powierzchni 0.5 m² w obrębie których zliczano liczbę napotkanych osobników (rys. 1. b). Takie obserwacje prowadzono w gradiencie głębokości (30, 20, 10, 6 m). Stwierdzono bardzo niskie bogactwo gatunkowe pustelników. Znalaziono zaledwie dwa gatunki (*Pagurus pubescens* oraz *P. bernhardus*), co nie jest dziwne, jeżeli weźmiemy pod uwagę, że Spitsbergen leży blisko północnej granicy występowania tych skorupiaków.

Notowano natomiast ich duże liczebności (czasem nawet 44 osobniki/ m², średnio 10 os./m²) i wielką liczbę organizmów porastających noszone przez nie muszle (ponad 110 gatunków) co sugerowało, że pustelniki mogą być ważnym komponentem płytkowodnych siedlisk badanych rejonów. Rzeczywiście, porównanie pobieranych także przy użyciu nurkowania, podobnych podłoży naturalnych i sztucznych (żywych ślimaków i kamieni), z muszlami wykorzystywanymi przez pustelniki pokazało, że muszle tych ostatnich podtrzymują zazwyczaj większą liczbę gatunków i osobników, tworząc unikalne podłoża dla bioróżnorodności.

Trend ten był szczególnie dobrze widoczny w miejscach o miękkim dnie (np. w pobliżu Diabasodden, Isfjorden), gdzie pustelniki są często jednymi z niewielu dostarczycieli twardego, mobilnego podłoża [47]. Rozwijając zaobserwowane prawidłowości oraz próbując opowiedzieć na pytanie jakie inne czynniki, poza samym krabem, kontrolują bioróżnorodność tych zbiorowisk, płetwonurkowo prowadzili także podwodne eksperymenty terenowe, rozmieszczając w czterech miejscach na Spitsbergenie (po dwa w pobliżu Bjorndalen i Grumantbyen) i czterech w Północnej Norwegii (Kvalsund i Grotfjord), stelaże z różnymi typami podłoży (muszlami naturalnymi, sztucznymi, rzeźbionymi w granicie, otoczakami). Po roku jaki spędziły na dnie, eksperymenty z sukcesem odnaleziono i wydobyto [48].

Pierwsza i jak do tej pory jedyna, typowo nurkowa, antarktyczna ekspedycja IO PAN miała miejsce w sezonie letnim 2010/2011 podczas XXXIV wyprawy na wyspę Króla Jerzego. Korzystając z zaplecza świetnie ułożonej Polskiej Stacji Antarktycznej, podczas prawie czterech miesięcy pobytu, opłynięto większą część Zatoki Admiralicji i wykonano w sumie 173 nurkowania o łącznym czasie ponad 83 godzin [49].

Oprócz kilku mniejszych projektów, polegających na poborze próbek okrzemek stowarzyszonych z makro- glonami [50], rdzeni z osadami (rys. 1. c), czy zatapianiu i wydobywaniu podłoża skalnych przy użyciu worków wypornościowych (eksperymenty kolonizacyjne) [51], wysiłki skupiono głównie na szkarłupniach a konkretnie na określeniu ich bioróżnorodności, rozmieszczenia, liczebności i biomasy.

Parametry te są szczególnie interesujące w kontekście obiegu i depozycji węglanów i zmieniającego się pH wody czyli tzw. zakwaszenia, obecnie oprócz zmian klimatycznych najważniejszym z prognozowanych problemów mórz i oceanów.

Jeżowce, rozgwiazdy, wężowidła, ogórki morskie i liliowce należące do szkarłupni, ze swoim węglanowym szkieletem, który w dobie wzrastającego stężenia dwutlenku węgla w atmosferze i oceanach będzie wykazywał tendencję do rozpuszczania się, idealnie nadają się do tego typu badań. Założone cele realizowano prowadząc obserwacje terenowe, pobierając okazy i wykonując dokumentację fotograficzną dna morskiego w obrębie ramek o powierzchni 1m² na 20 stacjach, w każdej na kilku transektach głębokościowych (30, 20, 10 i 6 m) (rys. 1.d, e).

Na zanalizowanej w sumie powierzchni 90-ciu m² dna stwierdzono występowanie 23 gatunków szkarłupni. W zgromadzonym materiale najbardziej różnorodnie były rozgwiazdy (15 gatunków, w tym jeden nie notowany wcześniej należący do rodziny Pterasteridae) a największą biomasę stanowiły jeżowce (głównie z gatunku *Sterechinus neumayeri*). Przeciętnie na 1m² dna notowano 7 osobników należących do 2 gatunków co pokazuje jak ważnym komponentem bentosu Antarktyki są szkarłupnie.

Poza silną strefowością badanych zgrupowań wraz z głębokością, wywołaną czynnikami fizycznymi (większa liczba gatunków i osobników głębiej), nie zaobserwowano żadnego jasnego trendu w ich rozmieszczeniu.

Pomimo tego, że masy węglanowych szkieletów wykazują znaczne różnice pomiędzy gatunkami, analizy laboratoryjne wykazały, że szkarłupnie jako grupa mają znaczący udział w dostawie węglanów do osadu i w lokalnym obiegu węgla.

Średnio w przeliczeniu na metr kwadratowy dna morskiego jest to 13 g węglanów (Ca, Mg, SrCO₃). W świetle uzyskanych wyników, jeżowce jawią się tymi organizmami, które będą najbardziej narażone na prognozowane zmiany pH i chemizmu wód [52]. W 2012 roku w ciągu 80 nurkowań i prawie 60 h pod wodą badania powtórzono w Arktyce [53], co pozwoli na porównanie tych odmiennych, ale podlegających podobnym zmianom, rejonów na otaczające je środowisko. W okresie rozrodczym, kiedy przebywają w kolonii i stale wykonują loty żerowiskowe, ptaki transportują olbrzymie ilości materii organicznej z morza na stosunkowo ubogi w substancje odżywcze i dlatego mało produktywny ląd.

Materia ta deponowana jest w postaci guana a korzystające z takiego użyźniania rośliny tworzą bujną tundrę, która staje się z kolei miejscem do życia i źródłem pokarmu dla zwierząt z wyższych poziomów troficznych. Nie wszystkie biogeny trafiają jednak na ląd. Część z nich wraca do morza i prawdopodobnie wzbogaca lokalnie ekosystem morski, poprzez stymulację produkcji pierwotnej i rozwój dalszych poziomów troficznych.

O ile wpływ ptaków morskich na ekosystem lądowy jest relatywnie dobrze poznany, o tyle bardzo mało wiadomo o losie biogenów trafiających z powrotem do morza. W projekcie, udział materii przenoszonej przez ptaki morskie, w lokalnym wzbogaceniu sieci troficznej w fiordzie, badany jest między innymi dzięki analizom izotopowym materiałów pobieranych przez płetwonurków w strefie przybrzeżnej, w pobliżu urwisk skalnych, zamieszanych przez kolonie nurzyków polarnych *Uria lomvia* i mew trójpalczastych *Rissa tridactyla* [56].

Z uwagi na łagodniejsze warunki (wyższe temperatury, obecność światła, brak stałej pokrywy lodowej), nurkowania w ramach wypraw naukowych IO PAN, czy to na Spitsbergenie czy w Antarktyce, były dotychczas prowadzone tylko w sezonie letnim (Arktyka: czerwiec- wrzesień, Antarktyka: listopad-luty). Stąd brak porównywalnych danych z innych sezonów, zwłaszcza z miesięcy zimowych.

Problem ten jest ogólnie rozpoznawalny w wysokich szerokościach geograficznych i dotyczy nie tylko danych uzyskiwanych za pomocą nurkowania ale i wszelkich innych metod badawczych.

Najnowszą międzynarodową inicjatywą, której zadaniem jest rozpoznanie tego, co dzieje się podczas kilku jak dotąd praktycznie niezbadanych miesięcy w ciągu roku, jest „Marine Night” [57] – projekt, w którym uczestniczy także IO PAN. W ramach jego działań, przewidziane są również nurkowania podczas nocy polarnej (grudzień- luty), planowane na rok 2015.

Jednak nawet podczas długich zimowych miesięcy, są to zazwyczaj nurkowania typu „open-water”, gdyż stała pokrywa lodowa pojawia się w zachodnich fiordach Spitsbergenu zazwyczaj dopiero w połowie lutego.

Ponadto, za wyjątkiem Antarktyki, w większości z badanych miejsc, powierzchnia morza w ogóle nie zamarzała od kilku lat a głównym źródłem lodu we wspomnianych rejonach są cielące się lodowce, góry lodowe i lód dryftowy przenoszony wraz z prądami.

Od pierwszych, pionierskich czasów wiele się zmieniło w kwestii nurkowań polarnych. Oczywiście woda jest tam ciągle tak samo zimna (w okolicach kontynentu Antarktycznego sięga nawet -1.8°C) [58], na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu latem to już zazwyczaj $2-4^{\circ}\text{C}$) ale postęp technologiczny jaki się dokonał znacznie ułatwił pracę pod wodą.

Obecnie nurkowanie w rejonach polarnych sprzętowo już niewiele (bądź wcale nie) różni się choćby od nurkowania zimą, w rejonach umiarkowanych. Dzisiaj odziani w ogólnie dostępne suche skafandry, ogrzewane elektrycznie ocieplacze, możemy przebywać pod wodą 90 min utrzymując odpowiednią termikę nawet w wodzie o temperaturze bliskiej zeru.

Pełnotwarzowe maski zapewniają nie tylko komunikację ale dalej podnoszą komfort cieplny. Poprzez oddychanie ciepłym, wilgotnym powietrzem przy użyciu rebreatherów byłibyśmy w stanie marznąć jeszcze mniej, jednak gwałtowny rozwój technologii o obiegu zamkniętym, razem

z upowszechnieniem się sztucznych mieszanin oddechowych (tj. nitrox i trimix) przedłużających i pogłębiających podwodne ekspozycje, jeszcze nie przełożył się na ich szersze wykorzystanie w rejonach polarnych.

Spowodowane jest to prawdopodobnie wysokimi kosztami i nieco większym ryzykiem takich nurkowań. Z uwagi na niską temperaturę, skomplikowaną ewakuację i duże odległości do komór hiperbarycznych, zdecydowana większość nurkowań w rejonach polarnych prowadzonych jest bezdekompresyjne.

Jak na razie rebreathery, dzięki braku wydychanego czynnika oddechowego, znalazły zastosowanie w badaniach prowadzonych w czasie ekspedycji norweskich nad delikatnymi zbiorowiskami flory i fauny jakie się tworzą na styku połączenia lodu i wody [59], choć zapewne wkrótce wejdą na stałe na wyposażenie także polskich instytucji.

Jak dotąd, standardowym sprzętem zespołu z IO PAN są pojedyncze butle i małe i lekkie zestawy dwubutlowe, bardzo wygodne przy pracach nurkowych prowadzonych z pokładu niedużych łodzi pontonowych. Znane i sprawdzone konstrukcje automatów przystosowanych do pracy przy niskich temperaturach wody (jak np. Apeks TX 50 i jego następne wersje), jak dotąd nie znalazły lepszych odpowiedników. Sprzęt zatem się nie różni, inne są nieco procedury i logistyka samych nurkowań z racji faktu, że są to miejsca oddalone od cywilizacji o dosyć zmiennych warunkach środowiska (silne wiatry, duże falowanie, prądy, zmienne warunki lodowe).

W przypadku ekspedycji prowadzonych przez IO PAN zazwyczaj większość ciężkiego sprzętu transportowana jest w rejon badań na statkach. Jeżeli chodzi o Spitsbergen jest to s/y Oceania - jedyny polski statek badawczy prowadzący badania oceanograficzne na otwartym oceanie, nieprzerwanie od 1987 roku (rys. 1. j). Na miejscu wykorzystywane są małe, lekkie ale dzielne łodzie pontonowe (Bombard C5, rys. 1. k, l) z zaburtowymi silnikami, wystarczające do komfortowego transportu trzech płetwonurków z zapasem butli na dwa nurkowania.

W przypadku dalej oddalonych miejsc, używane są dwa pontony, co zapewnia większy poziom bezpieczeństwa w razie awarii jednego z nich. Wyposażenie na łodzi, oprócz echosondy i standardowych środków ratowniczych (rzutki, apteczki, zestawu tlenowego, raketnicy sygnalizacyjnej), obejmuje dodatkowe zapasy paliwa oraz zdublowane środki namierzania i łączności (GPS morski, spot, UKF, telefon satelitarny).

Dodatkowo, każdy nurkujący posiada ze sobą wodoszczelny radiotelefon zabierany pod wodę. Na Svalbardzie z uwagi na pewne zagrożenie spowodowane obecnością niedźwiedzi polarnych, konieczne jest również posiadanie broni palnej. Generalnie przestrzegamy ogólnie

przyjętych zasad i procedur stosowanych w rejonach polarnych [60, 61], ostatnio podsumowanych podczas międzynarodowych warsztatów poświęconych tym zagadnieniom [62].

Optymalne zespoły są trzyosobowe, co pozwala na wykonywanie dwóch nurkowań przez każdego członka grupy, podczas jednego wypłynięcia. Podczas gdy dwójka pracuje pod wodą, jeden pozostaje na zabezpieczeniu na pontonie.

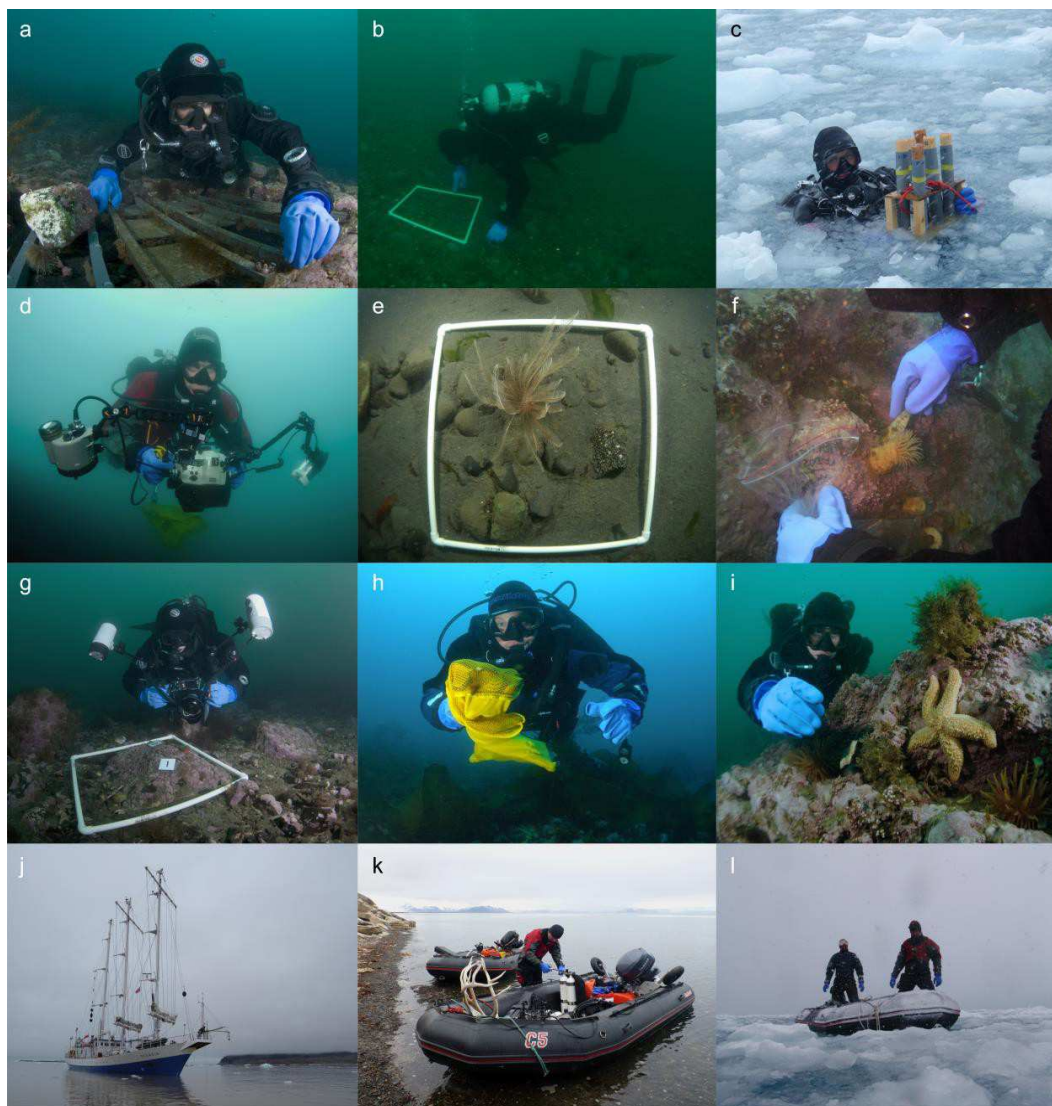
Zwykła przerwa powierzchniowa pomiędzy nurkowaniami trwa jedną godzinę. Zdecydowana większość to około 60- cio minutowe nurkowania do głębokości 30 metrów, choć zdarzały się pojedyncze nurkowania rozpoznawcze, w okolicy 60- ciu metrów w rejonie Fuglefjella (Isfjorden)

Rozwój technik badań podwodnych, w tym sprzętu, który pozwoli na podwyższenie komfortu termicznego i przedłużenie czasu przebywania pod wodą w warunkach polarnych, jak również ciągły wzrost zainteresowania nauki światowej procesami zachodzącymi w strefach przybrzeżnych w morzach polarnych, zapewne przyczynią się do intensyfikacji badań z wykorzystaniem nurkowania w tych rejonach.

Dotychczasowe doświadczenia i wyniki badań prowadzonych przez Instytut Oceanologii PAN stanowią niewątpliwie solidną bazę dla przyszłych programów naukowych.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy pragną podziękować Karinie Kowalskiej (Muzeum Nurkowania), Janowi Marcinowi Węśławskiemu (IO PAN), Stanisławowi Rakusie-Suszczewskiemu (ZBA), Krzysztofowi Jażdżewskiemu (UŁ), Bjorn'owi Gulliksen'owi (UiT), Tomaszowi Janeckiemu (ZBA), Alexandrowi Semeneov'owi (WSBS) za cenne komentarze i ważne informacje historyczne. Ponadto dziękujemy Agnieszce Kostrzyńskiej (WFOSiGW), Michałowi Saniewskiemu (IMGW), Tadeuszowi Strykowski, Jakubowi Beszczyńskiemu, Katarzynie Zmudczyńskiej - Skarbek (UG), Tomaszowi Borszczowi (IO PAN), Jarkowi Dobroszkowi, Bartoszowi Witalisowi (MIR), Tomkowi Kirzeniewskiemu (IO UG), Adamowi Sokołowskiemu (IO UG), Marcie Ronowicz (IO PAN) oraz wszystkim członkom XXXIV Wyprawy Antarktycznej za pomoc w realizacji ww. projektów, klubowi nurkowemu w Longyearbyean za wsparcie logistyczne.



Rys.1. Przykłady ekologicznych badań prowadzonych z wykorzystaniem nurkowania przez IO PAN. Opisy w tekście. Fot. a, c, g – Piotr Kukliński; b – Agnieszka Kostrzyńska; d, e, h-l – Piotr Bałazy; f – Michał Saniewski.

BIBLIOGRAFIA

1. Clarke A., Murphy E. J., Meredith M. P., King J. C., Peck L. S., Barnes D. A., Smith R. C.; Climate change and the marine ecosystem of the western Antarctic Peninsula; *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 362, 2007, 149–166; doi:10.1098/rstb.2006.1958;
2. Schiermeier Q.; The new face of the Arctic; *Nature*, 446, 2007, 133–135; doi:10.1038/446133a;
3. Salmons D.; Global Warming and Cold Winters; Online (<http://www.skepticalscience.com/Global-Warming-Cold-Winters.html>) [visited 06.04.2014]
4. Wang M., Overland J. E.; A sea ice free summer Arctic within 30 years—an update from CMIP5 models; *Geophysical Research Letters*, 2012, doi:10.1029/2012GL052868;
5. Beuchel F., Gulliksen B.; Temporal patterns of benthic community development in an Arctic fjord (Kongsfjord, Svalbard): results of a 24-year manipulation study; *Polar Biology* 31, 2008, 913–924; doi:10.1007/s00300-008-0429-9;
6. Hop H., Pearson T., Hegseth E. N., Kovacs K. M., Wiencke C., Kwaśniewski S. et al.; The marine ecosystem of Kongsfjord, Svalbard; *Polar Research*, 21, 2002, 208–208; doi:10.1111/j.1751-8369.2002.tb00073.x;
7. Brueggeman P.; *Diving Under Antarctic Ice: A History*; Scripps Institution of Oceanography Technical Report; 2003, 41 pp;
8. Rubin J.; *Antarctica*; 4th edition, Lonely Planet, 2008;
9. Pollock N. W.; Scientific diving in the Antarctic: history and current practice; *Diving and Hyperbaric Medicine*, 37, 2007, 204–211;
10. Jenkins W. T.; *A guide to polar diving*; Office of Naval Research, 1976, 90 pp;
11. Svendsen P.; The algal vegetation of Spitsbergen: A survey of the marine algal flora of the outer part of Isfjorden; *Norsk Polarinstittutt skrifter*, 116, 1959, 5-51;
12. Gulliksen B.; inf. mailowa;
13. Gulliksen B.; Colonization of marine algae and animals on "new" lava grounds at Jan Mayen in 1972; *Confederation mondiale des activites subaquaticus. 3 Symposium of the Scientific Committee*, 1973, 118-121;
14. Semenov A.; mail information;

15. Orlewicz-Musiał M.; Początki polskiego nurkowania – zanim nurkowanie stało się sportem; *Studia Humanistyczne*, 2, 2002, 115-130;
16. Samsel J.; Pionierzy fotografii podwodnej, cz. 1; Ocean Instruments, Komisja Działalności Podwodnej PTTK, 2007, 8-22, ISBN 978-83-61212-00-3;
17. Wojtusik R. J.; W morskiej toni, z wędrówek przyrodnika w hełmie nurkowym po dnie morza; Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, 1950;
18. Kowalska K.; Witold Zubrzycki - Pierwszy polski pletwonurek; *Magazyn Nurkowanie*, 1, 2010;
19. Kujawa S.; Pierwsze próby podwodnych badań fauny i flory za pomocą aparatów C-G w rejonie zatoki Puckiej; *Wszeczeńświat*, 7, 1957, 141;
20. Kowalska K.; Starsi Panowie Dwaj.; *Magazyn Nurkowanie*, 4, 2011;
21. Lipski, M.; Polskie nurkowania w Antarktyce; *Magazyn Nurkowanie*, 9, 1997, 30-32;
22. Janecki T., Pocięcha A., Kidawa A.; Polskie badania antarktycznego sublitoralu techniką nurkową oraz słodkowodnych zbiorników okolic Stacji Antarktycznej PAN im. H. Arctowskiego w pierwszej dekadzie XXI wieku; *Chrońmy Przyrodę Ojczystą*, 67 (3), 2011, 195–209;
23. Jażdżewski K.; Moja hydrobiologiczna ścieżka; *Wiadomości Hydrobiologiczne*, 204, (8), 2013;
24. Duris Z.; On a small collection of Crustacea Decapoda from the Bellsund region, Spitsbergen; *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen*; Lublin, UMCS, 1992, 121-149;
25. Duris Z.; A report on the Czechoslovak Arctic biological and diving expedition "Spitsbergen '91"; *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen*; Lublin, UMCS, 1992, 191-195;
26. Duris Z.; On a collection of Crustacea Decapoda from the southeastern Svalbard; *XX Polar Symposium*, Lublin, 1993, 141-157;
27. Duris Z.; A report on the Czechoslovak biological diving expedition "Arctic '92"; *XX Polar Symposium*, Lublin, 1993, 485-493;
28. Węśławski J. M., Wiktor J., Duris Z., Zajączkowski M.; Summer marine biological survey at Bolscheoya, Eastern Svalbard 1992; *Arctic Ecology Group Report*, 1, 1992, 22 pp;
29. Kautsky H.; Methods for monitoring of phytoenthic plant and animal communities in the Baltic Sea; In: Plinski M. (ed.); *The ecology of the Baltic terrestrial, coastal and offshore areas – protection and management*; Proc Conf in Sopot. Part 1 – Marine Environment; Gdansk, Poland, 1993, 21–59;
30. Andrulewicz E., Kruk-Dowgiallo L., Osowiecki A.; Phytoenthos and macrozoobenthos of the Slupsk Bank stony reefs, Baltic Sea; *Hydrobiologia*, 514, 204, 163–170; doi: 0.1023/B:hydr.0000018216.91488.2c
31. Duris Z.; Decapod crustaceans collected in Norwegian and Spitsbergen waters during the summer cruise of the r/v Oceania, 1995; *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen*; Lublin, UMCS, 1995, 213-225;
32. Duris Z., Węśławski J. M.; A preliminary examination of ice floes at Isfjorden, Spitsbergen, on a presence of sympagic fauna; *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen*; Lublin, UMCS, 1995, 227- 231;
33. Kuklinski P.; Diving and ecological studies in a challenging environment; In: Merkel B., Schipek M.; *Research in shallow marine and fresh water systems - 1st International Workshop – Proceedings*; Freiberg Online Geology, 22, 2009, 13-19;
34. Kuklinski P., Gulliksen B., Lønne O. J., Węśławski J. M.; Composition of bryozoan assemblages related to depth in Svalbard fjords and sounds; *Polar Biology*, 28, 2005, 619-630; doi: 10.1007/s00300-005-0726-5
35. Kuklinski P., Gulliksen B., Lønne O. J., Węśławski J.M.; Substratum as a structuring influence on assemblages of Arctic bryozoans; *Polar Biology*, 29, 2006, 652-661; doi:10.1007/s00300-005- 0102-5
36. Kuklinski P.; Ecology of bryozoans from Svalbard waters; Doctoral thesis; Institute of Oceanology, 2004;
37. Włodarska-Kowalczuk M., Kuklinski P., Ronowicz M., Legezynska J., Gromisz S.; Assessing species richness of macrofauna associated with macroalgae in Arctic kelp forests (Hornsund, Svalbard); *Polar Biology*, 32, 2009, 897-905; doi:10.1007/s00300-009-0590-9
38. Ronowicz M., Schuchert P.; *Halecium arcticum*, (Cnidaria, Hydrozoa), a new hydroid from Spitsbergen; *Zootaxa* 1549, 2007, 55-62;
39. Ronowicz M., Włodarska-Kowalczuk M., Kuklinski P.; Factors influencing hydroids (Cnidaria: Hydrozoa) biodiversity and distribution in Arctic kelp forests; *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 88, 2008, 1567-1575; doi:10.1017/S0025315408001495
40. Ronowicz M., Włodarska-Kowalczuk M., Kuklinski P.; Depth and substrate-related patterns of species richness and distribution of hydroids (Cnidaria, Hydrozoa) in Arctic coastal waters (Svalbard); *Marine Ecology (Suppl. 1)*, 2013, 165-176; doi:10.1111/maec.12034;
41. Ronowicz M., Legeżyńska J., Kuklinski P., Włodarska-Kowalczuk M.; Kelp forest as a habitat for mobile epifauna, case study of *Caprella septentrionalis* Kröyer, 1838 (Amphipoda, Caprellidae) in an Arctic glacial fjord; *Polar Research*, 32, 2013, 21037; doi:10.3402/polar.v32i0.21037
42. Tatarek A., Wiktor J., Kendall M. A.; The sublittoral macroflora of Hornsund; *Polar Research* 31, 2012, 1-9; doi:10.3402/polar.v31i0.18900
43. Barnes D. A., Kuklinski P.; Low colonisation on artificial substrata in arctic Spitsbergen; *Polar Biology*, 29, 2005, 65-69; doi:10.1007/s00300-005-0044-y
44. Kuklinski P., Sokolowski A., Ziolkowska M., Balazy P., Novosel M., Barnes D. A.; Growth Rate of Selected Sheet-Encrusting Bryozoan Colonies Along a Latitudinal Transect: Preliminary Results; In: Ernst A., Schäfer P., Scholz J. (eds.); *Bryozoan studies 2010 (Lecture Notes in Earth System Sciences)*, 143, 2013, 149–161; doi:10.1007/978-3-642-16411-8;
45. Barnes D. A., Kuklinski P., Włodarska-Kowalczuk M.; Richness, abundance and shell use of subarctic and arctic hermit crabs; *Marine Biology*, 52, 2007, 1133-1142; doi:10.1007/s00227- 007-0762-5
46. Kuklinski P., Barnes D. A., Włodarska-Kowalczuk M.; Gastropods shells, hermit crabs and Arctic bryozoan richness; *Bryozoan Research 2007: Proceedings of the 14th International Bryozoology Association Conference*, Boone, North Carolina, July 1-8, 2007; Virginia Museum of Natural History Special Publication no. 15, 2008, 93-100
47. Balazy P., Kuklinski P.; Mobile hard substrata – An additional biodiversity source in a high latitude shallow subtidal system; *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 119, 2013, 153–161; doi:10.1016/j.ecss.2013.01.004
48. Balazy P.; Factors controlling biodiversity on hard mobile substrate in the shallow Arctic sublittoral; Doctoral thesis; Institute of Oceanology, 2004;
49. Kuklinski P., Balazy P., Stryjek T.; King George Island, the Antarctic; *Magazyn Nurkowanie*, 1 (194), 2012, 28-35;
50. Majewska R., Kuklinski P., Balazy P., Yokoya S. N., Paternostro Martins A., Monteiro Absher T. et al.; Comparison of diatom communities associated with *Plocamium cartilagineum* (Plocamiales, Plocamiaceae) from different Antarctic seas; *Polar Biology*, submitted
51. Kuklinski P., Balazy P., Nowak M., Bielecka L.; Factors controlling initial development of polar bryozan assemblages; *Bryozoan Studies*, in press



52. Borszcz T., Kukliński P., Balazy P.; Ekologia polarnych szkarłupni z perspektywy południowego krańca Ziemi (Zatoka Admiralicji, Antarktyka); w: streszczenia referatów XXXIV Sympozjum Polarnego w Sosnowcu, 2012, 21;
53. Kuklinski P., Kostrzyńska A., Balazy P., Borszcz T., Saniewski M.; Badania podwodne na północnym krańcu ziemi – Spitsbergen 2012; *Magazyn Nurkowanie*, 1 (201), 2013, 18-27;
54. Arctic Actinaria – west Spitsbergen sea anemones Online (<http://www.iopan.gda.pl/projects/biodaff/actinaria/index.html>) [visited 06.04.2014]
55. Balazy P., Kuklinski P., Sanamyan N.; Hyas spp. crabs and sea anemones—new species associations from Svalbard; *Marine Biodiversity*, 2014, doi:10.1007/s12526-014-0203-x;
56. Zmudczyńska-Skarbek K., Balazy P., Kuklinski P.; Influence of seabirds on local enrichment of the Arctic coastal benthic communities; *Marine Biology*, submitted;
57. Mare incognitum – unraveling the mysteries of Arctic marine systems Online (<http://www.mare-incognitum.no/>) [visited 06.04.2014];
58. Kuklinski P., Balazy P.; Scale of temperature variability in the maritime Antarctic intertidal zone; *Journal of Sea Research*, 85, 2014, 542–546; doi:10.1016/j.seares.2013.09.002;
59. Assmy P., Ehn J. K., Fernández-Méndez M., Hop H., Katlein C., Sundfjord A. et al.; Floating Ice, Algal Aggregates below Melting Arctic Sea Ice; *PLOS One*, 8 (10), 2013, e76599; doi:10.1371/journal.pone.0076599;
60. Lang M. A., Stewart J. R. (eds.); *Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences Polar Diving Workshop*. California, May 20-21, 1991; Costa Mesa, California, American Academy of Underwater Sciences, 100 pp
61. Jewett S. C. (ed.); *Cold Water Diving for Science; Proceedings of the 21st Annual Scientific Diving Symposium*, American Academy of Underwater Sciences; 2001, AK-SG-01-06, Fairbanks, University of Alaska Sea Grant, 98 pp
62. Lang M. A., Sayer M. J. (eds.); *Proceedings of the International Polar Diving Workshop*. Svalbard, March 15-21, 2007; Washington, DC, Smithsonian Institution, 213 pp.

dr Piotr Bałazy
Instytut Oceanologii
Polskiej Akademii Nauk
Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot
tel.: (+ 48 58) 731 17 83
fax: (+ 48 58) 551 21 30
e-mail: balazy@iopan.gda.pl

dr hab. Piotr Kukliński
Department of Life Sciences
Natural History Museum, Cromwell Road
London SW7 5BD
United Kingdom

dr Maria Włodarska – Kowalczyk
Instytut Oceanologii
Polskiej Akademii Nauk
Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot
tel.: (+ 48 58) 731 17 83
fax: (+ 48 58) 551 21 30