

Rafa [daw. niem. *ref*]

1. **skała, wał** lub **grzbiet podwodny** leżący na małej głębokości lub wystający nieco ponad wodę;
2. **mielizna** o twardym gruncie (mielizna to część dna o głębokości do **10m**.

(a więc nie każda rafa musi być koralowa i nie każda musi być w morzu)

Rafy zajmują około 10 mln km² (czyli tyle co powierzchnia Europy), ale stanowią zaledwie 0,2% dna morskiego.

Struktury ”rafopodobne”:

Bioherma – wapienie organogeniczne w formie soczewki, utworzone ze szkieletów i skorup osiadłych organizmów morskich (np. koralowców, gąbek, mszywiołów, glonów).

Biostroma – ławica wapienia organogenicznego, utworzona ze szczątków osiadłych organizmów zwierzęcych i/lub szczątków roślinnych, występujących w miejscu ich życia.

Dawni budowniczy raf

Kambr – archeocjaty (wymarłe gąbki), glony

Ordowik – mszywioły i korale denkowe (?) *Tabulata*, stromatoporoidy (korale? Gąbki?)

Sylur, Devon, Karbon – korale denkowe i czteropromienne, stromatoporoidy

Perm – gąbki osiadłe i osiadłe ramienionogi

Mezozoik – prymitywne korale sześciopromienne, potem małże rudysty

Kenozoik – głównie koralowce oraz glony zwłaszcza krasnorosty.

W Polsce wapienie rafowe znane są z kredy Tatr, z dewonu, karbonu i górnej jury Gór Świętokrzyskich, górnej jury Karpat Zewnętrznych i przedgórze Karpat.

Prędkość rośnięcia raf zróżnicowana – przeciętnie około 2cm na rok (3mm – 10cm rocznie).

Grubość współczesnych raf koralowych – przykłady: Atol Funafuti >360m, Atol Bikini >780m, Atol Eniwetok (zaczął się tworzyć w eocenie) 1267 i 1405m.

Na dużych głębokościach są rafy martwe, gdy dno zapada się z prędkością powyżej 1mm na rok. Obniżanie się ładu od eocenu 0,023 mm/rok w ciągu ostatnich 8 mln lat 0,06 mm/rok. Ostatnio już około 1 mm/rok co jest tuż przy granicy prędkości przyrostu rafy.

Dlaczego rafy są tak produktywne mimo że morze wokół jest tak ubogie w biogeny?

Z koralami madreporowymi żyją w symbiozie glony, co sprawia że rafa koralowa jest zespołem samowystarczalnym, jednym z najbardziej zróżnicowanych, najbogatszych i najbardziej produktywnych ekosystemów na Ziemi. Stosunek P/R wynosi około 1 co oznacza że jest to zespół klimaksowy.

Symbiotyczne bruzdnice (ZOOXANTINELLA) nowy rodzaj *Symbiodinium*, w tkankach polipa, w gastrodermie.

Dwa inne gatunki, zielenice z rodzaju *Siphonales* w szkieletach wapiennych, wokół ciała polipów lub pod nimi. Nawet powyżej 30000 komórek na 1 mm³ ciała koralu.

Pobrane przez polipy fosfor krąży między nimi a glonami. Glony wychwytyują CO₂, co ułatwia odkładanie CaCO₃. Ważniejsza jest jednak ich rola w formowaniu szkieletu rafy, niż dla odżywiania, chociaż korale korzystają z ich produktów fotosyntezy głównie z glicerolu. CaCO₃ jest odkładany 10x szybciej na świetle i tempo odkładania maleje gdy koral jest pozbawiony

glonów.

Budowniczość współczesnych raf koralowych

Korale madreporowe (rafotwórcze/rafowe/kamienne) MADREPORARIA (SCLERACTINIA) około 2500 gatunków (na 6500).

Wolne przestrzenie między szkieletami koralu wypełniają szczątki szkieletów szkarłupni, mszywiolów, osiadłych wieloszczetów, muszli mięczaków, pancerzyków otwornic, pancerzy skorupiaków (pąkle i kaczenice), a także piasek i muł wapienny ze zniszczonych szkieletów, oraz osady pochodzenia chemicznego i terygenicznego. Porowatość rafy wynosi od 25 do 50%.

Skład współczesnych bioherm w %

	Ławica Bahamska	Wybrzeże Florydy
Głony wapienne	18	25
Małże	12	17
Otwornice	17	9
Korale	8	9
Skorupiaki	1	1
Inne składniki wapienne	14	11
Materiał terygeniczny	19	27

Nie wszystkie korale są rafotwórcze – niektóre są miękkie.

Wymagania środowiskowe

- Temperatura wody 18-35 st. C, (najchętniej 20,5-25) – dlatego np. niewiele jest ich w zatoce Perskiej, gdzie zimą jest 13-14 st. C a latem 32-35.
- Zasolenie 27-40 promili.
- Woda czysta bez zawiesin.
- Twarde dno.
- Nie mogą pozostawać poza wodą dłużej niż 2-3 h.

Obszar występowania

Szelf strefy tropikalnej i subtropikalnej po obu stronach równika, do 32°30' N (lub 30°N) i 30°S (lub 27°S), głównie wzdłuż zachodnich wybrzeży Oceanu Atlantyckiego i Indyjskiego oraz wokół wysp Indopacyfiku.

Najdalej na północ: Archipeląg Bermudy na Morzu Sargassowym (35°N) – efekt ciepłego prądu Zatokowego, wybrzeża Florydy, północna część Morza Czerwonego.

Ale znaleziono też rafy koralowe niedaleko wyspy Auckland (465km na północ od Nowej Zelandii), oraz od Cieśniny Gibraltarskiej do wybrzeży Norwegii i Islandii.

Zasięg pionowy: nie mogą żyć poniżej 40-60m (głównie do 20-30m), ze względu na zbyt niską temperaturę, brak światła, oraz muliste osady dennego.

U północnych wybrzeży Nowej Zelandii: żywa rafa na głębokości około 400m, koło wyspy Auckland na głębokości 280-320m, etc. a na północnym martwe ławice *Lophelia* sp. do 1000m.

Rodzaje raf koralowych:

Przybrzeżna – wał obrzeżający ląd. Powstaje w niewielkiej odległości od lądu, narastając od strony otwartego morza.

Barierowa – wał biegnący wzdłuż lądu, oddzielony od niego płytką laguną, powstaje w wyniku przekształcenia rafy przybrzeżnej w wyniku powolnego zapadania się wybrzeża z jednoczesnym wzrostem koralu madreporowych ku górze.

[**Platformowa** – płaska o nieregularnym kształcie]

Pierścieniowa (atol) – tworząca pierścień dookoła laguny. Powstaje pierwotnie jako rafa przybrzeżna wokół wyspy. W wyniku powolnego zanurzania się wyspy rafa narasta ku górze uzyskując kształt kolisty i otacza płytką zatokę zwaną laguną.

Rozmiary raf koralowych

- Wielka Rafa Koralowa u wschodnich wybrzeży Australii – długość około 2300-3000km, szerokość średnio 60km, (2-200km), powierzchnia 230 000 km². 2100 pojedynczych raf i >100 wysepek otoczonych 540 rafami. Grubość warstwy koralowca >500m.
- Rafa wokół Nowej Kaledonii długości >1500km.
- Rafa Barierowa Belize (Wielka Zachodnia Rafa Koralowa/Rafa Koralowa Majów) – 260km.

W obrębie Wielkiej Rafy Koralowej żyje około 400 gatunków koralowców, około 1500-2000 gatunków ryb, 4000 gatunków mięczaków, 240 gatunków ptaków. W 1975 roku parlament Australii ustanowił na obszarze całej Rafy Park Narodowy.

Rozmiary atoli

jest ich około 300, połowa na Pacyfiku. Średnica to często 50-60km, średnia głębokość lagun około 30-50m, maksymalnie do 105m.

- Atol Truk (wyspy Karolińskie) – długość około 70km.
- Atol Menszikowa (około 80 wysepek, Archipelag Marshalla), długość laguny około 130km.
- Archipelag D-Entrecasteaux – atol 320x140km

teorie na to skąd się wzięły atole. Generalnie teoria Darwina jest najbardziej powszechna, czyli że są pochodzenia wulkanicznego.

Mieszkańcy raf koralowych

żyje tam około ¼ gatunków roślin i zwierząt, w tym 12 000 gatunków ryb. Liczne i skomplikowane zależności wewnątrz i międzygatunkowe.

Przegląd – obrazki, kolorowe rybki, etc. (papugoryby, rozkolce, rybki fugu, najeżkowate, kostery, ryby-motyle, ryby-anioly, skrzydlica – skorpenowate, węże morskie, małże współżyjące z glonami, wieloszczety, np. robak palolo, jeżowce)

Zagrożenia naturalne:

- Ulewy – styczeń 1918 r., Queensland 90cm/8 dni, w okresie dużych pływów; efekt do głębokości 3m; styczeń 1926 – na Tahiti.
- Ogryzanie przez ryby, wiercenie korytarzy przez bezkręgowce (gąbki, ślimaki, małże, jeżowce, wieloszczety).
- Zamulenie łem i piaskiem.
- Wysłodzenie/zamulenie wód → rozrost namorzyn, które „duszą” koral.
- Masowe ataki rozgwiazdy „korony cierniowej” niszczącej rafę, wiąże się to, nie wiadomo czy słusznie, z ociepleniem globalnym.

Zagrożenia antropogeniczne:

- Połowy ryb zarówno metodami tradycyjnymi jak i przez ogłuszanie dynamitem, dotyczy i raf i ławic głębinowych.
- Zaraza „oliwna” - zanieczyszczenia substancjami ropopochodnymi.

- Wydobywanie wapienia do celów budowlanych.
- Turystyka i nurkowanie.
- White syndrom – bielenie raf/biała zaraza, być może efekt ocieplenia klimatu (od 2002r. Przy stanach wyższej od średniej temperatury wody), powyżej 20 st. C koralowe doznają szoku termicznego i eliminują symbiotyczne glony.

Prognozy – to, jak sam kaznodzieja podkreślił jest mało istotne, bo prognozy są tylko prognozami. Przykład: >10% raf na świecie zostało zniszczonych, w ciągu kolejnych 100 lat zniknie dalsze 70%. Koralowce giną 20x szybciej niż lasy tropikalne, z powodu zmian klimatu.

Namorzyny, lasy mangrowe

Mangrowe – [ang. mangrove, od malajskiego mangl-mangl i ang. grove – gaj, lasek] formacja międzyzwrotnikowych wiecznie zielonych lasów i zarośli, niewysokich, zwykle 5-20m. Rzadziej 30-40m' *Rhizophora* i *Bruguiera* do 50m), gęstych o ubogim składzie gatunkowym, wyrównanym na dużych obszarach.

Drzewiaste zarośla halofitów z rodzajów (uwaga, będą grrrruube nazwy):

Rhizophora – srożypląt, korzeniara

Avicennia – rozcięża

Laguncularia – krasotlina

Sonneratia - pokłęk

o wysokim ciśnieniu osmotycznym w komórkach (niekiedy nawet ponad 10MPa).

Występowanie namorzyn

Płaskie, bagniste, piaszczyste a nawet torfiaste brzegi morskie w strefie pływów (Indo-Pacyfik i Atlantyk), zwłaszcza gdy zbyt niska temperatura lub dopływ wód rzecznych uniemożliwiają powstanie raf koralowych. Często w spokojnych wodach pomiędzy rafą koralową a brzegiem i w ujściach rzek, a nawet we wnętrzu atoli koralowych (szkodzą im fale przyboju).

Namorzyny **zachodnie** – Atlantyk, wybrzeża Afryki i Ameryki, oraz pacyficzne brzegi Ameryki – 3 rodziny, 4 główne gatunki.

Namorzyny **wschodnie** – wschodnie wybrzeża Afryki, południowe brzegi Azji, brzegi wysp Archipelagu Malajskiego i Oceanii, północne i północno-wschodnie brzegi Australii; 8 rodzin, 23 gatunki. U wybrzeży Azji 20 gatunków z czego wszystkie tylko u brzegów Jawy, Nowej Gwinei i Filipin. Czyli wschodnie są bogatsze taksonomicznie. Brak jest gatunków wspólnych!

Maksymalny zasięg na północ: Wyspy Japońskie, 32°N (*Rhizophora mucronata*) i północne brzegi Morza Czerwonego (Izrael).

Brzegi Florydy i Wyspy Bahama; sięgają do Bermudów.

Meksykańskie brzegi Pacyfiku aż po zatokę Kalifornijską.

Warunki środowiskowe

- drastyczne wahania zasolenia (efekt pływów, nasłonecznienia, opadów);
- duże wahania pH i stężenia tlenu (efekt szybkiego rozkładu materii organicznej w wysokiej temperaturze);
- silnie zaznaczona strefowość pozioma i pionowa wyznaczona przez poziom pływów;

Najdalej wysunięte w morze, między poziomem średniej niskiej wody, a średniej wysokiej wody, gatunki pionierskiego rodzaju korzeniara (*Rhizophora*) – liczne korzenie podporowe i pozorna

żyworoność (nasiona kiełkują na macierzystej roślinie i opadają na mulistne dno już jako w miarę ukształtowane rośliny, u *Rhizopora* hipokotyl do 1m).

Blżej brzegu (obszar średniej wysokiej wody do syzygijnej wysokiej wody, zalewany dwukrotnie w ciągu miesiąca) rozcięte i krasotliny – bez korzeni podporowych, ale z korzeniami oddechowymi.

Korzenie oddechowe (rodzaje *Avicennia* i *Laguncularia*) mocno zdrewniałe i rozgałęzione. Tlen wnika przez otwory zwane pneumatoforami.

Na korzeniach i pniach: ślimaki, małże (np. ostrygi), pąkle, ukwiały.

Układ piętrowy – od góry ślimaki, potem pąkle, niżej ostrygi, najniżej glony.

Na powierzchni mułu: gąbki, ukwiały, wieloszczety, alfeusze, pustelniki, kraby *Uca*, małże, ślimaki, węzowidła, rozgwiazdy, skrzypłocze i inne.

W mule: organizmy ryjące, np. małże z rodziny okładniczkowatych (Solenidae) i inne.

Liczne ptaki (pelikany, flamingi, czaple, ibisy, bociany, kuliki, płatkonogi, mewy, rybitwy i inne), jaszczurki, węże, krokodyle, małe ssaki drapieżne, małpy – w czasie odpływu żerują na dnie. Także tygrysy zjadające np. małże *Locan*.

Namorzyny osłaniają brzeg przed działaniem fal i erozją, ułatwiają osadzanie się mułu i przekształcanie litoralu w ląd.

95% produkcji pierwotnej dostaje się w postaci opadłych liści do wody, wchodząc w skład detrytusowego łańcucha pokarmowego i odgrywając istotną rolę jako źródło pokarmu w strefie przybrzeżnej. Są miejscem rozwoju młodocianych form wielu gatunków skorupiaków i ryb o znaczeniu przemysłowym.

Namorzyny mogą „dusić” rafy koralowe, zasypując je mułem z gnijącymi resztkami roślin - „namorzyny zjadają rafy koralowe”.

Estuaria

Estuarium [łac. *asteus* – pływ, przyływ; *aestuarium* – ujście rzeki, zatoka]

1. rozszerzone lejkowate ujście rzeki do morza, powstałe na skutek działania erozyjnego pływów; wody przyływu wdzierając się do ujścia rzek rozszerzają je, zaś prąd odpływowy wynosi przyniesione przez rzekę osady, uniemożliwiając powstanie delty; typowe e. mają Rzekę Świętego Wawrzyńca, Loara i Tamiza.
2. Strefa ujścia rzeki do morza, lub częściowo odcięty zbiornik wodny o swobodnym połączeniu z morzem. Także zabagnione doliny rzeczne, lejkowate ujścia rzek, delty, płytkie zalewy, błota w zasięgu pływów, fiordy, itp.

Ale wg Oduma (1969) estuaria to wszystkie ekosystemy przybrzeżne np. wybrzeże klifowe, skalisty litoral, piaszczyste plaże, kanały o silnych prądach pływowych, zamulone delty rzek, laguny hiperhaliczne, łąki „trawy morskiej”, środowiska arktyczne, rafy koralowe charakterystyczne ze względu na skrajnie stresowe warunki środowiska.

U nas np. Odra ma estuarium.

Zalew – płytka część morza, oddzielona mierzeją i połączona tylko niewielkim przesmykiem z morzem. Ma wody słonawe (estuarium).

Laguna, lagunowe jezioro – płytki zalew, zatoka lub nadmorskie jezioro powstałe na skutek odcięcia wód morskich lub przyujściowych przez mierzeję, naniesiona przez morze lub rzekę

(liman). Z czasem ulega zarośnięciu i zamuleniu → torfowisko. Może być jednym z typów estuarium.

Liman – typ jeziora lagunowego powstałego w delcie rzeki, przez odcięcie jej części od morza mierzeją, lub wdarcie się morza w odcinek ujściowy. Połączone z morzem lub zamknięte, w różnym stadium zarastania. Jeden z typów estuarium. Liczne na wybrzeżach M. Czarnego i Azowskiego w deltach Dunaju, Dniepru i Dniestru.

Fiord – zatoka morska, powstała przez zalanie morzem górskiej doliny lodowcowej, zwykle wąski, długi, rozgałęziony, o stromych brzegach, bardzo głęboki (do 1300m) przy ujściu wypłycony; jeden z typów estuarium.

Zależnie od proporcji wód słodkich i słonych wyróżniamy w estuariach różne strefy zasolenia (oligohalinową, miksohalinową i euhalinową, czyli pełnosłoną). Zasolenie zmienia się dobowo, sezonowo i rocznie.

Zmienne w czasie i przestrzeni warunki siedliskowe, hydrologiczne i chemiczne w efekcie stałego dopływu wód słodkich oraz okresowych wlewów wód morskich (przyływy, sztormy). Nie są to typowe strefy przejściowe (ekotony) w których nakładają się cechy sąsiadujących środowisk gdyż, mają własne specyficzne właściwości.

Ze względu na różny ciężar wód słonych i słodkich, odmiennie układają się one w ujściu cieków w różnych kierunkach też płyną w czasie przyływu. Tworzy się specyficzny klin zasolenia przy dnie sięgający daleko w górę cieków. Wpływa to na barwę wody, temperaturę, rozpuszczalność gazów.

Ekosystemy o **stabilności pulsacyjnej** – wahania dobowe temperatury, stratyfikacja tlenowa przy małej prędkości przepływu, przesylenia tlenem w ujściach zarośniętych przez roślinność (limany), wytrącanie materii organicznej przez obecność jonów metali.

„Pułapka troficzna” spowodowana przez częściowe mieszanie wody słonej (cięższej) i słodkiej (lżejszej) → zatrzymanie składników pokarmowych i krążenie ich w estuarium.

Wysoką produktywność zapewniają:

- **plywy** – szybka cyrkulacja biogenów;
- **dużo gatunków dużych roślin kumulujących** biogeny;
- **mała odległość od dna** (rozkład) do powierzchniowych warstw wody (produkcja);
- **akumulacja** materii organicznej pochodzenia lądowego (nanoszonej przez rzeki). Ale głównie pochodzi z morza!
- Dominuje **detrytusowy łańcuch pokarmowy**.

Estuaria obok raf koralowych, namorzyn i lasów tropikalnych należą do najbardziej produktywnych obszarów na Ziemi, Wysoka produktywność typowa dla ekosystemów młodych.

W estuariach organizmy słodkowodne, morskie i specyficzne formy słonawowodne. Ryby wędrowne spędzają tam pewien czas, oczekując na przestrojenie ich mechanizmów osmoregulacyjnych. Często małe zróżnicowanie gatunkowe przy bardzo dużej liczebności i biomasy (korzystne warunki pokarmowe).

Ważne w rybołówstwie - „matecznik” dla ryb, krewetek, oraz miejsce życia wielu gatunków użytkowych (ostrygi, kraby, krewetki, ryby). Intensywnie użytkowane i dewastowane – są to ekosystemy bardzo wrażliwe. Posiadają naturalną zdolność do samooczyszczania się.