

VOL. 1

# TUTORING GEDANENSIS

CZASOPISMO TUTEES I TUTORÓW



ISSN 2451-1862

# TUTORING GEDANENSIS

CZASOPISMO TUTEES I TUTORÓW

**Wydział Oceanografii i Geografii**  
Uniwersytet Gdański

maj 2016

**Tutoring Gedanensis**  
**Czasopismo Tutess i Tutorów**

**Zespół redakcyjny**

**Redaktor naczelny**  
*dr Ewa Szymczak*

**Zastępcy redaktora naczelnego**

*dr Lucyna Przybylska*

*dr Sylwia Śliwińska*

**Współpracownicy vol. 1**

*Karolina Bartkowski*

*Julia Gaffke*

*Krzysztof Marchlewski*

*Aleksandra Mierzejewska*

*Konrad Mischke*

**Autor okładki**

*Aleksandra Mierzejewska*

**Recenzenci**

*prof. UG dr hab. Joanna Fac Beneda*

*mgr Jan Frankowski*

*prof. UG dr hab. Urszula Janas*

*mgr Krzysztof Kopeć*

*prof. UG dr hab. Anita Lewandowska*

*dr Mirosława Malinowska*

*dr Marcin Paszkuta*

*dr Lucyna Przybylska*

*dr Ewa Szymczak*

*dr Sylwia Śliwińska*

*mgr inż. Agnieszka Wochna*

**Kontakt**

Wydział Oceanografii i Geografii

al. Marszałka Piłsudskiego 46

81-378 Gdynia

e-mail: [tutee@ug.edu.pl](mailto:tutee@ug.edu.pl)

[www.tutee.oig.ug.edu.pl](http://www.tutee.oig.ug.edu.pl)

ISSN 2451-1862

## Spis treści

<i>Od redakcji</i> .....	5
<b>Eseje</b> .....	6
Czy pestycydy są problemem w środowisku naturalnym? .....	7
Czy Polska kiedykolwiek będzie pięknym, nudnym, europejskim krajem? .....	11
Upwelling na Morzu Bałtyckim – znaczenie i metody detekcji .....	13
Rola portów i stoczni w zanieczyszczaniu środowiska naturalnego w regionie południowego Bałtyku .....	19
O krajobrazie sakralnym .....	23
Życ pełnią życia .....	25
Czy dzieci górników mają inne żołądki? Najważniejszy cel polskiej doktryny energetycznej .....	27
Fotoesej: Co z tą zimą w Alpach? .....	31
Czy rekiny są potrzebne w środowisku morskim? .....	37
Czy broń chemiczna i środki bojowe zdeponowane na dnie Bałtyku stanowią zagrożenie dla środowiska? .....	41
Pyłki sosny na powierzchni Bałtyku .....	45
Czy Bóg wymaga od nas ładu przestrzennego? .....	48
Ważni członkowie atmosfery – Bioaerozole .....	52
<b>Artykuły</b> .....	55
Truciciel dziko-miejskiej przestrzeni .....	56
Woda w strefie zero .....	61
Warunki mikroklimatyczne wybranych hal sportowych na terenie województwa pomorskiego .....	67
Kosmos oczami geologa .....	78
Charakterystyka wybranych światowych złóż gazu z łupków .....	88
Kominy hydrotermalne różnych środowisk geotektonicznych – ekonomiczny zysk czy bogactwo życia? .....	97
Meroplankton Morza Bałtyckiego .....	106

*Szanowny Czytelniku,*

Oddajemy w Twoje ręce pierwszy numer czasopisma *Tutoring Gedanensis. Czasopismo Tutees i Tutorów*, którego celem jest udokumentowanie wyróżniających się prac studenckich powstałych podczas tutoriali prowadzonych na Wydziale Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego.

Zawartość pierwszego numeru tworzą teksty Studentów, którzy uczestniczyli w programie TUTOR WOiG w roku akademickim 2014/2015 lub 2015/2016. W pierwszym numerze znalazło się 13 esejów i 7 artykułów napisanych samodzielnie przez Studentów lub wspólnie z Tutorem. Tematyka artykułów jest tak różna, jak różne są zainteresowania naszych Studentów i Tutorów. Poruszane są zagadnienia z zakresu geologii, hydrologii, klimatologii i oceanografii biologicznej, ochrony środowiska morskiego czy fizyki morza. Część esejów dotyczy wspomnianych zagadnień, inne rozważają problemy związane z gospodarką przestrzenną, a także krajobrazem sakralnym oraz samorozwojem.

Mamy nadzieję, że *Tutoring Gedanensis. Czasopismo Tutees i Tutorów* będzie inspiracją dla Studentów i Nauczycieli do rozwoju tutoringu akademickiego na Wydziale Oceanografii i Geografii, w Uniwersytecie Gdańskim oraz w innych uczelniach wyższych w całym kraju.

*Redakcja*

ESEJE



## Czy pestycydy są problemem w środowisku naturalnym?

**Karolina Bartkowski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: karolinabartkowski@gmail.com

**Tutor: prof. UG, dr hab. Anita Lewandowska**

Instytut Oceanografii, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego

**Słowa kluczowe** – *pestycydy, środowisko naturalne, antropopresja*

Żyjemy w czasach, w których przyrost naturalny ludności na świecie jest większy niż kiedykolwiek wcześniej. Od lat 50. XX wieku liczba ludzi na Ziemi podwoiła się. W tym samym czasie, wielkość obszarów rolnych wzrosła jedynie o 10% (Raport, 2015). Aby sprostać presji związanej z produkcją żywności na tak wielką skalę, a zarazem po jak najniższych kosztach w rolnictwie, zaczęto stosować pestycydy. Dotyczy to zwłaszcza rejonów, które są mniej zasobne w substancje odżywcze. Nie chodzi tylko o ułatwienie sobie życia, ale także o to, by stale nadarzać za rozwijającym się światem. Pytanie tylko, czy w rzeczywistości wyjdzie to nam, ludziom na dobre?

Pestycydy [*pest* (ang.) – szkodnik, *cide* (łac.) – zabijać], czyli środki ochrony roślin, należą do grupy związków chemicznych o dużej sile działania toksycznego. Związki te są wprowadzane do środowiska świadomie i pod kontrolą. W definicji Amerykańskiej Agencji ds. Ochrony Środowiska (EPA- ang. Environmental Protection Agency) pestycydy są to substancje, lub mieszanina substancji, wykazujących zdolność niszczenia, odstraszania lub hamowania rozwoju szkodników (Seńczuk, 1990). Są one substancjami pochodzenia syntetycznego, jak i naturalnego. Szeroko używane są pestycydy nieorganiczne, na bazie arseniku, czy fluoru. Osobną grupę stanowią pestycydy roślinne, na bazie nikotyny. Pestycydy syntetyczne zawierają związki chlorowców, np. HCH (sześćchlorocykloheksan), DDT (dwuchlorodwufenylotrójchloroetan) i związki fosforoorganiczne (Morrison i Murphy, 2006). Pestycydy posiadają szerokie zastosowanie w rolnictwie, leśnictwie i sadownictwie. Stosowane są także w budynkach mieszkalnych do zwalczania owadów i gryzoni. Jesteśmy w stanie wyróżnić wiele rodzajów pestycydów zależnie od ich zastosowania, np. różnego rodzaju zoocydy, czyli te do zwalczania szkodników zwierzęcych (insektycydy – środki owadobójcze, akarycydy – środki roztoczebójcze, aficydy – środki mszycobójcze, rodentycydy – środki gryzoniobójcze, repelenty – środki odstraszające), bakteriocydy – środki do zwalczania bakterii, herbicydy - środki do zwalczania chwastów. Ponadto wyróżniamy pestycydy totalne, które niszczą wszystkie rośliny oraz wybiórcze, niszczące określone gatunki roślin (Morrison i Murphy, 2006).

Przeznaczenie pestycydów bazuje na ich selektywności. Grupa tych związków powinna charakteryzować się dużą toksycznością w stosunku do szkodników, lecz małą w stosunku do pozostałych organizmów. Poza powyższymi cechami powinny być one odpowiednio trwałe. Rozumiemy przez to dużą podatność na biodegradację, co swoje odzwierciedlenie powinno mieć w środowisku. Jak wygląda to w rzeczywistości? Trwałość pestycydów waha się w szerokim zakresie, np. czas rozpadu fosdrinu jest krótki i wynosi 35 dni, DDT ulega degradacji w czasie od 4 do 30 lat, a pestycyd pod nazwą szradan, rozkłada się przez 100 lat. Okazuje się również, że dużą wadą

pestycydów jest właśnie ich brak selektywności. Ponadto niektóre z nich są nietrwałe i pod wpływem podwyższonej temperatury, wilgotności czy przemian fotochemicznych przechodzą w związki o jeszcze większej toksyczności (Seńczuk, 1990). Dlaczego więc znalazły zastosowanie na tak dużą skalę? Poza problemem przyrostu ludności i głodu na świecie, wiele problemów sprawiały wprowadzane systemy upraw rolnych oraz pojawiające się coraz częściej gatunki obce i inwazyjne. Gatunki te stały się współzawodniczące z naturalnie bytującymi w środowisku. Ponadto przystosowały się one do regularności pojawiającego się pożywienia do tego stopnia, że ich obecność była 20, a w niektórych sytuacjach nawet 350 razy większa w rejonach upraw, niż na obszarach niezagospodarowanych.

Naturalnym stało się używanie pestycydów na szeroką skalę. Potem coraz częściej ich nadużywanie, co w konsekwencji prowadziło do zakłócenia równowagi biocenotycznej środowiska naturalnego. Jakie pestycydy stosowano najczęściej? Nie jestem w stanie wymienić wszystkich pojawiających się środków na rynku, gdyż w 1962 roku było ich prawie 9,5 tysiąca. W tym czasie fundusze finansowe przeznaczone na zakup pestycydów wynosiły 578 mln dolarów, a 10 lat później sięgały już miliarda dolarów. Szokuje również fakt, że w tamtym okresie dla obszaru rolnego o powierzchni 40 ha przeznaczano 175 mln kg pestycydów rocznie (Dorst, 1971).

Z powodu braku umiaru w stosowaniu pestycydów człowiek zaburzył równowagę środowiska. Pierwszym przykładem może być region Francji, gdzie stosowano HCH (lindan) do eliminacji chrabąszcza majowego. Owada wyeliminowano, ale wraz z nim wyginęło 48% obecnych tam muchówek, 21% błonkówek, 14% populacji chrząszczy, 15% pluskwiaków i 2% motyli (Dorst, 1971). Jak widać konsekwencje często są odmienne od zamierzonych celów. Kolejnym przykładem może być wyginięcie 20 tys. rojów pszczół na skutek opryskiwania upraw rzepaku. Oczywiście nikt nie uznałby pszczoły za szkodnika, gdyż nawet najmłodszy wie, jak ważny stanowią element łańcucha troficznego. Chciałabym wspomnieć również o użyciu we Francji DDT (dichlorodifenylotrichloroetan) w celu ochrony wiązków. Opryskano znaczny obszar leśny, w wyniku czego duża ilość środka opadła na glebę i zaczęła negatywnie oddziaływać na dżdżownicę w niej bytującą. Mimo, że nie widać było żadnych zmian w ich zachowaniu, dochodziło do odkładania DDT w tkankach dżdżownic. Czy stanowiło to istotny problem? Wydaje się że tak, ponieważ już po trzech tygodniach od dokonanych oprysków wymarło 86% populacji drozda, żywiącego się dżdżownicami. Było to konsekwencją porażenia ośrodka ruchowego ptaków (Dorst, 1971). DDT było także pestycydem masowo stosowanym w Polsce w latach 60. do zwalczania stonki ziemniaczanej. W Azji używano go w celu zwalczania komarów (Seńczuk, 1990). Zarówno DDT jak i produkty jego rozkładu (DDE, DDD) są bardzo trwałe. Kumulują się w glebie i tkance tłuszczowej zwierząt (bioakumulacja), gromadzą się w mleku i są przekazywane przez jaja, co może prowadzić do zatrucia młodych. Ich działanie nie musi być natychmiastowe. Może być ono jednak śmiertelne, gdy zwierzę w czasie zimy wykorzysta rezerwy tłuszczu. Mimo, że DDT nie jest stosowane już od wielu lat, nadal znajduje się w łańcuchu troficznym (biomagnifikacja). Ślady DDT oraz produktów jego rozkładu nadal wykrywa się także w środkach spożywczych. Obojętne na działanie pestycydów nie pozostaje ponad to środowisko wodne, a w szczególności strefa brzegowa. DDT ulega najpierw akumulacji w drobnych organizmach planktonowych, z którymi jest następnie pobierane przez ryby roślinożerne, potem ryby drapieżne lub ptaki wodne (Dorst, 1971). Poza aspektem środowiskowym skutki użytkowania DDT przekładały się, zwłaszcza w przeszłości, na gospodarkę państw. Układ nerwowy ryb jest bardzo wrażliwszy na działanie pestycydów co prowadziło do dużej ich śmiertelności i zmniejszania połowów.

Wiemy już, że pestycydy podlegają bioakumulacji i biomagnifikacji. Występują w glebie, wodzie, roślinach, organizmach żywych, ale także w żywności. Dla przeciętnego człowieka ważnym jest fakt, że żywność podlega kontroli jakości pod względem obecności pestycydów. Polega to na



ustaleniu, w której z pięciu klas toksyczności znajduje się dany produkt. Zakwalifikowanie związku do danej grupy jest określone wartością LD50. Symbol ten oznacza dawkę śmiertelną wyrażoną w ilości miligramów substancji na kilogram masy ciała, która po jednorazowym podaniu powoduje śmierć 50% badanej populacji. Dotyczy to badań prowadzonych na zwierzętach i związane jest z określeniem toksyczności ostrej. Dlatego też już na etapie wprowadzania środka toksycznego do produkcji ważne są uregulowania prawne. Podczas rejestracji substancji czynnej środka ochrony roślin oraz po jej wprowadzeniu do zabiegów agrochemicznych, wyznacza się tzw. ocenę ryzyka. Umożliwia to oszacowanie, czy pozostałości pestycydów w żywności mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia konsumentów. W krajowym systemie prawnym, wartości NDP (Najwyższe Dopuszczalne Poziomy) pozostałości pojawiły się po raz pierwszy z chwilą opublikowania Rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 8 października 1993 roku w sprawie *najwyższych dopuszczalnych pozostałości w środkach spożywczych środków chemicznych stosowanych przy uprawie, ochronie, przechowywaniu i transporcie roślin*. Obecnie wielkości dopuszczalne w żywności wahają się między 0,005 mg/kg (chlordan) i 1 mg/kg (DDT) (Ludwicki, 2007).

Mimo istniejących regulacji prawnych szacuje się, że co roku z powodu spożywania płodów rolnych zanieczyszczonych pestycydami przed upływem karencji tylko na terenie Unii Europejskiej umiera 20 tys. osób (Makles i Domański, 2008). Czas karencji to czas określony przez producenta, który musi upłynąć od ostatniego zabiegu do zbioru płodów rolnych, aby produkty spożywcze nie stanowiły zagrożenia dla zdrowia człowieka. Według WHO, pestycydy są także przyczyną corocznego zatrucia ok. 1,5 mln ludzi na świecie. Jest to skutek obecności wśród pestycydów substancji o działaniu rakotwórczym, mutagennym i teratogennym (Ludwicki, 2007). Ponadto zdolność do akumulacji pestycydów prowadzi do uszkodzenia układu odpornościowego, zaburzeń hormonalnych, chorób układu oddechowego, trawiennego, limfatycznego, chorób skórnych i neurodegeneracyjnych (choroba Parkinsona i Alzheimer). Badania nad DNA wskazują również, że niektóre związki chemiczne upośledzają ekspresję genów wpływając na przyszłe pokolenia. Oznacza to, że negatywne skutki stosowania pestycydów mogą być długofalowe i występować jeszcze wiele lat po decyzji o ich wycofaniu (Raport, 2015). Nie należy również zapominać o synergicznym działaniu pestycydów z innymi związkami, na przykład będącymi składnikami używek. Problem dotyczy zwłaszcza palaczy i ludzi nadmiernie spożywających alkohol (Makles i Domański, 2008).

Skażenie środowiska pestycydami stanowiło w przeszłości duże zagrożenie dla ujęć wody będących obszarem zlewni rolniczej (Żelechowska, 1993). Według WHO spośród 102 substancji normowanych, w wodzie pitnej znajdowano nawet do 27 różnych pestycydów (WHO). Głównym źródłem pestycydów w wodach powierzchniowych, a także w glebie i powietrzu było i jest rolnictwo. Mimo wycofania wielu pestycydów z użytkowania w dalszym ciągu stwierdza się ich obecność w środowisku. Jest to skutkiem dużej trwałości pestycydów oraz ich wysokiego współczynnika bioakumulacji. Skład i stężenie wykrywanych związków są zależne od wielkości upraw na obszarze zlewni oraz zastosowanych preparatów (Jankowska, 1998). Od 1998 roku pestycydy lub ich metabolity wykrywane są w punktach poboru wody w ponad 50% próbek pobieranych z głębokości do 20 m pod powierzchnią ziemi. Do roku 2003, procent studni, w których koncentracja zanieczyszczeń przekraczała wartość normatywną (0,1 µg/l) zmalała z 10% do 5% (Raport, 2005). Płyne z tego jasny przekaz, iż ograniczenie obszaru stosowania pestycydów, liczby zabiegów z nimi związanych i ich dawki, może znacząco zmniejszyć zanieczyszczenie wód gruntowych tymi związkami.

Aby polepszyć stan środowiska naturalnego prowadzone są działania doradcze skierowane do rolników. Są one istotną częścią Planów Akcji Pestycydowych, prowadzonych w celu zmniejszenia dopływu pestycydów do środowiska naturalnego. Chodzi o propagowanie właściwego stosowania pestycydów, jego ograniczenia poprzez stosowanie płodozmianu, mechanicznej i biologicznej ochrony oraz oceny rzeczywistych potrzeb wykonywanych oprysków. Jednym ze skutków Akcji

Pestycydowych są zmiany w procedurze zatwierdzania pestycydów wprowadzanych do użytku. Ich wynikiem jest zastąpienie tych najbardziej toksycznych mniej szkodliwymi. W konsekwencji uniemożliwia to zatwierdzenie substancji uznawanych za szczególnie niebezpieczne dla zdrowia lub środowiska. Ponadto podniesiono wartość podatku, który wynosi odpowiednio 37% ceny hurtowej dla herbicydów i fungicydów oraz 54% w przypadku insektycydów. Od momentu wprowadzenia podatku odnotowano zmniejszenie zużycia pestycydów na poziomie 5-10% (Raport, 2005). Stwierdzono również, że istnieje konieczność dodatkowej ochrony szczególnie wrażliwych ekosystemów. W tym celu utworzono nie opryskiwane strefy buforowe wolne od pestycydów (Rezolucja legislacyjna, 2007).

Odpowiadając na pytanie zawarte w tytule, „Czy pestycydy są problemem środowiska naturalnego?” można powiedzieć, że na pewno odgrywają w nim istotną rolę w eliminacji szkodników. To podnosi jakość upraw i zwiększa plony, w konsekwencji prowadząc do obniżenia głodu na świecie. Pestycydy są także przydatnymi środkami ochrony przed chorobami, np. malarią. Choroba ta w przeszłości dotknęła w Indiach 75 mln osób, z czego zabiła 5 mln. Dzięki zastosowaniu pestycydów, malaria przestała dziesiątkować społeczeństwo Indii, a długość życia wydłużyła się z 32 do 47 lat.

W dzisiejszych czasach problem nadużywania pestycydów jest już nieznaczny. Owszem, są to związki toksyczne, ale odpowiednio dawkowane mogą przynieść pozytywne skutki ekonomiczne i społeczne. Z drugiej strony nieustannie trzeba pamiętać, że środki te charakteryzują się najczęściej wysoką toksycznością, słabą selektywnością oraz długim czasem degradacji. I niestety lista potwierdzonych oraz przypuszczalnych konsekwencji zdrowotnych wynikających z kontaktu organizmów żywych z pestycydami nie została jeszcze zamknięta.

## Literatura

Dorst J., 1971. *Zanim zginie przyroda*, Warszawa, WP.

Ludwicki J., 2007. *Ocena ryzyka przy przekroczeniach NDD w żywności*, PHZ.

Makles Z., Domański W., 2008. Ślady pestycydów niebezpieczne dla człowieka i środowiska, *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i praktyka*, nr 1 (436), s. 5-9.

Morrison R., Murray R., 2006. *Pesticides, Environmental forensic*, USA, Elsevier.

Nielsen H., 2005. *Duński program zużycia pestycydów*, PAN Europe, London.

*Rezolucja legislacyjna Parlamentu Europejskiego z dnia 23 października 2007 r. w sprawie wniosku dotyczącego dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz osiągnięcia zrównoważonego stosowania pestycydów (COM(2006)0373 – C6-0246/2006 – 2006/0132(COD))*.

Seńczuk W., 1990. *Toksykologia. Podręcznik dla lekarzy, studentów i farmaceutów*, Wydawnictwo Lekarskie PWZL, Warszawa.

*Raport. Wpływ pestycydów na zdrowie*, 2015. [www.greenpeace.org/poland/PageFiles/671146/Raport](http://www.greenpeace.org/poland/PageFiles/671146/Raport).

Żelechowska A., 1993. Ocena zagrożenia pestycydowego wody do picia, *Ochrona Środowiska*, nr 4, s. 63-65.

**Krótką notką o autorze:** *Studentka magisterskich studiów uzupełniających na kierunku oceanografia. Realizuje pracę dyplomową z zakresu chemii atmosfery, bada wpływ komunikacji w okresie szkolnym i poza nim na jakość powietrza w Aglomeracji Trójmiejskiej.*

## Czy Polska kiedykolwiek będzie pięknym, nudnym, europejskim krajem?

**Weronika Belczewska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: wbelczewska@gmail.com

**Tutor: mgr Jan Frankowski**

Instytut Geografii, Katedra Geografii Ekonomicznej

**Słowa kluczowe** – *estetyka, europejskość, ład przestrzenny, piękno, przestrzeń publiczna*

### Wstęp

Polska może być pięknym krajem, ale na pewno nie będzie ona nudna i europejska. Do europejskości dążą przed wszystkim politycy, którzy tak układają programy i plany, aby zatrzyć gospodarczą różnicę i dorównać krajom Europy Zachodniej. Jednak większość Polaków myśli inaczej. Z jednej strony mentalność i wartości, którymi kierują się Polacy, są mocno zakorzenione w kulturze i tradycji - zazwyczaj rzadko przejmują się dobrem ogółu, chcąc zarobić na swoim interesie, żyjąc „tu i teraz”. Z drugiej strony, ciężko jest się w Polsce obracać w świecie praw, ustaw i rozporządzeń – w tej materii panuje zbyt duży chaos, aby udało się uniknąć niejasności oraz własnych interpretacji. Czynniki te powodują niewielką wrażliwość na dobro publiczne, estetykę, postawy egoistyczne oraz swoją własną, specyficzną definicję piękna.

### Rozwinięcie

Piękno to rzecz gustu. Nie ma w naszym kraju jednego stylu, którym mogliby kierować się Polacy. Wynika to po części z nieodpowiedniej edukacji. Brakuje w polskim systemie pełnej i odpowiedzialnej lekcji plastyki. Lekcja plastyki bywa lekceważona zarówno przez uczniów, jak i nauczycieli. W porównaniu do innych krajów europejskich mamy, łącznie w szkole podstawowej i gimnazjalnej, nie więcej niż 255 godzin lekcji poświęconych sztuce (plastyka, muzyka, technika). Dzieci nie mają możliwości rozwoju swoich artystycznych talentów, nie mają też autorytetów oraz wzorców, z których mogłyby brać przykład. W drodze do i ze szkoły mijają osiedla otoczone płotami, jaskrawe elewacje budynków, przemierzają nieutwardzoną drogę pełną dziur i kałuż i myślą, że tak ma być.

Polska jest brzydka – narzekają Polacy. Nie potrafią jednak tego zmienić czy uporządkować. Ład przestrzenny, opisany w ustawie o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, tak naprawdę nie istnieje. Filip Springer (2013) w swojej książce „Wanna z kolumnadą” pisze: „Ład przestrzenny to jest coś, o czym każdy w Polsce słyszał, ale nikt od dawna tego nie widział”. W centrach miast brakuje zieleni, parków, jest za to ogromna liczba miejsc parkingowych i niewykorzystanej, zaniedbanej przestrzeni. Obrzeża miast zabudowane są niekontrolowanymi osiedlami. Zamiast przedmieść w pełni wyposażonych w infrastrukturę drogową i techniczną mamy skupiska domów, do których nie dojeżdżają autobusy. Przestrzeń publiczna zarzucona jest billboardami, tablicami, plakatami i wielkoformatowymi reklamami, które niekiedy zasłaniają nawet okna mieszkańcom bloków

i kamienic. Są nieatrakcyjne, zabrudzają miejsca publiczne, a także powodują chaos. Niektóre reklamy, szczególnie te emitujące światło, dodatkowo rozpraszają kierowców, mogąc przyczynić się do wypadków. Najgorsze jest jednak to, że przeszkadzają one tylko małej grupie ludzi, natomiast znaczna większość wcale nie zauważa tego problemu. Część uważa, że reklamy dodają miastu kolorytu, rozjaśniają szare ulice i są cennym źródłem informacji, twierdząc nawet, że dzięki billboardom polskie miasta przypominają prawdziwie, europejskie miejsca. W związku z tym każdy ma nie tylko inną definicję piękna, ale i europejskości.

Przestrzenią publiczną rządzi pieniądz. W Polsce nigdy nie będzie nudno. Być może jest to spadek po okresie komunizmu, kiedy wszystko było czarno-białe i państwowe, a ludzie jeszcze nie zdążyli nacieszyć się wolnością. Mimo tego, że do działania przystępuje młodsze pokolenie, to i tak mamy do czynienia z bałaganem. Przykładem może być każde nadmorskie miasteczko, gdzie przy głównej promenadzie wystawione są budki z chińską odzieżą, parawanami, pamiątkami (przywiezionymi z Chin), kebabami i hot-dogami, a na budkach znajdują się reklamy z parkami dinozaurów. Panuje tam specyficzny, tandetny, pociągający jednak wielu ludzi klimat. A prowadzący interesy realizują to, na co jest popyt.

### **Zakończenie**

Podsumowując, Polska może być piękna, ale zależne jest to od zdefiniowania tego pojęcia. Może gdyby więcej mówiło się o gustach, przywiązywaliśmy większą uwagę do estetyki. Może mogłaby pomóc reforma lekcji plastyki, która docelowo podkreślałaby wagę ład przestrzennego. Potrzeba jest też uświadomienia Polakom, że żyjemy i obracamy się we wspólnej przestrzeni publicznej i musimy o nią dbać, gdyż wszyscy czerpiemy z niej korzyści. Polska nie będzie nudnym krajem, bo nie pozwoli na to nasza mentalność. Pytaniem jest teraz, jak zmienić nienudne rzeczy w piękne.

### **Literatura**

Springer F., 2013. *Wanna z kolumnadą*, Wydawnictwo Czarne, Wołowiec.

Springer F., Blog, [www.filipspringer.com/blog/](http://www.filipspringer.com/blog/) (dostęp 2014.12.12).

**Krótką notką o autorze:** *Posiada tytuł licencjata gospodarki przestrzennej na Uniwersytecie Gdańskim. Jej obecne zainteresowania koncentrują się na zagadnieniach związanych z oświetleniem przestrzeni publicznej, iluminacjami i zanieczyszczeniem świetlnym. Oprócz tego pasjonuje się architekturą krajobrazu, kompozycją przestrzenną miast oraz ładem przestrzennym.*

## Upwelling na Morzu Bałtyckim – znaczenie i metody detekcji

**Aleksandra Cupiał**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii

E-mail: a.cupial@o2.pl

**Tutor: mgr inż. Agnieszka Wochna**

Centrum GIS

**Słowa kluczowe** – *Bałtyk, OBIA, SST, teledetekcja, upwelling*

### Wstęp

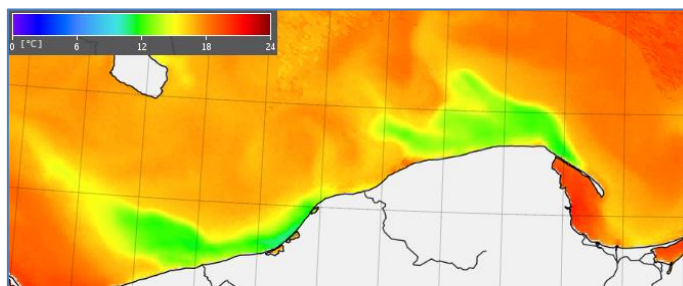
W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat zdjęcia i mapy satelitarne na stałe zagościły w nauce i monitoringu jako jedna z najbardziej podstawowych metod zbierania danych (Castilla i in., 2008). Dzięki nim w szybki, stosunkowo łatwy i tani sposób można zdobyć informacje z dużego obszaru o wielu parametrach środowiska. Ponadto, dzięki obrazowaniu satelitarnemu naukowcy uzyskali nową perspektywę, z której mogą patrzeć na zjawiska zachodzące na Ziemi (Kruczyński, 2006). Danymi zdobywanymi przez aparaturę obrazującą, umieszczoną na satelitach może być rozkład zachmurzenia, zawartość chlorofilu w wodach powierzchniowych, czy temperatura powierzchni morza (SST; z ang. Sea Surface Temperature) (Siegel i in., 1996). Ciągłe pozyskiwanie informacji na temat SST, służy do zrozumienia zmienności tego parametru, detekcji i analizy globalnych zmian klimatu. Ponadto pozwala na wizualizację wielu procesów, które mają miejsce w oceanie. Tymi procesami, związanymi z gradientem temperatury są: systemy prądów, wirów, fronty czy rejonu upwellingu, widoczne dzięki wspomnianym gradientom na mapach SST (Seelye, 2004).

### Upwelling na Bałtyku

Upwelling, o którym będzie mowa w niniejszej pracy, jest procesem powszechnie występującym w morzach i oceanach świata (Lehmann i in., 2008; Nieto i in., 2012). W wyniku działania siły wiatru następuje przemieszczenie wód powierzchniowych. Zgodnie z zasadą zachowania masy, na powierzchnię wynoszone są wody z większych głębokości (Leppäranta i in., 2009). Zwykle wody wynoszone na powierzchnię z głębszych rejonów oceanu mają inne wartości podstawowych parametrów: najczęściej są zimniejsze i bogatsze w składniki odżywcze (np. fosfor, krzem) (Kowalewski, 2005). Należy przy tym zaznaczyć, że, jeżeli upwelling zajdzie w rejonach polarnych lub zimą, na przykład przy krawędzi lodu, wody podpowierzchniowe będą miały wyższą temperaturę niż woda znajdująca się na powierzchni (A. Herman, komunikacja ustna).

Badania upwellingu na Bałtyku sięgają 1834 roku, kiedy Aleksander von Humboldt płynąc ze Szczecina do Kaliningradu i z powrotem, zarejestrował nagły spadek w temperaturze wód powierzchniowych o około 10°C, występujący niedaleko brzegu. Z powodu niedokładnego rozpoznania procesu badania nad nim były prowadzone bardzo przypadkowo – nie było bowiem wiadomo kiedy zjawisko wystąpi w danym regionie (Lehmann, 2008). Jedną z podstawowych prac

pokazujących rozkład stref upwellingu na Bałtyku jest artykuł z Bychkovej i Viktorova z 1987 roku. Autorzy korzystają z danych satelitarnych w widzialnej i podczerwonej części spektrum promieniowania elektromagnetycznego. Dzięki zastosowanej metodzie wyróżniają 22 stref występowania upwellingu w centralnej części Morza Bałtyckiego. Z owych 22 stref w okolicach Polski znajdują się trzy: strefa upwellingu Helskiego, Łebskiego i Kołobrzckiego. Widoczne są na Ryc.1 jako obszary zaznaczone na zielono o wyraźnie niższej temperaturze. Rozpływ wód z upwellingu Helskiego jest połączony z rozplywem wód upwellingu Łebskiego.



Ryc. 1. Rozkład temperatur wód przybrzeżnej części Morza Bałtyckiego [1]

Z badań wynika, że zwykle upwelling Kołobrzcki rozciąga się na obszarze rzędu 5000 km<sup>2</sup>, Łebski 4200 km<sup>2</sup>. Natomiast upwelling występujący koło półwyspu Helskiego osiąga rozmiary 1400 km<sup>2</sup> (Krężel i in., 2005). Forma upwellingu jaka występuje na Bałtyku to upwelling przybrzeżny. Gdy wiatr wieje równoległe do położonej po jego lewej stronie linii brzegowej, siły związane z rotacją Ziemi sprawiają, że wody powierzchniowe są odpychane od brzegu, a wspomniana zasada zachowania masy generuje wynoszenie wód na powierzchnię. Dzięki różnicy temperatur, sięgającej nawet 10°C, zjawisko to najłatwiej zaobserwować jest latem (Leppäranta, 2009). Sam proces, mimo że być może nie jest bardzo spektakularny, ma ważne i daleko idące konsekwencje. Można rozważać kilka jego aspektów: wpływ na mieszanie wód (Jankowski, 2002), transport masy i ciepła między wodą a atmosferą (Bychkova i in., 1987). Powoduje to zmianę lokalnych warunków atmosferycznych, a także pobudza produkcję pierwotną poprzez wynoszenie soli biogenicznych (Kowalewski i in., 2005).

### Wpływ upwellingu na otoczenie

Ponieważ wiejące nad Bałtykiem latem (czerwiec, lipiec, sierpień) wiatry są dużo słabsze niż zimą (Leppäranta, 2009), upwelling staje się jednym z ważniejszych procesów mieszających wody w tym czasie (Jankowski, 2002). Wody wynoszone przez upwelling organizują się w trzy typy struktur: centrum, gdzie proces jest najsilniejszy, strefę frontalną na jego brzegach i podłużne jęzory chłodniejszej wody tworzące tzw. filamenty (Gurova i in., 2013). Zatem wody głębinowe mogą być transportowane na większe odległości na powierzchni w postaci filamentów, czy też tworzących się z nich wirów. Dobrym przykładem takiego zjawiska może być sytuacja w Zatoce Fińskiej. Kahru (1995) podaje za prawdopodobne, że transport wód upwellingu przez filamenty, od wybrzeża Finlandii do Estonii jest bardziej dynamiczny niż stały prąd płynący w zatoce. Ze względu jednak na nieregularność procesu upwellingu i problemy ze stałym monitoringiem związane z częstą obecnością chmur nad obszarem powodują, że dokładne prędkości procesu i jego dynamika nie są znane. Jako, że upwelling jest procesem dynamicznym pojawiają się rozważania na temat jego możliwej roli w transporcie zanieczyszczeń, , głównie wycieków olejowych (Kahru i in., 1995).

Pojawienie się wód o innej temperaturze na powierzchni morza będzie miało wpływ na zmiany stabilności morskiej warstwy granicznej (ang. *Marine boundary layer*, MBL). Ochłodzenie powierzchni wody, poprzez wymianę ciepła (Bychkova i in., 1987) przekłada się na ochłodzenie powietrza w MBL. W wyniku tego procesu, warstwy powietrza o niższych temperaturach będą bliżej ziemi niż warstwy cieplejsze. W efekcie wzrośnie stabilność w dolnej warstwy troposfery. To z kolei powoduje mniejsze tarcie wiatru i mniejsze prędkości wiatru nad danym obszarem (Gurova i in., 2013). Niskie prędkości wiatru występujące nad Bałtykiem latem prawdopodobnie mogą być dodatkowo osłabiane wystąpieniem upwellingu.

Jednym z najszerzej rozpatrywanych oddziaływań upwellingu z otoczeniem jest jego wpływ na produkcję pierwotną i rozwój organizmów. Latem, gdy następuje szczytowy okres rozwoju wielu organizmów morskich, wody powierzchniowe często mogą być pozbawione wystarczającej ilości soli biogenicznych. Upwelling jest na tyle silnym prądem wznoszącym, że w wyniku jego działania, na powierzchnię wyniesione zostaną związki między innymi azotu, fosforu czy krzemu (Fonselius, 1994). Należy jednak zwrócić uwagę, że nie zawsze upwelling przekłada się na natychmiastowy wzrost produkcji pierwotnej (Kowalewski, 2005). Badania wykazały spadek produkcji pierwotnej w centrum upwellingu Helskiego. Potwierdza to analiza zdjęć z czujników optycznych (np. MODIS - *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) znajdujących się na satelitach. Dane pokazują, że koncentracje materii zawieszanej w wodzie są zredukowane w strefach rozplywu wód z upwellingu. Zaobserwowano jednak strefę wzmożonej produkcji pierwotnej, która była przesunięta w stosunku do centralnego obszaru zjawiska. Jej przesunięcie wynika najprawdopodobniej z faktu, że dla większości organizmów temperatura jaką ma woda w centrum upwellingu jest zbyt niska. W związku z tym dopiero gdy maksymalna koncentracja soli biogenicznych zostanie osiągnięta w rejonach, gdzie temperatura jest odpowiednia dla fitoplanktonu, na przykład na obrzeżach rozplywu upwellingu, produkcja pierwotna wzrośnie (Kowalewski, 2005).

Jak widać upwelling ma wiele różnorodnych skutków. Ponadto, ponieważ jest to jeden z procesów silnie związany z kierunkiem i prędkością wiatru, jak i z temperaturą morza, jego badanie i monitoring jest niezbędny. Celem będzie tu sprawdzenia możliwych powiązań z obserwowanymi zmianami klimatu (K. Bradtke, komunikacja ustna). Powstaje jednak pytanie jak to robić.

### **Satelitarne metody badania upwellingu**

Wraz z rozwojem technik satelitarnych rozwinęły się też metody badania upwellingu przybrzeżnego. Zdecydowana większość z nich bazuje na analizie temperatury wody w miejscu pojawiania się wód wynoszonych w trakcie trwania procesu (Krężel i in., 2005; Gurova i in., 2013). W czasie pionierskich badań oprócz danych o temperaturze wykorzystywano również zmiany w kolorze i jasności morza. Na zdjęciach satelitarnych bowiem wody wynoszone z głębin widoczne są jako spadek jasności wody, który mówi o wystąpieniu „czystych” wód (org. *clear, pure water*). Jeśli chodzi o kolor, zauważono, że w czasie zakwitów sinic, miejsca występowania upwellingu będą pozbawione zwiększonej ilości tych organizmów (Bychkova i in., 1987). Korzystając jedynie z obserwacji różnic temperatury na danych pochodzących z AVHRR (ang. *Advanced Very High Resolution Radiometer*) analizę upwellingu przeprowadził Jacek Urbański (Urbański, 1994). W innej pracy, również korzystającej z danych pochodzących z AVHRR, lecz nowszej generacji, za pomocą algorytmów podanych przez operatorów satelitów możliwe było przekształcenie danych pomiarowych w mapy rozkładu temperatur z dokładnością do 1°C (Krężel i in., 2005). W obu pracach wykorzystywane było promieniowanie podczerwone do wyznaczenia miejsc wystąpienia upwellingu, a wybór samych zdjęć był dokonywany ręcznie (Urbański, 1994; Krężel i in., 2005).

We wspomnianych badaniach z 2005 roku, zasięg rozplywających się wód był zdefiniowany przez analizę horyzontalnego gradientu temperatury, na transekcie od brzegu w kierunku morza.

Wartość progowa wyznaczająca granicę wód była różna w zależności od miejsca, które analizowano. Wynika to z faktu, że średni gradient temperatury jest inny w przypadku każdego z upwellingów przy polskim wybrzeżu (Krężel i in., 2005). Jednak nie tylko radiometry pasywne pomagają badać upwelling. Korzystając z danych radarowych, a także z modelu BSIOM (*Sea Ice-Ocean Model of the Baltic Sea*), jako środka wspomagającego, Gurova przeprowadziła analizę upwellingu wzdłuż wybrzeży Litwy i Łotwy (Gurova i in., 2013). Taka analiza była możliwa, ponieważ porównanie danych wskazało dużą korelację między danymi temperatury powierzchniowej wody, a wskaźnikami szorstkości powierzchni (ang. *roughness*). Wykorzystano istnienie trzech podstawowych mechanizmów, które pozwoliły wykryć upwelling na zdjęciach radarowych: (1) wzrost stabilności morskiej warstwy granicznej atmosfery (wynikający z ochłodzenia się przypowierzchniowych warstw powietrza, co przekłada się pośrednio na spadek prędkości wiatru, a zatem spadek szorstkości), (2) wzrost lepkości wód powierzchniowych, (3) obecność biologicznych surfaktantów w rejonie upwellingu, wpływających na wzrost gładkości powierzchni morza (Gurova i in., 2013). Powyższa metoda analizy upwellingu wymaga dużego zaangażowania od osoby która ją przeprowadza, na każdym niemal jej etapie. Czy jest to *preprocessing*, na który składa się między innymi wybór obszarów wolnych od chmur albo korekcja geometryczna, czy też sama analiza, polegająca z kolei m. in. na przeliczaniu danych w pikselach na wartości radiacji i tworzenie map temperatur. Oba te etapy niosą ze sobą możliwość popełnienia błędu. Ponadto w czasie wyboru zdjęć do późniejszej analizy parametrów statystycznych, dwie osoby mogą mieć inne zdanie na temat uwzględnienia danego zdjęcia (Shlova i in., 2013). Badania upwellingu z danych satelitarnych wykorzystują przede wszystkim analizę pikselową map temperatury (Krężel i in., 2005). Z jej pomocą wyznaczane są gradienty temperatur występujące w rejonie upwellingu, jego zasięg, czy częstość występowania. Jednak wybór zdjęć, na których prowadzone są dalsze analizy dokonywany jest ręcznie przez badaczy. Są to stosunkowo niedawne badania i według wiedzy autora, nie pojawiła się jeszcze metoda automatycznego wykrywania upwellingów Morza Bałtyckiego na zdjęciach satelitarnych. Jednym z problemów, na jakie można natrafić w czasie próby ich wykrywania jest fakt, że na zdjęciach mogą pojawić się inne obiekty, których wartości temperatury w pikselach będą porównywalne z tymi jakie będą w miejscach występowania upwellingu. Przykładem mogą być chmury czy wody przemieszczające się wraz z frontem termicznym (Bychkova i in., 1987). Sposobem rozwiązania takich problemów, a także drogą do opracowania narzędzia pozwalającego na monitoring upwellingu może być zastosowanie klasyfikacji obiektowej.

### **Klasyfikacja obiektowa**

OBIA – (*Object-Based Image Analysis*) czyli klasyfikacja obiektowa jest jedną z metod analizy zdjęć satelitarnych. Polega ona na dzieleniu obrazu na segmenty, a następnie przez porównywanie ich między sobą a także z otoczeniem, dokonywaniu klasyfikacji do wcześniej ustalonych grup. Jej główną różnicą w stosunku do innych metod analizy danych satelitarnych polega na tym, że jako podstawową swoją jednostkę analizy bierze nie piksele, z których składa się obraz rastrowy, ale wyróżnione wcześniej segmenty (Castilla i in., 2008). Ponadto gama charakterystyk, którymi można opisać segmenty jest olbrzymia (Definiens, 2012). Rozwój tej metody związany jest przede wszystkim z udoskonalaniem czujników zbierających dane satelitarne. W przeszłości rozdzielczość zdjęć satelitarnych było dużo mniejsza niż obecnie. Przekłada się to na fakt, że wielkość obiektu widzianego na zdjęciu jest dużo większa niż wielkość piksela. W związku z czym w analizie zdjęcia piksel po pikselu łatwo można zgubić wzorce widoczne jedynie przy szerszym spojrzeniu. Obiekty, w które zorganizowane są piksele w czasie klasyfikacji obiektowej charakteryzują się tym, że jak najdokładniej odzwierciedlają jakiś obiekt istniejący w rzeczywistości. Następnie obiekty te poddaje się dalszej analizie. Jednak analiza pikselowa nie pozostała zapomniana przez twórców



OBIA. W rzeczywistości wykorzystuje ona wiele rozwiązań wcześniej wymyślonych, poddając je jedynie pewnym modyfikacjom (Castilla i in., 2008).

## Podsumowanie

Niektóre z procesów zachodzących w obrębie środowiska morskiego i atmosfery przyjmują podobne wartości na zdjęciach satelitarnych. Często jednak ich wymiary i kształty są na tyle charakterystyczne, że można wykorzystać je w czasie analizy. Ponadto pozostają one w szczególnym stosunku do siebie, do brzegu i innych obiektów, jakie mogą zlokalizować czujniki optyczne znajdujące się na satelitach (Urbański, 2009). Jednym z takich zjawisk będzie upwelling przybrzeżny. Zaczęto już wykorzystywać klasyfikację obiektową do badań nad tym procesem, jednak na razie skupiono się na prostej analizie filamentów pochodzących z wód wyniesionych przez proces (Urbański, 2009). Ponieważ wiele lat badań pozwoliło na dokładny opis różnych parametrów upwellingów, takich jak ich średnie długości, szerokości czy gradienty temperatur (Krężel i in., 2005; Gurova i in., 2013) wydaje się, że naukowcy posiadają wiele informacji, które można wykorzystać w analizie obiektowej upwellingu. Analiza obiektowa, dążąca do stworzenia metody wykrywania obiektów w sposób zbliżony do pracy oka człowieka i bazująca na właściwościach wewnętrznych i zewnętrznych obiektów (Konik, 2014) wydaje się zatem idealnym narzędziem do dalszej analizy zjawiska i monitorowania jego wrażliwości na zmiany klimatu.

## Literatura

- Bychkova I. A., Viktorov S. V., 1987. Use of satellite data for identification and classification of upwelling in the Baltic Sea. *Oceanology*, 27(2).
- Castilla G., Hay G.J., 2008. *Image objects and geographic objects*, [w]: *Object-based Image Analysis*, Springer, Berlin.
- Definiens AG, 2012. *Developer XD 2.0.4. Reference Book*. Definiens Documentation, Monachium
- Fonselius S., 1994. The upwelling of nutrients in the central Skagerrak. *Deep-Sea Research II*, 43(1), 57-71.
- Gurova E., Lehmann A., Ivanov A., 2013. Upwelling dynamics in the Baltic Sea studied by a combined SAR/infrared satellite data and circulation model analysis. *Oceanologia*, 55(3), 687-707.
- Jankowski A., 2002. Variability of coastal water hydrodynamics in the southern Baltic – hindcast modelling of an upwelling event along the Polish coast. *Oceanologia*, 44(4), 395-418.
- Kahru M., Hakansson B., Rud O., 1995. Distributions of sea-surface temperature fronts in the Baltic Sea as derived from satellite imagery. *Continental Shelf Research*, 15(6), 663-679.
- Konik M., 2014. *Charakterystyka cech rozlewów olejowych identyfikowanych w Morzu Bałtyckim za pomocą czujnika ASAR*, praca magisterska. Uniwersytet Gdański.
- Kowalewski M., 2005. The influence of Hel upwelling (Baltic Sea) on nutrient concentrations and primary production – the results of ecohydrodynamic model. *Oceanologia*, 47(4), 567-590.
- Krężel A., Ostrowski M., Szymelfenig M., 2005. Sea surface distribution during upwelling along the Polish Baltic coast. *Oceanologia* 47(4), 415-432.
- Kruczyński, Z., 2006. *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Lehmann A., Myrberg K., 2008. Upwelling in the Baltic Sea. *Journal of Marine Systems*, 74, S3-S12.
- Leppäranta M., Myrberg K.(red.), 2009. *Physical oceanography of the Baltic Sea*, Germany: Springer.
- Nieto K., Demarcq H., McClatchie S., 2012. Mesoscale frontal structures in the Canary Upwelling System: New front and filament detection algorithms applied to spatial and temporal patterns. *Remote Sensing of the Environment*, 123, 339-346.
- Seelye, M., 2004. *An Introduction to Ocean Remote Sensing*. Cambridge: Cambridge Univeristy Press.

Siegel H., Gerth M., Schmidt T., 1996. Water exchange in the Pomeranian Bight investigated by satellite data and shipborne measurements. *Continental Shelf Research*, 16(14), 1793-1817.

Urbański J., 1994. *Upwellingi polskiego wybrzeża Bałtyku*, Uniwersytet Gdański.

### **Źródła internetowe**

[1] <http://satbałtyk.iopan.gda.pl/> (dostęp 28.04.2016)

**Krótką notką o autorze:** *Studentka oceanografii ze specjalizacją fizyka morza (II rok studiów magisterskich). Aktualnie prowadzi badania nad możliwościami wykorzystania klasyfikacji obiektowej do poprawy jakości danych satelitarnych mówiących o zachmurzeniu nad Bałtykiem. Pozwoli to poprawić stan wiedzy o błędzie jakim jest obarczona maska chmur nakładana na mapy temperatury powierzchni morza i ułatwi wykrywanie frontów, upwellingu czy rozplływów rzecznych.*

## Rola portów i stoczni w zanieczyszczaniu środowiska naturalnego w regionie południowego Bałtyku

**Julia Gaffke, Anita Lewandowska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail do korespondencji: a.lewandowska@ug.edu.pl

**Tutor: prof. UG dr hab. Anita Lewandowska**

Instytut Oceanografii, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego

**Słowa kluczowe** – *przemysł portowo- stoczniowy, zanieczyszczenie środowiska, region południowego Bałtyku*

Gwałtowny wzrost liczby ludzi na świecie od początku epoki industrialnej i coraz bardziej konsumpcyjny tryb ich życia, przyczyniły się do wzrostu zanieczyszczania środowiska naturalnego. Wraz z postępowaniem technologicznym, a także rozwojem przemysłowym i naukowym słowo „zanieczyszczenie” zaczęło mieć coraz większą wartość dla mieszkańców Ziemi.

Na przestrzeni ostatnich pięciu wieków Aglomeracja Trójmiejska, obejmująca Gdynię, Gdańsk i Sopot, stała się jedną z największych i najważniejszych w Polsce. Zamieszkuje ją łącznie ponad milion mieszkańców [1]. Rejon południowego Bałtyku charakteryzuje się dużą aktywnością w sektorze portowo–stoczniowym. Pierwsza stocznia w Gdańsku powstała pod koniec XIX wieku, a główny ośrodek portowo-stoczniowy Gdyni został powołany do życia w pierwszej połowie XX wieku (Sołtysik, 1993; Bouzarovski, 2015). Obecnie swoją działalność w Trójmieście prowadzą dwa porty z licznymi terminalami kontenerowymi, siedem przedsiębiorstw stoczniowych oraz wiele spółek je obsługujących [1]. W samym Gdańsku znajdują się trzy spółki stoczniowe oraz liczne zakłady z nimi współpracujące (m.in. spalarnie odpadów przemysłowych). Przedsiębiorstwa te wykonują prace remontowe, konserwacyjne i produkcyjne. Produkcyjno – remontowy charakter aktywności portów i stoczni wpływa na jakość środowiska naturalnego (Nagórka-Kmieciak, 2011). Ze względu na gabarytową wielkość jednostek pływających, takie czynności jak piaskowanie, malowanie czy lakierowanie odbywają się na wolnym powietrzu. Skutkuje to przedostawaniem się do niego wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń (McLean, 2001). Także inne elementy środowiska, takie jak woda czy gleba, narażone są na zanieczyszczenie mające swoje źródło w portach i stoczniach. Głównymi drogami przedostawania się związków zanieczyszczających, w tym również toksycznych, do wód i gleb są kanały portowe i stoczniowe. Z kolei powietrze atmosferyczne narażone jest zwłaszcza w bezpośrednim sąsiedztwie stoczni i portów w konsekwencji emisji zanieczyszczeń, wynikającej z codziennych prac w nich wykonywanych, jak również z transportu i przeładunku.

Głównym zagrożeniem dla jakości powietrza, wynikającym z aktywności antropogenicznej w portach i stocznich jest pył zawieszony (ang. *particulate matter* – *PM*), który klasyfikowany jest w różnych wielkościach aerodynamicznych. Najczęściej mówi się o cząstkach o średnicy do 10  $\mu\text{m}$ , do 2,5  $\mu\text{m}$  i do 1  $\mu\text{m}$ . Są one przenoszone na duże odległości, a wraz z nimi zaadsorbowane na ich powierzchni związki chemiczne. Często w ich składzie obecne są substancje niebezpieczne dla zdrowia ludzi, innych organizmów żywych i ogólnie dla środowiska naturalnego. Przemysł

stoczniowy i spółki z nim związane wprowadzają do atmosfery szereg metali ciężkich, np.: ołów, arsen, kadm, nikiel oraz inne substancje, m.in. wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) czy dioksyne (Konwencja Sztokholmska, 2001). Te ostatnie należą do grupy Trwałych Zanieczyszczeń Organicznych (TZO), których lista określona została Konwencją Sztokholmską. TZO są niebezpieczne, gdyż w środowisku nie ulegają rozkładowi, ale gromadzą się w tkankach żywych. Z tego względu Konwencja Sztokholmska zakazuje ich produkcji i użytkowania (Konwencja Sztokholmska z 2001). Poza wymienionymi powyżej, w zakładach stoczniowych w procesach malowania i lakierowania, do atmosfery emitowane są również rozpuszczalniki organiczne, takie jak ksylen i toluen (OECD, 2010).

Powietrze atmosferyczne w rejonie Trójmiasta jest silnie podatne na degradację. O stopniu jego zanieczyszczenia decyduje obecność różnych substancji, których stężenie jest wyższe w stosunku do warunków naturalnych lub takich związków, które dostały się do atmosfery w wyniku działalności człowieka (Program Ochrony Powietrza dla Strefy Aglomeracji Trójmiejskiej z 2013). Na stan jakości powietrza w rejonie Aglomeracji Trójmiejskiej wpływ mają także ukształtowanie terenu i usytuowanie w strefie brzegowej Morza Bałtyckiego. Część zanieczyszczeń, np. rtęć, ulega reakcjom z halogenkami i może przechodzić z niereaktywnych form gazowych w reaktywne związki obecne w aerozolu. Dodatkowo, znaczącą rolę odgrywa duża wilgotność powietrza, charakterystyczna dla atmosfery nadmorskiej (Pyta, 2014).

Ludzie żyjący w Trójmieście coraz częściej są narażeni na zwiększoną zachorowalność na przewlekłe choroby układu oddechowego, krwionośnego i nowotwory. Jest to cena, jaką płaci się za bardzo dobre warunki ekonomiczno - społeczne w naszym regionie oraz prężny rozwój przemysłu i transportu w ostatnim dwudziestolecu. Aby kontrolować stan jakości atmosfery w Trójmieście w roku 1993 założona została przez Gminy Gdańsk, Gdynię, Sopot i Tczew oraz spółkę Niderpol Fundacja Agencja Monitoringu Regionalnego Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej (ARMAAG), będąca regionalną siecią monitoringu. Monitoring powietrza atmosferycznego w niej prowadzony obejmuje bezpośrednie pomiary powietrza w różnych punktach, wybranych jako reprezentatywne dla jakości powietrza Aglomeracji Trójmiejskiej, albo jako tzw. "gorące miejsca" wyjątkowo wysokich stężeń substancji zanieczyszczających [2] wieloletnie już obserwacje prowadzone przez ARMAAG pozwoliły ustalić główne źródła zanieczyszczeń i wskazać, jakie substancje obecne w powietrzu stanowią największe zagrożenie w regionie. Na ich podstawie wiadomo, że wysokimi stężeniami pyłu PM10 i benzo(a)piranu uznawanego za wskaźnik grupy WWA, charakteryzują się obszar Nowego Portu i dzielnica Gdańsk Stogi. Są to miejsca ściśle powiązane z działalnością stoczniową, portową, przemysłem uzupełniającym oraz aktywnym szlakiem komunikacyjnym Trójmiasta [2].

W Trójmieście, poza atmosferą, również wody Zatoki Gdańskiej narażone są na zwiększony dopływ zanieczyszczeń. Obok bezpośrednio wprowadzanych z rzekami czy spływami powierzchniowymi z lądu, zanieczyszczenia dostarczane są do morza z mokrą i suchą depozycją atmosferyczną. Powoduje ona między innymi wymywanie z atmosfery pyłów powstających na terenach portów i stoczni w procesach produkcyjnych, przeładunkowych oraz transportowych (OECD, 2010). Za przenikanie zanieczyszczeń do wód portowych najbardziej odpowiedzialny jest człowiek. Do kanałów portowych niebezpieczne substancje przedostają się w konsekwencji niepoprawnego przeładunku, kolizji, uszkodzenia zbiorników paliwowych statków lub kontenerów transportowych, jak również nielegalnych lub awaryjnych zrzutów ścieków (Urząd Morski Gdynia, 2011). Do grupy związków szczególnie niepożądanych i niebezpiecznych zaliczane są m.in. substancje palne, metanol, aceton, oleje napędowe, gazy płynne, kwas chlorooctowy i wiele innych. Mimo takiej różnorodności zanieczyszczeń badania prowadzone przez Zarząd Portu Gdynia pozwoliły stwierdzić, że wody portowe nie są zanieczyszczone. W analizie uwzględniono m.in. zawartość ołowiu, cynku, kadmu i substancji ropopochodnych [3]. Zatem można stwierdzić, że w rejonie Trójmiasta sektor portowo –

stoczniowy w większym stopniu stwarza zagrożenie dla atmosfery niż wód portowych Zatoki Gdańskiej.

Trzecim istotnym elementem środowiska zanieczyszczanym w wyniku działalności sektora portowo-stoczniowego jest gleba na lądzie i osady dennie w morzu. Podobnie jak woda i powietrze, także gleba na terenach portowych, narażona jest na zanieczyszczenie. Substancje ropopochodne, smary, farby czy oleje przedostają się do gleby na dwa sposoby. Bezpośrednio, np. poprzez zanieczyszczenie olejem mineralnym przy stanowisku nalewczym cystern kolejowych lub pośrednio, w wyniku wymywania przez opady. Do osadów dennych przedostaje się m.in. ścierniwo powstające w wyniku prac piaskarskich. Jest ono podstawowym powodem kumulacji metali ciężkich w osadach. Dużym zagrożeniem dla środowiska naturalnego, związanym z zanieczyszczeniem osadów portowych jest także wykonywanie prac czerpalnych i podczyszczeniowych basenów portowych. W rejonie basenów i kłapowisk, w których odkładany jest materiał czerpalny prowadzony jest monitoring. Ma on na celu kontrolowanie stężenia toksycznych substancji w nich odkładanych. Analizy poziomu stężenia metali, analityków z grupy WWA oraz kongenerów PCB, nie stwierdziły w żadnej z badanych próbek osadów (pobranych zarówno na terenie kłapowiska jak i wokół tego terenu), przekroczeń dopuszczalnych wartości stężeń [3].

Wszystkie elementy środowiska są ze sobą współzależne i wzajemnie na siebie oddziałują. Opisane powyżej substancje zanieczyszczające wodę, powietrze czy osady/glebę, w wysokich stężeniach wpływają negatywnie na wszelkie organizmy żywe. Jednym z groźniejszych jest dla nich pył zawieszony obecny w powietrzu atmosferycznym. Może on przenosić zanieczyszczenia poprzez układ oddechowy do organizmu człowieka. Cząstki o średnicy mniejszej niż 10  $\mu\text{m}$  działają toksycznie na górne drogi oddechowe. Te o średnicy poniżej 2,5  $\mu\text{m}$  przedostają się do tchawicy i oskrzeli. Najgroźniejsze są cząstki o najmniejszych rozmiarach, poniżej 1  $\mu\text{m}$  średnicy, które przedostają się do płuc i krwioobiegu. Dorosły człowiek wdycha dziennie około 12,3  $\text{m}^3$  (tj. 16 kg) powietrza, będącego mieszaniną gazów, drobin cieczy i ciał stałych (Mahajan, 2006). Tak więc każdy składnik wdychanej mieszaniny wpływa na funkcjonowanie organizmu ludzkiego, nawet ten występujący w niewielkich stężeniach.

Przemysł portowo-stoczniowy Aglomeracji Trójmiejskiej jest jednym z prężnie rozwijających się w regionie południowego Bałtyku (Bierut, 2011). Jest także odpowiedzialny za istotną część zanieczyszczania środowiska naturalnego regionu. Jednak na jego kondycję wpływ ma wiele nakładających się czynników. Są to działające w regionie różnicowane zakłady produkcyjne, ukształtowanie terenu, warunki środowiskowe i wiele innych. Zarządy wszystkich spółek stoczniowych i portowych wprowadzają możliwie najlepsze zabezpieczenia swych działalności, aby ograniczać emisje szkodliwych substancji do środowiska i ich wpływ na zdrowie ludzi i zwierząt. Dodatkowo prowadzone są badania w ramach monitoringu środowiska oraz respektowane międzynarodowe i państwowe akty prawne, za których nieprzestrzeganie nakładane są restrykcyjne kary. Miejmy nadzieję, że w przyszłości takie podejście do problemu zanieczyszczenia środowiska przełoży się pozytywnie na poprawę jego jakości.

## Literatura

- Bierut I. i.in., 2011. *Raport o stanie miasta 2010*. Wydział Polityki Gospodarczej Urzędu Miasta Gdańska.
- Bouzarovski S., 2015. *Retrofitting the City: Residential Flexibility, Resilience and the Built Environment*, I.B. Tauris, 288.
- Fundacja Agencja Monitoringu Regionalnego Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej (ARMAAG), [www.armaag.gda.pl](http://www.armaag.gda.pl), data dostępu: 10.11.2015.

- Krajowy Plan Wdrażania Konwencji Sztokholmskiej w sprawie trwałych zanieczyszczeń organicznych*, Warszawa, 2012, [www.mos.gov.pl](http://www.mos.gov.pl), data dostępu: 10.11.2015.
- Mahajan S i.in., 2006. *Air Pollution control*. Commonwealth of Learning, 43, 589-601.
- McLean Ch. i.in., 2001. *Simulation in shipyards: simulation of shipbuilding operations*, IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 870-876.
- Nagórka-Kmieciak D., 2011. *Raport o stanie środowiska w mieście Gdańsku w 2010 roku*, Wydział Środowiska Urzędu Miejskiego w Gdańsku.
- Environmental and climate change issues in the shipbuilding industry*, 2010. [www.oecd.org](http://www.oecd.org), data dostępu: 10.11.2015.
- Pyta H., Rogula W., 2014. *Size distribution of particulate mercury by the roads and in the urban background conditions – preliminary study*, Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences, 63, 14-25.
- Sołtysik M., 1993. *Gdynia, miasto dwudziestolecia międzywojennego*. Urbanistyka i Architektura, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 427.
- Plan zwalczania zagrożeń i zanieczyszczeń portowych dla Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A., 2011.. Nr 8201/05/11, Urząd Morski w Gdyni.
- Załącznik nr 1 do Uchwały Nr 754/XXXV/13 Sejmiku Województwa Pomorskiego dnia 25 listopada 2013 roku, Program ochrony powietrza dla strefy aglomeracji trójmiejskiej, w której został przekroczony poziom dopuszczalny pyłu zawieszonego PM10 oraz poziom docelowy benzo(a)piranu*, 2013. Gdańsk.
- Zarząd Morskiego Portu Gdynia S.A.*, [www.port.gdynia.pl](http://www.port.gdynia.pl), data dostępu: 10.11.2015.

## **Źródła internetowe**

- [1] <http://www.infoeko.pomorskie.pl/>
- [2] <http://www.armaag.gda.pl/>
- [3] <http://www.port.gdynia.pl/pl/>

**Krótką notką o autorze:** *Studentka pierwszego roku studiów magisterskich na kierunku oceanografia. Swoją pracę dyplomową realizuje w Zakładzie Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego w tematyce oczyszczania ścieków i wpływu tych procesów na środowisko naturalne. Dodatkowo interesuje się tematami związanymi z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego oraz metodami jego ochrony.*

## O krajobrazie sakralnym

**Alina Grędzicka**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: alina0401gredzicka@gmail.com

**Tutor: dr Lucyna Przybylska**

Instytut Geografii, Katedra Gospodarki Przestrzennej

**Słowa kluczowe** – krajobraz, przestrzeń, sacrum

W celu ukierunkowania swoich rozmyślań o krajobrazie sakralnym, zacznę od określenia pojęcia krajobrazu. Czym on właściwie jest? Bardzo trudno jednoznacznie go opisać, bowiem istnieje wiele jego definicji. Dla mnie krajobraz jest „zdjęciem tego wszystkiego, co nas otacza”. Dzięki niemu mogę scharakteryzować daną przestrzeń, wyodrębnić określone struktury oraz wyznaczyć elementy szczególne. W niniejszej pracy postaram się opisać krajobraz sakralny na podstawie artykułów Urszuli Myga-Piątek „Krajobraz sakralny a turystyka – studium przypadku Masywu Synaj” oraz Grażyny Holly „Kapliczki i krzyże przydrożne w Bieszczadach Wysokich”.

Na początku skupię się na przykładzie Masywu Synaj, który bardzo jednoznacznie określa, czym jest krajobraz sakralny i odpowiada na pytania: kto?, co? i gdzie? tworzy scenografię dla tego rodzaju „zdjęcia”. Kreatorem miejsca są ludzie oraz bardzo unikatowe środowisko przyrodnicze. Można przyznać, że panujące tam warunki naturalne błyskawicznie kierują przybysza na drogę kontemplacji, rozbudowanych przemyśleń nad sensem istnienia oraz dialogu z „wymiarom pozaziemskim”. Panujący tam klimat, nie mała wysokość nad poziomem morza wpływają na nieustanne pobudzanie percepcji odbiorcy. Odwiedzający to miejsce chcą się rozkoszować otaczającym pięknem. Z tego względu na przestrzeni kilku tysięcy lat miejsce to otrzymało markę „sacrum”, jak dla mnie nawet pierwszego stopnia, używając terminologii Mikołaja Madurowicza (2002). Ludzie wyznający różne religie (chrześcijaństwo, islam) byli w stanie dostosować swoje przekonania do szczególnego otoczenia jakim jest środowisko Masywu Synaj.

Krajobraz sakralny przeżywał i nadal przeżywa ewolucję. Jego pierwsze etapy można uznać za „ujarzmianie natury”, w celu dostosowania przyrody do wierzeń. Nie chodzi tutaj o materialne zabudowywanie miejsca, tylko o stopniowe odszukiwanie symboli ukrytych w środowisku zgodnie z przyjętym kanonem kulturowym. Obecnie krajobraz sakralny Masywu Synaj jedna się z szeroko pojętą marką „turystyka”. Postępujące uturystycznienie Synaju potwierdza głęboki charakter tego obszaru i jego recepcję w społeczeństwie, ale przy tym sprawia, że owa przestrzeń zaczyna przeżywać stopniową destrukcję. Błysk, pochodzący z używanych aparatów, profanuje elementy święte. Wyższość atrybutów tej przestrzeni zaczyna tracić na wartości. Czy zatem postawione przez Urszulę Mygę-Piątek pytanie odnośnie stopniowego ograniczania liczby osób zwiedzających powinno otrzymać odpowiedź pozytywną? Uważam, że jeżeli „zjawisko tłumu” z roku na rok będzie się powiększać, opiekujący się tą przestrzenią powinni podjąć wszelkie środki zaradcze, aby unikatowość tego miejsca nie poszła w niepamięć.

Z kolei artykuł Grażyny Holly ukazuje krajobraz sakralny jako bardzo dobre źródło poznania społeczności lokalnej. Mnogość kapliczek i krzyży przydrożnych Bieszczadów Wysokich świadczy o głębokiej pobożności i religijności jego mieszkańców. Na przestrzeni lat stały się one „żywą kroniką” dla tego miejsca. To dzięki nim jesteśmy w stanie odczytywać zamierzone ważne wydarzenia religijne i społeczne. Krajobraz sakralny, jako „zdjęcie”, pozwala odkrywać charakter kształtowania się danej przestrzeni. W Bieszczadach Wysokich zauważamy przenikanie się tradycji bizantyjskiej i łacińskiej. Współistnienie tych dwóch obrządków stworzyło zupełnie inny wymiar owych obiektów małej architektury np. wizerunek Chrystusa ukazany na krzyżach charakteryzuje się układem dłoni typowym dla tradycji wschodniej, natomiast ułożenie stóp – dla tradycji łacińskiej.

Każdy krajobraz, nie tylko sakralny, ma w sobie piękno. Piękno jest bogactwem niematerialnym, które zawsze powinniśmy brać w opiekę, aby dać późniejszym pokoleniom możliwość poznawania i odszyfrowywania tego, co nas otacza.

## Literatura

- Myga-Piątek U., 2008. Krajobraz sakralny a turystyka – studium przypadku Masywu Synaj. *Peregrinus Cracoviensis*, 19, 35-45.
- Holly G., 2008. Kapliczki i krzyże przydrożne w Bieszczadach Wysokich, 2008. *Peregrinus Cracoviensis*, 19, 145-161.
- Madurowicz M., 2002. *Sfera sacrum w przestrzeni miejskiej Warszawy*, Wydawnictwo Akademickie Dialog.

**Krótką notką o autorze:** *Studentka I roku MSU gospodarki przestrzennej na Uniwersytecie Gdańskim, która obecnie pracuje jako animator w Centrum Hewelianum. Ponadto czynnie działa w Studenckim Kole Naukowym Gospodarki Przestrzennej m.in. przy pracy nad warsztatami dla dzieci i młodzieży z działu architektura oraz organizacji pozarządowej Instytut Metropolitarny. Interesują ją tematy związane z: kreowaniem przestrzeni publicznych, procesem partycypacji społecznej w planowaniu przestrzennym oraz rolą ukrytego programu w przestrzeni edukacyjnej. W przyszłości pragnie zgłębiać swoją wiedzę w kwestii m.in. planowania przestrzennego oraz dydaktyki pedagogicznej.*



## Życ pełnią życia

**Michał Jankowski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: micjan@protonmail.com

**Tutor: prof. UG dr hab. Joanna Fac-Beneda**  
Instytut Geografii, Katedra Hydrologii

**Słowa kluczowe** – *pasja, przygoda, spełnienie, żywioł*

Niewątpliwie „Odkryj swój żywioł” Robinsona (2015) jest najbardziej pozytywną książką, jaką dane było mi przeczytać. Lektura niesamowicie pochlania, daje do myślenia i przede wszystkim daje motywację do działania. Narrator na każdym kroku przekonuje czytelnika, że szczęście jest w zasięgu ręki każdej jednostki stąpającej po Ziemi. Myślę, że to doskonała pozycja dla osób szukających swojego miejsca na Ziemi, celu życia, czy pragnących odnaleźć swój żywioł.

Dzieło Robinsona daje mi wiele nowych spojrzeń na świat. Jestem młodą osobą, a w książce nie brakuje licznych opisów, jak zwykli zjadacze chleba osiągnęli szczyty swoich możliwości, dokonali głębokich przemian w swoich życiach. Pierwszy rozdział nazwany wdzięcznie *Odkryj swój żywioł* raczej został skierowany do osób cierpiących na brak pasji życiowej, której mogliby się oddać. Osobiście posiadam swój Żywioł. Jakby go nie definiować, dla mnie jest to po prostu coś, co sprawia że czuję że żyję, jestem spełniony, szczęśliwy, śmiało kroczę dalej i jestem otwarty na kolejne wyzwania. Kiedy są takie chwile w moim życiu? Gdy staram się odpowiedzieć na to pytanie, przypominam sobie wiele wypadów w nieznaną, które sprawiały że mogłem poznawać nowe miejsca, poczuć ich klimat oraz zapomnieć o smutnym mieście, w którym dane jest mi spędzać większą część roku. Za nic w świecie nie przeżyję w nim takich emocji, jak wtedy gdy wspinam się na szczyt góry i nie wiem czy zdążę odnaleźć drogę powrotną przed zapadnięciem zmroku. Miasto nie da mi pięknego krajobrazu pobudzającego zmysły i ruch krwi w żyłach. Człowiek często zapomina o jedności z naturą, o bezwarunkowym sprzężeniu z nią. Gdy próbuje się od niej odciąć grozi mu także odcięcie od szczęścia. Przypomina mi się jedna z wielu motywujących książek autorstwa Beara Gryllsa [1], która głosi że człowiek odcinając się od matki natury, barykadując się w miastach na zawsze utracił szczęście. Czy istnieje jeszcze jakiś inny żywioł w moim życiu (autor nie wyklucza istnienia kilku żywiołów w życiu pojedynczego człowieka)? Myślę, że czymś takim są sytuacje, którym towarzyszy uwolnienie adrenaliny. To ona motywuje do działania, nie pozwala na osiadanie w rutynie, pogrążaniu się w myślach o bezsensie wszystkiego, co istnieje. Wielu sytuacjom w życiu towarzyszy uwolnienie tego hormonu. Może to być kąpiel w morzu po zmroku i oczekiwanie na pożarcie przez groźne potwory morskie. Może to być szybka jazda konna galopem. W lekturze moją uwagę przyciąga wątek poświęcony edukacji. Po jego przeczytaniu nasuwa się mi się myśl, że osoby kończące powszechny system edukacji są niejako kalekami. Uświadamiam sobie, jak wiele szkół nie jest w stanie nauczyć swoich podopiecznych: życia z innymi, związków i ogólnie funkcjonowania w społeczeństwie. To by tłumaczyło wzrost zachowań destruktywnych wśród młodego pokolenia, poczucie braku własnej wartości, niemożność odnalezienia własnego miejsca we wszechświecie. To

smutne i trudne do pogodzenia, że szkoła która niejako stanowi drugi dom dla wielu dojrzewających osób nie jest w stanie o nich zadbać i wychować na wartościowych ludzi. Inny wątek z książki, bardziej pozytywny, to historia jednego z moich ulubionych kucharzy, Jamiego Olivera [2]. Pomimo, że o niego szkoła należycie nie zadbała i nie był uczniem piątkowym to stał się szanowanym kucharzem na całym świecie, którego wyróżnia doceniany altruizm: umożliwienie osobom bezdomnym i bezrobotnym zasięgnięcia w życiu czegoś nowego, zdobycia pracy i doświadczenia w byciu kucharzem!

Mógłbym wymieniać wiele fragmentów książki, które w pewien sposób do mnie przemawiają, ale chciałbym zaznaczyć że ostatni rozdział jest chyba najważniejszym ze wszystkich. Został nazwany *Życie pełne pasji i sensu*. Czytałem go właściwie ku przestrodze. Bardzo chciałbym pod koniec życia powiedzieć, że niczego w życiu nie żałuję. Jest to zarazem chyba najsmutniejszy rozdział książki, gdyż pokazuje że śmierć jest nieuchronna i bardzo łatwo o żal, że się czegoś w życiu nie zdążyło dokonać. Zarazem jest to motywacja do działania, porzucenia barier psychicznych i zmiany nastawienia do niektórych niebezpiecznych dla własnego szczęścia postaw życiowych.

Po przeczytaniu książki od deski do deski uważam, że *Odkryj swój żywioł* Kena Robinsona jest doskonałą pozycją, dla osób cierpiących na chroniczne poczucie braku sensu egzystencji, ale także dla osób pragnących się utwierdzić w przekonaniu, że ich życia są jednak wyjątkowe i są z nich zadowoleni.

[1] *Edward Michael „Bear” Grylls* (ur. 1974 r.) – brytyjski podróżnik, alpinista, popularyzator sztuki przetrwania. Autor kilkunastu książek, przewodzi licznym wyprawom podróżniczym do najbardziej dzikich i nieprzyjaznych zakątków świata, otrzymał za swoje zasługi honorowy stopień komandora podporucznika Królewskiej Marynarki Wojennej oraz pułkownika elitarniej jednostki Royal Marines, ponadto jest najmłodszym w historii Naczelnym Skautem Wielkiej Brytanii (Bear Grylls. *Paliwo dla życia*, wyd. Pascal).

[2] *Jamie Trevor Oliver* (ur. 1975 r.) – brytyjski kucharz, autor programów i książek kulinarnych. Jako kucharz preferuje świeżą i ekologiczną żywność. W swojej ojczyźnie prowadzi krucjatę przeciw karmieniu dzieci fast foodami. Prowadzi restaurację "Fifteen" w Londynie (<https://pl.wikipedia.org>).

## Literatura

Robinson K., Aronica L., 2015. *Odkryj swój żywioł. Jak odkryć swoje talenty, odnaleźć pasję i zmienić swoje życie*, Wyd. Element, Kraków.

**Krótką notką o autorze:** *Student III roku geografii. Studia geograficzne, które pozwoliły mu na rozwijanie swoich zainteresowań związanych z przyrodą, wybrał bez wahania. Pracę dyplomową pisze z zakresu meteorologii i klimatologii. W wolnych chwilach aktywnie korzysta z życia jeżdżąc na rowerze oraz pływając. Jego hobby to podróżowanie. Lubi zdrową kuchnię, dobre książkę i muzykę.*

## Czy dzieci górników mają inne żołądki? Najważniejszy cel polskiej doktryny energetycznej

**Tomasz Makowski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: tomasz.adam.makowski@gmail.com

**Tutor: mgr Jan Frankowski**

Instytut Geografii, Katedra Geografii Ekonomicznej

**Słowa kluczowe** – *bezpieczeństwo energetyczne, dywersyfikacja, energetyka, interes narodowy*

### Wstęp

Planowanie przyszłości towarzyszy nam na co dzień. Bez przerwy tworzymy nowe koncepcje przeżycia kolejnych dni, miesięcy, lat. Plany te często ewoluują, są na bieżąco aktualizowane i dostosowywane do zmieniających się warunków. W tym procesie stałe i niezmiennie pozostają jedynie cele, jakie chcemy osiągnąć. Podobna zasada występuje w państwie, dlatego, tak jak w życiu osobistym każdego z nas, w życiu kraju potrzebujemy konkretnych planów. Podstawą ich stworzenia jest określenie celu i opracowanie doktryny, która pomoże go nam osiągnąć [6].

### Rozwinięcie

Rozpatrując charakterystykę polskiej energetyki nasuwa się zasadnicze pytanie: jaki jest główny cel polskiej doktryny energetycznej? Temat ten jest jednym z najważniejszych dla osób zajmujących się polskim systemem pozyskiwania oraz dystrybucji energii. Jest to zrozumiałe, zważywszy na fakt, iż po 1989 roku, od kiedy uwolniliśmy się od centralnego planowania nie mamy kooperacji między osobami decyzyjnymi w państwie, największymi odbiorcami energii, producentami surowców i innymi grupami, które mają lub mogłyby mieć interes w energetyce. Sytuacja ta doprowadziła do stagnacji w tym sektorze – poszczególne grupy interesów ograniczyły się bowiem jedynie do działań doraźnych.

Próbując zastanowić się nad najważniejszym celem energetyki w Polsce, obok specyfiki sektora musimy uwzględnić istnienie grup, które mają znaczący wpływ na kształtowanie polityki w kraju. Należałoby scharakteryzować, a potem zrównoważyć ich interesy, doprowadzić do konsensusu, wyłonić konkretny plan i zacząć go wdrażać z korzyścią dla wszystkich. Istotnie, jest to główny cel strategii energetycznej, wypracowanie interesu ponad podziałami interesu narodowego.

Rozpatrując sytuację poszczególnych grup wpływu w Polsce na pierwszy plan wysuwają się górnicy, a właściwie związki zawodowe reprezentujące branżę wydobywczą, obecnie będącą w zapaści finansowej. Chyba każdy z nas pamięta wielkie manifestacje pod siedzibą Prezesa Rady Ministrów w Warszawie, wycie syren, palenie opon. W mediach, co najmniej kilka razy w roku można usłyszeć ze strony górników groźbę strajku, zaś na początku 2015 roku mogliśmy obserwować protesty w kopalniach. Najczęstszą przyczyną protestów są planowane restrukturyzacje zakładów oraz związane z nimi zmiany uprzywilejowanej pozycji pracowników kopalń. Przez lata górnicy zdołali

wywalczyć m.in. wcześniejsze emerytury, przywileje socjalne czy dodatkowe pensje. W ostatnim czasie sytuacja społeczna na Śląsku stała się niespokojna z powodu realnego zagrożenia likwidacji części kopalń.

Węgiel jest największym polskim bogactwem surowcowym oraz najistotniejszym paliwem dla rodzimej energetyki. Z drugiej zaś strony polskie kopalnie ze względu na uwarunkowania geologiczne są trudne w eksploatacji, źle zarządzane, a rząd musi do wydobycia dopłacać. Dochodzi wręcz do kuriozum, w którym Polska posiadająca bogate tradycje górnicze, jak też największe złoża tego surowca w Europie sprowadza węgiel z innych części świata, głównie z Rosji, ale nawet z tak odległych kierunków jak Chile czy Australia. Okazuje się, że ów egzotyczny węgiel jest często tańszy, licząc zarówno koszty wydobycia, jak i transportu, niż nasz rodzimy, wydobywany na Śląsku. Sytuacja jest niebezpieczna zarówno dla budżetu spółek węglowych, skarbu państwa, jak i samej branży energetycznej. Impas ten jest niezwykle ciężko przełamać, głównie poprzez opór dobrze zorganizowanych związków zawodowych. Kolejne rządy próbują jednak polepszyć sytuację sektora wydobywczego. W ostatnim czasie pojawiła się koncepcja powołania Polskiej Grupy Górniczej (PGG). W kwietniu 2016 roku podpisano porozumienie w ramach Kompanii Węglowej, dające podstawy do powstania nowego konsorcjum mającego połączyć stronę społeczną, banki oraz inwestorów. Czas pokaże, czy to rozwiązanie wpłynie na polepszenie sytuacji polskich kopalni. Największym zagrożeniem dla nich jest jednak sytuacja na światowym rynku surowcowym, gdzie ceny węgla ciągle spadają. Taką też opinię wydał minister energii Krzysztof Tchórzewski [2].

Węgiel jest jedynym surowcem energetycznym, którego zasoby pozwalają nam na niezależność energetyczną. Fakt ten jest wystarczającym argumentem w dyskusji nad dotowaniem sektora wydobywczego. Przedsiębiorcy, a także zwykli podatnicy są często oburzeni interwencjami finansowymi Państwa w spółki węglowe, nie chcąc dotować ze swoich podatków nierentownych kopalń, podczas gdy ich działalności, częstokroć zatrudniające kilkaset osób nie wytrzymują konkurencji, a na żadną pomoc ze strony rządu nie mogą liczyć. Odpowiadając na pytanie zadane przez prezydenta Nowej Soli – Wadima Tyszkiewicza: „czy dzieci górników mają inne żołądki?”[5] moja odpowiedź brzmi nie, ale sektor, w którym pracują ich rodzice jest strategiczny dla funkcjonowania gospodarki. Bez dotowania kopalni nie otrzymamy węgla z własnych zasobów, z którego blisko w 80% produkowana jest energia elektryczna w Polsce.

Od tego punktu możemy wyjść do sprecyzowania najważniejszego celu polskiej doktryny energetycznej, którą powinna być niezależność energetyczna. Gospodarka oparta o zasoby własne oraz o zdyswersyfikowane źródła importu brakujących surowców jest sednem ogólnie pojętego interesu narodowego. Energetyka jest warunkiem koniecznym dla rozwoju gospodarczego, żaden podmiot nie może istnieć bez energii. Fabryki nie mogą produkować, obywatele przemieszczać się, szkoły, szpitale czy inne instytucje spełniać swoich zadań bez korzystania z elektryczności, pochodnych ropy naftowej lub spalania gazu ziemnego. Energetyka jest swoistym kręgosłupem państwa, które nie może poprawnie funkcjonować zdane na łaskę i niełaskę innych krajów. Dlatego ponad interesami innych grup najważniejsze jest to, aby polska energetyka w jak największym stopniu była oparta o rodzime zasoby.

Z tego miejsca bezpośrednio możemy przejść do analizy grupy osób decyzyjnych, kształtujących ład w państwie, czyli do polityków. Jest to jedna z grup, której najmniej ufają Polacy, ale jedyna mająca realny wpływ na działanie sektora energetycznego. Przedstawiciele społeczeństwa, wybierani w wyborach powszechnych z założenia powinni kierować się dobrem narodu, którego są częścią oraz kraju, w którym są gospodarzami. W ostatnich latach różnie to wyglądało, różne efekty przynosiły decyzje przez nich podejmowane. Od strategii zatwierdzanych przez polityków w dużej mierze zależy, czy w ciągu kilku lat zamkniemy kopalnie, wybudujemy pierwszą elektrownię jądrową,

podpiszemy korzystne dla nas umowy na dostawy surowców lub ratyfikujemy korzystne albo niekorzystne umowy międzynarodowe.

W sytuacji, w której politycy odzegnują się od odpowiedzialności za energetykę, siłą naprawczą może okazać się wówczas społeczeństwo i jego wpływ na władzę. Nikt inny jak właśnie obywatele zjednoczeni we wspólnej sprawie mogą wiele wywalczyć. Rozgoryczone społeczeństwo może wpłynąć na zmianę planów rządu, odsunąć go od władzy lub nawet zmienić ustrój w kraju. Przykładem takiej sytuacji może być Bułgaria, gdzie w 2013 roku po podwyżce cen prądu elektrycznego oburzony naród domagał się dymisji rządu. Protesty skończyły się sukcesem obywateli, a powołana przez nich władza odeszła od planów zwiększenia opłat. W społeczeństwie tkwi wielka siła, ale tak jak w przypadku Bułgarów musiał powstać konkretny problem, który dotknął wszystkich w znacznym stopniu. W Polsce ceny energii elektrycznej nie stanowią tak dużego odsetka w wydatkach poszczególnych budżetów domowych jak tam, dlatego nawet kilkuprocentowe podwyżki nie doprowadzą do rozruchów w państwie. Na pewno wpłynęłyby jednak na notowania partii rządzącej i wzrost niezadowolenia społecznego, potrzebny byłby jednak bardziej drastyczny spadek, aby zmienić władzę. Możliwe, że taka sytuacja nastąpi w momencie, gdy ceny energii zaczną rosnać przez wdrażanie postanowień paktu klimatycznego, który ma obowiązywać od 2020 roku. Zanim jednak do tego dojdzie politycy powinni zająć się pogodzeniem interesów tych największych i najbardziej wpływowych grup, jak też powstaniem ponadpartyjnego planu naprawczego dla energetyki. Strategia taka powinna wyprzedzać obecną sytuację i próbować przewidzieć przyszłość.

Obecny stan energetyki nie stwarza pozytywnych perspektyw. Mix energetyczny kraju jest ubogi, większość surowców importujemy z jednego kierunku, a stan linii przesyłowych budzi grozę. W ciągu najbliższych 10-15 lat czekają nas stopniowe zamknięcia wysłużonych bloków energetycznych. Pozostałe, jeszcze pracujące będą zbliżać się do kresu swego funkcjonowania. Powstają również utrudnienia wobec rozwoju odnawialnych źródeł energii. Budowa hydroelektrowni na Wiśle jest ciągle odraczana, a przy najszybciej rozwijającej się w Polsce gałęzi odnawialnych źródeł energii – energetyce wiatrowej pojawiły się ostatnio utrudnienia w postaci tzw. ustawy antywiatrakowej. Skutkiem jej wprowadzenia będzie wykluczenie możliwości budowy nowych farm, czy też pojedynczych wiatraków praktycznie na obszarze całego kraju [1].

Niespokojna sytuacja geopolityczna może w przyszłości stać się jeszcze większym zagrożeniem dla naszej niezależności zarówno gospodarczej, jak i politycznej. Rosja, jako nasz największy dostawca surowców, dba o to, abyśmy nie zdołali zdywersyfikować źródeł energii. Kraj ten był zawsze nieprzychylny koncepcji budowy gazoportu w Świnoujściu, powstaniu gazociągu Nabucco czy też inwestycji w gaz łupkowy. Można przypuszczać, że w tej dziedzinie niewiele się zmieni lub przewidywać wręcz perspektywę pogorszenia tej sytuacji. Uruchomienie wspomnianego gazoportu otworzyło nam możliwość importu skroplonego gazu z innych krajów, niestety technologia, dzięki której jest to możliwe jest droga i prawdopodobnie transport LNG z daleka będzie mało opłacalny. Wielki projekt połączenia Europy z systemem gazowym Turcji i Iranu przez niestabilną sytuację polityczną, jak i skuteczny lobbing Rosji można na razie uznać jako mało realny. Nie będzie temu sprzyjać również nierozwiązany problem tzw. Państwa Islamskiego na Bliskim Wschodzie.

Sytuacja międzynarodowa tylko pozornie nie jest związana ze strategią energetyczną kraju. Zawierania w jednym regionie świata mogą zniweczyć dotychczas powstałe plany. Z drugiej zaś strony zmiany, jakie zachodzą w relacjach międzynarodowych, wymuszają odpowiedź pozostałych graczy. Na początku 2016 roku głośno zrobiło się o projekcie Baltic Pipe, o czym świadczyć mogą spotkania szefów rządów Polski, Norwegii i Danii. Gazociąg ten miałby stanowić alternatywę

dla połączeń gazowych z Rosją, w tym gazociągów Nord Stream I i planowanego Nord Stream II [3,4].

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną zmusi w końcu rząd oraz grupy energetyczne do budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej. Także spadające różnice kosztów produkcji energii elektrycznej między elektrowniami konwencjonalnymi a elektrowniami bazującymi na odnawialnych źródłach energii doprowadzą do zmian w strukturze miks energetycznego. Może również uda się pozyskać przez polskie firmy opłacalną technologię poszukiwania i wydobycia gazu z łupków, mimo iż obecnie spadające ceny surowców stawiają to przedsięwzięcie pod znakiem zapytania. Spoglądając jednak na interes narodowy działania te niewątpliwie poprawiłyby pozycję Polski w Europie, a idąc za przykładem Stanów Zjednoczonych zyskalibyśmy mocną kartę przetargową w negocjacjach z dostawcami innych surowców energetycznych przy pogarszającej się sytuacji polityczno-ekonomicznej.

### **Zakończenie**

Niewątpliwie doktryna energetyczna oparta na niezależności energetycznej powinna stanowić najważniejszy cel polskiej energetyki. To ona pozwoli Polsce w pełni suwerennie kształtować wewnętrzną politykę ekonomiczną, wzmocni kraj politycznie na arenie międzynarodowej, a także umocni naszą gospodarkę. Opracowanie strategii naprawczej zbliżającej Polskę do osiągnięcia tego celu będzie niezwykle trudne, ale moim zdaniem to od niego zależy nasza przyszłość.

### **Źródła internetowe**

- [1] Derewienko E., 2016. *Prezes PSEW: PiS wyrzuca z kraju branżę wiatrakową*, tekst opublikowany na portalu rynekinfrastruktury.pl w dniu 01.04.2016 [<http://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/prezes-psew-pis-wyrzuca-z-kraju-branze-wiatrowa-53395.html>]
- [2] Dudała J., 2016. *Kompania Węglowa: porozumienie wreszcie podpisane*, tekst opublikowany na portalu wnp.pl w dniu 22.04.2016 [[http://gornictwo.wnp.pl/kw-porozumienie-wreszcie-podpisane-zobacz-dokument,271755\\_1\\_0\\_4.html](http://gornictwo.wnp.pl/kw-porozumienie-wreszcie-podpisane-zobacz-dokument,271755_1_0_4.html)]
- [3] *Premier Danii w Warszawie m.in. o gazociągu Baltic Pipe*, 2016., Tekst opublikowany na portalu wnp.pl w dniu 17.04.2016 [[http://gazownictwo.wnp.pl/premier-danii-w-warszawie-m-in-o-gazociagu-baltic-pipe,271675\\_1\\_0\\_0.html](http://gazownictwo.wnp.pl/premier-danii-w-warszawie-m-in-o-gazociagu-baltic-pipe,271675_1_0_0.html)].
- [4] Premier Szydło: *Inwestycja w Baltic Pipe strategiczna dla Polski*, 2016. Tekst opublikowany na portalu wnp.pl w dniu 18.04.2016 [[http://gazownictwo.wnp.pl/premier-szydlo-inwestycja-baltic-pipe-strategiczna-dla-polski,271725\\_1\\_0\\_1.html](http://gazownictwo.wnp.pl/premier-szydlo-inwestycja-baltic-pipe-strategiczna-dla-polski,271725_1_0_1.html)].
- [5] Prezydent Nowej Soli: *Czy dzieci górników mają inne żółdki?*, 2014. Tekst opublikowany na portalu wprost.pl w dniu 30.09.2014 [<https://www.wprost.pl/471870/Prezydent-Nowej-Soli-Czy-dzieci-gornikow-maja-inne-zoladki>].
- [6] Szomburg J., 2014. *Polska potrzebuje doktryny energetycznej*, tekst opublikowany na portalu rzeczpospolita.pl 15.05.2014 [<http://cse.ibngr.pl/polska-potrzebuje-doktryny-energetycznej/>].

**Krótką notką o autorze:** *Absolwent gospodarki przestrzennej na Uniwersytecie Gdańskim. Działacz społeczny, obserwator życia politycznego. Interesuje się wpływem polityki międzynarodowej na sytuację gospodarczą oraz bezpieczeństwo w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem infrastruktury energetycznej oraz transportowej.*

## Fotoesej: Co z tą zimą w Alpach?

**Krzysztof Marchlewski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: k.m.marchlewski@gmail.com

**Tutor: dr Lucyna Przybylska**

Instytut Geografii, Katedra Gospodarki Przestrzennej

**Słowa kluczowe** – *pokrywa śnieżna, turystyka zimowa, zmiany klimatu, Alpy*

### Wprowadzenie

Klimat się zmienia – i jest to fakt niezaprzeczalny. Można dyskutować o przyczynach tych zmian oraz ich natężeniu, ale samo występowanie globalnego ocieplenia jest w świetle wyników pomiarów oraz po przyrównaniu ich do wyników z lat ubiegłych bezdyskusyjnie, o czym świadczą kolejne raporty IPCC (Zmiana klimatu, 2013). W tej sprawie panuje też konsensus naukowy na świecie [1]. Wobec przedstawionych faktów jest oczywiste, iż podnoszenie się temperatury na świecie będzie miało swoje konsekwencje. Pozytywne (nieliczne, ale występujące), ale znacznie więcej negatywnych, w tym również bardzo niebezpiecznych. Zarysowaną problematykę zmian klimatu ukazano na podstawie studium przypadku alpejskiej miejscowości turystycznej, wybierając formę fotoeseju, czyli jedną z nowych, wizualnych form wypowiedzi w naukach społecznych (Pink 2009; Sztomka 2012). Zdjęcia zostały wykonane przez autora pracy, chyba, że zostało podane inaczej.

### Konsekwencje zmian klimatycznych w turystyce zimowej

Do jednej z konsekwencji zmian klimatu należy zmniejszenie ilości opadów śniegu, skrócenie czasu zalegania pokrywy śnieżnej oraz zmniejszenie średniej grubości pokrywy śnieżnej. A co to oznacza? Duże problemy w branży turystycznej, rekreacyjnej oraz sportowej. Braki opadów śniegu oznaczają konieczność jego produkcji (co jest możliwe jedynie przy ujemnej temperaturze powietrza oraz nocą, gdy na stokach nie ma narciarzy), produkcja śniegu powoduje dodatkowe zużycie prądu, co powoduje zwiększone koszty działalności gospodarczej. W branży rekreacyjnej oznacza to duże problemy z wyborem miejsca do spędzenia urlopów zimowych połączonych z narciarstwem. Część ośrodków może mieć duże problemy z otwarciem tras, co spowoduje zwiększony popyt w pozostałych, co przy niedoborze podaży doprowadzi do wzrostu cen. Dla sportowców natomiast braki pokrywy śnieżnej będą oznaczać problemy z treningiem i przygotowaniem się do sezonu. Sprawi to również problemy przy organizacji zawodów w sportach zimowych.

Wszystkie te czynniki mogą doprowadzić do spadku atrakcyjności a nawet w perspektywie kilkudziesięciu lat do marginalizacji narciarstwa z powodu braku miejsca do jego uprawiania. Jest to wizja oczywiście bardzo pesymistyczna, jednak prognozy klimatologów wydają się być jednoznaczne [1]. Ilustracją problemu są zdjęcia wykonane na początku sezonu narciarskiego, w połowie grudnia 2015 roku w Passo del Tonale, włoskim miasteczku będącym dość znanym ośrodkiem narciarskim położonym w Alpach Retyckich na wysokości 1883 m. n. p. m. Analizując obraz z kamer internetowych oraz z danych udostępnianych przez operatorów największych ośrodków narciarskich



w Europie można uznać, iż nie jest to sytuacja lokalna, a która w ww. okresie występowała w większości terenów górskich w Europie.



Ryc. 1. Zdjęcie z miasteczka na północne stoki niepokryte śniegiem, bądź pokryte w sposób marginalny



Ryc. 2. Główna część ośrodka narciarskiego w Passo del Tonale, pokrywa naturalna: 0 (słownie: zero) cm, pokrywa sztuczna (i to jak widać tylko na mniejszej części góry): 10-25 cm





Ryc. 3. Góra o wysokości powyżej 2000 m. n. p. m. Pokrywa śnieżna: jak widać powyżej



Ryc. 4. Zbiórka polskiej drużyny narciarskiej. Połowa góry, koniec pokrywy śnieżnej



Ryc. 5. Start slalomu giganta - śnieg techniczny, mocno roztopiony, pięć metrów od łąki

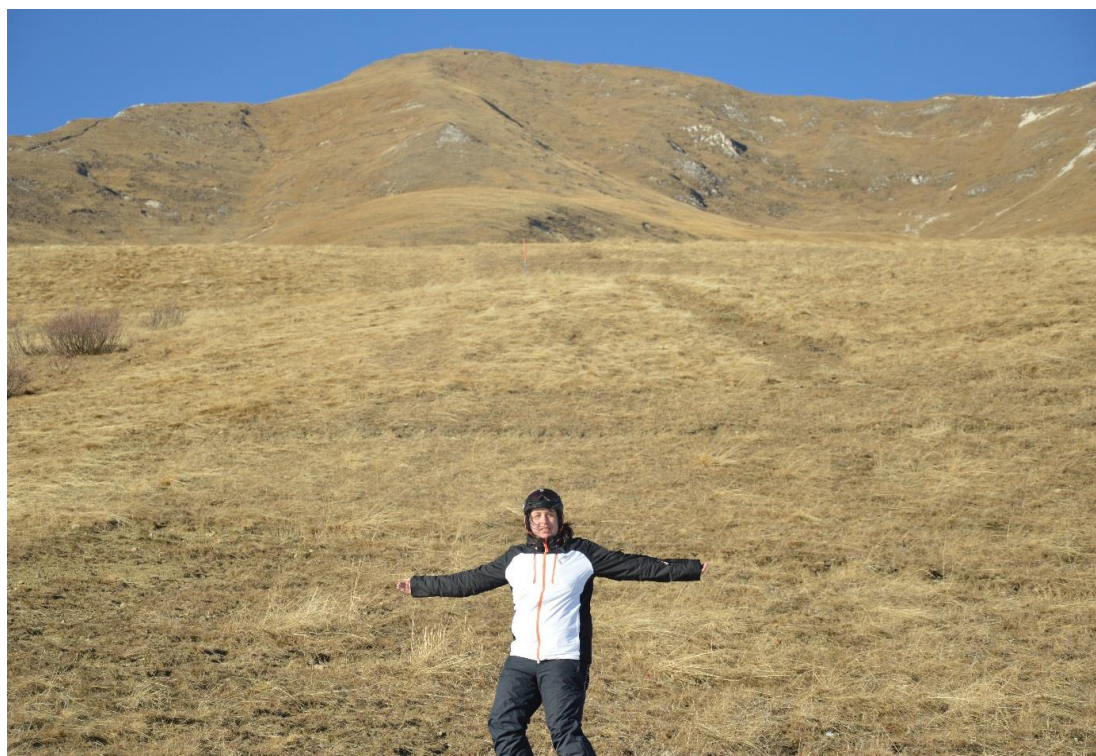


Ryc. 6. Snowboardzistka na trasie przejazdu zawodów w slalomie gigancie. W tle łąka z płatami śniegu dramatycznie produkowanego nocami z mizernym skutkiem





Ryc. 7. Kolejny przejazd giganta snowboardzistów. W tle płaty technicznego śniegu, ledwo ośnieżone szczyty oraz łąki w miasteczku



Ryc. 8. Zdezorientowany autor eseju na stoku narciarskim, a raczej na górskiej łące, (fot. M. Dziaduszevska)

## Podsumowanie

Problem globalnego ocieplenia jest problemem całego świata i jest ogromnym wyzwaniem dla społeczności międzynarodowej, a kluczową rolę odgrywają tutaj niestety politycy, wśród których nie brakuje negacjonistów nierespektujących wyników badań naukowych i doszukujących się spisków. Kwestia klimatu na świecie jest problemem złożonym, gdyż oddziałuje na wszystkie dziedziny życia człowieka, a też w dużej mierze na gospodarkę. Przykład przytoczony w tym opracowaniu jest tylko jednym z wielu, jak klimat może wpływać na m.in. turystykę i gospodarkę, dlatego z całą pewnością należy bacznie obserwować i podejmować działania mające na celu złagodzenie (bo o zatrzymaniu ocieplenia nie ma mowy w najbliższym pokoleniu) zachodzących zmian. Działania te będą z upływem czasu coraz bardziej konieczne i będą musiały objąć dziedziny takie jak gospodarka przestrzenna, gospodarka wodna, a przede wszystkim energetyka, co wzbudza duże emocje zarówno wśród polityków, jak i przeciętnych obywateli. Konieczne będzie współdziałanie specjalistów z wielu dziedzin, i tylko skoordynowane i drastyczne działania będą mogły odnieść zamierzony skutek.

## Literatura

- Pink S., 2009. *Etnografia wizualna. Obrazy, media i przedstawienie w badaniach*, Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Sztompka P., 2012. *Socjologia wizualna. Fotografia jako metoda badawcza*, PWN, Warszawa.
- Zmiana klimatu, 2013. *Fizyczne Podstawy Naukowe. Podsumowanie dla decydentów*, IPCC, Genewa.

## Źródła internetowe

- [1] <http://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/zrozumiec-kontrowersje-wokol-zmiany-klimatu-czesc-1-konsensus-naukowy-148> (dostęp: 24.01.2016)

**Krótką notką o autorze:** *Student III roku geografii, specjalność: ogólna, seminarium dyplomowe w Katedrze Meteorologii i Klimatologii, zainteresowania badawcze: bioklimatologia sportu, klimatologia urbanistyczna, meteorologia lotnicza, klimatyczne uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego.*

## Czy rekiny są potrzebne w środowisku morskim?

**Marta Słomińska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: m-slominska@wp.pl

**Tutor: prof. UG, dr hab. Urszula Janas**

Instytut Oceanografii, Zakład Ekologii Eksperymentalnej Organizmów Morskich

**Słowa kluczowe** – *drapieżniki szczytowe, gatunki kluczowe, rekiny*

Rekiny pływają w wodach oceanów od ponad 400 milionów lat, co oznacza, że pojawiły się ponad sto milionów lat przed pierwszymi dinozaurami [1, 2]. Przetwały one aż pięć okresów masowego wymierania, pomiędzy którymi fauna Ziemi zmieniała się nie do poznania. Zwierzęta te ewoluują w ścisłym powiązaniu ze swoim ekosystemem, a przystosowanie do nowych warunków trwa w ich przypadku szczególnie długo. Świadczy o tym choćby fakt, że obecnie żyjące gatunki nie zmieniły się na drodze ewolucji od prawie 60 milionów lat [2]. W konsekwencji nawet najmniejsze zachwianie równowagi w ich otoczeniu może doprowadzić do nieodwracalnych strat i nie chodzi tu tylko o straty w liczbie gatunków ryb chrzęstnoszkieletowych, ale przede wszystkim o zmiany w biologii całego oceanu.

Jednak w dzisiejszych czasach na całym świecie populacje rekinów są dziesiątkowane przez nadmierne połowy w celach konsumpcyjnych. Na skutek tego zjawiska, niektóre gatunki znajdują się na skraju wyginięcia, lub nawet całkowicie zniknęły z oceanów. Szacuje się, że do 2017 roku ponad 100 z zaledwie 500 gatunków rekinów wyginie bezpowrotnie [2]. Zwolenników tych jakże ważnych dla całej Ziemi zwierząt jest niewiele. Zła opinia wykreowana w latach osiemdziesiątych XX-tego wieku, przez serię filmów "Szczęki" w reżyserii Stevena Spielberga, sprawiła, że wielu ludzi na świecie panicznie boi się rekinów i ani myśli przejmować się ich losem. Niewiele osób ufa statystykom, wedle których w szczękach rekinów ginie zaledwie 5 osób rocznie [3], co jest niczym w porównaniu chociażby do śmierci przy upadku z łóżka. Jednak prawda jest taka, że ludzie zamiast bać się rekinów, powinni obawiać się świata bez nich.

Grupa amerykańskich naukowców oszacowała, że każdego roku ludzie przyczyniają się do śmierci około 100 milionów rekinów (Worm i in., 2013). Są to przede wszystkim dziesiątki milionów rekinów zabijanych wyłącznie w celu pozyskiwania ich płetw, które w ostatnich kilkudziesięciu latach stały się najbardziej ekskluzywnym przysmakiem spośród wszystkich owoców morza. Co gorsza technika poławiania rekinów w tym celu, czyli tzw. finningu jest straszliwie okrutna. Złowione rekiny jeszcze na statku pozbawiane są wszystkich płetw. Tak okaleczone, często wciąż żywe zwierzęta wrzucane są z powrotem do wody, gdzie narażone są na pożarcie żywcem, czy uduszenie z braku możliwości ruchu [1, 2]. Chrzęstki pozyskiwane z rekinich płetw dodaje się najczęściej do orientalnych zup w ekskluzywnych chińskich restauracjach, chociaż znane są też różne preparaty, olejki, czy proszki, rzekomo o leczniczym działaniu, choć słabo jeszcze udowodnionym [4].

Kolejnym zagrożeniem nie tylko dla rekinów, ale również dla innych zwierząt w tym płaszczyk, delfinów, wielorybów, czy żółwi morskich, jest przyłów [1, 2]. Rekiny wpadają w sieci pelagiczne, ciągnące się na wiele kilometrów lub przybrzeżne włoki, które zastawiane są na mniejsze ryby [5]. Po wyciągnięciu sieci na statek, niechciane zwierzęta wyrzucane są za burtę. Wiele z nich często jest już martwych, a ranne osobniki mają nikłe szanse na przeżycie. Przypuszcza się, że blisko połowa rocznie odławianych rekinów pochodzi właśnie z przyłowów. Jednak te przypadki bardzo często zatajane są w statystykach rybackich (Worm i in., 2013, [5]).

Ważne jest, aby zrozumieć, że rekiny są zwierzętami przechodzącymi stosunkowo długą drogę do wydania potomstwa [2, 6]. Niektóre gatunki potrzebują nawet kilkunastu lat do osiągnięcia dojrzałości płciowej, a po jej osiągnięciu raz na dwa lata wydają zaledwie kilka młodych. [6]. Młode rekiny rosną bardzo powoli i są narażone na wiele niebezpieczeństw ze strony środowiska i innych drapieżników. Przy tempie połowów, jakie obserwuje się w dzisiejszych czasach, wiele rekinów ginie jeszcze przed wydaniem kolejnego pokolenia, co tylko nasila problem przełowienia. Jeśli więc tempo odławiania rekinów nie zmniejszy się w najbliższym czasie, to szanse na odbudowanie populacji niektórych gatunków rekinów będą znikome.

Dlaczego tak ważne jest, aby chronić rekiny? Otóż zwierzęta te, mają wpływ na cały ekosystem. Zwykle pełnią one rolę drapieżników szczytowych, to znaczy, że nie mają praktycznie żadnych naturalnych wrogów, oprócz pasożytów, czy chorób [1, 2]. Jako drapieżnicy szczytowi, rekiny odżywiają się zwierzętami z niższych poziomów łańcucha troficznego, co pozwala na utrzymanie równowagi w ekosystemie morskim. Co więcej, wybierają one swoje ofiary selektywnie tzn. polują na osobniki chore, lub słabsze, które są zbyt wolne żeby uciec, lub się ukryć. Takie "selektywne" polowanie jest pewną formą doboru naturalnego. Pozwala on wzmocnić pulę genową gatunku, a także zapobiega rozprzestrzenianiu się chorób i likwiduje ich ogniska [1, 7]. Gatunki eksploatowane przez drapieżcę ulegają modyfikacji, a kolejne pokolenia stają się coraz sprawniejsze. Większe, silniejsze i zdrowsze osobniki zwykle rozradzają się liczniej, czego wynikiem jest zdrowsza populacja [7].

Rekiny nie tylko wpływają na dynamikę populacji przez wyjadanie, ale też przyczyniają się do kontroli nad przestrzennym rozmieszczeniem potencjalnych ofiar przez ich zastraszenie [1]. Strach przed rekinem drapieżcą powoduje, że niektóre gatunki zmieniają swoje siedlisko i poziom aktywności, regulując w ten sposób eksploatację niższych poziomów troficznych [1]. Przykładem takiego drapieżnika jest rekin tygrysi z Shark Bay w Australii. Żeruje on przeważnie na żółwiach morskich i diugoniach, czyli roślinożercach pasących się na podwodnych łąkach. Gatunki te w strachu przed rekinem tygrysim codziennie się przemieszczają, co zapewnia zbilansowane wykorzystanie zasobów trawy morskiej. Gdyby w tym ekosystemie zabrakło wierzchołka łańcucha pokarmowego, takiego jak rekin tygrysi, bardzo szybko doszłoby do wyniszczenia najbardziej zasobnych łąk podwodnych.

Na ekosystem morski składają się zawile sieci troficzne, a duże głębokowodne rekiny stoją na straży tych sieci [1]. Są one uważane przez naukowców za gatunki kluczowe, co oznacza że ich brak może spowodować zaburzenie całej struktury ekologicznej. Jeśli w oceanie zabrakłoby największych drapieżników, mogłoby dojść do wyginięcia wielu innych gatunków. Faktem jest, że jeśli w ekosystemie brakuje drapieżcy, następuje wzrost liczebności ofiar [7], które w następstwie zaczynają konkurować o zasoby pokarmowe. Gatunek, który najlepiej radzi sobie ze zdobywaniem pokarmu – najsilniejszy konkurent – zaczyna dominować. W efekcie dochodzi do ujednolicenia zespołów ekologicznych, a więc zmniejszenia różnorodności gatunkowej [1, 7]. Najlepszym tego przykładem jest sytuacja, która ma miejsce na zachodnim wybrzeżu Północnego Atlantyku. Szacuje się, że w tych wodach prawie całkowicie wyginęło 11 gatunków wielkich, głębokowodnych rekinów,

takich jak kosogony, żarłacz białe, czyrekiny młoty [1]. Nie są one w tym momencie zdolne do wypełniania swoich funkcji ekologicznych. W ciągu ostatnich kilkunastu lat liczebność tych zwierząt wzdłuż wybrzeża Stanów Zjednoczonych spadła od 50 do 75% [1]. W tym samym czasie 12 gatunków ich ofiar, czyli mniejszych rekinów i płaszczyk wzrosła nawet dziesięciokrotnie [1]. Najbardziej jednak wpłynęło to na populację płaszczyki karboglowej, odżywiającej się przegrzebkami i innymi mięczakami. Splądrowała ona ogromne zasoby przegrzebków wzdłuż wybrzeża, co poskutkowało załamaniem się handlu tymi małżami w całej Karolinie Północnej (USA). Te zmiany nie wpłynęły jedynie na zaburzenia w populacjach różnych gatunków, ale również na pogorszenie warunków siedliskowych. Spadek liczby małży, które w środowisku pełnią rolę filtratorów, przyczynił się do wzrostu intensywności zakwitów fitoplanktonu, a niekontrolowane zakwity zwiększyły ryzyko tworzenia się stref beztlenowych w oceanie [1]. Ta sytuacja pokazuje jak bardzo zawiłe zależności kierują środowiskiem morskim i jak duży wpływ mają one na ludzi.

Również rekiny rafowe dbają o swoje środowisko jak nikt inny [1, 2]. Odżywiają się mniejszymi drapieżnikami (np. strzępielami), kontrolują liczbę zjadanych przez nie ryb roślinożernych [1]. Te ostatnie pełnią bardzo ważną rolę w oczyszczaniu raf koralowych z porastających je glonów. Glony konkurują z koralowcami o zasoby składników pokarmowych i dostęp do światła, a ich wzrost jest dodatkowo potęgowany w efekcie eutrofizacji. Jeśli więc zabraknie dużych rekinów, liczba ryb roślinożernych drastycznie zmaleje, co umożliwi glonom intensywniejszy rozwój. Może to doprowadzić do zaniknięcia całych obszarów raf, czyli tak naprawdę do spustoszenia całego ekosystemu. Zmniejszy się liczba siedlisk dostępnych dla mniejszych ryb, znikną gatunki wrażliwe na zmiany środowiska, co drastycznie odbije się na walorach przyrodniczych i różnorodności biologicznej. Jest to doskonały przykład na to, jak kaskadowo może wpłynąć brak rekinów na całą strukturę biologiczną. Taka sytuacja ma już niestety miejsce na wielu wybrzeżach, między innymi na Jamajce [1].

Jako drapieżnicy szczytowi rekiny pomagają utrzymywać ekosystemy w naturalnym porządku, dlatego zdrowie oceanów niewątpliwie zależy od nich. Jeśli liczba tych drapieżników spada, oceany zaczynają odczuwać katastrofalne, często nieprzewidywalne konsekwencje [1]. Należy więc dołożyć wszelkich starań, aby zahamować skutki ludzkiej nieodpowiedzialności, póki jeszcze cokolwiek możemy zmienić. Przede wszystkim należy wprowadzić ochronę gatunkową dla tych gatunków, których liczebność w ostatnich dekadach drastycznie się zmniejszyła. Obecnie na czerwonej liście gatunków zagrożonych IUCN widnieją dwadzieścia dwa gatunki rekinów (Selachii) [8], natomiast osiem umieszczonych zostało na liście gatunków, których przewóz przez granicę podlega ograniczeniom w myśl postanowień Konwencji Waszyngtońskiej [9]. Są to między innymi trzy gatunki z rodziny młotowatych, rekin wielorybi, czy żarłacz biały. Ale istnieje jeszcze wiele innych gatunków czekających na ochronę. Należy też zaostrzyć prawa dotyczące połowów rekinów, tak, aby nie było możliwości poławiania tych ryb wyłącznie dla płetw, a traktowania ciała zwierzęcia jako odpad. Można wzorować się na rządzie Bahamów, gdzie w 2011 roku wprowadzono całkowity zakaz połowu rekinów. Wcześniejsze przepisy ograniczające połowy nie przynosiły oczekiwanych efektów [10]. Każdy z nas może przyczynić się do dobra rekinów. Aby tak się stało, wystarczy, że spadnie zainteresowanie wyrobami z tych zwierząt, powszechnymi w każdej aptece, czy egzotycznymi pamiątkami z wakacji. Udało nam się ochronić niektóre wieloryby, uda się ochronić rekiny!

## Literatura

Worm B., Davis B., Kettner L., Ward-Paige C. A., Chapman D., Heithaus M. R., Kessel S. T., Gruber S. H., 2013. Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy*, 40, 194-204.

## **Źródła internetowe**

- [1] Griffin E., Miller K.L., Freitas B., Hirshfield M., 2008, *Predators as prey – why healthy oceans need sharks*, [www.oceana.org](http://www.oceana.org)
- [2] <http://www.oceany.org/srodowisko/rekiny-zagrozony-gatunek.php> (dostęp 18.03.2016)
- [3] <http://natgeotv.com/ca/human-shark-bait/facts> (dostęp 18.03.2016)
- [4] <http://www.seashepherd.org/operation-requiem/common-uses-for-shark.html> (dostęp 18.03.2016)
- [5] [http://www.sharksavers.org/files/8613/3185/9956/Shark\\_Bycatch\\_FACT\\_SHEET\\_Shark\\_Savers.pdf](http://www.sharksavers.org/files/8613/3185/9956/Shark_Bycatch_FACT_SHEET_Shark_Savers.pdf) (dostęp 18.03.2016)
- [6] [http://www.sharktrust.org/en/shark\\_reproduction](http://www.sharktrust.org/en/shark_reproduction) (dostęp 18.03.2016)
- [7] [art\\_id=631](#) (dostęp 18.03.2016)
- [8] <http://www.iucnredlist.org/search> (dostęp 23.04.2016)
- [9] <http://checklist.cites.org/> (dostęp 18.03.2016)
- [10] <http://radioszczecin.pl/6,74190,rekiny-zagrozone-wyginieciem> (dostęp 23.04.2011)

**Krótką notką o autorze:** *Studentka oceanografii, na specjalności oceanografia biologiczna, od wczesnych lat szkolnych jej zainteresowania krążyły wokół ekologii i ochrony Morza Bałtyckiego, uczestniczyła w wielu konkursach i projektach szkolnych dotyczących tej tematyki. Na studiach realizuje się w tematach związanych z biologią i różnorodnością dna morskiego.*



## Czy broń chemiczna i środki bojowe zdeponowane na dnie Bałtyku stanowią zagrożenie dla środowiska?

**Karolina Skalska<sup>1</sup>, Anita Lewandowska<sup>2</sup>**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii i Geografii  
E-mail: <sup>1</sup>kskalska94@gmail.com, <sup>2</sup>anita.lewandowska@ug.edu.pl

**Tutor: prof. UG dr hab. Anita Lewandowska**

Instytut Oceanografii, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego

**Słowa kluczowe** – *bojowe środki trujące, broń chemiczna, Morze Bałtyckie*

„A co z tą bronią chemiczną?” – to pytanie, z którym regularnie spotykają się osoby zajmujące się oceanografią. Czy stanowi zagrożenie dla człowieka? Dla ekosystemu Morza Bałtyckiego? Czy broń chemiczną należy pozostawić nietkniętą na dnie akwenu? Odpowiedź na te pytania może być nie lada wyzwaniem nawet dla osoby doskonale zorientowanej w temacie, ponieważ problematyka broni chemicznej zdeponowanej na dnie Bałtyku jest skomplikowana i w dużej mierze wciąż niezbadana.

Działanie broni chemicznej opiera się na wykorzystaniu toksycznych właściwości związków chemicznych. Chemiczne środki bojowe można podzielić na kategorie ze względu na ich oddziaływanie na organizmy ludzkie. Do najpopularniejszych zalicza się substancje parzące (np. iperyt siarkowy i azotowy), drażniące (Clark I, Clark II), paralizujące (Tabun), duszące (fosgen) oraz łzawiące. III Rzesza była w posiadaniu ogromnych ilości broni chemicznej, jednak substancje te nie zostały wykorzystane w trakcie II Wojny Światowej ze względu na lęk przed odwetem rosnących w siłę wojsk alianckich (Chrzanowski i in., 2014).

W końcowym etapie światowego konfliktu, w 1945 roku, odbyło się ostatnie spotkanie przywódców koalicji antyhitlerowskiej – tzw. Konferencja Poczdamska. Jednym z najważniejszych postanowień konferencji była demilitaryzacja Niemiec. Na terenie byłej III Rzeszy wojska alianckie odnalazły łącznie blisko 300 000 ton broni chemicznej, z czego około 40 000 ton postanowiono zatopić w Morzu Bałtyckim (HELCOM, 2013). Była to bez wątpienia najtańsza i najszybsza metoda pozbycia się niebezpiecznych ładunków. Pierwszym miejscem depozycji, wykorzystanym jeszcze podczas trwania wojny, został rejon znajdujący się na południe od Małego Bełtu. Był to najpłytszy bałtycki obszar składowania broni chemicznej, a przy tym położony blisko lądu. Niejednokrotnie zdarzało się, że skrzynki z bronią dryfowały i zostawały wyrzucane na brzeg [1]. Z tego powodu na kolejnych etapach postanowiono zatapiać materiały jak najdalej od lądu, na najgłębszych obszarach Morza Bałtyckiego: Głębi Gotlandzkiej i Bornholmskiej oraz, co potwierdzono dopiero w ostatnich publikacjach, na Głębi Gdańskiej (Beldowski i in., 2015). Należy jednak podkreślić, że zatapianie środków bojowych kontynuowano jeszcze przez 20 lat od zakończenia kampanii demilitaryzacyjnej (HELCOM, 2013).

Zatapianie odbywało się pod dużą presją czasu. Znacznie ograniczony był również budżet uczestniczących w nim wojsk. Niejednokrotnie amunicji pozbywano się jeszcze w drodze na

ostateczne miejsca jej składowania. Obecnie bardzo utrudnia to dokładne oszacowanie ilości zdeponowanych materiałów i określenie miejsca ich spoczynku. Stanowi to ponadto ogromne zagrożenie dla ludzi prowadzących działania na otwartym morzu, głównie dla rybaków. Miejsca depozycji środków bojowych są sukcesywnie oznaczane na mapach, a w takich rejonach nie zaleca się połowów trałowych. Mimo to, niejednokrotnie zdarzały się przypadki wyciągania w sieciach zestalonych gazów bojowych, w szczególności najpowszechniejszego w Bałtyku iperytu. Nie zawsze prowadzi to do groźnych konsekwencji, jednak rybacy często wyrzucają materiały z powrotem do morza, nie informując o tym stosownych władz [2].

Rybacy nie są jedyną grupą narażoną na kontakt z bronią chemiczną. Zagrożeni są także pracownicy portów oraz platform wiertniczych. Ze względu na rosnącą liczbę inwestycji na dnie morza, pojawiają się kolejne grupy podwyższonego ryzyka. Na bezpośrednie oddziaływanie środków bojowych narażeni są też nurkowie, głównie zawodowi. W związku z dynamicznym rozwojem nurkowania rekreacyjnego i technicznego w rejonie bałtyckim, znacznie wzrasta prawdopodobieństwo napotkania broni chemicznej także przez tę grupę. Rozpoznanie amunicji pod wodą jest utrudnione przez ograniczoną widoczność, nieprzekraczającą często kilku metrów, a także przez stopień skorodowania pojemników i porastanie ich przez morskie organizmy (HELCOM, 2013).

Wspomniana powyżej postępująca korozja amunicji chemicznej i opakowań, w których znajdują się gazy bojowe, stanowi coraz większy problem dla środowiska. Grubość opakowań jest zróżnicowana. Różne są także materiały, z których są one wykonane. Szacuje się, że stalowe obudowy mogą opierać się korozji przez maksymalnie 60 lat [3]. Na proces degradacji i wietrzenia wpływa wiele czynników: zasolenie, potencjał oksydacyjno-redukcyjny, czy też stopień zagrzebania w osadzie. Stąd tempo rdzewienia jest niejednolite i ciężko jest określić ogólny stan pojemników, w jakich znajduje się broń chemiczna zdeponowana w Bałtyku (HELCOM, 2013). Bezpośrednie obserwacje potwierdzają duże zróżnicowanie stanu skorodowania. Niskie temperatury panujące przy bałtyckim dnie w wielu przypadkach prowadzą do przejścia substancji zawartych w broni chemicznej w fazę stałą. Zestalone materiały bojowe stanowią zagrożenie dla ludzi. W przypadku wycieku substancji płynnej zwiększa się natomiast skażenie środowiska. Potencjalnie niebezpieczne są również rejony tzw. „mieszanej depozycji”, w których składowano zarówno broń chemiczną, jak i konwencjonalną. Ewentualna eksplozja ładunku wybuchowego mogłaby spowodować przenoszenie toksycznych substancji na duże odległości (HELCOM, 2013).

Kolejnym zagrożeniem związanym z bronią chemiczną jest możliwość wyrzucenia jej na brzeg. Morze Bałtyckie jest obszarem dynamicznym, jednak głębie, w których znajduje się większość materiałów, są określane jako obszary tzw. „spokojnej sedymentacji”. Prądy przydenne są zwykle zbyt słabe, by przemieszczać większe elementy bojowe, stąd zagrożenie jest stosunkowo niewielkie. Co więcej, w przypadku polskiego wybrzeża, najbliższe miejsce depozycji broni znajduje się około 30 km od Półwyspu Helskiego (Bełdowski, 2014). Należy jednak wspomnieć o zaleganiu dużej ilości niewielkich fragmentów fosforu białego w niemieckiej części Bałtyku. Jest to najaktywniejsza odmiana alotropowa fosforu, łatwo ulegająca samozapłonowi i wydzielająca przy tym żrące opary. Na niemieckich plażach regularnie dochodzi do poparzeń plażowiczów w wyniku pomylenia przez nich kawałków fosforu białego z bursztynem (HELCOM, 2013).

Nie można natomiast pominąć bardzo istotnego oddziaływania broni chemicznej na organizmy żywe. Wpływa ona na nie w sposób bezpośredni, jak w przypadkach wymienionych powyżej, oraz pośredni. Środki bojowe stanowią lokalne źródło zanieczyszczeń, choć ostatnie badania wykazały, że zasięg ich oddziaływania jest większy, niż do tej pory przypuszczano (Bełdowski i in., 2015). Związki w nich zawarte ulegają degradacji w różnym tempie, tworząc przy tym substancje o zróżnicowanym stopniu toksyczności, niekiedy bardziej szkodliwe od macierzystych (Bełdowski

i in., 2015). Duża część produktów rozkładu wykazuje właściwości lipofilne. Mogą one zatem ulegać akumulacji w tkankach zwierząt, a następnie biomagnifikacji w łańcuchu troficznym. Ich wpływ na organizmy żywe jest obecnie słabo rozpoznany. Do efektów długoterminowej ekspozycji na działanie wyżej wymienionych substancji można zaliczyć zwiększone występowanie bakteryjnych wrzodów skórnych i pasożytów, podwyższenie stopnia patologii nerek, a także obniżenie sprawności fizycznej organizmu (Lehtonen i in., 2013). Najświeższe badania zdają się potwierdzać cytotoksyczność produktów degradacji broni chemicznej (Bełdowski i in., 2015). Przebadań organizmów żyjących w miejscach depozycji broni chemicznej jest zadaniem karkołomnym. W rejonach bałtyckich głębi okresowo panują warunki beztlenowe, stąd skład gatunkowy jest dość ubogi, a liczebność niska. Nadal niezbadany jest wpływ dobrze natlenionych i bardziej zasolonych niż w Bałtyku wód z Morza Północnego na organizmy strefy beztlenowej w kontekście zatopionych środków bojowych. Stosunkowo niedawno wykryto natomiast istnienie szczepu bakterii odpornego na produkty hydrolizy substancji zawartych w broni chemicznej. Wykorzystują one produkty degradacji iperytu siarkowego jako źródło węgla i energii. Zdolność mineralizacji wyżej wymienionych związków może świadczyć o zachodzeniu procesów samooczyszczania się wód w miejscach depozycji środków bojowych (Medvedeva i in., 2009).

Decyzja o zatopieniu broni chemicznej bez wątplenia była nieprzemyślana – nie wzięto pod uwagę jej poważnych dla środowiska konsekwencji, do których może dojść w przyszłości. Dziś, 70 lat później, jej dalszy los jest nadal trudny do przewidzenia. Wyłowienie amunicji byłoby przedsięwzięciem bardzo kosztownym i potencjalnie niebezpiecznym ze względu na stan skorodowania zatopionych materiałów. Z tego względu jeszcze dwadzieścia lat temu eksperci byli przeciwni jej usuwaniu z dna Bałtyku. W związku z prężnym rozwojem gospodarki morskiej w rejonie państw nadbałtyckich, najnowszy raport stworzony przez Komisję Helsińską nie wyklucza potrzeby podjęcia takich działań w niedalekiej przyszłości. W najbliższym czasie naukowcy zmierzają się z wyzwaniem opracowania wystarczająco efektywnej i bezpiecznej metody wyławiania broni chemicznej z dna morza oraz jej utylizacji. Na ten moment z pewnością potrzebne jest jednak wdrożenie systematycznego monitoringu i kontrolowanie wpływu szkodliwych substancji na wrażliwy ekosystem Morza Bałtyckiego.

## Literatura

- Andrzejewicz E., 1993. *War gases and ammunition in the Polish economic zone of the Baltic Sea*, Gdynia.
- Bełdowski J., Klusek Z., Szubska M., Turja R., Bulczak A.I., Rak D., Brenner M., Lang T., Kotwicki L., Grzelak K., Jakacki J., Fricke N., Östin A., Olsson U., Fabisiak J., Garnaga G., Rattfelt Nyholm J., Majewski P., Broeg K., Söderström M., Vanninen P., Popiel S., Nawała J., Lehtonen K., Berglind R., Schmidt B., 2015. Chemical Munitions Search & Assessment – An evaluation of the dumped munitions problem in the Baltic Sea, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.
- Briggs C., 2015. Distribution of chemical warfare agent, energetics, and metals in sediments at a deep-water discarded military munitions site, *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.
- Chrzanowski Ł., Sydow M., Marecik R., 2014. Broń chemiczna: granica, której Hitler nie przekroczył, *Focus Historia* 2/2014.
- HELCOM, 1994. *Report on chemical munitions dumped in the Baltic Sea*, Rep. 16 Meeting Helsinki Commiss., 8-11 March, 1994.
- Medvedeva N., Polyak Y., Kankaanpää H., Zaytseva T., 2009. Microbial responses to mustard gas dumped in the Baltic Sea. *Marine Environmental Research*, 68(2), 71-81.
- Missiaen T., 2010. Evaluation of a chemical munition dumpsite in the Baltic Sea based on geophysical and chemical investigations. *Science of The Total Environment*, 408(17), 3536-3553.

Sanderson H., Fauser P., Thomsena M., Sørensen P.B., 2009. Human health risk screening due to consumption of fish contaminated with chemical warfare agents in the Baltic Sea. *Journal of Hazardous Materials*, 162(1), 416-422.

### **Źródła internetowe:**

[1] <http://chemsea.amw.gdynia.pl/> (20.04.2016).

[2] <https://radiogdansk.pl/index.php/audycje-rg/dokumenty-i-reportaze/item/13517-bron-chemiczna-w-baltyku-zagrozenie-czy-straszenie.html> (20.04.2016).

[3] <http://lists.grida.no/pipermail/ballerina-l/2003q4/000042.html> - ENWL, Ecological North West Line, About chemical weapon sunk at the bottom of the Baltic Sea (20.04.2016).

**Krótką notką o autorze:** *Studentka II roku I stopnia oceanografii. W obszar jej zainteresowań wchodzi osady denne, broń chemiczna oraz metale ciężkie w środowisku.*

## Pyłki sosny na powierzchni Bałtyku

**Natalia Strojna**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: natastrojna@gmail.com

**Tutor dr Marcin Paszkuta**

Instytut Oceanografii, Zakład Oceanografii Fizycznej

**Słowa kluczowe** – *Bałtyk, pyłki sosny, teledetekcja satelitarna, Zatoka Gdańska*

Środowisko Morza Bałtyckiego, jako zbiornika epikontynentalnego, związane jest z dużym wpływem materii organicznej dostarczanej z lądów. Może to być materiał zarówno w formie zawieszony, jaki i rozpuszczonej. Jednym ze składników materii zawieszony (SPM ang. Suspended Particulate Matter) są pyłki sosny, które dostają się do strefy przybrzeżnej niesione wiatrem lub spływem powierzchniowym. Zaobserwowano, że pyłki pojawiają się sezonowo w okolicy kwietnia i maja oraz utrzymują się na powierzchni morza do głębokości 30 cm przez kilka dni (Pawlik i Ficek, 2016). Z tego powodu, w ujęciu paleopalinologicznym, pyłki sosny znajdowane w osadach, mogą być wykorzystane do ich datowania. Doskonale się do tego nadają, gdyż pojawiają się regularnie z charakterystyczną wielkością i zmiennością sezonową. Wykazano (Kelly i Matrai, 1998), że pyłki gdy unoszą się na wodzie znacznie zmieniają jej właściwości optyczne, takie jak absorpcja światła widzialnego poniżej długości 500 nm (Woźniak i in., 2011). W teledetekcji satelitarnej podobne długości fali są wykorzystywane do szacowania ilości chlorofilu a, może to prowadzić do powstania istotnych błędów pomiarowych (Pawlik i Ficek, 2016). Stworzenie dedykowanych algorytmów pozwalających na satelitarną identyfikację pyłków sosny na powierzchni morza, może mieć znaczenie w geologii morza, ale i również przy monitoringu satelitarnym środowiska Morza Bałtyckiego (Woźniak i in., 2011).

Sosny, według zestawienia z 2014 roku (Bank Danych o Lasach, 2014) ,zajmują około 58,5% całości powierzchni lasów w Polsce, w województwie pomorskim wartość ta może sięgać nawet 77,5% (dla 2015 roku), ale warto podkreślić, że nie są to jedyne źródła pyłków, ponieważ potencjalnie w Bałtyku może on pochodzić z innych części Europy. Z prowadzonych badań (Pawlik i Ficek, 2016), wynika że pyłki sosny stanowiły więcej niż 20% całkowitego SPM (w najbardziej skrajnym wypadku było to około 40%), a ich wielkość mieściła się w przedziale od 29,1  $\mu\text{m}$  do 109,0  $\mu\text{m}$ , z dominantą między 47,7  $\mu\text{m}$  a 56,3  $\mu\text{m}$ . Dla porównania, średnie wielkości SPM nieorganicznego to 1  $\mu\text{m}$ -10  $\mu\text{m}$ , a organicznego od mniejszych niż 1  $\mu\text{m}$  do większych niż 100  $\mu\text{m}$  (głównie fitoplankton). Są to na tyle duże cząstki, aby w wielkich nagromadzeniach były widoczne nieuzbrojonym okiem, co jest ukazane na załączonych do publikacji figurach (Pawlik i Ficek, 2016). Jak wcześniej wyjaśniono pyłki sosny, choć niedoceniane w badaniach mogą mieć istotne znaczenie w geologii i optyce morza, dlatego należałoby podjąć próbę oszacowania ich ilości i dokładnego zbadania jaki wpływ mają na środowisko. Dedykowane algorytmy zdalnej detekcji z poziomu satelitarnego, które pozwoliłyby oszacować obecność pyłków sosny na powierzchni morza, umożliwiłoby kompleksowe wyznaczenie ich obecności bez konieczności odbywania kosztownych

rejsów. Dodatkowo, będzie można poprawić algorytmy chlorofilowe, sprawdzając czy pyłki sosny nie prowokują błędów (tak jak na to zwrócili uwagę Kelly i Matrai, 1998). Jest to bardzo prawdopodobne, ponieważ w wodach takich jak Bałtyk (klasa 2 wg klasyfikacji Jerlova) promieniowanie słoneczne jest bardzo zmieniane przez szereg czynników, takich jak pigmenty fitoplanktonowe, CDOM (ang. *Colored Dissolved Organic Matter*) i SPM (Pawlik i Ficek, 2016). Biorąc pod uwagę złożoność procesu promieniowania na powierzchni morza, niedoszacowanie jednego czynnika (w tym przypadku pyłków sosny sklasyfikowanych jako składowa SPM), może prowadzić do powstania generalnych błędów np. w modelowaniu czy przy obliczaniu budżetu radiacyjnego. Jest to kolejny powód aby poświęcić zjawisku większą uwagę.

W pierwszej kolejności, sprawdzono na ogólnie dostępnym systemie SatBałtyk (Woźniak i inni, 2011) (wykorzystującym satelity NOAA ang. National Oceanic and Atmospheric Administration i Meteosat), czy uda się wykazać obecność zauważonych przez Pawlika i Ficka (2016) pyłków w dniach 20 – 30 maja 2015 roku w okolicach Ustki (około 10 km od brzegu). Okazało się, że wykorzystywane radiometry AVHRR (ang. *Advanced Very High Resolution Radiometer*) i SEVIRI (ang. *Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager*) mają zbyt słabą rozdzielczość (6 x 9 km, interpolowane do 1 x 1 km, co znacznie zmienia sygnał, nawet jeżeli jakiś zostałby zarejestrowany), tak więc poszukiwane pyłki nie były widoczne. Następnie zwrócono uwagę na inne urządzenie satelitarne wykorzystywane do celów meteorologicznych. W pierwszym kroku zaimportowano dane z satelity MODIS (ang. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra i Aqua, które mają rozdzielczość przestrzenną 250 m (seria danych nie nadaje się do określenia koloru morza, ale jest możliwość identyfikacji zmienności przestrzennych). Następnym krokiem będzie opracowanie ich w odpowiednich programach analizy przestrzennej. Na tym etapie wystąpiły jednak pewne komplikacje. Ponieważ dostęp do baz danych NASA (ang. *National Aeronautics and Space Administration*) jest mało intuicyjny a informacje są nieposegregowane tak geograficznie, jak i pod względem czasu. Przez to odnalezienie odpowiedniego obszaru na Morzu Bałtyckim, wśród danych z całego globu jest zadaniem bardzo trudnym. Kiedy zostanie już znaleziony odpowiedni obszar, pojawia się problem czasu uzależniony od pozycji satelity i trajektorii lotu. Z pomocą mogą przyjść internetowe narzędzia udostępniane przez NASA dla satelity MODIS. To jednak nie koniec problemów, ponieważ aby przeprowadzić jakiegokolwiek analizy przestrzenne, należy mieć dane w odpowiednim formacie, takim aby program używany do tych analiz mógł je przetwarzać. Dalej, nawet po odnalezieniu danych, należy odrzucić część zbiorów (np. prześwietlonych) i poszukać odpowiednich, które poddamy obróbce przy pomocy programów typu ArcGIS lub TNTmips (np. w formacie .geotiff). Jeżeli wtedy okaże się, że przy lepszej rozdzielczości widać ślady pyłków sosny, będzie można wykorzystać algorytmy, na bazie stworzonych do obliczania chlorofilu *a*, aby spróbować satelitarne i automatycznie określać ich obecność. W celu kalibracji, stworzenia owych algorytmów i sprawdzenia działania metody należałoby wykonać pomiary *in situ*. Z tego względu powinna odbyć się seria rejsów, najpierw ogólnych, w celu rozpoznania obecności zjawiska ponieważ, jak już wspomniano, pyłki występują sezonowo, a następnie celowych, podczas których wykonano by pomiary ilościowe i jakościowe. Jednym z kolejnych problemów, na jakie musimy być przygotowani, jest to, że pyłki sosny wykazują dużą zmienność koncentracji tak przestrzenną jak i czasową (zależną również od dynamiki zbiornika w którym występują), a dane z satelity MODIS nie są danymi ciągłymi. Może się więc okazać, że mimo iż pyłki będą obecne w wodzie, nie będzie danych z tego właśnie okresu. Innym problemem, mogą być anomalie powierzchniowe i chmury, które mogą zasłaniać sygnał od morza. To znaczy, że pyłki będą występowały, ale będą zasłonięte przez np. chmury. Jest szereg problemów, z którymi należałoby się zmierzyć, jeżeli podjęte mają być kroki w kierunku oznaczania satelitarnego pyłków sosny.

Pyłkom sosny do tej pory nie poświęcano wystarczającej uwagi w kontekście oceanografii.

Niewielu naukowców podjęło się próby badania ich wpływu na zbiorniki wodne. Pomimo, że obecność pyłków sosny jest zauważalna nieuzbrojonym okiem (np. zmiana barwy wody w kierunku koloru żółtego), jeszcze nikt nie wykazał ich pełnego oddziaływania na ekosystemy. Ponadto można zakładać, że pyłki znajdują swoje wykorzystanie w badaniu osadów, oraz potencjalnie mogą mieć znaczenie w zdalnym oznaczaniu chlorofilu *a*. Dlatego jest to temat wart dalszego rozwijania i badania, szczególnie w rejonach przybrzeżnych z dużą ilością zalesienia sosnami, takich, do których zaliczamy obszar Zatoki Gdańskiej.

## Literatura

- Bank Danych o Lasach, 2014. *Zestawienie powierzchni [ha] lasów według gatunków panujących oraz krain przyrodniczo-leśnych*. <http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/>
- Bank Danych o Lasach, 2015. *Zestawienie powierzchni [ha] lasów według gatunków panujących w układzie województw*. <http://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/>
- Keller M. D., Matrai P. A. 1998. *Optical characteristics of Pollen Grains in Coastal Waters of the Gulf of Maine. West Boothbay Harbor*: Bigelow Laboratory for Ocean Sciences, 6p.
- Pawlik M., Ficek D., 2016. Pine pollen grains in coastal waters of the Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 45, 35-41.
- Woźniak B., Bradtke K., Derecki M., Dera M., Dudzińska-Nowak J., Dzierzbicka-Głowacka L., Ficek D., Furmańczyk K., Kowalewski M., Krężel A., Majchrowski R., Ostrowska M., Paszkuta M., Stoń-Egiert J., Stramska M., Zapadka T. 2011. SatBałtyk – A Baltic environmental satellite remote sensing system – an ongoing project in Poland. Part 1: Assumptions, scope and operating range. *Oceanologia*, 53(4), 897-924.
- Woźniak B., Bradtke K., Derecki M., Dera M., Dudzińska-Nowak J., Dzierzbicka-Głowacka L., Ficek D., Furmańczyk K., Kowalewski M., Krężel A., Majchrowski R., Ostrowska M., Paszkuta M., Stoń-Egiert J., Stramska M., Zapadka T. 2011. SatBałtyk – A Baltic environmental satellite remote sensing system – an ongoing project in Poland. Part 2: Practical applicability and preliminary results. *Oceanologia*, 53(4), 925-958.

**Krótką notką o autorze:** *Wyróżniająca się studentka na kierunku oceanografia, która swoje zainteresowania związane z GIS zdecydowała się rozwijać podczas zajęć tutoringu akademickiego. Realizując pracę licencjacką zakresu oceanografii chemicznej skupiła swoją uwagę na metodach zdalnej analizy chlorofilu *a*, na podstawie prac wykonywanych w projekcie SatBałtyk. Jednak bardzo szybko wrodzona ciekawość świata pchnęła Ją do zwrócenia się ku zjawiskom mniej poznanym z punktu widzenia oceanografii jakimi z pewnością są pyłki sosny pojawiające się sezonowo na powierzchni morza.*

## Czy Bóg wymaga od nas ładu przestrzennego?

**Bartosz Szwarc**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: bartoszszwarc94@gmail.com

**Tutor: mgr Krzysztof Kopeć**

Instytut Geografii, Katedra Geografii Rozwoju Regionalnego

**Słowa kluczowe** – *Bóg, dobro wspólne, ład przestrzenny, szacunek do przestrzeni*

Czy Bóg wymaga od nas ładu przestrzennego? Myślę, że to pytanie można umieścić obok wielu podobnych, poruszających kwestię wymagań, jakie stawia nam Stwórca. Mimo drogowaskazów, jakie podają na przykład Pismo Święte czy nauka Kościoła, ludzie wciąż łamią sobie głowy nad różnymi sprawami, zastanawiając się, czego w konkretnej kwestii oczekuje od nas Pan Bóg. I chyba trudno się dziwić takiemu stanowi rzeczy. Jeżeli chcielibyśmy mieć na wszystko gotową odpowiedź od Stwórcy, Dekalog zapewne nie mógłby liczyć dziesięciu przykazań, a musiałby mieć ich tysiące, jeśli nie więcej. Nigdzie w Biblii, ani też w żadnych pismach Ojców Kościoła nie znajdziemy bezpośrednich sformułowań w stylu „ład przestrzenny zachowywać” czy „zaniedbywanie ładu przestrzennego jest grzechem”. Nie oznacza to jednak, że dyskusja nad pytaniem, czy Bóg wymaga od nas ładu przestrzennego, nie ma sensu! Rozmyślając nad tematem eseju zaprzagnąłem przez moment postawić zdecydowaną tezę w stylu: „tak, Bóg tego wymaga” czy też „nie, nie wymaga”, lecz stwierdziłem, iż jest mi niezmiernie trudno opowiedzieć się albo za jedną, albo za drugą opcją tak „po prostu”. Proponuję więc jeszcze inną tezę, będącą owocem podjętej refleksji nad problemem: Bóg nie stawia wymagania sensu stricto: „ład przestrzenny być musi i koniec, kropka”. Niemniej jednak ład przestrzenny jest w moim przekonaniu miły Bogu, a utrzymanie tego ładu pomaga nam Go spotkać, przynosząc przy tym duchowe korzyści.

Uściślijmy najpierw czym ów ład przestrzenny jest. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 717) nazywa nim „takie ukształtowanie przestrzeni, które tworzy harmonijną całość oraz uwzględnia w uporządkowanych relacjach wszelkie uwarunkowania i wymagania funkcjonalne, społeczno-gospodarcze, środowiskowe, kulturowe oraz kompozycyjno-estetyczne.” Brzmi to jednak dosyć sucho, urzędowo, a nawet niezrozumiale. Zdecydowanie bardziej przemawia do mnie definicja T. Markowskiego: „Ład przestrzenny to piękno harmonijnej zgodności istnienia środowiska antropogenicznego (...) ze środowiskiem przyrodniczym” [1]. Słowa, które wydają mi się najbardziej absorbujące w tej definicji, to „piękno” i „harmonia”. Te pojęcia są oczywiście względne i trudno wrzucić je do przysłowiowego „jednego worka” wraz z ładem przestrzennym, ale w moim odczuciu, pojęcie „ładu przestrzennego” koegzystuje w pewien sposób z pojęciem „harmonii”. Raczej nie jest przypadkowe, że gdy mówi się o nieładzie przestrzennym, często wskazuje się na panujący chaos (np. w kolorach elewacji budynków w jednej pierzei). A harmonia wydaje się być przecież przeciwieństwem chaosu! Piszący o kształtowaniu systemów krajobrazowych T. J. Chmielewski (2012, s. 328) podkreśla, że



„kompozycję oceniamy jako pozytywną, gdy jest wykonana w myśl zasad ładu i harmonii”. Oczywiście – nie wszędzie tam, gdzie istnieje piękno lub harmonia, jest ład przestrzenny. Próżno bowiem szukać go w pięknym obrazie czy kojącej, wysokiej klasy muzyce. Niemniej jednak, jeśli spojrzymy na sprawę odwrotnie – wydaje się, że tam, gdzie ów ład jest, istniejąca kompozycja urbanistyczna powinna wzbudzać uczucie harmonii, a w wielu przypadkach też obcowania z pięknem.

Jak to wszystko ma się do Pana Boga? Biblijna Księga Mądrości nazywa Go „Twórcą piękności” (Mdr 13, 3), dodając: „Bo z wielkości i piękna stworzeń poznaje się przez podobieństwo ich Stwórcę” (Mdr 13, 5). Sięgnąć możemy też do prawa ziemskiego. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej, w swej preambule, określa Boga „źródłem piękna”. Wokalista, malarz i poeta Tomasz Budzyński (2011, s. 5) w niezmiernie ciekawym wywiadzie opublikowanym na łamach „Tygodnika Powszechnego” dochodzi do takiego oto wniosku: „(...) to człowiek, to my sami, podzieliliśmy sobie rzeczywistość na sacrum i profanum. Wydarliśmy Panu Bogu kawałek stworzenia, żeby porobić parę rzeczy z założenia nie-świętych, mówiąc: tu Pana Boga nie będzie.” Dalej robi się jeszcze ciekawiej: „To pytanie mnie nie opuszcza: czemu ludzie w górach się witają, a na moim osiedlu już nie? (...) W tym pięknie, którego doświadczasz w górach, chcąc nie chcąc, jest Bóg – i dusza ludzka to wyczuwa. A co czuje na peerelowskim osiedlu? To człowiek zbudował te okropne bloki i jest mu w nich źle.”

Z przytoczonymi cytatami można by oczywiście polemizować. Ktoś mógłby zapytać, dlaczego Pan Bóg – „źródło piękna” – stworzył też np. budzące odrazę dżdżownice? Poza tym osobiście niezupełnie zgadzam się z T. Budzyńskim w sprawie bloków – może zaistnieć przecież sytuacja, w której komuś peerelowskie osiedle się podoba i przebywanie w nim pomaga mu dobrze żyć. To jednak kwestie bardziej szczegółowe. Przywołane wypowiedzi według mnie dowodzą mimo wszystko, że w rzeczach pięknych znacznie łatwiej jest odnaleźć Stwórcę. Z punktu widzenia gospodarki przestrzennej interesujące są nie tyle rzeczy piękne, co pięknie i harmonijnie zagospodarowane przestrzenie. Trudno mieć złudzenia, że tak jak przestrzeń chaotyczna i brzydka wzbudza negatywne emocje, tak przestrzeń ładna i harmonijna sprzyja duchowi. Piękno i harmonia są bowiem z pewnością bliskie Bogu, w przeciwieństwie do wszelkiej brzydoty. Myślę, że warto przytoczyć tu zdanie B. Jałowickiego (2011, s. 99) o ładzie przestrzennym jako jednym z warunków przyswojenia przestrzeni: „Oceniać go można (ład – przyp. aut.) za pomocą kryteriów strukturalnego uporządkowania (...), estetyki, harmonii itp. Idąc ulicami dobrze utrzymanego starego miasta, niejako instynktownie wyczuwamy istnienie ładu w tym fragmencie przestrzeni. Odwrotne wrażenia towarzyszą nam przy wjeździe do wielu miast, w których obserwujemy przemieszanie różnego rodzaju zabudowy (...), lizajowatość fasad, brzydotę budynków fabrycznych itd.”. Myślę zatem, że Bóg zaprasza nas do pięknego i harmonijnego urządzania środowiska wokół nas, którego estetyka posłuży owemu „wyczuwaniu ładu” i w konsekwencji wpłynie pozytywnie na nasze wnętrza i samopoczucie. To z kolei może znacząco przyczynić się nie tylko do utrzymania w pokoju i radości relacji z Bogiem, ale i innymi ludźmi. Przykładem może być miejska zieleń – myślę, że nie trzeba nikogo przekonywać, jak jej obecność w mieście poprawia nasz nastrój.

Chciałbym teraz poruszyć nieco inny wątek. Otóż w naszych rozważaniach pojawia się pewien nieunikniony cień. Wielu z nas pragnie ładu przestrzennego i piękna, ale znając realia, czujemy smutny rozdźwięk między tym, jak powinna wyglądać przestrzeń publiczna, a tym, jak niestety często prezentuje się w rzeczywistości. Podjąłem pewną refleksję nad przykazaniem siódmym. „Nie kradnij” – ono powiada. Chciałoby się odruchowo zapytać, co też ma wspólnego zakaz kradzieży z ładem przestrzennym. Poszukajmy szerszej interpretacji. Ks. M. Kaszowski w internetowych „Podstawach nauki Kościoła katolickiego w pytaniach i odpowiedziach” [2], tłumacząc grzechy przeciw rzeczonemu przykazaniu, pisze tak: „Jak nie można kraść własności bliźniego, tak też nie można mu jej niszczyć. Grzechem jest także niszczenie własności wspólnej,

która ma służyć wielu ludziom.” I teraz dochodzimy do meritum: czy ład przestrzenny nie jest przecież własnością wspólną? Dla mnie nie tylko własnością, ale i dobrem! Czy ktoś to potwierdzi? Przeszukując zasoby sieci, znalazłem list Prezydenta RP Bronisława Komorowskiego, wystosowany z okazji wręczenia nagród w XVIII Ogólnopolskim Konkursie „Modernizacja Roku 2013” [3], w którym pisze on tak: „Potrzebujemy pozytywnych wzorców i inspiracji do przekształcania naszej przestrzeni publicznej. (...) Ład przestrzenny to nasze wspólne dobro, które przeżyciem następnym pokoleniom.” Choć wypowiedź pochodzi ze świata polityki, a poglądy polityczne społeczeństwo ma bardzo zróżnicowane, to sądzę, że trudno się z nią nie zgodzić. Uważam, że jako obywatel mojego miasta, województwa, wreszcie kraju i świata, mam prawo, by przestrzeń, w której funkcjonuję, cechowała się ładem przestrzennym, który w tym wypadku stanowić będzie dobro wspólne. Oczywiście tym samym zobowiązuję siebie samego do dbałości o swoje otoczenie, ale przecież na wiele sytuacji nie mam wpływu. Czy mogę zaradzić szalonym gustom inwestorów, wrażliwości estetycznej właściciela domu, który wjazd na posesję „przyozdobił” tandetnymi dekoracjami? Czy mogę zmienić mentalność chuliganów bazgrolących po budynkach? Itd. Czy wobec tego naruszanie ład przestrzenny stanowi degradację wspólnego dobra? To pytanie w moim przekonaniu pociąga za sobą kolejne: jak wiele osób pragnie żyć w uporządkowanej przestrzeni i dla jak wielu z nich stanowi ona dobro wspólne? Jak wspomniałem, dla mnie bez wątplenia ład przestrzenny jest wspólnym dobrem, ale trudno jest odpowiedzieć na pytanie: dla jak wielu on nim jest?

Czy Bóg wymaga od nas ład przestrzenny? Po rozwinięciu tego wątku z jeszcze większą trudnością głowię się nad pytaniem stanowiącym tytuł eseju. Mimo tego, dalej twierdzę, że Stwórca nie stawia nam tego wymagania sensu stricto. Myślę, że Pan Bóg raczej wzywa nas do refleksji, do swego rodzaju opamiętania się... Być może gdyby ludzie oprzytomnieli i docenili rolę ład przestrzenny, zaczęliby jednocześnie traktować zadbaną przestrzeń w kategorii dobra wspólnego, a nie jak coś, o co troszczy się z wyłączeniem z narzuconego obowiązku. Może wówczas obostrzenia pomagające zachować ład przestrzenny zostaną potraktowane jako coś naturalnego, co służy zachowaniu powszechnego dobra (jak np. ochrona parków narodowych), a nie jako niepotrzebny zamach na wolność i swobodę.

Reasumując, czuję, że podjąłem próbę przyjrzenia się problemowi ciekawemu, aczkolwiek wyjątkowo trudnemu i refleksyjnemu. I wciąż ze smutkiem patrzę, jak wielu ludzi za nic ma jakość wspólnej przestrzeni. Chciałbym jednak wierzyć (co jest szalenie trudne), że powszechniejsza będzie kiedyś świadomość, że w przestrzennym niechlujstwie może być trudno spotkać Pana Boga. Jak kilka razy wspomniałem, w moim przekonaniu Bóg nie wymaga od nas ład przestrzenny, a jedynie zaprasza do tworzenia takiego porządku przestrzeni, który dobry będzie sprzyjał rozwojowi naszego wnętrza i pomagał nam żyć w zgodzie z Nim i innymi ludźmi. Uważam, że jeśli ludzie zrozumieliby kiedyś wagę problemu, to nie będą potrzebować surowych wymagań czy obostrzeń, a kształtowanie zadbanej przestrzeni brać się będzie ze świadomej potrzeby, a w głębi serca – z chęci życia w harmonii z naturą i obecnym w niej Stwórcą.

## Literatura

- Budzyński T., 2011. Profanum to kicz, *Tygodnik Powszechny*, nr 50, 11 grudnia 2011 r., s. 5.
- Chmielewski T. J., 2012. *Systemy krajobrazowe. Struktura – funkcjonowanie – planowanie*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jałowicki B., 2011. *Człowiek i przestrzeń* [w:] M. Malikowski, S. Solecki (red.), *Spółczesność i przestrzeń zurbanizowana*. Teksty źródłowe, Wydawnictwo Uniwersytetu Rzeszowskiego, Rzeszów, 89-101.
- Kaszowski M., 2016. *Podstawy nauki Kościoła Katolickiego w pytaniach i odpowiedziach*, [www.teologia.pl](http://www.teologia.pl), dostęp: 04.05.2016.

*Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej* (Dz. U. 1997 nr 78 poz. 483).

Markowski T., 2016. *Ład piękno harmonia*, [www.ladnamazowszu.org.pl/ludzie/tadeusz-markowski](http://www.ladnamazowszu.org.pl/ludzie/tadeusz-markowski), dostęp: 04.05.2016.

*Oficjalna strona Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej*, [www.prezydent.pl](http://www.prezydent.pl), dostęp: 04.05.2016.

*Pismo Święte Starego i Nowego Testamentu*, 1990. Pallottinum, Poznań.

*Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* (Dz. U. 2003 nr 80 poz. 717).

### **Źródła internetowe**

[1] *Ład na Mazowszu* [www.ladnamazowszu.org.pl/ludzie/tadeusz-markowski](http://www.ladnamazowszu.org.pl/ludzie/tadeusz-markowski)

[2] *Podstawy nauki Kościoła katolickiego w pytaniach i odpowiedziach* [teologia.pl](http://teologia.pl)

[3] *Oficjalna strona Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej* [www.prezydent.pl](http://www.prezydent.pl)

**Krótką notką o autorze:** *Student III roku studiów I stopnia na kierunku gospodarka przestrzenna Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego; zainteresowania: gospodarka przestrzenna, problemy ładu przestrzennego i krajobrazu, percepcja przestrzeni miejskiej, transport publiczny, liturgia katolicka, krajoznawstwo.*

## Ważni członkowie atmosfery – Bioaerozole

**Kinga Wiśniewska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii

Email: aretawisniewska21@op.pl

**Tutor: prof. UG dr hab. Anita Lewandowska**

Instytut Oceanografii, Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego

**Słowa kluczowe** – *atmosfera, bioaerozole, powietrze*

Jak podaje Nowa Encyklopedia Powszechna PWN (1973) – atmosfera jest to gazowa powłoka otaczająca kulę ziemską. Dzieli się ona na troposferę, stratosferę, mezosferę, termosferę i egzosferę. Parafrazując, możemy nazwać ją kopertą otaczającą naszą planetę. Głównymi składnikami wchodzącymi w jej skład są azot, tlen, argon, dwutlenek węgla oraz para wodna (łącznie 99,9%). Ważnym jej składnikiem wydają się być także bioaerozole, obecne w najbliższej Ziemi warstwie atmosfery – troposferze. Są to cząstki biologiczne zawieszane w powietrzu, których rozmiary wahają się od 1 nm do 100  $\mu\text{m}$  (Despres i in., 2011). W ich skład wchodzi mikroorganizmy, a także struktury takie jak łupież zwierzęcy czy pył roślinny. Występują one zarówno w strefach morskich, jak i lądowych (Grzyb i Frączek, 2010). W niniejszym eseju pragnę skupić się na bioaerozalach obydwu terytoriów. Przedstawię, w jaki sposób bioaerozole są transportowane do atmosfery oraz co sprawia, że upodobały sobie to środowisko. Ponadto moim celem jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie, jaką rolę pełnią one w przyrodzie i dlaczego są ważne?

Bioaerozole cechują się przede wszystkim dużą bioróżnorodnością. Zaliczamy do nich bakterie, grzyby, rośliny, glony oraz wirusy. Ich obecność jest zdeterminowana warunkami środowiskowymi, dlatego też innych przedstawicieli tej grupy spotkamy w nadmorskim kurorcie, a innych w centrum zatłoczonego miasta. Pomimo małych rozmiarów, dużą rolę wśród bioaerozoli odgrywają bakterie. Beźdrowce te odznaczają się długim czasem rezydencji w atmosferze. Z racji tego, że są niedużej wielkości, mogą być one transportowane z wiatrem w odległe rejony. Występują w strefie lądowej, gdzie ich ilość jest oszacowana na  $10^4$  komórek na  $\text{m}^3$  powietrza oraz w rejonach morskich, gdzie ich koncentracja jest do 1000 razy mniejsza. Warto dodać, że bakterie koncentrują się w aglomeratach lub przyłączają się do organizmów roślinnych. Jednymi z najbardziej zróżnicowanych i szeroko rozpoznawalnych form życia na ziemi są archeony. Występują one także w bioaerozalach. Są one organizmami trudnymi do wykrywania i oznaczania. W związku z tym wciąż mało wiemy na ich temat. Kolejną formą występującą w bioaerozalach są grzyby. Spory grzybów znajdujących się w atmosferze często możemy zaobserwować postaci długich łańcuchów. Ich koncentracja jest przybliżona do koncentracji bakterii. Większość gatunków grzybów w bioaerozalach jest wciąż nieznana. Analiza DNA grzybów znajdujących się w atmosferze poszerza nasze informacje odnośnie ich różnorodności oraz rozprzestrzeniania. Wśród bioaerozoli możemy znaleźć także wirusy przyłączone do innych zawieszonych w atmosferze cząstek. Istnieje niewiele publikacji oceniających ich rzeczywistą ilość oraz przysposobienie. Wynika to z faktu, że w zależności od warunków środowiskowych grzyby mogą przybierać nieaktywną formę. Ostatnimi organizmami wartymi poruszenia są glony i sinice. Są one małych rozmiarów, poniżej 10  $\mu\text{m}$  co sprawia, że z łatwością

ulegają rozproszeniu w powietrzu. Natomiast ich zagęszczenie szacuje się na około 300-500 komórek na m<sup>3</sup> powietrza.

Każdy z powyższych organizmów jest elementem rozbudowanej sieci troficznej, a zatem oddziałuje nie tylko na środowisko ale i na inne organizmy. W większości przypadków analizie poddawane są oddziaływania antagonistyczne, takie jak powodowanie wzrostu zachorowalności nie tylko ludzi, ale także ryb czy ssaków morskich. Jednak nie można zapomnieć o tym, że niektóre z nich biorą udział w cyklach obiegu pierwiastków np. węgla czy azotu. Mogą być one także zaangażowane w produkcję metanu bądź asymilację aminokwasów. Zapoznawszy się z taksonami obecnym w atmosferze, warto przeanalizować, w jaki sposób docierają one do środowiska. Jak wiadomo pomiędzy sferami ziemskimi występuje ciągła wymiana substancji. Zarówno hydrosfera, biosfera, litosfera, jak i atmosfera wspólnie tworzą wiele cykli. Przykładem wymiany między hydrosferą a atmosferą jest właśnie transport bioaerozoli. Mechanizm ten polega na emisji pęcherzyka powietrza, który wędruje z głębi toni wodnej ku powierzchni, następnie pęka, uwalniając zgromadzone składniki do atmosfery. Ich powstawanie jest powodowane działalnością wiatru, falowania, a także wzmoczoną produkcją biologiczną oraz nagłym nagrzaniem się powierzchni wody. Badania dotyczące wynoszenia pęcherzyków z toni wodnej wskazują na istnienie zależności między przebyciem przez nie drogą, a ilością organizmów uwolnionych z pojedynczej kropli. Jak łatwo się domyślić, pęcherzyk wędrujący ku powierzchni wyłapuje między innymi bakterie, zatem im dłuższy odcinek pokona, tym więcej organizmów zostanie wyemitowanych do atmosfery. Warto tu wspomnieć, że skład wody determinuje jakie bioaerozole i w jakiej koncentracji zostaną przeniesione do atmosfery. Mając do czynienia ze zbiornikiem zanieczyszczonym, bogatym w szkodliwe bakterie, możemy przypuszczać, że wpłynie to negatywnie na stan jakości powietrza. Bioaerozole są submikronowych rozmiarów, co sprzyja ich przenoszeniu z wiatrem. Dotyczy to zarówno środowiska morskiego, jak i lądowego. W ten sposób drobnoustroje, mające swoje źródło w rejonach zurbanizowanych mogą być przeniesione nad tereny dotychczas nimi nie zanieczyszczone. Zatem skutków zanieczyszczenia rejonów zurbanizowanych należy się spodziewać nie tylko w samym rejonie emisji, ale także w okolicach oddalonych od niego.

Wykształcenie cech pozwalających na zawieszenie organizmu w powietrzu można uznać za dobrą strategię sprzyjającą jego rozprzestrzenianiu się. Znając drogę transportu mikroorganizmów rozważmy jakie czynniki pozwalają im zasiedlać dane środowisko. Ze względu na brak składników odżywczych siedlisko, jakim jest atmosfera nie sprzyja rozwojowi mikroorganizmów. Mimo to panuje w nim wysoka bioróżnorodność. Jednak koncentracja bioaerozoli determinowana jest wieloma czynnikami. Podstawowe z nich to wiatr i temperatura. Jak wynika z badań prowadzonych na terenach zurbanizowanych, zauważalna jest wprost proporcjonalna zależność między siłą wiatru i koncentracją bakterii w powietrzu. Wraz z występowaniem silnego wiatru może nastąpić wzrost liczby bakterii nawet o kilkaset procent (Michalska i in., 2010). Istnieją taksony grzyba takie jak *Ascomycotia*, które do zwiększenia swojej liczebności potrzebują względnie ciepłych i suchych warunków, inne zaś wymagają wilgoci (Urbano i in., 2011). Sinice z kolei preferują skrajnie ekstremalne warunki. Duży wpływ na koncentrację bioaerozoli w powietrzu mają także radiacja słoneczna, antropopresja oraz czynniki meteorologiczne. Ze względu na te ostatnie jesteśmy w stanie ocenić zmienność sezonową bioaerozoli w rejonie Zatoki Gdańskiej. Bakterie psychofilne osiągają maksimum fluktuacji wiosną, zaś minimum latem. Z kolei bakterie mezofilne swoje maksimum osiągają jesienią, a w pozostałych porach roku nie wykazują istotnego zróżnicowania. Za porę roku o minimalnej fluktuacji uznano wiosnę. W przypadku grzybów największe zagęszczenie w metrze sześciennym powietrza przypada latem, a zimą jest kilka razy mniejsze (Kruczalak i in., 2002) Porównując zagęszczenie powyższych organizmów w rejonie Zatoki Gdańskiej, możemy śmiało stwierdzić, że dominującą formą są grzyby. Różnice te spowodowane są różnymi zakresami tolerancji poszczególnych grup organizmów oraz drogą, za pomocą której dostają się do atmosfery. Badania prowadzone w Trójmieście wykazały że

bakterie mezofilne, które miały swoje źródło w rejonie ujścia Wisły zostały przetransportowane wraz z wiatrem nad Zatokę Gdańską (Michalska i in., 2010).

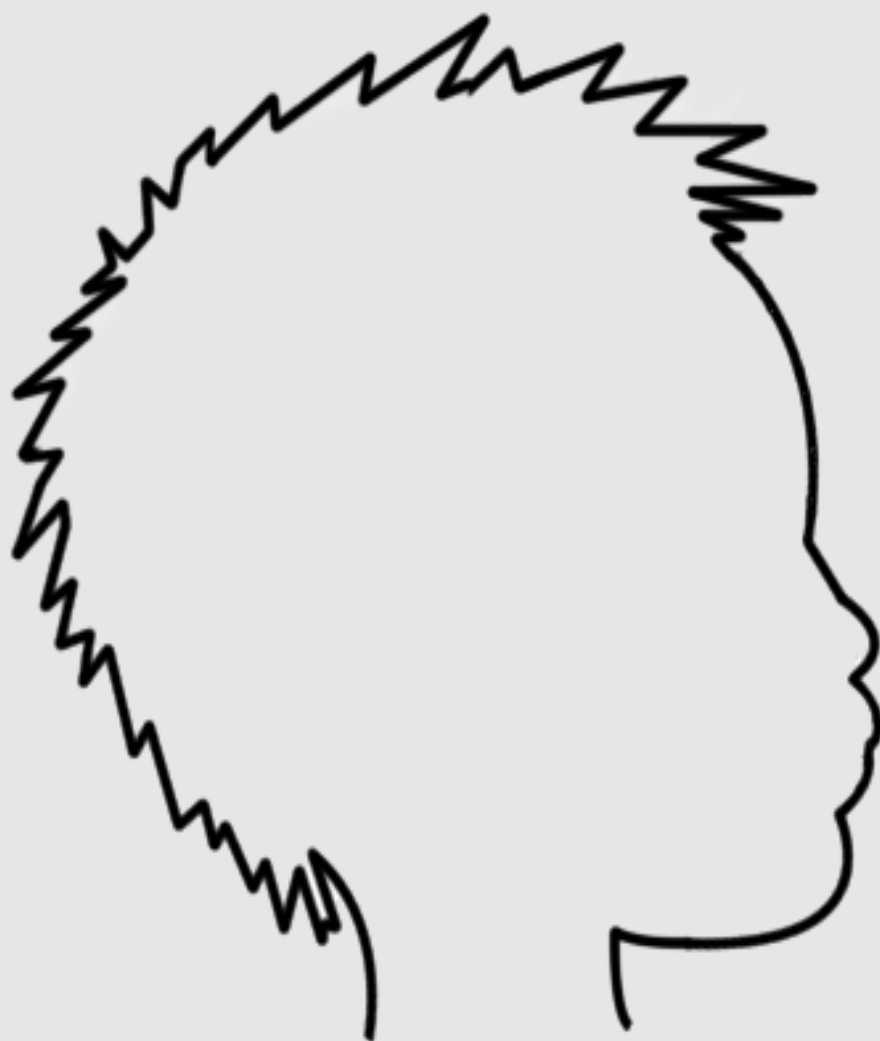
Podsumowując, bioaerozole chociaż niewidoczne gołym okiem odgrywają dużą rolę w atmosferze. Biorą one udział w cyklach pierwiastków, angażują się w obiegi między sferami. Są bioindykatorami, dzięki którym możemy ocenić stan środowiska poszczególnych rejonów w określonych porach roku. Ponadto mogą przyczyniać się do wzrostu zachorowalności organizmów, a nawet ich śmiertelności. W pewnych sytuacjach sprzyja to naturalnej selekcji. W związku z powyższym niezbędny jest stały monitoring bioaerozoli z określeniem ich dokładnego składu chemicznego i koncentracji w powietrzu w różnych rozmiarach wielkości cząstek. Wiele faktów dotyczących organizmów wchodzących w skład bioaerozoli jest wciąż nieznanych. Miejmy nadzieję, że w przyszłości poznamy kolejne i ważne właściwości tych członków atmosfery.

## Literatura

- Despres V., Huffman J.A., Burrows H.M., Hoose C., Safatov S.A., Buryak G., Froklich-Nowoisky J., Elbert W., Andreae M.O., Poschl U. i Jaenicke R., 2012. Primary biological aerosol particles in atmosphere a review. *Tellus B*, 64, 15598, DOI: 10.3402/tellusb.v64i0.15598.
- Grzyb J., Frączek K., 2010. Badania nad rozprzestrzenianiem się aerozolu bakteryjnego w Krakowie. *Science Nature Technologies*, 4, 1-8.
- Kruczalak K., Oleńczuk-Neyman K., Marks R., 2002. Airborne microorganic. Fluctuations over the gulf of Gdańsk coastal zone. *Polish Journal of Environmental Studies*, 11, 531-536.
- Michalska M., Bartoszewicz M., Cieszyńska M., Nowacki J., 2010. Bioaerosols on Tri-city (Gdańsk-Sopot-Gdynia) beaches. *Int Marit Health*, 61, 41-43.
- Nowa Encyklopedia Powszechna PWN*, 1973. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, t. 1.
- Urbano R., Palenik B., Gaston C.J., Prather K.A., 2011. Detection and phylogenic analysis of coastal bioaerosols using culture dependent and independent techniques. *Biogeosciences*, 8, 301-309.

**Krótką notką o autorze:** Studentka II roku I stopnia oceanografii. Zainteresowana procesami zachodzącymi w atmosferze, zmianami klimatycznymi i ich wpływem na organizmy żywe.

ARTYKULEY



## Truciciel dziko-miejskiej przestrzeni

**Iga Mercedes Budzyńska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail:imb85@op.pl

**Tutor: prof. UG, dr hab. Joanna Fac-Beneda**

Instytut Geografii, Katedra Hydrologii

**Streszczenie:** *Celem niniejszej pracy jest próba spojrzenia na zanieczyszczenie wód z punktu widzenia mieszkańców. W kwietniu 2015 r. przeprowadzono patrolowe pomiary przepływu oraz wybranych parametrów fizyczno-chemicznych, które potwierdziły badania WIOŚ stwierdzające zły potencjał ekologiczny Regułki i Utraty.*

**Słowa kluczowe** – *Regułka, Utrata, Pruszków, zanieczyszczenie wód*

### Wstęp

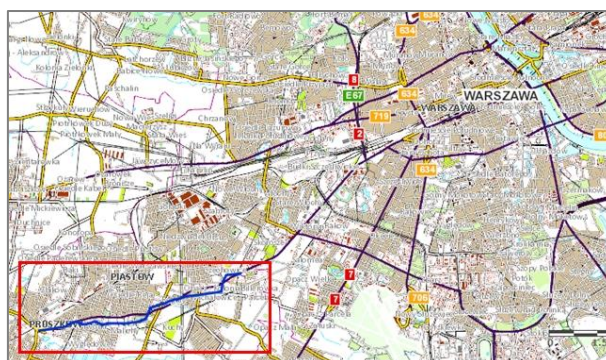
Zieleń w mieście najczęściej kojarzy się z długimi parkowymi alejami, pomnikami, mostkami, rzeczułkami i stawikami, z rondami usłanymi dywanami kwiatów i donicami pod urzędem miasta. Natura idealna, zaprojektowana, wyregulowana i spełniająca wszelkie normy estetyczno-prawne. Jednak zieleń miejska to nie tylko sielankowy obraz rodziny na równo przystrzyżonym trawniku. Istnieje druga, mniej reprezentatywna twarz miejskiej zieleni, twarz o której może nie wiemy, a może nie chcemy wiedzieć. Błotno muliste kanaliki, co i rusz zasilane dopływem ścieków. Miejska dżungla, w której schronienie znajdują zarówno sarna jak i obrośnięty mchem but. Odpychające tereny na uboczu tętniących życiem uliczek.

### Położenie obszaru badań

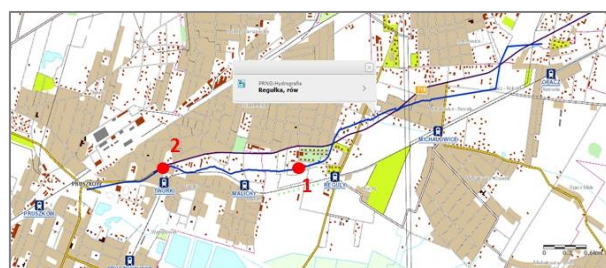
Nie trzeba daleko szukać, by osobiście się o tym przekonać. Na zachód od Warszawy tuż obok ruchliwych Alei Jerozolimskich płynie ciek nazywany przez miejscowych Regułą (Ryc. 1). To również nazwa ciek według danych z dnia 06.05.2015 r. (geoportal.gov.pl). Nieporządek panuje jednak nie tylko w okolicy rowu, ale również w nazewnictwie. W skali 1:50 000 jest to Rów Malichy - Reguła (MPHP), w skali 1:200 000 Regułka IV (dopływ spod Michałowic) (Czarnecka i in., 2005). W państwowym rejestrze nazw geograficznych (PRNG) widnieje z kolei nazwa Rów U1 (Nazewnictwo, 2006). W pracy posłużono się nazwą Regułka. Nie należy jej mylić z bezpośrednim dopływem Wisły - Regułą położoną w woj. małopolskim w okolicy miejscowości Regulice.

Według Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej, jest to Rów Regułka (Ryc. 2), przepływa on przez Opacz, Michałowice, Piastów, Reguły, Tworki i Pruszków, gdzie wpada do Utraty. Mały ciek o przepływie  $Q = 0,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Ryc. 2, pkt.1) i  $Q = 0,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Ryc. 2, pkt.2) podczas budowy i remontu trasy został włożony w betonowe koryto. Na wysokości Reguły betonowe dno kończy się, a rów znacznie się poszerza i pogłębia. Regułka przepływa tu przez park, gdzie zasila stawik (Ryc. 2, pkt. 1).





Ryc. 1. Położenie ciek Regułka [1]



Ryc. 2. Miejscowości wzdłuż biegu Regułka

## Wyniki

Mieszkańcy chętnie przychodzą nad rzekę, dzieci bawią się na wydzielonym placu, seniorzy siedzą na ławkach i dokarmiają pływające po stawie kaczki. Wszystkie śmieci lądują w jednym z wielu postawionych w parku koszy, a właściciele psów mogą posprzątać po swoim pupilu, w parku postawione są bowiem specjalne kosze i papierowe torebki do tego celu przeznaczone. Obserwując taki park można dojść do wniosku, że jesteśmy w stanie żyć w harmonii z otaczającym środowiskiem, a miejsca zielone, szczególnie cenne w mieście, są szanowane i otaczane opieką, zarówno przez mieszkańców, jak i administrację. Nic bardziej mylnego. Wystarczy przejść parę kroków by zobaczyć, że takie parki są tylko fasadą, maską zakrywającą naszą mentalność śmieciarza-kombinatora, który dla zysku, lub z nikomu nie pojętych przyczyn, zaśmieci i zatruje wszystko, co znajduje się za płotem jego działki. Idąc dalej wzdłuż Regułka wkraczamy w zupełnie inny świat, położony gdzieś na tyłach naszych działek, tuż za płotami naszych domów. Grząski grunt i gąszcz gałęzi, a w lecie również wysokich traw i pokrzyw skutecznie odstrasza od zwiedzania tych miejsc, my jesteśmy jednak nieugięci. Niczym Indianie w amazońskiej puszczy przedzieramy się przez gęstwinę, by wkrótce odkryć wstydliwą tajemnicę naszej „dżungli”, a są nią śmieci. Zaczynając od tradycyjnych już butelek, lodówek, opon i gruzu, po przez te bardziej oryginalne; plastikowy smok który najwyraźniej wybrał wolność i w nowym środowisku bezskutecznie poszukuje pobratymców, unoszący się na wodzie basenik dziecięcy (Ryc. 3), utkwiony na gałęzi uniemożliwiającej mu dalszy rejs, wspomniany we wstępie omszony but, zapomniany przez właściciela, bezlitośnie oddzielony od drugiego.



Ryc. 3. Zaśmiecone koryto ciek

Jednak tak typowy dla naszych lasów festiwal śmieci to nie wszystko. Dalej krajobraz brutalnie przecina budowa. Wściekle żółte koparki i tymczasowe mostki z desek zdają się krzyczyć; „jesteśmy tu, ucywilizujemy tą dziczą”. Cywilizowaniem dziczy zajął się również tytułowy truciciel, wzbogacając regułą o szarobury, stu procentowo cywilizowany, ściek. Wypluwana z betonowej rury, mętna zawiesina, miesza się z przejrzystą wodą Reguły, nadając jej barwę asfaltu i zapach rozkładu (Ryc. 4). Zły stan wody w Regułce potwierdzają badania Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie (Stan środowiska, 2014). Potencjał ekologiczny Utraty określono jako zły. Jak wynika z własnych badań (Ryc. 5, Tab. 1) Regułka „wzbogaca” Utratę o sód, potas, magnez, wapń, fluorki, chlorki, bromki i siarczany. W tabeli zestawiono wyniki analizy trzech próbek; punktu A z Utraty przed ujściem Reguły, punktu B z pruskowskiego odcinka Reguły oraz punktu C z odcinka Utraty za ujściem Reguły.



Ryc. 4. Niekontrolowany zrzut ścieków do Reguły



Ryc. 5. Lokalizacja punktów poboru wody

Tab.1. Wybrane parametry fizyczno-chemiczne wód Utraty i Regułki

Parametr [mg·dm <sup>-3</sup> ]	Utrata pkt. A	Regułka pkt. B	Utrata pkt. C
Sód	42,73	52,11	44,23
Amoniak	0,57	0,60	0,51
Potas	7,28	5,58	7,32
Magnez	11,49	14,43	11,79
Wapń	88,12	108,62	90,40
Fluorki	0,17	0,23	0,23
Chlorki	61,11	118,04	71,39
Bromki	nw	0,11	0,02
Fosforany	nw	0,03	nw
Siarczany	69,41	107,44	78,68
Przewodność	634	710	599
pH	8,23	7,96	8,02
Zawiesina ogólna	378	429	361

Co miłośnik przyrody robi w takim miejscu? Czy nie lepiej wybrać się na spacer do lasu a nie szwendać się na tyłach fabryk, podążając za płynącym tuż za ich płotami rowem? Może to dziwić ale takie miejsca są schronieniem dla wielu zwierząt. Oprócz śmieci znaleźć można tu ciszę, którą doceniają sarny polne. Zauważone szybko uciekają, zostawiając po sobie jedynie ślady racic. Idziemy więc dalej. Zarośla powoli się rozrzedzają, widać w oddali trasę kolejki i ulicę. Szara struga przepływa przez wyregulowane palikami koryto. Brzeg wyściela soczyście zielona trawa z rolki, obok widać liche sadzonki które w przyszłości mają tworzyć szpaler drzew. Zbliżamy się już do końca naszej wyprawy. Cuchnący ściek przepływa dyskretnie w dole ulicy (Ryc.6).



Ryc. 6. Regułka na wysokości Tworek (pkt 2, Ryc. 2)

Docieramy do parku w Pruszkowie. I tu obserwujemy sielankowy obraz miejskiej społeczności relaksującej się na łonie natury (Ryc. 7). Widzimy również Utratę i szarą wstęgę

wpływającej do niej Regułki. I nic się nie dzieje, nikt się nie dziwi. Dzieci dalej się bawią, dorośli dalej spacerują. Szara rzeka zostaje niezauważona. Ale czy napewno? Warto się zastanowić co my możemy zrobić, by poprawić jakość wód.



Ryc. 7. Park Potulickich w Pruszkowie, (fot. Mariusz Finkielsztein)

## Literatura

Czarnecka H., Dobrowolski A., Głowacka B., Hołdakowska J., Krupa-Marchlewska J., Lebiecki M., Rawicka E., Zaniewska M., 2005. *Atlas podziału hydrograficznego Polski*. IMGW. Seria atlasy. Wyd. Wojskowe Zakłady Kartograficzne. Warszawa.

Nazewnictwo Geograficzne Polski. *Hydronimy*. 2006. Tom 1, Warszawa.

*Stan środowiska w województwie mazowiecki w 2013 roku*. 2014. Wojewódzki Inspektorat w Warszawie. Warszawa.

## Źródła internetowe

[1] <http://mapy.geoportal.gov.pl/imap> (06.05.2015).

**Krótką notką o autorze:** *Studentka II roku oceanografii I stopnia. Z zamiłowania przyrodnik. Zainteresowania badawcze dotyczą popularyzacji nauki i ochrony środowiska (zwłaszcza morskiego). Udziela się również w radiu studenckim MORS oraz Studenckim Kole Naukowym Oceanografów. Wolny czas poświęca podróżom oraz żeglowaniu. Nie wyobraża sobie dnia bez muzyki i jazdy rowerem.*



## Woda w strefie zero

**Michał Jankowski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: micjan@protonmail.com

**Tutor: prof. UG dr hab. Joanna Fac-Beneda**  
Instytut Geografii, Katedra Hydrologii

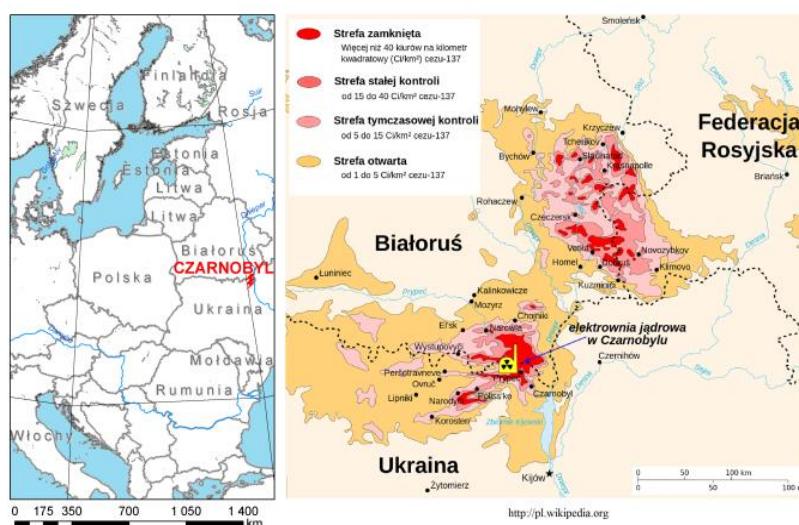
**Streszczenie:** *Celem niniejszej pracy jest ukazanie różnych spojrzeń na skutki awarii elektrowni atomowej, jaka miała miejsce w 1986 roku w ukraińskiej miejscowości Czarnobyl. W pracy skupiono się głównie na oddziaływaniu na hydrosferę, zarówno w sąsiedztwie reaktora, który uległ awarii, jak i obszarom znacznie oddalonym od miejsca katastrofy (Finlandia, Włochy). Przedstawiono wyniki badań naukowych mających na celu między innymi scharakteryzowanie oddziaływania cząstek promieniotwórczych na wodę.*

**Słowa kluczowe** – Czarnobyl, woda, skażenie, strefa zero

### Wstęp

Czarnobyl jest miejscem kojarzonym głównie z katastrofą elektrowni atomowej. Przez ostatnie dziesięciolecie urosło wiele mitów i legend związanych z miejscem, które nazwano później strefą zero. Czy awaria elektrowni rzeczywiście przyniosła szeroko idące zmiany w ekosystemach? Jak odbiła się na funkcjonowaniu świata hydrosfery?

Celem niniejszej pracy jest ukazanie różnych spojrzeń na skutki awarii elektrowni atomowej, jaka miała miejsce w 1986 roku w ukraińskiej miejscowości Czarnobyl (Ryc. 1). W pracy skupiono się głównie na oddziaływaniu na hydrosferę, zarówno w sąsiedztwie reaktora, który uległ awarii, jak i obszarom znacznie oddalonym od miejsca katastrofy (Finlandia, Włochy). Przedstawiono wyniki badań naukowych mających na celu między innymi scharakteryzowanie oddziaływania cząstek promieniotwórczych na wodę.



Ryc. 1. Obszar objęty badaniem

## Wpływ cząstek promieniotwórczych na wody podziemne i powierzchniowe

Krótko po eksplozji reaktora jądrowego w elektrowni atomowej w Czarnobylu rozpoczęto prace mające na celu zniwelowanie skutków katastrofy. Gruzy, skażona materia organiczna oraz gleby zostały zakopane w licznych otworach w obrębie strefy skażenia. Niestety otwory zawierające niebezpieczne, radioaktywne materiały zostały rozlokowane na obszarach piaszczystych, które są utworami łatwo przepuszczalnymi. To doprowadziło do przenikania promieniotwórczych cząstek do wód podziemnych. Nawiązano współpracę międzynarodową pomiędzy Francją a Ukrainą mającą na celu ułatwienie określenia wpływu cząstek promieniotwórczych na wody podziemne. Jeden z otworów zlokalizowany w odległości 2,5 km od elektrowni atomowej został utworzony jako kontrolny (Chernobyl Pilot Site) i służył do kooperacyjnego monitorowania migracji radionuklidów w warstwach podziemnych. W otworze kontrolnym zaobserwowano obecność izotopu  $Sr^{90}$ . Natężenie promieniowania wyniosło 1000 Bq w odległości 15 m od punktu kontrolnego. Za sprawą swojej reaktywności migracja strontu jest opóźniona przez proces sorpcji. Mniej reaktywne nuklidy mogą migrować na większe odległości. Dzięki swoim właściwościom, jon chloru nie jest objęty sorpcją, dzięki temu może być odpowiednim kreślaczem charakterystyki maksymalnego zasięgu skażenia od strefy kontrolnej.

Tab. 1 Dane z piezometrów (Roux i inni, 2014, zmodyfikowane)

Piezometr (l.p.)	Średnia wysokość zwierciadła [m]	$^{90}Sr$ (mmol/L)	$Cl^-$ (mmol/L)	$^{36}Cl$ (mmol/L)
1	110,3	$4.0_{-10_{-10}} \pm 0.3_{-10_{-10}}$	$0.0221 \pm 0.0002$	$6.9_{-10_{-12}} \pm 1_{-10_{-12}}$
2	106,8	$5_{-10_{-12}} \pm 2_{-10_{-12}}$	$0.0235 \pm 0.0009$	$1_{-10_{-11}} \pm 0.3_{-10_{-11}}$
3	106,7	$4.8_{-10_{-11}} \pm 0.4_{-10_{-11}}$	$0.0214 \pm 0.0002$	$1_{-10_{-11}} \pm 0.2_{-10_{-11}}$
4	110,3	$8.3_{-10_{-9}} \pm 0.5_{-10_{-9}}$	$0.0300 \pm 0.0003$	$2_{-10_{-10}} \pm 0.8_{-10_{-10}}$
5	96,0	$<2.9_{-10_{-12}}$	$0.0567 \pm 0.0002$	$9.5_{-10_{-13}} \pm 0.5_{-10_{-13}}$
6	108,4	$<1.7_{-10_{-12}}$	$0.0102 \pm 0.0007$	$2.3_{-10_{-12}} \pm 0.6_{-10_{-12}}$
7	108,2	$6_{-10_{-12}} \pm 2_{-10_{-12}}$	$0.0100 \pm 0.0007$	$2.8_{-10_{-12}} \pm 0.8_{-10_{-12}}$
8	106,7	$5_{-10_{-12}} \pm 2_{-10_{-12}}$	$0.0130 \pm 0.0010$	$9.7_{-10_{-12}} \pm 3_{-10_{-12}}$
9	108,4	$2.5_{-10_{-10}} \pm 0.2_{-10_{-10}}$	$0.0122 \pm 0.0000$	$5.6_{-10_{-12}} \pm 1_{-10_{-12}}$
10	107,1	$6_{-10_{-12}} \pm 2_{-10_{-12}}$	$0.0149 \pm 0.0018$	$7.6_{-10_{-12}} \pm 2_{-10_{-12}}$

Lokalne wody podziemne wpływają do rzeki Prypeć. Aktywność promieniotwórcza w obrębie Chernobyl Pilot Site (CPS) wahała się w zakresie od 1 000 do 20 500 Bq w latach 1993-1995. W przybliżeniu 100 piezometrów zostało zainstalowanych w celu badania próbek wód w poszukiwaniu obecności cząstek promieniotwórczych. Zadbano również o stacje pogodowe badające opad atmosferyczny nad strefą CPS. W CPS badano objętościowe aktywności strontu  $^{90}Sr$ , koncentrację chlorków. W wodach podziemnych stwierdzono występowanie do czterokrotnie wyższych współczynników  $Cl^{36}/Cl$ . Zjawisko to można tłumaczyć jedynie wpływem antropogenicznym na ekosystem. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1. Średnia wysokość zwierciadła wahała się w przedziale 96 - 110,3 m. Największa koncentracja izotopu  $Sr^{90}$  zaznaczyła się w czwartym piezometrze, zaś najniższa w szóstym. Koncentracje jonu  $Cl^-$  zaznaczyły się mniej więcej w tych samych przedziałach w każdym z otworów kontrolnych. Bardziej zaznaczone są koncentracje

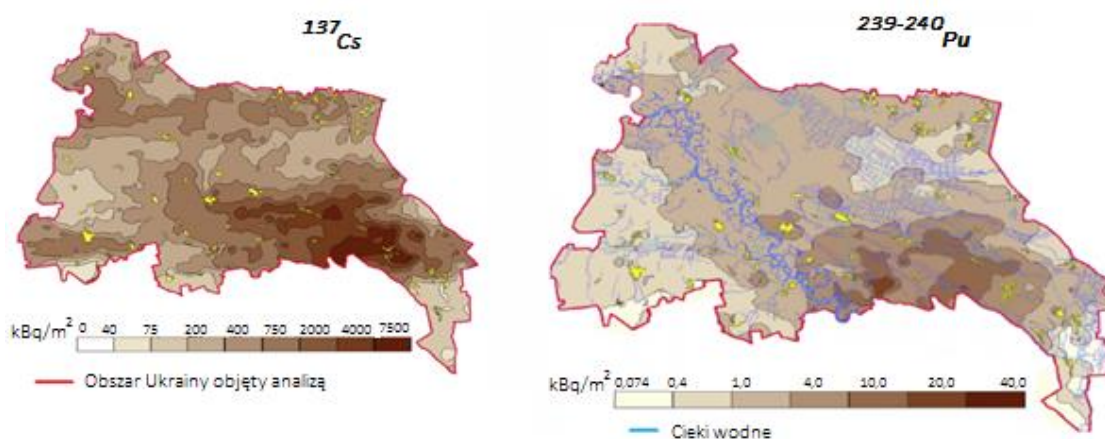
izotopu  $\text{Cl}^{36}$ . Największa koncentracja izotopu zaznaczyła się w ósmym piezometrze, zaś najniższa w trzecim. Dane wyraźnie wskazują na pochodzenie antropogeniczne jonu  $\text{Cl}^{36}$  w wodach podziemnych. Tak wysokie skażenie wód podziemnych jest w przeważającej mierze spowodowane wylądowaniem eksplozji w Czarnobylu (Roux, in., 2014).

Požary lasów są przypuszczalnie powodem redystrybucji radioaktywnych substancji do atmosfery. Tam odgrywają znaczącą rolę, jeśli chodzi o wpływ na poziom radioaktywności powietrznej. Z takim przypuszczalnym zjawiskiem ma się do czynienia w przypadku katastrofy reaktora jądowego w Czarnobylu. W przybliżeniu 6 milionów hektarów lasów mieszanych zostało skażonych przez radionuklidy. W tym 2 miliony hektarów zostało silnie skażonych. Są to obszary Ukrainy i Białorusi. Dodatkowo narażona jest ludność, która może doświadczyć skażenia z powodu dyspersji radioaktywnych cząstek w dymie uwalnianym podczas pożarów. Cząstki mogą być przenoszone wraz z masami powietrza na znaczne odległości.

Tab. 2 Rozkład gęstości radionuklidów uwolnionych do atmosfery jako wynik pożarów, depozycja na rzece Perstok oraz na zalanym obszarze Borschevsky (Bondar i in., 2014, zmodyfikowane)

Zbiornik wodny	Rzeka Perstok		Zalany obszar Borschevsky	
Radionuklid	$\text{Cs}^{137}$	$\text{Pu}^{239,240}$	$\text{Cs}^{137}$	$\text{Pu}^{239,240}$
Gęstość opadu [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	6573	86,9	6902	92,8
Dodatkowe ogólne zanieczyszczenie zbiornika [MBq]	580,4	7,67	81443,6	1095,04

Przeprowadzono kontrolowane spalanie roślinności w strefie zero. Badanie wykazało, że transport i osadzanie radioaktywnych cząstek podczas spalania lasów oraz łąk może następować na powierzchni zbiorników wodnych (Bondar i in., 2014). Ustalono, że transfer izotopów  $\text{Cs}^{137}$  i  $\text{Pu}^{239, 240}$  uwalnianych do atmosfery jako efekt pożarów w strefie zero do zbiorników wodnych może się odbywać się w dwóch skażonych obszarach Białorusi: rzece Perstok i zalanym obszarze Borschevsky. Wyniki badań depozycji w ciekach przedstawiono w tabeli 2. Badanie wykazało, że zbiorniki wodne pochłonęły cząstki radioaktywne. Największą ilość radionuklidu  $\text{Cs}^{137}$  jak i radionuklidu  $\text{Pu}^{239, 240}$  pochłonął zalany obszar Borschevsky. Olbrzymie różnice zaznaczyły się w ilościach dodatkowego ogólnego zanieczyszczenia zbiornika. Obszar zalany przyjął przeszło sto razy więcej zanieczyszczenia niż rzeka Perstok w przypadku nuklidu  $\text{Cs}^{137}$  oraz nuklidu  $\text{Pu}^{239, 240}$ . Wielkości skażenia promieniotwórczego przedstawiono na kartogramie (Ryc. 2). Największym skażeniem charakteryzuje się obszar południowo-wschodniej Ukrainy, zaś najmniejszym Ukraina zachodnia.

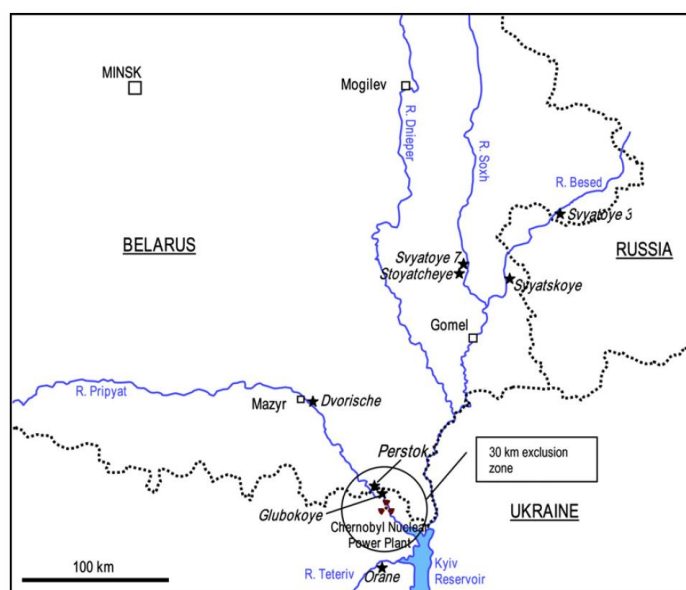


Ryc. 2. Izolinie natężenia promieniotwórczego na obszarze Ukrainy, (Bondar i in., 2014, zmodyfikowane)



## Wpływ cząstek promieniotwórczych na świat organiczny

Obecność mikro - bezkręgowców stwierdzono w ośmiu naturalnych jeziorach narażonych na skutki katastrofy czarnobylskiej. Zbiorniki wodne były obiektem oddziaływania skażenia  $Cs^{137}$  od 100 do 15 500 Bq. Przebadano cechy fizyczne, biologiczne i chemiczne zbiorników wodnych, takie jak przewodność, odczyn pH, twardość wody, zawartość fosforanów, powierzchnię zbiornika, maksymalną głębokość, sumaryczną dawkę promieniowania jaką przyjął zbiornik wodny. Badanie nie wykazało wpływu radiacji na organizmy żywe oraz cały ekosystem jezior. Stwierdzono natomiast wzmożone bogactwo wodnych bezkręgowców w najbardziej skażonym jeziorze, Glubokoye. Wyniki badań dla dwóch wybranych jezior przedstawiono w tabeli 3.



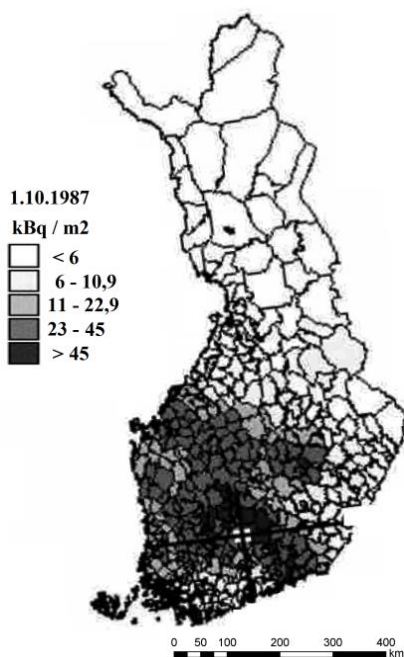
Ryc. 3. Obszar badań, (Murphy i inni, 2011, zmodyfikowane)

Tab. 3 Dawka promieniowania dostarczona do rzek oraz liczba muszli organicznych (Murphy i in., 2011, zmodyfikowane)

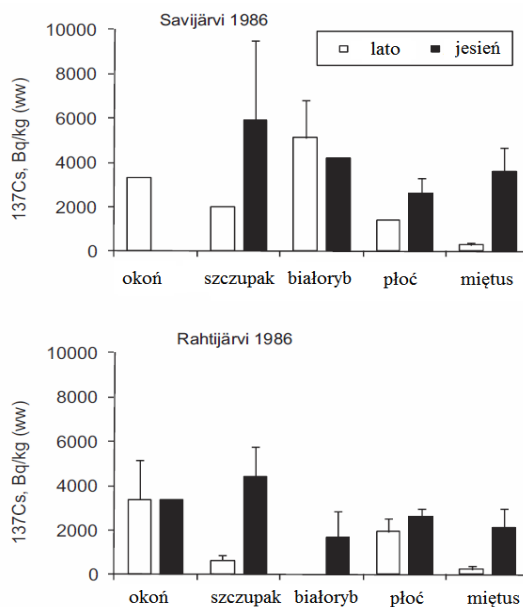
Rzeka	$^{90}\text{Sr}$ Bq	Liczba muszli mięczaków
Perstok	22	2580
Glubokoye	104	2310

Bogactwo taksonu wśród ośmiu badanych jezior przewyższa znacząco normę dla jezior nieskażonych tego regionu. Niezaprzeczalnie, jezioro Glubokoye najbardziej skażone izotopem  $Sr^{90}$  zawiera też najwięcej słodkowodnych ślimaków (Murphy i in., 2011). Po wydarzeniach w Czarnobylu w kwietniu 1986 przeważające warunki pogodowe, przede wszystkim południowo-wschodnie wiatry oraz opad atmosferyczny skutkowało wysoko radioaktywnym opadem na sporej powierzchni Fennoskandii. Wykazano, iż największe natężenie promieniotwórcze występuje w południowych partiach Finlandii. Wyniki badań z lata 1986 ujawniły najszybszą w historii akumulację izotopu  $Cs^{137}$  w rybach żywiących się planktonem. Pozyskane dane ujawniają, że aktywność promieniotwórcza izotopu  $Cs^{137}$  zawartego w rybach obszaru Finlandii przekracza wciąż dopuszczalne fińskie normy dotyczące jakości żywności (600Bq/kg) pomimo upływu prawie 30 lat od katastrofy. Jednakże tak

wysoka koncentracja izotopu cezu nie stanowi większego zagrożenia dla konsumpcji człowieka, ze względu na występowanie izotopu w nielicznych, małych jeziorach, nie pełniących roli komercyjnej w połowie ryb. Z drugiej strony, małe jeziora są obiektem rekreacyjnego wędkowania, więc ryzyko może w pewnych wyjątkach zaistnieć. Jest to sygnał, że monitoring zagrożeń musi być podtrzymywany w celu eliminowania, wykrywania zagrożeń (Rask i in., 2011). Natężenie promieniotwórcze w gatunkach ryb przedstawiono na rycinie 5. Gatunkiem najbardziej podatnym na pochłonięcie promieniowania jest szczupak, który pochłonął przeszło 4000 Bq/kg cezu 137. Miętus jest gatunkiem, który porą jesienną pochłonął najmniej szkodliwych substancji radioaktywnych.



Ryc. 4. Kartogram natężeń promieniotwórczych, (Rask i in., 2011, zmodyfikowane)



Ryc. 5. Zawartość promieniowania w poszczególnych gatunkach ryb latem i jesienią 1986. (Rask i in., 2011, zmodyfikowane)

Włoski system MOIRA – PLUS umożliwia przewidywanie migracji radionuklidów w środowisku przyrodniczym, ocenę dawek pochłanianych przez ciało człowieka oraz ocenę efektywności różnych strategii dla odbudowy środowiska. System objął sporą liczbę włoskich obiektów hydrograficznych. Zbadano ilość pochłanianych przez włoskie rzeki substancji radioaktywnych pochodzących z Czarnobyla. Badano koncentrację radionuklidów w zlewni prawej oraz zlewni lewej rzek. W dużej liczbie rzek stwierdzono identyczne wartości depozycji radionuklidów wyrażonych w Bq/m. Sytuacja taka wystąpiła w przypadku rzek Arno, Ombrone, Tyber, Pescara, Garigliano, Sele, Ofanto i innych. Różne wartości depozycji w zlewni prawej oraz lewej stwierdzono w rzekach Po, Adige, Piave, Volturno. Duża grupa rzek odznaczyła się występowaniem depozycji w liczbie 1000 Bq/m, jak miało to miejsce w przypadku rzek Arno, Ombrone, Sele, Ofanto, Crati, Basento, Simeto, Salso, Flumendosa, Tirso i Bracciano (Monte, 2010).

## Podsumowanie

W pracy ukazano różne ujęcia wpływu szkodliwej radiacji pochodzącej z substancji uwolnionych w wyniku katastrofy reaktora w Czarnobylu. Wspólnym mianownikiem tychże ujęć było nawiązanie do oddziaływań na hydrosferę. W ten sposób wykazano wpływ substancji promieniotwórczych na wody podziemne Czarnobyla, przedstawiono skażenie zbiorników wodnych będące następstwem pożarów w strefie zero. W innym ujęciu skupiono się na wpływie na organizmy wodne żyjące w wodach Czarnobyla, Fennoskandii. Ciekawym spojrzeniem było utworzenie systemu zapobiegania i monitoringu radionuklidów na obszarze Włoch. Całość zgromadzonego materiału dowodzi, że katastrofa z 1986 roku miała i ma realny wpływ na funkcjonowanie ekosystemów nie tylko w bliskim sąsiedztwie strefy skażenia, ale także na terenach znacznie od niej oddalonych – przynajmniej do poziomu kontynentu eurazjatyckiego.

## Literatura

- Bondar Y. I., Navumau A. D., Nikitin A. N., Brown J., Dowdall M., 2014. Model assessment of additional contamination of water bodies as a result of wildfires in the Chernobyl exclusion zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 170-176.
- Monte L., 2011. Regional-scale application of the decision support system MOIRA-PLUS: An example of assessment of the radiological impact of the Chernobyl accident on the fresh water ecosystem in Italy. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(2), 73-83.
- Murphy J. F., Nagorskaya L. L., Smith J. T., 2011. Abundance and diversity of aquatic macroinvertebrate communities in lakes exposed to Chernobyl-derived ionising radiation. *Journal of Environmental Radioactivity*, 102(7), 688-694.
- Rask M., Saxon R., Ruuhijorvi J., Arvola L., Jorvinen M., Koskelainen U., Vuorinen P. J., 2012. Short- and long-term patterns of <sup>137</sup>Cs in fish and other aquatic organisms of small forest lakes in southern Finland since the Chernobyl accident. *Journal of Environmental Radioactivity*, 103(1), 41-47.
- Roux C., Le Gal La Salle C., Simonucci C., Van Meir N., Fifield L. K., Bourlès D. L., Lancelot J., 2014. High <sup>36</sup>Cl/Cl ratios in Chernobyl groundwater. *Journal of Environmental Radioactivity*, 138, 19-32.

**Krótką notką o autorze:** *Student III roku geografii. Studia geograficzne, które pozwoliły mu na rozwijanie swoich zainteresowań związanych z przyrodą, wybrał bez wahania. Pracę dyplomową pisze z zakresu meteorologii i klimatologii. W wolnych chwilach aktywnie korzysta z życia jeżdżąc na rowerze oraz pływając. Jego hobby to podróżowanie. Lubi zdrową kuchnię, dobre książki i muzykę.*

## Warunki mikroklimatyczne wybranych hal sportowych na terenie województwa pomorskiego

**Krzysztof Marchlewski**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii  
E-mail: k.m.marchlewski@gmail.com

**Tutor: dr Mirosława Malinowska**

Instytut Geografii, Katedra Meteorologii i Klimatologii

**Streszczenie:** *Praca miała na celu wykazanie warunków termiczno-wilgotnościowych, panujących na halach sportowych podczas zawodów w różnych zespołowych dyscyplinach sportu oraz ich wpływu na odczucia cieplne zawodników. Pomiarów dokonywano za pomocą psychrometru aspiracyjnego Assmanna w wybranych obiektach sportowych zlokalizowanych w województwie pomorskim w okresie kwiecień-maj 2015. Odczucia cieplne zawodników oceniono za pomocą wskaźników: temperatura efektywna (TE) i maksymalny dopuszczalny poziom aktywności fizycznej (MHR). Wyniki nie wykazały przekroczeń dopuszczalnych temperatur powietrza przy jakich można wykonywać pracę, wyznaczonych przez regulacje ministerstwa właściwego do spraw pracy, jednak wykazały możliwe przekroczenia dopuszczalnego poziomu aktywności fizycznej w danych warunkach termicznych.*

**Słowa kluczowe** – mikroklimat hal sportowych, komfort termiczny, stres cieplny

### Wprowadzenie

Temat temperatury powietrza w halach sportowych był do tej pory pomijany w opracowaniach naukowych zarówno przez klimatologów, jak i fizjologów. Wydaje się jednak, iż w perspektywie zmian klimatu zmianie mogą ulec również warunki uprawiania sportów wewnątrz obiektów sportowych. Należy zwrócić większą uwagę na warunki termiczne panujące w halach sportowych, gdyż tak samo jak ograniczona może zostać możliwość uprawiania sportów zimowych, tak trzeba mieć na uwadze, że wzrost średniej temperatury powietrza może spowodować wzrost temperatury w hali sportowej np. ze względu na liczne przeszklenia czy brak odpowiedniej wentylacji obiektu. W konsekwencji może to doprowadzić do sytuacji, że w niektórych miesiącach roku uprawianie dyscyplin halowych może być niemalże niemożliwe, gdyż będzie zagrażało zdrowiu i życiu zawodników. Powszechnie wiadomo, iż wysoka temperatura jest takim samym, jeśli nie większym, zagrożeniem dla zdrowia i życia ludzkiego niż temperatura niska.

Przepisy związków sportowych w dyscyplinach halowych nie opisują w żadnym miejscu warunków termicznych i wilgotnościowych, jakie powinny panować w halach sportowych w czasie rozgrywania zawodów. Należy zatem uznać, że w tym zakresie obowiązują powszechne przepisy BHP. Ocena cieplnych warunków pracy w środowisku gorącym opisywana jest w polskich aktach prawnych za pomocą wskaźnika WBGT (*wet bulb globe temperature*). Opisany jest on w polskiej normie PN-N/85-08011. Dopuszczalne wartości WBGT podaje Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2014 poz. 817). „Ocena obciążenia cieplnego następuje metodą porównania rzeczywistych kombinacji parametrów

kształtujących warunki środowiskowe i aktywności w pracy z określonymi kombinacjami tych czynników, które nie powodują niekorzystnych zmian u prawie wszystkich zdrowych” (Wacławik, 2013). Wskaźnik ten zależy od rodzaju wykonywanej pracy, miejsca pracy (na zewnątrz, gdzie dociera bezpośrednio promieniowanie słoneczne czy też w budynku), od rodzaju odzieży roboczej oraz od indywidualnych uwarunkowań fizjologicznych człowieka.

Człowiek jest istotą stałocieplną, czego konsekwencją jest fakt, iż podstawą prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego jest utrzymywanie stałej temperatury wewnętrznej (około 37°C), a procesy termoregulacyjne dążą do zrównoważenia przychodów i strat ciepła (Kozłowski, 1986). Odchylenia od tego stanu stanowią zagrożenie dla życia i zdrowia człowieka. Ogólne równanie bilansu cieplnego człowieka ma postać (Kozłowska-Szczęsna, Błażejczyk, Krawczyk, 1997; Błażejczyk, Kunert 2011):

$$\text{BMR} + \text{WL} + \text{Q} + \text{E} + \text{C} + \text{Res} + \text{Kd} = \text{S}$$

gdzie:

BMR – podstawowa, metaboliczna produkcja ciepła,

WL – produkcja ciepła w wyniku pracy mięśni,

Q – bilans radiacyjny człowieka,

E – straty ciepła w wyniku parowania,

C – wymiana ciepła przez unoszenie (turbulencyjną wymianę ciepła jawnego),

Res – straty ciepła w wyniku oddychania,

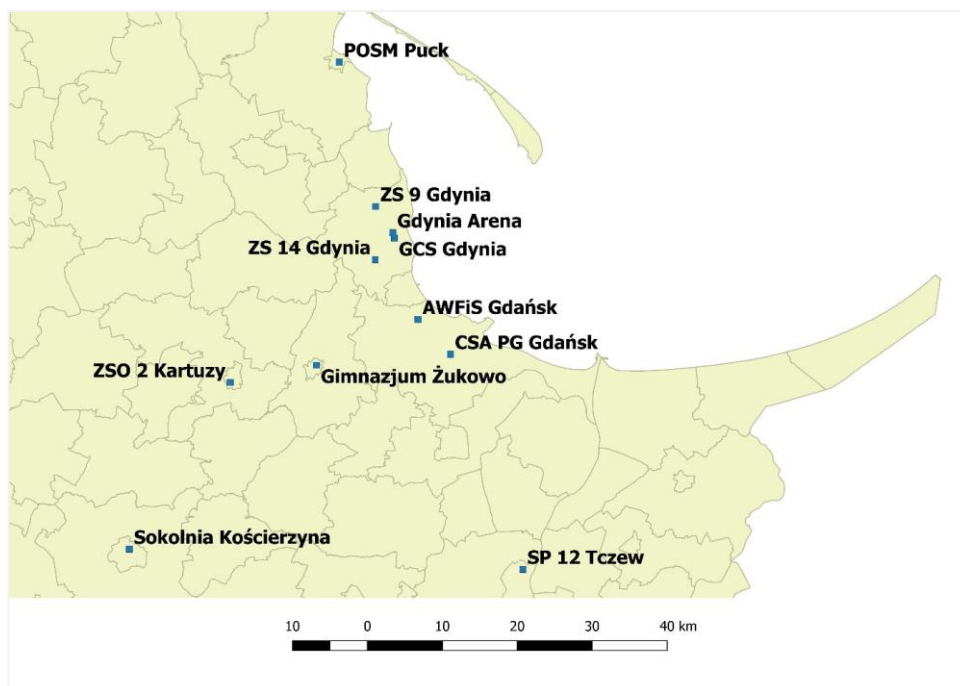
Kd – wymiana ciepła poprzez przewodzenie,

S – saldo wymiany ciepła.

Jedną z części składowych tego równania jest właśnie praca mięśni, która w warunkach zawodowego uprawiania sportu powoduje produkcję proporcjonalnie większej ilości ciepła niż w przypadku spoczynku czy aktywności rekreacyjnej. Wg Kuchcik i in. (2013) konsekwencją konieczności odprowadzenia nadwyżki ciepła w organizmie jest obniżenie ciśnienia tętniczego i zwiększenie tętna, czyli liczby uderzeń serca na minutę (HR). Tętno przekraczające 90 uderzeń na minutę dla przeciętnego człowieka oznacza wzrost obciążania pracy serca oraz całego układu krwionośnego (Błażejczyk, 2004). Wg Fangera (1970) i Błażejczyka (2004) gry zespołowe powodują u człowieka metaboliczne wytwarzanie ciepła na poziomie 400 – 500 W\*m<sup>-2</sup>. Wg Kuchcik i in. (2013) średnie wartości dopuszczalnej aktywności fizycznej niepowodującej nadmiernego obciążenia cieplnego serca wahają się w regionie nadmorskim od 173 W\*m<sup>-2</sup> w sierpniu do 343 W\*m<sup>-2</sup> w styczniu, natomiast w regionie pojeziernym 164 W\*m<sup>-2</sup> w lipcu i sierpniu do 356 W\*m<sup>-2</sup> w styczniu. Dlatego znajomość warunków termicznych, w jakich uprawia się sport, jest taka ważna.

### **Cel i metody badawcze**

Celem projektu było poznanie warunków mikroklimatycznych wybranych hal sportowych na terenie województwa pomorskiego w czasie trwania zawodów w sportach drużynowych (głównie piłka ręczna – gdyż jest sportem zespołowym z największą liczbą zawodników na boisku oraz w jednym przypadku futsal i w jednym koszykówka). Zbadano wpływ aktywności fizycznej zawodników na ewentualną zmianę warunków termicznych w halach w trakcie trwania zawodów. Pomiar przeprowadzono w dwunastu halach sportowych zlokalizowanych w różnych miejscach województwa pomorskiego (Ryc. 1). Do analiz wytypowano różne typy hal (poczynając od małych hal szkolnych, kończąc na dużych obiektach sportowo-widowiskowych).



Ryc. 1. Lokalizacja hal sportowych analizowanych w pracy

Pomiary przeprowadzono psychrometrem aspiracyjnym Assmana w okresie 26.03.2015 r. – 9.05.2015 r. W trakcie zawodów pomiarów dokonywano trzykrotnie: przed, w przerwie oraz po zawodach. Mierzono temperaturę oraz wilgotność względną powietrza. Na podstawie danych uzyskanych z pomiarów obliczono za pomocą oprogramowania BioKlima (Błażejczyk K., Błażejczyk M., 1998) wartości wskaźników:

- temperatura efektywna (TE), wskaźnik określający łączny wpływ temperatury i wilgotności powietrza na organizm ludzki. Wskaźnik ten nie uwzględnia promieniowania słonecznego oraz ruchu powietrza, w związku z czym można go stosować do analizy warunków panujących w pomieszczeniach zamkniętych. Wprowadzony został do polskich badań przez W. Gądzikiewicza i B. Nowakowskiego (Cena, Gregorczyk, 1966), a został opracowana przez F.C. Houghtena i C.P. Yaoglou, a następnie przez Missenarda (Flach, 1961). Liczona została wg wzoru dla  $v < 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (Kozłowska-Szczęśna; Błażejczyk, Krawczyk, 1997):

$$TE = t - 0,4 \cdot (t - 10,0) \cdot (1 - 0,01 \cdot f)$$

gdzie:  $t$  – temperatura powietrza  
 $f$  – wilgotność względna powietrza  
jednostka: °C

- dopuszczalny poziom aktywności fizycznej (MHR), jest to wskaźnik który wskazuje najwyższy poziom aktywności fizycznej niepowodujący nadmiernego obciążenia serca w danych warunkach termicznych. Jest on liczony ze wzoru (Błażejczyk, Kunert, 2011):

$$MHR = [90 - 22,4 - 0,25 \cdot (5 \cdot t + 2,66 \cdot v_p)] / 0,18,$$

gdzie:  $t$  – temperatura powietrza  
 $v_p$  – prężność pary wodnej  
jednostka:  $\text{W} / \text{m}^{-2}$

Ze względu na to, iż hala sportowe są obecnie intensywnie modernizowane, problem niskiej temperatury jest marginalny, więc został w tym opracowaniu pominięty. Dla uproszczenia jako wartość uniwersalną przyjęto próg maksymalnej dopuszczalnej temperatury w środowisku pracy w budynku 28°C oraz wilgotność powietrza w przedziale 40-65% – zgodnie z normami ministerstwa właściwego do spraw pracy. (przy wykonywaniu pracy fizycznej, czym bez wątpienia jest zawodowe uprawianie sportu). W sytuacji, gdy temperatura jest wyższa niż 28°C, pracodawca powinien zapewnić napoje chłodzące oraz musi umożliwić pracownikom korzystanie z przedłużonych przerw. Kiedy jednak warunki termiczno - wilgotnościowe znacząco wpływają na wydajność pracy oraz zagrażają zdrowiu pracownika to pracownik ma obowiązek opuścić stanowisko pracy – zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dn. 6 czerwca 2014r. (Dz.U. 2014 poz. 817).

O ile napoje w czasie zawodów są rzeczą oczywistą i powszechnie dostępną, to trudno sobie jednak wyobrazić sytuację, w której zawodnicy opuszczają boisko z powodu odczuwania dyskomfortu termicznego. Sytuacja tego typu grozi konfliktami pomiędzy drużynami, sędziami i władzami lig, gdyż przepisy sportowe nie dopuszczają takiej możliwości. Każda podobna sytuacja, nawet poparta zdrowym rozsądkiem i mająca na względzie bezpieczeństwo zawodników, będzie sprzeczna z panującymi przepisami i będzie musiała być traktowana jako samowolne opuszczenie boiska, za co grozi walkower (nawet obustronny, jeśli obydwie drużyny odmówią gry). Sędziowie w sportach halowych (m.in. koszykówka, piłka ręczna, piłka siatkowa) nie mają w przepisach ani regulaminach narzędzi, aby przerywać mecz ze względu na termiczne odczucie gorąca. Przepisy tychże gier nie pozwalają również na stosowanie w grze przerw, mających na celu schłodzenie organizmów zawodników (co umożliwiają przepisy np. piłki nożnej).

## **Wyniki**

Pomiary wykonywane od marca do maja nie wykazały licznych przekroczeń wartości dopuszczalnych temperatury powietrza. Temperatura w halach sportowych wahała się od 16,6°C do 22,4°C, a wilgotność od 37% do 64% (Tab.1). Zatem temperatura powietrza ani razu nie zbliżyła się do wartości stanowiącej „próg bezpieczeństwa”, natomiast wilgotność powietrza była tylko w jednym obiekcie, i to dwukrotnie przed zawodami i w jednym przypadku, dodatkowo, w przerwie, niższa niż wskazany wcześniej przedział referencyjny (40-65%).

Zaobserwować można tendencję wzrostu temperatury powietrza w hali sportowej w miarę przebiegu zawodów (Tab.1). Pomiary dokonywane w przerwie meczy wykazały wzrost temperatury w porównaniu z okresem bezpośrednio przed rozpoczęciem zawodów w dziewięciu na 14 analizowanych meczy. Wartość przyrostu wynosiła od 0,2°C do 1,2°C. W trzech przypadkach odnotowano spadek temperatury powietrza (od 0,2°C do 0,8°C), natomiast w pozostałych dwóch przypadkach temperatura powietrza nie uległa zmianie. Analizując zmiany temperatury powietrza pomiędzy rozpoczęciem a zakończeniem zawodów, wzrost temperatury powietrza uwidacznia się jeszcze wyraźniej. W dziesięciu przypadkach temperatura wzrosła (od 0,2°C do 3,0°C), w trzech nastąpił spadek (od 0,2°C do 1,2°C), a w jednym przypadku temperatura po zawodach miała wartość taką samą jak przed zawodami.

W przypadku wilgotności względnej powietrza zaznaczają się podobne, lecz mniej wyraźne zmiany jak w przypadku temperatury powietrza. Różnice w wilgotności powietrza między przerwą, a rozpoczęciem zawodów wyniosły od -4% do +6%. Wzrost nastąpił w siedmiu przypadkach, spadek w pięciu przypadkach, a w trakcie dwóch meczy wartość nie zmieniła się. Bardziej wyraźne wzrosty wilgotności względnej powietrza widać, jeśli porówna się wartości mierzone przed i po zakończeniu zawodów sportowych. Wzrost wilgotności względnej powietrza nastąpił w dziewięciu przypadkach



(od 1% do 7%), spadek w czterech (od 1% do 6%), a wartość nie zmieniła się w jednym przypadku (Tab. 1).

Tab. 1. Temperatura i wilgotność względna powietrza w wybranych halach sportowych woj. pomorskiego

Data	Miejsce	Godzina	Temperatura	Wilgotność	Uwagi
			[°C]	[%]	
			t	f	
26.03.2015	hala gier CSA PG	20:00	20,8	43	po zmroku, kilkunastu wizdów, mecz jednostronny
		20:45	20,6	46	
		21:30	20,6	49	
28.03.2015	hala ZSO nr 2 w Kartuzach	12:25	20,2	47	zachmurzenie umiarkowane, brak kibiców, pierwsza połowa zacięta, druga jednostronna
		14:00	20,8	48	
		15:30	20,6	54	
28.03.2015	hala Gimnazjum w Żukowie	17:50	19,6	56	zasłonięte okna jasnymi roletami, zachmurzenie małe, kilkudziesięciu wizdów, mecz spokojny
		18:40	19,8	54	
		19:20	19,6	58	
1.04.2015	hala widowiskowo - sportowa AWFiS Gdańsk	15:25	19,4	55	hala bez dostępu światła z zewnątrz, kilkuset kibiców, mecz zacięty
		15:55	19,6	51	
		16:30	20,2	49	
11.04.2015	hala "Sokolnia" w Kościerzynie	12:50	21,6	38	okna zasłonięte jasnymi roletami, pogodnie, kilkudziesięciu kibiców na wszystkich meczach, pierwszy mecz powolny, drugi zacięty, trzeci powolny
		13:35	20,8	44	
		15:20	21,2	41	
		15:50	21,4	42	
		16:30	22,0	40	
		17:20	22,4	37	
		17:50	22,0	39	
		18:40	21,4	41	
18.04.2015	hala gier Gdyńskiego Centrum Sportu	15:55	18,4	52	niewielki dostęp światła z zewnątrz, pogodnie, kilkudziesięciu wizdów, mecz zacięty
		16:40	18,8	50	
		17:30	19,2	50	
19.04.2015	hala SP nr 12 w Tczewie	08:55	21,8	41	przeszklona ściana od strony SW, zachmurzenie duże, brak wizdów, mecz spokojny
		09:50	22,0	42	
		11:00	21,8	44	
25.04.2015	hala ZS nr 9 w Gdyni	09:55	18,6	60	przeszklona ściana od strony W, okna stare bardzo nieszczelne, pogodnie, brak wizdów, mecz spokojny
		11:30	18,8	61	
		12:45	19,0	59	
06.05.2015	hala XII AWFiS Gdańsk	17:55	21,0	43	spory dostęp światła z zewnątrz, zachmurzenie duże, brak kibiców
		18:30	21,4	42	
		19:10	21,4	43	
07.05.2015	hala POSM Puck	09:40	18,6	60	hala z oknami w miejscu zacienionym, zachmurzenie całkowite,
		11:00	18,6	62	
		12:30	18,8	61	

					kilkudziesięciu kibiców, mecz spokojny
09.05.2015	hala ZS nr 14 w Gdyni	08:30	16,6	63	przeszklona ściana od strony S, pogodnie, kilkudziesięciu widzów, mecz zacięty
		10:10	16,6	63	
		12:00	17,0	64	
09.05.2015	hala Gdynia Arena	19:50	18,0	53	hala z klimatyzacją, bez dostępu światła z zewnątrz, 2300 widzów, mecz szybki, bardzo zacięty
		20:55	19,6	54	
		22:20	21,0	60	

Obliczono także temperaturę efektywną (TE). Skalę odczuć cieplnych odpowiadających określonym przedziałom wartości TE zaproponował Michajłow (za: Bajbakova i in., 1963) (Tab. 2). W trakcie analizowanych zawodów sportowych w zdecydowanej większości przypadków odczucie ciepłe, wyrażone za pomocą temperatury efektywnej, mieści się w przedziale 17,0-20,9°C tj. komfortowe odczucia ciepłe (Tab. 3). W dwóch obiektach przed rozpoczęciem zawodów temperatura efektywna była na górnej granicy przedziału orzeźwiających warunków cieplnych, a na jednej hali przez cały okres trwania zawodów temperatura efektywna znajdowała się w przedziale odczuwania termicznego chłodu.

Tab. 2. Przedziały temperatury efektywnej i odpowiadające im odczucia ciepłe

TE [°C]	Odczucie ciepłe
< 1,0	bardzo zimno
1,0 - 8,9	zimno
9,0 - 16,9	chłodno
17,0 - 20,9	orzeźwiająco
21,0 - 22,9	komfortowo
23,0 - 26,9	ciepło
> 27,0	gorąco

Tab.3. Wartości temperatury efektywnej w wybranych halach sportowych woj. pomorskiego

Data	Miejsce	Godzina	TE [°C]	Odczucie ciepłe
26.03.2015	hala gier CSA PG	20:00	18,34	orzeźwiająco
		20:45	18,31	orzeźwiająco
		21:30	18,44	orzeźwiająco
28.03.2015	hala ZSO nr 2 w Kartuzach	12:25	18,04	orzeźwiająco
		14:00	18,55	orzeźwiająco
		15:30	18,65	orzeźwiająco
28.03.2015	hala Gimnazjum w Żukowie	17:50	17,91	orzeźwiająco
		18:40	18,00	orzeźwiająco

		19:20	17,99	orzeźwiająco
1.04.2015	hala widowiskowo - sportowa AWFIS Gdańsk	15:25	17,71	orzeźwiająco
		15:55	17,72	orzeźwiająco
		16:30	18,12	orzeźwiająco
11.04.2015	hala "Sokolnia" w Kościerzynie	12:50	18,72	orzeźwiająco
		13:35	18,38	orzeźwiająco
		15:20	18,56	orzeźwiająco
		15:50	18,76	orzeźwiająco
		16:30	19,12	orzeźwiająco
		17:20	19,28	orzeźwiająco
		17:50	19,07	orzeźwiająco
		18:40	18,71	orzeźwiająco
18.04.2015	hala gier Gdynskiego Centrum Sportu	19:35	18,42	orzeźwiająco
		15:55	16,79	orzeźwiająco
		16:40	17,04	orzeźwiająco
19.04.2015	hala SP nr 12 w Tczewie	17:30	17,36	orzeźwiająco
		08:55	19,02	orzeźwiająco
		09:50	19,22	orzeźwiająco
25.04.2015	hala ZS nr 9 w Gdyni	11:00	19,16	orzeźwiająco
		09:55	17,22	orzeźwiająco
		11:30	17,43	orzeźwiająco
06.05.2015	hala XII AWFIS Gdańsk	12:45	17,52	orzeźwiająco
		17:55	18,49	orzeźwiająco
		18:30	18,76	orzeźwiająco
07.05.2015	hala POSM Puck	19:10	18,80	orzeźwiająco
		09:40	17,22	orzeźwiająco
		11:00	17,29	orzeźwiająco
09.05.2015	hala ZS nr 14 w Gdyni	12:30	17,43	orzeźwiająco
		08:30	15,62	chłodno
		10:10	15,62	chłodno
09.05.2015	hala Gdynia Arena	12:00	15,99	chłodno
		19:50	16,50	chłodno
		20:55	17,83	orzeźwiająco
		22:20	19,24	orzeźwiająco

Zmiana w trakcie zawodów temperatury powietrza, wilgotności względnej oraz TE (które są ze sobą powiązane) może wynikać z różnych przyczyn: jedno to wysiłek sportowców, skutkujący wydzielaniem się ciepła i potu. Drugi czynnik to uwarunkowania zewnętrzne, wynikające z lokalizacji hali względem stron świata, otoczenia hali przez zielenią wysoką lub jej brak, wyposażenie hali takie jak rolety, sposób wentylacji obiektu, czy zainstalowane systemy klimatyzacyjne. Skala, dynamika wzrostu oraz sam fakt jego wystąpienia jest zależny od początkowej temperatury powietrza (im wyższa, tym dalszy wzrost jest większy) oraz w dużej mierze od aktywności zawodników. Można zauważyć, iż w meczach „nieciekawych” oraz powolnych (kryterium stanowi wysoka przewaga punktowa/bramkowa jednej z drużyn (w koszykówce: co najmniej 20 pkt, w piłce nożnej: co najmniej 3 bramki, w piłce ręcznej: co najmniej 6 bramek, natomiast w siatkówce, ze względu na trudności związane z setowym trybem rozgrywania zawodów jest to różnica co najmniej 7 punktów w każdym secie) wzrost jest minimalny lub występuje wręcz spadek temperatury i wilgotności powietrza. Zauważalna jest również tendencja do większego wzrostu temperatury i wilgotności względnej powietrza na halach, do których nie dociera zbyt duża ilość światła zewnętrznego oraz tych, które nie są wyposażone w systemy klimatyzacyjne. Faktem jest również większy wzrost wilgotności i temperatury podczas zawodów z dużą liczbą widzów. W skrajnym przypadku hali Gdynia Arena, przy 2300 widzach temperatura powietrza wzrosła o 3°C a wilgotność o 7%, co biorąc pod uwagę przeciętną długość trwania zawodów (w granicach 90 minut) jest różnicą bardzo wyraźnie zaznaczoną. W tym przypadku nastąpiła zmiana odczucia cieplego, panującego w hali z „chłodno” do „orzeźwiająco”.

Tab. 4. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej na wybranych halach sportowych woj. pomorskiego

Data	Miejsce	Godzina	MHR [W*m <sup>-2</sup> ]
26.03.2015	hala gier CSA PG	20:00	192,15
		20:45	191,33
		21:30	188,64
28.03.2015	hala ZSO nr 2 w Kartuzach	12:25	194,23
		14:00	187,61
		15:30	184,16
28.03.2015	hala Gimnazjum w Żukowie	17:50	192,32
		18:40	192,05
		19:20	190,64
1.04.2015	hala widowiskowo - sportowa AWFIS Gdańsk	15:25	195,12
		15:55	196,53
		16:30	192,49
11.04.2015	hala "Sokolnia" w Kościerzynie	12:50	189,39
		13:35	191,24
		15:20	190,26
		15:50	187,46

		16:30	183,77
		17:20	183,03
		17:50	184,75
		18:40	188,40
		19:35	190,33
18.04.2015	hala gier Gdyńskiego Centrum Sportu	15:55	207,17
		16:40	204,97
		17:30	201,18
19.04.2015	hala SP nr 12 w Tczewie	08:55	184,67
		09:50	181,82
		11:00	181,78
25.04.2015	hala ZS nr 9 w Gdyni	09:55	198,95
		11:30	196,16
		12:45	195,78
06.05.2015	hala XII AWFis Gdańsk	17:55	190,28
		18:30	187,46
		19:10	186,52
07.05.2015	hala POSM Puck	09:40	198,95
		11:00	197,36
		12:30	196,16
09.05.2015	hala ZS nr 14 w Gdyni	08:30	216,36
		10:10	216,36
		12:00	211,74
09.05.2015	hala Gdynia Arena	19:50	210,19
		20:55	194,00
		22:20	174,68

Należy jednakże mieć na uwadze dwa czynniki, które miały bardzo istotny wpływ na wyniki pomiarów. Trzeba podkreślić, iż wskaźniki bioklimatyczne są w zdecydowanej większości skonstruowane w taki sposób, iż nie uwzględniają w sposób istotny zdecydowanie zwiększonej aktywności fizycznej zawodników, co powoduje wydzielanie się dodatkowego strumienia ciepła.

Maksymalne wartości dopuszczalnej aktywności fizycznej (MHR) liczone na podstawie aktualnie panujących na hali warunkach termicznych (Tab. 4) są o ponad połowę mniejsze od wartości uznawanych za przeciętne przy uprawianiu sportu tj.  $400-500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  (Fanger, 1970, Błażejczyk, 2004). Należy też mieć na względzie, iż pomiary prowadzone były wiosną, która w strefie klimatu

umiarkowanego nie jest najcieplejszą porą roku. Należy przypuszczać, że w okresie letnim, a zwłaszcza w trakcie fal upałów warunki termiczno-wilgotnościowe w halach mogą być znacznie gorsze niż w analizowanych przypadkach.

Wg Miętusa i Filipiaka (2001) od połowy lat 50. XX wieku następuje zwiększenie ilości fal ciepła na polskim wybrzeżu Morza Bałtyckiego. Teza ta została następnie potwierdzona przez Owczarek (2008), która udowodniła istotne statystycznie zwiększenie liczby fal ciepła oraz średniej rocznej liczby dni z falą ciepła od lat 50. XX w. do czasów współczesnych. Liczba fal ciepła na Pomorzu zwiększyła się w tym okresie kilkukrotnie (od 2-krotności w Lęborku, do 6-krotności w Kołobrzegu). A występowanie fal ciepła jest dla organizmu człowieka szczególnie niebezpieczne w okresie wiosennym (Kozłowska-Szczęśna i in., 2004), właśnie wtedy, kiedy wszystkie najważniejsze rozgrywki sportowe wchodzi w swoją najważniejszą fazę, co automatycznie przekłada się na większe zaangażowanie zawodników i większy wysiłek fizyczny w trakcie meczów.

### **Podsumowanie i wnioski**

Na podstawie przeprowadzonych analiz należy stwierdzić, iż temperatura oraz wilgotność względna powietrza rosną w czasie trwania zawodów (o średnio 0,5°C i 3,5%), przy czym należy podkreślić, że zmiany temperatury powietrza mogą dochodzić nawet do 3°C, a wilgotności względnej nawet o 7%, co jest różnicą istotną biorąc pod uwagę dość krótki czas (średnio 90 minut) na przestrzeni którego zmiany te zachodzą. Wraz ze wzrostem temperatury i wilgotności powietrza automatycznie wzrasta też temperatura efektywna (wzrost o średnio 0,25°C, ale dochodzący nawet do 2,5°C, co w omawianym przypadku stanowiło przejście przez wartość progową i zmianę komfortu termicznego uczestników zawodów). Nie należy zapominać o postępujących zmianach klimatu. Dochodzi do konsekwentnego zwiększania się liczby dni fali ciepła oraz samej ilości fal ciepła. Strefa umiarkowana jest najbardziej narażona na zmiany zdrowotne wywołane falami ciepła (Ebi, Kovacs, 2005) dlatego nie można tego zagadnienia lekceważyć.

Problemy komfortu termicznego sportowców, traktowane do tej pory nieco po macoszemu wymagają kompleksowej analizy. Należałoby przeprowadzić kompleksową analizę danego zagadnienia, by temat poznać dogłębnie, by móc opracować rozwiązania tego problemu. Jednak kompleksowe badania mikroklimatu hal sportowych wymagałoby zaangażowania sporych środków finansowych, by zaprojektować sieć pomiarową w kilkudziesięciu halach sportowych złożoną z automatycznych czujników temperatury powietrza, wilgotności oraz ciśnienia atmosferycznego, i zgromadzenie co najmniej całorocznej serii pomiarowej, co pozwalałoby na obliczenie większej ilości wskaźników bioklimatycznych (m.in. UTCI czy WBGT). Kwestia ta jest niewątpliwym wyzwaniem dla biometeorologii i bioklimatologii sportu, i może stanowić przyczynek do rozwoju tych gałęzi nauk o atmosferze. Jednakże łagodzenie dyskomfortu termicznego jest zagadnieniem znacznie szerszym niż tylko klimatologicznym. Kompleksowe rozwiązania wymagać będą współpracy klimatologów, fizjologów, specjalistów od zagospodarowania przestrzennego, budownictwa, jak również planistów.

Podsumowując, należy podkreślić, iż istniejący brak odpowiednich przepisów oraz zmiany klimatyczne objawiające się m.in. szczególnie niebezpiecznymi dla sportowców falami ciepła może prowadzić do znaczącego utrudnienia a nawet uniemożliwienia bezpiecznych rozgrywek w sportach halowych (jak również tych rozgrywanych na otwartym powietrzu).

## Literatura

- Bajbakova E., Nevraev G., Cubukov L., 1963. *Metodika analiza klimata kurortov i meteorologiceskich uslovij klimatoterapii*, [w:] Očerki po klimatologii kurortow, Moskwa, 5- 42.
- Błażejczyk K., 2004. Bioklimatyczne uwarunkowania turystyki i rekreacji w Polsce, *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 192.
- Błażejczyk K., Błażejczyk M., 1998. BioKlima – w poszukiwaniu nowych narzędzi w badaniu bioklimatu miast, *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica*, 3, 1998, 153 - 160
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011. *Bioklimatyczne uwarunkowania turystyki i rekreacji w Polsce*, 2 wydanie, poprawione i uzupełnione, Monografie IGiPZ PAN, 13, Warszawa.
- Cena M., Gregorczyk M., 1966. *Temperatura efektywna w sezonie kąpieliskowym w Polsce wyznaczona według skali podstawowej i normalnej*, *Rocznik Nauk Rolniczych*, D, 119, 149-168.
- Ebi K. L., Kovacs R. S., 2005. Criteria for evaluation of heat wave early warning systems [w:] 17th International Congress of Bioclimatology, *Annalen der Meteorologie*, 49, 295-298.
- Fanger P.O., 1970. *Thermal Comfort. Analysis and application in environment engineering*, Danish Technical Press, Kopenhaga.
- Flach E., 1981. *Human bioclimatology* [w:] H.E. Landsberg, *World survey of climatology. General climatology*, 3, Els. Sc. Publ. Comp., Amsterdam – Oxford – New York, 2-187.
- Kozłowski S., 1986. *Granice przystosowania*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997. *Bioklimatologia człowieka*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kuchcik M. Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013. *Potencjał leczniczy klimatu Polski*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Miętus M., Filipiak J., 2001. Struktura czasowo przestrzenna warunków zmienności warunków termicznych w rejonie Zatoki Gdańskiej, *Materiały Badawcze IMGW seria: meteorologia*, nr 32, 52s.
- Owczarek M., 2008. *Zmienność warunków termicznych na Pomorzu na przykładzie fal ciepła i fal chłodu*, 1951 – 2005 [w:] Kłysik K., Wibig J., (red.), 2008, *Klimat i bioklimat miast*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r.* (Dz.U. 2014 poz. 817).
- Wacławik J., 2013. Wskaźnik WBGT w ocenie warunków klimatycznych, *Górnictwo i geologia*, 8(4), 153-170.

**Krótką notką o autorze:** Student III roku geografii, specjalność: ogólna, seminarium dyplomowe w Katedrze Meteorologii i Klimatologii, zainteresowania badawcze: bioklimatologia sportu, klimatologia urbanistyczna, meteorologia lotnicza, klimatyczne uwarunkowania zagospodarowania przestrzennego.



## Kosmos oczami geologa

**Aleksandra Mierzejewska**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: aleksandra.mierzejewska@live.com

**Tutor: dr Ewa Szymczak**

Instytut Oceanografii, Zakład Geologii Morza

**Streszczenie** – *Celem artykułu jest przedstawienie geologii planetarnej jako nauki. Dzięki zdobywanemu doświadczeniu przez dziesiątki lat, geolodzy postanowili przekroczyć bariery ziemskie i skupić się na badaniu urzeźbienia powierzchni oraz warstw niżej położonych na innych planetach. Ku ich zdumieniu, okazało się, że istnieją formy morfologiczne bardzo zbliżone do ziemskich, które prawdopodobnie zostały stworzone przez te same procesy: endogeniczne (wewnętrzne: tektonika płyt i wulkanizm) oraz egzogeniczne (zewewnętrzne: erozja, transport i akumulacja). Obserwacje i spekulacje naukowców stały się możliwe wraz z rozwojem technologii badań kosmicznych. Głównymi narzędziami, którymi posługują się astrogeolodzy są metody geofizyczne m.in. dane spektrofotometryczne i radarowe oraz bezpośrednie próbki skał z misji sond kosmicznych. Wszelkie badania innych ciał znajdujących się w naszej galaktyce pozwalają na tworzenie nowych hipotez dotyczących powstania Wszechświata, ewolucji planet, a także najważniejsze dotyczące możliwości istnienia życia pozaziemskiego.*

**Słowa kluczowe** – geofizyka, geologia, geologia planetarna, kosmos, planety

### Wstęp

Od zarania dziejów człowiek był ciekaw czy poza Ziemią istnieje życie. Czy zatem na innych planetach występuje niezbędna do egzystencji woda? Jakie procesy uformowały sąsiadujące planety? Te i wiele innych pytań przyczyniło się do stworzenia niezliczonej ilości hipotez i teorii. Na potrzeby intensywnie rozwijających się badań astronomicznych geologia przekształciła się w coś więcej niż tylko naukę o Ziemi. Udowodniono, że skały można znaleźć nie tylko na powierzchni i wewnątrz naszej planety, ale w każdej części Wszechświata. Występują w różnej postaci: od nieregularnych form sięgających nawet kilkunastu kilometrów – asteroidy, komety, gruz kosmiczny po okrągłe, o drobniejszej frakcji pyły kosmiczne. Jednakże, to nie jest główny przedmiot badań, którym zajmuje się geolog. Jako odłam stworzono geologię planetarną, w której program badań włączone są analiza struktur, procesów i powstanie ciał planetarnych w Systemie Słonecznym lub poza nim oraz przewidywanie procesów wiodących na ich powierzchni. Jest to nauka interdyscyplinarna łącząca ze sobą m.in. astronomię, geo- i astrofizykę, biologię oraz chemię. Za priorytet ustanowione zostało poznanie procesów, które zachodzą i kształtują Ziemię jako podstawy do prowadzenia badań i interpretowania wyników uzyskanych z innych ciał kosmicznych.

### Procesy endogeniczne

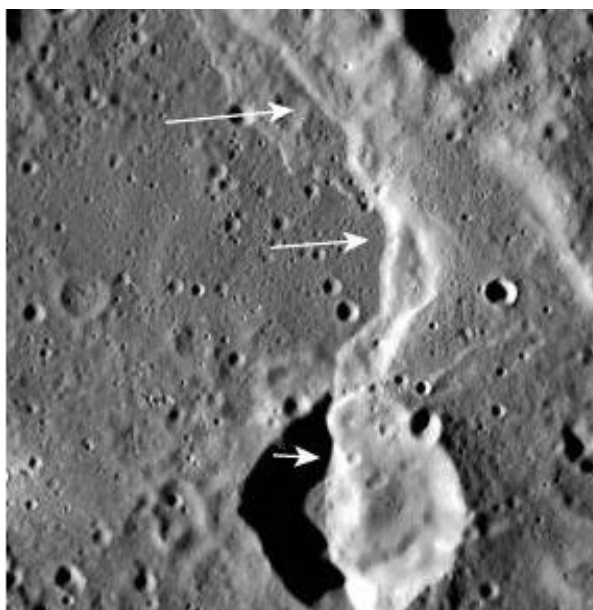
#### *Tektonika*

Procesy tektoniczne, według definicji J. T. Wilsona z 1965 roku, są to powtarzające się sekwencje wydarzeń związanych z wędrówką kontynentów: kolizji (nakładania się), przesuwania lub rozrostu (separacja) płyt kontynentalnych i/lub oceanicznych względem siebie. Aktywność

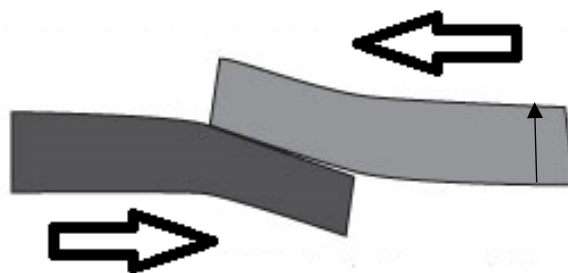
tektoniczna jest warunkowana zazwyczaj prądami konwekcyjnymi wynoszącymi materię z górnego płaszcza, a nawet jądra planety. Ponadto prawdopodobnie do procesów tektonicznych niezbędna jest też woda, dzięki której skały w strefie akrecji zestalają się i tworzą nową skorupę oceaniczną. Obecnie aktywność tektoniczna jest obserwowana jedynie na powierzchni Ziemi za pomocą technologii GPS (ang. *Global Positioning System*). Natomiast, na innych planetach wewnętrznych – Merkury, Wenus i Marsie, aktywność tego typu miała miejsce bardzo dawno temu. Skutki obserwowanych procesów widoczne są na powierzchni jako ogromne, często sięgające setek kilometrów, elementy morfologii terenu (Strobel, 2013).

Ziemia, jak i inne planety Układu Słonecznego przechodziły podobne etapy ewolucji od początku istnienia do obecnej postaci: tworzenie protoplanety z obłoku gazów i pyłów w silnym polu grawitacyjnym, etap wewnętrznego wzrostu temperatury, dyferencjacji oraz ruchy tektoniczne na powierzchni. Zakładając poprawność tej hipotezy, geolodzy planetarni mają prawo doszukiwać się podobieństw na innych planetach w oparciu o dane uzyskane w drodze teledetekcji. Metoda ta polega na badaniu obiektów położonych w pewnej odległości poprzez pomiar i rejestrowanie jednego lub więcej widm promieniowania elektromagnetycznego pochodzących od danego obiektu. Dane spektrofotometryczne w zakresie widzialnym oraz podczerwieni bliskiej i termalnej pozwalają określić właściwości fizyczne i mineralogię i chemizm skał. Natomiast, dane radarowe umożliwiają prowadzenie analiz i zajrzenie pod powierzchnię planety (Gurgulewicz, 2014).

Merkury, pierwsza w kolejności planeta od Słońca, cechuje się najmniejszą średnicą promienia w porównaniu do innych planet Układu Słonecznego, największym metalicznym jądrem oraz praktycznie brakiem atmosfery. Skutkiem rozrzedzonej atmosfery są niezliczone ilości kraterów na powierzchni Merkurego. Podczas misji sondy Mariner 10 w latach 1974-1975 oraz MESSENGER w 2008 i 2009 roku udało się sfotografować 98% powierzchni planety. Warto przyjrzeć się bliżej zarejestrowanym 3-kilometrowym klifom (Ryc. 1). Naukowcy wysnuli hipotezę, że wraz z utratą temperatury, metaliczne jądro kurczy się powodując zarazem kurczenie się płaszcza oraz kruchej skorupy i powstawanie nowych systemów spękań. Ponadto podczas ochładzania bloki skorupy zaczynają na siebie nachodzić i dochodzi do ich wypiętrzenia (Ryc. 2) (Strobel, 2013).

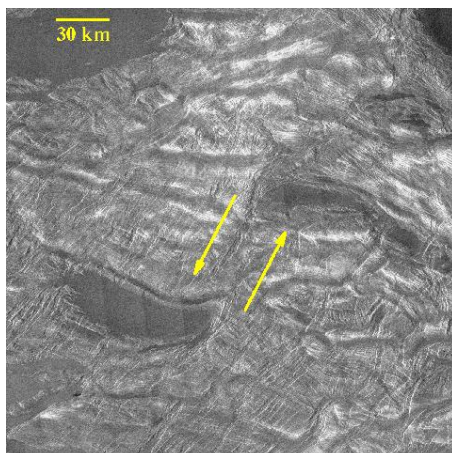


Ryc. 1. System płyt nachodzących na siebie na powierzchni Merkurego. (Strobel, 2013)



Ryc. 2. Schemat nachodzenia płyt i wypiętrzenie się klifów wskutek kurczenia się planety. (Strobel, 2013)

Aktywność tektoniczna jest również obecna na drugiej planecie od Słońca – Wenus. Geolodzy planetarni zaobserwowali uskoki przesuwcowe w lokalizacji Ovda Regio (Ryc.3). Ciemne soczewki interpretowane są jako pola wypełnione prawdopodobnie lawą.



Ryc. 3. Uskok przesuwcowy w Ovda Regio, Wenus [2]

W 1972 roku, podczas misji statkiem kosmicznym Mariner 9 odkryto doliny na powierzchni Marsa. Za pomocą kamer czułych na światło widzialne i podczerwone (*Thermal Emission Imaging System – THEMIS*), zespół NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) stworzył dokładną mozaikę Wielkiego Kanionu (ang. *Grand Canyon*) po stronie Tharsis Buldge (wyżyna wulkaniczna) (Ryc. 4). Kanion sięga długości 4000 km, ma szerokość 200 km i głębokość do 7 km, a zarazem jest największym znanym kanionem w kosmosie (dla porównania Wielki Kanion w stanie Arizona mierzy zaledwie 450 km długości, 30 km szerokości i głębokość miejscami dochodzi do 2 km). Zdaniem geologów z NASA jest to rezultat aktywności tektonicznej, której obecnie się nie obserwuje. Oceniają oni, że uskoki powstały 3,5 miliarda lat temu wraz z rozrostem wulkanów tarczowych, zasilanych magmą z wnętrza Marsa.



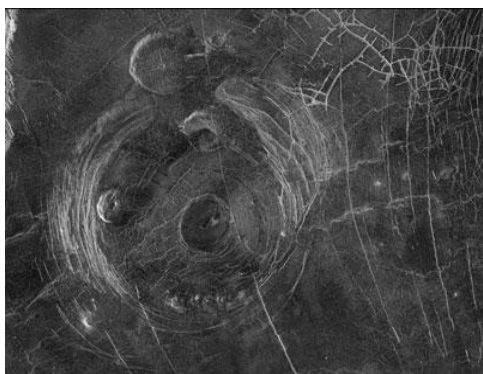
Ryc. 4. Wielki Kanion na Marsie [1]

### *Wulkanizm*

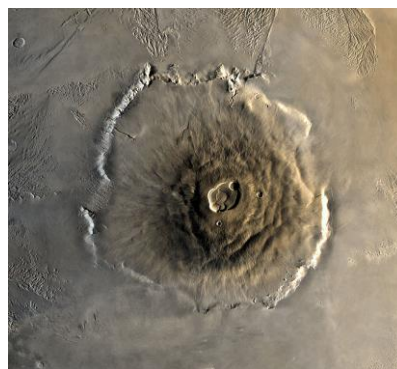
Wulkanizm, to proces przetapiania materii we wnętrzu planety zapoczątkowany ciepłem związanym z rozpadem pierwiastków promieniotwórczych we wnętrzu jądra, prądami międzyplanetarnymi lub aktywnością tektoniczną. Ruchy płynnej materii prowadzą do akumulacji pod skorupą i przy nagłej zmianie temperatury i/lub ciśnienia dochodzi do erupcji lawy na powierzchnię. Dowiedziono, że najbardziej rozpowszechnionym rodzajem magmy na planetach typu skalistego jest magma bazaltowa (Cas i in., 1987). Morfologia powierzchni związana z procesami wulkanicznymi zależy od fizycznych i środowiskowych cech planety, fizycznych i chemicznych właściwości magmy

(lepkość, gęstość, procentowa zawartość wolnej krzemionki etc.) oraz typu i mechanizmu erupcji. Najbardziej rozpowszechnionymi formami rozpoznanymi w geologii planetarnej są: spływy lawowe, wulkany tarczowe, wulkany stożkowe i kanały wypełnione lawą. Ponadto istnieje również wulkanizm związany z stopami siarkowymi lub lodowymi o różnym składzie chemicznym, który występuje tylko i wyłącznie na gazowych olbrzymach (Bell i in., 1999).

Zarówno Merkury jak i Wenus pokryte są w większej części nizinami pochodzenia wulkanicznego (lawy bazaltowe, wysoko krzemionkowe). Procesy wulkaniczne korelowane są również z Aine Corona na Wenus (Ryc. 5). Do uchwycenia zdjęcia posłużono się radarem Magellana w styczniu 1991 roku. Fotografia przedstawia strukturę nazwaną „pancake dome” w kształcie okręgu o średnicy około 200 km, którą stanowią wulkany tarczowe powstałe z gęstej lawy. „Pancake dome” są to formy wulkanów powierzchniowych spotykanych tylko na Wenus (Schon, 2009).

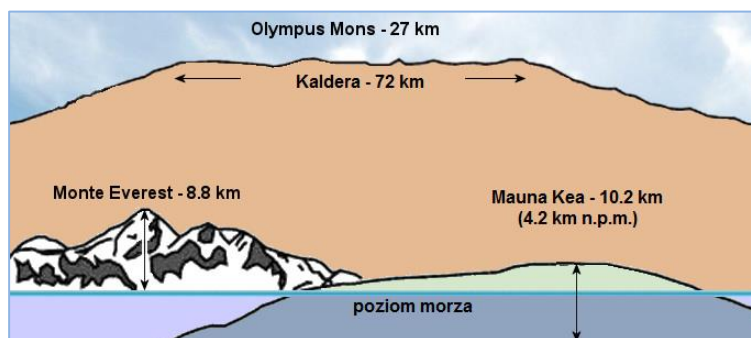


Ryc. 5. Wulkany tarczowe Aine Corona na Wenus [1]



Ryc. 6. Tarcza wulkaniczna Olympus Mons na Marsie [1]

Najwyższym wulkanem dotychczas rozpoznanym w Układzie Słonecznym, niezaprzeczalnie jest Olympus Mons z regionie Tharsis Montes na Marsie (Ryc. 6). Według opisu geologów z NASA jest to wulkan nieaktywny, typu tarczowego o średnicy 624 km, wysokości 25 km oraz głębokości kaldery kilku kilometrów. Łącznie zakrywa powierzchnię ok. 300 000 km<sup>2</sup>, czyli dla porównania obszar ten odpowiada Włochom (Frankel, 2005). Jedną z hipotez zakłada, że Olympus Mons swoje rozmiary osiągnął w podobny sposób jak wulkany ziemskie, z jedną różnicą – wypływy magmy musiały być o wiele dłuższe i bardziej obfite w wyniku słabej grawitacji przypowierzchniowej. Inna zaś zakłada, że marsjańskie wulkany mogły się tak rozwinąć tylko dzięki brakowi aktywności tektonicznej i poruszaniu się płyt tektonicznych nad nieruchomymi plamami gorąca (ang. *hot spots*). Naukowcy porównują Olympus Mons do hawajskiego wulkanu Mauna Kea ze względu na liczne podobieństwa morfologiczne i topograficzne (Ryc. 7).



Ryc. 7. Zestawienie marsjańskiego wulkanu Olympus Mons oraz najwyższych gór Monte Everest i najwyższego wulkanu tarczowego na Hawajach [3]



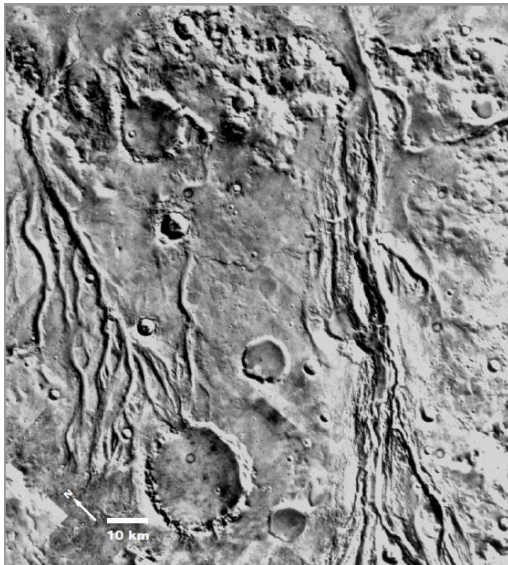
## Procesy egzogeniczne

### *Erozja, transport i akumulacja*

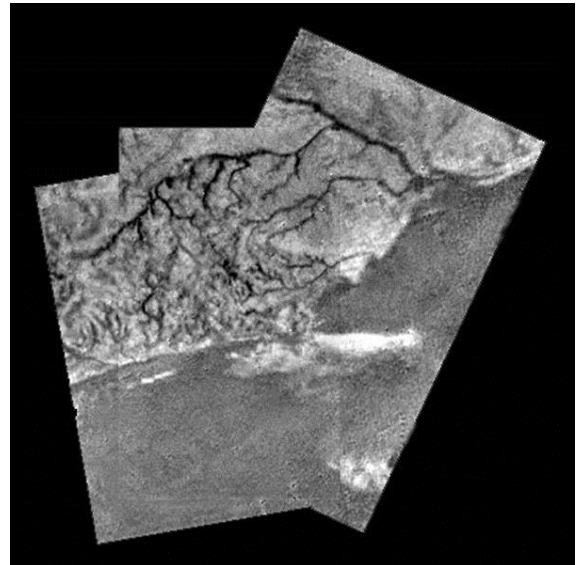
Z punktu widzenia geologa planetarnego najważniejsza stała się interpretacja zdjęć, służących identyfikacji form rzeźby powierzchniowej zarówno powstałych z działalności niszczącej jak i budującej. Głównymi czynnikami erozji i akumulacji są: obecność płynów, wiatru, lodu lub aktywności wulkanicznej. Pierwszy z czynników reprezentowany jest przez ciekłą wodę lub metan. Tak samo, jak na Ziemi, rozpoznawane są liczne linie brzegowe, delty, koryta rzeczne i inne formy przestrzenne powstałe w trakcie przepływu fluwialnego. Można je zidentyfikować na powierzchni Marsa (Greeley i in., 2013) (Ryc. 8). Natomiast, na Tytanie – największym księżycu Saturna, zaobserwowano zaokrąglone formy na powierzchni przypominające jeziora lub morza. Według NASA i ESA (*European Space Agency*) prawdopodobnie powstałe one w procesie przepływu płynnych węglowodorów m.in. metanu i etanu (Ryc. 9).

Drugim w kolejności czynnikiem erozyjnym jest wiatr, który występuje jedynie na planetach i księżycach charakteryzujących się miększą warstwą atmosferyczną. Proces eoliczny polega na podnoszeniu i wywiewaniu małych cząstek skalnych i akumulacji w innym miejscu tworząc zarazem rozmaite urzeźbienie. W czasie transportu niszczone w procesie korazji są powstałe już formy powierzchniowe. Formami akumulacyjnymi są przede wszystkim wydmy i ripplemarki obserwowane na m.in. Marsie (Ryc. 10) i Tytanie (Ryc.11). Co więcej z łatwością można ustalić kierunek wiatrów (Ryc. 12).

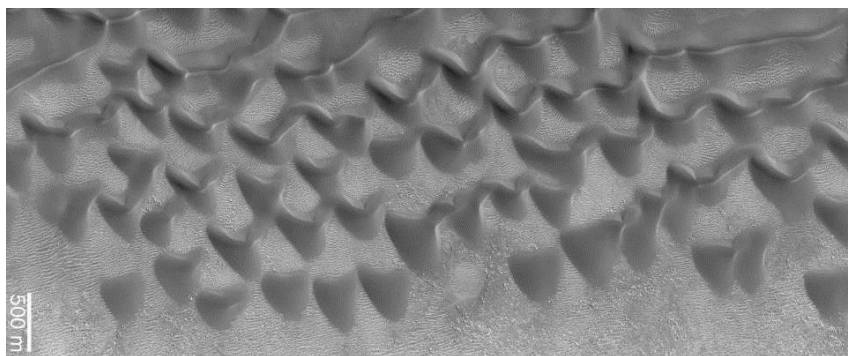
Zaistnieć mogą niepewności dotyczące genezy form erozyjnych takich jak wąwozy, kaniony, koryta rzeczne oraz wały nasypowe. Mogą być powiązane zarówno z procesami fluwialnymi jak i glacyogenicznymi. Łądogód obecny na powierzchni planety niesie ze sobą materiał skalny. Podczas jego topnienia osady mogą być deponowane bezpośrednio pod lub przed czołem łądogódu. Uwalniane są też wtedy pokłady uwieżionej wody, która wynosi materiał skalny tworząc charakterystyczne doliny V-kształtne (Strobel, 2013).



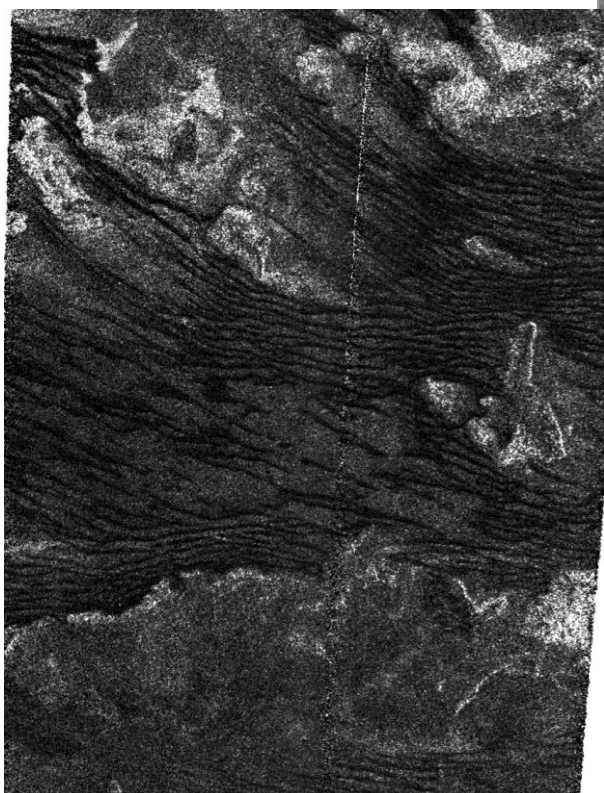
Ryc. 8. Działalność fluwialna na Marsie. Doliny na zachód od Chryse Planitia niedaleko Viking Lander 1 site. Większy krater w dolnym lewym rogu ok. 28 km średnicy (Viking mosaic P-17698) [1]



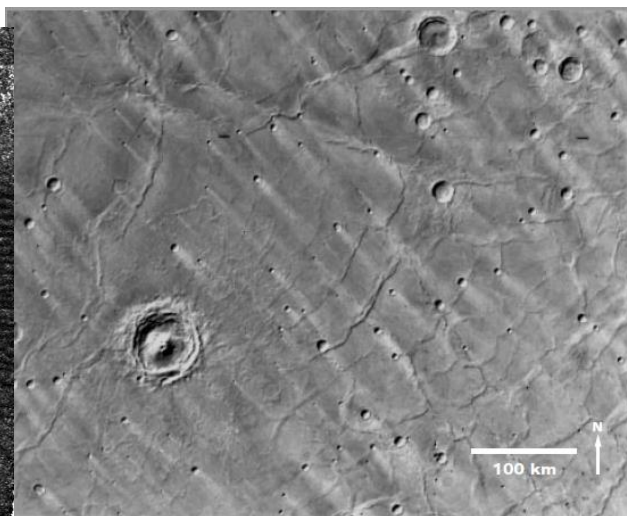
Ryc. 9. Mozaika koryta rzeczno i grzbietów jako działalność niszcząca płynącego etanu i metanu na powierzchni Tytana [1]



Ryc. 10. "Zęby rekina" wydmy piaskowe w Kraterze Proctor na Marsie [1]



Ryc. 11. Wydmy na powierzchni Tytana [1]



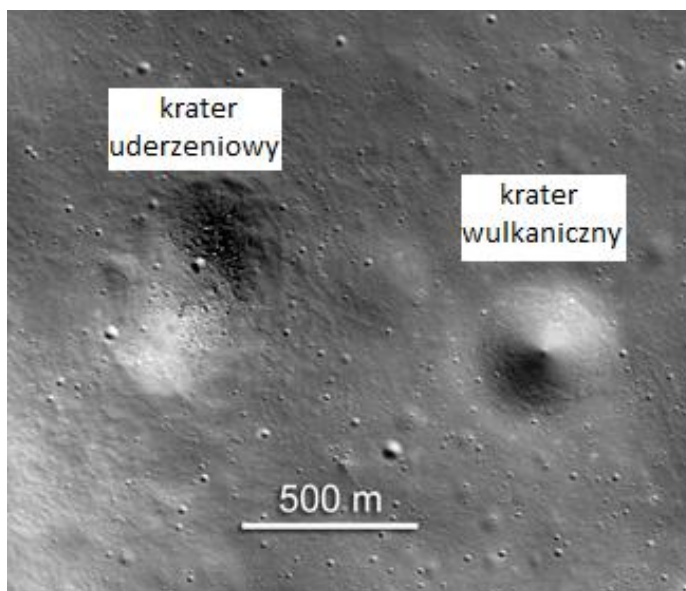
Ryc. 12. Działalność eoliczna na Marsie - Hesperia Planum. Kierunek wiatru NW [1]

### *Kratery*

W kontekście geologii planetarnej, powstawanie kraterów uderzeniowych jest jednym z najważniejszych procesów modyfikacji powierzchni planety. Czynnikiem, który przyciąga wszelkie obiekty z przestrzeni kosmicznej jest siła grawitacji. Każde zderzenie obiektu kosmicznego z planetą uwalniało jednorazowo ogromną siłę rzędu prawie kwadryliona dżuli. W dziejach naszej planety miało miejsce masowe wyginięcie roślinności i zwierząt (3/4 wszystkich gatunków flory i fauny w tym całkowite wymarcie m.in. dinozaurów) około 66 mln lat temu na przełomie kredy i paleogenu. Wielkie wymieranie kredowe zostało skorelowane ze zderzeniem komety lub dużej planetoidy (ok. 10 km średnicy) z Ziemią przez Luisa i Waltera Alvarezów oraz Franka Asarę i Helen Michel (Alvarez i in., 1980). Według naukowców niezaprzeczalnym dowodem na zaistniałe wydarzenie stał się krater Chicxulub po części znajdujący się na terenie obecnego Meksyku i Zatoki Meksykańskiej.

Badacze odnotowali obecność irydu w kraterze między warstwami tych dwóch systemów oraz anomalne stężenie tego pierwiastka w skali światowej (około 30 razy większe).

Identyfikacja form, które krater są wulkaniczne, a które powstały po uderzeniu meteorytu lub asteroidy nie sprawia trudności. Wszystkie spotkane dotychczas krater wulkaniczne są posadowione na wyżynie (stożku), natomiast kosmogeniczne znajdują się niżej niż otaczający teren i otoczone są charakterystyczną obręczą (Ryc. 13).



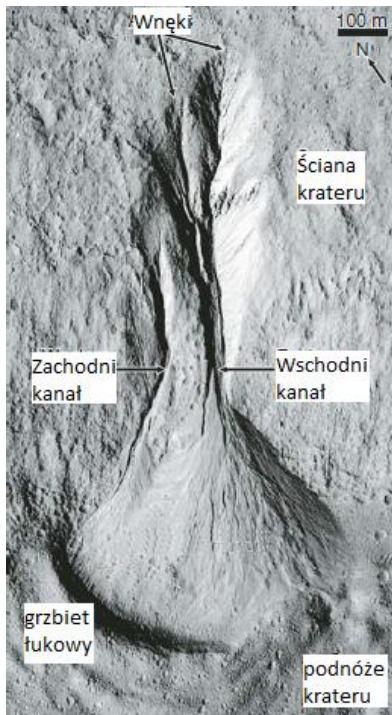
Ryc. 13. Fotografia przedstawiająca krater uderzeniowy i krater wulkaniczny w regionie Compton-Belkovic na Księżycu [1]

Wskaźnik ilości kraterów na danej powierzchni jest wykorzystywany do oszacowania liczby lat elementów morfologii powierzchni. W każdym z przypadków należy ustalić główne zdarzenia geologiczne i umiejscowić je w skali czasowej. Działa to na takiej samej zasadzie jak tabela stratygraficzna, dzieląca dzieje Ziemi na mniejsze jednostki czasowe opisane za pomocą wieku skamieniałości lub skał wydatowanych metodą połowicznego rozpadu pierwiastków promieniotwórczych. Przykładem próby odtworzenia najważniejszych procesów jest południowo wschodni wąwóz krateru Promethei Terra na Marsie (Schon, 2009).

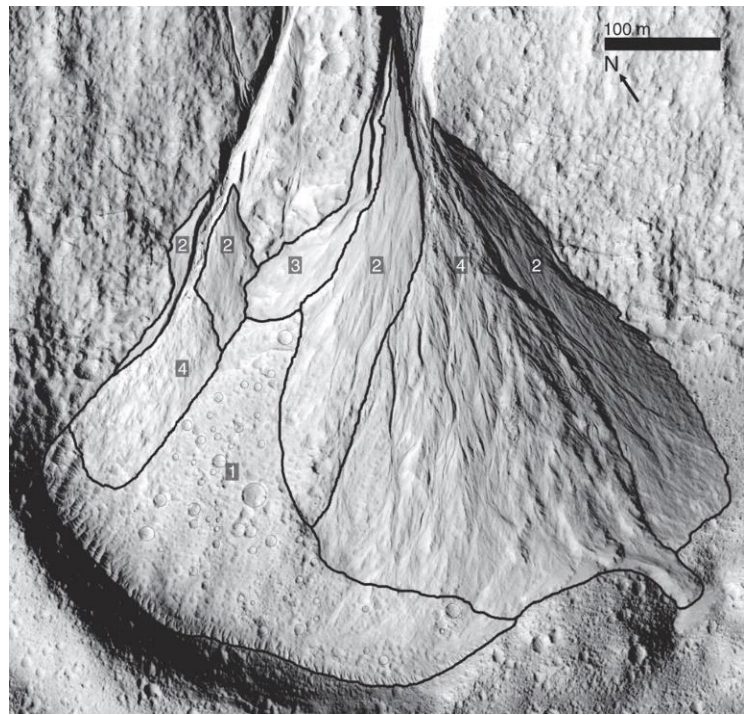
Za pomocą uzyskanego zdjęcia, autorzy wydzieliли 6 łobów (płatów), przy czym numer 1 jest najstarszy, ponieważ leży pod 2-4 (zasada superpozycji) i wydatowano go na ok. 1,25 mln lat (Ryc. 14). Do wyliczenia wieku posłużono się izochronami Hartmanna i Neukuma (2001, 2002) i Ivanova (2001) (Michael, 2010) (Ryc. 15).



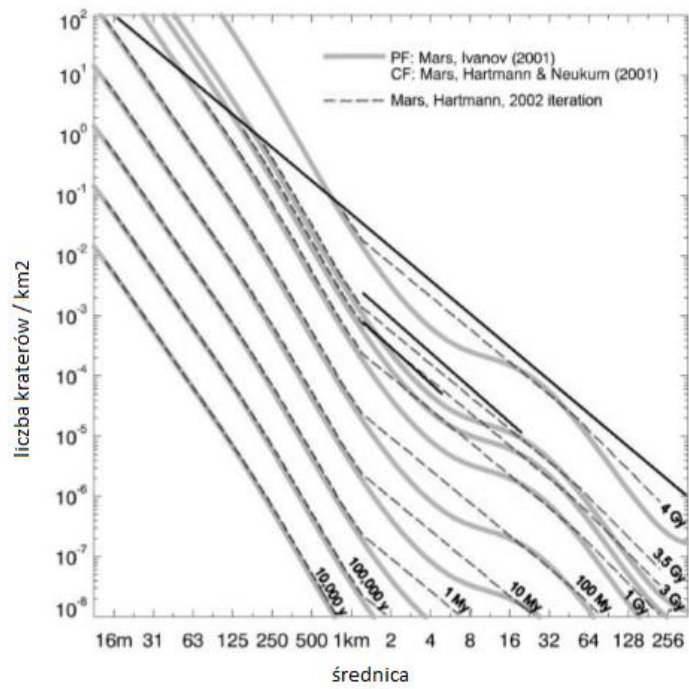
a)



b)



Ryc. 14. Wąwóz krateru Promethei Terra na Marsie; a) widok całościowy, b) widok przybliżony z wydzielonymi łobami 1-4, (Schon, 2009)



Ryc. 15. Wykres zależności liczby kraterów występujących na danej powierzchni [km<sup>2</sup>] i średnicy kraterów, (Michael, 2010 za: Hartmann, 2002)

Ze względu na ograniczoną możliwość uzyskania próbek skał, naukowcy zmuszeni są do prowadzenia bardzo dokładnej analizy dowodów z mozaik fotograficznych. Dotychczas udało się zdobyć próbki skał z sześciu misji Apollo na Księżyc od 1969 roku (Ryc. 16) i trzech misji Łuna oraz próbki meteorytów pochodzenia marsjańskiego. Za sprawą wielkiego sukcesu sondy Curiosity wysłanej pod koniec 2012 roku, w niedalekiej przyszłości zespół NASA planuje wysłać kolejną bezzałogową sondę. Głównym celem misji będzie poszukiwanie pozostałości dawnego życia i zebrania próbek skał oraz gruntów, które miałyby trafić na Ziemię. Ponadto NASA zademonstruje futurystyczną wizję technologii, która pozwoli wysłać ludzi na Czerwoną Planetę.



Ryc. 16. Astronauta Harrison Schmitt pobierający próbki powierzchniowe podczas lądowania Apollo 17, 7 grudnia 1972r [1]

## Podsumowanie

Podsumowując, geologia planetarna jest stosunkowo młodą dyscypliną naukową zainicjowaną badaniami z drugiej połowy XX wieku przez Eugene Merle Shoemaker'a – amerykańskiego geologa i astronoma. Jako pierwszy nadał nazwę „astrogeologia” podczas swojej pracy nad kraterami uderzeniowymi w USGS (*United States Geological Survey*). Dzięki odpowiedniej wiedzy geologicznej naukowcy są w stanie zobrazować wiele procesów formujących powierzchnię innych planet bazując tylko na przykładzie dobrze poznanej Ziemi. Jednak, wiele wyników interpretacji jest zazwyczaj indywidualnymi przypuszczeniami lub zgadywaniem. Dzieje się tak, ponieważ geolodzy planetami nie mają bazy bezpośrednich próbek osadów i skał do badań laboratoryjnych, oprócz pozostałości meteorytów często niewiadomego pochodzenia lub ograniczonych liczebnością próbek zebranych przez łaziki. Najlepszymi narzędziami stały się prężnie rozwijające się technologie bezinwazyjne metod badań opartych na teledetekcji. Jedno jest pewne, dalsze eksplorowanie kosmosu może w niedalekiej przyszłości rzucić więcej światła na teorię powstania Wszechświata oraz życia na innych planetach w naszej galaktyce jak i poza nią.

## Literatura

- Alvarez L. W., Alvarez W., Asaro F., Michel H. V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous – Tertiary extinction. *Science*, 208(4448), 1095-1108.
- Bell J. F., Campbell B. A., Robinson M. S., 1999. *Manual of Remote Sensing: Remote Sensing for the Earth Sciences 3*. Nowy Jork: John Wiley & Sons, 509-564.
- Cas R. A. i Wright J. V., 1987. *Volcanic Successions Modern and Ancient*. Londyn: Allen and Unwin, 528.
- Frankel C.S., 2005. *Worlds on Fire: Volcanoes on the Earth, the Moon, Mars, Venus and Io*; Cambridge: Cambridge University Press, 132.
- Greeley R., Bender K., Rappalardo R., 2013. *Planetary Geology – A Teacher’s Guide with Activities in Physical and Earth Sciences*. National Aeronautics and Space Administration, 85, 127-136.
- Gurgulewicz J., 2014. Tajemnice Czerwonej Planety. *Academia*, 4(40), 34-37.
- Michael G., Neukum G., 2010. *Planetary surface dating from crater size-frequency distribution measurements: differential forms of production function polynomial*. 41th Lunar and Planetary Science Conference in The Woodlands, USA.
- Schon S., 2009. *Unique chronostratigraphic marker in depositional fan stratigraphy on Mars: Evidence for ca. 1.25 Ma gully activity and surficial meltwater origin*. 40th Lunar and Planetary Science Conference in The Woodlands, USA.
- Strobel N., 2013. *Planet Surfaces, Earth-Venus-Mars*. Astronomy Notes ([www.astronomynotes.com](http://www.astronomynotes.com)).

## Źródła internetowe:

- [1] <http://www.nasa.gov> (dostęp IV 2016)
- [2] <http://www.lpi.usra.edu> (dostęp IV 2016)
- [3] <https://fuffologia.wordpress.com> (dostęp IV 2016)

**Krótką notką o autorze:** *Studentka oceanografii II stopnia i geologii I stopnia na Uniwersytecie Gdańskim. Główne zainteresowania badawcze to inwazyjne i bezinwazyjne metody badań oraz analiza danych geofizycznych i geologicznych w obrębie poszukiwań złóż węglowodorów.*

## **Charakterystyka wybranych światowych złóż gazu z łupków**

**Konrad Mischke**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii  
E-mail: konradmischke@gmail.com

**Tutor: dr Ewa Szymczak**

Instytut Oceanografii, Zakład Geologii Morza

**Streszczenie** – *Celem artykułu jest przedstawienie charakterystyki wybranych światowych złóż gazu z łupków, który należy do węglowodorów niekonwencjonalnych. Znaczenie tego surowca wzrosło w ostatnich latach po usprawnieniu technologii jego wydobycia, czyli szczelinowania hydraulicznego w połączeniu z wierceniami horyzontalnymi. Zastosowanie tych metod umożliwia uwolnienie i wydostanie się gazu ze skał łupkowych, charakteryzujących się bardzo niską przepuszczalnością oraz porowatością. Jednakże przed rozpoczęciem kosztownej eksploatacji, powinno się dokładnie określić potencjał wydobywczy danego złoża gazu z łupków, za pomocą takich parametrów jak: zawartość materii organicznej (TOC), stopień dojrzałości termicznej ( $R_o$ ), zawartość minerałów kruchych oraz ilastych, a także miąższość i głębokość zalegania formacji łupkowych. Na ich podstawie można stwierdzić pewne zależności i podobieństwa między wybranymi złożami gazu z łupków na całym świecie. Co ważne złoża gazu z łupków mogą być nawet kilkukrotnie większe, niż obecnie poznane zasoby gazu konwencjonalnego. W konsekwencji, wraz z światowym wzrostem zapotrzebowania na energię, gaz z łupków w przyszłości ma szansę stać się jednym z kluczowych surowców energetycznych.*

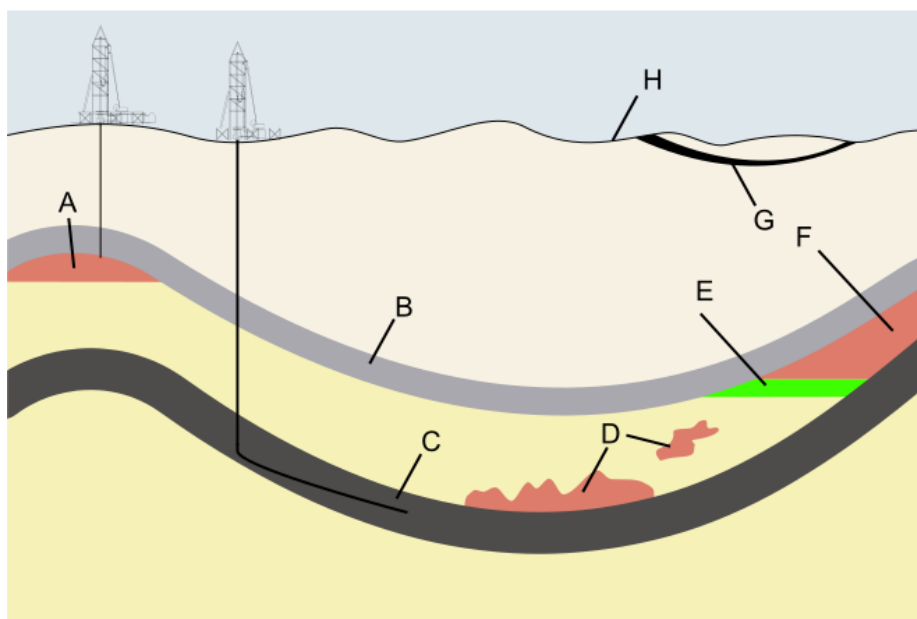
**Słowa kluczowe** – gaz z łupków, łupki, materia organiczna, węglowodory niekonwencjonalne, złoża

### **Wstęp**

Od drugiej połowy XX wieku odnotowywany jest gwałtowny, globalny wzrost zapotrzebowania na energię. W ostatnich 25 latach światowa konsumpcja energii wzrosła aż o około 60% [1]. Ponadto według najnowszych prognoz EIA (*U.S. Energy Information Administration*) globalne zapotrzebowanie na energię ma rosnać w podobnym tempie co najmniej do 2035 roku. Co więcej, wraz z dalszym rozwojem cywilizacyjnym obserwuje się zwiększoną konsumpcję ropy naftowej i gazu ziemnego, których zasoby są ograniczone. Zdaniem Mokrzyckiego (2008) poznane dotychczas światowe złoża mogą wystarczyć na blisko 40–50 lat eksploatacji, biorąc pod uwagę wydobycie na obecnym poziomie. Dlatego też na całym świecie, obok poszukiwań tradycyjnych surowców energetycznych, prowadzone są poszukiwania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych. Zaliczane są do nich: gaz i ropa z łupków, gaz zamknięty, metan z pokładów węgla oraz hydraty metanu. Różnią się od konwencjonalnych złóż tym, że do ich rozpoznania oraz eksploatacji wymagane jest stosowanie zaawansowanych technologii. Choć eksploatacja węglowodorów niekonwencjonalnych jest kosztowniejsza niż tradycyjnych złóż paliw kopalnych, warto podkreślić, że ich spalanie dostarcza o wiele mniej dwutlenku węgla do atmosfery niż wykorzystywanie w tym celu węgla kamiennego i brunatnego. Zapoczątkowanie ich wydobycia na dużą skalę, mogłoby z całą pewnością zaspokoić zwiększające się, globalne zapotrzebowanie na energię.

## Pochodzenie gazu w łupkach

Gaz z łupków jest obecnie najważniejszym i najlepiej poznanym węglowodorem niekonwencjonalnym. Co istotne pod względem genezy oraz składu nie różni od gazu konwencjonalnego. Przeważnie jest to gaz termogeniczny, powstały pod wpływem wysokich temperatur i ciśnień, a jego głównym składnikiem jest metan (Sidorczyk, 2013). Jednakże gaz z łupków cechuje się tym, że jest on zamknięty w skale macierzystej o charakterze łupkowym, o bardzo niskiej przepuszczalności (poniżej  $10^{-3} \mu\text{m}^2$ ) oraz porowatości (poniżej 10%) (Zou, 2012). Tym samym wyróżnia go brak naturalnych szczelin i porów o rozmiarach umożliwiających gazom samodzielną migrację. W konsekwencji nie jest on w stanie tworzyć złóż w ośrodku innym niż skała macierzysta, tak jak ma to miejsce w przypadku gazu konwencjonalnego (Ryc. 1). Dlatego też skała łupkowa pełni funkcję zarówno skały macierzystej, uszczelniającej oraz zbiornikowej.



Ryc. 1. Położenie wybranych złóż węglowodorów konwencjonalnych oraz niekonwencjonalnych:  
A – gaz konwencjonalny, B – warstwa nieprzepuszczalna, C – łupki bogate w gaz, D – gaz piaskowcowy,  
E – ropa naftowa, F – gaz konwencjonalny, G – metan z pokładów węgla, H – powierzchnia ziemi.  
(EIA – U.S. Energy Information Administration)

## Główne parametry złóżowe

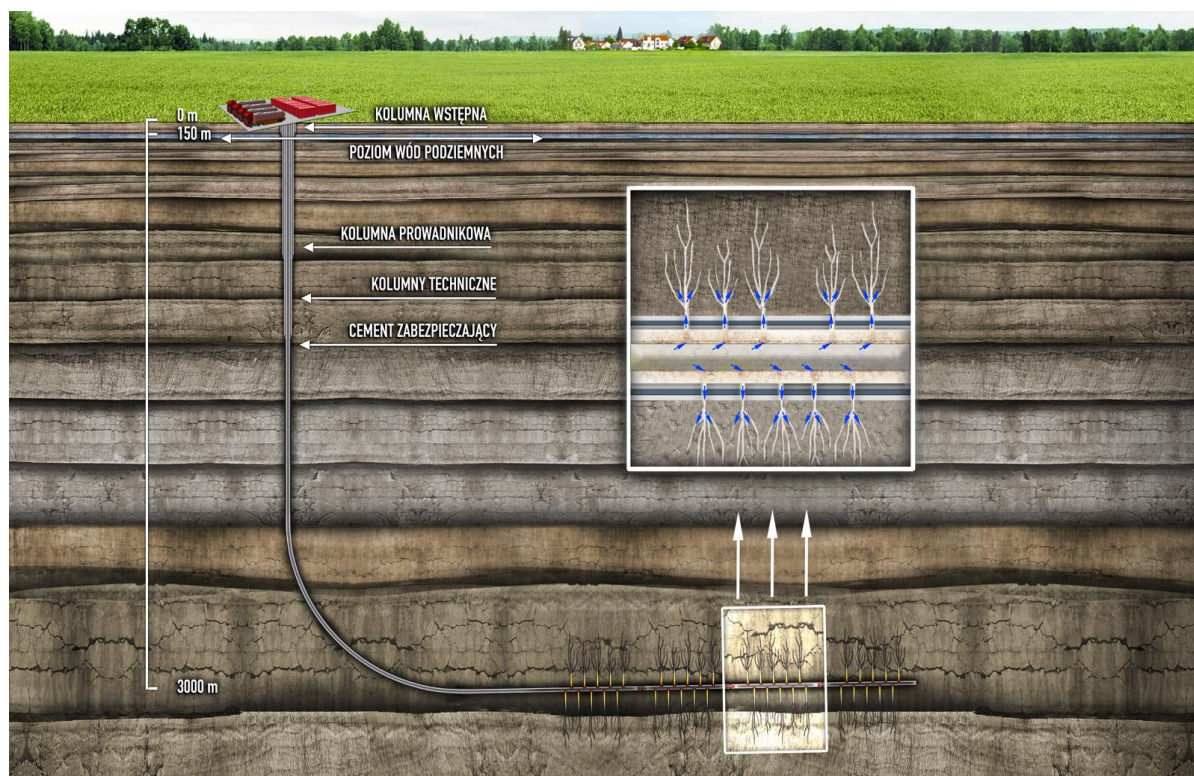
Kluczowymi parametrami, poza porowatością oraz rozkładem wielkości porów skalnych, które rozpatrywane są przy eksploracji gazu z łupków są między innymi: zawartość materii organicznej i jej dojrzałość, skład mineralny łupków, a także miąższość i głębokość zalegania formacji łupkowej. Gaz występuje w łupkach bogatych w materię organiczną (Zou, 2012). Jej udział wyraża się parametrem TOC (Total Organic Carbon). Zawartość materii organicznej może zależeć od obecności licznej flory i fauny. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem udziału całkowitego węgla organicznego w skale macierzystej rośnie wydajność przeprowadzonych odwiertów. Dzięki temu można wydobyć o wiele więcej gazu z łupków. Aby eksploatacja była opłacalna, średnia zawartość TOC w skałach powinna być większa niż 2% (Zou, 2012). Równie ważne jest oszacowanie zawartości ilów oraz minerałów kruchych (w tym kwarcu) w łupkach. Przyjmuje się, że ilość tych pierwszych powinna być mniejsza niż 30%, a drugich większa niż 40%. Powyższe kryteria udziału ilów i minerałów kruchych



mają wpływ na wydajność pozyskiwanego gazu z przeprowadzonych otworów wydobywczych. Dojrzałość termiczną materii organicznej określa się za pomocą parametru  $R_o$ , który oznacza stopień refleksyjności wityrytu. Jego wartość powinna znajdować się w przedziale od 1,1% do 3,5% (Grotek, 2006). Dzięki niemu można określić stopień diagenetycznych przemian materii organicznej w danym ośrodku skalnym. Na ogół im większa zawartość  $R_o$  tym więcej gazu można wydobyć (Zou, 2012). Istotne jest także określenie dokładnej miąższości formacji łupkowej. Powinna ona wynosić minimum 30-50 m, w zależności od udziału materii organicznej. Bardzo ważna, pod względem ekonomicznym, jest głębokość zalegania formacji łupkowych. W zależności od złoża może sięgać ona od kilkunastu do kilku tysięcy metrów głębokości. Zakłada się, że gaz powinien być eksploatowany z łupków zalegających minimum 1000 m pod powierzchnią. Dzięki temu można uniknąć skażenia wód podziemnych w trakcie wydobywania. W konsekwencji im głębiej tym koszt poszukiwań oraz eksploatacji jest większy.

### **Eksploatacja gazu z łupków**

Historia wydobywania gazu z łupków ma już blisko 200 lat. Pierwszy odwiert wykonano już w 1821 roku w Stanach Zjednoczonych. Miał on jednak tylko kilkanaście metrów głębokości, a ówczesne techniki nie umożliwiały wydobywania dużych ilości tego surowca (Curtis, 2002). Kluczowym momentem w rozwoju eksploatacji było utworzenie w latach 70. ubiegłego wieku amerykańskiego projektu ESGP (Eastern Shale Gas Project). Jego celem było zbadanie złóż gazu z łupków w Stanach Zjednoczonych oraz istotny rozwój technik jego wydobywania (Zou, 2012). Dopiero po kilkudziesięciu latach prowadzenia badań usprawniono technologię szczelinowania hydraulicznego, która znacząco zwiększyła efektywność eksploatacji gazu z łupków (Ryc. 2). Metoda ta polega na właczaniu płynu szczelinującego pod ciśnieniem w głąb odwiertu.



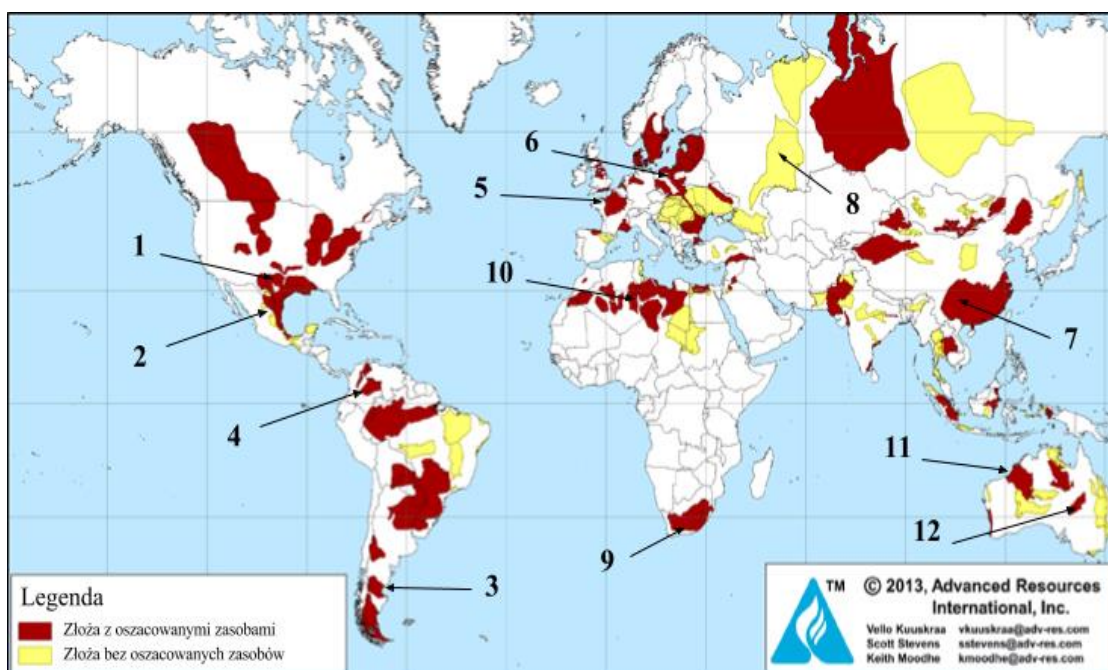
Ryc. 2. Uproszczony rysunek, przedstawiający proces szczelinowania hydraulicznego podczas wiercenia horyzontalnego [2]

Składa się on najczęściej, przede wszystkim z wody (90%), piasku kwarcowego (9,5%) oraz substancji chemicznych m.in. detergentów stosowanych w gospodarstwach domowych (0,5%) (Arthur i. in., 2008). Jego zastosowanie powoduje poszerzanie oraz utrzymywanie szczelin, tym samym znacznie zwiększając porowatość i przepuszczalność łupków. Dzięki temu gaz swobodnie „wypływa” i można go eksploatować na dużą skalę. Dodatkowo szczelinowanie hydrauliczne stosowane jest przy odwiertach horyzontalnych. Polegają one na zmianie kierunku wiercenia na zbliżony do poziomego, gdy dotrze się do formacji łupkowej. W konsekwencji została zwiększona wydajność eksploatacji poprzez objęcie wydobyciem większego obszaru. W ostatnich latach co raz częściej stosuje się również kilkakrotne szczelinowanie dla danego otworu, które dodatkowo zwiększa efektywność odwiertów (Zou, 2012). Wraz z rozwojem wydobycia gazu z łupków usprawniane są technologie poszukiwań złóż m.in. metody geofizyczne oraz techniki eksploatacji na dużych głębokościach i pod dużym ciśnieniem. Potencjalne światowe zasoby gazu z łupków są bardzo duże. Według danych EIA z 2013 roku sięgają blisko 206,7 bln m<sup>3</sup> (tabela 1.). Dla porównania roczne zużycie gazu na całym świecie w 2013 roku wyniosło 3,35 bln m<sup>3</sup> (BP, 2014). W dodatku złoża gazu z łupków mogą być kilkakrotnie większe od złóż gazu konwencjonalnego (Dittrick, 2011). Tak duże zasoby są efektem m.in. tego, że łupki są najpowszechniejszą skałą osadową na świecie (Zou, 2012). Rozwój technologii wierceń horyzontalnych oraz szczelinowania hydraulicznego w ostatnich latach przyczynił się do komercyjnej eksploatacji gazu z łupków przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych oraz w Kanadzie, Chinach i Argentynie. Co więcej, stwierdzono również obecność perspektywicznych złóż na innych obszarach m.in. w Algierii, Republiki Południowej Afryki, Meksyku, Polski czy Australii (Ryc. 3).

Tab.1 Lista państw z największymi potencjalnymi zasobami gazu z łupków (EIA – U.S. Energy Information Administration)

miejsce	państwo	zasoby (bln m <sup>3</sup> )
1	Chiny	31,6
2	Argentyna	22,7
3	Algieria	20
4	Stany Zjednoczone	18,8
5	Kanada	16,2
6	Meksyk	15,4
7	Australia	12,4
8	RPA	11
9	Rosja	8,1
10	Brazylia	6,9
	reszta świata	43,5
	<b>razem</b>	<b>206,6</b>





Ryc. 3. Mapa przedstawiająca potencjalne złoża gazu z łupków na świecie wraz z wybranymi złożami z tabeli 2. ponumerowanymi 1-12. (źródło: EIA, zmienione)

### Charakterystyka wybranych złóż

Na podstawie Tab. 2 można stwierdzić, że przedstawione, wybrane światowe złoża gazu z łupków na poszczególnych kontynentach powstawały głównie w paleozoiku i mezozoiku. Można wydzielić formacje paleozoiczne pochodzące z kambriu, ordowiku, syluru, dewonu, karbonu i permu; dla przykładu basen bałtycki czy syczański. Wyróżniono również złoża mezozoiczne pochodzące z jury oraz kredy m.in. Neuquen w Argentynie i Burgos w Meksyku. Jednym z wyjątków jest australijski basen Beetaloo, który powstał w proterozoiku (Zou, 2012). Tym samym jest on najstarszym rozpoznany złożem gazu z łupków na świecie. Podobny wiek powstania również wszystkich innych formacji łupkowych jest uwarunkowany występowaniem orogenez: kaledońskiej oraz waryscyjskiej w paleozoiku oraz alpejską, która rozpoczęła się w mezozoiku. Ponadto wpływ na kształtowanie basenów miały lokalne procesy tektoniczne (Zou, 2012).

Jak wspomniano wcześniej istotnym parametrem, w ocenianiu potencjału wydobywczego gazu z łupków, jest zawartość ilów w skale macierzystej (tabela 2). Duża zawartość ilów (>30%) w łupkach gazonośnych znacząco utrudnia proces szczelinowania hydraulicznego (Zou, 2012). Na ogół duże ilości ilów w łupkach świadczą, że powstały one w warunkach o sedymentacji jeziornoj lub międzyżyłowej. Z kolei ich mniejsze ilości wskazują na warunki sedymentacji głębokomorskiej. Środowisko powstania łupków ma również wpływ na zawartość minerałów kruchych, np. kwarcu. Zaobserwowano, że im większa ich ilość, tym łatwiejsze tworzenie się szczelin w łupkach podczas procesu szczelinowania hydraulicznego (Zou, 2012). Większość formacji łupkowych na świecie powstawała w warunkach sedymentacji morskiej. Inną, mniej liczną grupą są złoża, których geneza związana jest z sedymentacją jeziorną.

Dokładne zbadanie złóż gazu z łupków jest ważne również w kontekście paleogeografii. Dla przykładu na podstawie danych z Tab. 2, basen Karoo mieszczący się w Republice Południowej

Afryki oraz australijski basen Cooper są do siebie bardzo podobne. Po pierwsze oba powstały w permie, w którym istniał superkontynent Pangea. Po drugie formacje łupkowe zalegają na jednakowej głębokości 2500 m. Dodatkowo nadległe i podścielające osady są podobnego pochodzenia. Odpowiednio są to utwory pochodzenia rzeczno-glacialne. Świadczy to o tym, że baseny Karoo i Cooper powstawały w bardzo podobnym środowisku sedimentacyjnym.

Ogromne znaczenie przy ocenianiu zasobności złóż gazu z łupków ma zawartość materii organicznej. Bardzo duży wpływ na ilość całkowitego węgla organicznego (TOC) w skale macierzystej ma jego pochodzenie (Tab. 2). W przypadku łupków jest to głównie morski fitoplankton – algi, sinice oraz rzadziej zooplankton – graptolity. Wśród pierwszych należy wyróżnić algi pochodzenia morskiego z gatunku *Gloeocapsomorpha prisca* (Ryc. 4). Są to owalne mikroorganizmy, które morfologią przypominają dzisiejsze sinice. Złożone są z jasnożółtych, sferycznych oraz jajowatych globuli o średnicy 20-500 µm. Powyższe globule składają się z jednolitych i koncentrycznych warstwowych ścianek, otaczających liczne pustki, które reprezentują kolonialne mikroorganizmy. Niestety, organizmy te nie uległy procesowi fosylizacji. Prawdopodobnie ich grube i odporne organiczne ścianki są głównym źródłem kerogenu (Lille, 2003).



Ryc. 4. *Gloeocapsomorpha prisca* pod mikroskopem [3].

Tab.2 Zestawienie wybranych złóż gazu z łupków na poszczególnych kontynentach, (opracowanie własne na podstawie EIA)

złóże	Fort Worth (1)	Burgos (2)	Neuquen (3)	Maracaibo (4)	Paryski (5)	Baltycki (6)	Sichuan (7)	Zachodnio- Syberyjski (8)	Karoo (9)	Ghadames (10)	Canning (11)	Cooper (12)
kontynent	Ameryka Północna		Ameryka Południowa		Europa		Azja		Afryka		Australia i Oceania	
państwo	USA	Meksyk	Argentyna	Kolumbia Wenezuela	Francja	Polska	Chiny	Rosja	RPA	Algieria Libia	Australia	Australia
wiek	O, P	J, K	J, K	K	C, P	Cm, O, S	Cm, S, P	J, K	P	S, D	O	P
środowisko	morskie	morskie	morskie	morskie	jeziorne	morskie	morskie	morskie	morskie	morskie	morskie	jeziorne
zawartość iłłów	niska	niska	średnia	niska	średnia	średnia	niska	niska	niska	średnia	niska	niska
organika	dużo	b/d	dużo	b/d	b/d	graptolity	b/d	plankton	b/d	graptolity	algi	b/d
TOC [%]	5,0	4,5	3,5	5,0	9,0	3,9	3,4	6,7	4,2	5,9	3,0	2,6
R <sub>o</sub> [%]	1,7	1,33	1,28	1,2	1,2	1,27	2,9	0,95	3,0	1,35	1,13	1,16
miąższość [m]	300	90	200	305	115	250	185	30	80	64	365	80
głębokość [m]	1900	2500	2700	3350	3100	3100	3500	3050	2500	3300	2800	2500
ciśnienie	wysokie	bardzo wysokie	wysokie	średnie	normalne	wysokie	wysokie	bardzo wysokie	wysokie	wysokie	normalne	normalne
powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	140 000	63 000	173 000	60 000	160 000	42 000	193 000	3 500 000	612 000	303 000	469 000	121 000
zasoby [bln m <sup>3</sup> ]	1,1	11,1	16,5	5,7	3,6	3,0	17,7	8,1	10,5	8,0	6,6	2,6
nadległe osady	wapienie	b/d	wapienie	b/d	b/d	halit	węgiel, węglany	piaskowce i łupki	osady fluwialne	piaskowce	wapienie	piaskowce deltowe
podścielające osady	wapienie, dolomity	b/d	wulkanic- zne	b/d	b/d	piaskowce	węglany i mułowce	piaskowce i łupki	osady glacjalne	piaskowce	wapienie	osady glacjalne

*Gloeocapsomorpha prisca* jest charakterystyczna dla australijskiego basenu Canning, w którym koncentracja jej pozostałości (ścianek) w niektórych miejscach wynosi blisko 90%. Ten sam gatunek alg można znaleźć w basenie bałtyckim głównie na terenie Estonii (Lille, 2003). Tworzy tam ordowickie łupki roponośne pochodzenia morskiego tzw. kukersite, których zawartość całkowitego węgla organicznego wynosi aż około 40%. Ponadto *Gloeocapsomorpha prisca* występuje w basenach Michigan, Illinois, Wisconsin, Oklahoma, Williston w Ameryce Północnej oraz Amadeus w Australii. Wszystkie powyższe złoża charakteryzują się bardzo wysoką zawartością materii organicznej. Z kolei bardzo liczna obecność graptolitów w łupkach znana jest z basenu bałtyckiego z obszaru północnej Polski (Ryc. 5). Jest to wymarła gromada zwierząt zaliczanych do półstrunowców. Ich szkielet zbudowany był z substancji białkowej ułożonej w półpięściowate pasemka.



Ryc. 5. Graptolity na powierzchni czarnego łupka, pobranego z wyniesienia Łeby [4]

Były one organizmami planktonicznymi, które tworząc kolonie, zasiedlały górne partie otwartych mórz i oceanów. Są główną skamieniałością przewodnią przez cały okres swego istnienia, czyli od kambru do wczesnego karbonu. Maksimum rozwoju graptolitów jest łączony z żyznymi obszarami szelfu kontynentalnego. Natomiast ich największe ilości związane są z okresami transgresji i stosunkowo wysokiego poziomu morza. Duża obecność graptolitów była również charakterystyczna dla stref upwellingu (Podhalańska, 2013). Graptolity, głównie znajduwane są w czarnych łupkach głębokomorskich, jednak można je również stwierdzić w wapieniach i marglach. Na świecie występują także licznie w chińskich basenach Sichuan oraz Tarim, a także w złożach algierskich i libijskich.

W niektórych basenach można zaobserwować wzrost dojrzałości termicznej ( $R_o$ ) wraz ze wzrostem głębokości zalegania formacji łupkowych. Powyższa sytuacja uwarunkowana jest tym, że na wartość parametru  $R_o$  ma wpływ ciśnienie wywierane przez nadległe utwory skalne. Dla przykładu takimi basenami, uwzględnionymi w Tab. 2, są Sichuan oraz Karoo.

Zasobność złóż uwarunkowana jest m.in. średnimi miąższościami formacji gazonośnych, które zostały przedstawione w Tab. 2. Mogą one różnić się znacząco, w zależności od złoża od kilkunastu do kilkuset metrów. Istotna jest także powierzchnia danego basenu z gazem z łupków. Dla przykładu basen zachodnio-syberyjski charakteryzuje się średnią miąższością formacji łupkowych wynoszącą jedynie 30 m, jednak jego powierzchnia wynosi aż 3,5 mln km<sup>2</sup>. Dzięki temu jego zasobność jest porównywalna do basenów o znacznie większej miąższości takich jak Ghadames oraz Burgos.

## Podsumowanie

Bardzo istotne jest ustalenie parametrów określających złoża gazu z łupków. Nawet jeśli tylko jeden z nich nie spełnia ustalonych kryteriów, może to wpłynąć negatywnie na decyzję o podjęciu eksploatacji. W najbliższym latach przewiduje się dalsze badania złóż gazu z łupków, wraz z usprawnianiem technologii szczelinowania hydraulicznego. Dzięki czemu będzie można wydobywać m.in. gaz z łupków o większej zawartości minerałów ilastych niż dotychczas lub zalegających na znacznych głębokościach. Wpływ na to ma jego obecna eksploatacja w Kanadzie, Argentynie, Chinach oraz przede wszystkim Stanach Zjednoczonych, gdzie wydobycie gazu z łupków w 2015 roku wyniosło blisko 0,28 bln m<sup>3</sup> [1]. Całkiem prawdopodobne, że jego eksploatacja wraz ze wzrostem obecnych cen ropy i gazu rozwinie się w innych państwach o dużych zasobach m.in. w Australii, Meksyku czy też w Polsce.

## Literatura

- Arthur J. D., Bohm B., Coughlin B. J., Layne M. 2008. *Hydraulic Fracturing Considerations for Natural Gas Wells of the Fayetteville Shale*.
- British Petroleum, 2014. *BP Statistical Review of World Energy*.
- Curtis J. B., 2002. Fractured shale-gas systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*.
- Dittrick P., 2011. Europe's Shale Revolution. *Oil & Gas Journal* , 14.
- Grotek I. 2006. Dojrzałość termiczna materii organicznej z utworów pokrywy osadowej pomorskiego odcinka TESZ, basenu bałtyckiego oraz obszarów przyległych. *Pr. Państw. Inst. Geol* , 253-270.
- Lille U., 2003. *Current knowledge on the origin and structure of estonian kukersite kerogen*. *Oil Shale*.
- Mokrzycki E., Ney, R., Siemek J., 2008. *Światowe zasoby surowców energetycznych – wnioski dla Polski*. Rynek Energii.
- Podhalańska T. 2013. Graptolites – stratigraphic tool in the exploration of zones prospective for the occurrence of unconventional hydrocarbon deposits. *Przegląd Geologiczny*, 621-629.
- Sidorczuk M. 2013. *O gazie ziemnym w energetyce i nie tylko.... Państwowa służba geologiczna o gazie w łupkach*, 11-17.
- Zou C., 2012. *Unconventional Petroleum Geology* (wydanie pierwsze). Elsevier.

## Źródła internetowe

- [1] <http://statista.com> (dostęp IV 2016)
- [2] <http://orlenuptstream.pl/PL/GazLupkowy/Strony/Szczelinowanie-hydrauliczne.aspx> (dostęp IV 2016)
- [3] <http://labor.reaktiiv.ee> (dostęp IV 2016)
- [4] <http://infolupki.pgi.gov.pl> (dostęp IV 2016)

**Krótką notką o autorze:** Student III roku geologii na Uniwersytecie Gdańskim. Jego zainteresowania naukowe dotyczą złóż węglowodorów konwencjonalnych oraz niekonwencjonalnych, w szczególności gazu z łupków. Ponadto interesuje się paleontologią, w tym wielkim wymieraniem na przełomie kredy i paleogenu, na przykładzie dinozaurów, co jest tematem pracy licencjackiej studenta.

## Kominy hydrotermalne różnych środowisk geotektonicznych – ekonomiczny zysk czy bogactwo życia?

**Weronika Patuła**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii

E-mail: wero9411@interia.pl

**Tutor: dr Ewa Szymczak**

Instytut Oceanografii, Zakład Geologii Morza

**Streszczenie** – *Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na różnorodność środowisk, w których powstają kominy hydrotermalne. W każdym z tych środowisk występuje także duże bogactwo życia. Organizmy tam żyjące, są interesujące ze względu na specyficzne przystosowania do egzystencji w skomplikowanych warunkach. W obrębie struktur kominów hydrotermalnych tworzą się także cenne ekonomicznie złoża polimetalicznych rud siarczkowych – jedne z ważniejszych surowców metalicznych zawierające duże koncentracje pierwiastków takich jak Zn, Cu, Au czy Ag w ilościach często niespotykanych na lądzie. Z uwagi na zasobne złoża zlokalizowane w sąsiedztwie kominów coraz częściej podejmuje się lub rozważa ich eksploatację, co spowoduje niszczenie zbiorowisk organizmów żyjących na kominach hydrotermalnych. Ważne jest więc, aby odpowiedzieć sobie na pytanie czy dla zysku warto niszczyć tak bogate i skomplikowane ekosystemy.*

**Słowa kluczowe** – kominy hydrotermalne, polimetaliczne rudy siarczkowe, złoża SMS, złoża VMS, ekosystemy

### Wstęp

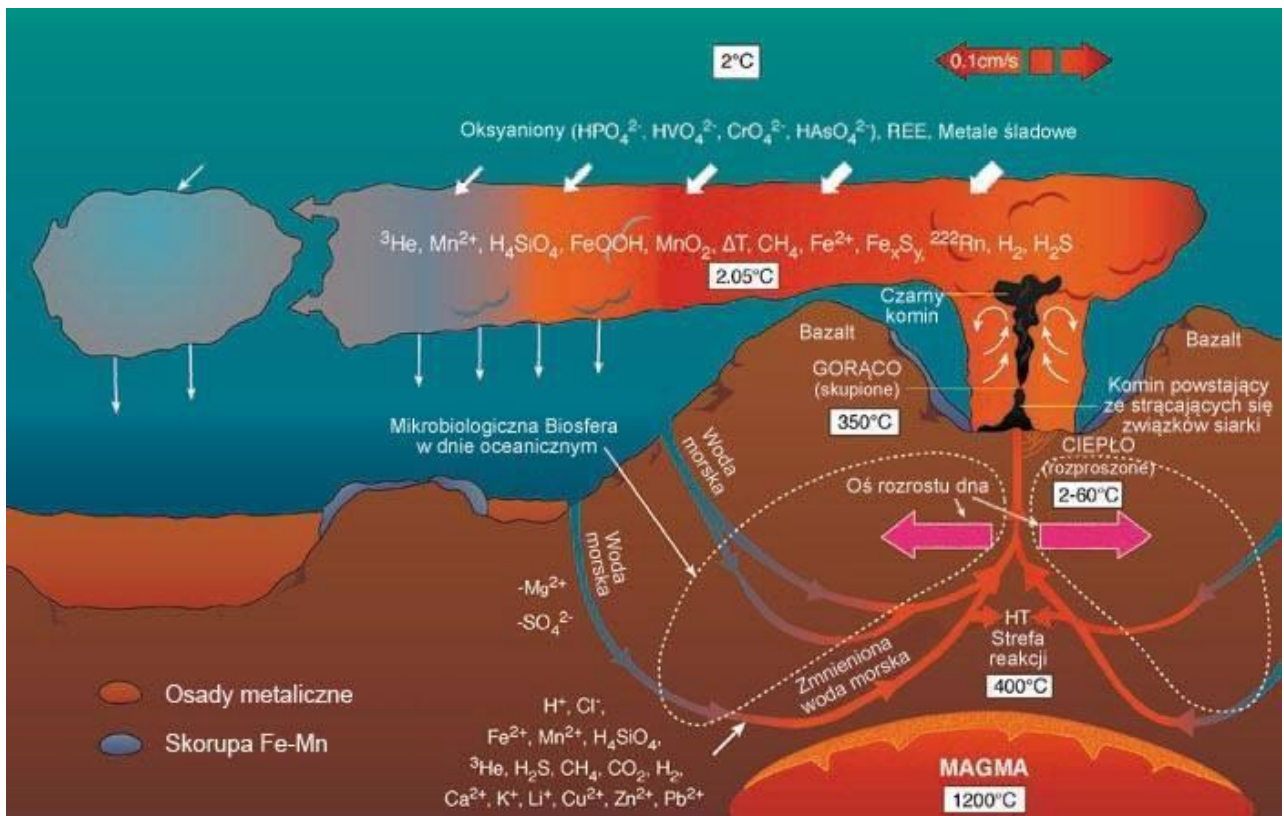
Kominy hydrotermalne to budowle pojawiające się w strefach rozrostu dna oceanicznego (strefy ryftowe, centra spreadingu) (Sanders, 1997) oraz w sąsiedztwie stref subdukcji i plam gorąca. Pierwsze doniesienia o istnieniu kominów pochodzą z maja 1976 roku. Grupa geologów badała wówczas dno morskie na głębokości 2500 metrów w centrum spreadingu na ryfcie Galapagos. Wyniki pomiarów były na tyle interesujące, że w 1977 roku postanowiono tam wrócić i bliżej przyjrzeć się tym strukturom. Było to możliwe dzięki wykorzystaniu batyskafu „Alvin” (Searce, 2006). Odkrycie struktur kominów hydrotermalnych, warunków tam występujących, a także bogactwo życia, wzbudziły żywe zainteresowanie wśród naukowców różnych dyscyplin związanych z morzem. Dzisiaj w dobie postępu technologicznego, rozwoju badań mikrobiologicznych doszukujemy się w tych strukturach odpowiedzi na pytania dotyczące powstania życia na naszej planecie.

### Kominy hydrotermalne

Powstawanie kominów hydrotermalnych jest skomplikowane ze względu na procesy geochemiczne zachodzące w ich obrębie (Ryc. 1). Zimna morska woda przenika przez spękaną warstwę skorupy oceanicznej, gdzie ulega silnemu podgrzaniu w skałach poddanych działaniu strumienia ciepłego magmy. Następuje silny wzrost temperatury wody, zmiana pH (<2,8). Zmienione chemicznie wody reagują z otaczającymi skałami, powodując ługowanie metali przejściowych takich jak: Fe, Mn, Cu oraz pierwiastków Li, K, Rb, Ca, Ba (Humphris i McCollom, 1998). Gorący strumień pod wpływem wysokiego ciśnienia wypływa szczelinami na powierzchnię dna oceanicznego. Roztwór



hydrotermalny (ok. 400<sup>0</sup> C) bogaty w siarkowodór, metale ciężkie, a także inne elementy, w kontakcie z zimną wodą oceaniczną (ok. 2<sup>0</sup> C) gwałtownie ochładza się, formując struktury zwane białymi, czarnymi bądź żółtymi kominami. Wpływy bogate w wapń mieszają się z wodą morską bogatą w siarczany, co w konsekwencji powoduje powstawanie anhydrytu, który tworzy ściany wewnętrzne komina. Z kolei na nich zaczyna wytrącać się chalkopiryt. Mieszanie wód na drodze dyfuzji i adwekcji prowadzi do depozycji minerałów siarczków Zn, Fe i Cu wokół strefy wpływów (Drew, 2009). Proces powstawania konstrukcji kominów hydrotermalnych, jak również zróżnicowanie środowisk geotektonicznych w jakich występują nie tylko warunkuje powstawanie ważnych, zróżnicowanych surowców metalicznych – polimetalicznych rud siarczkowych, ale również rozwój unikatowych ekosystemów.



Ryc. 1. Schemat krążenia roztworów hydrotermalnych i powstawania komin [2].(zmodyfikowany)

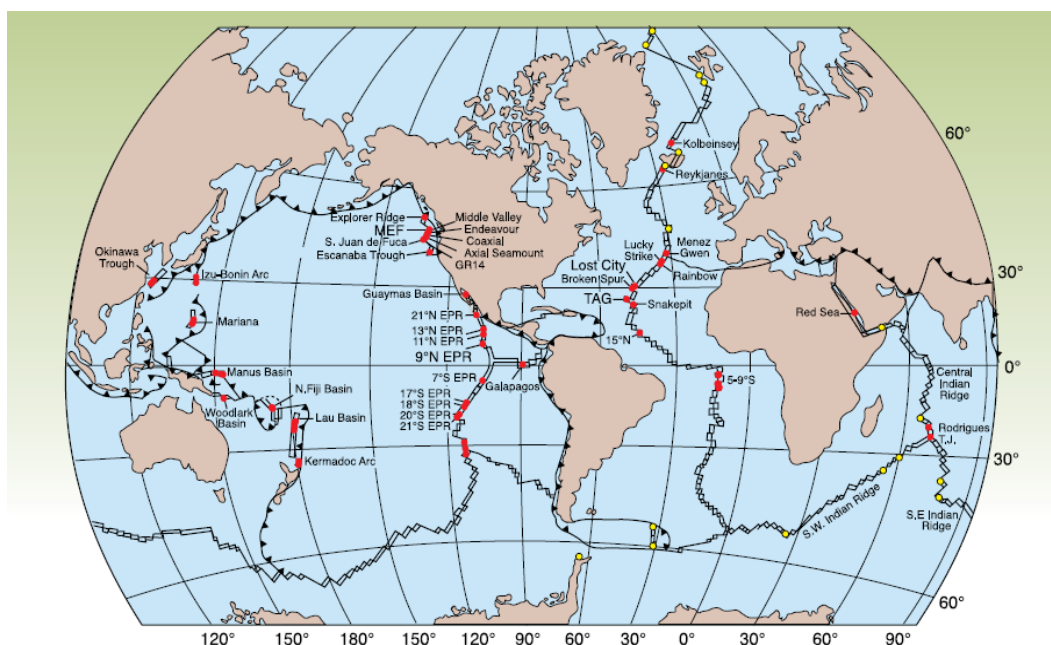
## Polimetaliczne rudy siarczkowe (Seafloor Massive Sulphide - SMS)

Współcześnie powstające rudy siarczkowe formują się na dnie oceanicznym i zawierają znaczne ilości Cu, Zn, Fe oraz Pb, Au i Ag jak i śladowe ilości innych metali. Występują one na obszarach tworzenia się kominów hydrotermalnych, na głębokościach od 1000 do 4000 m [1]. Mimo, iż w ostatnich latach liczba nowo odkrytych kominów hydrotermalnych wciąż rośnie, pokłady złóż polimetalicznych rud siarczkowych nadal są w niewystarczającym stopniu poznane i zbilansowane. Skład tych złóż jest wysoce różnorodny w zależności od miejsca występowania. Z uwagi na ten fakt nie wszystkie jego nagromadzenia są atrakcyjne ekonomicznie. Biorąc pod uwagę złoża w obszarach Grzbietu Wschodniopacyficznego (ang. *East Pacific Rise – EPR*) i Grzbietu Śródatlantyckiego (ang. *Mid Atlantic Ridge – MAR*), które bogate są głównie w siarczki żelaza, nie tworzą one cennych nagromadzeń, które mogłyby zachęcić do ich eksploatacji. Z kolei na obszarach południowo-zachodniego Pacyfiku, złoża te stają się już bardziej atrakcyjne, ze względu na dość dużą zawartość Zn oraz Cu oraz Ag i Au. Koncentracje złota wynoszące do kilkudziesięciu gram na tonę lub srebra



kilkuset gram na tonę powodują, że te obszary dna oceanicznego stały się obiektem zainteresowania i eksploatacji (Baker i Beaudoin, 2013).

Dominującymi minerałami tworzącymi struktury kominów hydrotermalnych oraz złoża są: piryt ( $\text{FeS}_2$ ), chalkopiryt ( $\text{CuFeS}_2$ ), sfaleryt ( $\text{ZnS}$ ) czy galena ( $\text{PbS}$ ) (Hoagland i in., 2010). W ich budowie występują także wcześniej już wspomniane cenne metale – złoto oraz srebro, w otoczeniu skał płonnych, wśród których dominują siarczany i krzemiany. Złoża polimetalicznych rud siarczkowych spotykane są na obszarach różnych środowisk geotektonicznych występowania kominów hydrotermalnych, głównie na Oceanie Spokojnym i w zależności od warunków ich powstawania, będą różniły się między sobą koncentracją pierwiastków głównych minerałów złożowych. Większość złóż SMS, blisko 65% występuje w obrębie grzbietów śródoceanicznych, 22% z nich pojawia się na obszarach basenów zaułkowych, około 12% pojawia się wśród łuków wulkanicznych, a tylko niewielki ich odsetek (1%) obserwowany jest w okolicach występowania hot-spotów (Ryc. 2) (Baker i Beaudoin, 2013).



Ryc. 2. Występowanie kominów hydrotermalnych (Tivey, 2007)

## Grzbiety śródoceaniczne

Większa część złóż polimetalicznych rud siarczkowych znajduje się w miejscach występowania grzbietów śródoceanicznych. Zarówno na obszarach reprezentujących szybki spreading – Grzbiet Wschodniopacyficzny, średnią szybkość spreadingu – Grzbiet Juan de Fuca jak i tych o dużo wolniejszym spreadingu – Grzbiet Śródatlantycki. Szybkość spreadingu ma istotny wpływ na wielkość formowanych złóż. W przypadku dużo wolniejszego procesu rozrostu dna, formowane złoża będą większe, jednak ich zagęszczenie będzie niewielkie. Z kolei przy dużo szybszym przebiegu tego procesu złoża są stosunkowo mniejsze, ale bardziej liczne (Hannington i in., 2010). Tempo spreadingu warunkuje również rozmieszczenie jak i częstotliwość pojawiania się kominów oraz stopień zmineralizowania (Boschen i in., 2013).

Grzbiet Wschodniopacyficzny charakteryzuje się spreadingiem o szybkości 10–16 cm/rok w wyniku czego złoża są małe choć jest ich dużo. Głównymi minerałami są piryt, markasyt i chalkopiryt. Prędkość spreadingu na Grzbiecie Juan de Fuca, wynosi 5–6 cm/rok. Główne minerały to krzemionka amforyczna i baryt. Poza nimi występują też sfaleryt, markasyt, piryt, wurcyt oraz śladowe ilości galeny i tetraedrytu (Pirajno, 2009). Grzbiet Śród atlantycki charakteryzuje się wolnym spreadingiem o prędkości poniżej 4 cm/rok, w wyniku czego złoża są dość duże, ale mniej liczne. Dobrym przykładem jest TAG (ang. *Trans – Atlantic Geotraverse*) o prędkości spreadingu około 2,6 cm/rok, w którym głównymi minerałami są piryt, chalkopiryt, anhydryt, sfaleryt oraz złoto rodzime (Fouquet i Scott, 2009). Rozpatrując kwestie złóż zlokalizowanych na obszarze Grzbietu Wschodniopacyficznego ilości złota w nich zawarte są mniejsze aniżeli na obszarze Grzbietu Śród atlantyckiego. Zawartość srebra jest dość zbliżona. Z kolei koncentracja Zn jest sporo większa na obszarach o szybkim spreadingu.

### **Łuki wulkaniczne i baseny załukowe**

Łuki wulkaniczne oraz baseny załukowe (marginalne) rozwijają się w konsekwencji subdukcji skorupy oceanicznej na konwergentnych granicach płyt tektonicznych. Zachodzące tutaj procesy wpływają dość mocno na skład wód wypływających ze struktur hydrotermalnych oraz mineralogię i skład chemiczny złóż siarczkowych. Jest to powiązane ze zmianami w składzie skał macierzystych jak i składników lotnych magmy i metali występujących wewnątrz kominów (Baker i Beaudoin, 2013). Złoża tworzące się na obszarach basenów załukowych jak i łuków wulkanicznych wykazują zarówno podobieństwa jak i różnice względem tych znajdujących wśród grzbietów śródoceanicznych. Jedne są porównywalnie tej samej wielkości inne mniejsze. Mogą być wzbogacone w Zn, Pb, As, Sb, Ag, Au i Ba, ale występują też wyjątki. Na południowo-zachodnim Pacyfiku, w północnej części Basenu Lau, złoża nie są wzbogacone w śladowe ilości metali, podczas gdy te w południowej części bogate są w takie minerały jak baryt, sfaleryt, tennantyt i galena. Złoża w obszarze Basenu Manus również bogate są w Au, Ag, Pb, As, Sb i Ba. Różnice jak i podobieństwa w zawartości komponentów złóż basenów i łuków są zależne od wielu czynników. Są to: charakter petrograficzny skał podłoża (bazaltowy, andezytowy, ryolitowy, dacytowy), udział składników lotnych magmy, głębokość basenu, w którym powstają złoża (Tivey, 2007).

#### *Łuki wulkaniczne*

Łuki wulkaniczne powstają w wyniku konwergencji dwóch płyt i są wytworem magmatyzmu powiązanego z subdukcją płyty oceanicznej (Pirajno, 2009). W ich przypadku (np. Wulkan Brothers na łuku wyspowym Kermadec), na głębokości ok. 1600 m, zarówno złoża SMS jak i wypływy ze struktur czarnych kominów zawierają bogate w siarkę fumarole, a wypływy są bardzo kwaśne (Tivey, 2007). Występują tam głównie chalkopiryt, sfaleryt i baryt (Pirajno, 2009). Z kolei na obszarach Izu - Bonin, w obrębie *Suyo* kominy zawierają sfaleryt, galenę, piryt, baryt, anhydryt, które bogate są w Au oraz Cu o średnich wartościach srebra. Na obszarach *Hakurei* z kolei analizy chemiczne występujących tam minerałów (sfaleryt, baryt, piryt, galena, tennantyt, kowelin, markasyt, jordanit, krzemionka amorficzna) wykazały sporą zawartość, niskie w porównaniu do obszaru *Suyo* wartości złota i dużo większe koncentracje srebra. Wśród innych metali tam występujących wymieniono: As i Hg. Złoża wśród kominów hydrotermalnych na obszarach Izu-Bonin są podobne do tych występujących wśród grzbietów ze względu na zubożoną zawartość Cu (~1%) (Pirajno, 2009).

#### *Baseny załukowe*

W przypadku basenów załukowych istotnych ekonomicznie można wymienić Basen Lau i Manus. Basen Lau usytuowany jest w zachodniej strefie subdukcji rowu Kermadec-Tonga. Jest on uformowany wskutek spreadingu załukowego. Wyróżniono tu trzy strefy występowania SMS: *Hine*

*Hina, Vai Lili* oraz *White Church*. Złoża tam występujące można podzielić na dwie grupy: bogate oraz ubogie w Au. Najbardziej aktywnym polem hydrotermalnym jest pole *Vai Lili*, w centralnej części Grzbietu Valu Fa (Basen Lau). Występujące tam skały zawierają bazalty, andezyty, andezyty bazaltowe oraz dacyty. Wyróżnia się tam złoża bogate w Au o mniejszych wartościach w przypadku Ag oraz złoża ubogie w Au o wyższej zawartości Ag (Herzig i in., 1993).

Basen Manus znajduje się pomiędzy strefami subdukcji Rowu Manus i Rowu Nowej Brytanii. Ważną ekonomicznie strefą jest obszar tak zwany PACMANUS (wschodnia część Basenu Manus), w obrębie którego występują pięć głównych pól hydrotermalnych: *Rogers Ruins, Roman Ruins, Satanic Mills, Tsukushi* oraz *Snowcap*. Wśród prób zebranych z pola *Roman Ruins* oraz *Satanic Mills*, po przeprowadzonej analizie geochemicznej wykazano zawartość pewnych metali i określono ich koncentrację w minerałach. Wśród minerałów na polu *Roman Ruins* występowały głównie chalkopiryt i sfaleryt oraz niewiele pirytu. Analizy wykazały w nich spore wartości Au, Zn, Cu oraz śladowe ilości Ru, Rh, Pd i Ir mierzone w ppb (ang. *parts per billion*). W przypadku złóż *Satanic Mills* wśród minerałów dominowały chalkopiryt, sfaleryt, baryt oraz piryt o zawartości pierwiastków: Au, Zn, Cu oraz Ru, Rh, Pd i Ir były sporo wyższe w porównaniu do złóż pola *Roman Ruins* (Pašava i in., 2004). Całość zebranych danych dotyczących zawartości pierwiastków w złożach SMS różnych środowisk geotektonicznych zestawiono w tabeli 1.

Z wyżej przedstawionych informacji bardziej opłacalnymi ekonomicznie na chwilę obecną, są złoża SMS powstałe na obszarach basenów załukowych i łuków wulkanicznych. Cenione są ze względu na dużą koncentrację pierwiastków poszukiwanych takich jak Zn i Cu, ale głównie Au i Ag. Zawartość tych pierwiastków w polimetalicznych rudach siarczkowych występujących wśród grzbietów śródoceanicznych jest o wiele niższa, co powoduje, że eksploatacja złóż w tamtych obszarach byłoby nieopłacalne ekonomicznie, a koszty wydobycia byłyby o wiele większe niż sam zysk z wydobytych rud. Dlatego też w ostatnich latach zainteresowano się złożami na obszarze Basenu Lau i Basenu Manus gdzie możliwy jest zysk ekonomiczny.

Tab.1 Porównanie koncentracji pierwiastków minerałów złożowych różnych środowisk geotektonicznych występowania złóż SMS

		Minerały	Au	Cu	Zn	Ag	As	Hg	Sb	Źródło
<b>Grzbiet Wschodniopacyficzny</b>		piryt, markasyt, chalkopiryt	<1 ppm	1,3-11,3% wag.	0,1-26,6% wag.	≤170 ppm	-	-	-	(Hannington i in., 2010); (Pirajno, 2009)
	<b>Grzbiet Śród atlantycki</b>	-	≤10 ppm	<20% wag.	<20% wag.	≤115 ppm	-	-	-	
<b>Grzbiet Juan de Fuca</b>		krzemionka amforyczna, baryt, sfaleryt, markasyt, piryt, wircyt oraz śladowe ilości galeny i tetraedrytu	≤0,98 ppm	≤3,2 % wag.	≤30,9 % wag.	≤60 ppm	-	-	-	
<b>Izu – Bonin</b>	Suyo	sfaleryt, galena, piryt, baryt, anhydryt	≤75 ppm	≤10%	-	≤176 ppm	-	-	-	(Pirajno, 2009)
	Hakurei	sfaleryt, baryt, piryt, galena, tennantyt, kowelin, markasyt, jordanit, krzemionka amforyczna	≤6 ppm	-	~37%	≤692 ppm	34-5020 ppm	1,6-57,2 ppm	-	
<b>Basen Manus</b>	Roman Ruins	chalkopiryt, sfaleryt, niskie zawartości pirytu	≤57,2 ppm	≤28,3%	≤44,7%	-	-	-	-	(Pašava i in., 2004).
	Satanic Mills	chalkopiryt, sfaleryt, baryt, piryt	≤53,3 ppm	≤32,7%	≤355,6 %	-	-	-	-	
<b>Basen Lau</b>	Vai	Złoża bogate w Au	5,1-28,1 ppm	-	40-57,1% wag.	≤130 ppm	1300-4000 ppm	-	≤200 ppm	(Herzig i in., 1993).
	Lili	Złoża ubogie w Au	≤0,15 ppm	-	≤48,2% wag.	≤240 ppm	≤3500 ppm	-	≤100 ppm	

## Wulkanogeniczne rudy siarczkowe (Volcanogenic Massive Sulfide - VMS)

Pomimo dość niedawnych odkryć dotyczących występowania kominów hydrotermalnych i polimetalicznych rud siarczkowych na dnie oceanicznym wiemy, że najstarsze tego typu złoża występujące współcześnie na obszarach lądowych pochodzą z archaiku i liczą około 3 miliardów lat (Bogda i in., 2010).

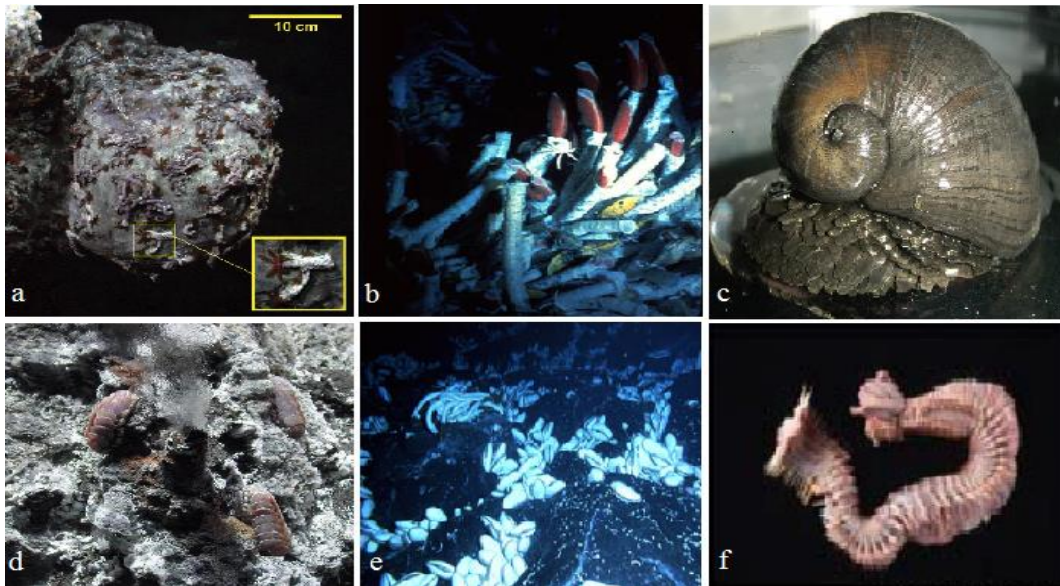
Tab. 2. Charakterystyka typów złóż VMS

	Występowanie	Minerały	Cykl Wilsona	Skały	Lokalizacja	Powstawanie	Główne pierwiastki	Źródło
<b>Cyprus</b>	grzbiety śródoceaniczne (EPR), baseny załukowe	piryt, chalkopiryt, mniej sfalerytu, chromit	stadium młodociane, dojrzałe, terminalne	gabro, harzburgit, bazalty, sekwencje ofiolitowe	Morze Śródziemne	wyrzuty wody (300 - 350°C) z komina zlokalizowanego wzdłuż osi rozrostu	Cu - Zn	(Hefferan i in., 2010) (Laurence, 2005) (Pirajno, 2009)
<b>Kuroko</b>	dojrzałe luki wulkaniczne, baseny załukowe	chloryt, kwarc, serycyt	stadium embryonalne, schyłkach, terminalne	bazalty toleitowe, dacyt, ryodacyt, ryolit, skały piroklastyczne	Japonia, Wyspy Fiji, Australia – Tasmania, Kraton Pilbara, IPB	wypływ płynów hydrotermalnych w miejscu depresji dna, wzdłuż krawędzi ryolitów, metamorfizm i intensywny K i Mg metasomatyzm	Cu - Zn - Pb	(Hefferan i in., 2010) (Pirajno, 1992) (Pirajno, 2009)
<b>Besshi</b>	młode luki wulkaniczne	muskowit, piryt, chalkopiryt, mniej sfalerytu, magnetytu, hematytu	stadium schyłkowe	bazalty, ryolity	Wyspy Japońskie	-	Cu - Co (mało Zn)	(Hefferan i in., 2010) (Pirajno, 2009)

Złoża te powstawały na granicach konwergentnych i dywergentnych dna oceanicznego i zawierają znaczne ilości Cu, Zn oraz Pb. W ich składzie można wyróżnić także obecność innych pierwiastków jak: Au, Ag, Co, Ni, Mn czy innych. Ze względu na środowiska geotektoniczne w których powstawały wyróżnia się wśród nich trzy główne typy: Cypryjski, Besshi oraz Kuroko (Cox i Singer, 1986; Hefferan, 2010). Ich krótka charakterystyka została zamieszczona w tabeli 2. Dość ciekawym przykładem występowania wszystkich tych złóż w jednym miejscu jest obszar Kolumbii Brytyjskiej. Na jej terenach zlokalizowane są zarówno miejsca występowania złóż VMS typu Cypryjskiego, Besshi, a nawet Kuroko (Höy, 1991).

### Bogactwo, nie tylko złóż

Charakteryzując warunki panujące w strukturach kominów hydrotermalnych i w ich sąsiedztwie tj. bardzo wysokie temperatury wody, obecność związków chemicznych, w tym także tych toksycznych w postaci siarczków, siarczanów czy dwutlenku węgla oraz brak dostępu do światła, wydawać by się mogło, że życie w tak trudnych warunkach nie może istnieć. Szybko jednak przekonano się, że jest zupełnie inaczej i życie tam jest bogate. Do tej pory odkryto ponad 500 nowych gatunków zwierząt, bardzo dobrze przystosowanych do egzystencji w tych warunkach (Searce, 2006). Ponadto co miesiąc odkrywa się do dwóch nowych gatunków. Wśród występujących tam organizmów najliczniejszą grupę stanowią bakterie chemosyntetyzujące (termofilne, metanowe), bez których nie istniałyby te ekosystemy. Bakterie te produkują energię poprzez utlenianie prostych związków nieorganicznych lub metanu. Są one niezbędne ponieważ przekazują potrzebną do życia organizmom energię i często są też pokarmem. Istnieją też takie organizmy, z którymi bakterie żyją w symbiozie, choćby omułki czy rurkoczułkowce. Spotykane są tam licznie krewetki, małże, ślimaki, kraby oraz pierścienice w tym, głównie wieloszczety (Ryc. 3).



Ryc. 3. Zwierzęta kominów hydrotermalnych (a) *Paralvinella sulfinicola*, (b) *Riftia pachyptila*, (c) *Chrysomallon squamiferum*, (d) *Branchinotogluma seizonzaci*, (e) *Calyptogenina magna*, (f) *Alvinella* spp. (Searce, 2006; Fisher i in., 2007; Ramirez-Llodra i in., 2007)

Organizmy te, by żyć w tych „toksycznych” warunkach wykształciły pewne przystosowania. Rurkoczułkowce – z gatunku *Riftia pachyptila*, żyją w wąskich, chitynowych rurkach przytwierdzonych do dna, nie posiadają one układu trawiennego, a ich wzrost i metabolizm zależy od bakterii zamieszkujących specjalne organy zwane trofosomami (ang. *trophosomes*). Rurkoczułkowce zapewniają im stabilne środowisko i dostęp do substancji odżywczych, a w zamian bakterie dostarczają im węgiel organiczny. Hemoglobina tych organizmów jest także przystosowana nie tylko do wiązania tlenu, ale też do wiązania siarczków (Searce, 2006). Również w przypadku mięczaków widać przystosowania do środowiska. Budowa małża z gatunku *Calyptogenina magna* sugeruje, że pobiera on związki odżywcze zarówno ze środowiska jak i z relacji symbiotycznej z bakteriami. Również wśród skorupiaków widać pewne adaptacje do środowiska. Krewetka z gatunku *Rimicaris exoculata*, która również żyje w symbiozie z bakteriami wykazuje pewne przystosowania do życia w środowisku w swojej budowie. W przeciwieństwie do innych krewetek spoza kominów hydrotermalnych nie posiada ona typowych oczu, tylko skondensowane organy oczne, zawierające wysokie koncentracje pigmentów wzrokowych. Uważa się że te fotoreceptory odpowiadają za detekcję/wykrycie radiacji występującej wokół komina hydrotermalnego, które odczuwają w świetle podczerwonym (Searce, 2006).

Wielu naukowców skłania się ku hipotezie powstania życia wśród kominów hydrotermalnych z kilku istotnych powodów. Jednym z nich jest występowanie bardzo zbliżonych warunków środowiskowych do tych na Ziemi sprzed ponad 4 mld lat temu. Również bakterie termofilne żyjące w tak wysokich temperaturach (do 110°C), są podobne do tych występujących na Ziemi miliardy lat temu (Raven i Johson, 1999). Daje to powód mikrobiologom do spekulacji nad hipotezą, że mogą być one relikdami pierwszych organizmów żyjących na naszej planecie. Dodatkowym potwierdzeniem dla tej hipotezy są także nowoczesne badania genomowe, które sugerują, że najbardziej spokrewnionymi przodkami organizmów prokariotycznych żyjących współcześnie na Ziemi, mogą być właśnie te bakterie, które żyją wśród struktur hydrotermalnych (Raven i Johson, 1999).

## Kominy hydrotermalne – chronić bogactwo życia, czy bogacić się na złożach SMS?

Analizując zebrane informacje nasuwa się pytanie: chronić czy eksploatować? Można spojrzeć na to z różnych perspektyw. Dla przyrodników są to miejsca, które mogą dać wiele odpowiedzi na nurtujące ich pytania o pochodzenie życia, bogactwo gatunkowe, przystosowanie organizmów do życia w tak trudnych warunkach. Poznanie nowych, występujących tam gatunków może w przyszłości wnieść wiele nowych informacji do świata nauki. Dla geologa struktury te stwarzają możliwość poznania procesów hydrotermalnych wskutek, których tworzą się podwodne budowle, mineralogii i okruszcowania złóż polimetalicznych rud siarczkowych, procesów geologicznych zachodzących w różnych środowiskach geotektonicznych. Z kolei dla koncernów eksploatujących surowce, nie związanych w żaden sposób z poznawaniem środowiska będzie to czysty interes, możliwość wzbogacenia się, kolejnej okazji dla zysku, bez względu jakim i czym kosztem ma się to odbyć.

Ilu ludzi interesujących się z różnych powodów tym zagadnieniem, tyle perspektyw na wykorzystanie struktur kominów hydrotermalnych. Zatem trudno jest odpowiedzieć jednoznacznie na pytanie czy poznawać i chronić tak skomplikowane i bogate ekosystemy, czy też wykorzystać je w celu wzbogacenia się, ale także w celu unowocześnienia technologii umożliwiających rozwój w różnych dziedzinach życia człowieka. Najlepszym rozwiązaniem w takiej sytuacji byłoby wykorzystanie tych obszarów w sposób myśli „zrównoważonego rozwoju” czyli w taki sposób, aby poznawać i wydobywać złoża, nie niszcząc przy tym istniejącego tam życia, które w każdej chwili, gdy procesy hydrotermalne ustaną, zginie.

## Literatura

- Boschen R.E., Rowden A.A., Clark M.R., Gardner J.P.A., 2013. Mining of deep-sea seafloor massive sulfides: A review of the deposits, their benthic communities, impacts from mining, regulatory frameworks and management strategies. *Ocean & Coastal Management*, 84, 54-67.
- Cox D.P., Singer D.A., 1986. Mineral deposit models, *U.S Geological Survey Bulletin*, (1693), 379.
- Drew L.W., 2009. The promise and peril of seafloor mining. *Oceanus magazine*, 47(3), 9-14.
- Fisher Ch.R., Takai K., Le Bris N., 2007. Hydrothermal Vent Ecosystems. *Oceanography*, 20(1), 14-23.
- Fouquet Y., Scott S.D., 2009. *The science of seafloor massive sulfides (SMS) in the modern ocean, a new global resource for base and precious metals*, Offshore Technology Conference.
- Hannington M., Jamieson J., Monecke T., Petersen S., 2010. *Modern Sea-Floor Massive Sulfides and Base Metal Resources: Toward an Estimate of Global Sea-Floor Massive Sulfide Potential*. Society of Economic Geologists, Inc. Special Publication, 15, 317-338.
- Hefferan K., O'Brien J., 2010. *Mineral resources and hazards* [w:] *Earth Materials*, Hefferan K., O'Brien J. (red.), Wiley – Blackwell, 543-545.
- Herzig M.P., Hannington M.D., Fouquet Y., Stackleberg U., Petersen S., 1993. Gold-Rich Polymetallic Sulfides from the Lau Back Arc and Implications for the Geochemistry of Gold in Sea-Floor Hydrothermal Systems of the Southwest Pacific. *Economic Geology*, 88, 2182-2209.
- Hoagland P., Beaulieu S., Tivey M. A., Eggert R. G., German Ch., Glowka L., Lin J., 2010. Deep-sea mining of seafloor massive sulfides. *Marine Policy*, 34, 728-732.
- Höy T., 1991. *Volcanogenic Massive Sulphide Deposits in British Columbia* [w:] *Ore Deposits, Tectonics and Metallogeny in the Canadian Cordillera*, W.J. McMillan, Coordinator, British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources, 4, 89-123.
- Humphris S.E., McCollom T., 1998. The Cauldron Beneath the Seafloor – Percolating Through Volcanic Subsurface Rocks, Seawater Is Chemically Transformed into Hydrothermal Fluid. *Oceanus*, 41(2), 18-21.
- Laurence R., 2005. *Introduction to ore forming processes*. Blackwell Publishing, 181-182.

- Pašava J., Vymazalová A., Petersen S., Herzig P., 2004. PGE distribution in massive sulfides from the PACMANUS hydrothermal field, eastern Manus basin, Papua New Guinea: implications for PGE enrichment in some ancient volcanogenic massive sulfide deposits. *Mineralium Deposita*, 39, 784-792.
- Pirajno F., 1992. *Hydrothermal Mineral Deposits*, Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer – Verlag, 427-441.
- Pirajno F., 2009. *Submarine Hydrothermal Mineral Systems* [w:] *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*, Springer Sciencet Business Media B.V., 610- 647.
- Ramirez-Llodra E., Shank T.M., German Ch.R., 2007. Biodiversity and Biogeography of Hydrothermal Vent Species - Thirty Years of Discovery and Investigations. *Oceanography*, 20(1), 30-41.
- Raven P.H., Johson B.G., 1999. *Biology 5<sup>th</sup> edition*, McGraw-Hill Companies, Inc. Boston, MA, 59-74.
- Sanders N., 1997. Hydrothermal Vents: More than Just a low of hot water. *Bioscene*, 23(1), 8-10.
- Scearce C., 2006. *Hydrothermal Vent Communities*, CSA Discovery Guides, 1-12.
- SPC, 2013. Deep Sea Minerals: *Sea-Floor Massive Sulphides, a physical, biological, environmental, and technical review*. Baker, E., and Beaudoin, Y. (red.), vol. 1A, Secretariat of the Pacific Community.
- Tivey K.M., 2007. Generation of Seafloor Hydrothermal Vent Fluids and Associated Mineral Deposits. *Oceanography*, 20(1), 50-65.

### Źródła internetowe

[1] <http://www.nautilusminerals.com/irm/content/sms-information.aspx?RID=422> (dostęp IV 2016)

[2] <http://pubs.acs.org/cen/hotarticles/cenear/981221/7651sci6xaa.ce.html> (dostęp IV 2016)

**Krótką notką o autorze:** *Studentka III roku oceanografii na specjalności biologicznej. Jej zainteresowania od wielu lat koncentrują się wokół biologii i chemii. Na studiach zgłębia wiedzę z zakresu biologii morza, poświęcając szczególną uwagę formacji zwierzęcej planktonu morskiego. Ponadto interesuje się zagadnieniami dotyczącymi powstawania złóż na dnie oceanów w kontekście procesów geologicznych i geochemicznych.*



## Meroplankton Morza Bałtyckiego

**Amanda Sobczyk**

Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Oceanografii

E-mail: amanda.sobczyk@stud.ug.edu.pl

**Tutor: dr Sylwia Śliwińska-Wilczewska**

Instytut Oceanografii, Zakład Funkcjonowania Ekosystemów Morskich

**Streszczenie** – Celem artykułu jest przybliżenie informacji na temat charakterystyki zwierząt posiadających w swoim cyklu rozwojowym wolno-żyjącą larwę oraz ich znaczenia w Morzu Bałtyckim. Larwa planktonowa jest ważnym elementem rozwoju wielu bentosowych zwierząt morskich, a tym również tych zasiedlających Morze Bałtyckie. Ponadto meroplankton odgrywa ważną rolę w łańcuchu troficznym. Larwy bezkręgowców są pożywieniem dla wielu gatunków ryb, jak też innych bezkręgowców. Głównym czynnikiem różnicującym skład jak i liczebność meroplanktonu jest sezonowość, wynikiem której są fluktuacje parametrów takich jak promieniowanie słoneczne, dostępności pokarmu czy też temperatury wody. Jednakże ilość doniesień literaturowych na temat wpływu różnych biotycznych i abiotycznych czynników środowiskowych na rozmieszczenie i przeżywalność bałtyckiego meroplanktonu jest wciąż niewystarczająca. Dlatego badania nad meroplanktonem są niezwykle ważne, zarówno żeby określić skład gatunkowy bentosu, jak również by móc wykazać, jak nie poznane dostatecznie dobrze czynniki abiotyczne i biotyczne wpływają na jakościowe i ilościowe zróżnicowanie fauny dennej.

**Słowa kluczowe** – meroplankton, Morze Bałtyckie, stadia larwalne

### 1. Morze Bałtyckie, jako środowisko życia meroplanktonu

Morze Bałtyckie jest stosunkowo młode, jego wiek szacuje się na około 12 000 lat (Uścińowicz, 2004). Wraz z kształtowaniem się zasięgu współczesnego Bałtyku kształtowała się jego fauna i flora. Morze to przeszło przez pięć etapów między innymi przez zlodowacenia od momentu deglacjacji/od momentu wycofywania się lądolodu skandynawskiego aż do fazy obecnej. Początkowo było to Bałtyckie Jezioro Lodowe, które powstało z połączenia się jezior zastoiskowych. Jeziora te tworzyły się w wyniku ustępowania skandynawskiego lądolodu. Drugim etapem rozwoju Morza Bałtyckiego było Morze Yoldia, którego nazwa pochodzi od mięczaka *Yoldia portlandia arctica*. Akwen ten połączony był z Morzem Północnym, natomiast poziom wody był niższy o około 50 m od obecnego poziomu morza. Na przestrzeni kolejnych lat połączenie z Morzem Północnym zostało zamknięte, a poziom wody podniósł się o 30 m. Nowy zbiornik nazwano Jeziorem Ancylus od mięczaka, który w tym okresie rozpoczął swoją ekspansję *Ancylus fluvatilis*. Następnie jezioro to przekształciło się w Morze Mastogloia, nazwane na cześć pierzastej okrzemki *Mastogloia* sp. W kolejnym etapie Morze Littorina połączyło się z Morzem Północnym przez Cieśniny Duńskie. Morze Littorina odziedziczyło swoją nazwę po mięczaku *Littorina littorea*. Przedostania faza kształtowania się Bałtyku nosi nazwę Limnea, w tym wypadku również nazwa pochodzi od szeroko rozpowszechnionego mięczaka w tym okresie *Lymnea ovata*. W tym właśnie czasie zaczęła kształtować się obecna linia brzegowa. Morze Bałtyckie zapisało się w dziejach pod nazwą Mya, którego nazwa pochodzi od pojawienia się mięczaka *Mya arenaria* występującego dosyć obficie aż do dzisiaj (Łomniewski i in., 1975; Witak, 2013).

Morze Bałtyckie jest pół zamknięte, jedynie od strony zachodniej połączone jest z Morzem Północnym, dzięki czemu możliwy jest dopływ słonej, dobrze natlenionej wody (Demel, 1969). Wlewy powodują dostawanie się bardziej słonej, cięższej wody, która tworzy warstwy przydenne. Zjawisko to powoduje wahanie się zasolenia w głębokich rejonach Morza Bałtyckiego i tak np. w Głębi Bornholmskiej 15‰-21‰, natomiast w Głębi Gdańskiej oraz Gotlandzkiej w granicach 10‰-16‰ (Żmudziński, 1990). Zasolenie wód przybrzeżnych waha się od 10‰ w zachodniej części morza do 3‰ w najbardziej wysłodzonych miejsc na północy akwenu (Demel, 1969).

Temperatura wód powierzchniowych Morza Bałtyckiego znacznie bardziej waha się w jego zachodniej części, gdzie latem może nagrzewać się do 18°C, natomiast na północy jedynie do około 13°C. W okresie zimowym niemal w całym Bałtyku temperatura spada do 0°C, a niekiedy nawet do -0,3°C co wiąże się z zamarzaniem tych wód. W wodach głębinowych nie obserwuje się dużych wahań temperatury, jest ona niemal stała i wynosi około 4°C (Żmudziński, 1990).

Meroplankton jest jednym ze składników zooplanktonu co oznacza, że głównym czynnikiem wpływającym na jego rozmieszczenie są warunki hydrologiczne akwenu (Gallego i in., 2015). Duża ilość wód dopływająca rzekami zakłóca równowagę pomiędzy Morzem Bałtyckim i Morzem Północnym, które połączone są cieśninami. Bałtyk ma stale poziom wody o kilkanaście centymetrów wyższy, co oznacza, że ma dodatni bilans wód. Jest to pierwotna przyczyna powstawania prądu wyprowadzającego wody Bałtyku na zewnątrz do oceanu, a pośrednio i przeciwnego, kompensacyjnego, wprowadzającego dołem do Bałtyku wody z cieśnin duńskich. Zjawisko to powoduje tworzenie się prądu wyprowadzającego wody Bałtyku na zewnątrz do oceanu i powoduje tworzenie się przeciwnego prądu kompensacyjnego. Wymiana wód ulega hamowaniu bądź przyspieszeniu, zależy to głównie od warunków meteorologicznych, a głównie od wiatru (Demel, 1969).

## **2. Charakterystyka zwierząt posiadających w cyklu rozwojowym wolno-żyjącą larwę**

### **2.1 Fauna bentosowa**

Różnorodność fauny dennej Morza Bałtyckiego jest znacznie mniejsza niż Morza Północnego. Wynika to z faktu, iż zwierzęta występujące w Bałtyku są euryhalinowe, mają szerszy zakres występowania ze względu na zasolenie. Zdolność do tolerancji szerszego spektrum zasolenia jest niebywale ważna u organizmów z Morza Bałtyckiego (Żmudziński, 1990). Pozwala to na zasiedlanie większych obszarów morza, które wraz z większą szerokością geograficzną ulega wysłodzeniu. Ze względu na tak zmienne zasolenie w Morzu Bałtyckim brakuje głównie gromad typowo morskich takich jak np. Echinodermata (Demel, 1969). Dużą część świata zwierzęcego w Bałtyku stanowi fauna słonawowodna. Organizmy te najkorzystniej rozwijają się w wodach od kilku do kilkunastu promili, rzadziej przy wyższym zasoleniu. Znaczna część tej grupy zwierząt przedostała się na przestrzeni lat z Arktyki, Chin czy też Morza Kaspijskiego. Wpływ na to miał czynnik antropologiczny - podróże morskie oraz wiele czynników geologicznych (Żmudziński, 1990).

Ważnym aspektem wpływającym na rozwój i rozmieszczenie zwierząt bentosowych jest rodzaj podłoża. Na podstawie tego jaki rodzaj podłoża zasiedlają dane organizmy można podzielić je na pewne grupy. Pierwszą z nich jest psammon, to organizmy preferujące dno piaszczyste. Dodatkowo grupę tę można podzielić na epipsammon – zwierzęta żyjące na powierzchni osadu bądź też endopsammon – zwierzęta zamieszkujące wewnątrz osadu. Jednym ze zwierząt preferujących dno piaszczyste jest małż *M. arenaria*, który żyje zagrzebany w osadzie i wraz z powiększaniem swych rozmiarów, zakopuje się co raz głębiej (Kühl, 1981). Pelobentos są to organizmy rozwijające się na dnie mulistym, i tak jak w przypadku psammonu tu również grupę można podzielić na epipelon

i endopelon. Gatunkiem charakterystycznym należącym do pelobentosu jest małż *Macoma baltica* (Meehan, 1985). Podłoże kamieniste zasiedlane jest przez litobentos, zwierzęta osiadłe, przytwierdzające się do powierzchni. Najobficiej występującym gatunkiem w strefie kamienistej jest omulek jadalny *Mytilus edulis*. Taki typ podłoża występuje głównie u wybrzeży Szwecji (Żmudziński, 1990). Wyróżnia się również argillobentos, zwierzęta związane z dnem typu gliniastego.

## 2.2 Ichtiofauna

Ichtiofauna Bałtyku jest różnorodna, składa się z gatunków morskich, słodkowodnych jak i kilku dwuśrodowiskowych. W skład morskiej ichtiofauny wchodzi również gatunki pochodzące z Morza Północnego i zasiedlają głównie obszary wschodniego Bałtyku. Wraz ze spadkiem zasolenia, idąc na północ Morza Bałtyckiego liczba gatunków ryb słodkowodnych wzrasta. Ichtiofaunę Bałtyku można podzielić na rzędy: Gadiformes (*Gadus morhua*), Clupeiformes (*Clupea harrengus*), Salmoniformes (*Salmo trutta trutta*), Pleuronectiformes (*Platichthys flesus*), Scorpaeniformes (*Myoxocephalus scorpius*), Belonitiformes (*Belone belone*), Syngnathiformes (*Nerophis ophidion*), Perciformes (*Neogobius melanostomus*), Gasterosteiformes (*Gasterosteus aculeatus*) oraz Cypriniformes (*Esox lucius*) (Horbowa i Fey, 2013).

Ryby należące do wyżej wymienionych rzędów posiadają stadium larwalne w cyklu rozwojowym. Skład ichtioplanktonu zmienia się wraz z porami roku, jest on zależny od miesięcy w których poszczególne gatunki się rozradzają. Ikra jest jajem od momentu zapłodnienia do wylęgu, zbudowanym z zarodka i żółtka, które pełnią role odżywcze. W pierwszym etapie ikra unosi się swobodnie w toni wodnej, po pewnym czasie opada na dno gdzie dochodzi do całkowitego przeobrażenia (Horbowa i Fey, 2013).

## 3. Meroplankton Bałtycki

### 3.1 Charakterystyka bałtyckiego meroplanktonu

Larwa planktonowa jest ważnym elementem rozwoju wielu bentosowych zwierząt morskich, a tym również tych zasiedlających Morze Bałtyckie. Organizmy denne i przydenne przede wszystkim wykształciły tę cechę by móc zasiedlać nowe terytoria oraz zapewniać gatunkowi różnorodność genetyczną (Thorson, 2008). Głównym czynnikiem różnicującym skład jak i liczebność meroplanktonu jest sezonowość, wynikiem której są fluktuacje parametrów takich jak promieniowanie słoneczne, dostępności pokarmu czy też temperatury wody (Freire i in. 2005). Czynniki te indukują spadek bądź wzrost produkcji pierwotnej, która to jest podstawą funkcjonowania organizmów znajdujących się na wyższych poziomach łańcucha troficznego. Dla przykładu, w tropikach ze względu na brak sezonowości i ciągłą dostępność pożywienia larwy spotykane są w toni wodnej przez cały rok (Freire i in., 2005).

Gromada Polychaeta (Annelida) jest jednym z najbardziej rozpowszechnionych typów zwierząt bentosowych posiadających larwę planktonową w morzach i oceanach (Crumrine, 2001). W Bałtyku żyje ponad 40 gatunków, najbardziej rozpowszechnione są one do głębokości 100 m, 200 m (Żmudziński, 1990). Zwierzęta te mogą osiągać do 30 cm wielkości, a trofia ich opiera się na pasożytnictwie lub drapieżnictwie. W rozwoju wieloszczetów występują trzy główne formy larwy. Pierwsza z nich to trochofora posiada ona zespół rzęsek, których używa do lokomocji bądź też czasami do odżywiania. Forma ta jest wyłącznie pelagiczna. Metatrochofora składa się zazwyczaj z 2-3 segmentów, a parapodia na tym etapie mogą już stawać się widoczne. Larwy na tym poziomie rozwoju mogą być planktotroficzne lub lecitotroficzne. Najpóźniejszą formą larwalną jest nectochete,

posiada wykształcone prawie wszystkie części ciała. Po tym okresie opada na dno zbiornika i przekształca się w postać dorosłą (Crumrine, 2001). Najwięcej larw polychaeta w toni wodnej występuje wczesną wiosną, w późniejszym okresie ich rozwój przebiega wyłącznie na dnie morskim (Żmudziński, 1990).

Do bałtyckiej fauny dennej należą również przedstawiciele Mollusca, w tym Bivalvia i Gastropoda. Bivalvia reprezentowane są Morzu Bałtyckim głównie przez *M. edulis*, *M. baltica*, *Cerastoderma glaucum*, *Astarte borealis* oraz *M. arenaria*. Zapłodnienie tych zwierząt odbywa się w środowisku zewnętrznym, gdzie uwalniane są do wody komórki jajowe oraz plemniki w wyniku zygoty powstaje trochofora. Trochofora przekształca się w formę veliger i pod tą postacią dryfuje w toni wodnej (Brink, 2001). Veliger w zależności od gatunku małża może pozostawać w toni wodnej od kilku dni do nawet miesiąca. Tego typu larwy odżywiają się filtrując wodę (Brink, 2001). Aktualnie rozróżnienie larw poszczególnych gatunków jest bardzo trudne ze względu na ich duże podobieństwo. Jedynie veliger *M. edulis* różni się znacznie od pozostałych gatunków nieco kształtem oraz barwą, co zostało potwierdzone genetycznie (Lasota i in., 2013).

Gastropoda bałtyckie nie są zbyt liczną grupą, stwierdzono zaledwie obecność około piętnastu gatunków. W przypadku ślimaków, larwa również nazywa się veliger. Zapłodnienie jest wewnętrzne lub zewnętrzne, po czym larwa typu veliger uwalniana jest do słupa wody (Goddard, 2001). Najczęściej są to zwierzęta rozdzielnopłciowe i jajorodne. W pierwszym okresie larwy są kuliste i przypominają trochoforę następnie kształtują się zawiązki muszli i tak rozwinięty organizm zwany jest veligerem (Żmudziński, 1990). Organizmy te w formie larwalnej w zależności od stopnia rozwoju mogą być planktotroficzne lub lecitotroficzne. W toni wodnej zostają tak długo aż opadną na dno i tam dojdzie do całkowitej metamorfozy. Rozróżnienie gatunków na poziomie larwalnym jest bardzo trudne ze względu na duże podobieństwo larw (Goddard, 2001).

Wąsonogi w Morzu Bałtyckim reprezentowane są przez jeden gatunek *Amphibalanus improvisus*. Pąkle są zwierzętami porastającymi twarde fragmenty podłoża lub inne organizmy np. małże. Cirripedia posiadają dwie główne formy larwalne, którymi są nauplius i cypris. Nauplius jest larwą pelagiczną i ze względu na sposób odżywiania może być planktotroficzny lub lecitotroficzny. Nauplius posiada trzy pary odnóży w części głowowej, z których pierwsza para odpowiedzialna jest za lokomocję, a kolejne dwie za odżywianie (Arnsberg, 2001). Cypris często opada na dno, a substancje odżywcze czerpie z zapasów tłuszczu w organizmie (Arnsberg, 2001). Przy określeniu nauplius mówiąc o meroplanktonie należy szczególnie uważać, ponieważ larwę w postaci naupliusa posiadają również Copepoda. Nauplius Copepoda różni znacznie wizualnie od naupliusa Cirripedia ale przede wszystkim nie należy do formacji meroplanktonu.

Mszywioly to zwierzęta osiadłe i kolonijne porastające zarówno inne organizmy, jak i przedmioty zanurzone w wodzie. Pojedyncze osobniki zwane zooidami dobrze widzialne są jedynie pod mikroskopem. Ich ciało składa się z dwóch części polypidu i cystidu. Polypid jest to ruchoma część głowowa wyposażona w lofofor, a część nieruchoma to cystid. Mszywioly są obupłciowe i przeważnie żyworodne. Zwierzęta te posiadają w toni wodnej stadium larwalne cyphonautes, która przez kilka godzin pływa w toni wodnej a następnie osiada na stałym podłożu dając początek nowej kolonii (Żmudziński, 1990). Postać młodociana jest trójkątna, spłaszczona i otoczona jest chitynową osłonką. Zagęszczenie meroplanktonu przez larwy typu cyphonautes jest stosunkowo trudne do oszacowania ze względu na fakt, iż ulegają zniszczeniu po konserwacji formaldehydem (Freire i in., 2005).

Do zgrupowania meroplanktonu zalicza się również ichtioplankton, czyli jaja ryb w początkowym stadium ich rozwoju. W tym przypadku larwy nie mają swoich nazw, dzieli się je jedynie na larwę w stadium woreczka żółciowego oraz postlarwę. Stadium woreczka żółciowego trwa

do czasu całkowitego zredukowania substancji odżywczych. Następnie przemienia się w postlarwę i stadium to trwa do czasu rozwinięcia płetw oraz innych narządów charakterystycznych dla dojrzałych osobników. W celu identyfikacji larw określa się kształt ciała i pigmentację. W przypadku pigmentacji należy jednak pamiętać, że w wyniku konserwacji prób ulega ona zmianie. Dodatkowo wykorzystuje się cechy mierzalne jak np. długość całkowita oraz cechy policzalne. W celu określenia cech policzalnych używa się jednostki miomerów, są to metamerycznie ułożone segmenty mięśniowe w zarodkach zwierząt bezkręgowych (Horbowa i Fey, 2013).

### **3.2 Charakterystyka meroplanktonu wlewowego**

Morze Bałtyckie często w okresie jesieni i zimy doświadcza wlewów z Morza Północnego. Wraz z natlenionymi, słonymi wodami wpływają również zwierzęta. W Bałtyku zwierzęta z gromady Echinodermata nie występują, może się jednak zdarzyć, że w próbie obecne będą pojedyncze larwy. Szkarłupnie dzieli się na Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea oraz Holothuroidea. Każda z klas jest reprezentowana w toni wodnej przez inną larwę. Asteroidea są drapieżnikami, padlinożercami ale zdarza się też, że niektórzy z przedstawicieli w okresie głodu odżywiają się także roślinami. Organizmy te są rozdzielnopłciowe, do zapłodnienia dochodzi poza ciałem. W cyklu rozwojowym posiadają między innymi larwę typu bipinnaria (Miller, 2001). Ophiuroidea, (węzowidła) różnią się od rozgwiazd tym, że posiadają dłuższe ramiona, które nie są połączone u nasady (Miller, 2001). Odżywiają się w różnoraki sposób, na przykład mogą być drapieżnikami, detrytosożercami oraz roślinożercami. W obrębie przedstawicieli występuje zdolność do regeneracji i autonomii. Większość tych zwierząt jest rozdzielnopłciowa choć zdarzają się też przedstawiciele hermafrodytyczni. W obrębie meroplanktonu są one reprezentowane przez larwę typu ophiopluteus (Miller, 2001). Kolejnym przykładem przedstawicieli Echinodermata, które posiadają larwy wolnożyjące są Echinoidea. Kształt ich ciała jest kulisty, mniej lub bardziej spłaszczony. Przedstawiciele jeżowców zazwyczaj przybierają barwy jasne lub mocno ciemne. W skład ich diety wchodzi bezkręgowce, detrytus i rośliny. Echinoidea posiada w toni wodnej larwę typu echinopluteus (Miller, 2001). Kolejny typ z przedstawicieli Echinodermata posiadający larwy w toni wodnej to Holothuroidea. Zwierzęta te charakteryzują się wydłużonym ciałem o miękkich ścianach i szkielecie wewnętrznym zredukowanym do postaci małych igieł. Przejściowym stadium jest larwa typu auricularia (Miller, 2001).

### **3.3 Znaczenie meroplanktonu w środowisku wodnym**

Wolno-żyjące larwy bezkręgowców są bardzo ważnym elementem ich rozwoju. Dzięki unoszeniu się w toni wodnej na skutek działania prądów morskich zapewniają zasiedlanie nowych obszarów. Ważnym aspektem jest również zmienność genetyczna, która przez organizmy meroplanktonowe utrzymuje się na poziomie gatunkowym. Należy pamiętać również, że zwierzęta posiadające larwę w swojej strategii rozrodczej mają możliwość wyprodukowania znacznie więcej potomstwa. Meroplankton może stanowić bazę pokarmową innych organizmów żyjących w Bałtyku. W Morzu Bałtyckim nie zauważa się szczególnych zmian jakościowego składu meroplanktonu w przeciwieństwie do rejonów polarnych. Zachodzące obecnie fluktuacje klimatyczne, zwłaszcza w rejonie Antarktyki Zachodniej są już przyczyną zmian jakie obserwuje się w strukturze zbiorowisk bentosowych. Między innymi, sporadycznie już obserwuje się np. pojawianie się w tych wodach larw typu zoea, będącymi stadium młodocianym krabów (Vázquez i in., 2007). W dalszej przyszłości może to spowodować, że zwierzęta te na nowo skolonizują Antarktykę, prowadząc tym samym do spadku liczebności niektórych przedstawicieli Echinodermata w tym obszarze. W Morzu Bałtyckim i nie tylko meroplankton odgrywa ważną rolę w łańcuchu troficznym. Larwy bezkręgowców są

pożywieniem dla ryb ale też innych bezkręgowców. Badania nad meroplanktonem są niezwykle ważne, zarówno żeby określić skład gatunkowy bentosu, jak również by móc wykazać, jak nie poznane dostatecznie dobrze czynniki abiotyczne i biotyczne, w tym oddziaływanie allelopatyczne bałtyckich sinic wpływają na jakościowe i ilościowe zróżnicowanie fauny dennej.

## Literatura

- Arnsberg A. J., 2001. *Arthropoda, Cirripedia: The Barnacles*, [w:] Shanks Alan L.(red.), *An identification guide to the larval marine invertebrates of the pacific northwest*, Oregon State University Press.
- Brink A. L., 2001. *Mollusca: Bivalvia*, [w:] Shanks Alan L.(red.), *An identification guide to the larval marine invertebrates of the pacific northwest*, Oregon State University Press.
- Crumrine L., 2001. *Polychaeta*, [w:] Shanks Alan L.(red.), *An identification guide to the larval marine invertebrates of the pacific northwest*, Oregon State University Press.
- Demel K., 1969. *Życie morza*; Wydawnictwo Morskie. Gdańsk.
- Freire A. S., Absher T. M., Cruz-Kaled A. C., Kern Y., Elbers K. L., 2005. Seasonal variation of pelagic invertebrate larvae in the shallow antarctic waters of Admiralty Bay (King George Island), *Polar Biology*, 29(4), 294-302.
- Gallego R., Heimeier D., Lavery S., Sewell M. A., 2015. The meroplankton communities from the coastal Ross Sea: latitudinal study. *Hydrobiologia*, 761, 195-209.
- Goddard J. H. R., 2001. *Mollusca: Gastropoda*, [w:] Shanks Alan L.(red.), *An identification guide to the larval marine invertebrates of the pacific northwest*, Oregon State University Press.
- Horbowa K., Fey D., 2013. *Atlas wczesnych stadiów rozwojowych ryb*. Morski Instytut Rybacki.
- Kühl H., 1981. The Sand gaper *Mya arenaria*, In *Invertebrates of the Wadden Sea*. Final report of the section 'Marine Zoology' of the Wadden Sea Working Group. (red.) N. Dankers, H. Kuhl, W.J., Wolff, pp. 118-119.
- Lasota R., Piłczyńska J., Williams S. T., Wołowicz M. 2013. Fast and easy method for total DNA extraction and gene amplification from larvae, spat and adult mussels *Mytilus trossulus* from the Baltic Sea. *Oceanological and Hydrobiological Studies; International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 42(4), 486-489.
- Łomniewski K., Mańkowski W., Zaleski J., 1975. *Morze Bałtyckie*. Warszawa.
- Meehan B.W, 1985. Genetic comparison of *Macoma balthica* (Bivalvia, Telinidae) from the eastern and western North Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 22, 69-76.
- Miller Bruce A., 2001. *Echinodermata*, [w:] Shanks Alan L.(red.), *An identification guide to the larval marine invertebrates of the pacific northwest*; Oregon State University Press.
- Thorson G., 2008. Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biological reviews*, 25(1), 1-45.
- Uścińowicz S., 2004. Rapid sea level changes in the Southern Baltic during Late Glacial and Early Holocene. *Polish Geological Institute Special Papers*, 11, 9-18.
- Witak M., 2013. *Zarys postglacjalnej ewolucji Bałtyku Południowego* [w:] J. Cyberski (red.), *Ochrona wybrzeża w polityce morskiej państwa*.
- Vázquez E., Ameneiro J., Putzeys S., Gordo C., Sangrá C., 2007. Distribution of meroplankton communities in the Bransfield Strait, Antarctica; *Marine Ecology Progress Series*, 338(1), 119-129.
- Żmudziński L., 1990. *Świat zwierzęcy Bałtyku: atlas makrofauny*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.

**Krótką notką o autorze:** Studentka I roku studiów II stopnia na kierunku oceanografii. W obszar jej zainteresowań wchodzi szeroko pojęta oceanografia biologiczna, głównie interakcje pomiędzy wybranymi gatunkami sinic i mikroglonów a bałtyckim meroplanktonem.

