

RÓŻNORODNOŚĆ BIOSFERY

WBNZ 845

(Biogeografia ekologiczna i ewolucyjna)



WYKŁAD 6

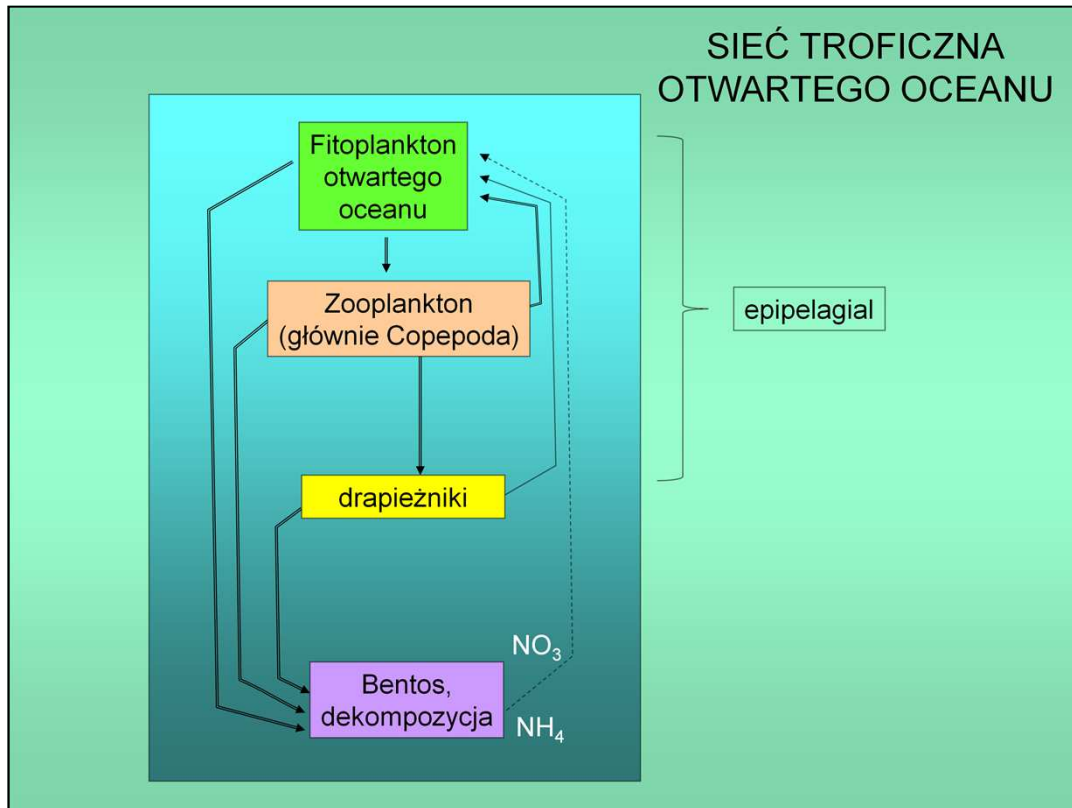
BIOMY MORSKIE 2



BIOMY MORSKIE

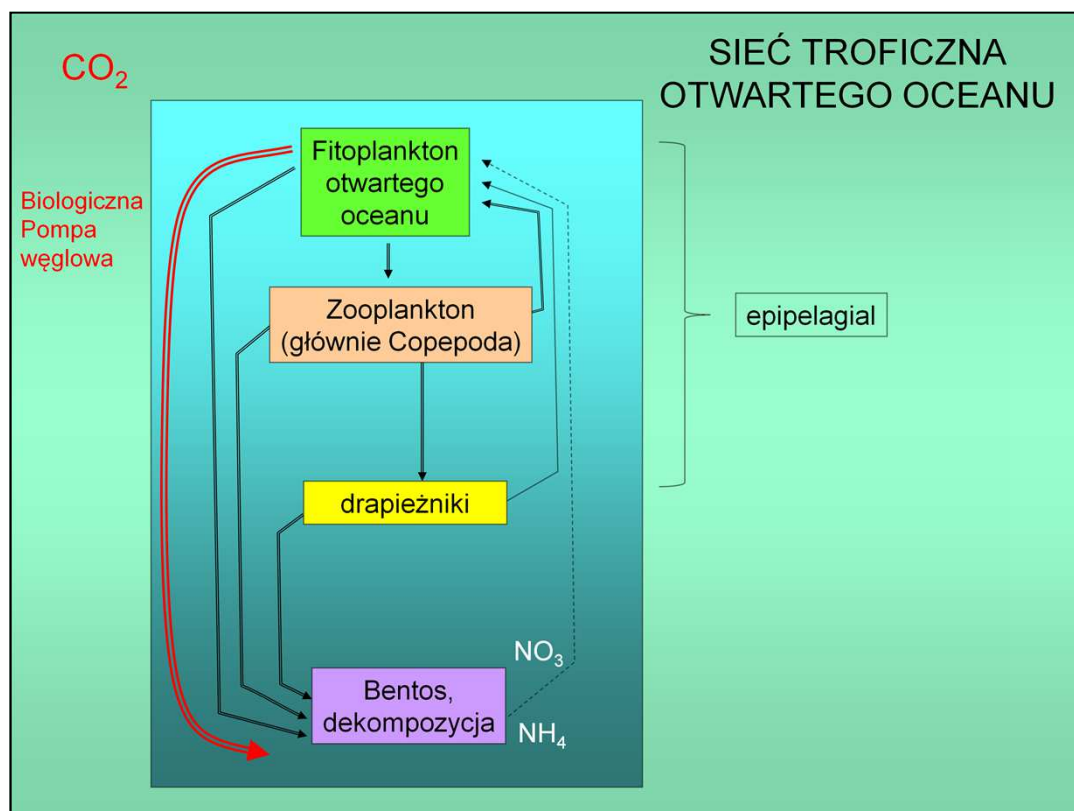
- Zróżnicowanie warunków życia w oceanach (głębokości, temperatury, zasolenie, pływy, prądy morskie)
- Produktywność oceanów
- Biomy morskie
 - pelagial
 - szelfy (ekosystemy przybrzeżne, strefa pływów, estuaria)
 - upwellingi
 - rafy koralowe
 - źródła hydrotermalne

PELAGIAL OTWARTEGO OCEANU

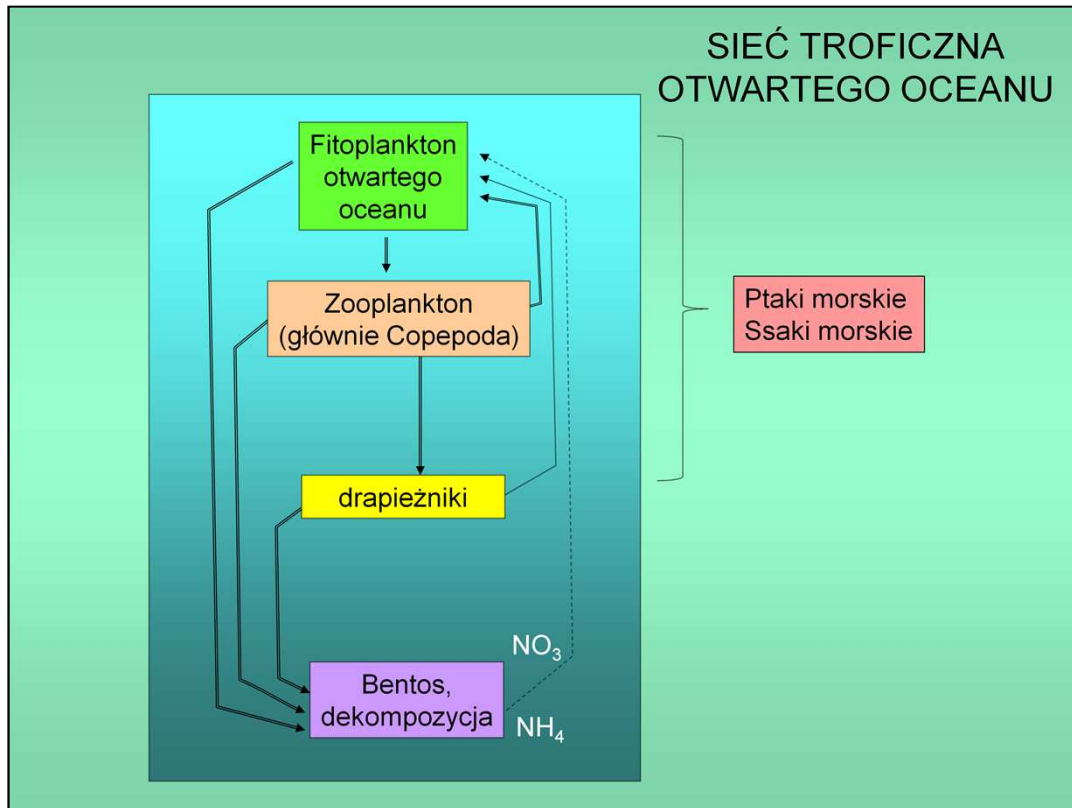


W otwartym oceanie większość produkcji pierwotnej odbywa się w strefie fotycznej (eufotycznej) – epipelagialu. Ok. 200 m głębokości. Tam też większość procesów ekosystemowych (zamknięte pętle produkcji-dekompozycji i obiegu pierwiastków). Ale część Pp ucieka na dno, które jest daleko. Stamtąd sama nie wróci (ani produkty jej rozkładu), np. przez dyfuzję. Obieg zamyka się dopiero w dużej skali przestrzennej, za sprawą transportu – głównie prądów morskich (a w jeszcze większej skali czasowej można brać pod uwagę procesy tektoniczne).

Ten transport z powierzchni ku głębinom m.in. dotyczy ogromnych ilości węgla, który jest transportowany dzięki procesom fizycznym (rozpuszczanie, wytrącanie minerałów z roztworu), ale też – biologicznym: obumarły plankton, odchody („fecal pellets”), rozpuszczona materia organiczna, DOC (dissolved organic matter)



Ten transport węgla z atmosfery, poprzez plankton fotosyntetyzujący, na głębokie dno oceanu nazywany bywa pompą węglową.



Na otwartym morzu, daleko od brzegów, na powierzchni morza żerują ptaki i ssaki morskie; niewiele, i tylko przejściowo, zwykle poszukują miejsc o większej produktywności, a te są na szelfach, w strefach upwellingów. Ptaki i ssaki morskie (z wyjątkiem walen) wcześniej czy później i tak muszą znaleźć się na lądzie, bo tylko tam się rozmnażają.

SZELFY KONTYNENTALNE
PRZYBRZEŻNE
ESTUARIA

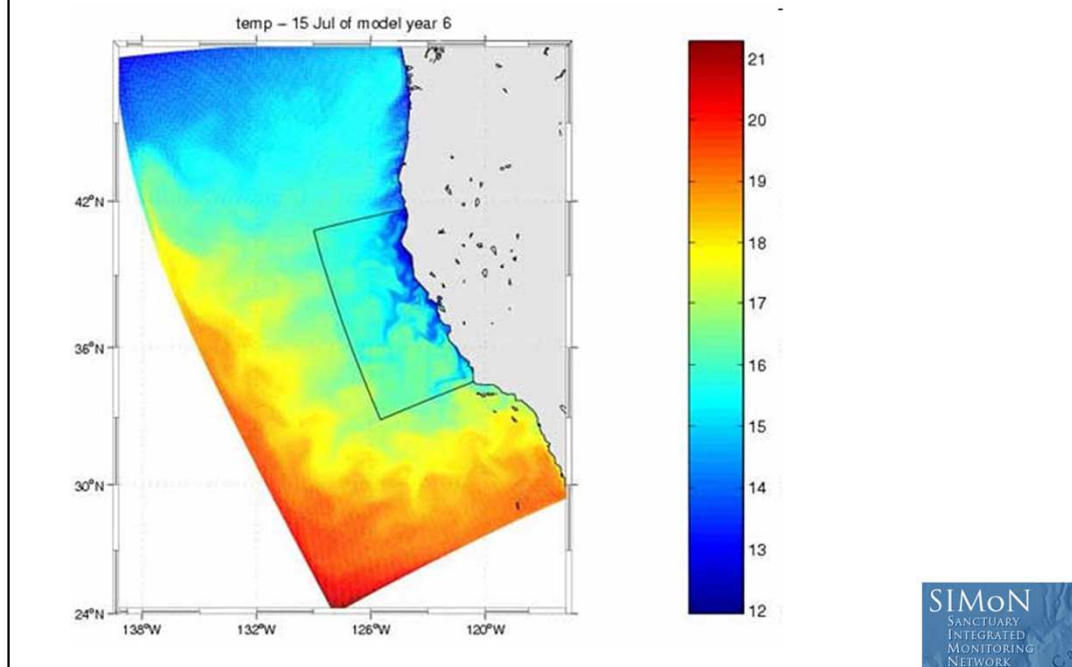
UPWELLINGI: BIOM MORSKI I JEGO LĄDOWE PRZYCZÓŁKI

O biomie decyduje produkcja pierwotna – strategia producenta. ...

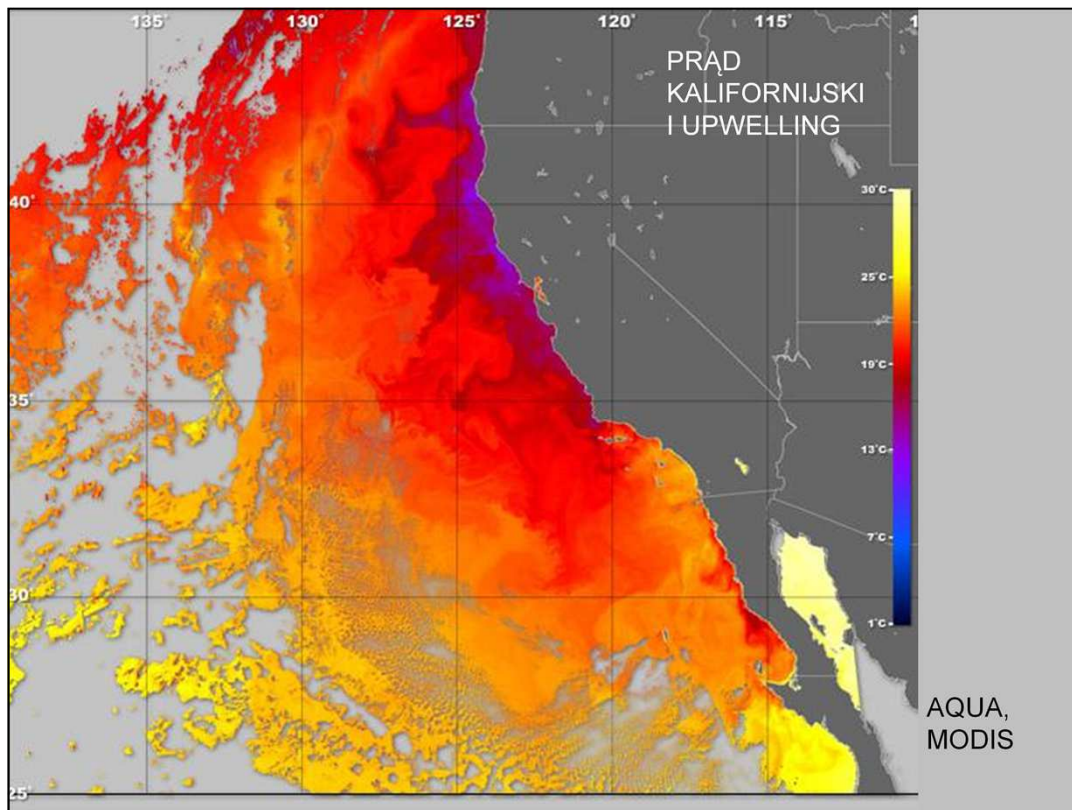
Zespoły organizmów lądowych, występujące w pobliżu morskich stref wysokiej produktywności, są całkowicie uzależnione od produkcji pierwotnej oceanicznych glonów, są częścią tej samej sieci troficznej – nawet, jeżeli część życia spędzają na lądzie i nawet jeżeli deponują na lądzie (jako odchody) część zasobów oceanicznych (dopiero po długim czasie wracających do obiegu).

Biomu szelfów i upwellingów nie da się omówić osobno, bo na wielkich obszarach te dwa czynniki działają równocześnie.

Upwelling sezonowy: Monterey Bay. California



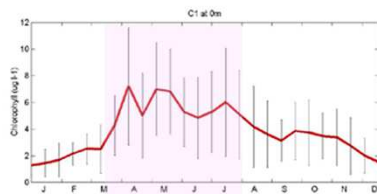
Temperatura (°C) powierzchni morza wzdłuż Zachodniego Wybrzeża Kalifornii podczas sezonowego upwellingu. W tym okresie morze przy brzegu jest chłodne. Image: MBARI.



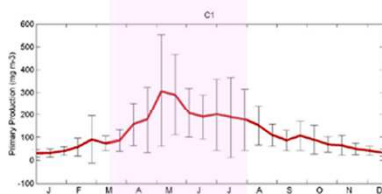
Prąd Kalifornijski niesie chłodniejszą wodę z północy z szybkością 3-7 km/dobę; prądy płynące od północy mają nurt szerszy i wolniejszy, niż płynące w odwrotnym kierunku prądy ciepłe (w obrębie tego samego wiru półkuli północnej). Prąd Kalifornijski płynie 60-150 km od brzegów Ameryki Pn. Na obrazie widać również jeszcze chłodniejsze wody upwellingu, wybijające przy samym brzegu Kalifornii.

Credit: Image provided by Norman Kuring, NASA/GSFC

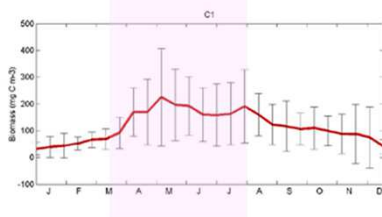
ZMIANY SEZONOWE FUNKCJONOWANIA EKOSYSTEMU



Średnie miesięczne zawartości chlorofilu.



Średnie miesięczne produkcji pierwotnej (szczyt wiosną i latem)



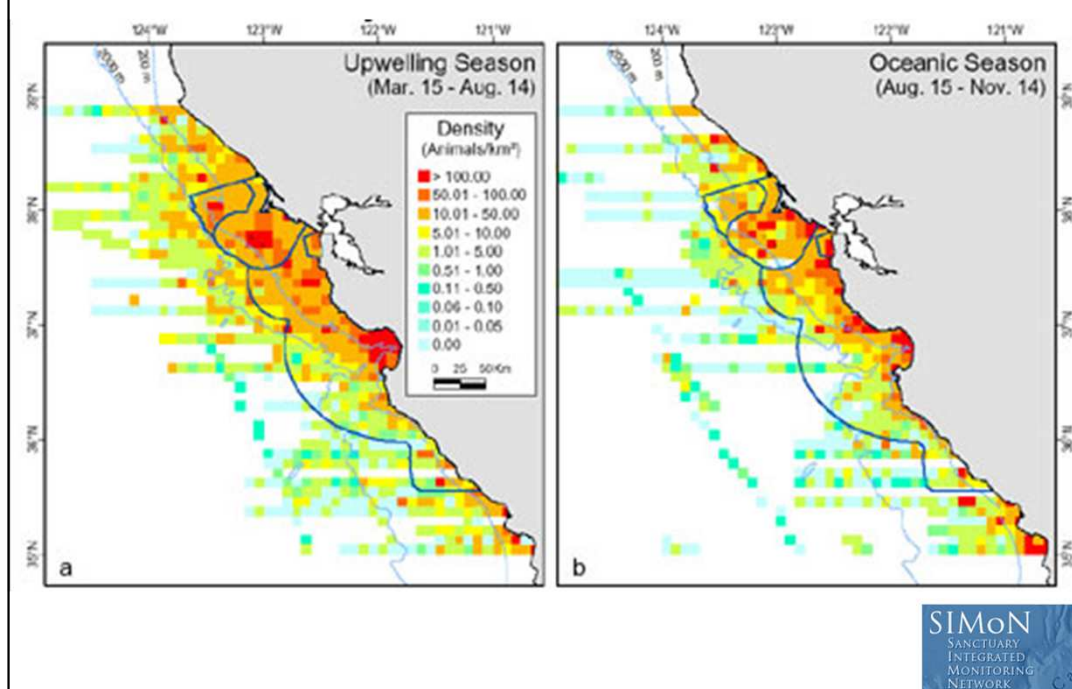
Biomasa kryla w typowym okresie upwellingu

(Dane z r. 2001)



Miesięczne stężenia chlorofilu, produkcji pierwotnej i biomasy kryla na powierzchni morza w r. 2001; zauważ charakterystyczny szczyt w okresie upwellingu (wiosna-wczesne lato). Image: MBARI.

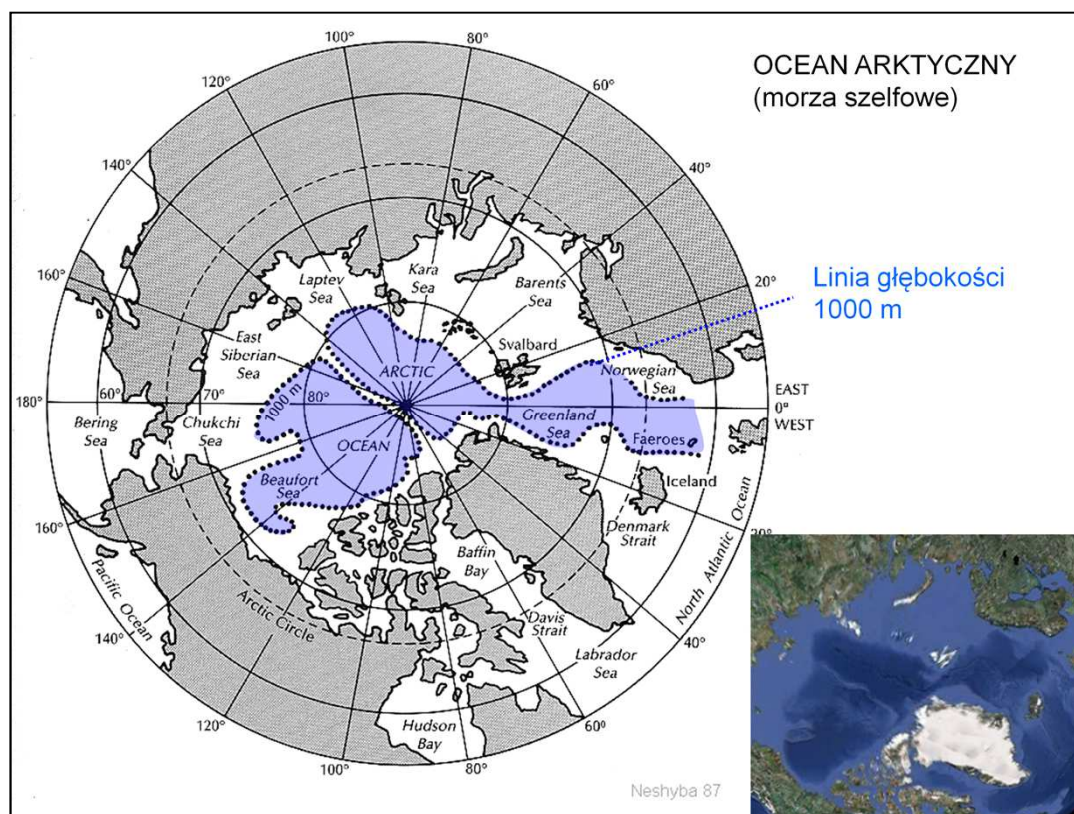
WPŁYW UPWELLINGU NA ZAGĘSZCZENIE PTAKÓW MORSKICH



Zagęszczenie populacji ptaków morskich podczas upwellingu i poza tym okresem. W upwellingu duże zagęszczenia ptaków daleko od brzegu (50-100 km), bo żerują na otwartym oceanie. Po sezonie upwellingu większość blisko brzegu.

BIOMY MÓRZ POLARNYCH

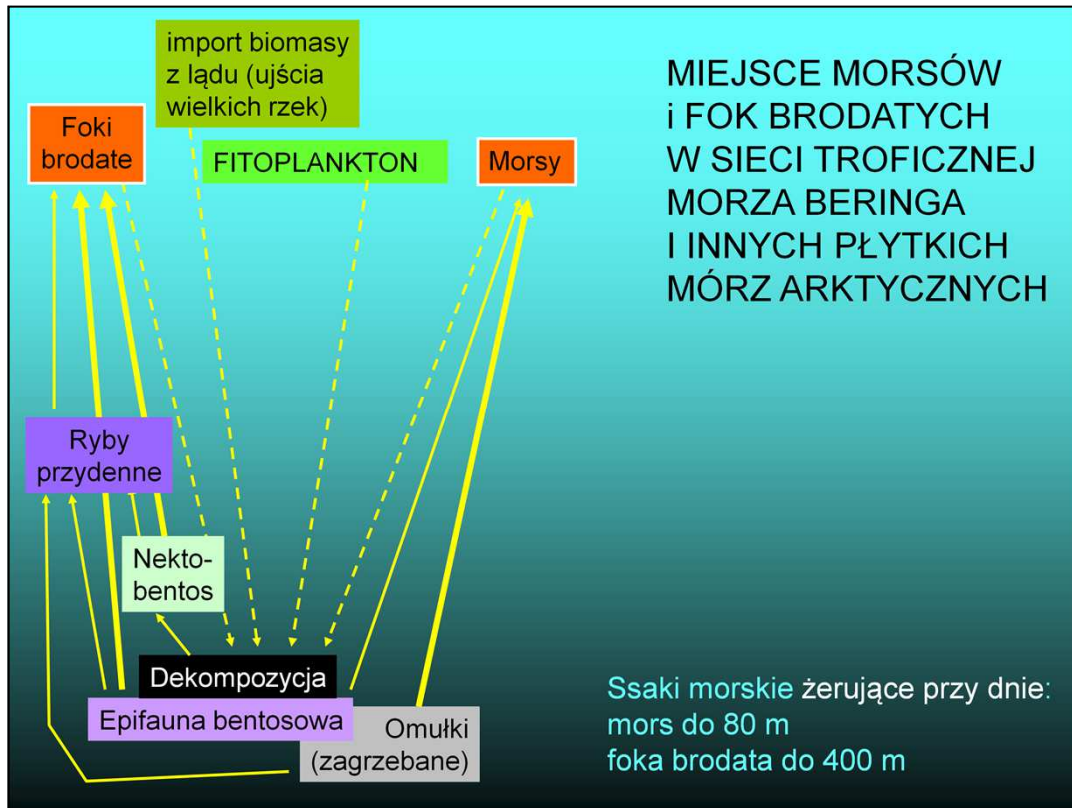
ARKTYKA



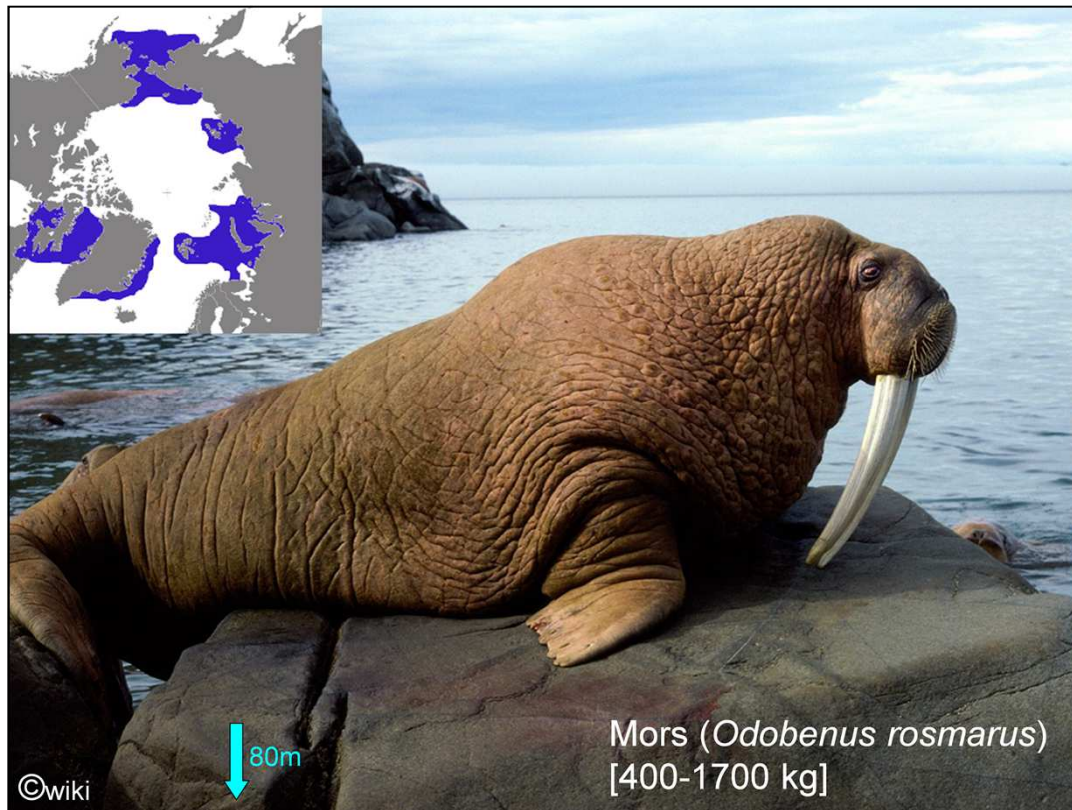
Ocean Arktyczny jest odcięty przez lądy od pozostałych oceanów; składa się z płytkich mórz szelfowych, tylko w jednym miejscu (pomiędzy Grenlandią z Spitsbergenem) łączą go z Atlantykiem wody głębsze niż 1000 m.

UJŚCIA WIELKICH RZEK DO OCEANU ARKTYCZNEGO





Wysoka produkcja pierwotna (sezonowa) dzięki płytkim wodom i dostarczaniu biogenów przez wielkie rzeki uchodzące do tego oceanu. Duży udział bentosu (fauny dennej) w wykorzystywaniu produkcji pierwotnej. Na tym bentosie żerują również duże ssaki morskie (morsy, foki arktyczne). Planktonowe bezkręgowce i ryby są wykorzystywane przez ptaki morskie. Wszystkie kręgowce lądowe (ssaki i ptaki) w Arktyce korzystają z kry lodowej jako substytutu lądu, gdzie mogą się rozmnażać. Funkcjonalnie stanowią jednak część ekosystemu morskiego.



Mors (*Odobenus rosmarus*)
[400-1700 kg]

Jeden z największych przedstawicieli płetwonogich (400 do 1700 kg), mors, ma zasięg okołobiegunowy, tylko na północnej półkuli. Jest przystosowany do żerowania (zjada głównie mięczaki) na dnie, na głęb. do 100 m, dokąd z łatwością nurkuje (ale nie głębiej; jest związany z płytkim morzami szelfowymi).



Liczebność morsów w Arktyce sięga 200 000 osobników

Naturalna liczebność morsów – mimo eksploatacji przez człowieka – nadal jest wysoka.

Głównie – populacja pacyficzna (atlantycka jest znacznie mniejsza).

Z powodu sezonowości u Pinnipedia – też u ,morsów – występuje ciąża przedłużona (pierwsze 3 miesiące zatrzymana blastula), dzięki temu młode rodzą się na wiosnę, w korzystnym okresie. Sezonowość zmusza morsy do wędrówek.

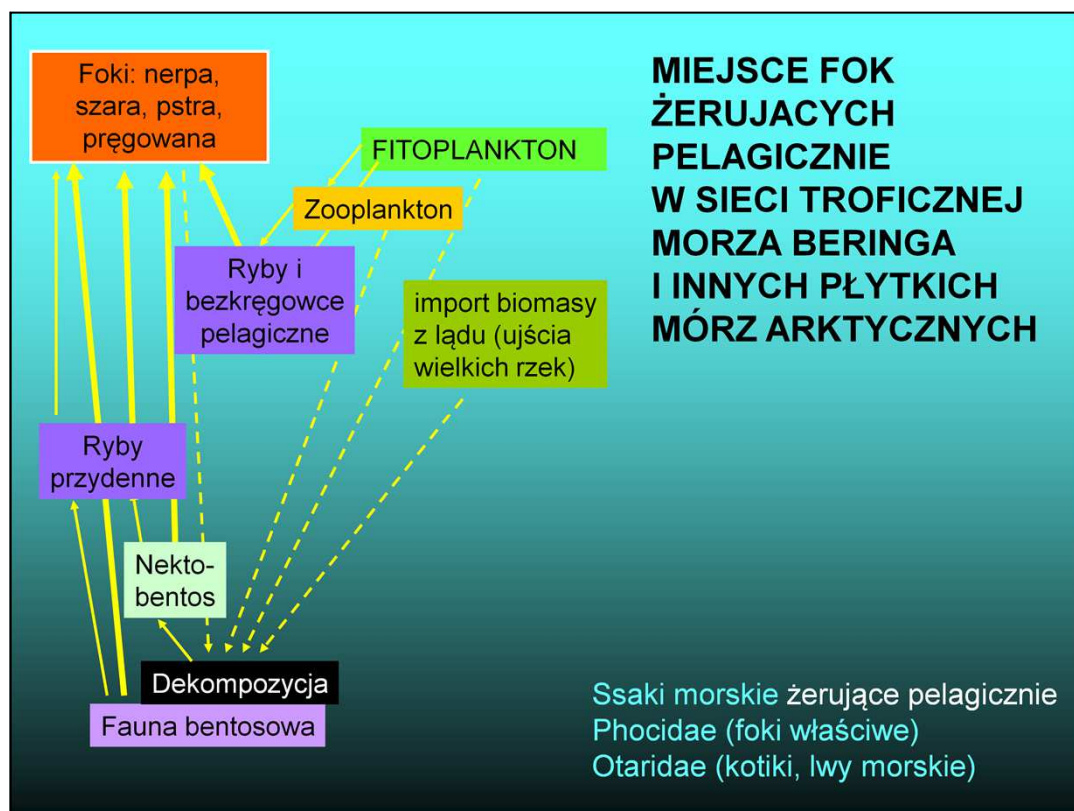


W rejonie Arktyki i częściowo w strefie umiarkowanej występuje kilka gatunków fok. Foka brodata ma zasięg ograniczony do północnych rejonów polarnych i podobnie jak mors eksplloatuje bentos, nurkując nawet na głębokość 400m.

KRYL *Meganyctiphanes norvegica*



Ważnym roślinożercą i pokarmem dla następnych ogniw łańcucha troficznego jest zooplankton, szczególnie tzw. kryl. Nazwa ta obejmuje kilkadziesiąt gatunków planktonowych skorupiaków, które masowo występują w rejonach wysokiej produktywności oceanu. Na północnym Atlantyku i w Arktyce dominującym gatunkiem jest



Większość gatunków ssaków i ptaków Arktyki pobiera pokarm z pelagialu (ryby i głowonogi pływające w toni wodnej lub przy powierzchni). Gatunki fok zaliczamy do dwóch rodzin: fok właściwych (Phocidae: foka pospolita, nerpa, foka szara, pstra i pręgowana) i uchatek (Otaridae: kotiki, lwy morskie).

schemat Wg Neshyba ryc. 20.13, zmienione.



Foka pospolita występuje w morzach subarktycznych i północnej strefy umiarkowanej, Atlantyku i Pacyfiku. Licząca 5 do 6 mln osobników populacja nie jest zagrożona. Poluje głównie na ryby, nurkując do ok. 450 m głębokości, do 10 min pod wodą.



Foka szara występuje w wodach strefy umiarkowanej i subarktycznej półn. Atlantyku. Żeruje na rybach w toni wodnej i przy dnie, nie gardzi głowonogami i skorupiakami. Nurkuje do 70 m.



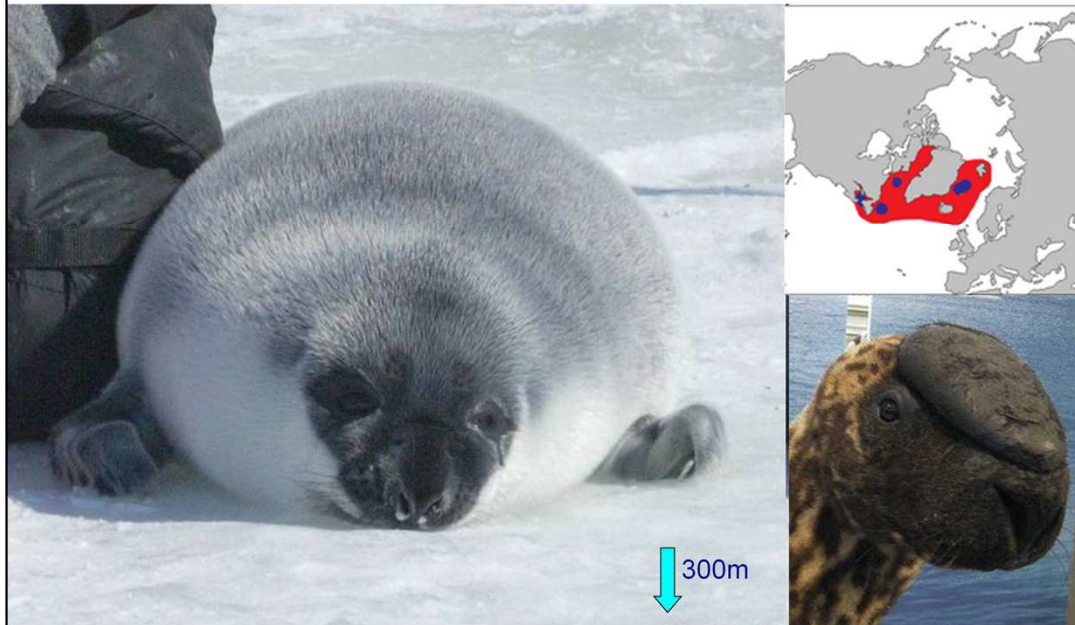
Foki szare na Mewiej Łasze k. Gdańska;
październik 2010. www.wwf.pl

W Bałtyku występują trzy gatunki fok: foka szara, foka pospolita i foka obrączkowana. Największą, a zarazem najczęściej pojawiającą się u polskich wybrzeży foką jest foka szara. Samce osiągają do 3 metrów długości i do 310 kg masy ciała u największych osobników. Samice, które u każdego gatunku fok są nieco mniejsze, osiągają przeciętnie 1,8 m długości i 155 kg masy ciała. Liczebność populacji bałtyckiej szacuje się na 22,5 tysięcy osobników.



Foka pstra występuje tylko od Cieśniny Beringa przez Kamczatkę po Japonię i Morze Ochockie. Jej populacja liczy ok. 200 000 osobników i nie wydaje się być zagrożona. Nurkuje do ok. 300 m głębokości, polując na ryby (młode żerują również na krylu).

KAPTURNIK (*Cystophora cristata*)



Kapturnik jest foką ściśle arktyczną, tylko na pn. Atlantyku (od Spitsbergenu do zatoki św. Wawrzyńca). Jest to duża foka (masa do 300-400 kg). U samców nad nosem i górną częścią głowy występuje worek skórny, połączony z jamą nosową, zwierzę może go nadymać. Podczas nadymania ściany przegrody nosowej wystają na zewnątrz w postaci krwistoczerwonego pęcherza. U samic worek jest słabiej wykształcony.

Kapturniki są przystosowane do życia na otwartym morzu. Świetnie nurkują na głębokość ponad 300 m, pozostając pod wodą około 25 minut i pokonując duże odległości.



Foka pręgowana występuje tylko w Arktyce na płn Pacyfiku, od Alaski, poprzez Morze Beringa, po Kamchatkę. Populacja liczy ok. 250 000 osobników. Pokarm stanowią głównie ryby i głowonogi pelagiczne (foka może nurkować do ok. 200 m).



Foka obrączkowana, inaczej nerpa, jest najmniejsza i najpospolitsza z fok mórz arktycznych i subarktycznych półn. półkuli. Nurkuje do 10-45 m polując na ryby, zjada również skorupiaki i głowonogi pelagiczne. Populacja liczy ok. 250 tysięcy i nie jest zagrożona, mimo polowań.

FOKI SŁODKOWODNE

Foka bajkalska, nerpa (*Pusa sibirica*)
[od 2 mln lat?]



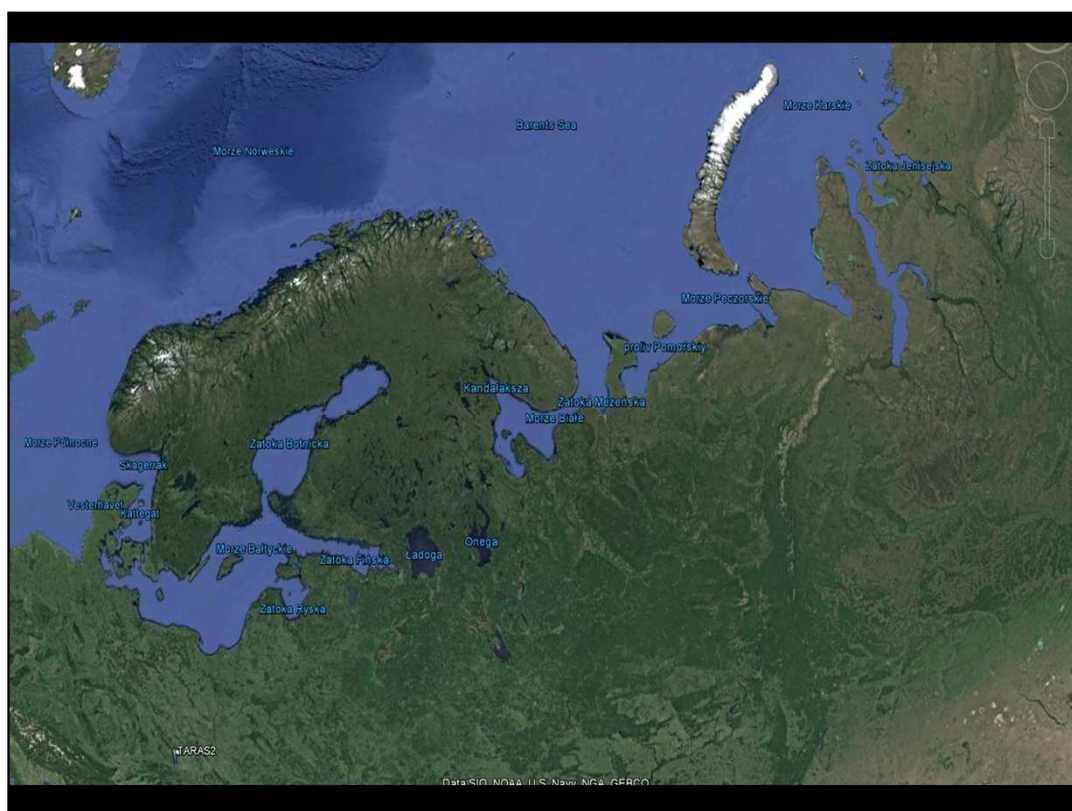
Saimaa Ringed Seal (*Pusa hispida saimensis*),
Ladoga seal (*Pusa hispida ladogensis*)

Do tego samego rodzaju co nerpa (*Pusa*) należą trzy gatunki fok wyłącznie słodkowodnych, występujące na półkuli północnej: foka bajkalska, którą uważa się za osobny gatunek, oraz foki z jez. Saimaa i jez. Ładoga, które są podgatunkami nerpy.

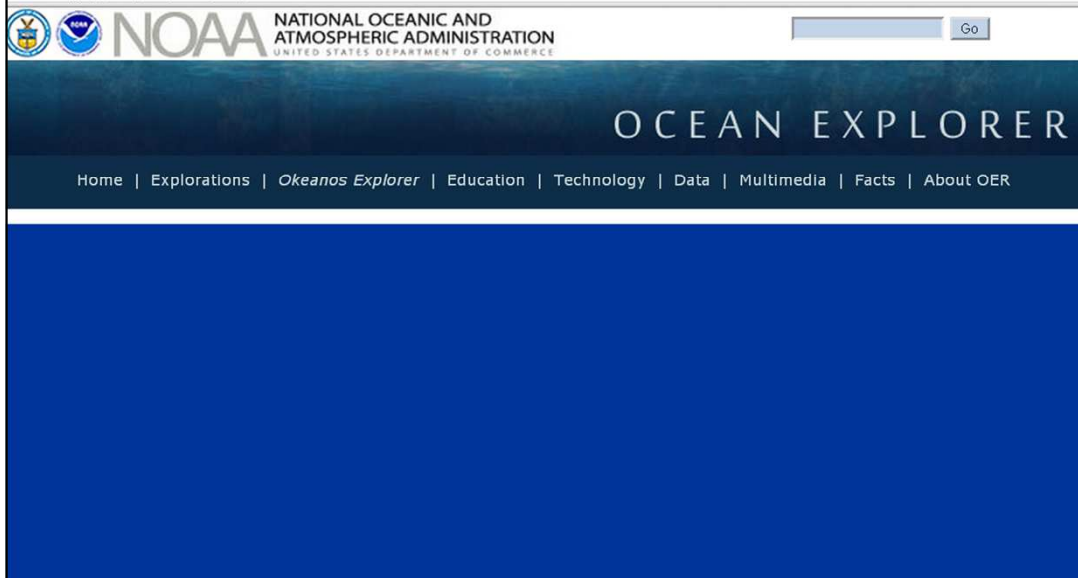
Foka bajkalska waży 70-150 kg, żywi się rybami. Nurkuje 20-30 min (nawet do 1 godziny). Nie jest dotąd jasne, w jaki sposób foki bajkalskie zasiedliły jez. Bajkał – odległy o setki kilometrów od najbliższego morza. Ich populacja liczy ok. 60,000 osobników, na które nadal się poluje (choć z ograniczeniami).







<http://oceanexplorer.noaa.gov/gallery/livingocean/livingocean.html>

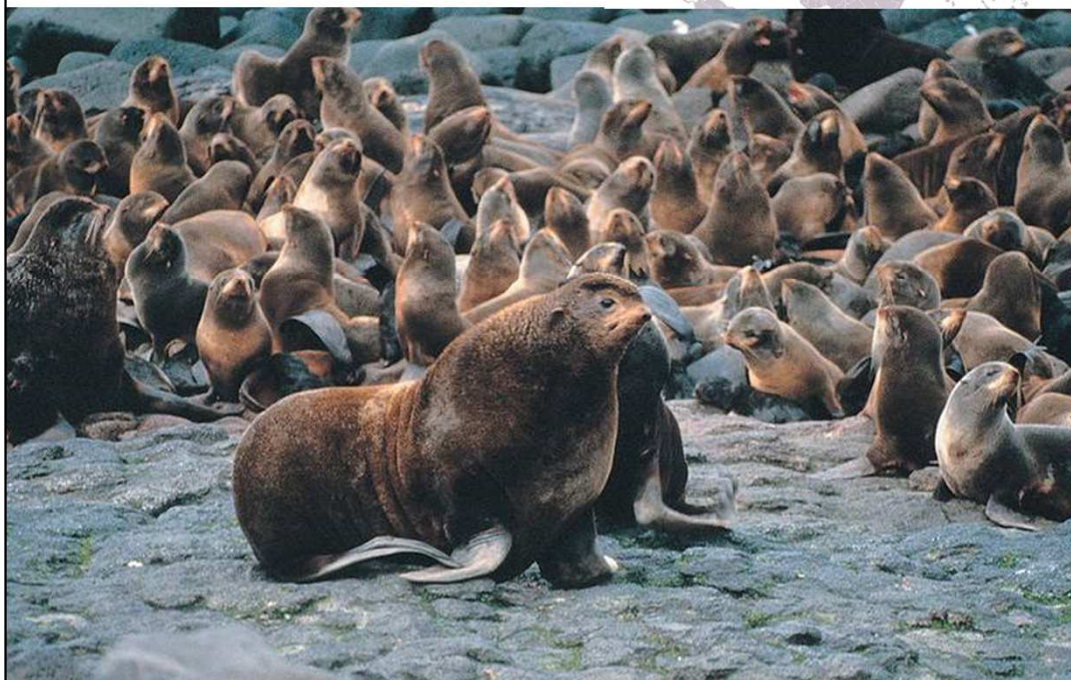


Słoń morski północny
(*Mirounga angustirostris*)

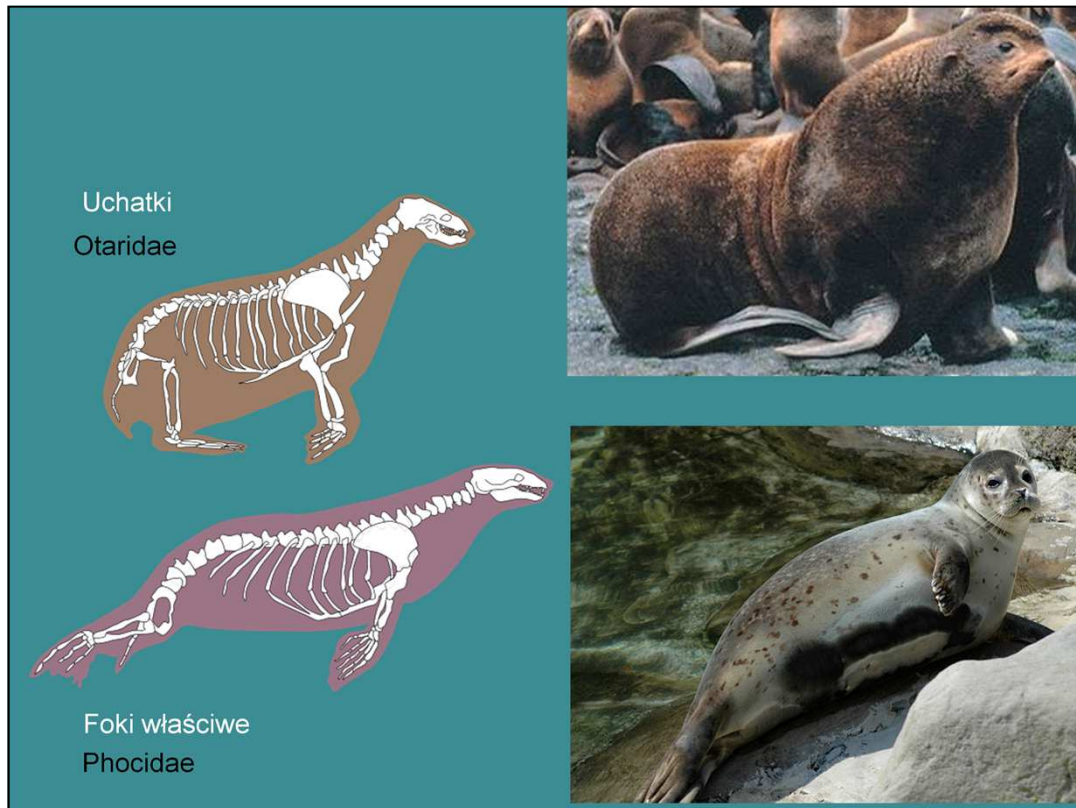


Największą foką właściwą na półkuli północnej jest słoń morski północny, występujący wzdłuż wybrzeża Ameryki Pn. od Kalifornii po Alaskę. Samce mogą osiągać długość 5 m i masę 2,7 ton (samice są 3 x mniejsze). Są rekordzistami nurkowania wśród ssaków (nie licząc waleni): mogą spędzić pod wodą 100 minut, nurkując na głębokość półtora kilometra. Żywi się rybami i głowonogami.

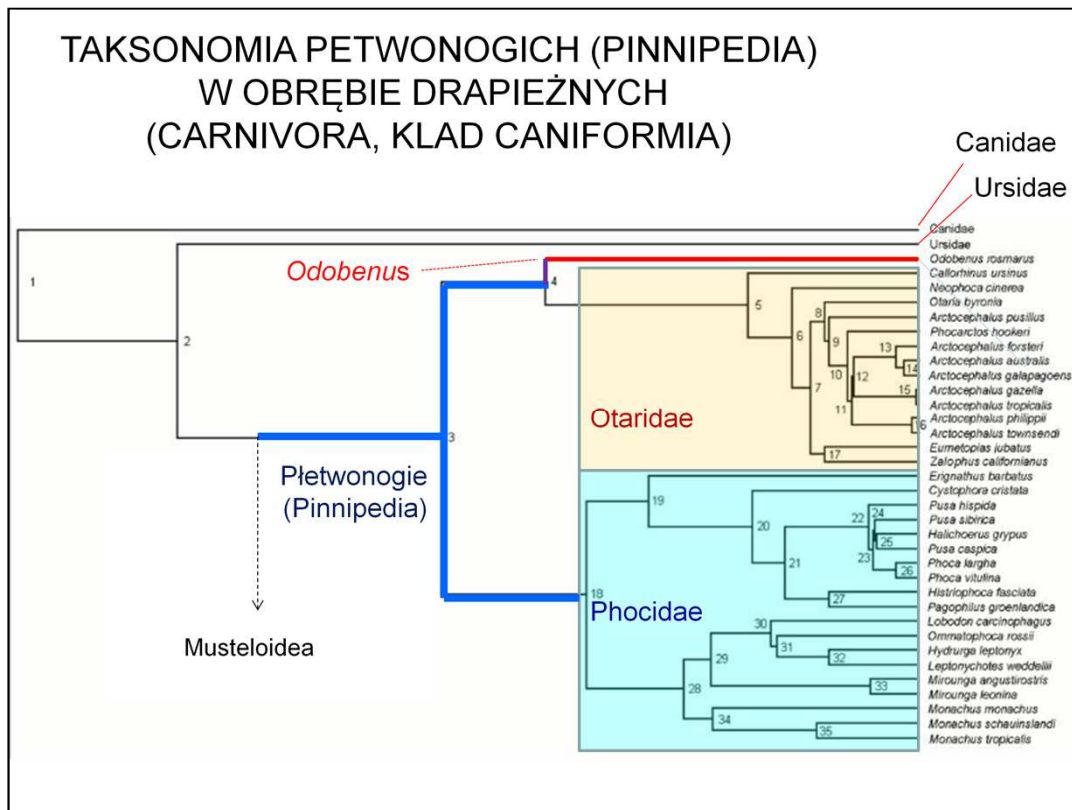
Kotik zwyczajny
(*Callorhinus ursinus*)



Spośród uchatek Arktyki największe znaczenie ma kotik zwyczajny, występujący na północnym Pacyfiku. Odznacza się ogromnym dymorfizmem płciowym (samce 4,5 x cięższe od samic). Żywią się pelagicznymi rybami i głowonogami. Kotiki były przez długi czas eksploatowane nadmiernie dla futer, obecnie są chronione jako gatunek zagrożony.



Uchatki (Otaridae) różnią się od fok właściwych (Phocidae) nie tylko małżowinami usznymi, którym zawdzięczają swoją nazwę, ale również budową kończyn tylnych, które mogą podciągać pod tułów, dzięki czemu nieco zręczniejsze poruszają się po lądzie, niż foki.

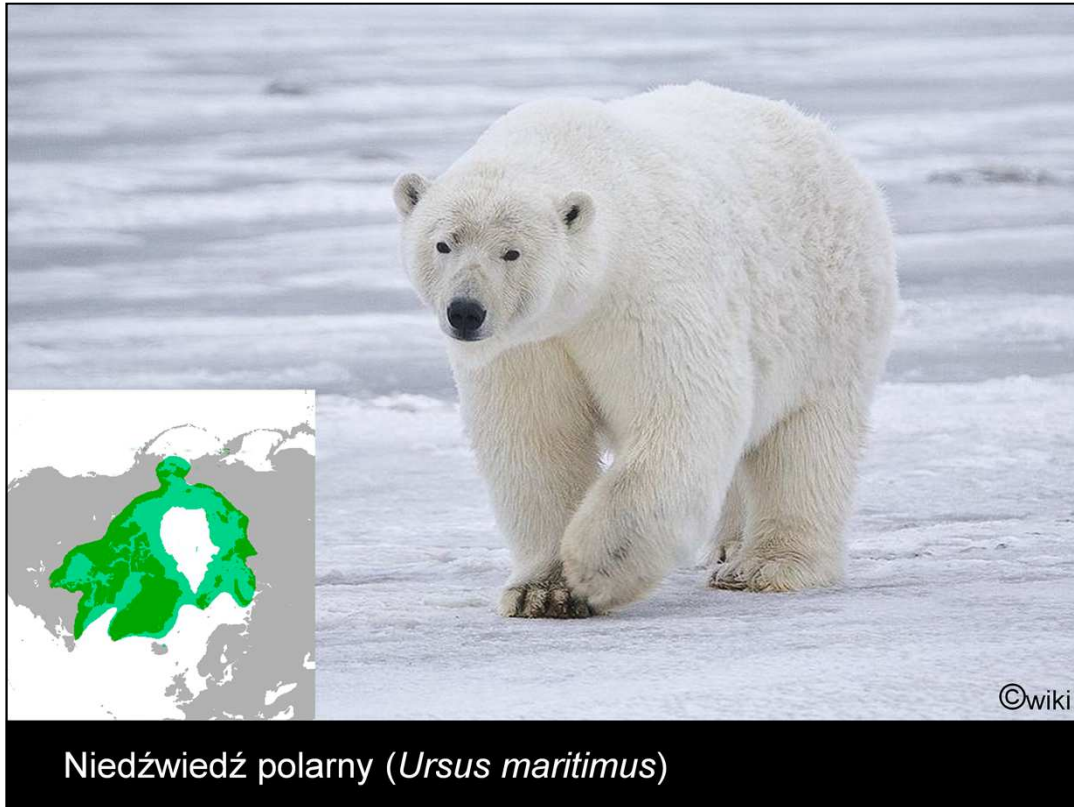


Wszystkie płetwonogie (Pinnipedia) należą do ssaków drapieżnych (Carnivora), kładu Caniformia („psokształtne”), do którego należą również psowate (Canidae) i niedźwiedzie (Ursidae).

Uchatka grzywiasta
(lew morski Steller)
(*Eumetopias jubatus*)



Uchatka grzywiasta albo północny lew morski jest gatunkiem zagrożonym, z niejasnych powodów liczebność jego populacji i zasięg dramatycznie spadają. Jest to jedno z największych gatunków z płetwonogich (ustępuje tylko morsowi i słoniom morskim). Żywią się rybami i głowonogami pelagicznymi.



Niedźwiedź polarny (*Ursus maritimus*)

Drapieżnikiem wyższego rzędu w Arktyce jest niedźwiedź polarny, którego główny pokarm stanowią foki – również drapieżniki, z rzędu drapieżnych (Carnivora). Ciężar ciała dorosłych samców 300 - 700 kg. Jego zasięg jest ograniczony do oceanów i lądów Arktyki, wewnątrz kręgu polarnego. Populacja liczy zaledwie 20000-25000 osobników i maleje. Mimo międzynarodowej ochrony wciąż się na niego poluje w niektórych krajach (np. w Kanadzie). Skutki ocieplenia globalnego mogą być fatalne dla tego gatunku.

Alki (Alcidae)

[Charadriiformes, Lari]

- 24 gatunki
- Wyłącznie arktyczne, subarktyczne – umiark.
- Morskie
- Nurkujące i pływające pod wodą
(Konwergencja z pingwinami [Sphenisciformes])



(*Uria lomvia*), Norwegia

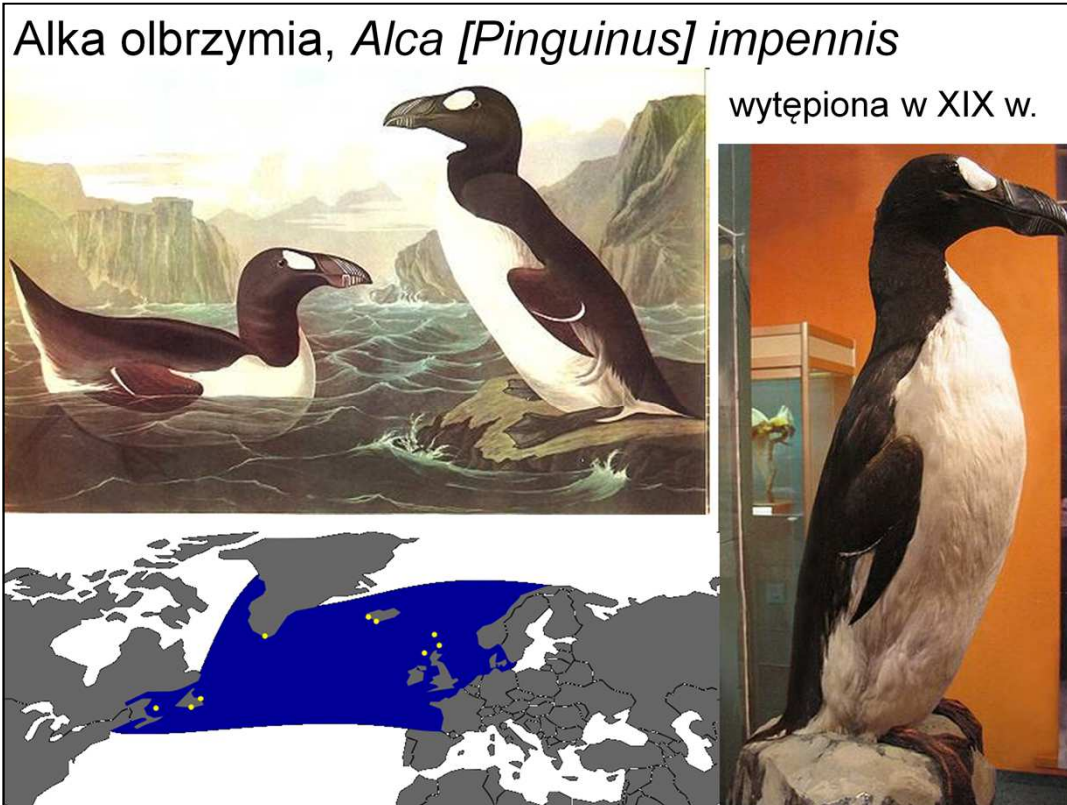
Ptaki morskie Arktyki liczą wiele gatunków, najbardziej charakterystyczną grupę stanowią alki, które do pewnego stopnia można uznać za konwergentne z pingwinami.



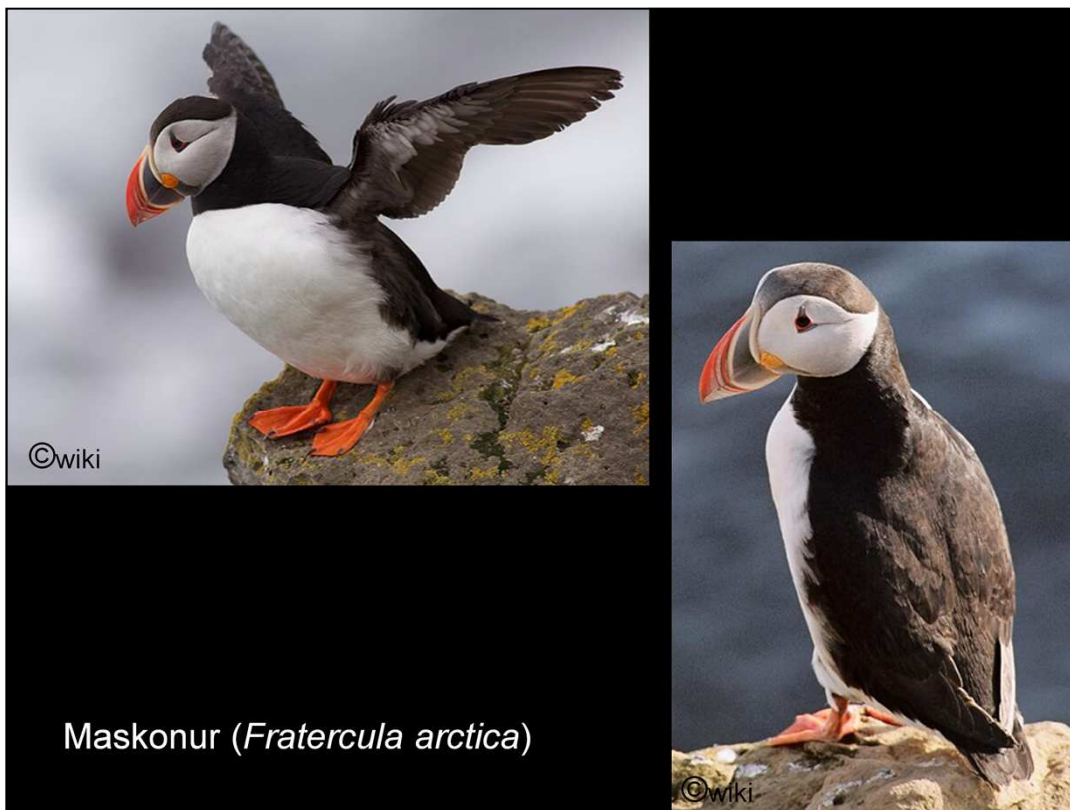
Alki gnieźdzą się kolonijnie. Nurzyk podbielały jest dużą alką, w pogoni za rybami nurkuje nawet na głębokość 180 m. Jak wszystkie alki doskonale pływa pod wodą, pomagając sobie skrzydłami.



Duża alka, nurkuje polując na głębokość 20-40 m (nawet 150 m) polując na ryby, głowonogi i skorupiaki pelagiczne.



Alka olbrzymia (†*Pinguinus impennis* syn. *Alca impennis*) – wymarły gatunek z rodziny alk (Alcidae), gnieźdzący się niegdyś na wybrzeżach Labradoru, Grenlandii, Szkocji, Norwegii i td. Zimą zapuszczały się dalej na południe, aż do Florydy i Półwyspu Iberyjskiego. Jako ptak nielotny, alka olbrzymia była łatwym obiektem polowań, które doprowadziły do jej całkowitego wytępienia w poł. XIX w. – pozostały tylko okazy muzealne, m. in. w Muzeum Przyrodniczym Uniwersytetu Wrocławskiego.

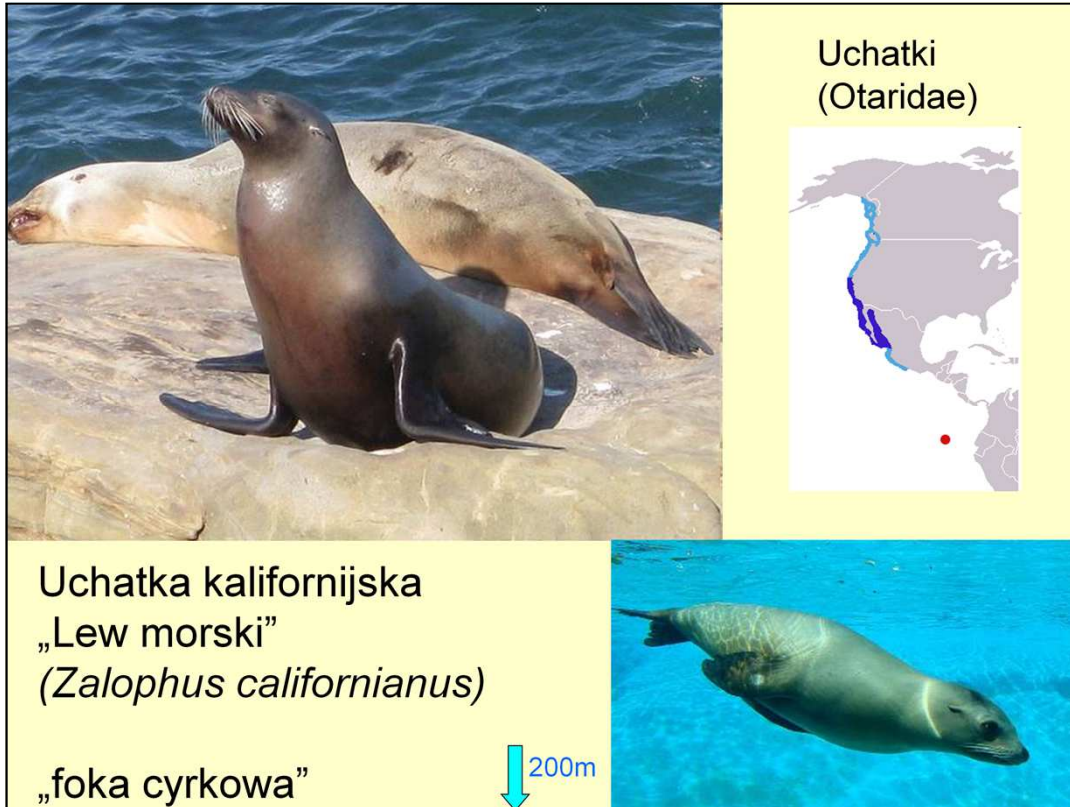


Maskonur (*Fratercula arctica*)

Maskonur to mały gatunek alki, żywi się rybami, za którymi nurkuje.

UPWELLINGI i ich
MORSKIE PRZYCZÓŁKI NA LĄDZIE

Morza tropików i strefy umiarkowanej



Lew morski należy do uchatek, występuje w żyznych strefach upwellingów zachodniego wybrzeża Ameryki Pn., populacja jest liczna (ok. 200 000 osobników) i ma tendencje wzrostową. Żywi się rybami, głowonogami i skorupiakami; może nurkować do 200 m. Bardzo dobrze się oswaja, co wykorzystywane jest w cyrkach.



Lew morski z Galapagos, dawniej uważany za podgatunek uchatki kalifornijskiej, ma podobny tryb życia. Żywi się głównie sardynkami. Populacja ograniczona do wysp Galapagos, jej liczebność (20000-50000 osobników) ulega fluktuacjom w związku z epizodami El Nino.

Kotik meksykański
(*Arctocephalus townsendi*)



kotik chilijski
(*A. philippii*),
kotik z Galapagos
(*A. alapagoensis*)

W tropikalnej i subtropikalnej strefie zachodnich wybrzeży Ameryki Środkowej i Południowej żyje kilka gatunków niewielkich (do 140 kg) kotików - uchatek z rodzaju *Arctocephalus*: kotik meksykański (*A. townsendi*) – populacja ok. 10000 osobników; kotik chilijski (*Arctocephalus philippii*), zamieszkujący Archipelag Juan Fernández u wybrzeży Chile (liczba osobników wynosi 10 000-12 000 i rośnie); kotik z Galapagos (*Arctocephalus galapagoensis*) jest drugim obok lwa morskiego gatunkiem morskiego ssaka na Galápagos i jego populacja również ponosi straty w czasie epizodów El Nino.



Na Hawajach żyją niedobitki endemicznej populacji mniszki hawajskiej (rodz. fok właściwych), ok. 1000 osobników krytycznie zagrożonych wymarciem.

Mniszka śródziemnomorska
(*Monachus monachus*)

< 450 osobników



Mniszka karaibska
(*M. tropicalis*)
już wymarła

Inny gatunek mniszki wciąż jeszcze wegetuje w Morzu Śródziemnym, w liczbie nie przekraczającej 450 osobników i jest prawdopodobnie najbardziej narażonym na wymarcie gatunkiem ssaka na Ziemi. Trzeci gatunek mniszki – z Karaibów (*M. tropicalis*) – już został uznany za wymarły.

Kotik południowoamerykański, „kot morski”
(*Arctocephalus australis*)



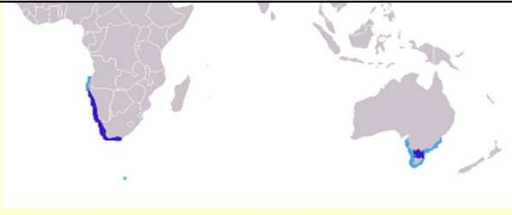
Występuje w wodach otaczających Amerykę Południową, na lądzie wybierając skaliste wybrzeża. Populacja liczy ok. 200000. Na tym zdjęciu widać, skąd się bierze nazwa „kotik”.



Otaria, uchatka patagońska
(*Otaria flavescens*)

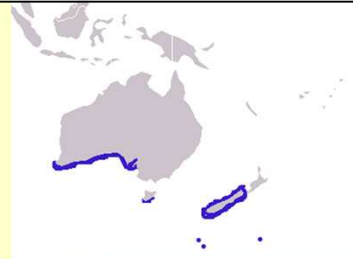
Otaria ma podobny zasięg jak kotik południowoamerykański, ale na lądzie wybiera piaszczyste plaże. Ciężar ciała do 350 kg. Poluje na ryby i głowonogi, czasem także na pingwiny, pelikany i młode foki innych gatunków. Populacja liczy ok. 250000.

Uchatka karłowata
(*Arctocephalus pusillus*)



Uchatka karłowata osiąga ciężar 200-360 kg (samce), samice o połowę mniejsze. Występuje na wybrzeżach Afryki pd., w zasięgu upwellinu bengueleńskiego, drugi podgatunek – w południowowschodniej Australii i Tasmanii.

Kotik nowozelandzki
(*Arctocephalus forsteri*)



Kotik nowozelandzki występuje wzdłuż południowego wybrzeża Australii i południowej wyspy Nowej Zelandii. Polowania doprowadziły niemal do wytępienia tego gatunku, obecnie objętego ochroną.

Uchatka nowozelandzka
(*Phocarctos hookeri*)



Uchatka australijska
(*Neophoca cinerea*)

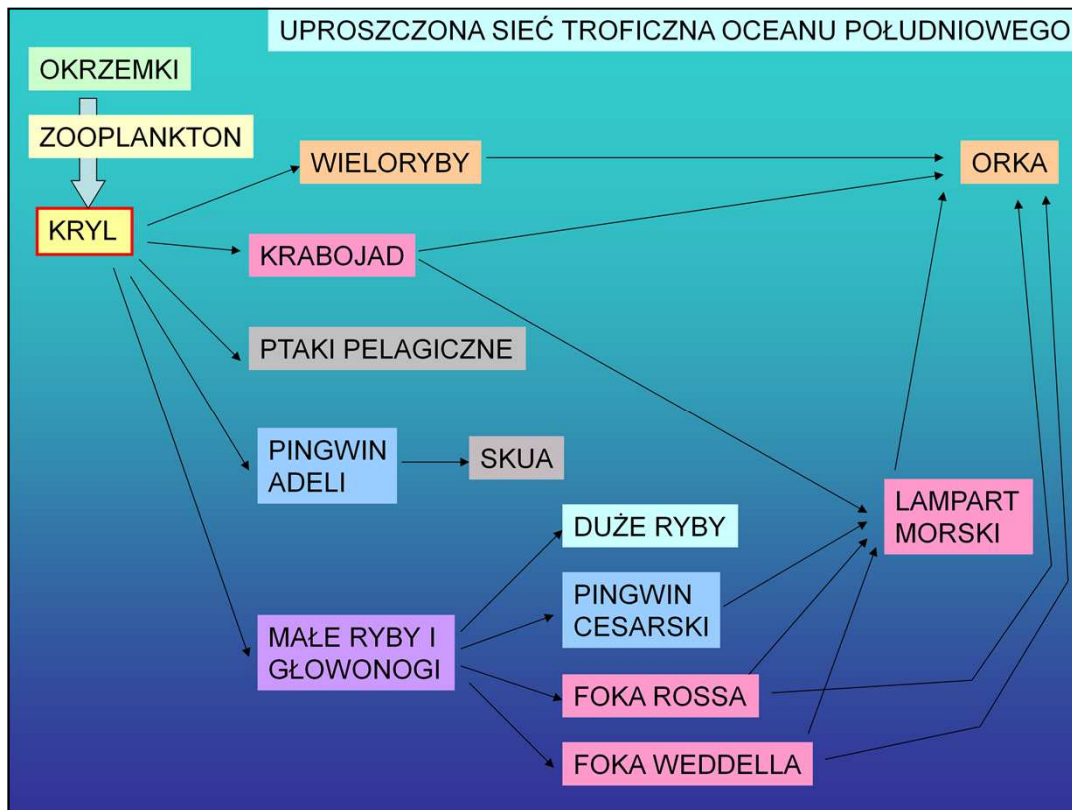


Dwa dalsze gatunki uchatek występują endemicznie, w nielicznych populacjach, w Australii i Nowej Zelandii.

BIOMY MÓRZ POLARNYCH

ANTARKTYKA

Biom upwellingów osiąga swoje maksymalne rozwinięcie w rejonie antarktycznym. Ma podobne cechy jak inne reprezentacje w Arktyce i w rejonach tropikalnych i subtropikalnych: dużą produkcję pierwotną, masowe występowanie zooplanktonu (skorupiaków), dużą produkcję wtórną ryb i głowonogów, a także stały, znaczny udział kręgowców stałocieplnych w przepływie energii i węgla. Wszystkie te cechy w upwellingach Oceanu Południowego osiągnęły skrajnie wysokie natężenie.

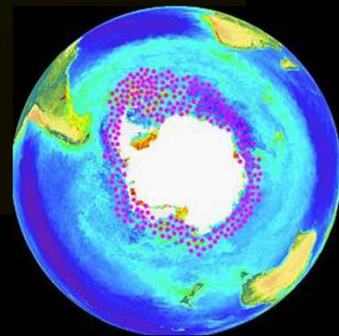


Uproszczona sieć troficzna Oceanu Południowego: producentami są glony planktonowe, przede wszystkim okrzemki. W zooplanktonie ilościowo dominują widłonogi i zwłaszcza kryl, który stanowi podstawę pokarmu ryb pelagicznych i głowonogów, pingwinów i innych ptaków morskich, fok i waleni. Małe ryby pelagiczne stanowią podstawę wyżywienia dużych ryb drapieżnych, dużych pingwinów i fok. Szczytowymi drapieżnikami są foki (lampart morski) i walenie (orki), a na mniejszą skalę – wydrzyki.

KRYL ANTARKTYCZNY
(*Euphausia superba*)

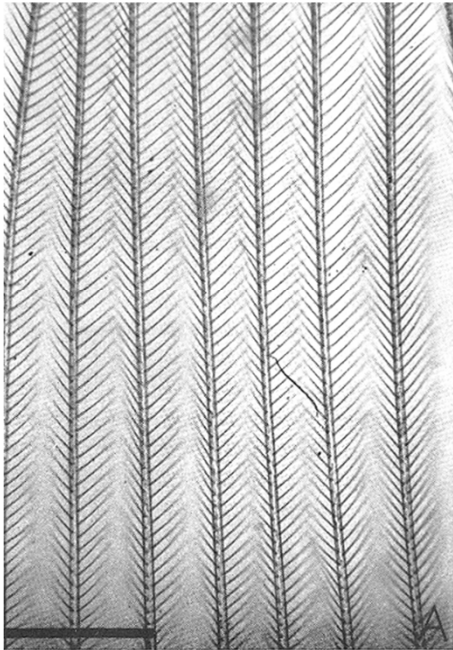


STAN BIOMASY:
125-725 mln ton

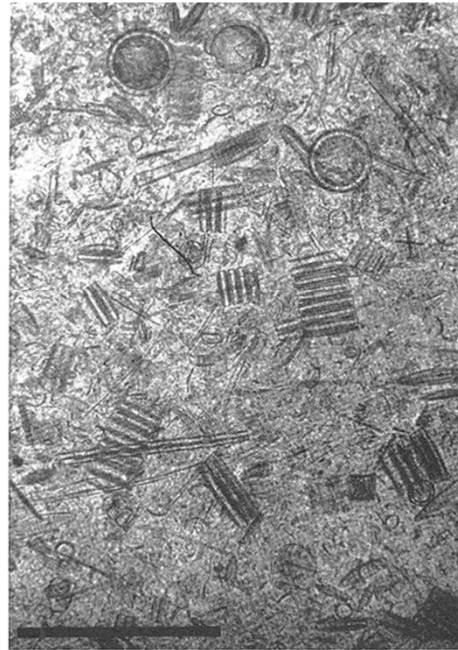


Jest wiele gatunków kryla, występują przy wszystkich upwellingach i w Arktyce (*Meganyctiphanes norvegica* w pn. Atlantyku i *Euphausia pacifica* w Pacyfiku). O krylu antarktycznym (*Euphausia superba*) mówi się, że to największy sukces ewolucyjny na tej planecie (licząc w biomasie).

„KOSZ FILTRUJĄCY”



OKRZEMKI W TREŚCI PRZEWODU
POKARMOWEGO KRYLA



Kryl antarktyczny jest przystosowany do odfiltrowywania planktonu roślinnego, zwłaszcza okrzemek; przewód pokarmowy ma przystosowania do mechanicznego rozdrabniania krzemionkowych pancerzyków okrzemek.

Oślonica *Salpa thompsoni*



Chordata; Tunicata



Drugim obok kryla najobfitszym planktonowym organizmem Oceanu Południowego (szczególnie w rejonie Oceanu Indyjskiego) jest oślonica *Salpa thompsoni*.

Ryby antarktyczne: *Notothenia* sp.



Krew zawiera glikoproteidy przeciw zamarzaniu

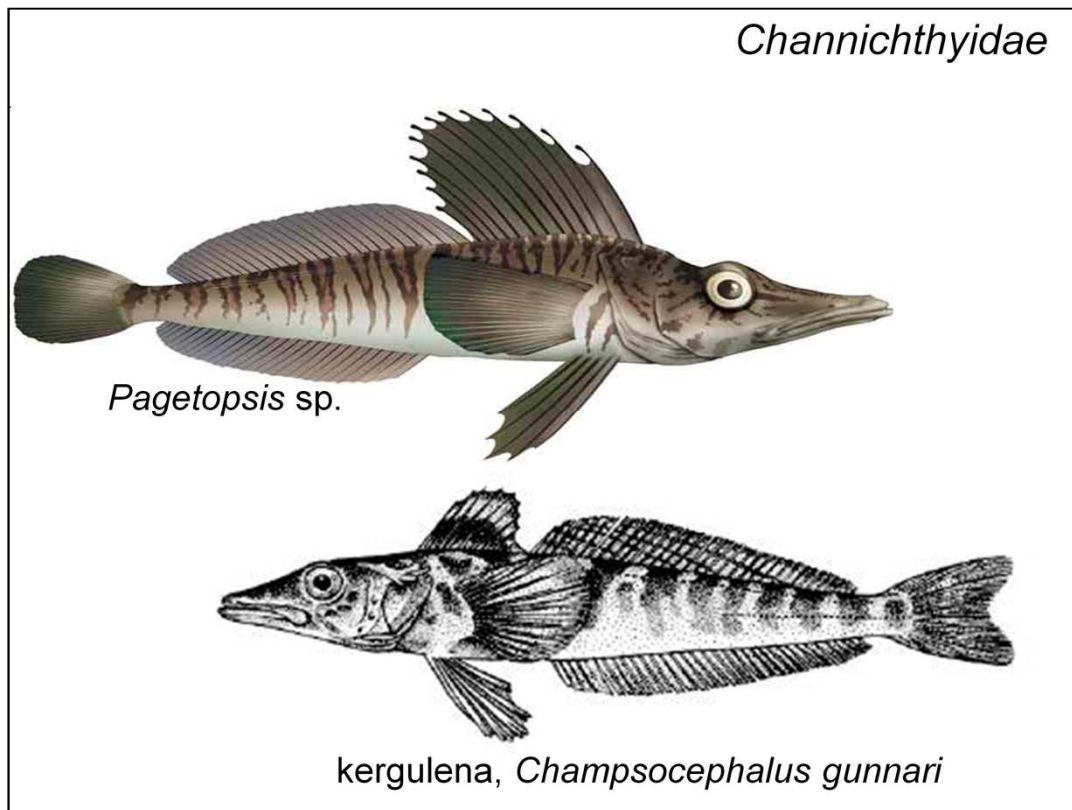
Obfita w biomasę fauna ryb Oceanu Południowego zawiera gatunki o szczególnych przystosowań. Wiele z nich posiada chemiczne zabezpieczenie (glikoproteidy we krwi) przed zamarznięciem płynów ustrojowych, ponieważ zasolona woda Oceanu południowego mogą mieć temperaturę poniżej zera (-2°C). Ostatnio (2008) doniesiono, że niektóre gatunki ryb antarktycznych popadają w rodzaj aktywnie regulowanej hibernacji w okresie tamtejszej zimy.

Ryby bielankowate, białokrwiste
(Channichthyidae syn. Chaenichthyidae);
krew nie zawiera hemoglobiny ani funkcjonalnych krwinek



Chionodraco hamatus

Endemiczna rodzina antarktycznych okoniokształtnych, bielankowate, obywatel bez hemoglobiny, ponieważ transport tlenu rozpuszczonego w zimnych płynach jest wystarczająco wydajny, by pokryć zapotrzebowanie.



Do tej rodziny należą również ryby o znaczeniu komercyjnym, jak masowo poławiana kergulena.



Kergulena pieczona z pietruszką

kategoria: dania główne rybne



0



0

Kergulena ma delikatne mięso, lecz jak dla mnie troszkę za suche. A druga sprawa to jest bardzo droga. Jednak wole halibutka ;)

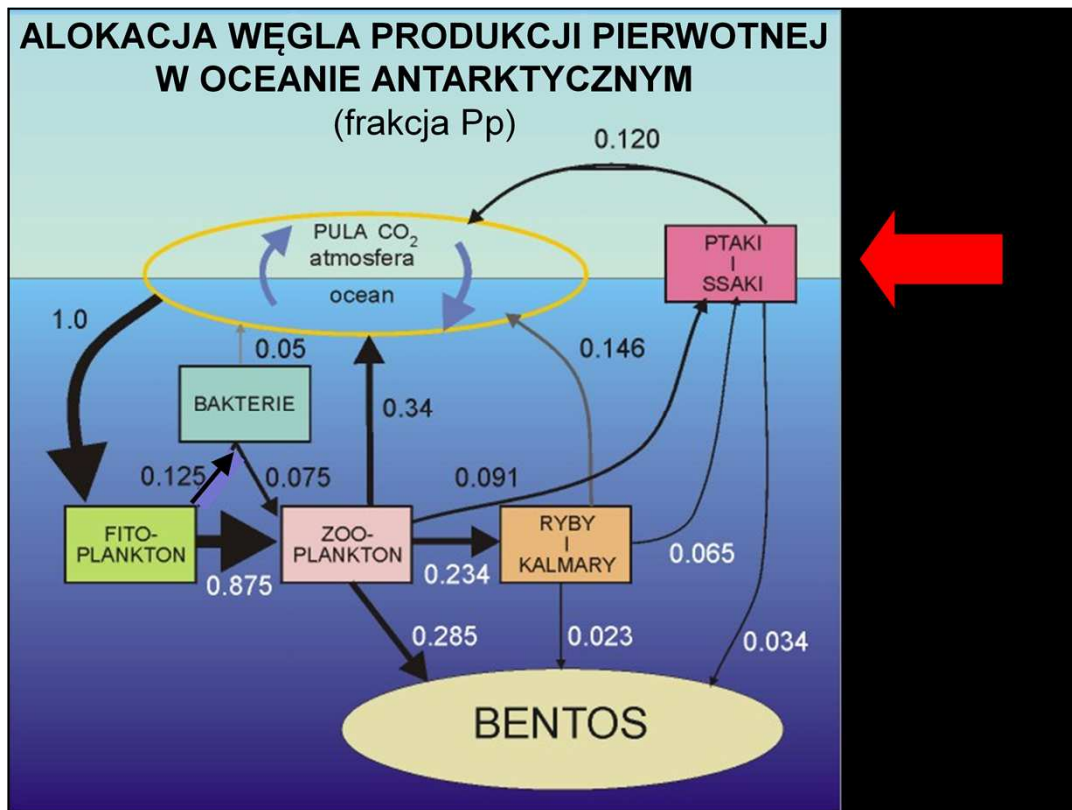


Składniki

2 tuszki kerguleny (ja miałam 420g)
sok z połowy cytryny
1 garść drobno posiekanej pietruszki
sól morską, pieprz świeżo mielone wg. uznania
olej do wysmarowania blaszki/naczynia

Sposób przygotowania

1. Ryby rozmrozić, umyć pod bieżącą wodą i osuszyć ręcznikiem papierowym. Każdą przekroić na pół w poprzek.
2. Skropić sokiem z cytryny, posolić, popieprzyć z każdych stron i przełożyć na blaszkę wysmarowaną olejem. Porcje ryb posypać obficie natką. Przykryć folią aluminiową i schłodzić w lodówce około 1 godziny.
3. Po tym czasie rozgrzać piekarnik (grzanie góra) do 180°C i piec 25 minut. Podawać z ulubionymi dodatkami... Smacznego :-)



Uderzącą cechą sieci troficznej oceanu Południowego, jest wysoki udział stałocieplnych kręgowców w przepływie energii – wg tych oszacowań aż 12% węgla wraca do atmosfery za pośrednictwem tych konsumentów.

PRODUKCJA PIERWOTNA OCEANU POŁUDNIOWEGO

- Producenci: okrzemki, bruzdnice
- Otwarty ocean $0,5-2 \text{ g C m}^2 \text{ d}^{-1}$
- Lokalnie (przy pow. lodu) $30-50 \text{ g C m}^2 \text{ d}^{-1}$
- Łącznie Ocean Południowy (na pd od 50°S)

$4,4 \text{ Tg C rok}^{-1} [= 10^{12} \text{ g} = \text{mln ton}]$

Westwood et al. 2010, Arrigo et al. 1998

Produkcja pierwotna planktonu Oceanu Południowego oceniana jest na 4,4 miliardów ton (licząc wg. samego węgla) rocznie.

KONSUMPCJA FITOPLANKTONU

- Kryl (*Euphausia superba*)
- Oślonice (*Salpa thompsoni*)
- Łącznie – do 86% dobowej NPP
- Łącznie – eliminacja do 30% C
– 1 do 50 mg C m⁻² d⁻¹

» E.A. Pakhomov 2004 Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography
» Volume 51, Issues 22-24, November-December 2004, Pages 2645-2660

Głównym konsumentem tej biomasy glonów jest kryl – pochłania prawie 90% dobowej produkcji pierwotnej.

KONSUMPCJA KRYLA

- Krabojady 63 mln t/rok
- Wszystkie foki razem 63-130 mln t/rok
- Ptaki 15-20 mln t/rok
- Głowonogi 30-100 mln t/rok
- Ryby 10-20 mln t/rok
- RAZEM **152-313** mln t/rok

Krylem żywią się foki – krabojady prawie wyłącznie , inne foki – częściowo, ptaki morskie (w tym mniejsze gatunki pingwinów), głowonogi (kalmary) i ryby, ich łączna konsumpcja sięga 300 mln ton kryla.



Krabojady osiągają długość do 230 cm i masę ok. 200 kg (samice bywają nieco większe). Występują stadnie (obserwowano zgrupowania do 1000 osobników). Krabojady są wyspecjalizowanymi drapieżnikami żerującymi na krylu antarktycznym (*Euphausia superba*) – ponad 90% diety. Same często padają ofiarą lampartów morskich.



Lampart morski (*Hydrurga leptonyx*), duża foka antarktyczna (foki właściwe, Phocidae), występuje na wyspach i brzegach kontynentu antarktycznego, trafia się również na południowych krańcach Australii, Tasmanii, Afryki Płd., Nowej Zelandii. Ziemi Ognistej; samice zwykle nieco większe niż samce; masa 200-590 kg. Agresywny drapieżnik, z uzębieniem typu psiego, ale znaczną część jego pokarmu stanowią głowonogi i kryl. Poluje na pingwiny, młode foki (zwłaszcza kotiki) i ryby.



Foka Weddella (*Leptonychotes weddellii*; Phocidae) ma wokółbiegunowy zasięg, preferuje ląd stały a nie pływające kry, jak wiele innych gatunków. Dość liczna (ok. 800000 osobników); dł. do 3 m, masa 400–600 kg, bez wyraźnego dymorfizmu. Żywi się rybami, głowonogami, krylem i bezkręgowcami bentosowymi, czasem poluje na pingwiny. Zjada 10 do 50 kg pokarmu dziennie. Jest mało płochliwa, dzięki czemu jej biologię dobrze poznano. Foka Weddella jest jednym z najlepszych nurków wśród ssaków – osiąga głębokość rzędu 700 m i może przebywać pod wodą prawie półtorej godziny. Jak wszystkie ssaki głęboko nurkujące, przed zanurzeniem robi wydech, dzięki czemu unika szkodliwych efektów sprężonego powietrza (toksyczne działanie tlenu, narkotyczne działanie azotu, choroba kesonowa), a także – już na głębokości 20-50 m osiąga negatywną pływalność, co ułatwia zanurzenie; zapas tlenu gromadzi w mięśniowej mioglobinie oraz w erytrocytach zmagazynowanych w śledzionie.

Słoń morski południowy (*Mirounga leonina*)



Populacja słońa morskiego południowy liczy ok. 700,000 osobników, na Antarktydzie oraz wyspach (Płd. Georgia, Falklandy, Kergulen i in.) i południowy kraniec Ameryki Pd.

Słonie morskie polują na ryby i głowonogi, osiągają rekordowe głębokości i czas trwania nurkowań (do 1000 m, do 2 godzin pod wodą), ale najczęściej zanurzają się płycej na ok. 20 minut.

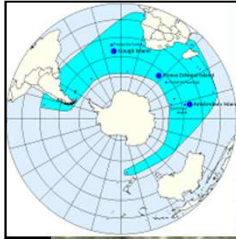
Foka Rossa (*Ommatophoca rossii*)



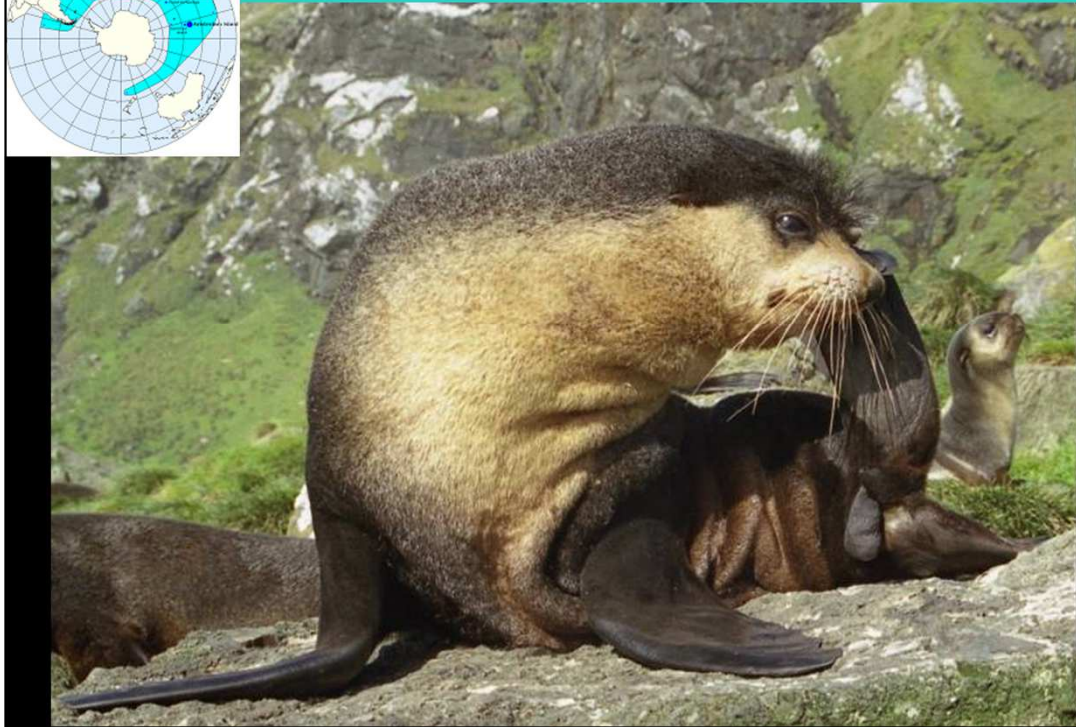
Foka Ross (*Ommatophoca rossii*; Phocidae) występuje na paku lodowym wokół Antarktydy. Jest najmniejszą z antarktycznych fok: 1.68–2.09 m, 130–210 kg. Cechą charakterystyczną są ogromne oczy. Żeruje na głowonogach i rybach w strefie pelagicznej; pada łupem lamparta morskiego i orki. Populacja jest nieliczna i rozproszona.



Uchatka antarktyczna (*Arctocephalus gazella*) występują wokół Antarktydy, ale 95% populacji stanowi kolonia na Południowej Georgii. Poza okresem rozrodu przebywa wyłącznie w morzu. Nurkuje do głębokości ok. 200 m, w czasie do 10 min.



Uchatka południowa (*Arctocephalus tropicalis*)



Kolonie uchatki południowej (*Arctocephalus tropicalis*) leżą nieco bardziej na północ od stanowisk uchatki antarktycznej, największe na wyspach Gough i Amsterdam i in.

PINGWINY (Sphensici)

- Tylko południowa półkula
 - głównie Antarktyda;
 - wiele gatunków umiarkowanych;
 - jeden równikowy
- 6 rodzajów, 22 gatunki
- Od 1 kg do 35 kg
- Gatunki b. liczne (n x10⁶ osobników) i zagrożone (kilka wymarło w historycznych czasach)

Charakterystycznym składnikiem fauny biomu antarktycznego są pingwiny – nietotne ptaki nurkujące, o dużym zróżnicowaniu wielkości ciała; niektóre z 22 gatunków są skrajnie zagrożone wymarciem, inne występują w gigantycznych koloniach liczących setki tysięcy osobników. Pingwiny osiągają skrajne (wśród ptaków) rekordy głębokich nurkowań, a także najbardziej zaawansowane możliwości termoregulacyjne, dzięki czemu mogą przeżyć i wyprowadzić młode w warunkach klimatu antarktycznego. Nie wszystkie gatunki żyją w zimnym klimacie polarnym – jeden (na Galapagos) gnieździ się blisko równika.



Największy i najcięższy jest pingwin cesarski (*Aptenodytes forsteri*): 122 cm wzrostu, ciężar 22 do 45 kg. Pokarm stanowią ryby, z dodatkiem kryla i głowonogów. Nurkując osiąga głębokość 535 m (do 18 min pod wodą). Specjalne adaptacje do nurkowania obejmują wyspecjalizowaną krzywą dysocjacji hemoglobiny i zdolność do zmniejszania zużycia tlenu przez części ciała nie pracujące pod wodą. Gnieździ się w ogromnych koloniach, w okresie antarktycznej zimy, w głębi kontynentu; w tym celu musi przewędrować na piechotę odległość 50–120 km.



Pingwin królewski (*Aptenodytes patagonicus*) jest drugi co do wielkości (11 to 16 kg). Łowi małe ryby i głowonogi, oraz kryl. Może nurkować na głębokość ponad 100 (nawet do 300) m. Gnieździ się na wyspach subantarktycznych. Populacja tego gatunku liczy ponad 2,2 mln osobników i ma tendencję wzrostową.



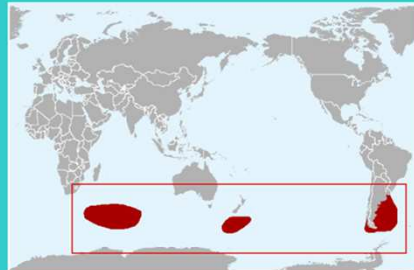
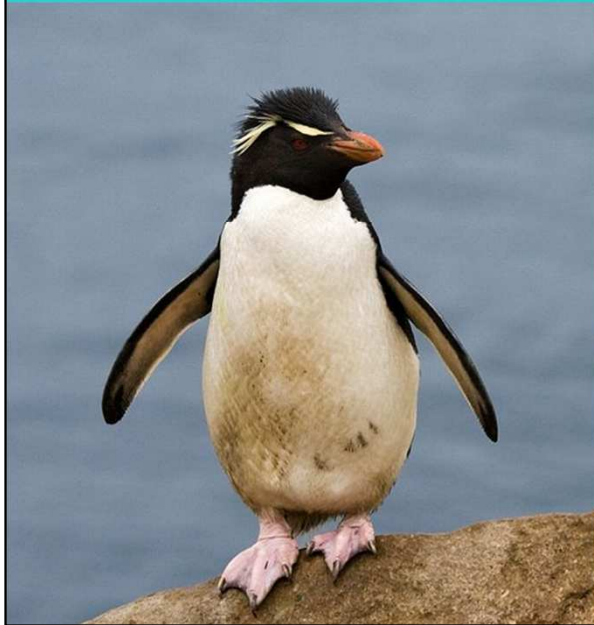
Pingwin białooki,
pingwin Adeli
(*Pygoscelis adeliae*)

Pingwin białooki, albo Adeli (*Pygoscelis adeliae*) należy do gatunków pospolitych (łącznie ok. 5 mln osobników) na całym wybrzeżu Antarktydy, szczególnie duża kolonia w rejonie Morza Rossa. Żywi się głównie krylem, małymi rybami i kałamarnicami. Odbywa sezonowe wędrówki na odległość 13 000 km.



Pingwin maskowy (*Pygoscelis antarcticus*) ma kolonie lęgowe na wyspach Sandwich Pd., Orknejach Pd., Pd. Georgii, Szetlandach Pd., wyspie Bouvet i Balleny oraz na kontynencie Antarktydy.

Pingwin skalny,
skocz skalny
(*Eudyptes chrysocome*)



Pingwin skalny (*Eudyptes chrysocome*) należy do grupy skoczy. Występuje na wyspach wokół Antarktydy i subpolarnych wybrzeżach Ameryki Pd., w liczbie ok. 1 mln par. Żywi się głównie krylem i innymi bezkręgowcami planktonowymi, małymi rybami i głowonogami; wyróżnia się dwa podgatunki (wschodni i zachodni), które być może są odrębnymi gatunkami.



Pingwin złotoczuby (*Eudyptes chrysolophus*) występuje na wyspach subantarktycznych i Płw. Antarktycznym; masa ciała ok. 5.5 kg, długość do 70 cm. Dieta złożona z planktonowych skorupiaków (kryla), małych ryb i głowonogów. Na lądzie przebywa w ogromnych koloniach (do 100000 osobników). Jest prawdopodobnie najliczniejszym gatunkiem pingwina (18 mln osobników) i jako taki jest głównym konsumentem w pelagialu oceanu.



Pingwin magellański
(*Spheniscus magellanicus*)



Pingwin Magellański, *Spheniscus magellanicus* gnieździ się na wybrzeżach Argentyny, Chile, na Falklandach, zapuszcza się nawet do Brazylii. Blisko spokrewniony z pingwinem Humboldta i pingwinem z Galapagos. Żeruje na małych rybach, głowonogach, krylu i innych skorupiakach.

Pingwin peruwiański (pingwin Humboldta)
(*Spheniscus humboldti*)



Pingwin Humboldta lub peruwiański (*Spheniscus humboldti*) gnieździ się na wybrzeżach Peru i Chile, daleko na północ od kręgu polarnego południowego.

Galapagos



Pingwin równikowy (*Spheniscus mendiculus*)

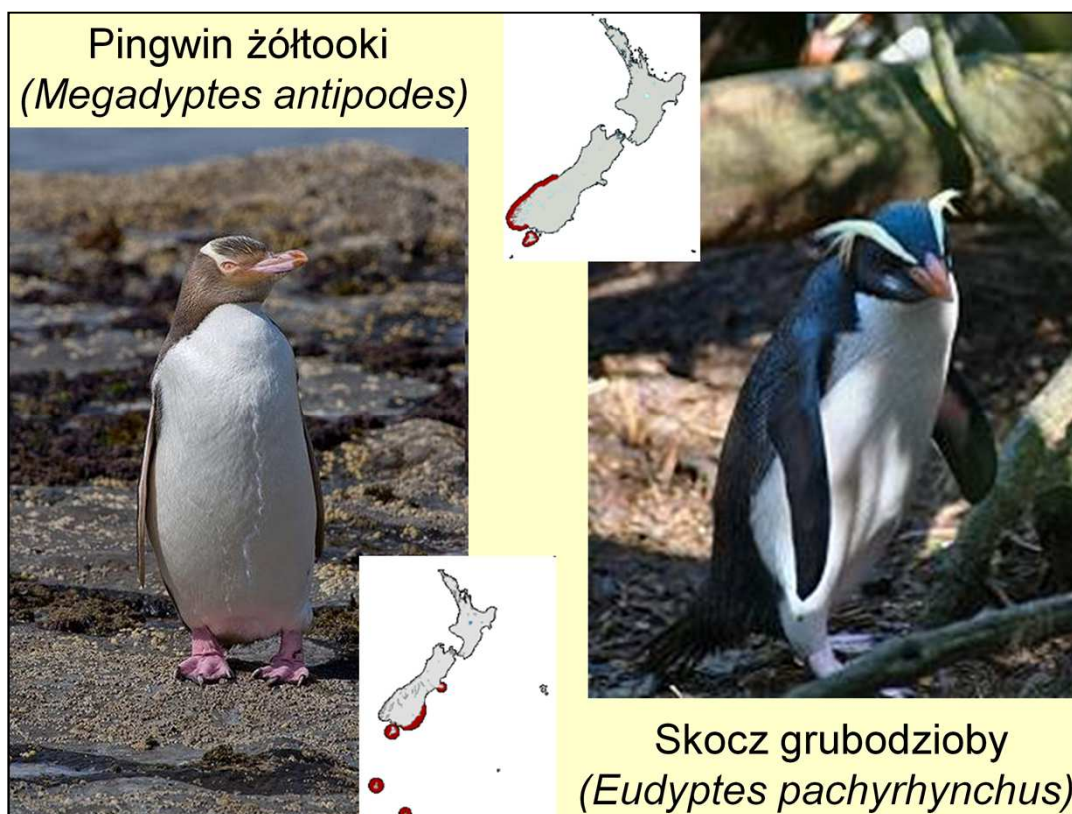


Pingwin równikowy (*Spheniscus mendiculus*) jest endemitem na Galápagos, w większości gnieździ się na wyspie Fernandina i zachodnim wybrzeżu Izabeli). Jest jedynym gatunkiem pingwina występującym na północ od równika, ale w chłodnych wodach Prądu Humboldta i Prądu Cromwella.

Pingwin przylądkowy (*Spheniscus demersus*)



Pingwin przylądkowy (*Spheniscus demersus*) gnieździ się w koloniach na wyspach wzdłuż południowo-zachodnich wybrzeży Afryki. Od Namibii po Port Elisabeth.



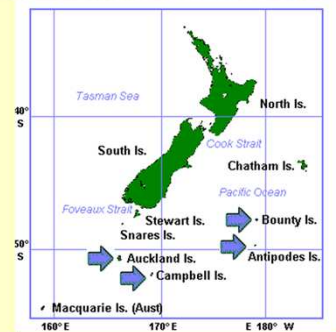
Pingwin żółtooki (*Megadyptes antipodes*) zamieszkuje wybrzeża południowej wyspy Nowej Zelandii i okoliczne małe wyspy. Żywi się głównie rybami.

skocz grubodzioby (*Eudyptes pachyrhynchus*) jest pingwinem czubatym, też z Nowej Zelandii, głównie z krainy fiordów Wyspy Południowej. Żywi się głównie kalmarami, skorupiakami (krylem) z dodatkiem ryb.

Skocz grzebieniasty
(*Eudyptes robustus*)

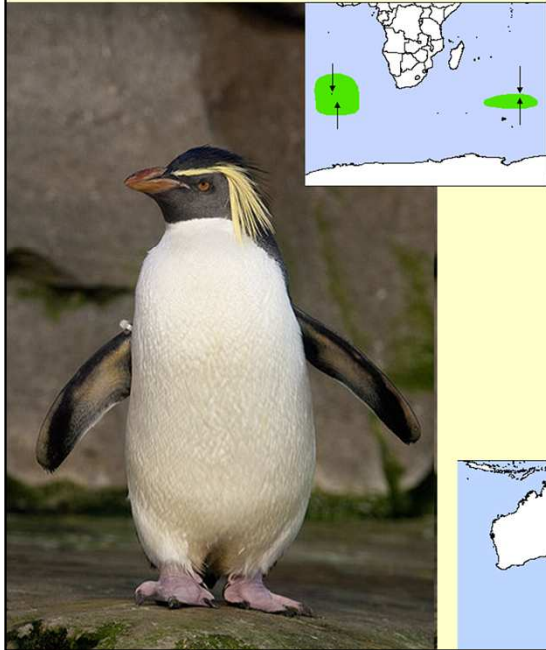


Skocz szczotkoczubowy
(*Eudyptes sclateri*)



Skocz grzebieniasty (*Eudyptes robustus*) jest kolejnym gatunkiem z Nowej Zelandii, gdzie zamieszkuje grupę wysp Snares. Głównym pożywieniem jest kryl, z dodatkiem głowonogów i małych ryb. Skocz szczotkoczubowy (*Eudyptes sclateri*) gnieździ się na wyspie Bounty i innych wysepkach na pd. of Nowej Zelandii.

Skocz północny,
(*Eudyptes moseleyi*)



Skocz krótkoczuły
(*Eudyptes schlegeli*)



Skocz północny (*Eudyptes moseleyi*) w dwóch podgatunkach gnieździ się na wyspach w pobliżu Afryki Południowej; jego populacja raptownie maleje, jest gatunkiem zagrożonym. Skocz krótkoczuły (*Eudyptes schlegeli*) występuje w wodach wokół Antarktydy; długość ok. 70 cm, masa ok. 6 kg. Gnieździ się tylko na wyspie Macquarie, ale większość czasu spędza w morzu.



Pingwinek mały
(*Eudyptula minor*)

↓ 66 m
90 s



Najmniejszym gatunkiem pingwina jest pingwinek mały (*Eudyptula minor*): ma 43 cm wysokości; występuje na pd. wybrzeżach Australii i wokół Nowej Zelandii. Żywi się małymi rybami, głowonogami kryłem. Na ogół nie nurkuje długo i głęboko, ale zanotowano przypadki zanurzenia na 90 sek, na głębokość ponad 66 m.

PTAKI MORSKIE

- RURKONOSE (Procellariiformes)
- PEŁNOPŁETWE (WIOSŁONOGIE) (Pelecaniformes)
- SIEWKOWE (Charadriiformes)

W ekosystemach pelagicznych i przybrzeżnych biomu upwellingów występuje wiele gatunków ptaków morskich, z 3 rzędów: rurkonose, wiosłonogie i siewkowe.

RURKONOSE (Procellariiformes)

- Albatrosy (Diomedidae)
- Burzykowate (petrełowate) (Procellariidae)
- Nawałnikowate (Hydrobatidae)
- Nurce (Pelecanoididae)

- Grupa kosmopolityczna
- Ptaki pelagiczne, otwartego oceanu

Charakterystyczną zwłaszcza dla otwartego oceanu grupą są rurkonose. Należą tu albatrosy, burzyki, nawałniki i nurce.

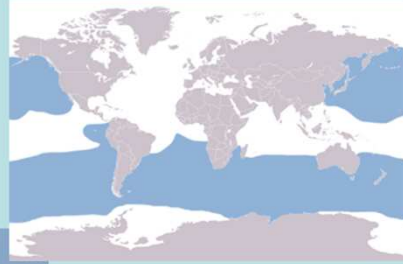


„Salt glands”
Narząd węchu

„Stomach oils”

Albatrosy (Diomedeaidae)

- 21 gatunków
- największe rurkonose
- wyłącznie pelagiczne
- brak na pn. Atlantyku



Albatros wędrowny
(*Diomedea exulans*)

Jest 21 gatunków albatrosów, wśród nich jedne z największych (rozpiętość skrzydeł) współcześnie żyjących ptaków. Żyją na otartym oceanie, fenomenalnie wykorzystując prądy powietrzne do lotu (brak ich tylko na pn. Atlantyku). Żywią się rybami chwytanymi pod samą powierzchnią morza.



Warcabnik (*Daption capense*)
Ocean Południowy

Fulmar (petrel) (*Fulmarus glacialis*), Spitsbergen

Burzykowate (petrelowate) (Procellariidae)

- >90 gatunków
- pożywienie: ryby, głowonogi, kryl itd.



Burzyki (petrele) – ponad 90 gatunków - są niewielkimi ptakami (wielkości gołębia lub mniejsze), żerującymi pelagicznie.

Nawałnikowate (Hydrobatidae)

- najmniejsze z rurkonosych
- >20 gatunków
- pelagiczne, planktonożerne
- Grupa kosmopolityczna



Oceannik żółtopłetwy
(*Oceanites oceanicus*)

Nawałniki są najmniejsze z rurkonosych, jest to grupa ptaków planktonożernych, kosmopolitycznych.

Nurce (Pelecanoididae)

- planktonożerne
- tylko na półkuli południowej



Nurzec peruwiański
(*Pelecanoides garnotii*)

Nurce to niewielka grupa, występuje tylko na południowej półkuli, żywią się planktonem.

PEŁNOPŁETWE (WIOSŁONOGIE) (Pelecaniformes)

- Pelikany (Pelecanidae)
- Głuptaki (Sulidae)
- Kormorany (Phalacrocoracidae)
- Fregaty (Fregatidae)
- Faetony (Phaethontidae)

Do pełnopłetwych (wiosłonogich) należy 4 rodzin okazałych ptaków morskich: pelikany, głuptaki, kormorany, fregaty i faetony.

Pelikany (Pelecanidae)



- 10 gatunków
- Rybożerne
- Rejony tropikalne i subtropikalne
- Wody śródlądowe i przybrzeżne

10 gatunków pelikanów to duże ptaki, niektóre żyją również w głębi lądu nad wodami słodkimi. W rejonach tropikalnych na przybrzeżnych wodach morskich.,

Głuptaki (Sulidae)



- 9 gatunków pełnomorskich
- rybożerne (nurkują z powietrza)
- tropikalne i subtropikalne

Głuptaki – gnieźdzą się kolonijnie na wybrzeżach mórz tropikalnych i subtropikalnych.



Obfitująca w gatunki rodzina kormoranów reprezentowana jest zarówno przez formy śłodkowodne i przybrzeżne, jak morskie.

Fregaty (Fregatidae)

- 5 gatunków
- Wyłącznie tropikalne
- Pełnomorskie - pelagiczne
- Kleptoparazytyzm



(*Fregata magnificens*)



Do najokazalszych należą pełnomorskie, tropikalne fregaty. Samca ozdabia czerwone, nadymane jak balon wole. Często żerują odbierając połów innym ptakom (mewom, głuptakom) – tzw. kleptoparazytyzm.

Faetony (Phaethontidae)

- 3 gatunki
- Wyłącznie tropikalne
- Pelagiczne



„Tropicbird”

Tylko 3 gatunki liczy tropikalna rodzina b. okazałych pelagicznych ptaków pełnomorskich, z charakterystycznie wydłużonymi środkowymi sterówkami.

SIEWKOWE (Charadriiformes)

- Wydrzyki (Stercorariidae)
- Mewy (Laridae)
- Rybitwy (Sternidae)
- Brzytwodzioby (Rhynchopidae)
- Alki (Alcidae)

Siewkowate w morskim biocie reprezentowane są przede wszystkim przez mewy i rybitwy, w rejonach polarnych i tropikalnych upwellingów charakterystyczne są wydrzyki. Do tego samego rzędu należą również alki i brzytwodzioby (inne pomijam)

Wydrzyki (Stercorariidae)



- 7 gatunków:
 - 3 arktyczne – wędrowne
 - 4 antarktyczne
- Żerują pelagicznie (ryby)
- i na lądzie
 - (padlina, ssaki, ptaki)
- Kleptoparazytyzm!

Stercorarius pomarinus



Wydrzyki do perfekcji opanowały sztukę zmuszania innych ptaków do oddania pożywienia. Potrafią też żerować same (łowiąc ryby i bezkręgowce w pelagialu), chętnie jedzą padlinę.

Mewy (Laridae)

- 11 rodzajów, 55 gatunków
- słodkowodne, morskie i pełnomorskie
- drapieżne (na lądzie, na wybrzeżu i pelagicznie)
- padlinożerne
- Grupa kosmopolityczna

Belcher's Gull (*Larus belcheri*); Peru - Pacyfik

Liczne gatunki mew występują we wszystkich ekosystemach wodnych, przybrzeżnych i pełnomorskich; są głównie drapieżnikami małych ryb i planktonowych bezkręgowców, ale nie gardzą padliną.

Rybitwy (Sternidae)

- Ok. 50 gatunków w 10 rodzajach
- Słodkowodne i morskie
- Grupa kosmopolityczna



Larosterna inca, Peru, Pacyfik

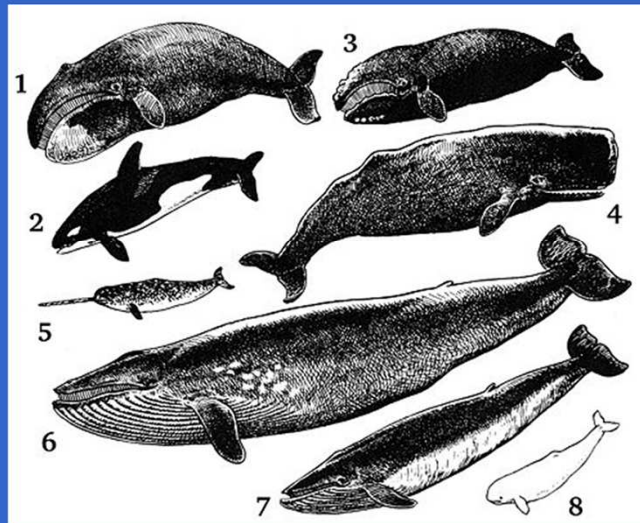
Równie obfita w gatunki i zróżnicowana jak mewy, jest kosmopolityczna rodzina rybitw.



Tylko 3 gatunki liczy rodzina brzytwodziobów – tropikalnych ptaków o charakterystycznym sposobie żerowania poprzez „oranie” wydłużoną dolną częścią dzioba powierzchni wód (przeważnie śródlądowych, ale również morskich – przybrzeżnych).

WALENIE

Cetacea



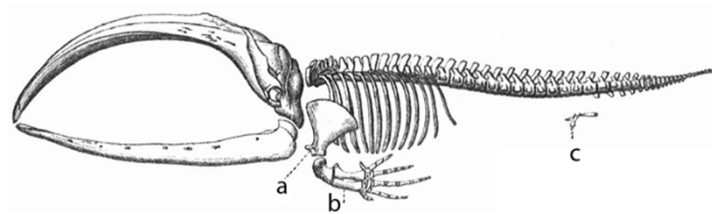
PODRZĘDY: Fiszbinowce (Mystyceti) Zębowce (Odontoceti)

Największe ssaki morskie, związane z otwartym oceanem oraz biotem upwellingów tworzą zróżnicowany pod względem budowy i biologii rząd waleń.

Podrząd **fiszbinowce** (Mysticeti)

rogowe fiszbiny zamiast zębów; planktonożerne; wśród nich największe współcześnie żyjące zwierzęta

- Wieloryby gładkoscóre (Balaenidae)
- Fałdowce (Balaenopteridae)
- Pływaczowate (Eschrichtiidae)
- Gładkoscóre karłowate (Neobalaenidae)

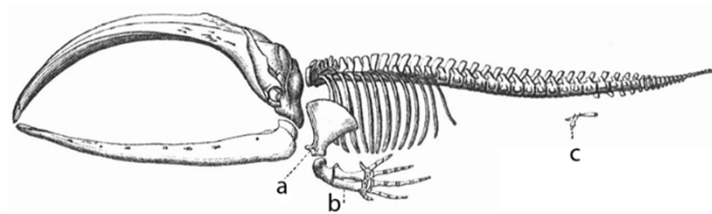


Największe dziś żyjące na Ziemi zwierzęta to wieloryby w podrzędu fiszbinowców. Wszystkie fiszbinowce żywią się planktonem, odciszając go przy pomocy rogowego sita – fiszbinów. Do fiszbinowców należą 4 rodziny. Od co najmniej 200 lat stanowią łakomy łup wielorybników i dlatego (mimo ochrony) byt niektórych gatunków jest zagrożony.

Podrząd **fiszbinowce** (Mysticeti)

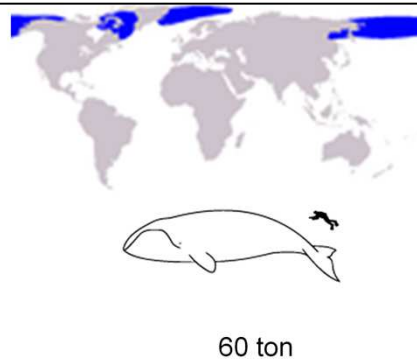
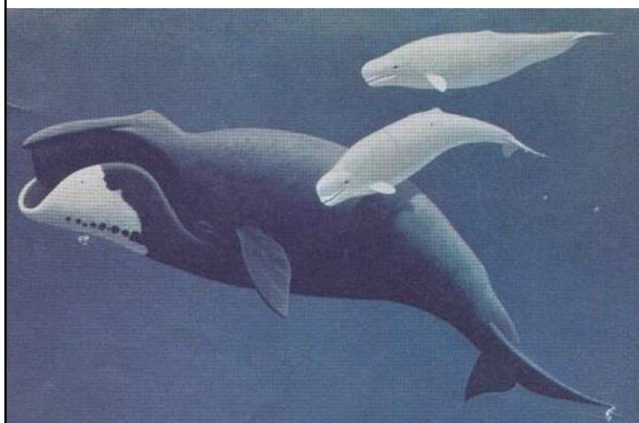
rogowe fiszbiny zamiast zębów; planktonożerne; wśród nich największe współcześnie żyjące zwierzęta

- **Wieloryby gładkoscóre (Balaenidae)**
- Fałdowce (Balaenopteridae)
- Pływaczowate (Eschrichtiidae)
- Gładkoscóre karłowate (Neobalaenidae)

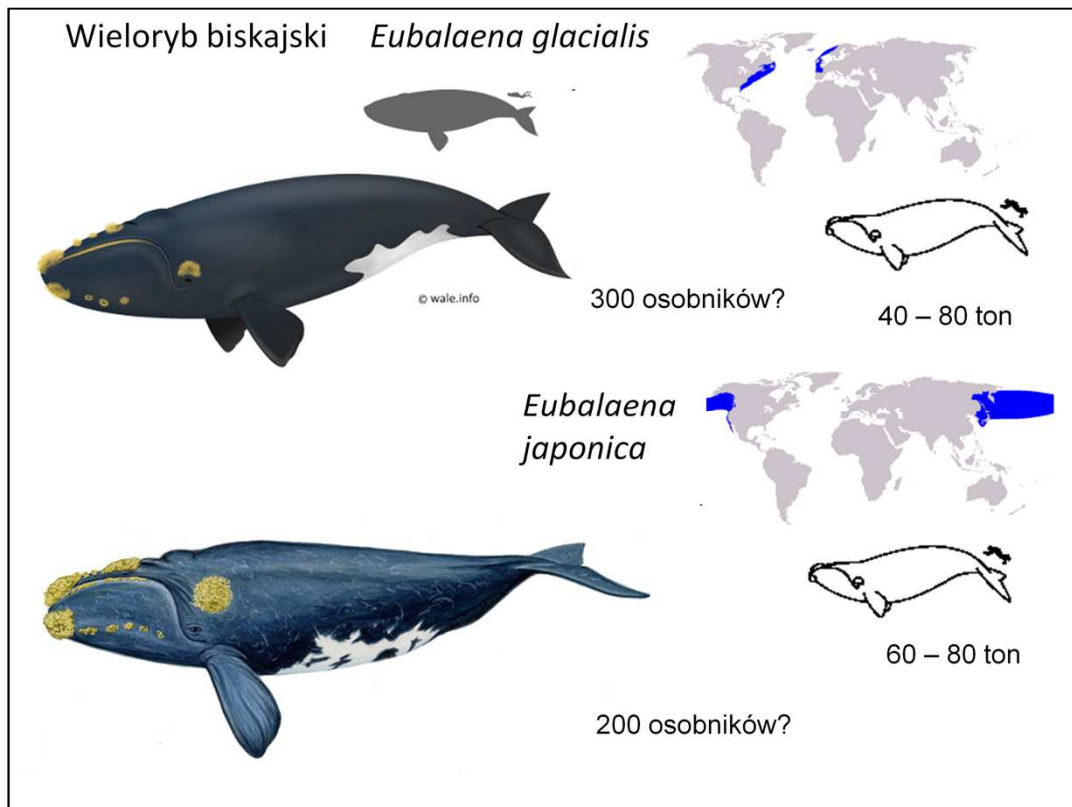


Największe dziś żyjące na Ziemi zwierzęta to wieloryby w podrzędu fiszbinowców. Wszystkie fiszbinowce żywią się planktonem, odciszając go przy pomocy rogowego sita – fiszbinów. Do fiszbinowców należą 4 rodziny. Od co najmniej 200 lat stanowią łakomy łup wielorybników i dlatego (mimo ochrony) byt niektórych gatunków jest zagrożony.

Wieloryb grenlandzki *Balaena mysticetus*



Wieloryb grenlandzki osiąga 60 ton, występuje w wodach arktycznych, wokół bieguna północnego.



Wieloryb biskajski z płn. Atlantyku i jego bliski krewny z płn. Pacyfiku należały do najpospolitszych gatunków wielorybów, obecnie wskutek przełowienia na wymarciu.

Wieloryb biskajski południowy

Eubalaena australis



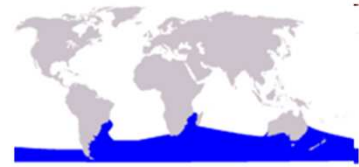
7000-12000 osobników

40-80 t



W oceanie południowym żyje odrębny, południowy gatunek wieloryba biskajskiego – jego liczebność daje szansę przetrwania. Zasięgi wielorybów biskajskich północnych i południowych są ściśle rozdzielone przez nieprzebytą dla tych gatunków strefę wód tropikalnych, prawdopodobnie doskonała izolacja termiczna (warstwa tłuszczu pod skórą), niezbędna w klimacie polarnym, nie pozwala na wystarczająco szybkie rozpraszania ciepła kiedy jest go nadmiar – w tropikach.

Southern Right Whale (*Eubalaena australis*)



„wszy wielorybie”
skorupiaki pasożytnicze
(Cyamidae)
pąkle



Wieloryby biskajskie południowy (północne też) na swoich ogromnych paszczach i głowach noszą wielkie skupienia „wszy wielorybich” – pasożytniczych skorupiaków z rodziny Cyamidae, oraz przyczepionych do skóry pąkli. Sądzi się, że owe skorupiaki mogą być dla wielorybów pożyteczne.

Fałdowce (Balaenopteridae)

finwal (*Balaenoptera physalus*) [64000]

Balaenoptera bonaerensis [?!]

sejwal (*Balaenoptera borealis*) [57000]

płetwal Bryde'a (*Balaenoptera brydei*) [90000-100000]

płetwal równikowy (*Balaenoptera edeni*) [??]

płetwal błękitny (*Balaenoptera musculus*) [5000-12000]

płetwal karłowaty (*Balaenoptera acutorostrata*) [?!]

Balaenoptera omurai – odkryty w listopadzie 2003 – brak nazwy PL

długopłetwiec (humbak) (*Megaptera novaeangliae*) [80000]

Rodzina fałdowców swoją nazwę zawdzięcza podłużnym fałdom skóry, od pyska do tyłu ciała. Tu należą największe wieloryby, najliczniejsza rodzina.

Płetwal błękitny

Balaenoptera musculus



100–120 t



Największy ssak, zjada 4 tony kryla dziennie; żerują w rejonach podbiegunowych, w tropiki wędrują w okresie godowym (nasze lato), wtedy nic nie jedzą.

Płetwal Bryde'a *Balaenoptera brydei*



16–18.5 t



Płetwal Brydea, stosunkowo niewielki, występuje w wodach tropikalnych i umiarkowanych, często blisko wybrzeży. Mimo iż posiada fiszbinowe sito, żywi się głównie małymi rybami (sardynki itd.), a nie krylem.

Humbak, długopłetwiec

Megaptera novaeangliae



25–30 t



Humbaki są dużymi fiszbinowcami, o charakterystycznie wydłużonych płetwach piersiowych; kosmopolityczne, sezonowo wędrują od wód chłodniejszych (latem) do cieplejszych (zimą). Znane są ze swoich „śpiewów”. Populacja była mocno przetrzebiona przez wielorybników, obecnie zwolna się odradza (ok. 80000?)

Humbak, długopłetwiec (Costa Rica)







© jw

Pływaczowate (Eschrichtiidae)

tylko 1 gat.

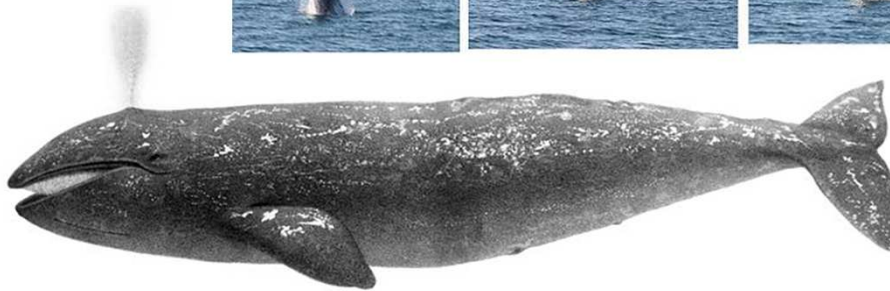
26000 osobników



Pływacz, wal szary

Eschrichtius robustus

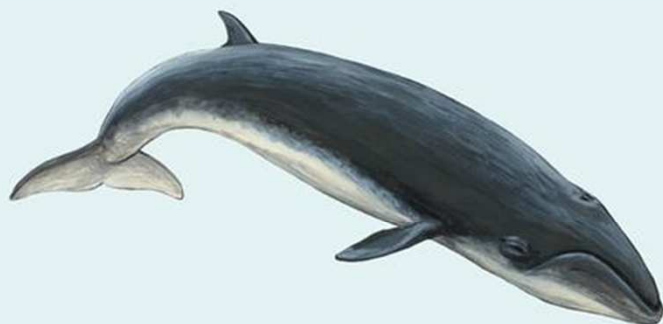
14–35 t



Do tej rodziny należy tylko jeden gatunek, wal (pływacz) szary, jest rekordzistą długodystansowych wędrówek (16000-22500 km) wzdłuż zachodniego wybrzeża Ameryki PN. kiedyś zagrożony wytępieniem przez wielorybników, od wprowadzenia zakazu polowań zwiększył liczebność do ponad 20000 osobników.

Gładkoskóre karłowate
Neobalaenidae

Wieloryb karłowaty *Caperea marginata*



3-3.5 t

1 gat., status nieznany



Najmniejsze z fiszbinowców, tylko w Oceanie Południowym, żywią się planktonem.

Rząd walenie (Cetacea)

podrząd Zębowce (Odontoceti)

mają zęby; polują na ryby, głowonogi, niektóre także na ssaki morskie.

[ok. 70 gatunków]

- delfinowate (Delphinidae) [38 gat]
- morświnowate (Phocoenidae) [6 gat]
- narwalowate (Monodontidae) [2 gat.: białuga i narwal]
- wale dziobogłowe (Ziphiidae) [21 gat]
- kaszalotowate (Physeteridae) [3 gat.; 2 rodziny?]
- delfiny słodkowodne (Platanistidae) [4 gat.; osobne rodziny?]

Walenie drapieżne, o uzębionych szczękach; należą tu zarówno niewielkie delfiny, jak ogromne kaszaloty.

Orka *Orcinus orca*



4.5 t

Największy delfin, najgroźniejszy drapieżnik, to kosmopolityczna orka. Poluje na wszystko, co może upolować, w tym na foki, pingwiny, ryby, głowonogi itd.



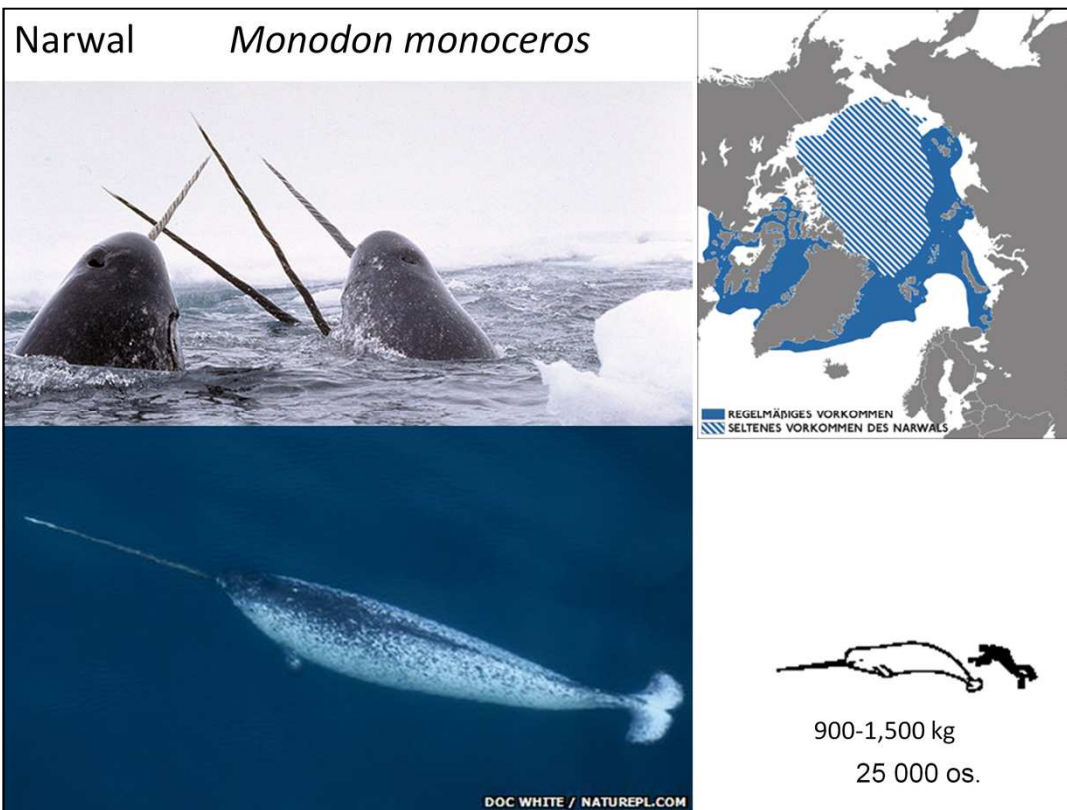
Emblematycznym gatunkiem dla tej rodziny jest kosmopolityczny delfin butlonosy.



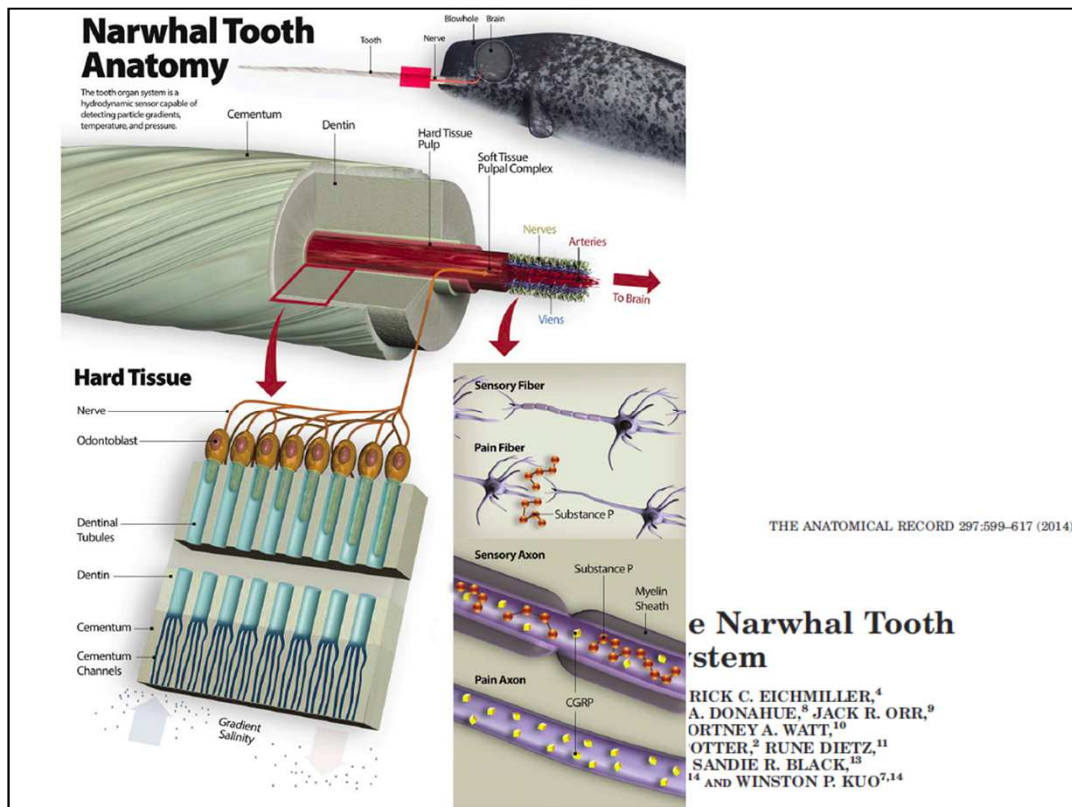
Morświn [bałtycki] (*Phocoena phocoena*)



Morświny żyją w wodach przybrzeżnych półn. półkuli, m.in. na Bałtyku (jako jedyny przedstawiciel walen). W odróżnieniu od delfinów, morświny nie dają się łatwo oswoić ani tresować.



Rodzina narwali liczy jeden gatunek, występujący tylko wokół bieguna północnego. Charakterystyczny pojedynczy „róg”, a właściwie cios (z górnej szczęki) 2-3 metrowej długości jest – jak wynika z niedawnych badań – wyrafinowanym narządem zmysłu i orientacji, a nie jak sądzono dawniej – ornamentem wyewoluowanym w drodze doboru płciowego.



Białucha, wal biały
Delphinapterus leucas



1.5 t

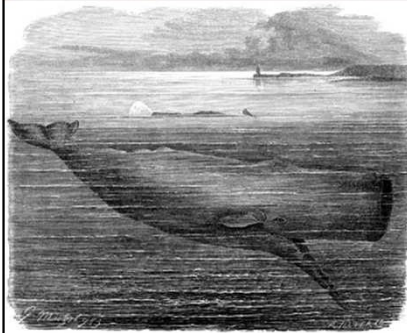
100000 osobników

Całkowicie biały, niewielki waleń z oceanu arktycznego. Podobnie jak niektóre delfiny i kaszaloty, ma na głowie specjalny narząd (wypełniony tłuszczem), który odgrywa ważną rolę przy echolokacji.

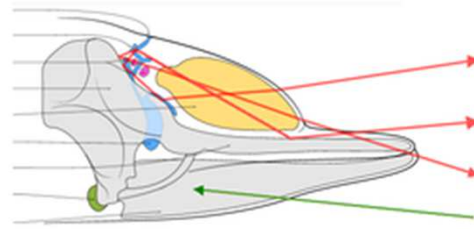
Kaszałot, potwał, potwał olbrotowiec (*Physeter macrocephalus*)



25–50 t



Blowhole
Phonic lips
Dorsal bursae
Cranium
Melon
Bony nares
Upper mandible
Auditory bullae
Lower mandible



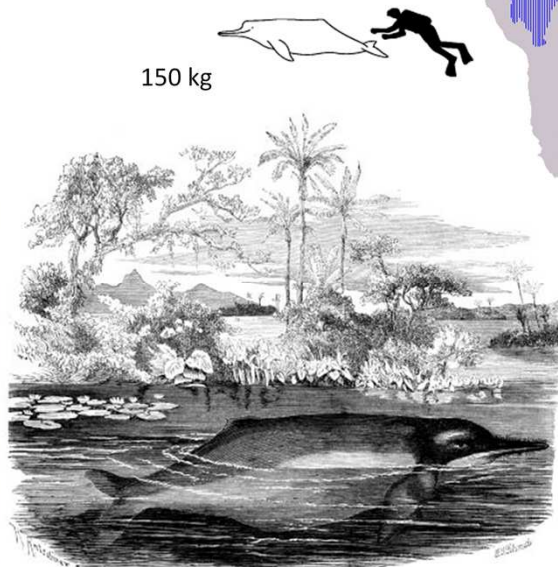
200,000–2,000,000 osobników

1500m
90'

Kaszałot to jeden z największych waleń, drapieżnik polujący na wielkie głowonogi na dużych głębokościach (do 1,5 km), pod wodą może przebywać półtorej godziny. Zapas tlenu gromadzi w hemoglobinie – krew zawiera zwiększoną liczbę czerwonych ciałek. Posiada skomplikowany narząd orientacji w drodze echolokacji, którego ważną częścią jest potężny zbiornik oleistej substancji (tzw. olbrotu albo spermacetu) na głowie; zbiornik ten może mieć też związek z nadawaniem kaszałotowi odpowiedniej pływerności. Spermacet, który pod względem chemicznym jest rodzajem wosku, był kiedyś poszukiwaną substancją w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym.

Boto lub inia (*Inia geoffrensis*)

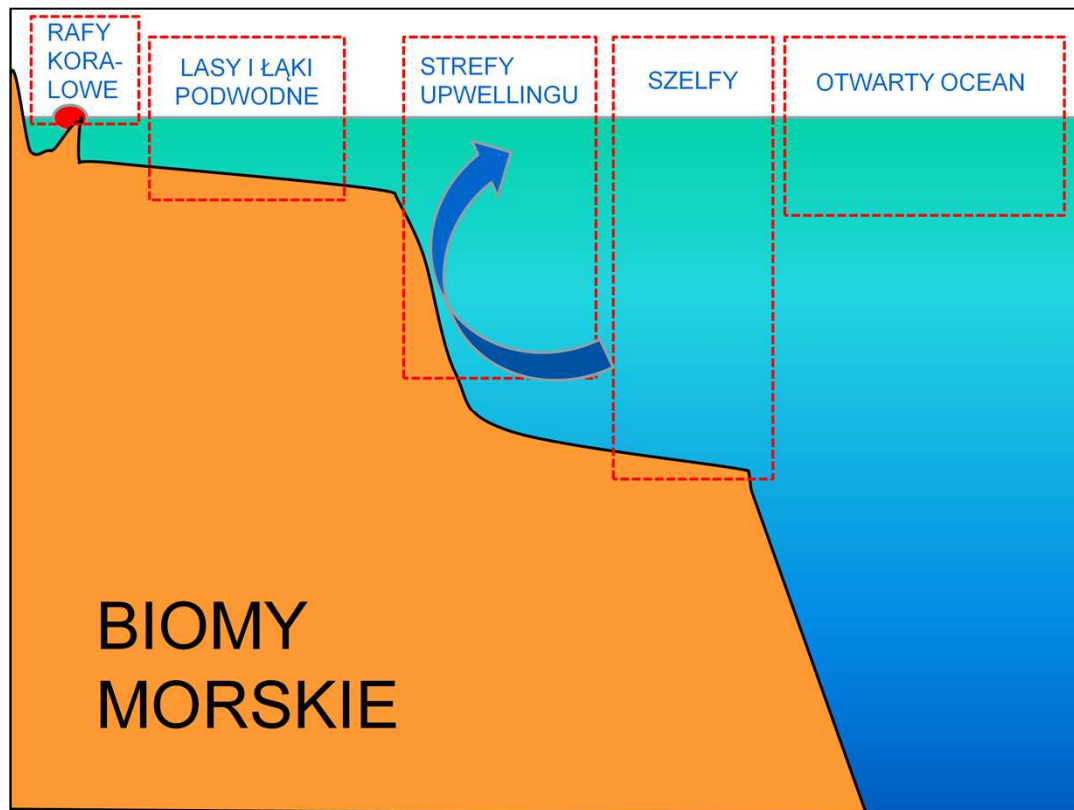
słodkowodny delfin z dorzecza Orinoko i Amazonki



Delfin rzeczny z Gangesu i Indusu: *Platanista gangetica*

Delfin rzek chińskich Baiji: *Lipotes vexillifer* (wytępiony)

Delfiny słodkowodne występują w dorzeczach wielkich rzek tropikalnych i subtropikalnych: Amazonka i Orinoko w Ameryce południowej, Ganges i Indus na subkontynencie indyjskim, oraz wielkie rzeki Chin. Gatunek występujący w Chinach został już najprawdopodobniej wytępiony, pozostałe gatunki jeszcze trwają.

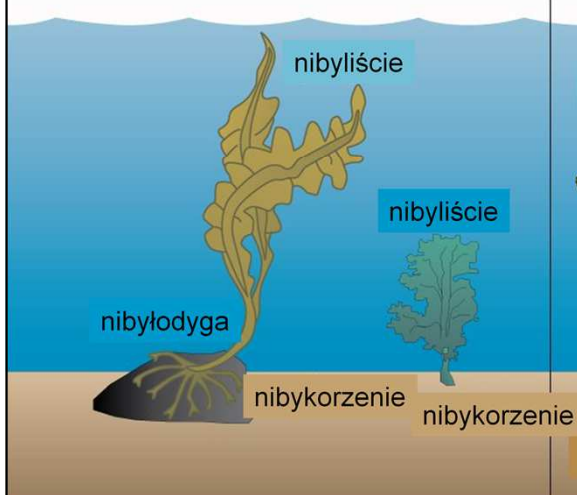


SZELFY I WYBRZEŻA MORSKIE

„LASY PODWODNE”
„PODMORSKIE ŁĄKI”

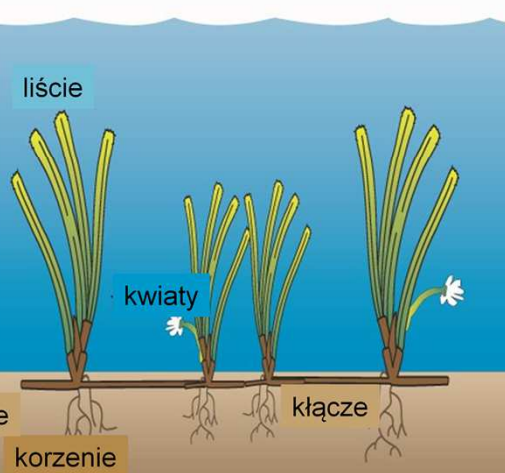
LASY WODOROSTÓW („KELP FORESTS”)

„KELP” = listownicowce (Laminariales)
GLONY (BRUNATNICE)



ŁĄKI PODWODNE („SEAGRASS BEDS”)

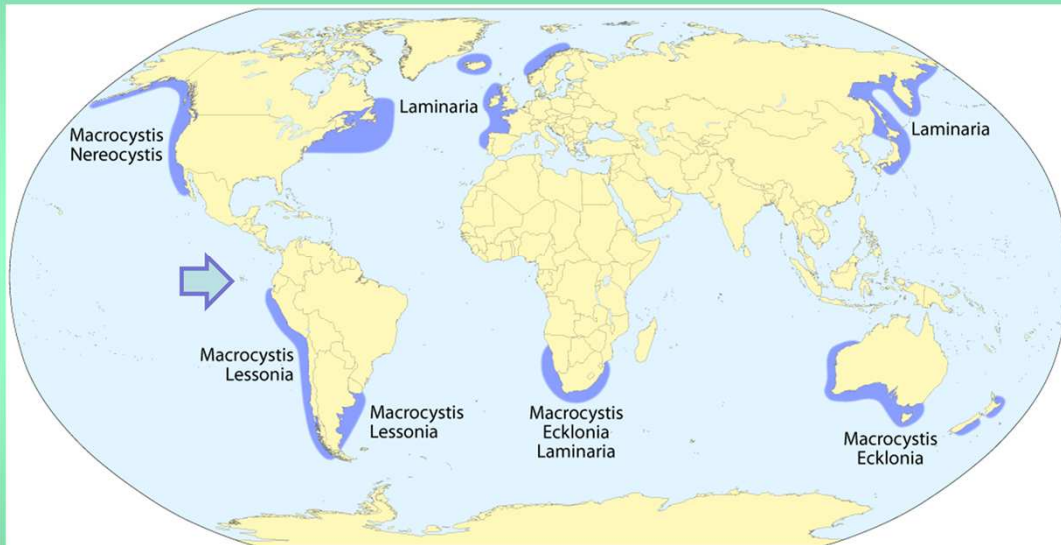
„SEAGRASS” = Trawa morska
ROŚLINY KWIATOWE



	LASY WODOROSTÓW	ŁĄKI PODWODNE
Głębokość	2-40 m	1 – 50 m
Zasolenie	Pełne lub brackiczne	Pełne
Podłoże	Twarde (skaliste)	Miękkie (piaszczyste)
Temperatura	6 – 20°C	(-1)** 20 – 30°C
Żyzność wody	Wysoka	Wysoka
(rejon)	Umiarkowane i chłodne*	Ciepłe, umiarkowane i chłodne
Bioróżnorodność	27 rodzajów	72 gatunki, więcej w tropikach
Produktywność	B. wysoka	Wysoka – b. wysoka
	do 2,2 kg s.m. m ⁻² r ⁻¹	120-1500 gC m ⁻² r ⁻¹
*również na Galapagos; ** <i>Zostera marina</i>		

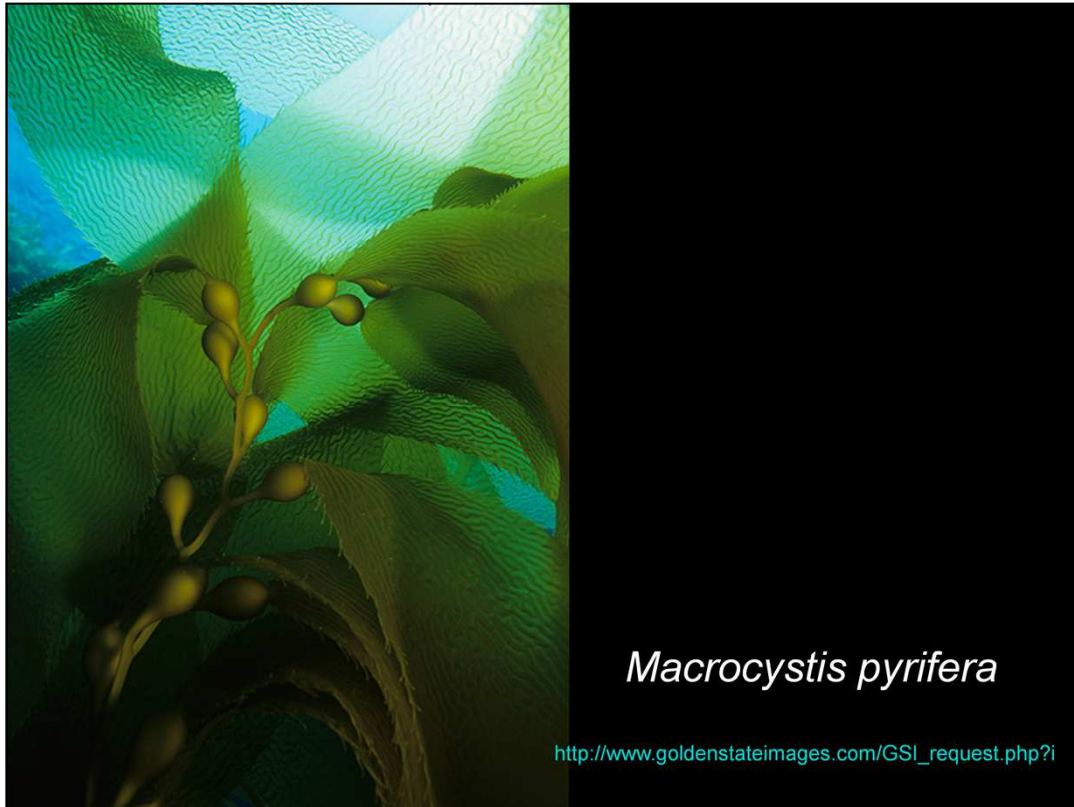
Na płytkich, przybrzeżnych wodach szelfów kontynentalnych, gdzie światło dociera do dna, umożliwiając fotosyntezę, rozwijają się ekosystemy, których głównymi producentami są glony lub rośliny osadzone na dnie.

LASY WODOROSTÓW („KELP FORESTS”)





California Kelp Forest
gatunek: *Macrocystis pyrifera*



Okrągłe pęcherze, wypełnione gazem, zapewniają pływerność długich łodyg brunatnic, utrzymując „pnie” podwodnego lasu w pozycji pionowej (Macrocystis pyrifera)



Ryba z gat. Garibaldi (*Hypsypops rubicundus*), typowa dla lasów wodorostów (San Clemente Island Channel Islands California)



GoldenStateImages.com © Randy Morse

„Garibaldi“ *Hypsypops rubicundus*



Zdjecie płetwonurka pokazuje skalę wielkości podwodnego lasu wodorostów.



Ławica ryb i uchatka kalifornijska *Zalophus californianus*)

Kalifornijski lew morski (*Zalophus californianus*) poluje na ryby w lesie wodorostów (San Clemente Island Channel Islands California)



Na dnie intensywnie żerują jeżowce (*Strongylocentrotus purpuratus*)

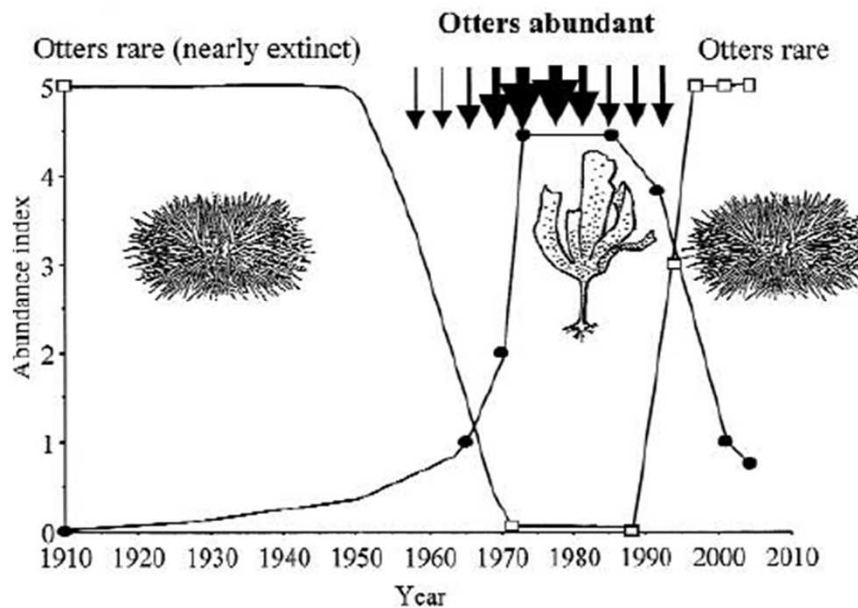


Charakterystycznym roślinożercą jest też ślimak nagooskrzelny, *Melibe leonina*. Ślimaki nagooskrzelne (jeden z 2 rzędów w podgromadzie Opisthobranchia-tyłoskrzelne; obecnie taksonomia zmieniona i bardziej skomplikowana) występują również w Bałtyku (kilka gatunków), ale na świecie jest ich kilkanaście tysięcy.



Wydra morska (*Enhydra lutris*) żerując na jeżowcach stanowi gatunek zwornikowy w ekosystemie lasów wodorostów.

WPŁYW WYDR MORSKICH (*Enhydra lutris*) NA OBFITOŚĆ LISNICOWCÓW
U WYBRZEŻY ALASKI

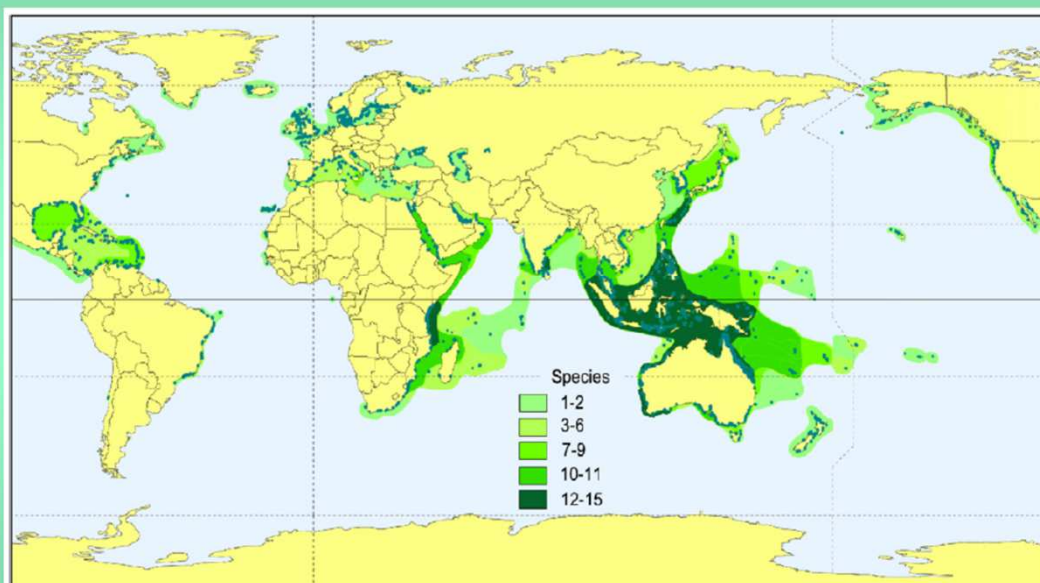


Environmental Conservation 29 (4): 436–459 © 2002

Głównym (i w zasadzie jedynym) konsumentem żywych brunatnic (kelps) są jeżowce. W naturalnych warunkach pod kontrolą innych gatunków drapieżnych (ryb itd., również chorób, a na Alasce – wydr morskich). Nieograniczone spasanie powoduje zanik brunatnic.

W płn. Atlantyku taki sam efekt osiągnięto przez intensywny połów jeżowców.

ŁĄKI PODWODNE („SEAGRASS BEDS”)



W odróżnieniu od lasów brunatnic, łąki z trawą morską dominują w ciepłych morzach (ale sięgają również do mórz chłodnych. Warunkiem jest miękkie podłoże, umożliwiające zakorzenienie.





Podwodna łąka w Morzu Śródziemnym (wokół Majorki). Photo: M. Sanfélix



Łąki podmorskie stanowią złożone ekosystemy, ze złożoną siecią troficzną. Jednym z roślinożerców może być diugoń (*Dugong dugon*).



Innym roślinożercą pasącym się na podwodnych łąkach jest zielony żółw morski (*Chelonia mydas*).



Podwodne łąki były charakterystyczne również w Morzu Bałtyckim, obecnie mocno zredukowane wskutek niszczącego działania człowieka, Gatunek trawy morskiej w Bałtyku to *Zostera morska* (*Zostera marina*)

RAFY KORALOWE

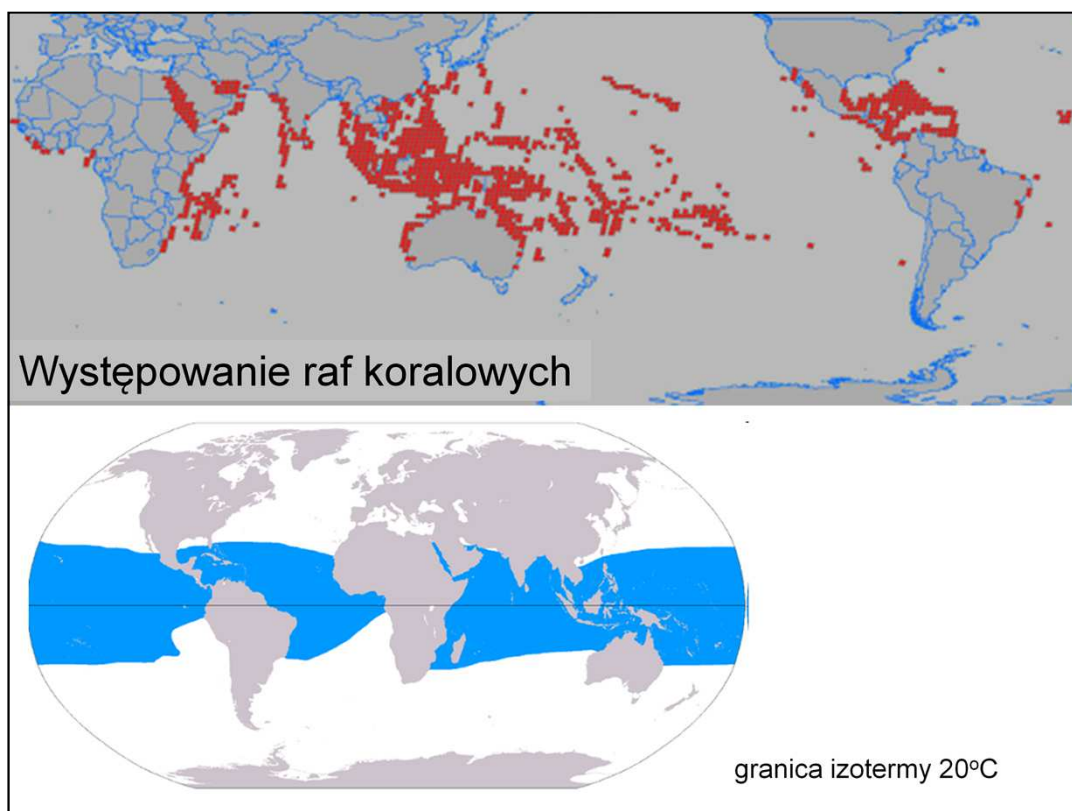


Biom raf koralowych, pod względem lokalizacji w tropikach, produktywności i różnorodności, jest morskim odpowiednikiem lądowego biomu lasu równikowego.

RAFY KORALOWE I MANGROWCE; FIJI

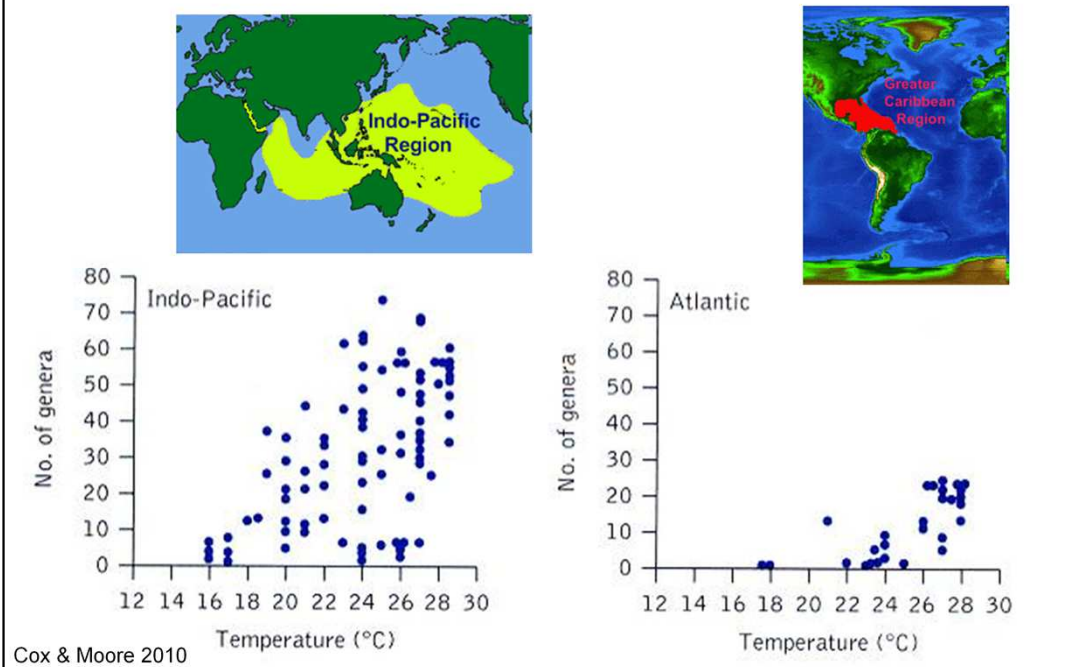


Biom raf koralowych rozwija się w płytkich wodach przybrzeżnych, pod warunkiem, że wody te pozostają oligotroficzne. Często rafy koralowe od lądu odgradza pas namorzynów, pełniący rolę filtra, pochłaniającego nadmiar biogenów, spływających z lądu.

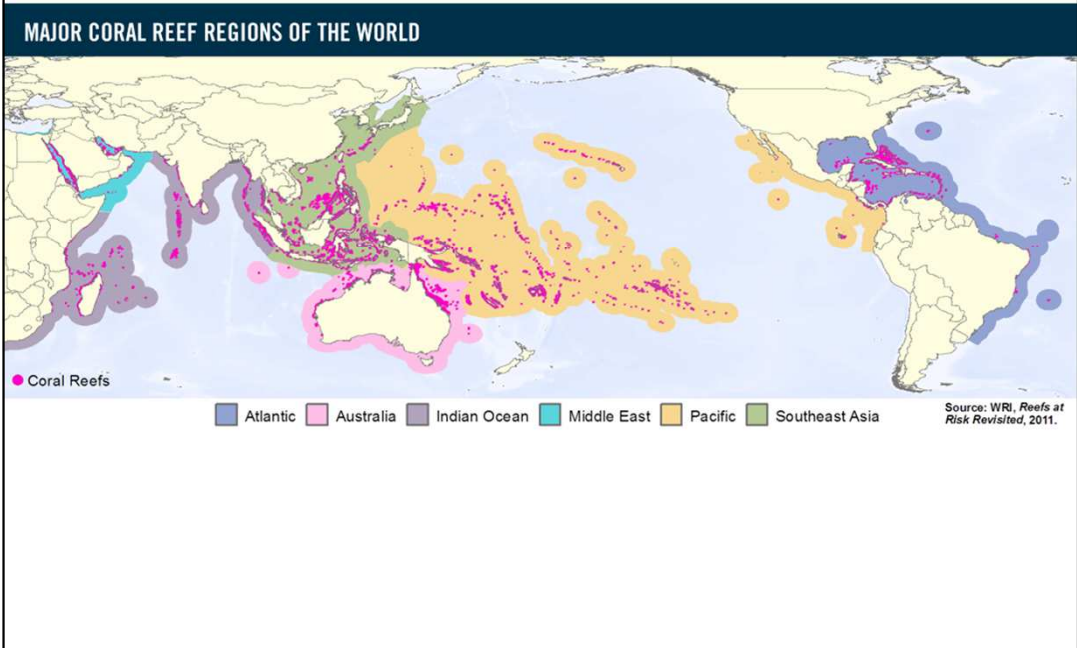


Rafy koralowe występują wyłącznie w ciepłych wodach tropikalnych, gdzie temperatura nigdy nie spada poniżej 20°C.

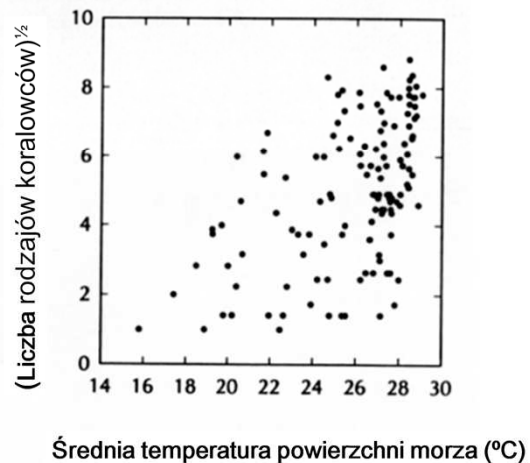
ZALEŻNOŚĆ LICZBY RODZAJÓW KORALOWCÓW OD TEMPERATURY W REJONIE INDO-PACYFICZNYM I KARAIBSKIM



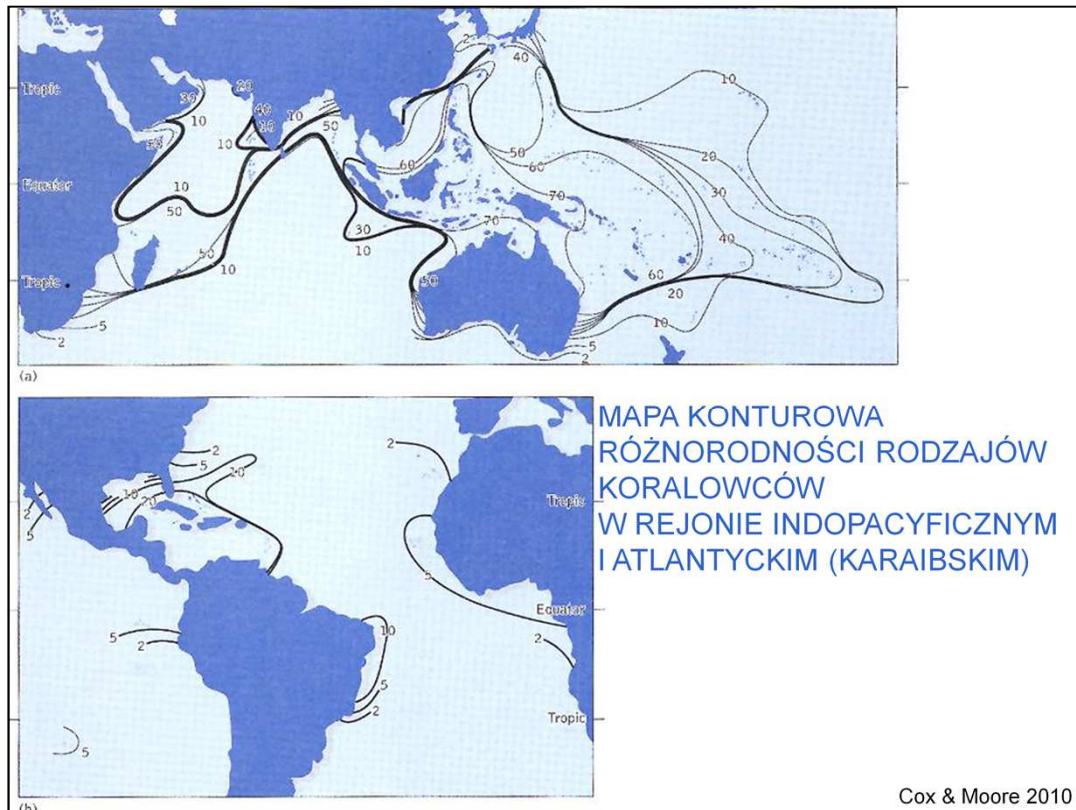
Obszar występowania raf koralowych składa się z dwóch podobszarów: indo-pacyficznego i karaibskiego. W obu widać zależność możliwej różnorodności gatunkowej koralowców od temperatury. Rejon indo-pacyficzny, obejmujący m.in. rafy australijskie i Morze Czerwone, jest bogatszy w gatunki.



**Zależność liczby rodzajów koralowców
współczesnych od temperatury powierzchni morza
(Fraser & Currie 1996) Wpływ temperatury**



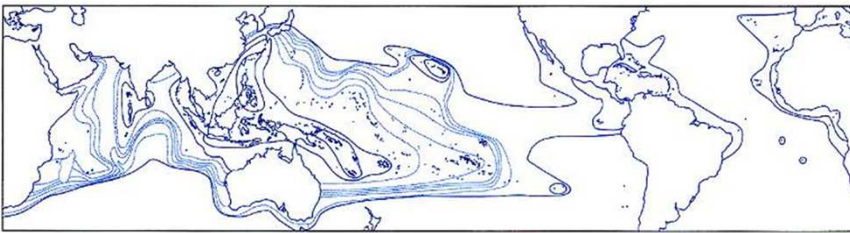
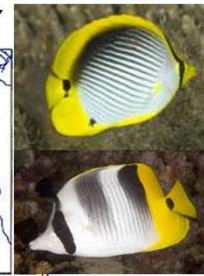
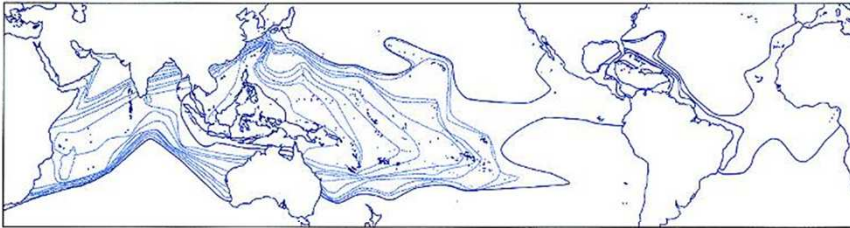
Wpływ temperatury na zasięg i różnorodność gatunkową raf koralowych jest ograniczający, a nie determinujący: prawie nie ma koralowców w temperaturach poniżej 18°C, powyżej tej temperatury maksymalna liczba występujących rodzajów jest wprost proporcjonalna do temperatury, ale może być również mniejsza (zależnie od lokalnych warunków).



Gradient różnorodności taksonomicznej koralowców można pokazać również jako mapę konturową. Widać, że rejon karaibski jest w rodzaju uboższy; maksymalna różnorodność (>70 rodzajów) występuje w rejonie indonezyjsko-nowogwinejskim.

**MAPA KONTUROWA BOGACTWA GATUNKOWEGO RYB I MIĘCZAKÓW
(PODOBNE WZORCE JAK DLA KORALOWCÓW)**

RYBY



PORCELANKI



Cox & Moore 2010

Gradient różnorodności gatunków koralowców pociąga za sobą podobnie ukształtowane gradienty różnorodności innych taksonów (tu: ryb i mięczaków)

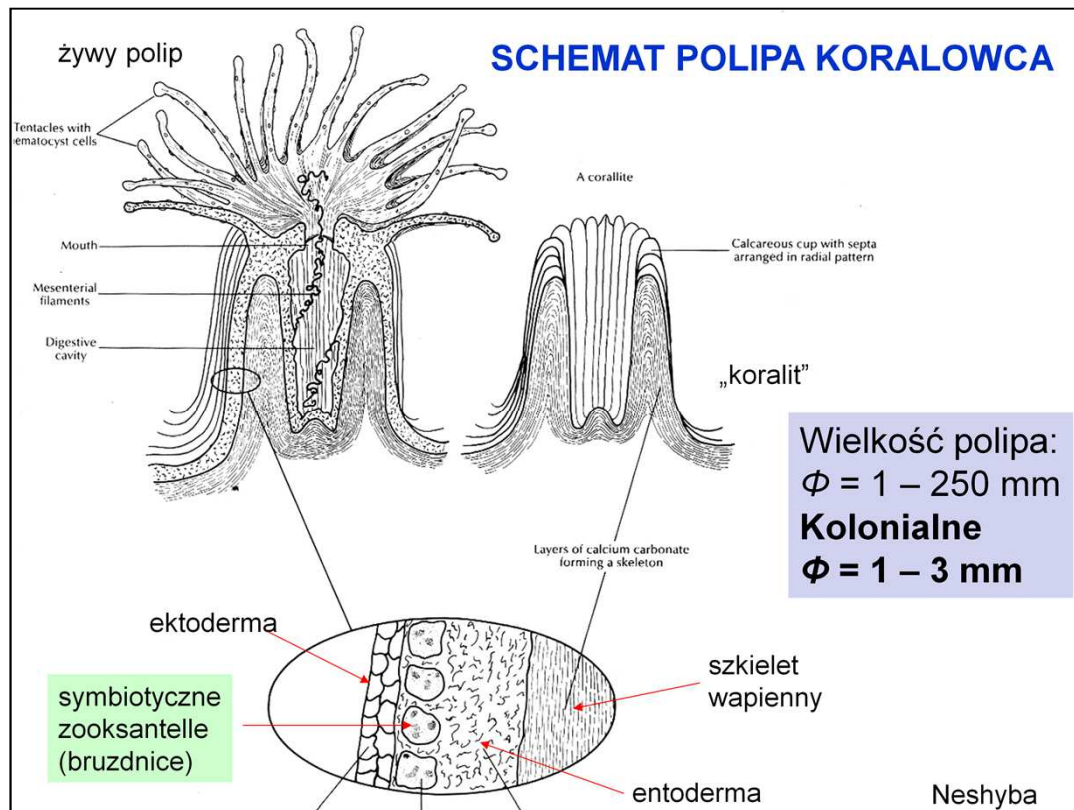


Oprócz liniowo ukształtowanych raf przybrzeżnych i barierowych, na otwartym morzu powstają pierścieniowe atole koralowe, w wyniku narastania raf na zagłębiających się stopniowo wyspach, będących stożkami podwodnych wulkanów. Pierwszym autorem, który podał to wyjaśnienie powstawania pierścieniowych atoli koralowych był Karol Darwin.

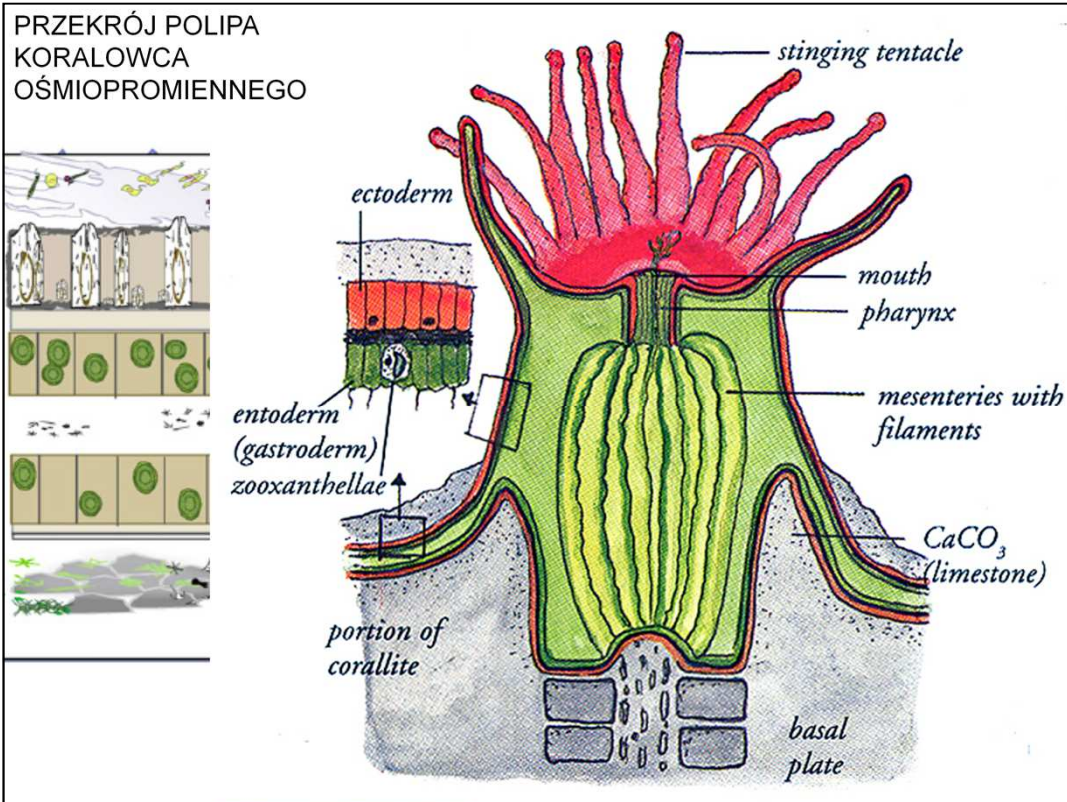
Ekosystem rafy koralowej

- Tylko w wodach tropikalnych (temp. > 18°C; optimum 23-25°C)
- Płytko (max. 150 m, zwykle do 50 m)
- Maksymalna Pp (2500 – do 4000 g C m⁻² rok⁻¹)
[5 - 10 g C m⁻² d⁻¹]
- Maksymalna bioróżnorodność
- Złożone interakcje (symbioza zooxantelli z koralowcami i in.)
- Znaczenie biogeochemiczne: obieg wapnia, tworzenie skał (0,3 - 12 kg CaCO₃ m⁻² rok⁻¹); aragonit

Rafy koralowe powstają tylko w określonych warunkach. Charakteryzują się bardzo wysoką produktywnością i różnorodnością gatunkową. Tworzenie wapiennych (aragonitowych) szkielecików w konsekwencji prowadzi do budowy potężnych formacji skalnych (kopalne rafy można spotkać w głębi kontynentów, także w okolicach Krakowa). Proces ten ma znaczący udział w globalnym, biogeochemicznym obiegu wapnia i węgla.



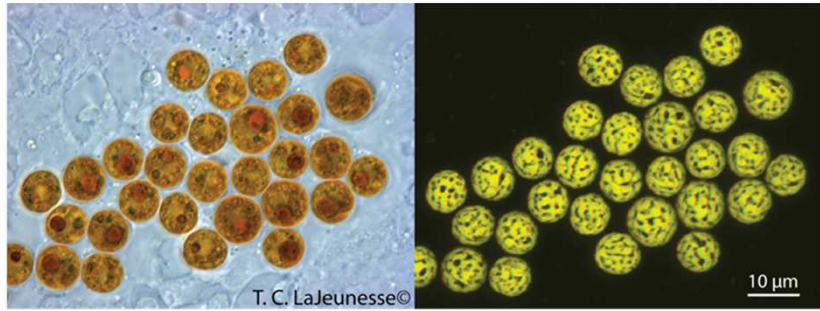
Najistotniejszym elementem rafy koralowej jest układ symbiotyczny polipa koralowca i bruzdnic – zooxantelli, które wewnątrz komórek polipa prowadzi fotosyntezę. Dostarczają w ten sposób zasobów pokrywających 80% zapotrzebowania koralowca – reszta, to bezpośrednia konsumpcja pokarmu przez polipa.



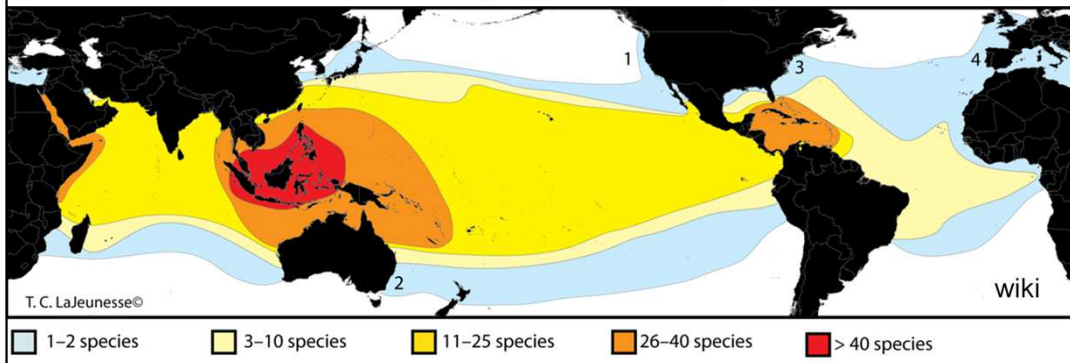
To samo, na innym schemacie.

Polipy koralowców są na ogół nieaktywne w ciągu dnia (tentakle ukryte), żerują aktywnie w nocy. Polip jest przezroczysty, więc w ciągu dnia aktywne są symbiotyczne zooxantelle.

„Zooksantelle”: *Symbiodinium* sp.



Różnorodność gatunkowa *Symbiodinium*



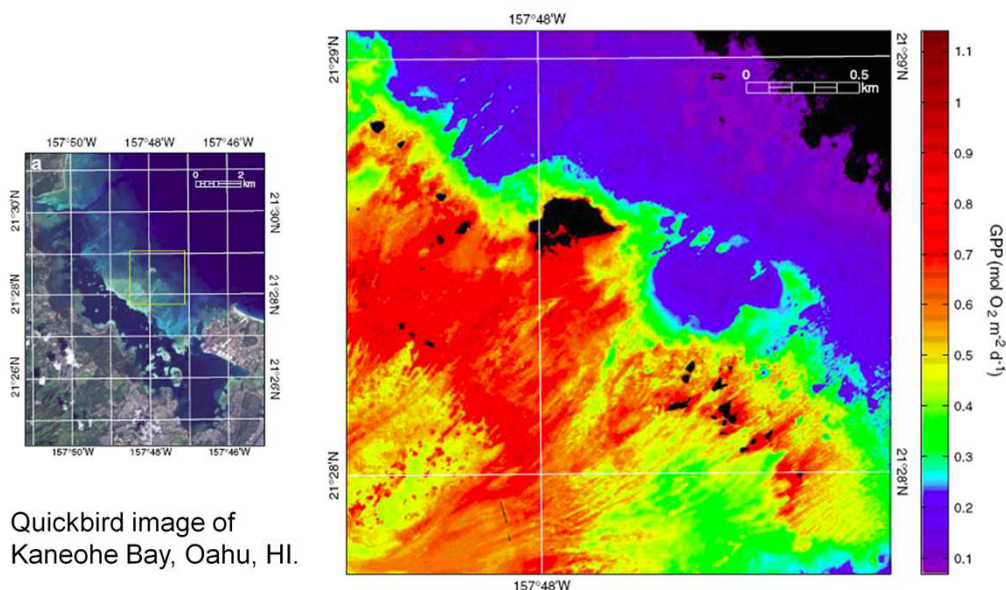
Większość zooksantelli symbiotycznych stanowią liczne gatunki z rodzaju *Symbiodinium*. Najbardziej różnorodny mikrobiom tego rodzaju występuje na rafach południowowschodniej Azji (Malezja, Indonezja, Filipiny)



Symbioza z zooxantellami:
80-90% zapotrzebowania pokarmowego polipa;
Drapieżnictwo: pozostałe 10-20%

Chociaż zooxantelle (Dinoflagellata) dostarczają większości pokarmu – są to zapewne węglowodany i tłuszcze (zooxantelle pomagają też w budowaniu wapiennego szkieletu). Do zbudowania białka (o innej stechiometrii niż produkty fotosyntezy) konieczne jest pobieranie pokarmu zwierzęcego, bo oligotroficzne wody są w pierwiastki odżywcze bardzo ubogie. Zooxantelle mogą stanowić do 30% masy koralowca.

PRODUKTYWNOŚĆ RAFY KORALOWEJ (HAWAJE) ZMIERZONA ZDALNĄ METODĄ Z UŻYCIEM *LIDARU*



Quickbird image of
Kaneohe Bay, Oahu, HI.

E. J. Hochberg & M. J. Atkinson
Coral Reefs (2008) 27:49–59

SHOALS LIDAR data

Badanie tempa produkcji pierwotnej rafy koralowej nie jest łatwe. Oprócz metod bezpośrednich, ostatnio udało się zastosować również metody zdalne – w tym wypadku za pomocą lidar. Lidar („Light Detection and Ranging”) jest to urządzenie przy pomocy którego najpierw oświetla się badane miejsce impulsem światła laserowego, a następnie bada się widmo rozproszonego światła. Skanując jakiś obszar, można się dowiedzieć o cechach fizykochemicznych. W tym wypadku użyto systemu SHOALS (Scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar Survey, NASA) używanego głównie do mapowania głębokości, ale wycechowanego w sposób umożliwiający ocenę produkcji pierwotnej.

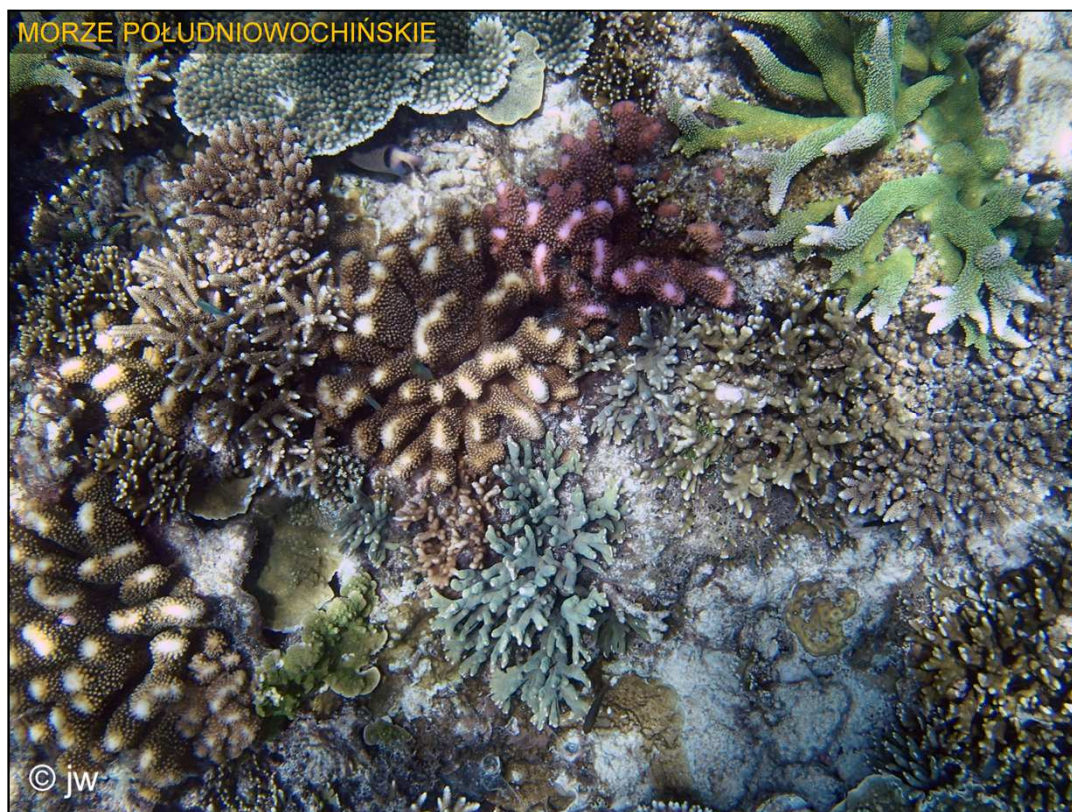


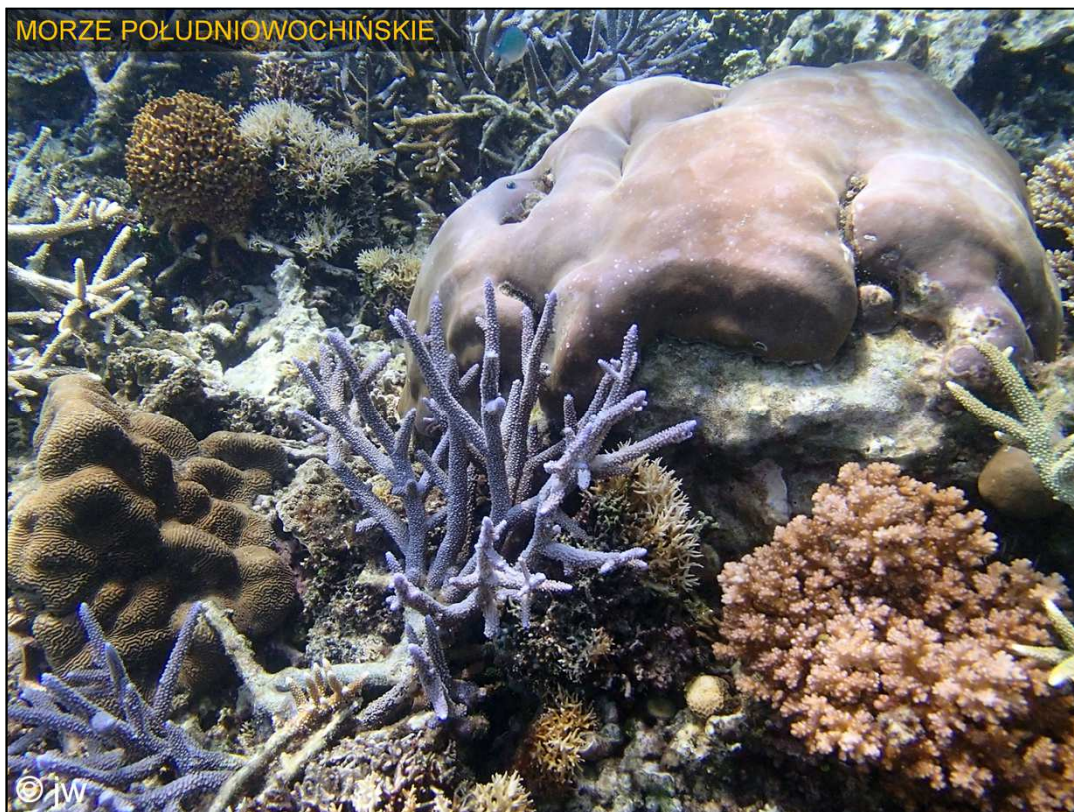
Zdjęcia z raf koralowych północnego krańca Morza Czerwonego. Różne gatunki koralowców.

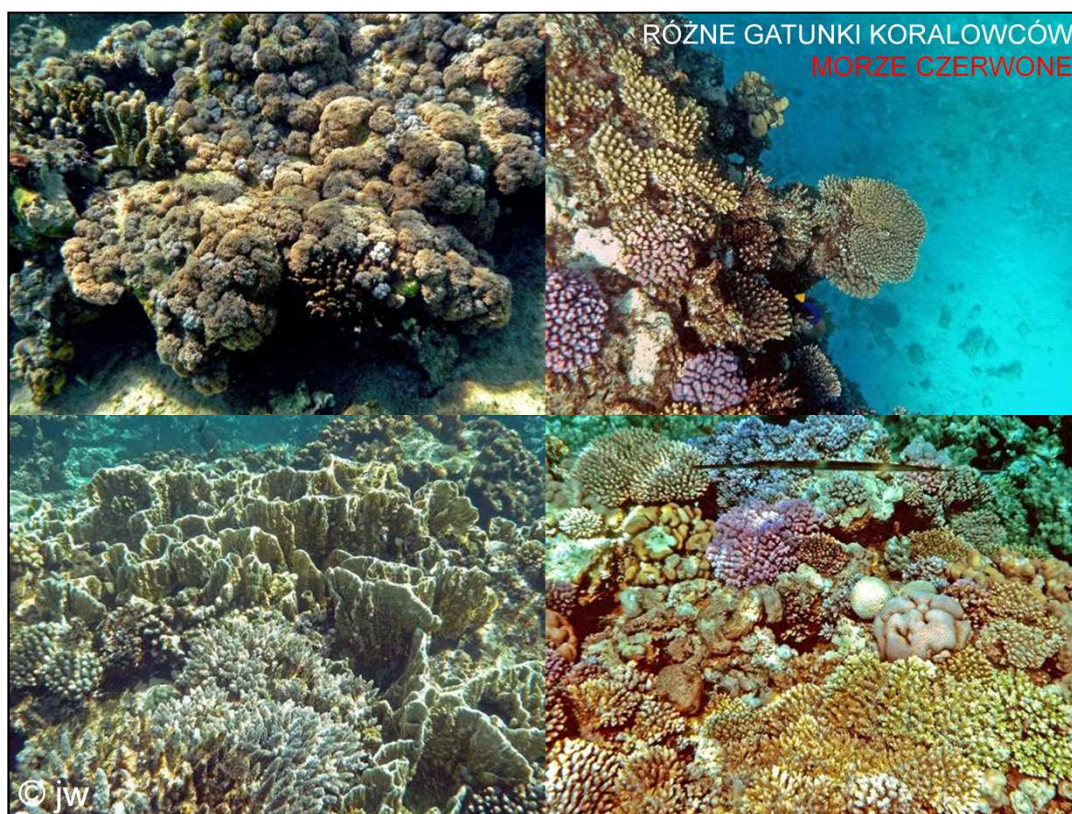


Różne gatunki koralowców.









Różne gatunki koralowców. W lewym dolnym sektorze oprócz koralowców inne jamochłony rafotwórcze, Hydrozoa.



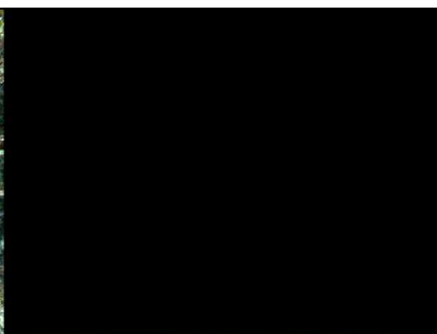
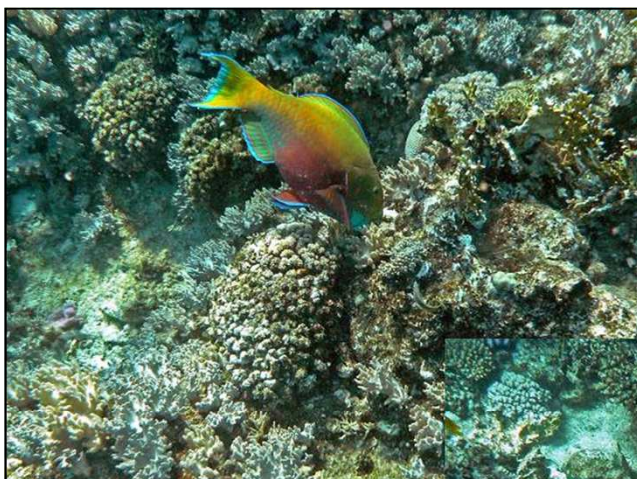
Ryby raf koralowych: papugoryby, szczeciozáb, rogatnica.

Skarusowate, papugoryby (Scaridae)



© jw

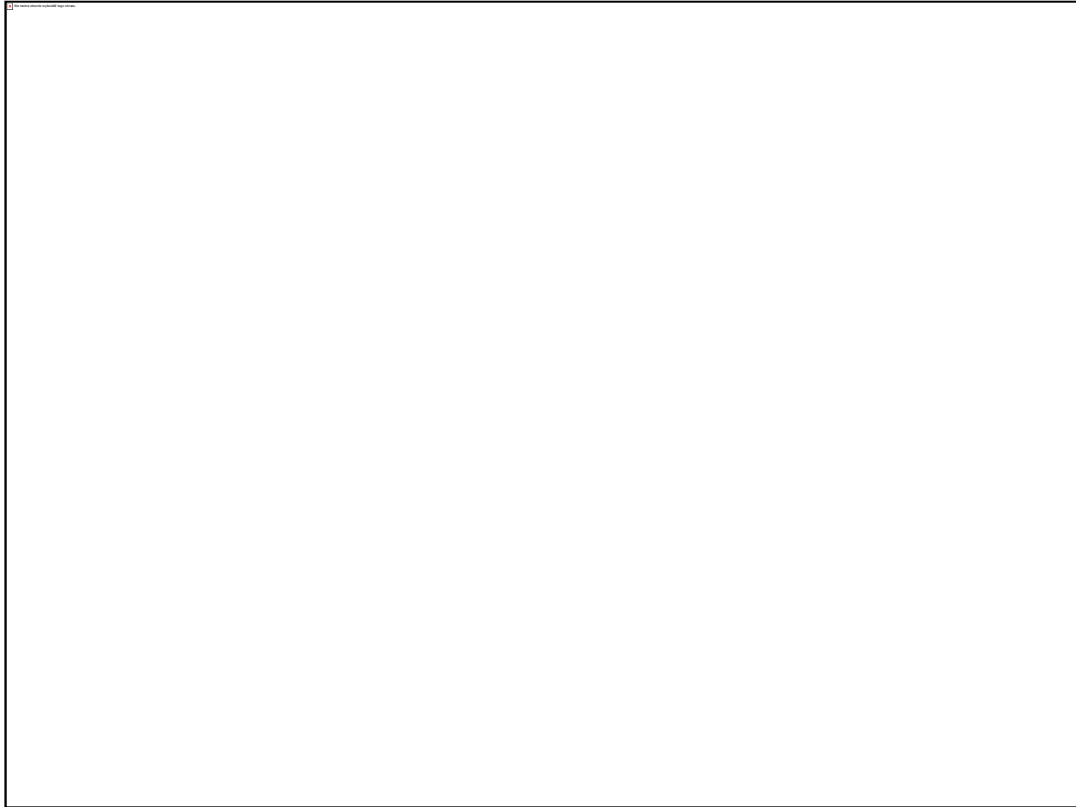
MORZE POŁUDNIOWOCHIŃSKIE



MORZE CZERWONE

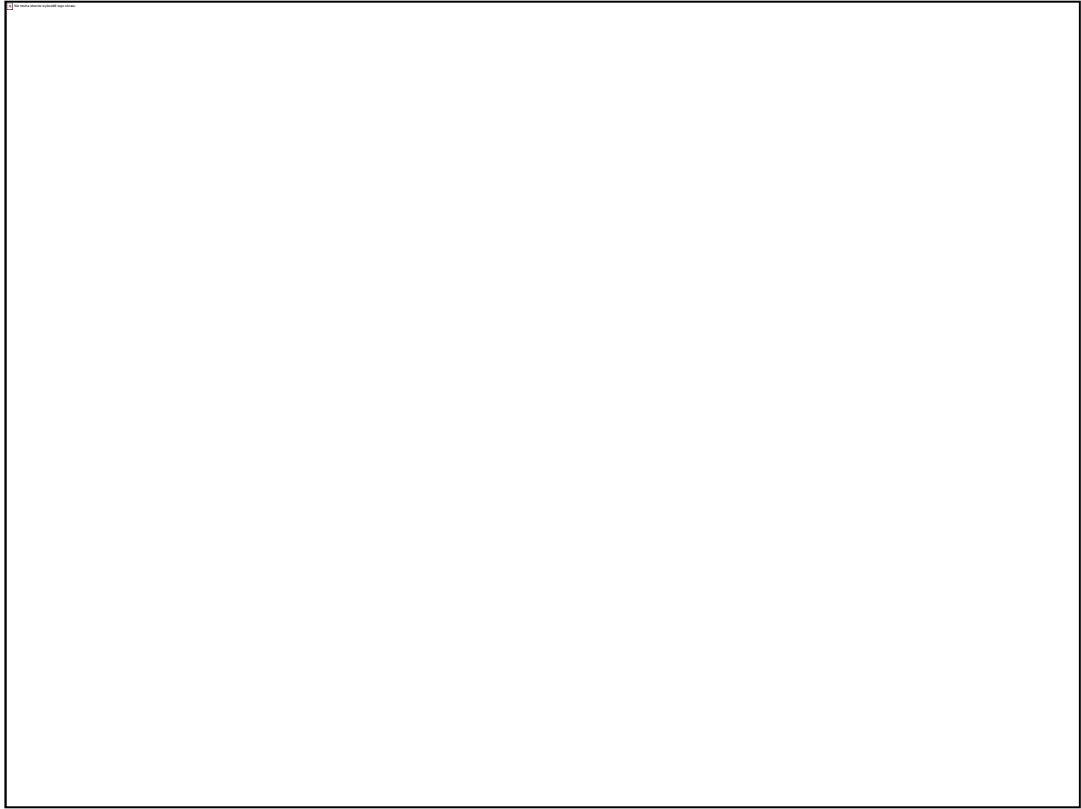
Roślinożerne,
zdrapują glony
z koralowców

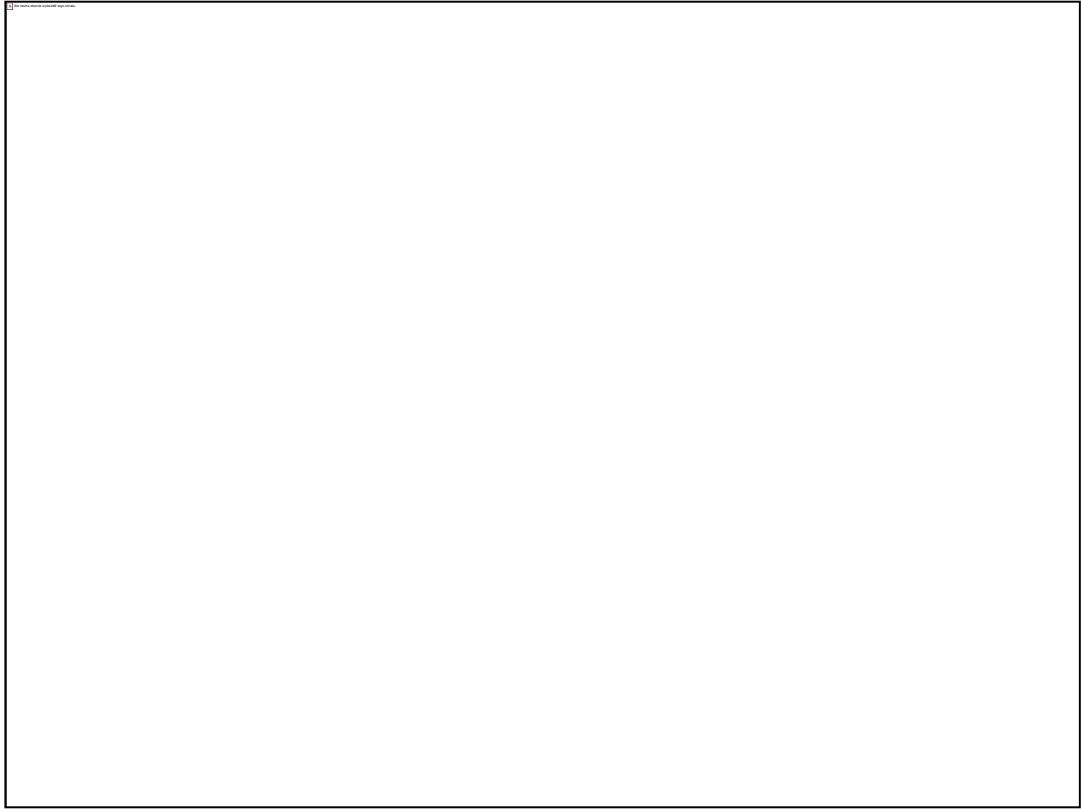
© jw

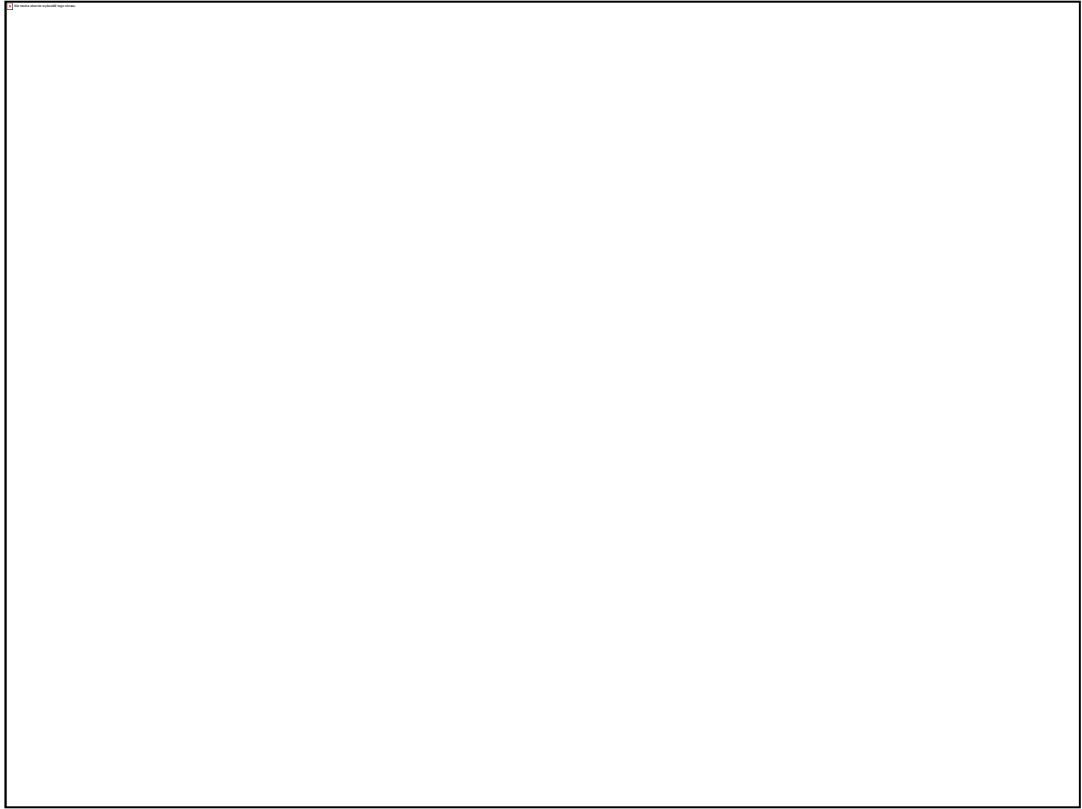


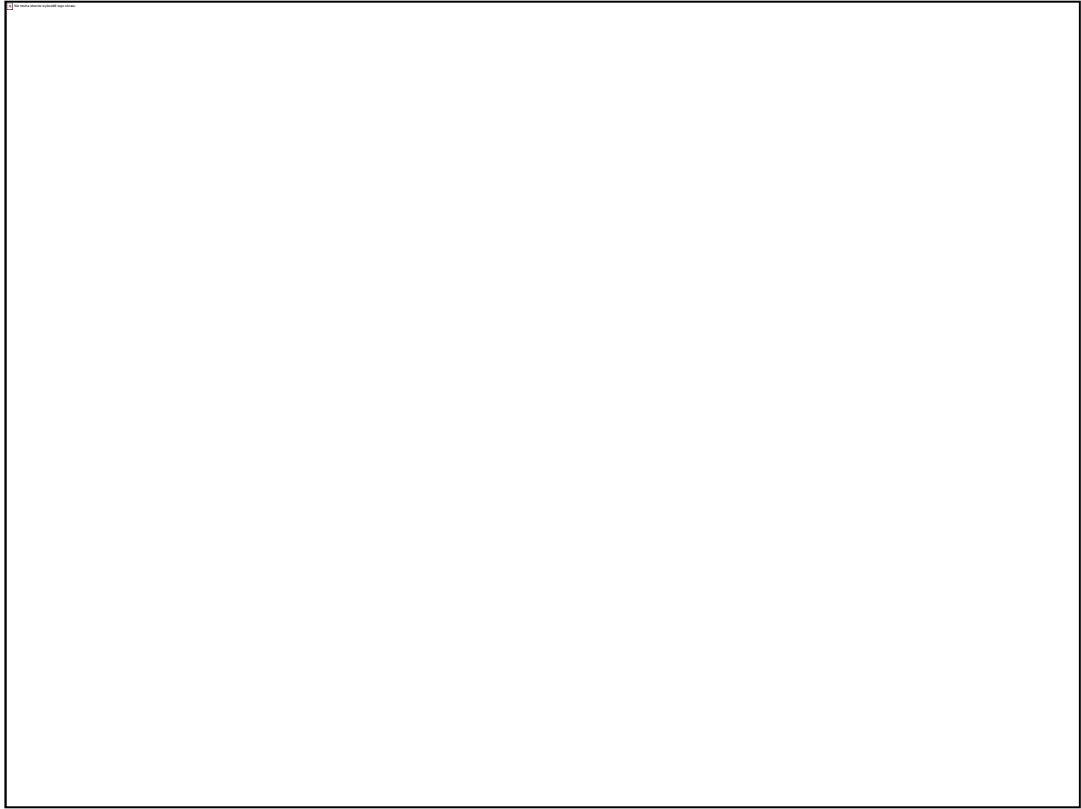
Ryby raf koralowych; przedstawiciele hajdukowatych, szczeciozębów (ryba-motyl), wargaczowatych, garbikowatych oraz błazenków znany z symbiozy z ukwiałem.

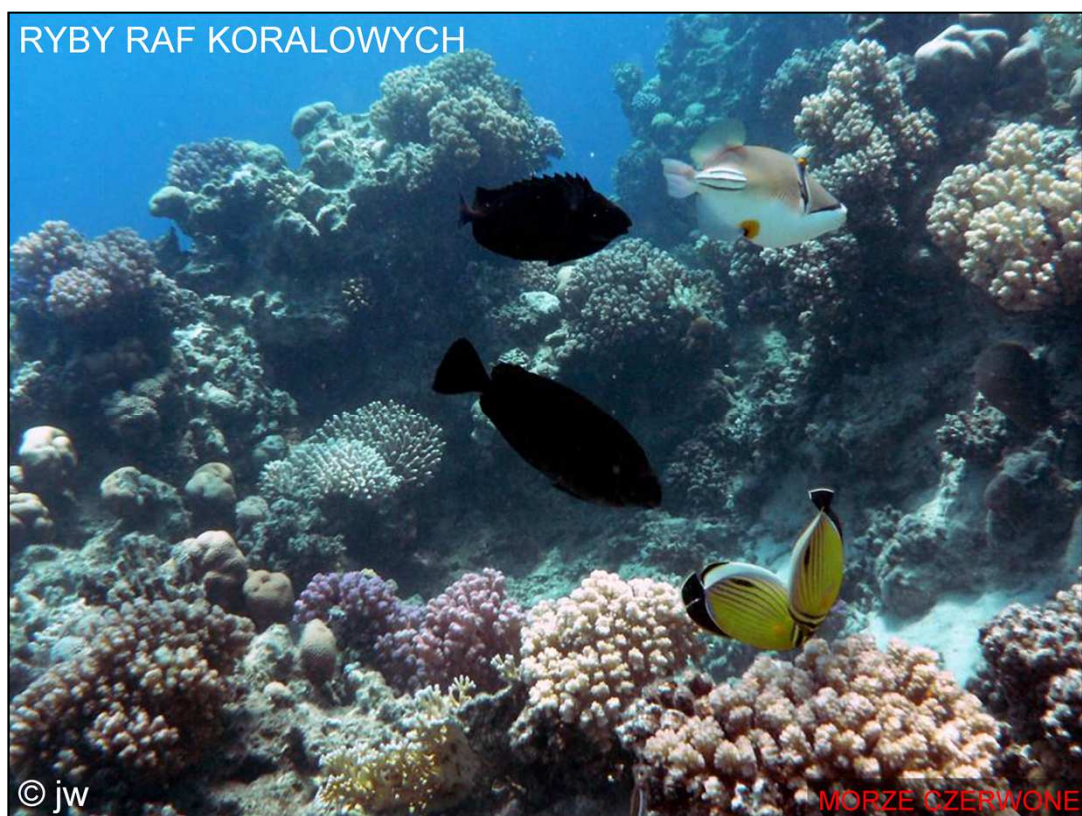
Każda z tych rodzin reprezentowana jest przez liczne gatunki.



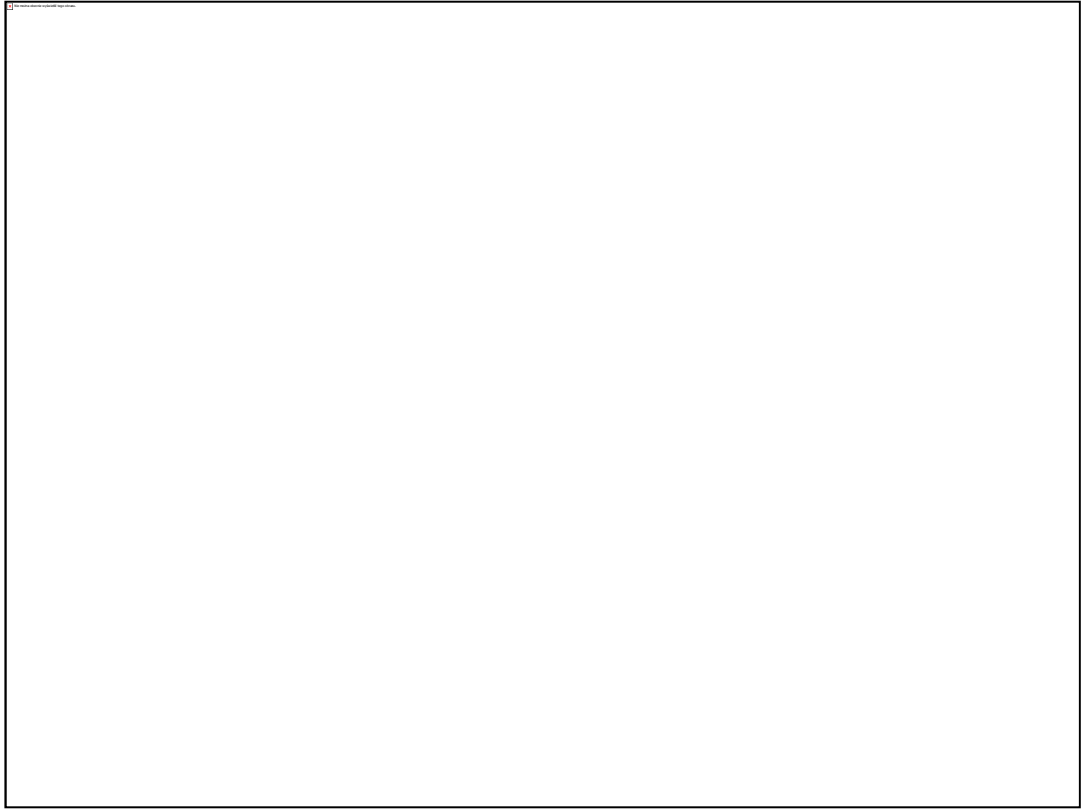


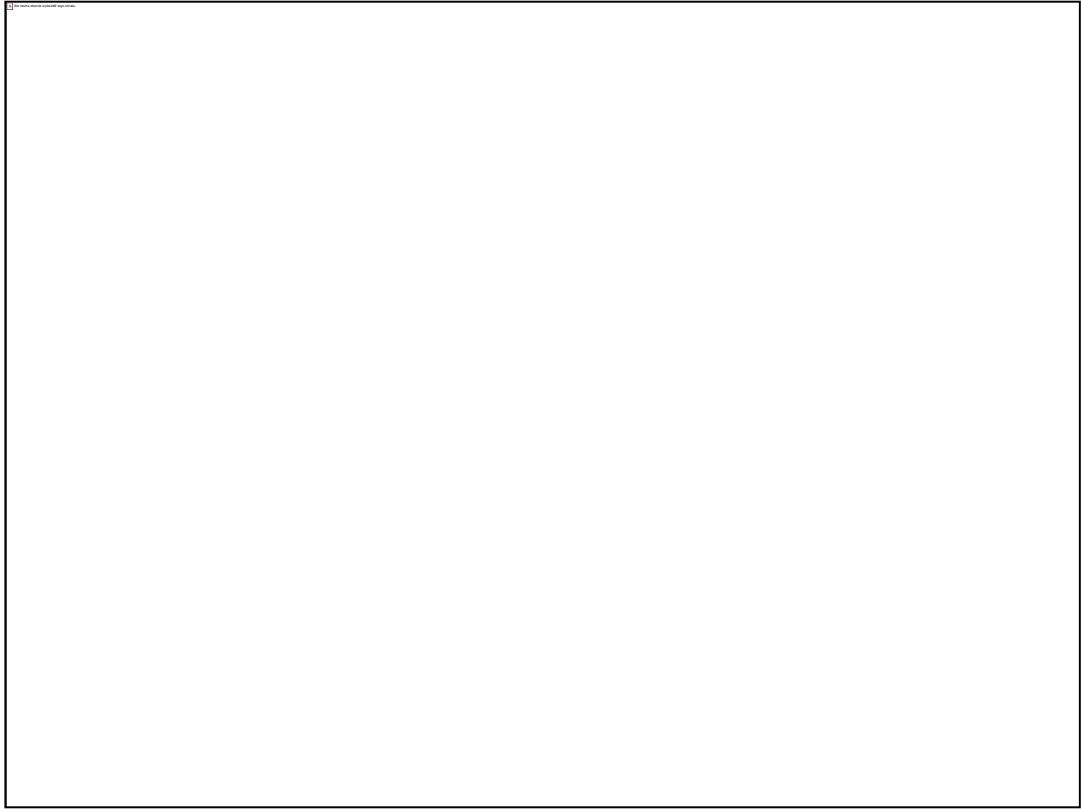






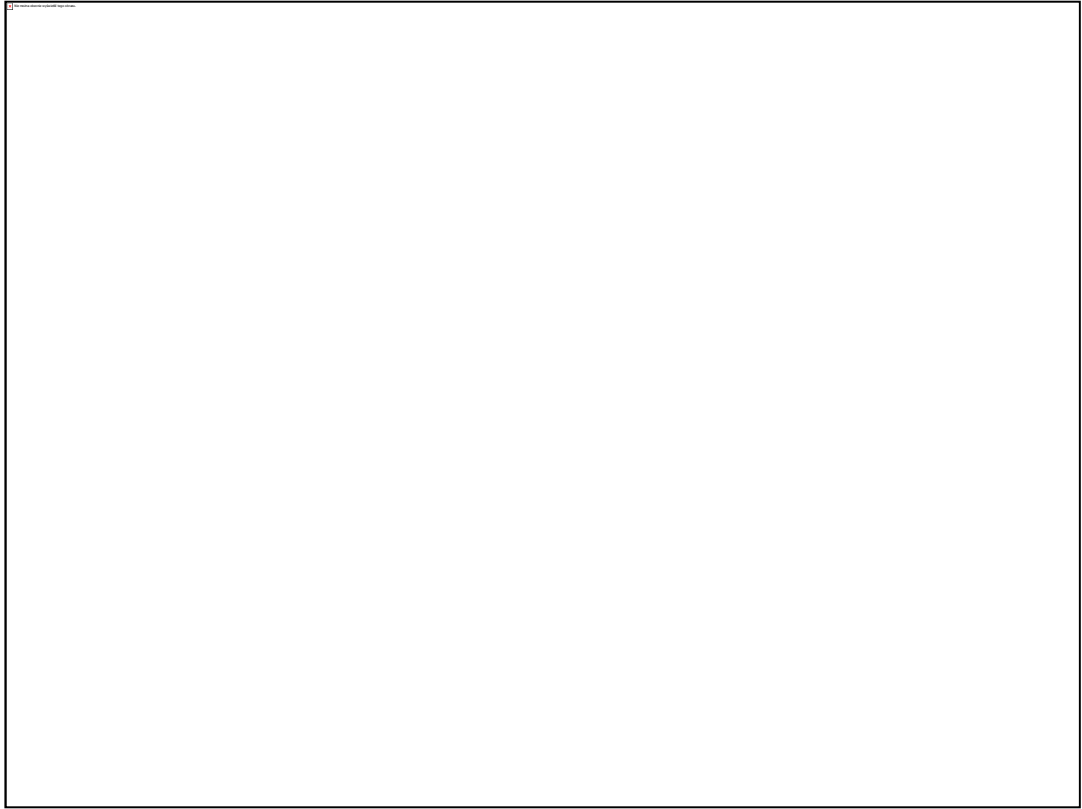
Różne koralowce, ryby (rogatnica picasso, szczecizęby)







Roślinożerne, korzystają z symbiotycznej flory bakteryjnej, żeby strawić pokarm roślinny



INNE ORGANIZMY FOTOSYNTETYZUJĄCE SYMBIOTYCZNIE z ZOOKSANTELLAMI: Małże (*Tridacna*)



Nie tylko koralowce ściśle współżyją z zooxantellami. Z takiej symbiozy korzystają również liczne mięczaki (ślimaki i małże – tu *Tridacna*).

INNE ORGANIZMY FOTOSYNTETYZUJĄCE: GLONY BENTONICZNE (**nie planktonowe**)

KRASNOROST Koralka (*Corallina*)

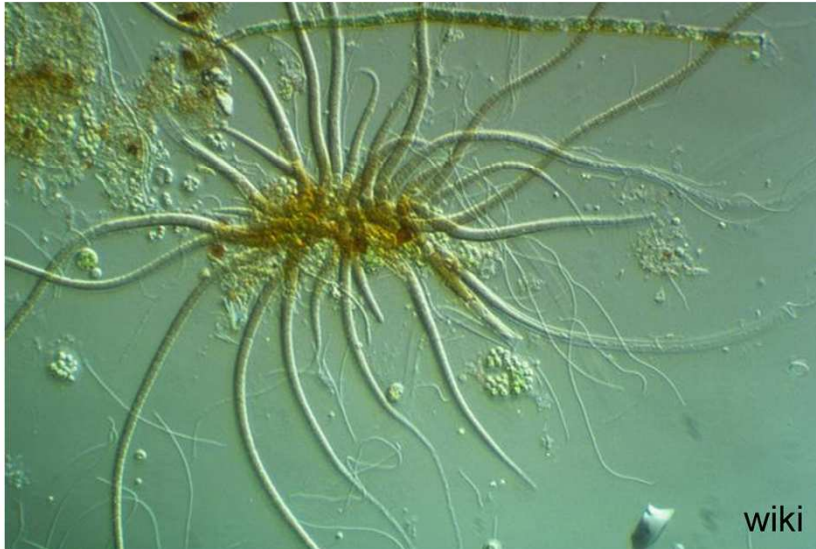


crustose coralline algae (Rhodophyta, Corallinales)

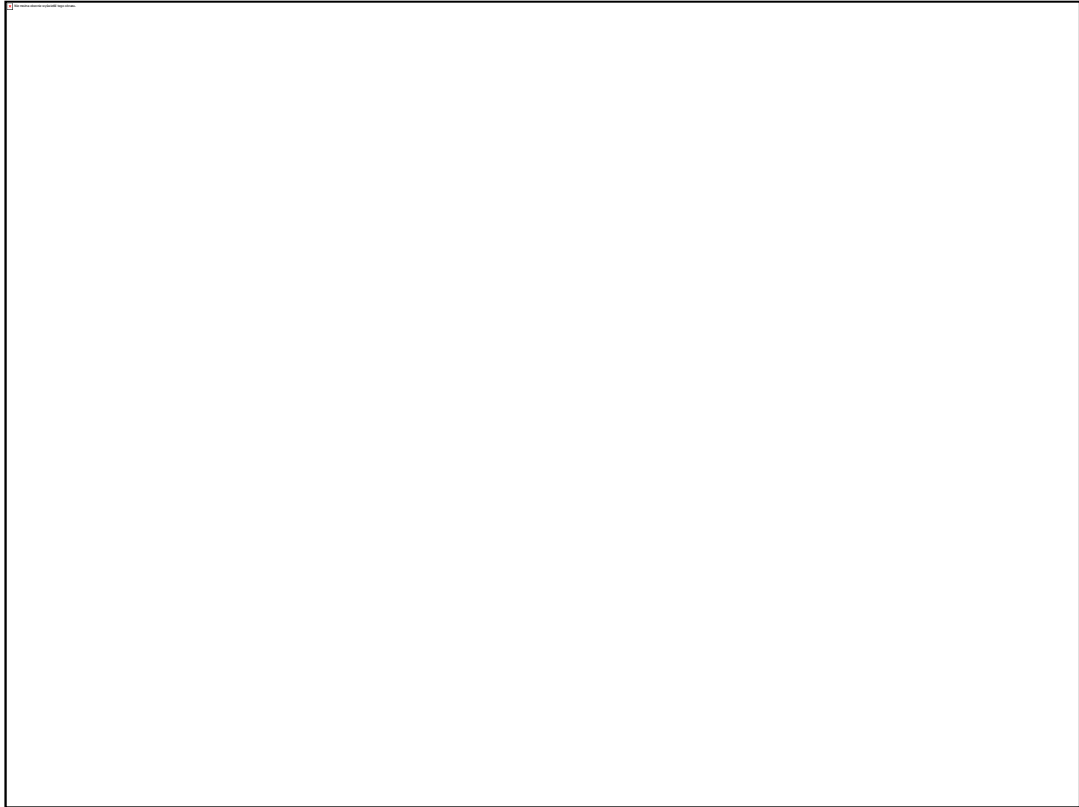
Na powierzchni skał na rafie koralowej występują również bentoniczne glony – najczęściej krasnorosty.

INNE ORGANIZMY FOTOSYNTETYZUJĄCE: GLONY BENTONICZNE (**nie planktonowe**)

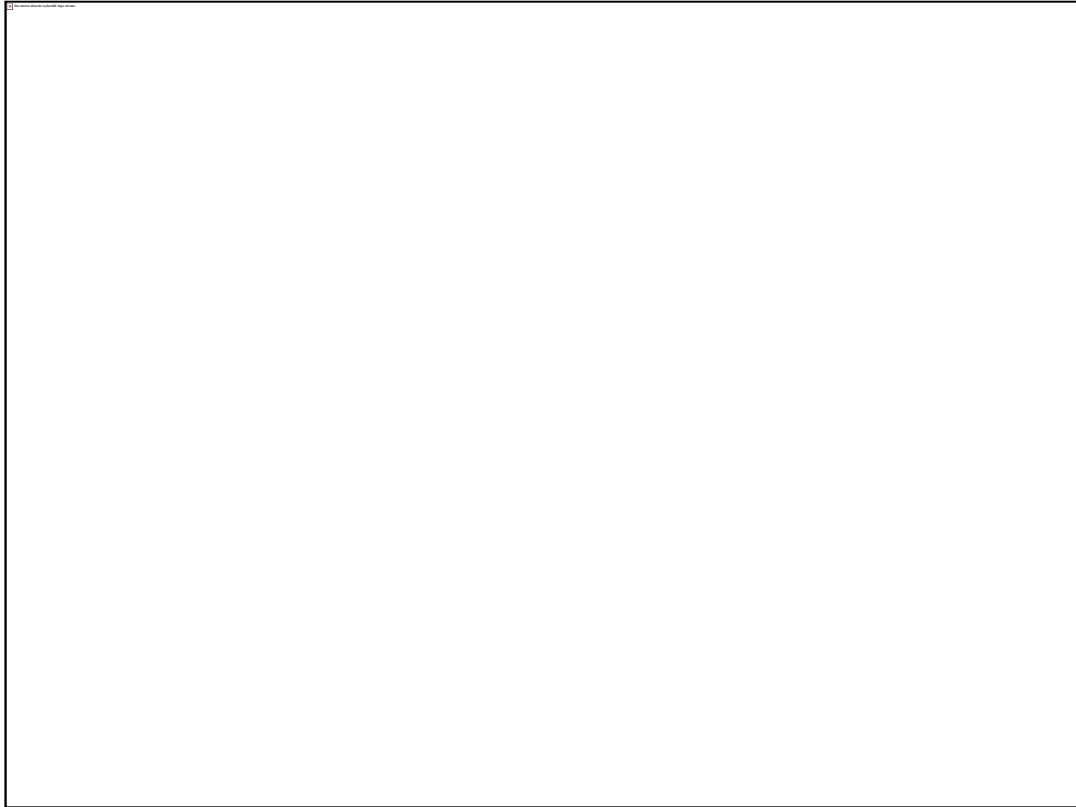
SINICE wiążące azot (*Callotrix crustacea*)



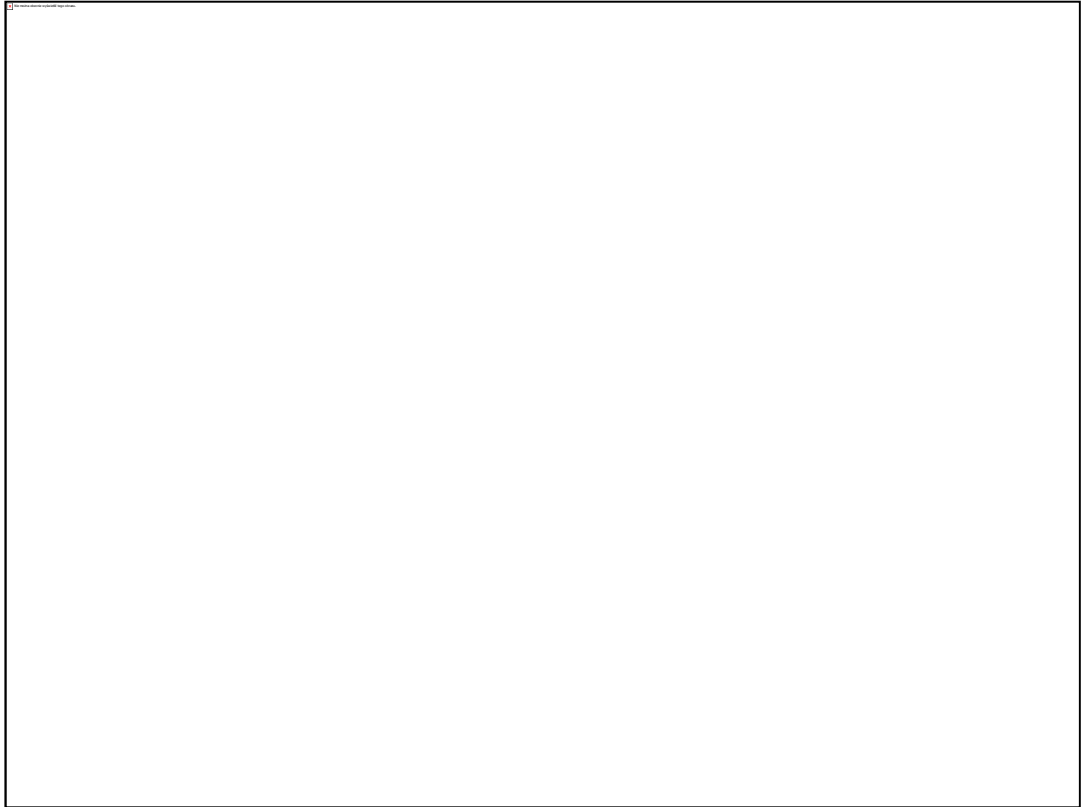
W bentosie rafy występują też sinice wiążące azot.



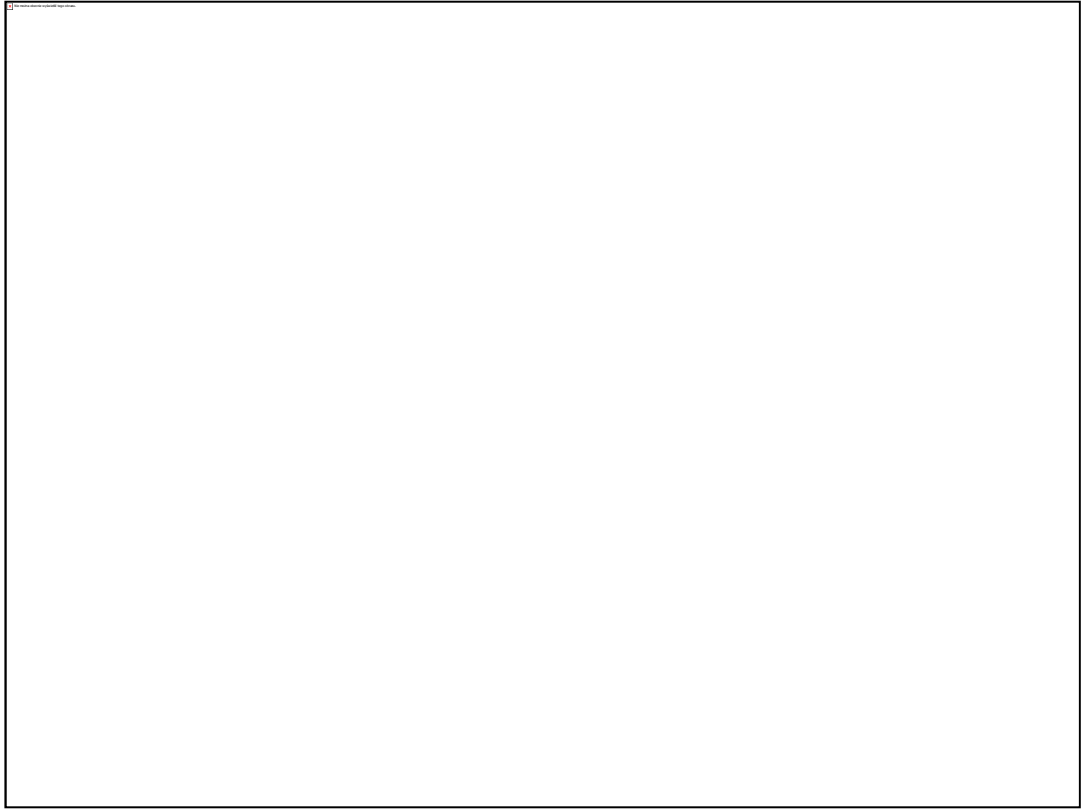
Olbrzymie bogactwo gatunkowe, m.in. ryb, na rafie koralowej jest wyzwaniem dla teorii konkurencyjnego wypierania (gatunki o podobnych niszach ekologicznych nie powinny koegzystować). Publikacja z 2009 r dot. takiej różnorodności na Wielkiej rafie Barrierowej k. Australii

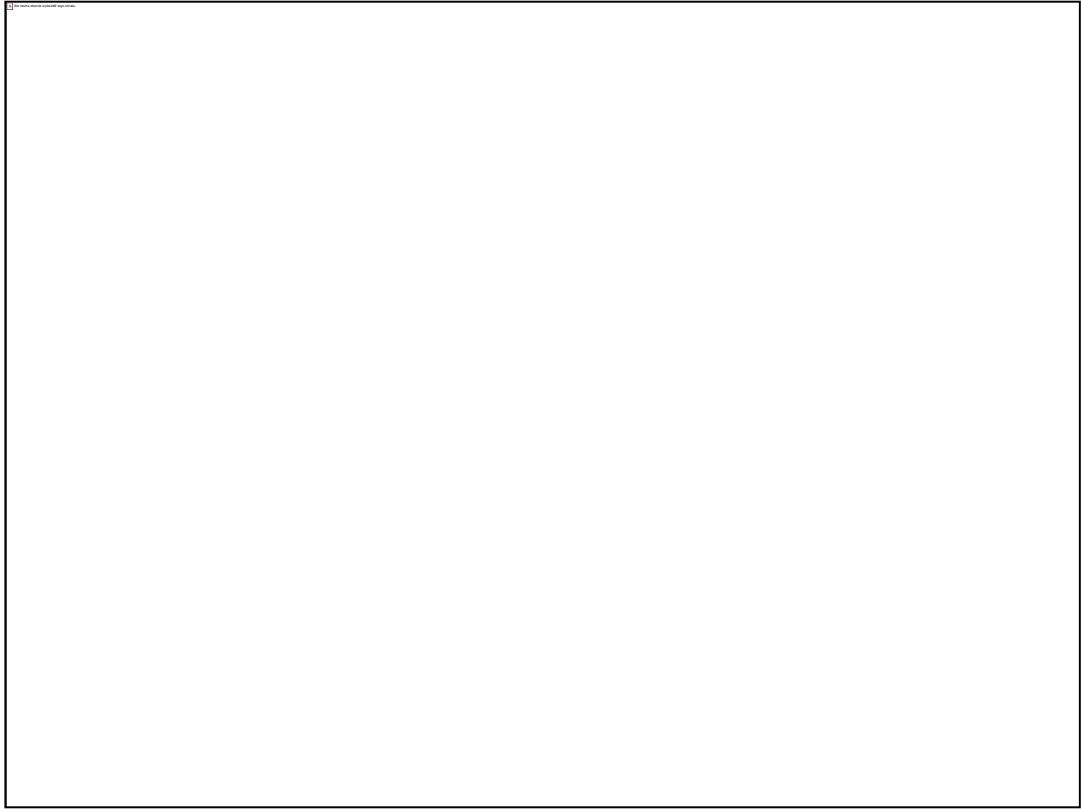


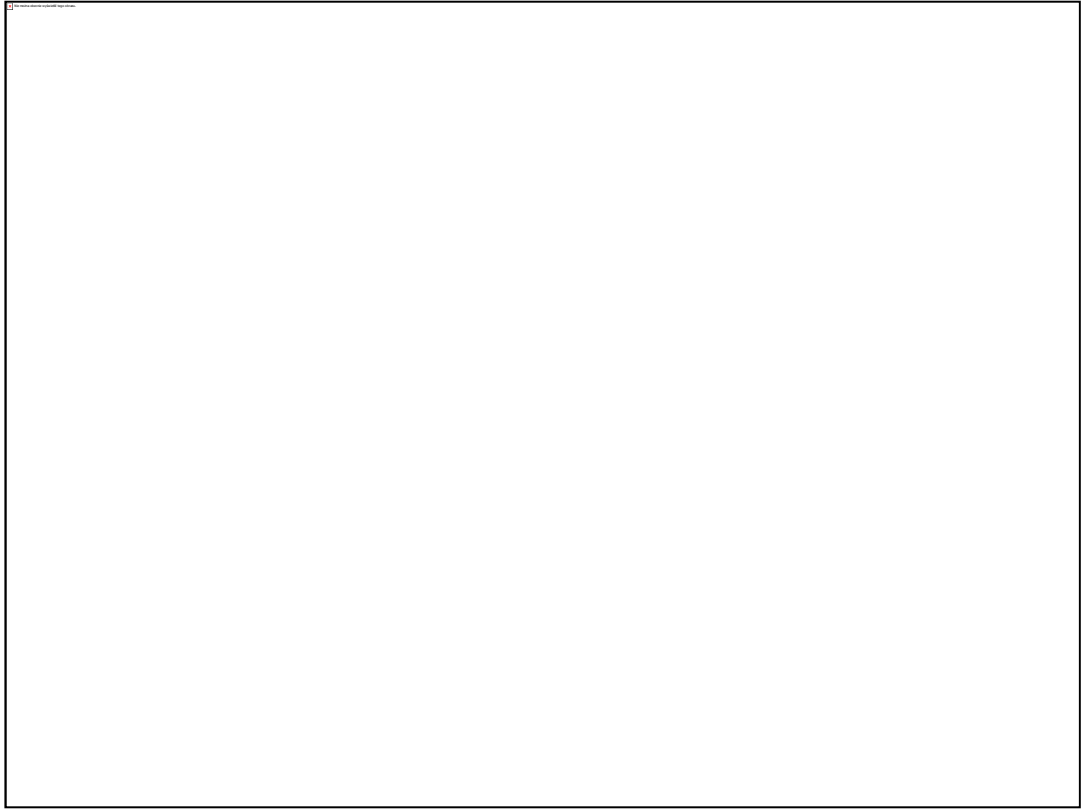
19 gatunków ryb szczeciozębów („butterfly fish”, Chaetognathidae) reprezentuje co prawda rozmaite strategie odżywcze, ale da się ułożyć w cztery grupy – od zjadania twardych koralów, przez miękkie, po inne bezkręgowce i wszystkożerność. W każdej z tych grup dość podobne (choć różnicami i jaskrawo ubarwione) gatunki (4-5) muszą konkurować w ramach tej samej strategii pokarmowej.



Wynika stąd znacznie nakładanie nisz.

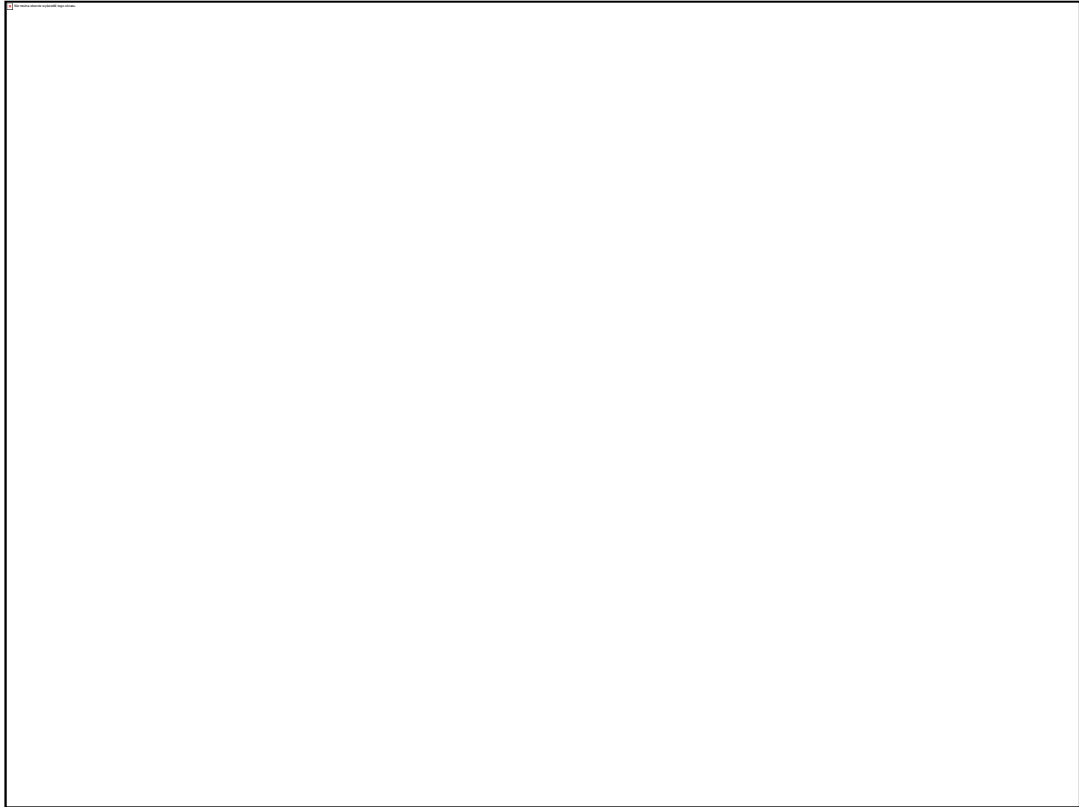




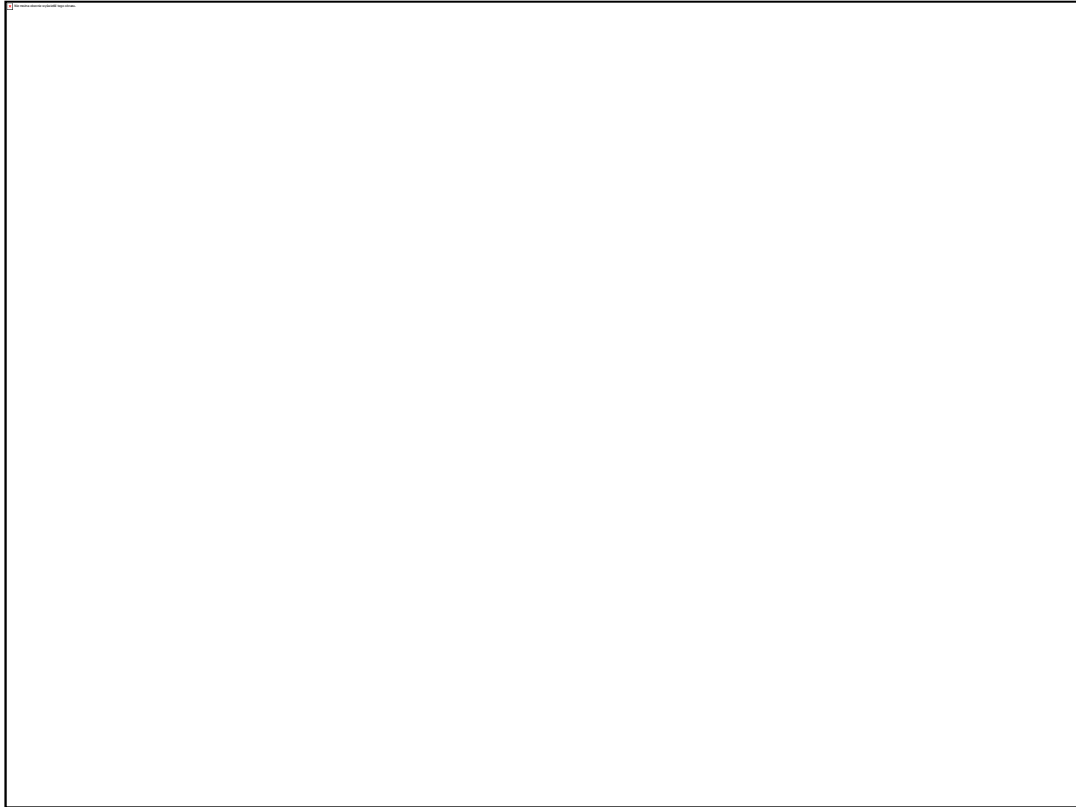


ZAGROŻENIE RAF KORALOWYCH

Rafy koralowe należą do ekosystemów silnie zagrożonych, pośrednio i bezpośrednio przez człowieka

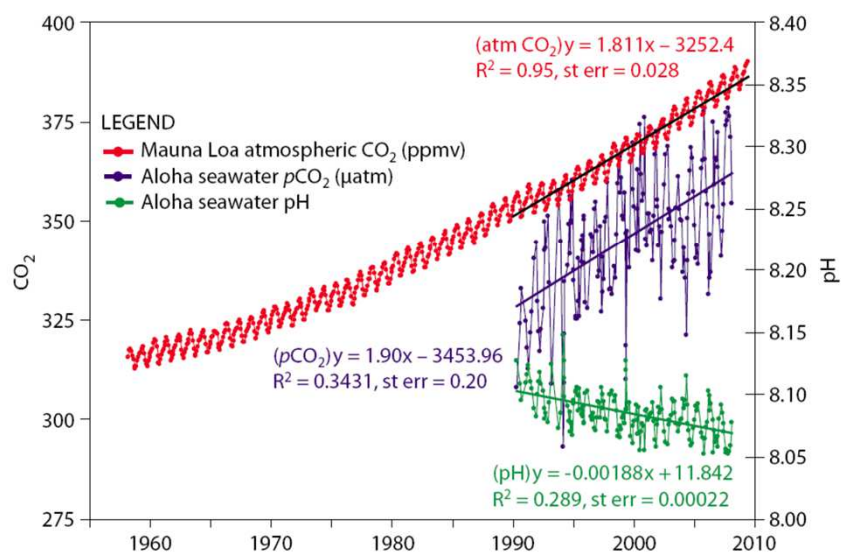


Poważnym problemem jest blaknięcie koralowców („*coral bleaching*”) – ten termin dotyczy masowego ginięcia zooxantelli w polipach, co pociąga za sobą obumarcie polipów i odsłonięcie nagich, wapiennych szkieletów i podłoża (są wyblakłe, białawe – stąd nazwa,



Juz obecnie na dużą skalę obserwowane jest zjawisko blaknięcia koralowców – szczególnie w rejonie raf karaibskich, które polega na zamieraniu ich symbiotycznych bruzdnic (zooksantelli) i stracie barwy, a co za tym idzie – zaprzestaniu budowy raf. zjawisko to przypisuje się głównie wzrastającemu zakwaszeniu. Jest to spowodowane zakwaszeniem powierzchniowych wód, wskutek zwiększonego stężenia CO_2 w atmosferze.

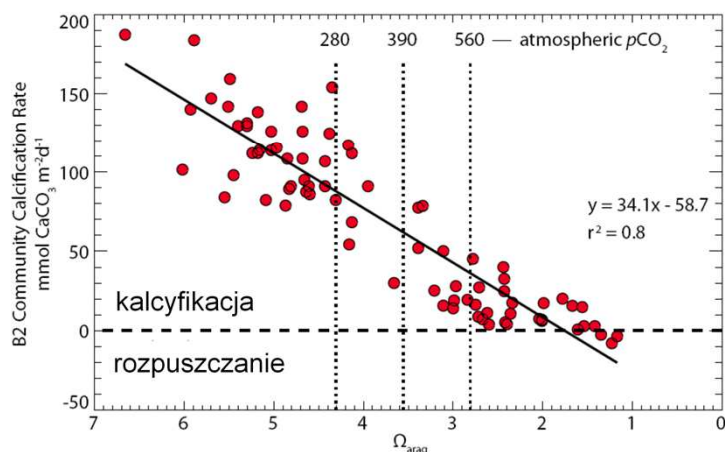
ZMIANY STĘŻENIA CO₂ W ATMOSFERZE I OCEANIE I ZMIANY KWASOWOŚCI OCEANU



Feely et al. 2009. *Oceanography* 22,4

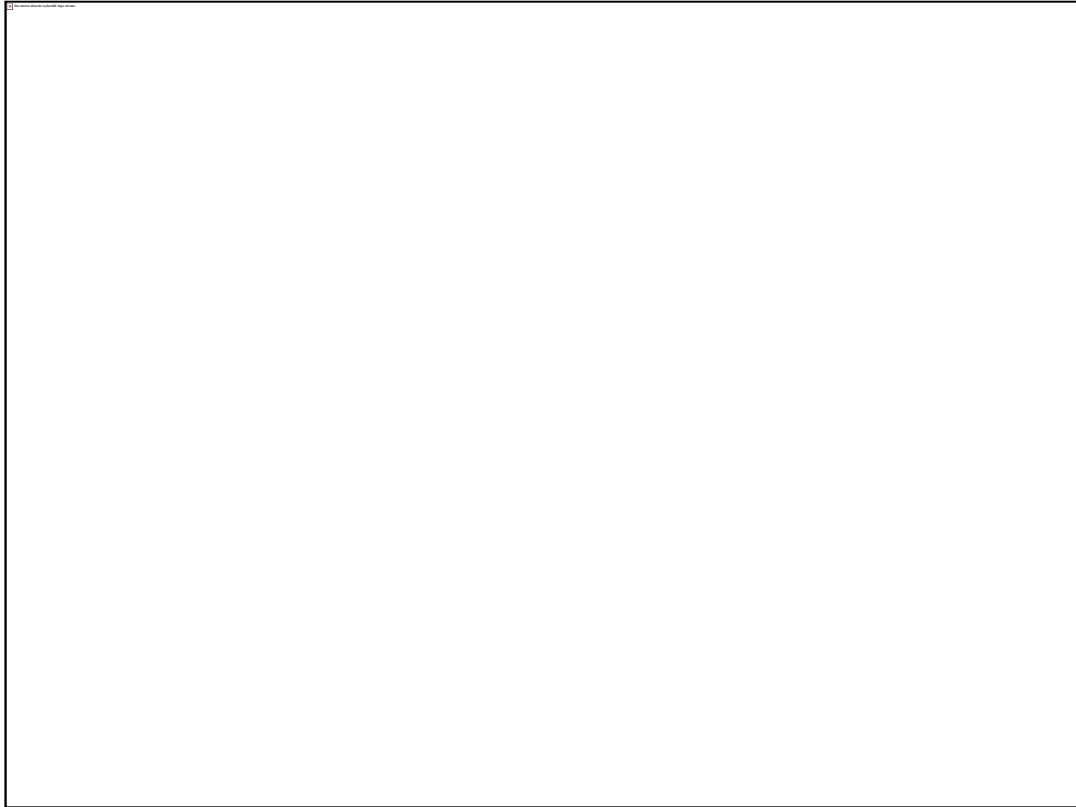
Wzrost zawartości (ciśnienia parcjalego) CO₂ w atmosferze musi się odbić równoległym wzrostem ilości CO₂ rozpuszczonego w powierzchniowych warstwach wód oceanicznych. Towarzyszy temu zmiana koncentracji jonów wodorowych, to znaczy zmiana kwasowości oceanu.

ZMIANY TEMPA KALCYFIKACJI RAFY W ZALEŻNOŚCI OD STOPNIA NASYCENIA ARAGONITU W WODZIE MORSKIEJ (EKSPERYMENT TERENOWY)

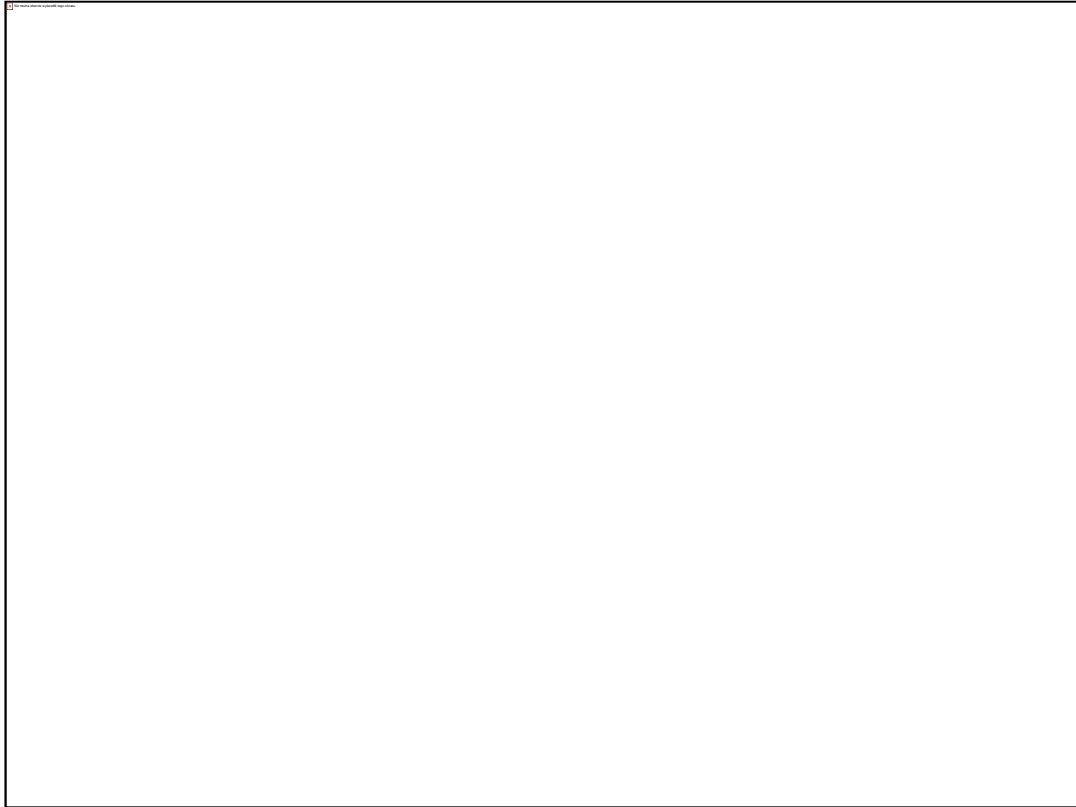


Kleypas & Yates, 2009; Oceanography Vol. 22, No.4

W eksperymentach z „mezokosmosami” (w warunkach półnaturalnych) ustalono, jak przebiega zależność pomiędzy tempem kalcyfikacji zespołu rafy koralowej a spadającym nasyceniem wody aragonitem (Langdon et al., 2003). Wartości stężenia CO_2 w atmosferze odpowiadają poszczególnym wartościom współczynnika nasycenia: 280 ppm = przed epoką przemysłową, 390 = obecnie, and 560 = 2 x (przed epoką przemysłową). Kiedy współczynnik Ω_{ar} spadnie poniżej progowej wartości 1.0–2.0, koralowce przechodzą od kalcyfikacji do rozpuszczania wapienia.



Innym zagrożeniem jest eutrofizacja spowodowana m.in. urbanizacją na wybrzeżach. Dopływ pierwiastków odżywczych sprzyja wzrostowi fotosyntetyzujących glonów, które wypierają inne organizmy, a przy tym spada przeźroczystość wody. Po lewej zdrowa rafa oligotroficzna; po prawej – rafy silnie zarastające zielonymi glonami, z martwymi koralowcami, wynik eutrofizacji.

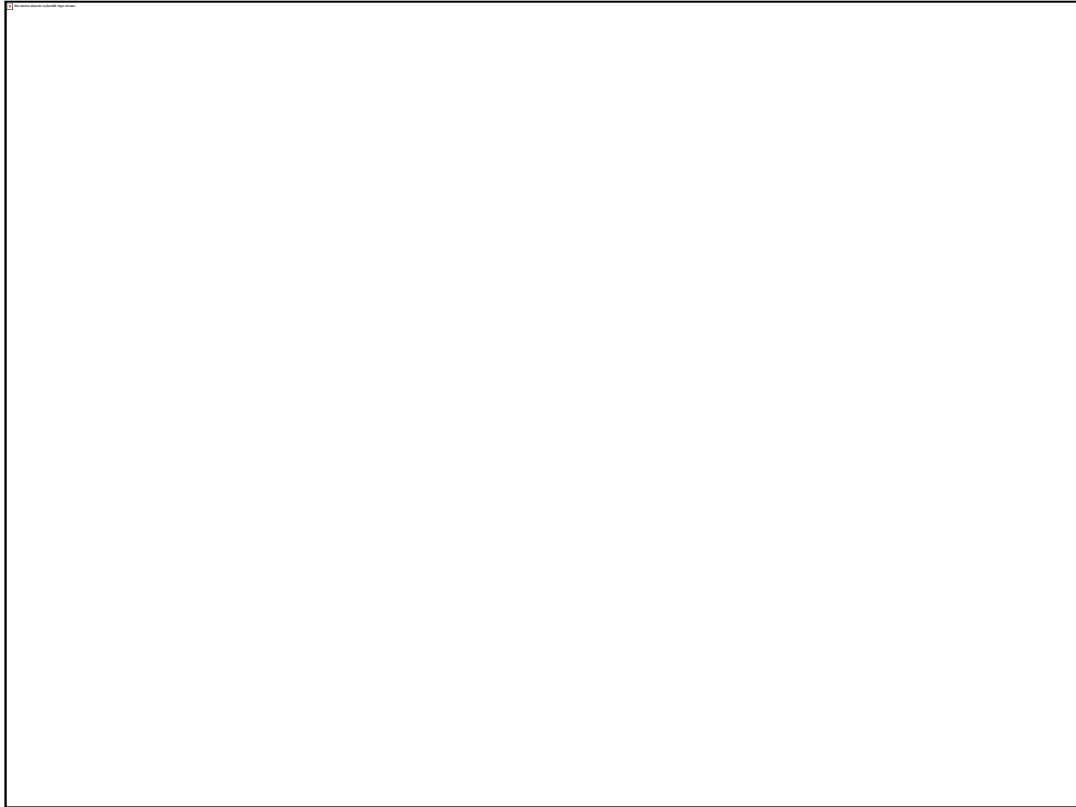


Dewastacja raf koralowych na skutek przełowienia przez człowieka – spada liczba wielkich ryb na rzecz malutkich, spada liczba drapieżników szczytowych, wzrasta liczba chwastu rybiego, maleje pokrycie koralowcami i CCA (crustose coralline algae = krasnorosty) na rzecz glonów. To jest kaskada troficzna.

Sandin et al, 2008, PLOS one,

(Kiritimati = Wyspa Bożego Narodzenia, leży prawie na samym równiku i na linii zmiany daty – mieszkańcy jako pierwsi zawsze witają nowy rok)

ŹRÓDŁA HYDROTHERMALNE (CIEPLICE GŁĘBINOWE)



Kolejny biom oceaniczny, bardzo ważny ze względu na swoją odrębność od wszystkich innych biomów na Ziemi, jest biom źródeł hydrotermalnych. Jedyne biom, o dużym bogactwie taksonomicznym, którego podstawą nie jest fotosynteza, lecz chemosynteza.

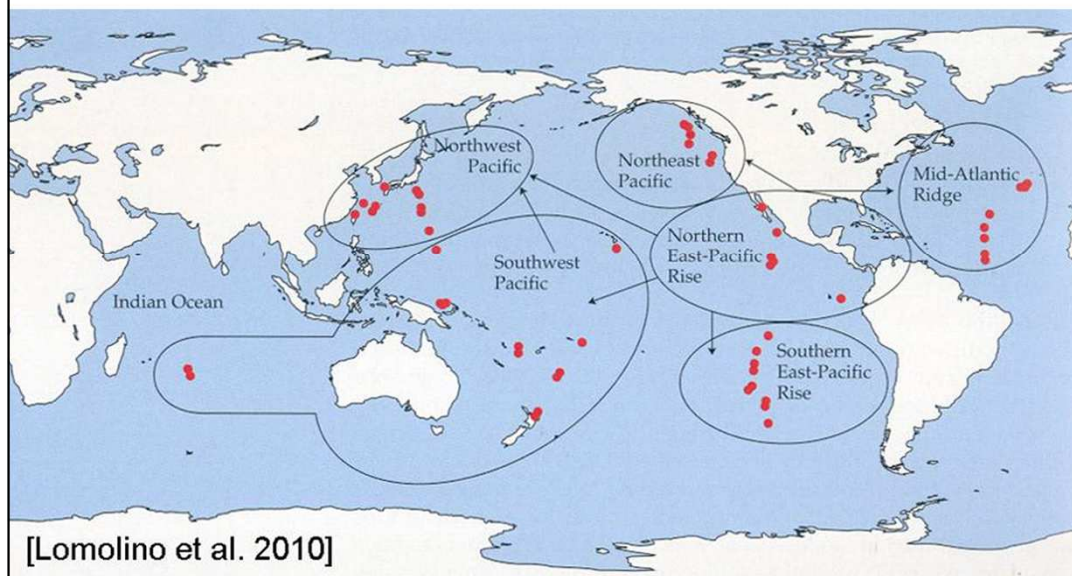
Ekosystemy źródeł hydrotermalnych odkryto w r. 1977, dzięki swobodnie nurkującemu batyskafowi załogowemu „Alwin”, zdolnemu do prowadzenia badań i obserwacji na głębokości rzędu 2 km.

Lądowanie na Księżycu: 1969



Ekosystemy źródeł hydrotermalnych odkryto dopiero 8 lat po lądowaniu człowieka na Księżycu!

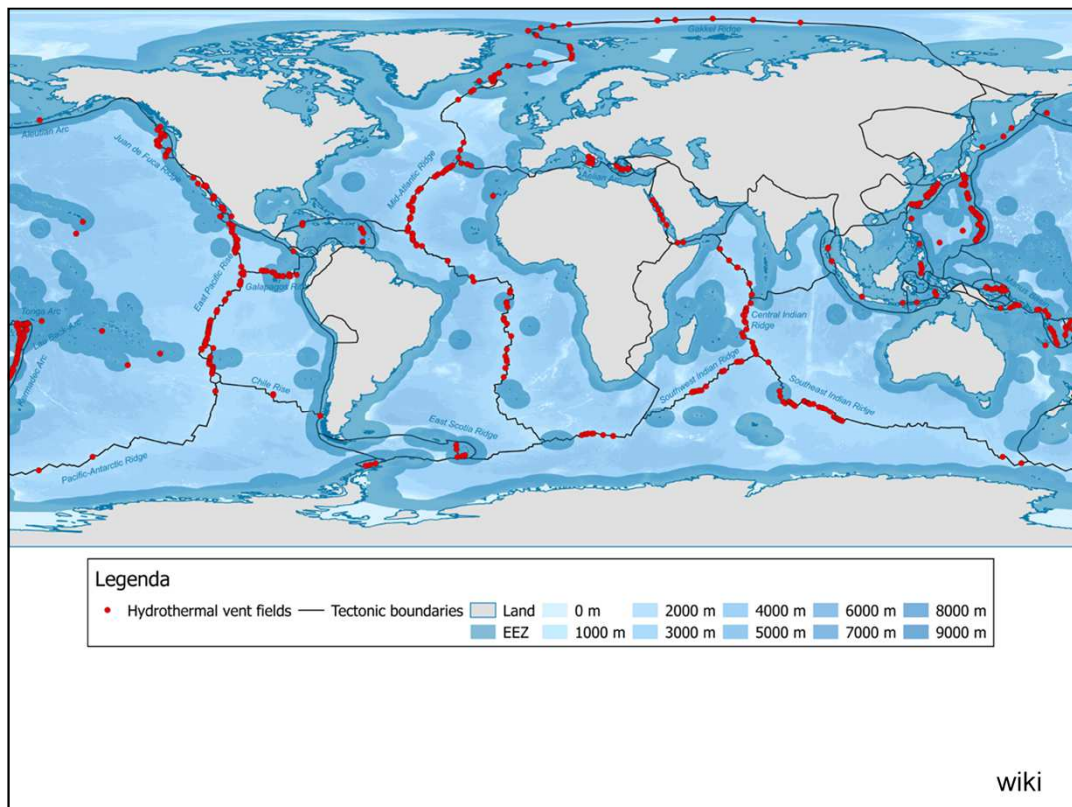
ROZMIESZCZENIE ŹRÓDEŁ HYDROTHERMALNYCH

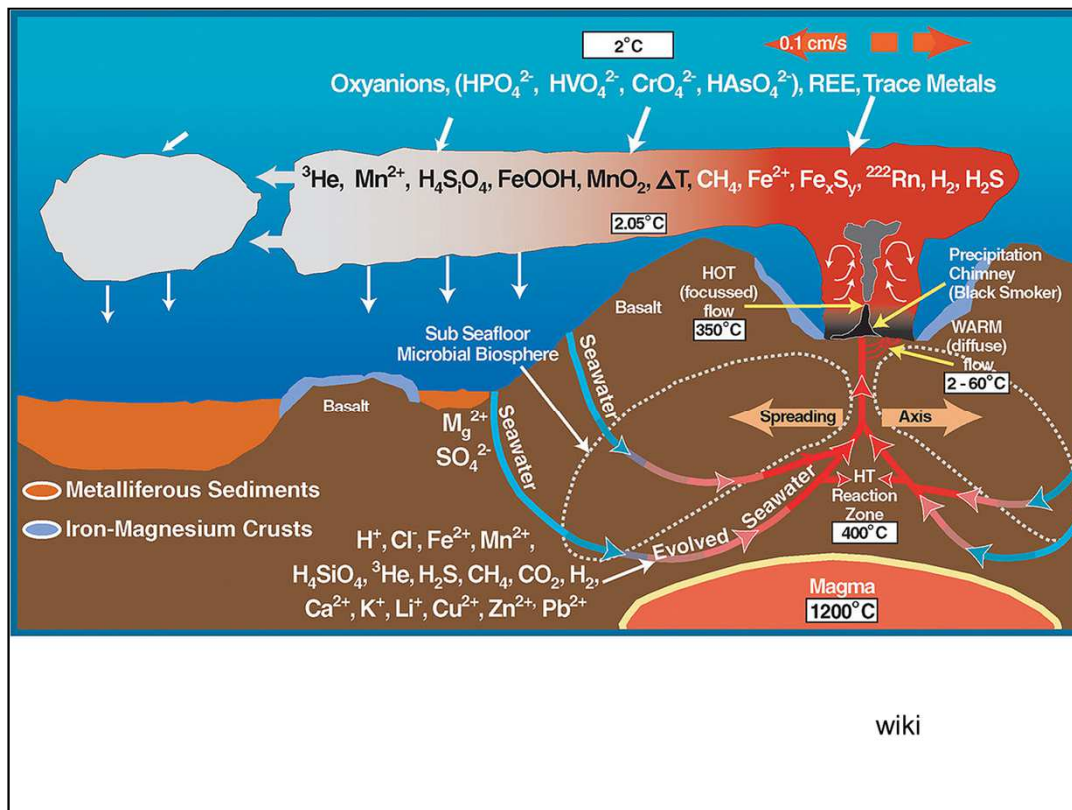


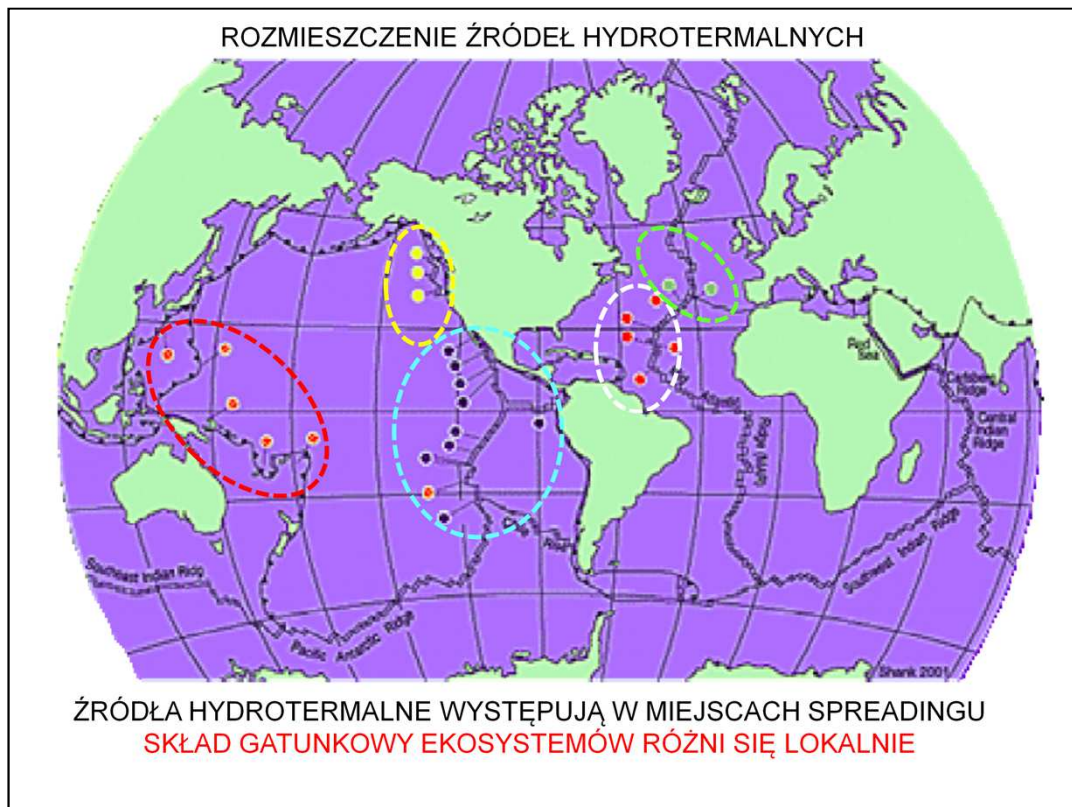
[Lomolino et al. 2010]

z Bachraty et al. 2009

Od tego czasu odkryto dziesiątki głębinowych „oaz” gdzie kwitnie bogate życie.



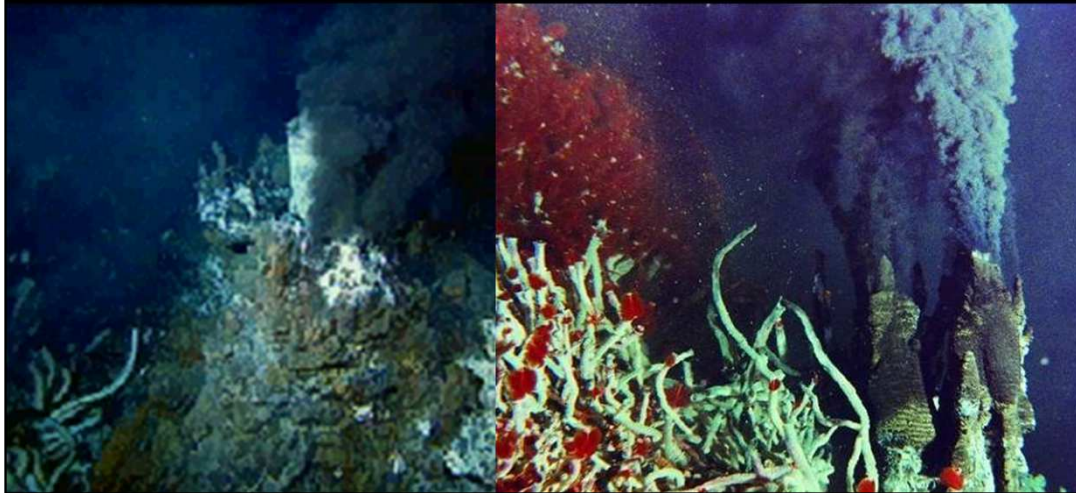




Ich położenie związane jest z miejscami spreadingu (rozchodzenia się płyt tektonicznych, czemu towarzyszy lokalny wulkanizm).

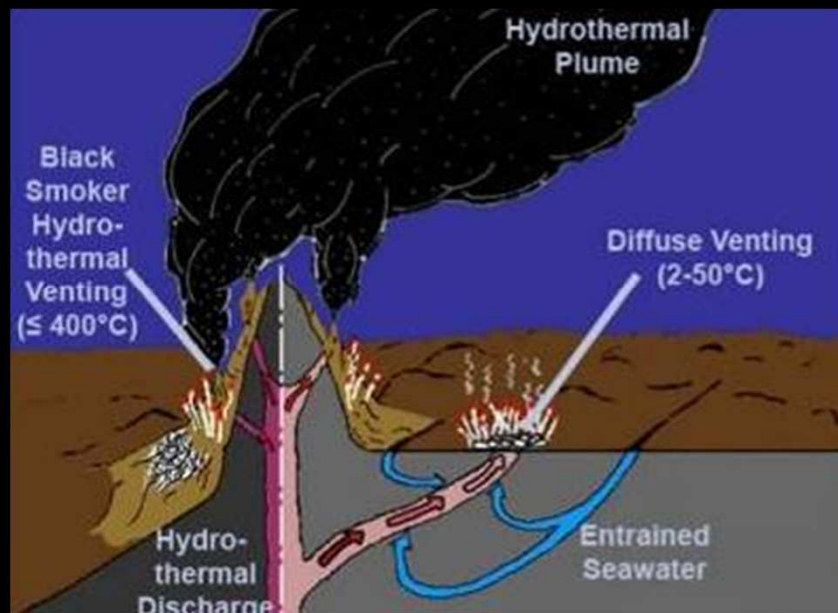
ŹRÓDŁA HYDROTHERMALNE – EKOSYSTEMY CHEMOAUTOTROFICZNE

„BLACK SMOKERS”



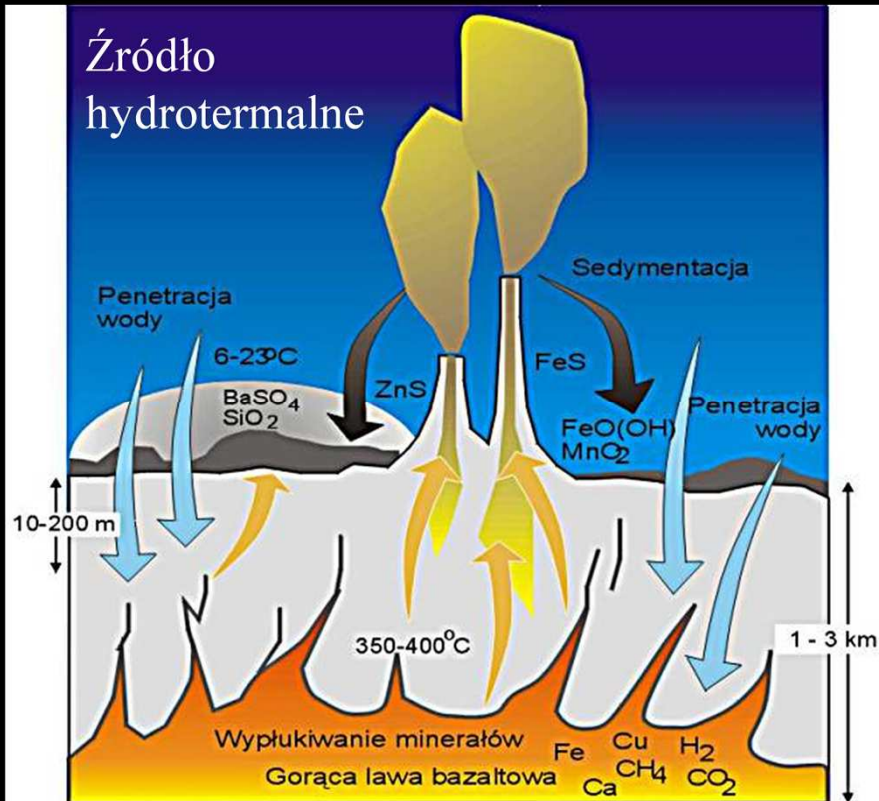
Typowa oaza hydrotermalna składa się z gorącego źródła, wyrzucającego wodę o temperaturze kilkuset stopni (przy takim ciśnieniu woda nie wrze), zawierającą znaczne ilości rozpuszczonych soli, w tym siarczków metali (żelaza, cynku), które natychmiast się wytrącają. Źródło wyrzuca również dwutlenek węgla, czasem metan. Obok rozwijają masowo się maty wolnożyjących bakterii chemoautotroficznych (siarkowych), oraz kolonie bezkręgowców żerujących na tych matach, lub posiadających chemoautotroficzne bakterie wewnątrz ciała, jako endosymbionty. Najbardziej okazałe są robaki w rodzaj. *Ryftia*.

$t = 60 - 464^{\circ}\text{C}$



Schemat przedstawia zasadę funkcjonowania „czarnego kopciucha”: woda oceaniczna penetrująca przez szczeliny (entrained seawater) w skalistym dnie, dosięga gorącej magmy. W kontakcie z nią zostaje nagrzana, rozpuszczają się w niej rozmaite związki, a następnie jest wyrzucana pod ciśnieniem przez inną szczelinę. Wytrącające się związki tworzą wokół tej wylotowej szczeliny stożek, zwężający się niekiedy do wąskiej rury.

Źródło hydrotermalne

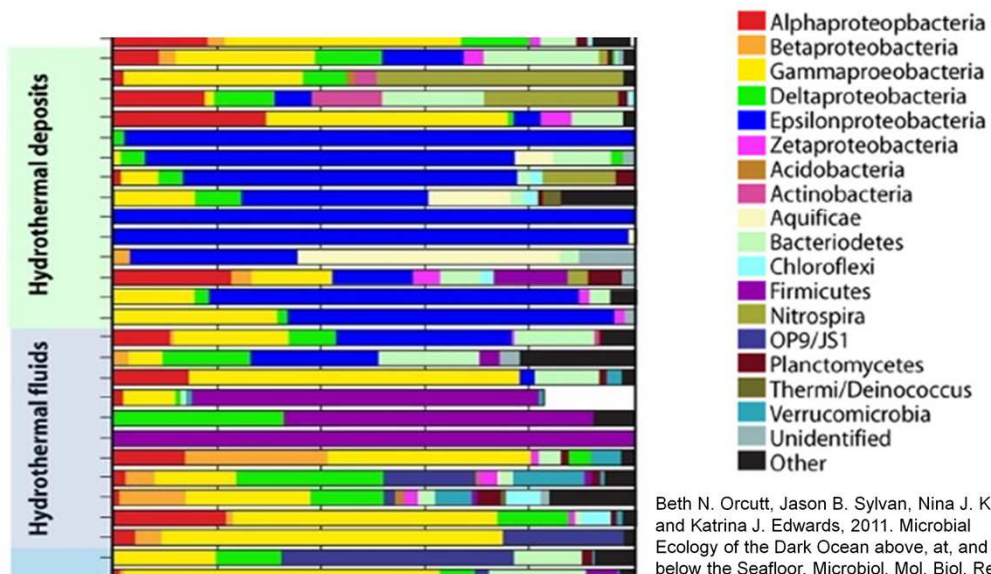


Bogaty mikrobiom

- Wolnożyjące litochemoautotrofy
- Bakterie i Archeony
- Termofile i Hypertermofile
- Symbionty

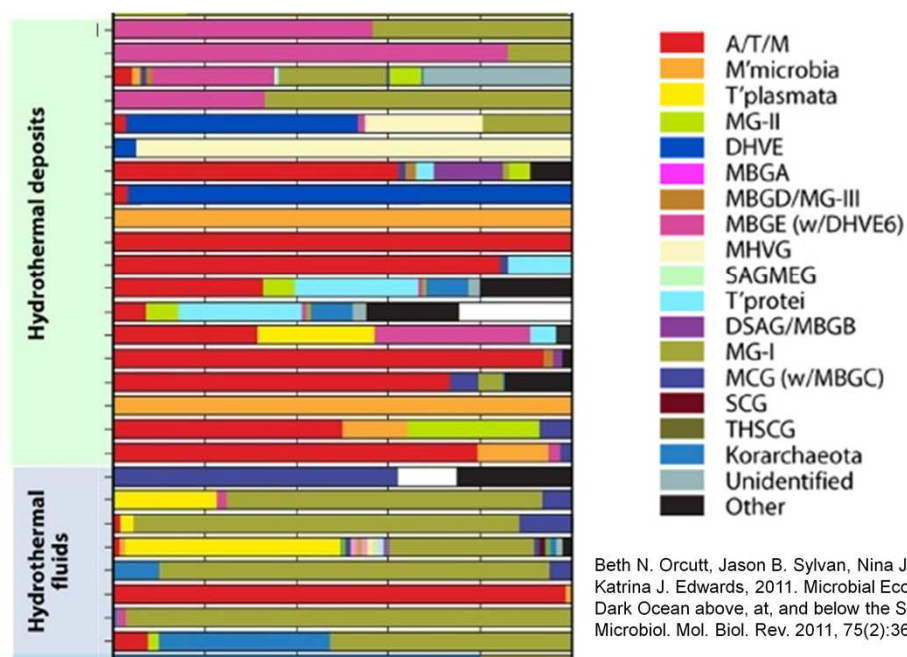
Do fauny źródeł zaliczają się małże, krewetki i robaki – wszystkie będące endemitami w tych środowiskach, w większości symbiotyczne z bakteriami siarkowymi; do tej pory zidentyfikowano ponad 500 gatunków. Bardzo bogaty i zróżnicowany jest mikrobiom źródeł hydrotermalnych.

ZESPOŁY BAKTERII (% TAKSONÓW) ŹRÓDEŁ HYDROTHERMALNYCH



Beth N. Orcutt, Jason B. Sylvan, Nina J. Knab and Katrina J. Edwards, 2011. Microbial Ecology of the Dark Ocean above, at, and below the Seafloor. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2011, 75(2):361.

ZESPOŁY ARCHEONÓW (% TAKSONÓW) ŹRÓDEŁ HYDROTHERMALNYCH



Beth N. Orcutt, Jason B. Sylvan, Nina J. Knab and Katrina J. Edwards, 2011. Microbial Ecology of the Dark Ocean above, at, and below the Seafloor Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2011, 75(2):361.

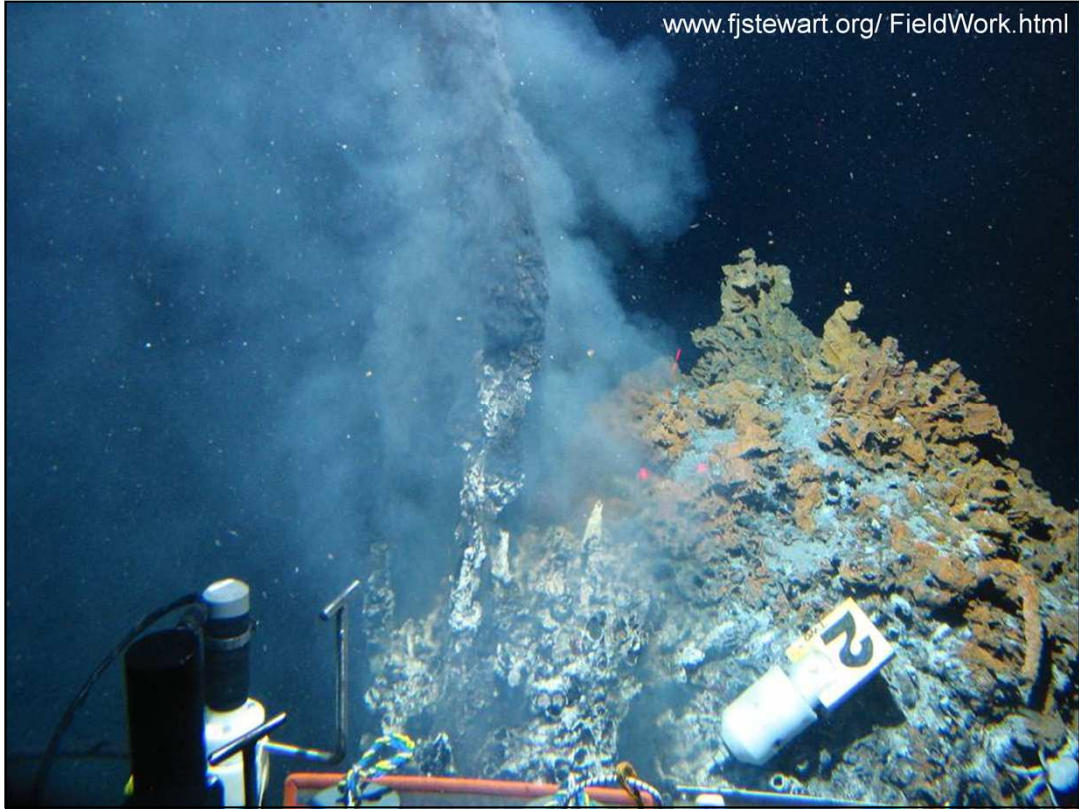
Fauna źródeł hydrotermalnych

- małże (i inne mięczaki)
- krewetki
- robaki (*Riftia pachyptila*)
- szkarłupnie
- jamochłony
- ryby\
- ...
- Łącznie ponad 500 gatunków endemicznych

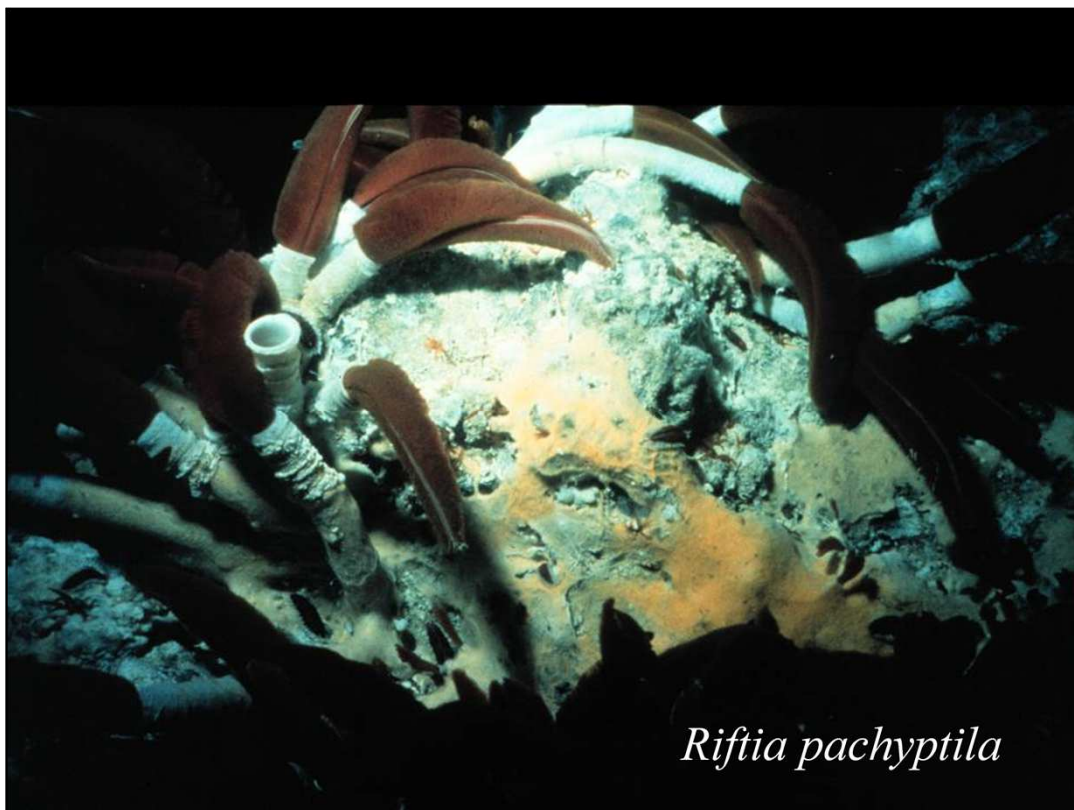
Do fauny źródeł zaliczają się małże, krewetki i robaki – wszystkie będące endemitami w tych środowiskach, w większości symbiotyczne z bakteriami siarkowymi; do tej pory zidentyfikowano ponad 500 gatunków.

POZIOMY TROFICZNE ŹRÓDŁA HYDROTHERMALNEGO Lein et al 2001		
OGANIZMY	ODŻYWIANIE	STANOWISKO
Maty bakteryjne na strukturze siarkowej	Chemoautotrofia(+ metanotrofia?)	Aktywne kominy
<i>Rimicaris exoculata</i> (Decapoda)	Symbiotrofia	Aktywne kominy
<i>Mirocaris fortunata</i> (larwy) (Decapoda)	Detrytofagia/drapieżnictwo	Ciepły wyciek, Struktury nieaktywne
<i>Bathymodiolus</i> aff. <i>azoricus</i> (Bivalvia)	Symbiotrofia (dwa typy bakterii) /sestonofagia	Ciepły wyciek
<i>Bathymodiolus</i> aff. <i>azoricus</i> (Bivalvia)	Sestonofagia	Ciepły wyciek, Struktury nieaktywne
<i>Ophiactenella acies</i> (Ophiuroidea)	Spasanie	Ciepły wyciek, Struktury nieaktywne
Gorgonaria, Gen.sp.	Sestonofagia	Struktury nieaktywne
Pennatularia, Gen.sp.	Sestonofagia	Struktury nieaktywne
<i>Altiterruca longicarinatum</i> (Cirripedia)	Sestonofagia	Struktury nieaktywne
Spongia, Gen.sp.	Sestonofagia	Struktury nieaktywne
<i>Phymorhynchus moskalevi</i> (Gastropoda)	Drapieżnictwo	Ciepły wyciek
Amphipoda, Gen.sp.	Drapieżnictwo	Struktury nieaktywne
<i>Branchipolynoe</i> aff. <i>seepensis</i> (komensal mały) (Polychaeta)	Drapieżnictwo	Ciepły wyciek
<i>Segonzacia ?mesatlantica</i> (Decapoda)	Drapieżnictwo	Ciepły wyciek, Struktury

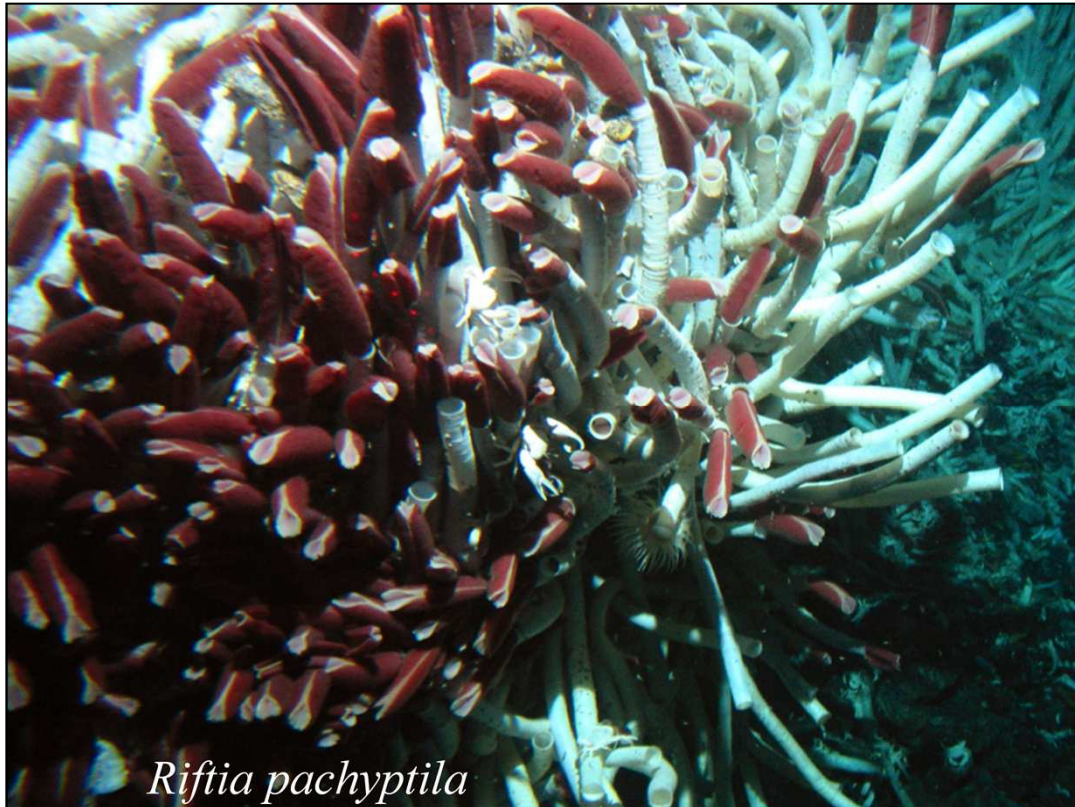
W źródłach hydrotermalnych można prześledzić wielopoziomowe sieci troficzne, oparte o funkcjonowanie bakterii chemosyntetyzujących.



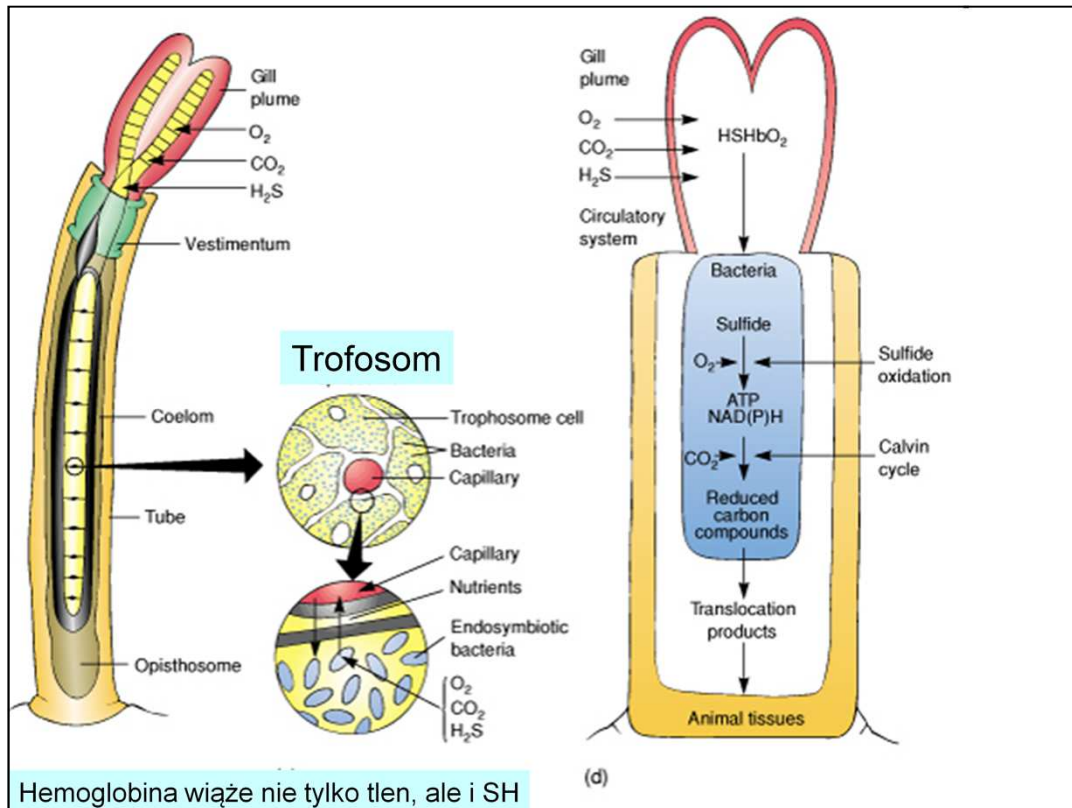




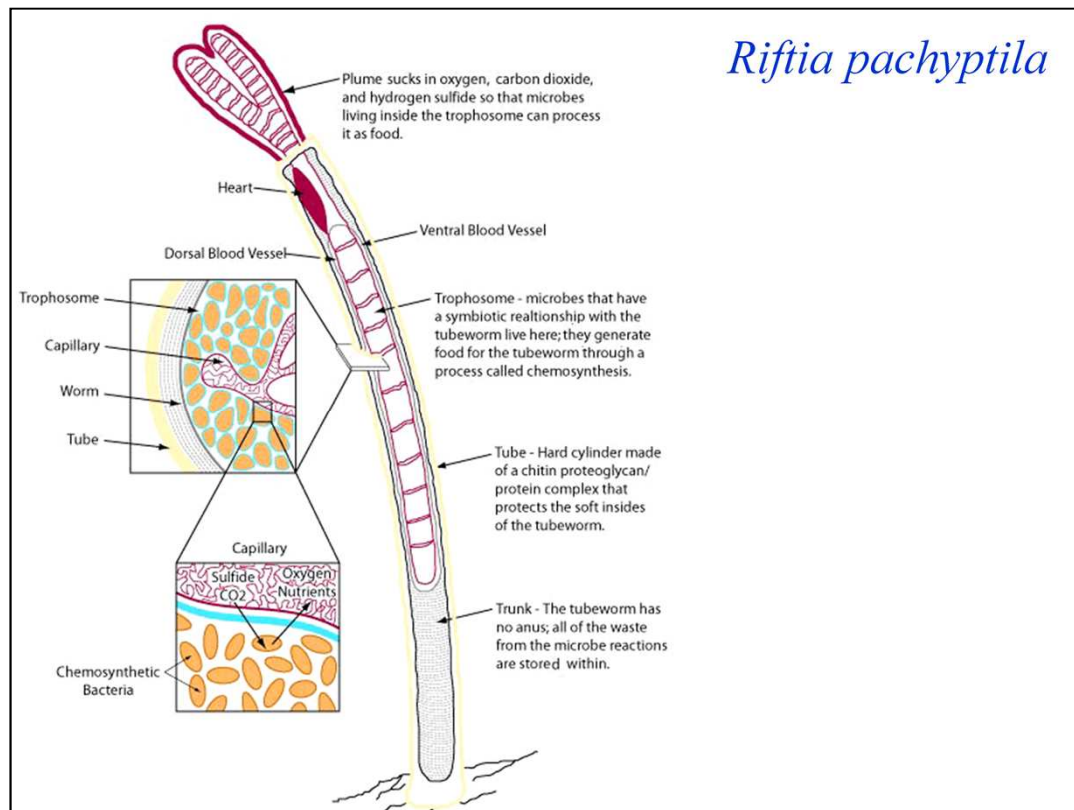
Riftia pachyptila



Najbardziej charakterystycznym gatunkiem jest wielki osiadły robak, *Riftia pachyptila*, żyjący w chitynowych rurach średnicy 5-7 cm i wysyconych rodzimą siarką, która wytrąca się przy utlenianiu siarczków. Białozółtą rurę wieńczy wachlarz czerwonych (od hemoglobiny) skrzel.



Skrzela służą do pochłaniania z wody rozpuszczonego siarkowodoru (jony siarczkowe), dwutlenku węgla i tlenu, w czym pośredniczy hemoglobina (transportuje nie tylko tlen, ale również SH). Większość objętości wewnątrz rury zajmuje specjalny narząd – trofosom – będący kolonią bakterii siarkowych, które żyją endosymbiotycznie w komórkach trofosomu. Dokonują one utlenienia siarkowodoru i redukcji dwutlenku węgla.



Układ krwionośny wraz sercem zapewnia obieg substratów i produktów metabolizmu.



Ridgeia piscesae

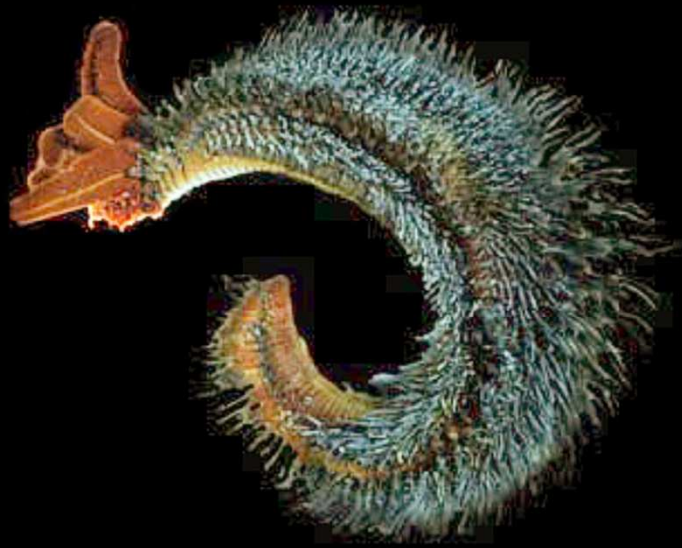
Juan de Fuca Ridge

Innym gatunkiem robaka o podobnym metabolizmie do Ryftii jest *Ridgeia piscesae*, występująca w źródłach hydrotermalnych grzbietu Juan de Fuca. Odnacza się bardzo zmiennym kształtem i rozmiarami ciała.



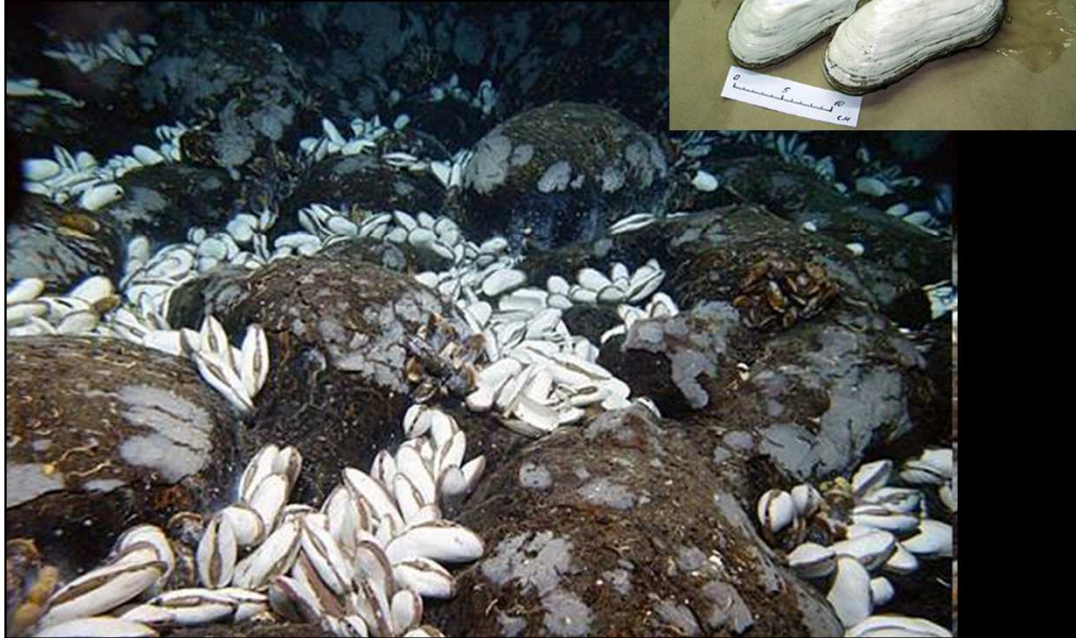
Alvinella pompeiana
Termofilny wieloszczet

Oprócz osiadłych robaków symbiotyczne bakterie wykorzystują też mięczaki – np. ślimak.



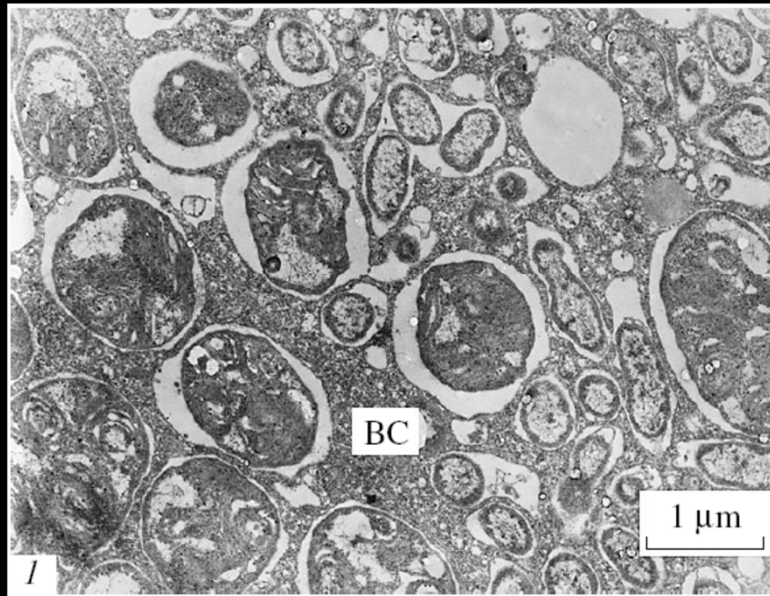
Alvinella pompejana [wieloszczet termofilny]

Calyptogenia magnifica



Typowym gatunkiem jest olbrzymi małż, *Calyptogenia magnifica*, w którego skrzelach też żyją bakterie siarkowe

Endosymbiotyczne, chemoautotroficzne bakterie
w komórkach skrzeli małża *Bathymodiolus* aff. *azoricus*



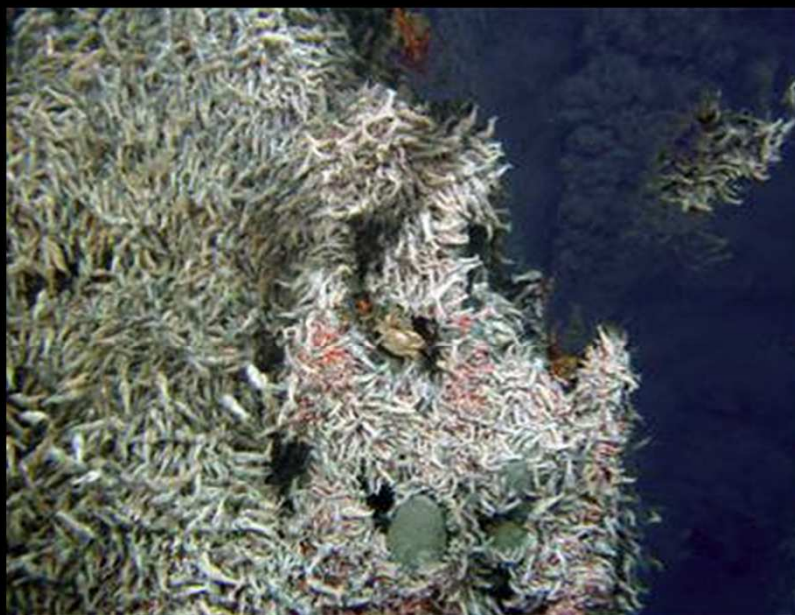
A. Yu. Lein et al. 2001

Komórki skrzeli innego małża, zawierające bakterie chemoautotroficzne.



Bathymodiolus thermophilus mussels,
EPR. (Photo: ILGN)

Kolonia tych małży.



Krewetki *Rimicaris exoculata*

Copyright Ifremer –Exomar expedition

Chmary krewetek *Rimicaris exoculata* u wylotu czarnego komina.
Copyright Ifremer –Exomar expedition

Węgorzyce, *Ryftia* i małże.



W ekosystemach źródeł hydrotermalnych występują również endemiczne gatunki ryb węgorzycowatych (Zoarcidae), które są szczytowymi drapieżcami w tych ekosystemach.

„HYDROTHERMAL VENTS“, „BLACK SMOKERS“

<https://www.youtube.com/watch?v=rTR6gGDWcJk>

„ALKALINE HYDROTHERMAL VENTS“, „LOST CITY“

https://www.youtube.com/watch?v=F7wnrE3_i8A

„WHITE SMOKERS”, „LOST CITY”



2000

CH_4, H_2

~~$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}$~~

pH = 9-11

t = 40 – 90°C



W grudniu 2000 r. odkryto inny rodzaj głębinowych gorących źródeł, których przykładem jest „Zagubione Miasto” (ang. Lost City) na Atlantyku. Źródła te różnią się znacznie od „czarnych kominów”: mają niższą temperaturę (40 do 90°C), silnie zasadowy odczyn (pH 9-10), obficie wydzielają metan, wodór cząsteczkowy i węglowodory, natomiast nie ma tam wiele ditlenku węgla, siarkowodoru ani siarczków metali. Z wytrącającego się węglanu wapnia powstają tam białe jak alabaster kominy o wysokości 30-60 m. Dane izotopowe świadczą, iż „Zagubione Miasto” funkcjonuje na swoim miejscu nie mniej niż od 30 000 lat, co setki razy przewyższa lokalną żywotność „czarnych kominów”. Stwierdzono, iż w warunkach zasadowych źródeł hydrotermalnych dochodzi do abiotycznej produkcji węglowodorów. Podstawą ekosystemów rozwijających się przy źródłach tego typu są metanotroficzne Archea i inne mikroorganizmy, występują też liczne bezkręgowce, których różnorodność nie ustępuje zespołom z wulkanicznych czarnych kominów, ale biomasa jest niższa.



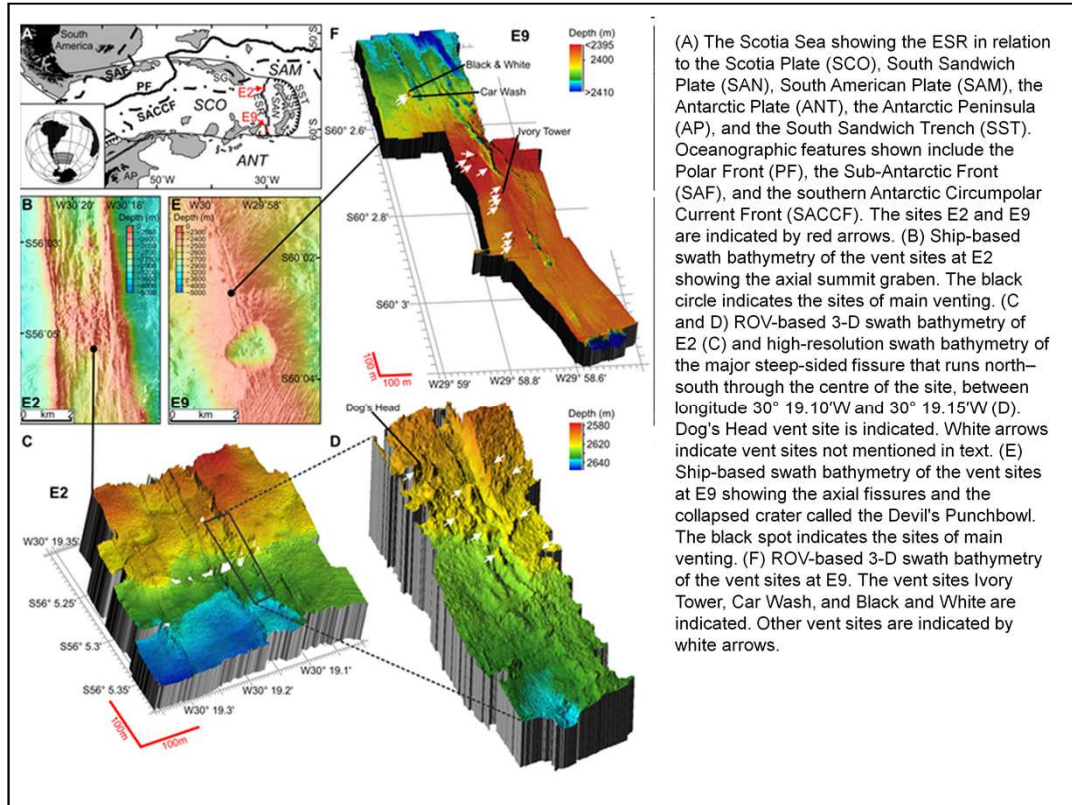
ROV „Hercules” w Lost City

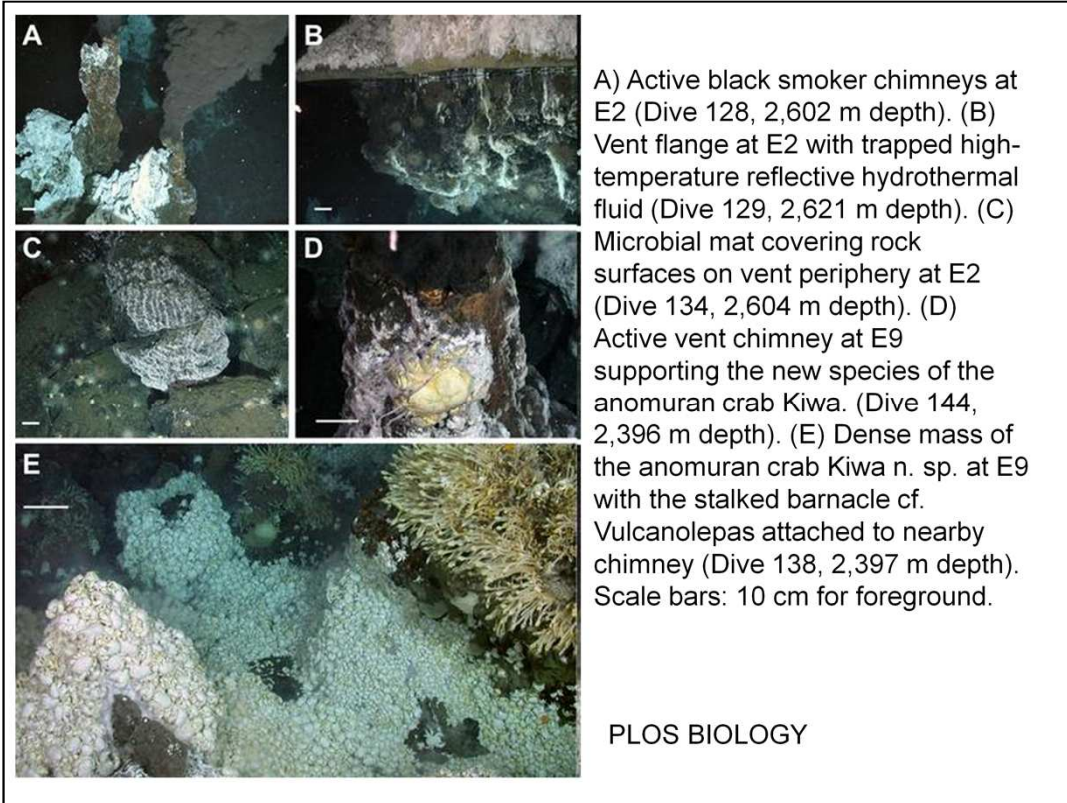
Image courtesy of IFE, URI-IAO, UW, Lost City science party, and NOAA.

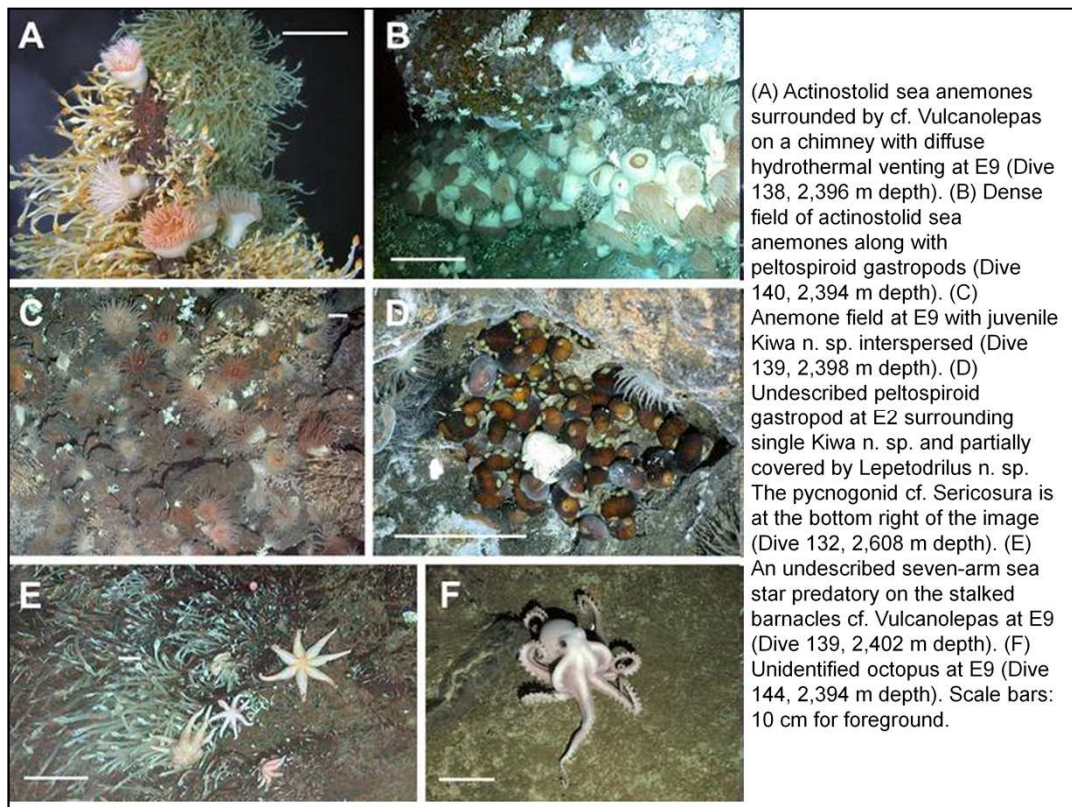
Penetracją tych źródeł zajmują się zdalnie sterowane roboty podwodne, Herkules i Argus.

Nowoodkryte (2011) źródła hydrotermalne

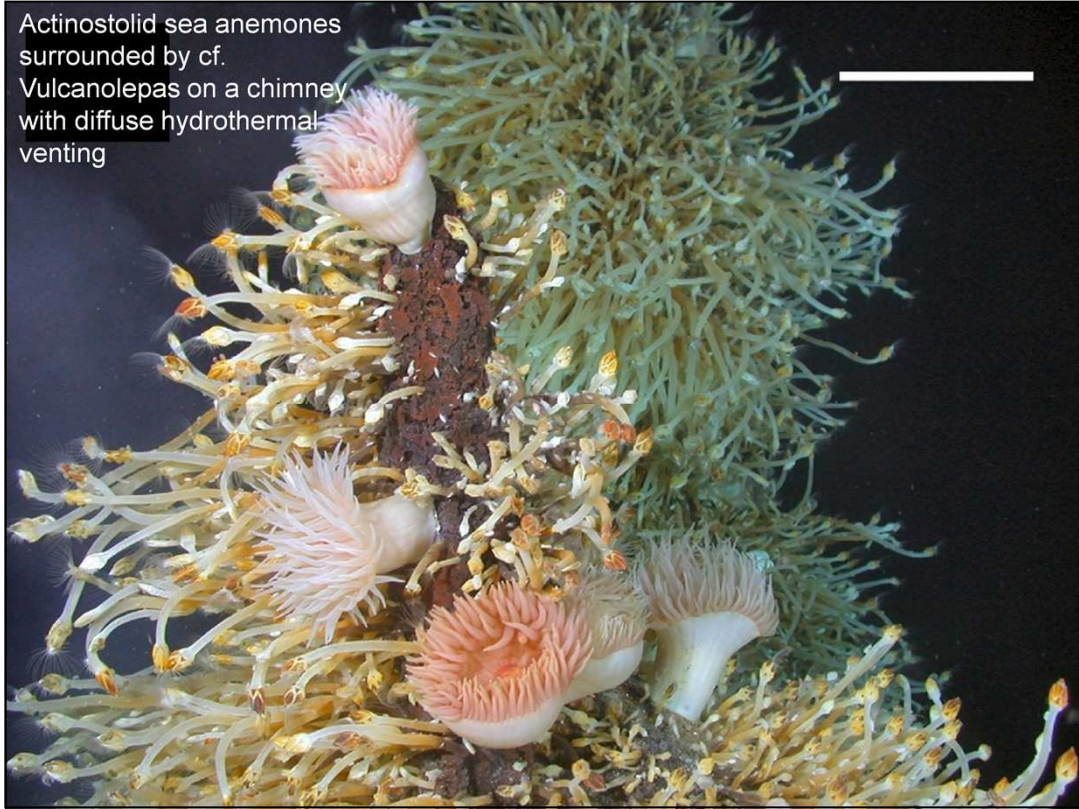
PLOS Biology







Actinostolid sea anemones
surrounded by cf.
Vulcanolepas on a chimney
with diffuse hydrothermal
venting



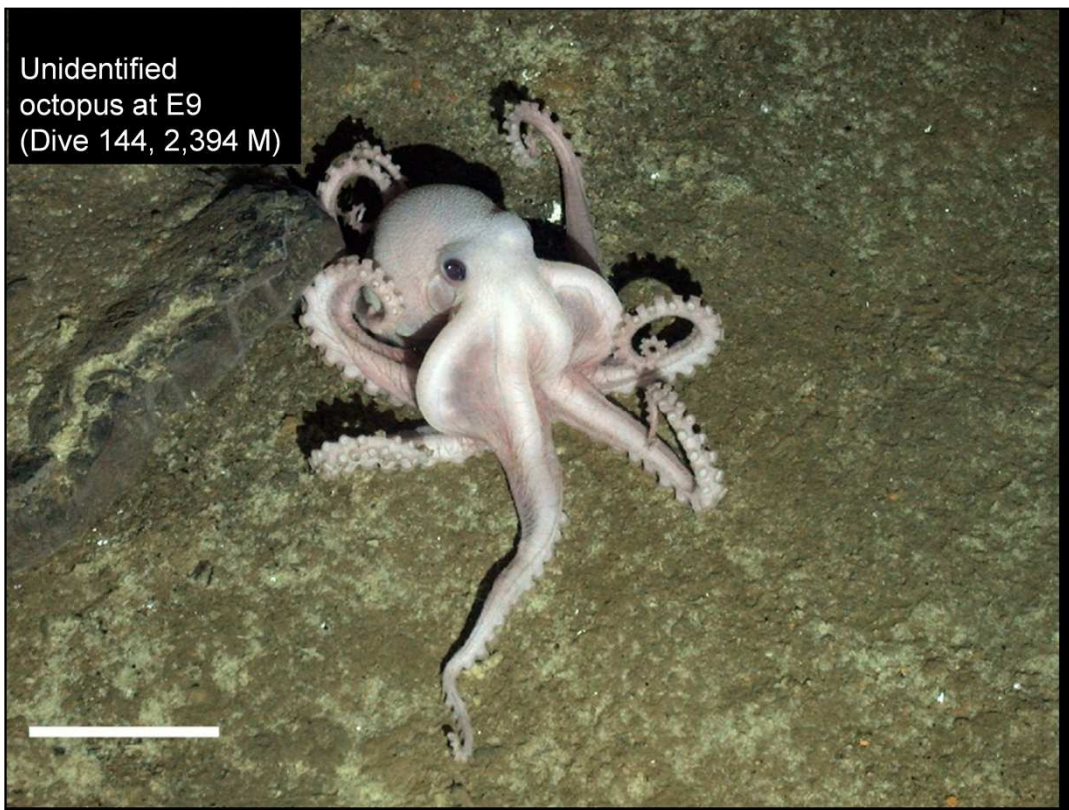
Undescribed peltospiroid gastropod at E2 surrounding single Kiwa n. sp. and partially covered by Lepetodrilus n. sp. The pycnogonid cf. Sericosura is at the bottom right of the image

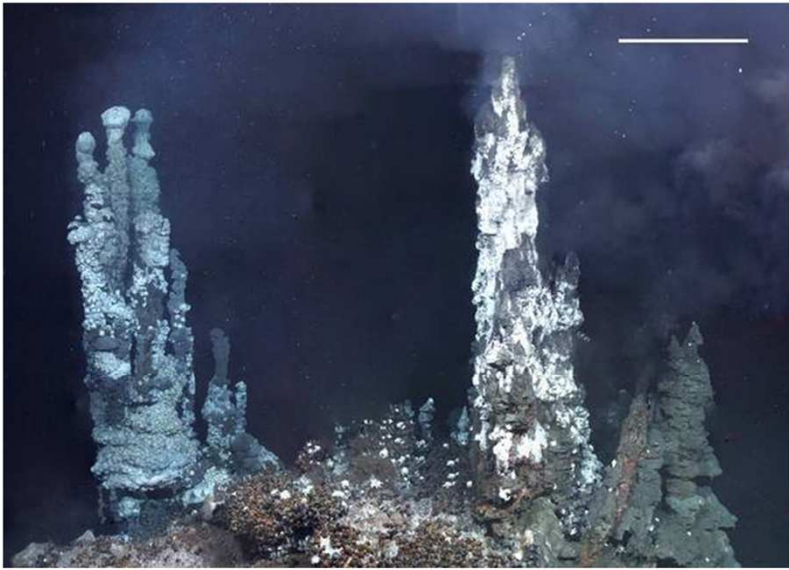


An undescribed seven-arm sea star
predatory on the stalked barnacles cf.
Vulcanolepas



Unidentified
octopus at E9
(Dive 144, 2,394 M)





The vertical chimneys are covered with the anomuran *Kiwa n. sp.*, and the area between the chimneys is occupied primarily by an undescribed peltospiroid gastropod (Dive 142, 2,398 m depth, ROV heading 090°). Scale bar: 1 m for foreground. Collage created by L. M.

