

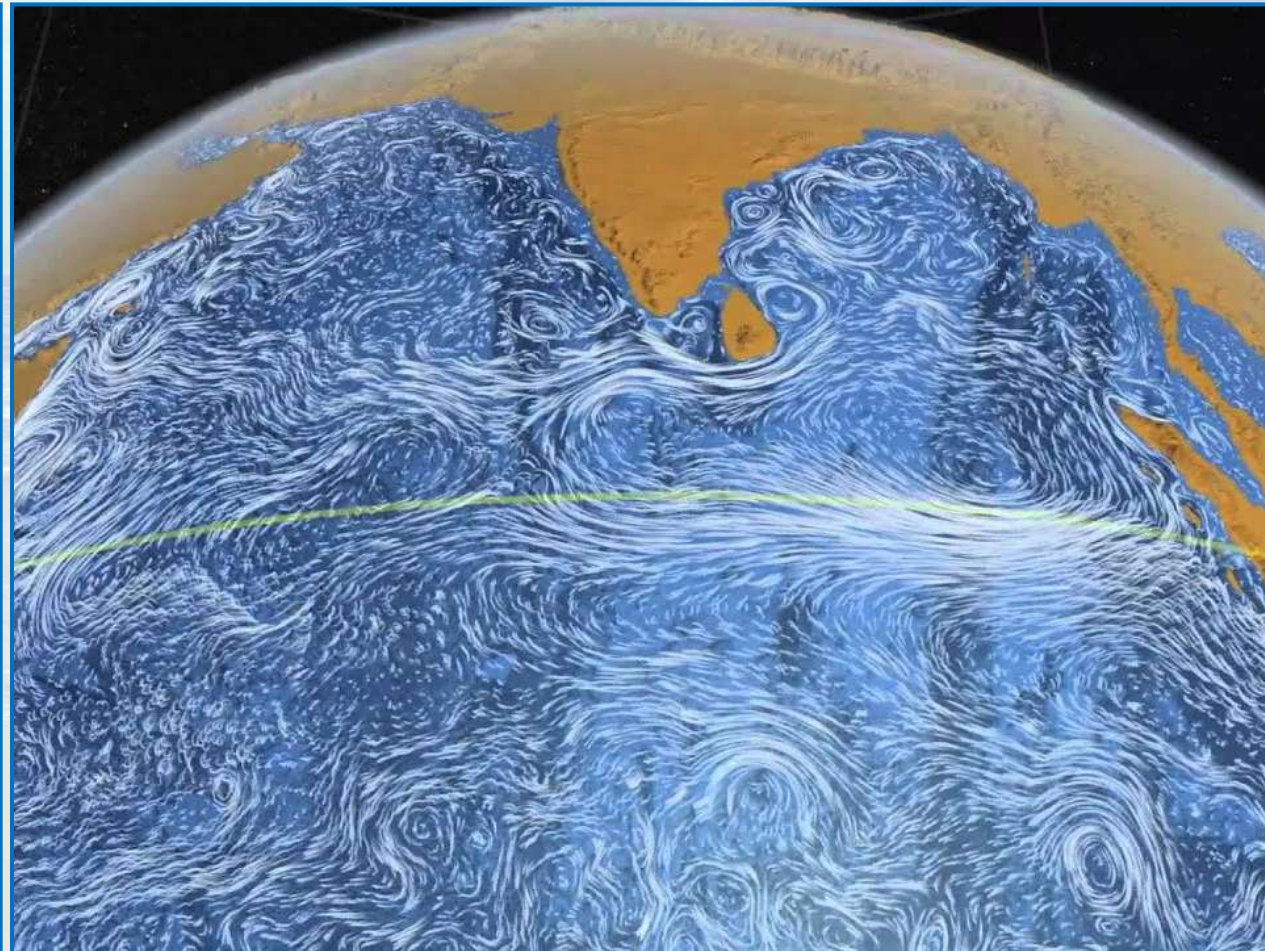
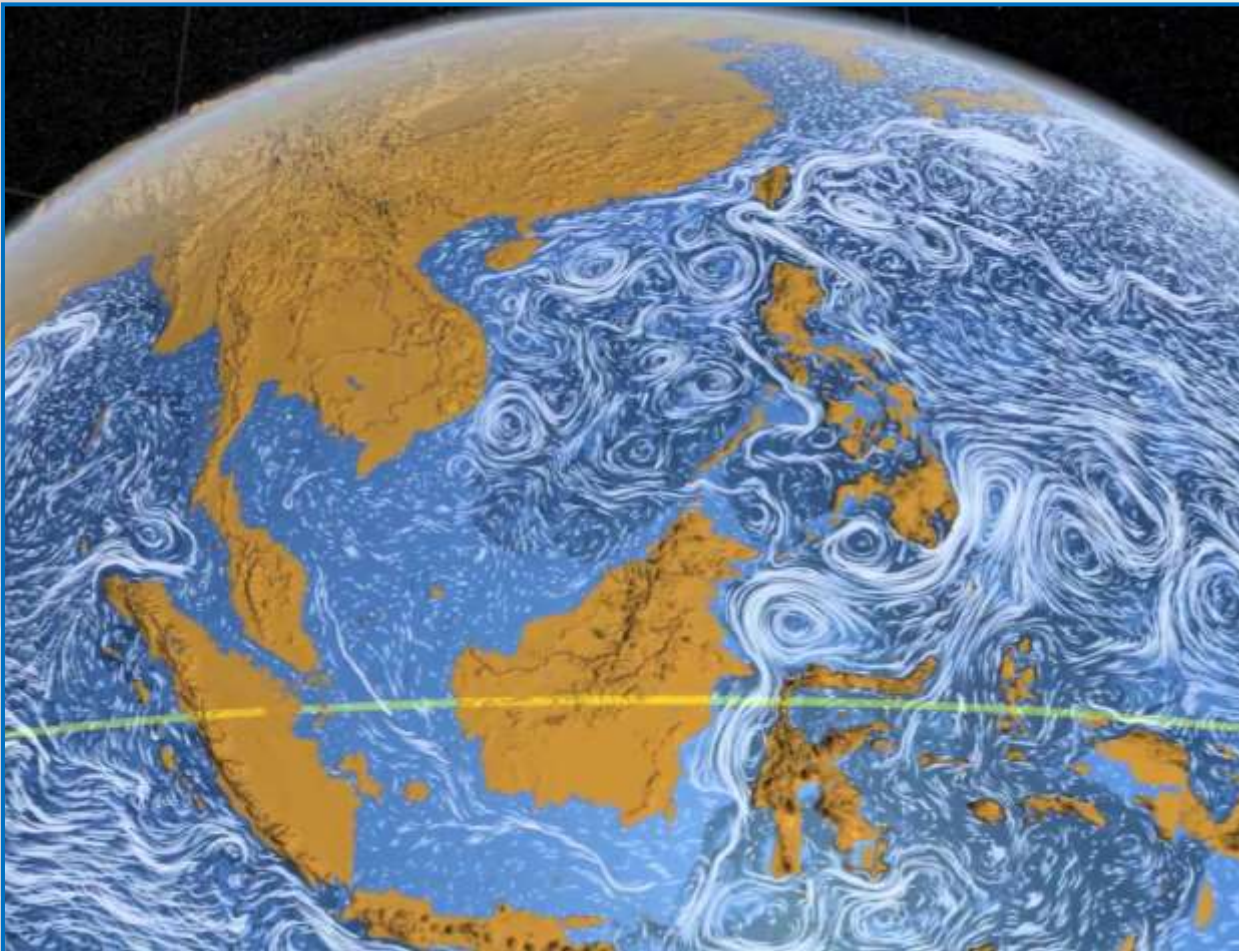


IV. Hydrosfera

2. Dynamika mórz i oceanów

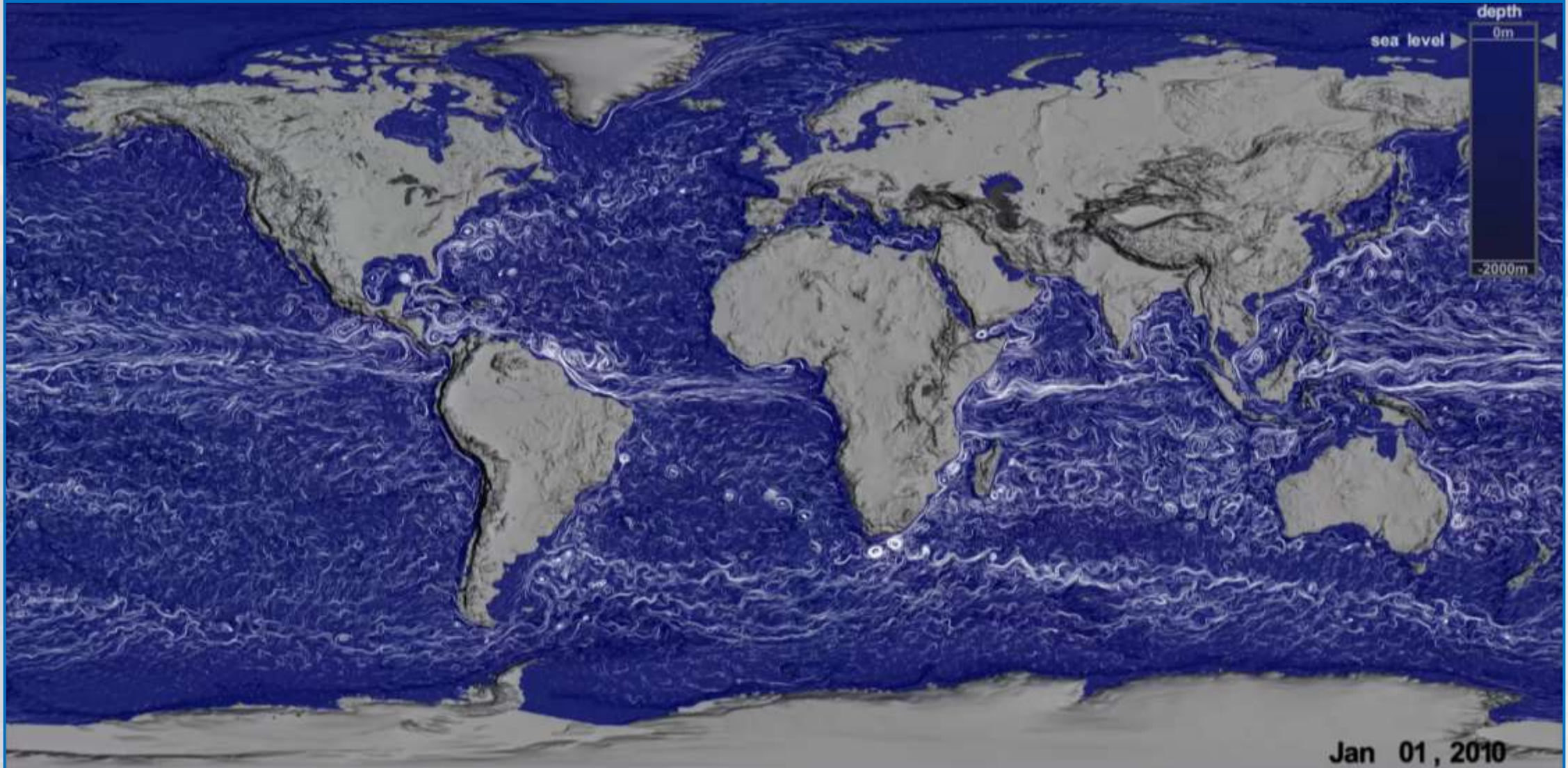
Prądy morskie

- ◆ **Prądy morskie** – poziome, strumieniowe ruchy ogromnych mas wód w obrębie oceanów i mórz.
- ◆ Poddana tym ruchom masa wód odznacza się dość niewielką szerokością, szczególnie w porównaniu do długości.
- ◆ Prądy morskie cechują się określoną:
 - ◆ **prędkością** – wyrażaną w węzłach (1 węzeł = 1 mila morska/godz.) lub rzadziej km/h, m/s;
 - ◆ **kierunkiem** – wyznacza go strona świata, w którą następuje przemieszanie prądu.



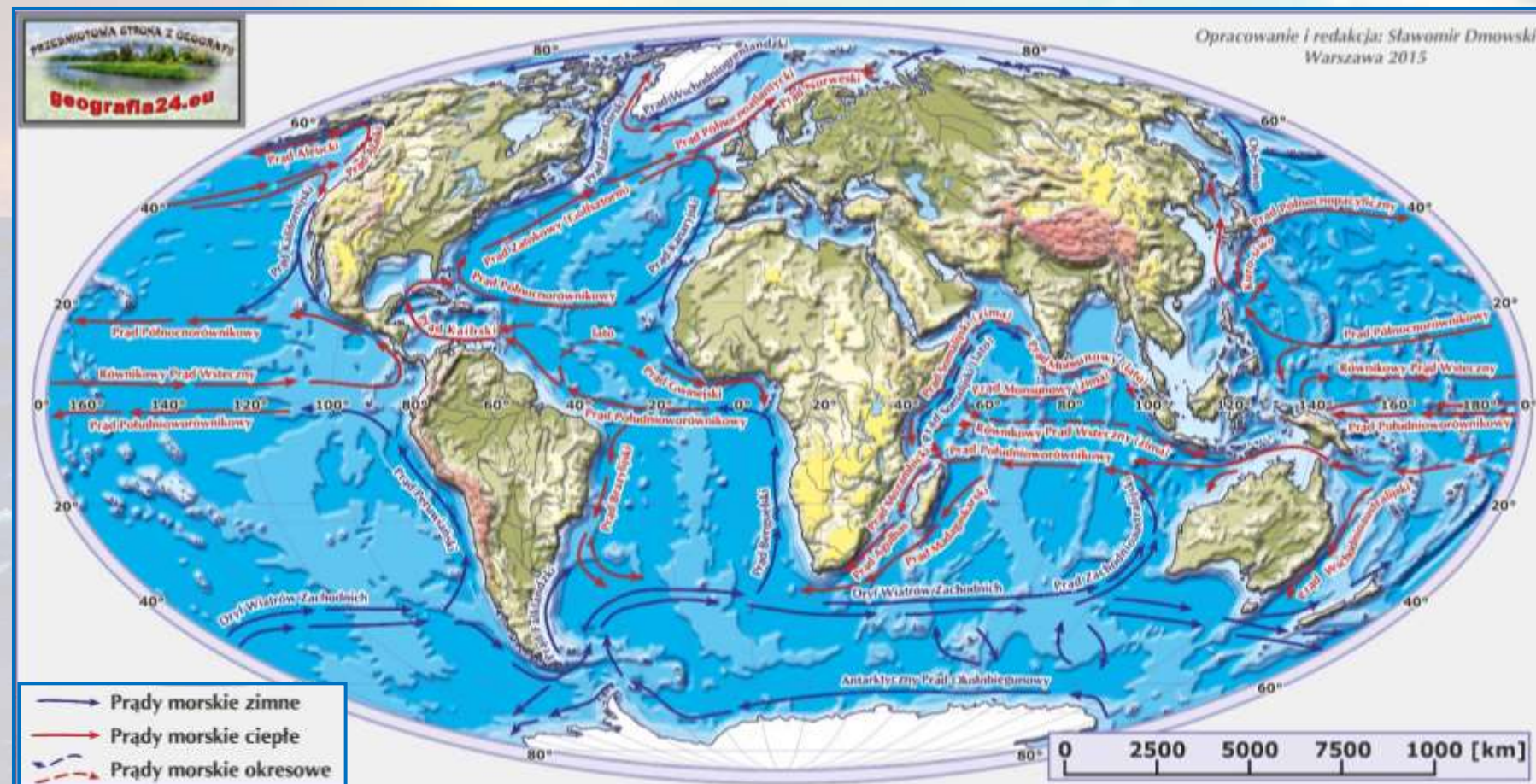
Kierunki prądów morskich

- ◆ Kierunki prądów morskich są często mocno odchylone wskutek działania **siły Coriolisa**.
- ◆ Duży wpływ na ich przebieg wywiera także **rozmieszczenie lądów i mórz** oraz **znajdujące się na drodze obiekty** w postaci wysp, a także rzeźba dna morskiego.



Kierunki prądów morskich

- ♦ Na **półkuli północnej, aż po umiarkowane szerokości geograficzne**, prądy morskie tworzą wielkie komórki cyrkulacyjne, w których woda porusza się w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara (w prawo).
- ♦ Na **półkuli południowej i w wysokich szerokościach geograficznych półkuli północnej** ruch wody odbywa się w przeciwnym kierunku (w lewo).
- ♦ **Wyjątek stanowi północna część Oceanu Indyjskiego**, gdzie kierunki prądów morskich zmieniają się sezonowo wraz z monsunową cyrkulacją powietrza.



Przyczyny powstawania prądów morskich

◆ Najczęstszymi rodzajami powierzchniowych prądów morskich są:

- ◆ wiatrowe (prądy dryfowe i prądy wiatrowe),
- ◆ barogradientowe,
- ◆ spływowe,
- ◆ gęstościowe,
- ◆ kompensacyjne,
- ◆ pływowe.



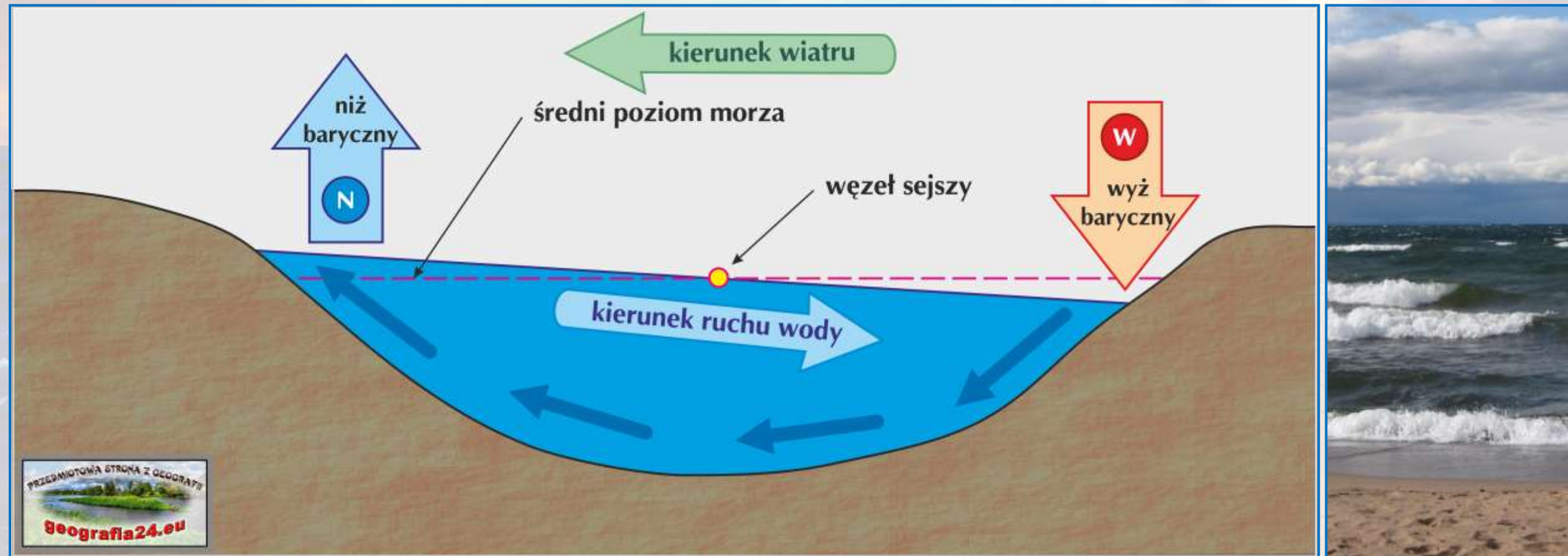
Przyczyny powstawania prądów morskich – wiatrowe

- ◆ **Wiatrowe** przyczyny genezy prądów morskich związane są z:
 - ◆ tarciem powietrza o powierzchnię wody,
 - ◆ parciem wiatru na dowietrzne grzbiety fal.
- ◆ W obrębie tej przyczyny wyróżnić możemy dwa typy prądów:
 - ◆ **prądy dryfowe** – występującymi w przy powierzchniowej warstwie wody najczęściej do głębokości około 200 m, mające stosunkowo stały charakter w ciągu roku lub w ciągu określonej pory roku; wywołane są one przez:
 - ◆ stałe wiatry, np. passaty,
 - ◆ wiatry sezonowe, np. monsuny,
 - ◆ wiatry przeważające w określonym rejonie (strefie klimatycznej), np. wiatry zachodnie w strefie umiarkowanej;
 - ◆ **prądy wiatrowe** – wywołane zwykle zmiennymi w ciągu roku, chwilowymi i zwykle krótkookresowymi wiatrami.



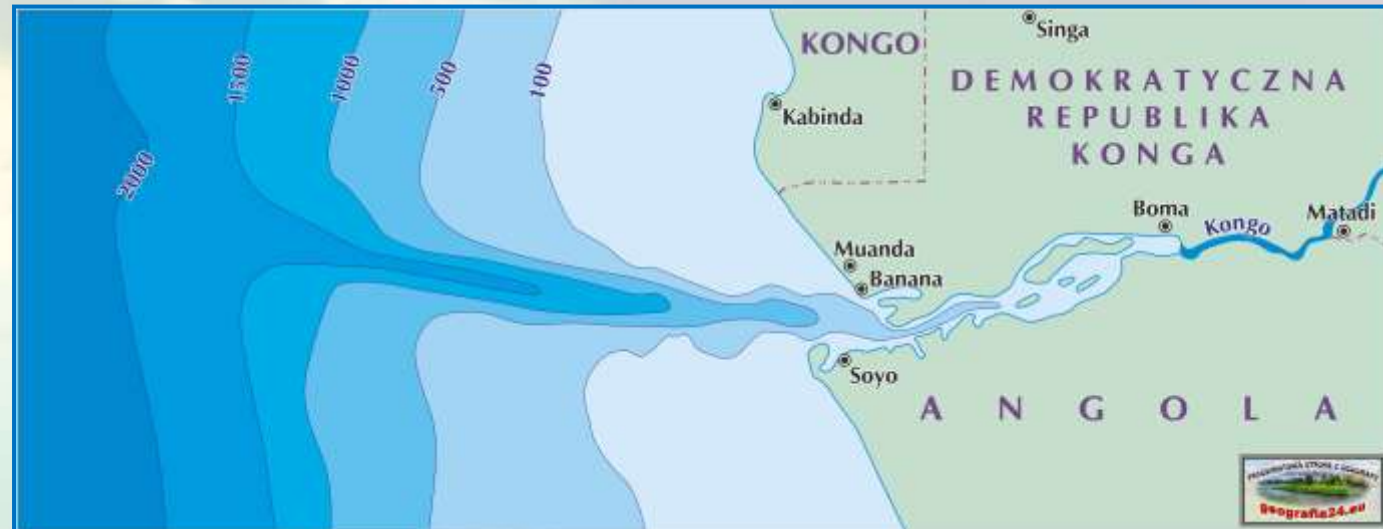
Przyczyny powstawania prądów morskich – barogradientowe

- ♦ **Barogradientowe** przyczyny genezy prądów morskich – związane są ze zmianami następującymi w obrębie ciśnienia atmosferycznego i tak:
 - ♦ wyż atmosferyczne będą przyczyniały się do obniżenia poziomu morza,
 - ♦ niż atmosferyczne będą prowadziły do podwyższenia się poziomu morza.
- ♦ **Pomiędzy tymi obszarami będzie następował przepływ wody – z obszarów znajdujących się w zasięgu niższego ciśnienia do obszarów wyższego ciśnienia.**



Przyczyny powstawania prądów morskich – sptywowe

- ◆ **Sptywowe** przyczyny genezy prądów morskich – powstające w wyniku wyrównywania poziomu morza mające związek z:
 - ◆ dopływem dużych ilości wód rzecznych,
 - ◆ dopływem wód z innego akwenu (lub odpływem wód do innego akwenu),
 - ◆ wzmożonymi okresowo opadami atmosferycznymi (lub intensywnym parowaniem) w niektórych akwenach wodnych.



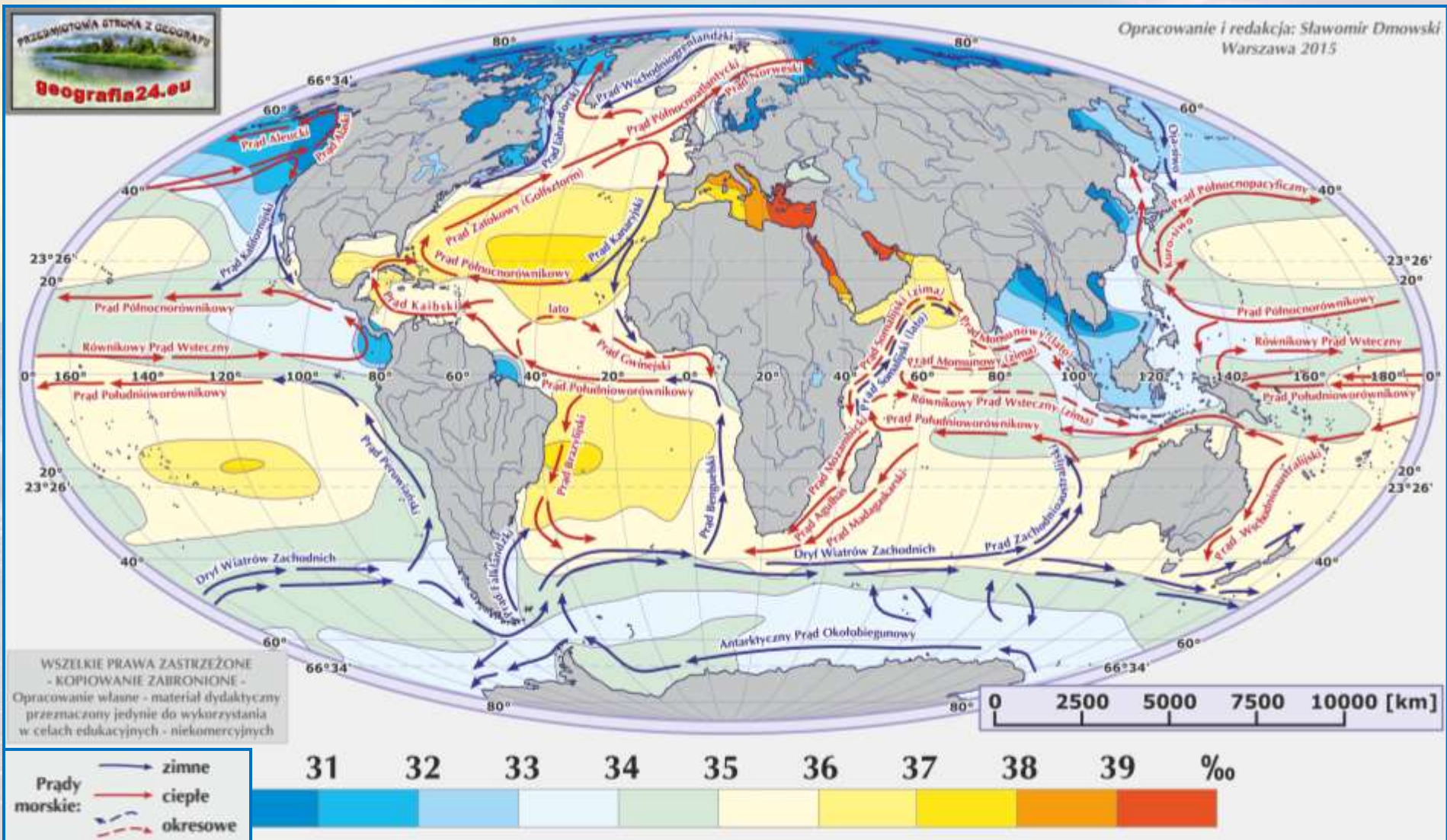
Kanion rzeki Kongo rozcinający szelf i stok kontynentalny u jej ujścia do Atlantyku



Przyczyny powstawania prądów morskich – gęstościowe

♦ **Gęstościowe** przyczyny genezy prądów morskich – wynikające z różnic gęstości wody w poszczególnych akwenach, co może wynikać z występowania w obrębie akwenu wodnego różnic w:

- ♦ temperaturach wód morskich,
- ♦ zasoleniu wody morskiej.



Przyczyny powstawania prądów morskich – kompensacyjne

◆ **Kompensacyjne** przyczyny genezy prądów morskich mają wtórny charakter i wynikają z uprzedniego naruszenia równowagi hydrostatycznej oceanu przez różne siły (powstania ubytku wody), w szczególności przez:

- ◆ wiatry stałe,
 - ◆ jeżeli woda odpływa to musi wrócić na to miejsce,
- ◆ siły przyrodnicze, np.:
 - ◆ trzęsienia ziemi i związane z nimi zjawisko tsunami,
 - ◆ obrywy w obrębie klifów morskich.



Klif Rewal – Trzęsacz (ruiny średniowiecznego Kościoła; uległ on zniszczeniu w latach 1901-1994)

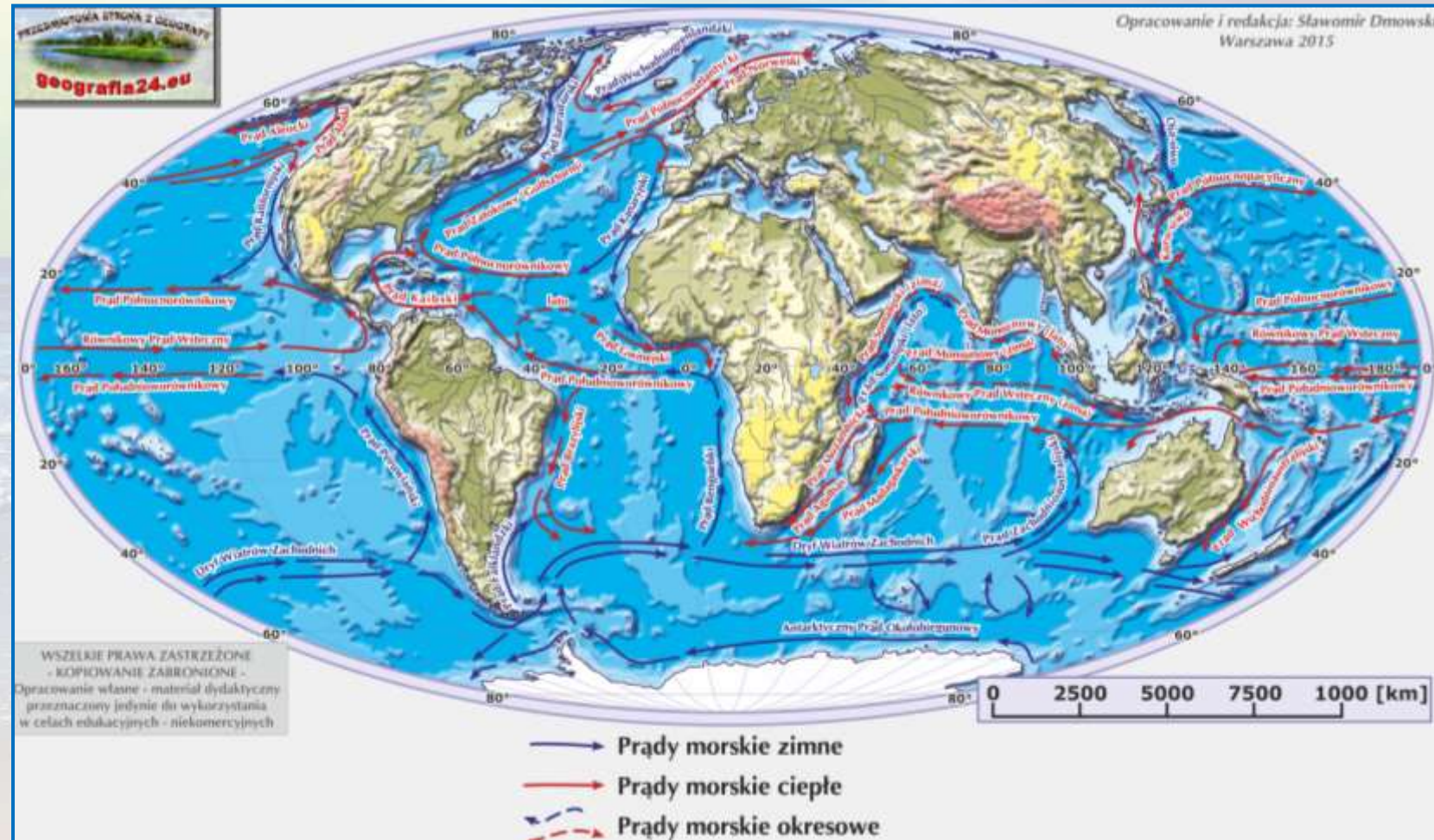
Przyczyny powstawania prądów morskich – pływowe

- ♦ **Pływowe** przyczyny genezy prądów morskich – mają związek z przemieszczaniem się fal pływowych w obrębie akwenów wodnych.
- ♦ W ich obrębie następują cyklicznie występujące odpływy i przyptywy.
 - ♦ Najsilniejsze prądy pływowe występują w obrębie wybrzeży morskich położonych w cieśninach, zatokach i estuariach.
 - ♦ Na otwartym oceanie są one bardzo słabe i praktycznie niewidoczne.



Podział prądów morskich ze względu na temperaturę wód otaczających

- Na podstawie **porównania temperatury niesionych przez nie wód z temperaturą wód otaczających** wyróżnia się:
 - prądy ciepłe**: niosą wody cieplejsze od wód otaczających (płyną zwykle ku biegunom);
 - prądy zimne**: przenoszą wody chłodniejsze od wód otaczających (płyną zwykle ku równikowi).
- Ten sam prąd może być początkowo ciepły, a po wplynięciu do innych rejonów oceanu stać się zimny lub też w jednym półroczu może być ciepły, a w drugim zimny.



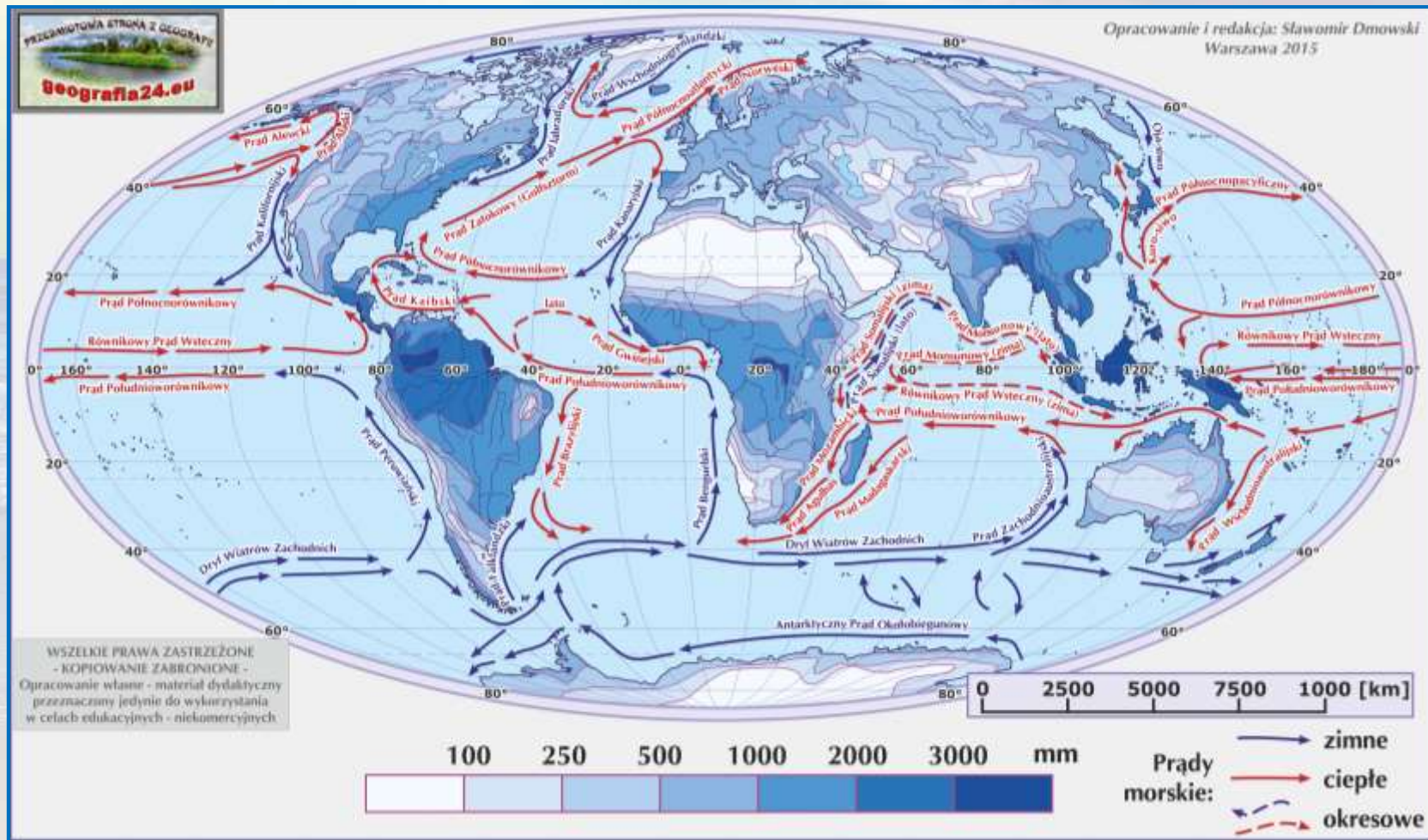
Podział prądów morskich ze względu na stałość i czas trwania

- ◆ Inny podział opiera się na **obserwacji rocznej zmienności przebiegu prądów** i pozwala wyróżnić typy prądów **ze względu na stałość i czas trwania**:
 - ◆ **prądy stałe** – związane ze stałymi wiatrami;
 - ◆ **prądy sezonowe (okresowe)** – zmieniające się w ciągu roku w dość regularnych odstępach czasu co wynikać może z:
 - ◆ **cyrkulacji monsunowej** (sezonowe prądy letnie i zimowe),
 - ◆ **plywów morskich** (cykliczne prądy związane z odpływem i przyptywem wód);
 - ◆ **prądy czasowe** – chwilowo występujące pod wpływem krótkotrwałych silnych wiatrów lub znacznych i szybkich zmian w ciśnieniu atmosferycznym.



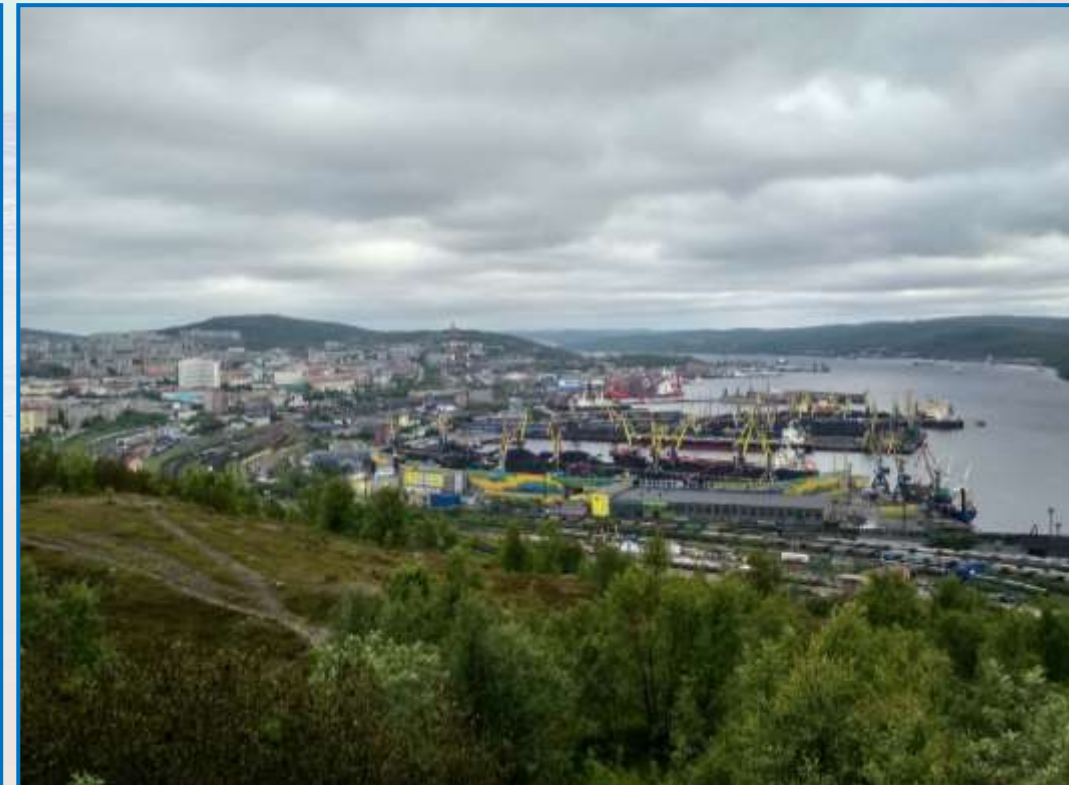
Wpływ prądów morskich na klimat

- Prądy morskie w znacznym stopniu oddziałują na klimat na świecie:
 - prądy morskie ciepłe** – przyczyniają się do **wzrostu temperatury powietrza oraz wzrostu rocznych sum opadów atmosferycznych** w obrębie opływanych lądów,
 - prądy morskie zimne** – skutkują **obniżeniem wartości temperatur oraz spadkiem rocznych sum opadów atmosferycznych**.



Znacznie prądów morskich dla Europy

- ◆ **Ciepłe prądy morskie wpłynęły na złagodzenie klimatu i poprawę warunków klimatycznych w Europie i w innych regionach świata.**
 - ◆ **Europa, szczególnie Środkowa i Północna cechuje się znacznie cieplejszym klimatem niż leżący w analogicznych szerokościach geograficznych Labrador.**
 - ◆ **Ogrzewanie przez ciepłe prądy morskie (Północnoatlantycki i Norweski) ułatwia dostęp do portów w strefie chłodnej,**
 - ◆ **np. Murmańsk jest najdalej na północ wysuniętym niezamarzającym portem morskim Europy.**
 - ◆ **Od starożytności żeglarze starali się poznawać przebieg prądów morskich – nawet pobieżna analiza tras pokonanych przez średniowiecznych żeglarzy – odkrywców pozwala wykazać, że były one ściśle powiązane z prądami morskimi.**



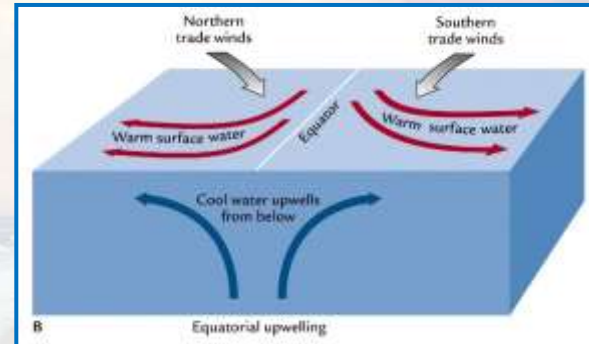
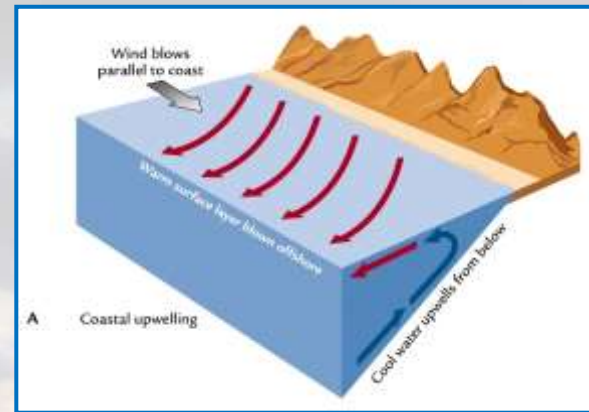
Wpływ prądów morskich na rybołówstwo

- ◆ Prądy morskie są także istotne z punktu widzenia **rybołówstwa**.
- ◆ Szczególnie cenne są miejsca w których następuje mieszanie się zimnych (bogatych w tlen) z ciepłymi prądami.
- ◆ Stanowiska takie są szczególnie korzystne dla rozwoju planktonu i odżywiających się nim organizmów wyższych – szczególnie odławianych przez człowieka ryb.



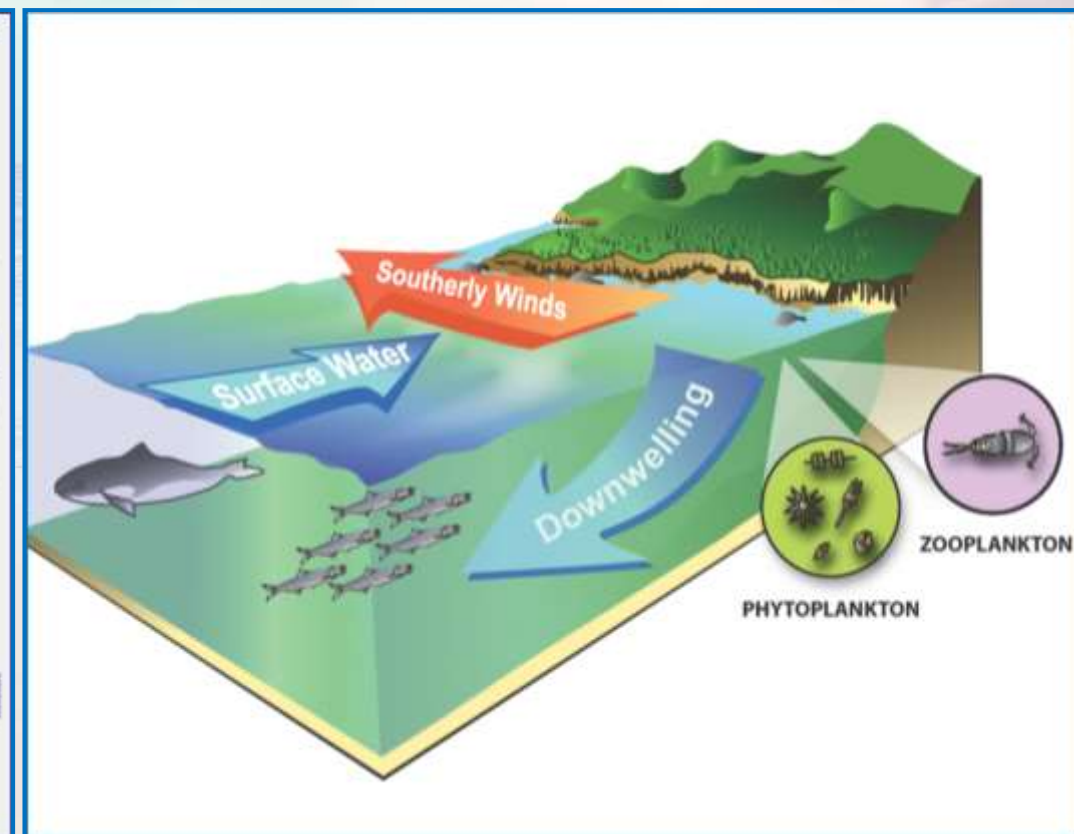
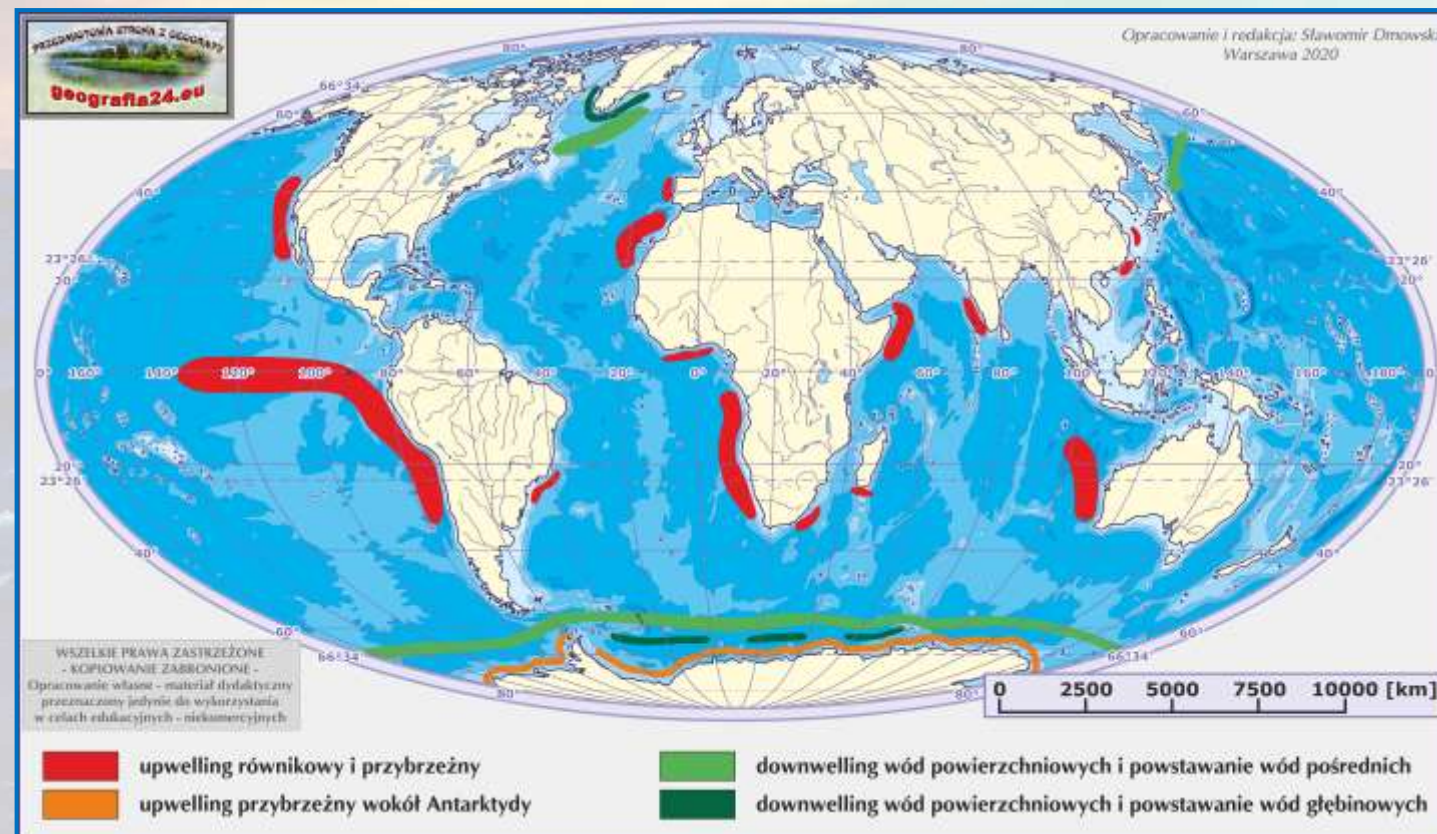
Prądy głębinowe: upwelling

- ◆ **Upwelling** – zjawisko związane z wyphywaniem na powierzchnię akwenów wodnych, zimnych i dobrze natlenionych wód pochodzących z głębin oceanicznych, które są bardzo zasobne w substancje odżywcze.
 - ◆ Rejony obecności upwellingu słyną z bardzo bogatych łowisk.
 - ◆ Wśród głównych przyczyn tego zjawiska należy uwzględnić:
 - ◆ **wpływ działania passatów**, w wyniku których występuje **upwelling przybrzeżny** polegający na zastępowaniu ciepłych wód odpływających od wybrzeży przez chłodniejsze wyphywające z głębin,
 - ◆ zjawisko to ma miejsce w niektórych rejonach zachodnich wybrzeży obu półkul;
 - ◆ **wpływ działania prądów dryfowych**, przyczyniających się do **upwellingu równikowego**, wpływającego na rozsuwanie powierzchniowej warstwy wody od równika (prądy: Północnorównikowy i Południoworównikowy) oraz wypełnianie ubytku wody – przez masy wyphywające z głębin oceanicznych.



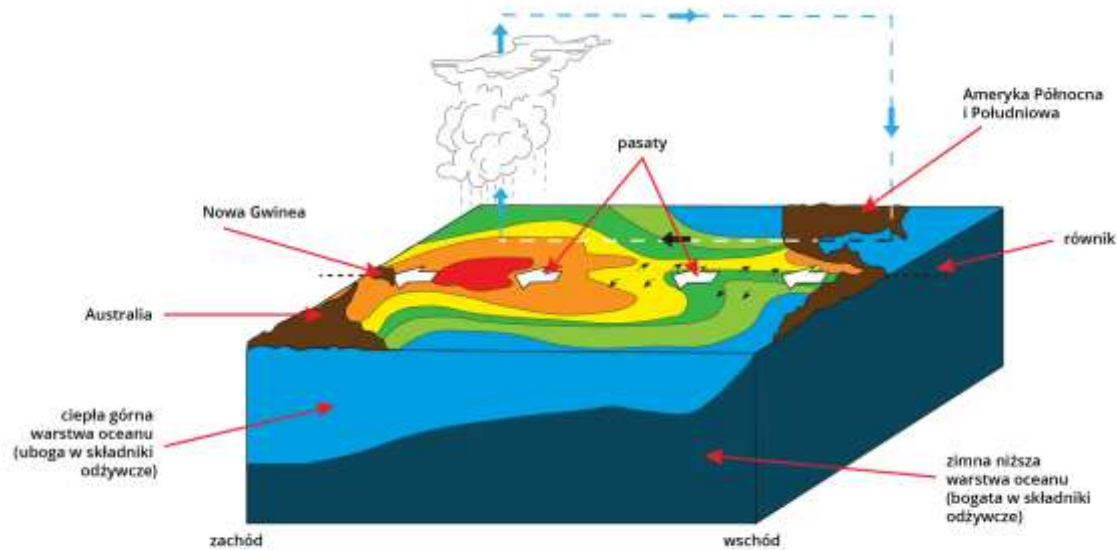
Prądy głębinyowe: **downwelling**

- ◆ **Downwelling** – polegający na pogrążaniu się wód, które następuje w wysokich szerokościach geograficznych w rejonie Antarktydy i Arktyki oraz skutkujący:
 - ◆ **wzbogacaniem wody w tlen** (rozpuszczalność tlenu w wodzie wzrasta wraz ze spadkiem temperatur wody);
 - ◆ **opadaniem zimnych wód powierzchniowych** na znaczną głębokość (kilku km);
 - ◆ wody te pochodzą z ciepłych regionów Ziemi (głównie strefy między zwrotnikowej) i w trakcie zbliżania się ku biegunom następuje ich ochładzanie się;
 - ◆ **przemieszczaniem po dnie wód oceanicznych w kierunku równika** – co przyczynia się do wystąpienia **upwellingu**.

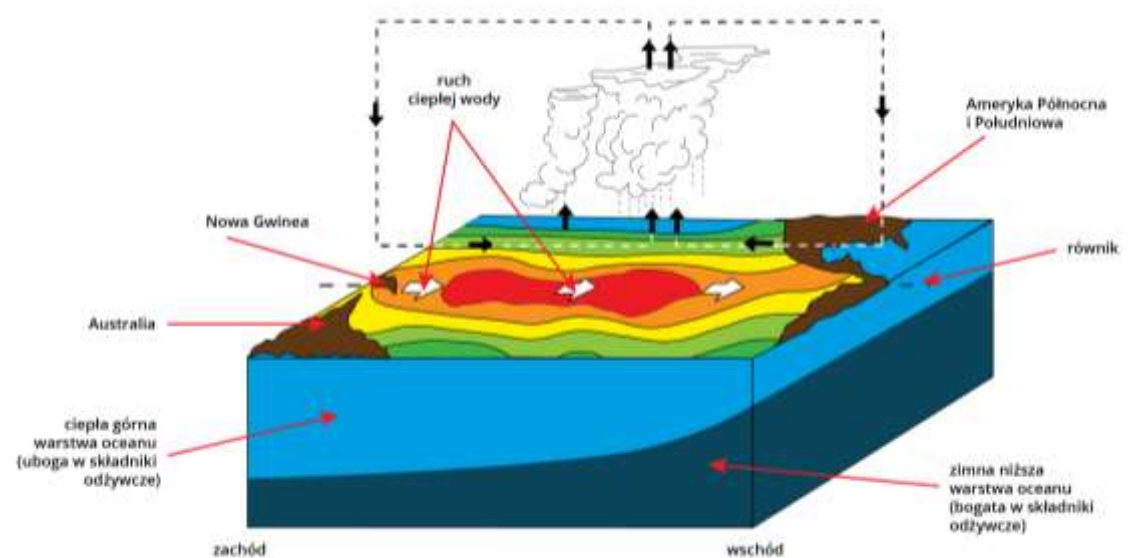


Okresowe zakłócenia upwellingu – El Niño i La Niña

- Na zachodnim wybrzeżu Ameryki Południowej co kilka lat ma miejsce zaburzenie w cyrkulacji oceaniczno-atmosferycznej, ukształtowanej na tym obszarze, przyczyniające się do okresowych zmian w:
 - układach ciśnienia atmosferycznego oraz rejonach występowania opadów:
 - w czasie normalnej cyrkulacji nad Ameryką Południową powstaje wyż (towarzyszy mu ładna słoneczna i sucha pogoda), zaś nad Australią niż (z opadami),
 - w czasie El Nino nad Ameryką Południową powstaje niż (z opadami), zaś nad Australią wyż;
 - temperaturze wód powierzchniowych i występowaniem lub zanikiem upwellingu:
 - w czasie normalnej cyrkulacji występuje upwelling,
 - w czasie El Nino upwelling zanika (temperatura wody powierzchniowej jest znacznie wyższa),
 - zanik upwellingu oznacza straty w gospodarce – zmniejszenie połowów ryb u wybrzeży Ameryki Płd. (Peru i Chile).



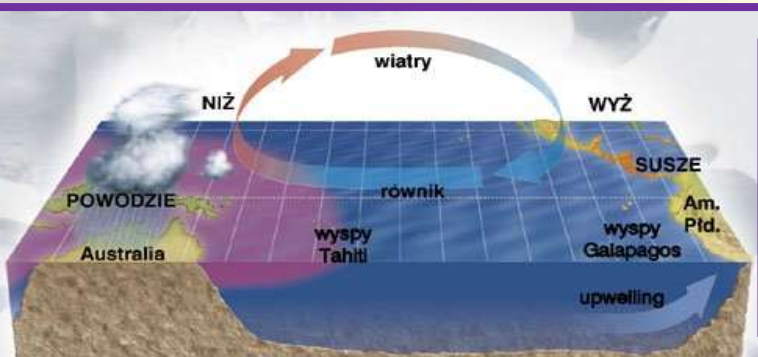
Faza normalna



Faza ciepła – El Niño

Faza zimna (La Niña), normalna i ciepła (El Niño)

- ◆ Najważniejszy wpływ na temperaturę i ruchy wód oceanicznych w strefie międzyzwrotnikowej wywierają pasaty.
- ◆ Dowodzą tego obserwacje prowadzone od prawie 80 lat na Pacyfiku.

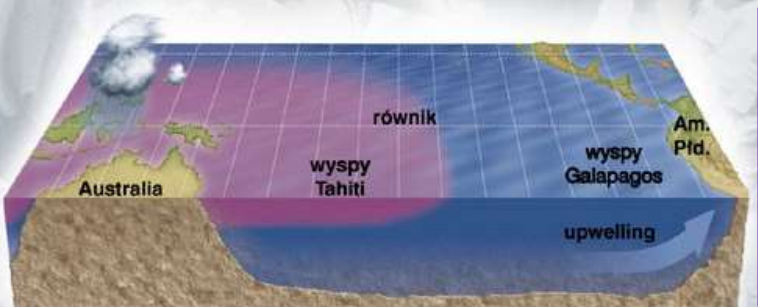


Faza zimna – La Niña

Podczas fazy La Niña (hiszp. dziewczynka) pasaty wieją silniej niż zwykle. Większa ilość wilgoci dociera nad zachodni Pacyfik, powodując powódzie. Jednocześnie na wschodzie brakuje opadów deszczu.

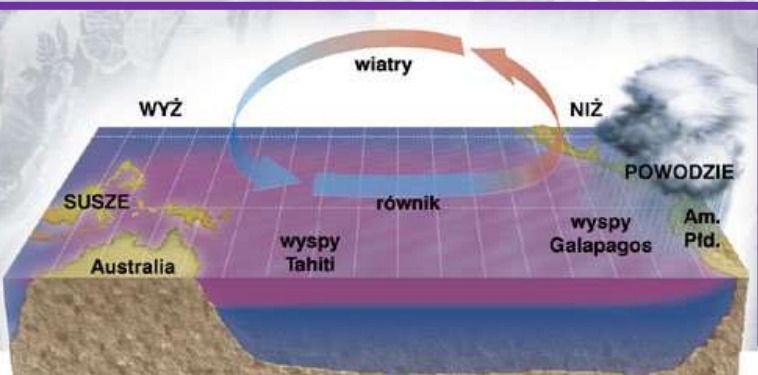


Susza w Filipinach (osłabienie monsunu letniego)



Faza normalna

Faza normalna to stan oceanu pośredni między La Niña i El Niño. Nie występują ekstremalne opady i susze. Zjawisko upwellingu zasila wody powierzchniowe u wybrzeży Ameryk w życiodajne substancje odżywcze.



Faza ciepła – El Niño

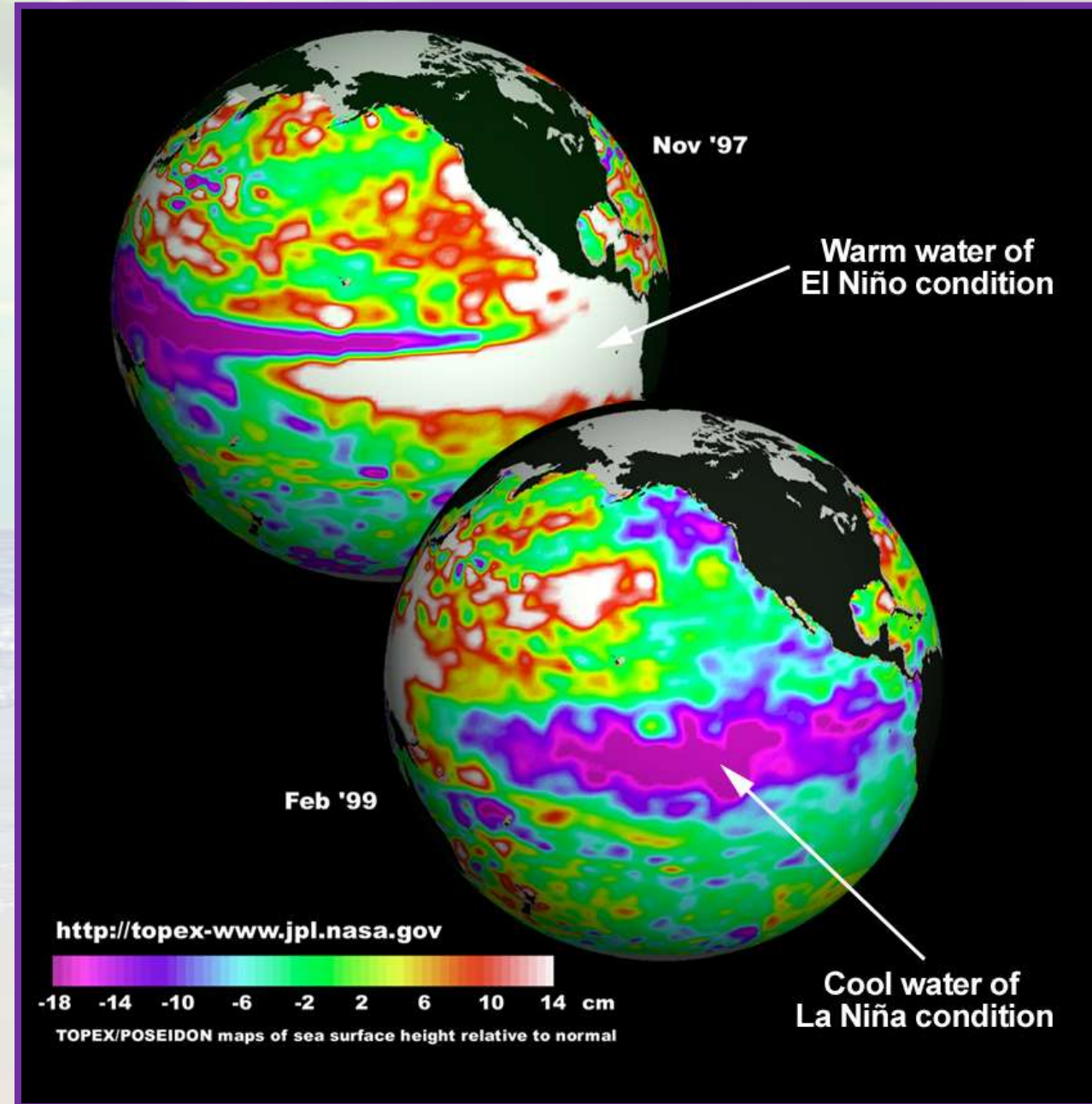
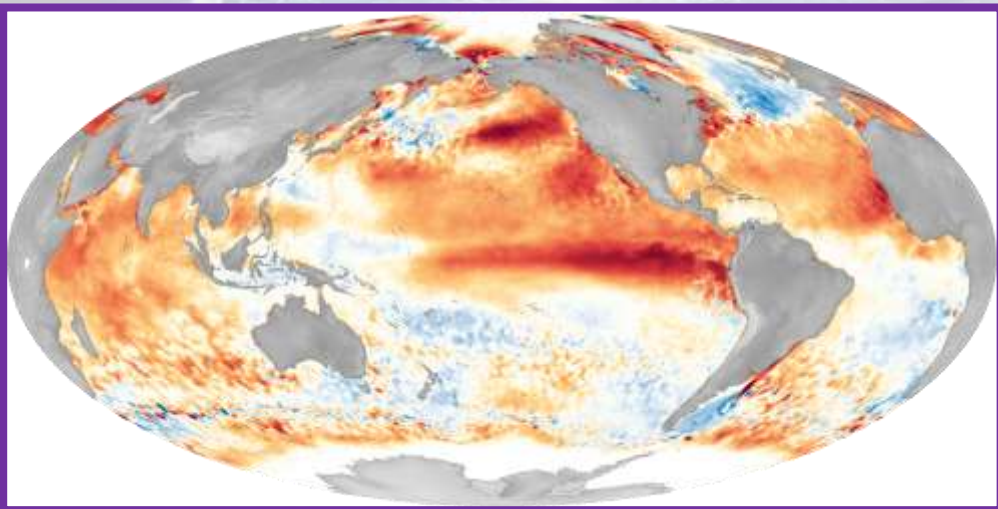
Podczas El Niño (hiszp. dzieciątko Jezus, chłopiec) wiatry spychają wilgotne powietrze na wschód, odbierając życiodajne opady południowo-wschodniej Azji i Australii. Ustaje także zjawisko upwellingu.



Rozkwit życia na Pustyni Atakama

Przyczyny El Niño

- Do niedawna nie znano przyczyny nieregularnego ocieplania się wód powierzchniowych we wschodniej części Oceanu Spokojnego, wpływającego nie tylko na perturbacje klimatyczne, ale również na zmniejszenie produktywności biologicznej jego akwenów u wybrzeży Peru i Chile.
 - Dzisiaj już wiadomo, że **El Niño** jest odpowiedzią oceanu na zmiany cyrkulacji atmosfery nad Pacyfikiem w szerokościach okołorównikowych, czyli na zaburzenia **oscylacji południowej**.
 - Jego przyczynę klimatolodzy zatem znają.
 - Nadal jednak nie wiedzą co wpływa na okresowe osłabienie pasatów.



Skutki El Niño

- ◆ Skutkiem zjawiska El-Niño jest występowanie anomalii klimatycznych na całym świecie:
 - ◆ na zachodnich, zwykle suchych wybrzeżach Ameryki Południowej, występują znaczne opady atmosferyczne i w konsekwencji tego powodzie i ruchy masowe (s pływy błotne),
 - ◆ w Australii i Azji Południowo-Wschodniej zamiast znacznych letnich opadów związanych z monsunem letnim, występują niewielkie opady i w konsekwencji dotkliwie susze.



Susza w Indiach



Powódź w Boliwii

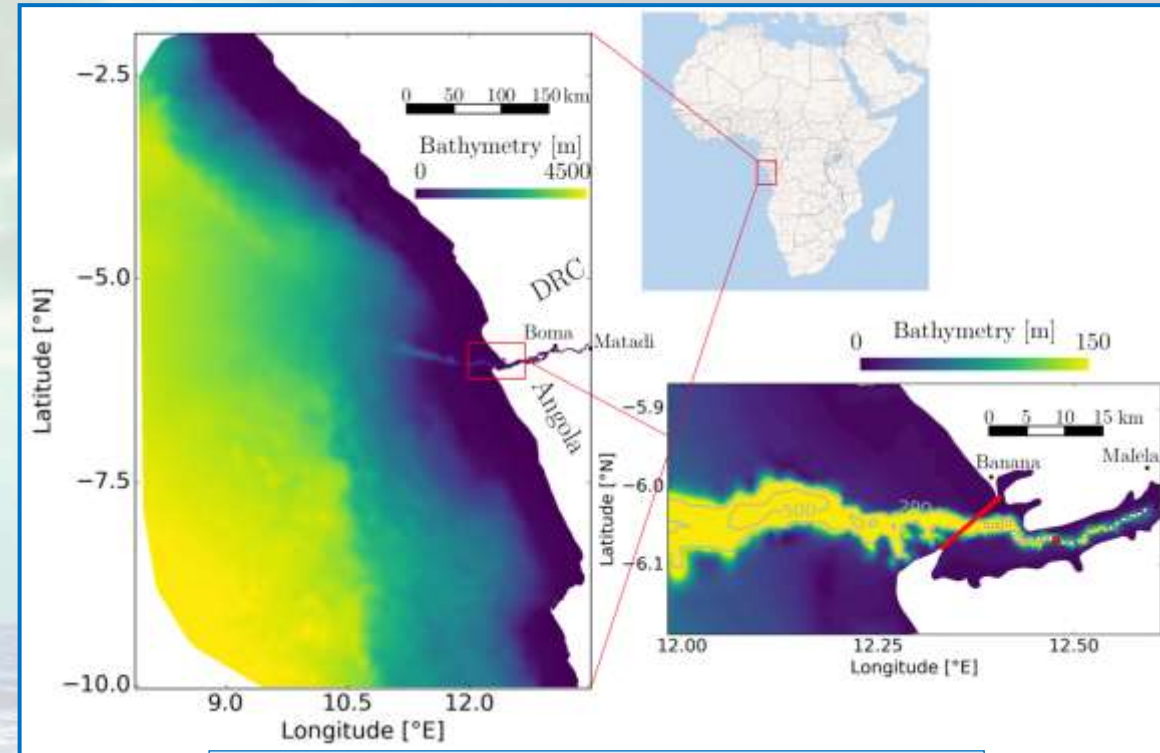


Burza piaskowa w Australii



Prądy zawiesinowe

- Na szelfie i stoku kontynentalnym znaczącą rolę w procesach kształtowania dna oceanicznego oraz sedymentacji pełnią **prądy przydenne** spowodowane większą gęstością wody obciążonej zawiesziną.
- Od wysokiej zawartości materiału niesionego w postaci zawiesiny nazywane są **prądami zawiesinowymi**.
- Przemieszczają się one bardzo szybko i na duże odległości.



Kanion rzeki Kongo rozcinający szelf i stok kontynentalny u jej ujścia do Atlantyku





Falowanie morza

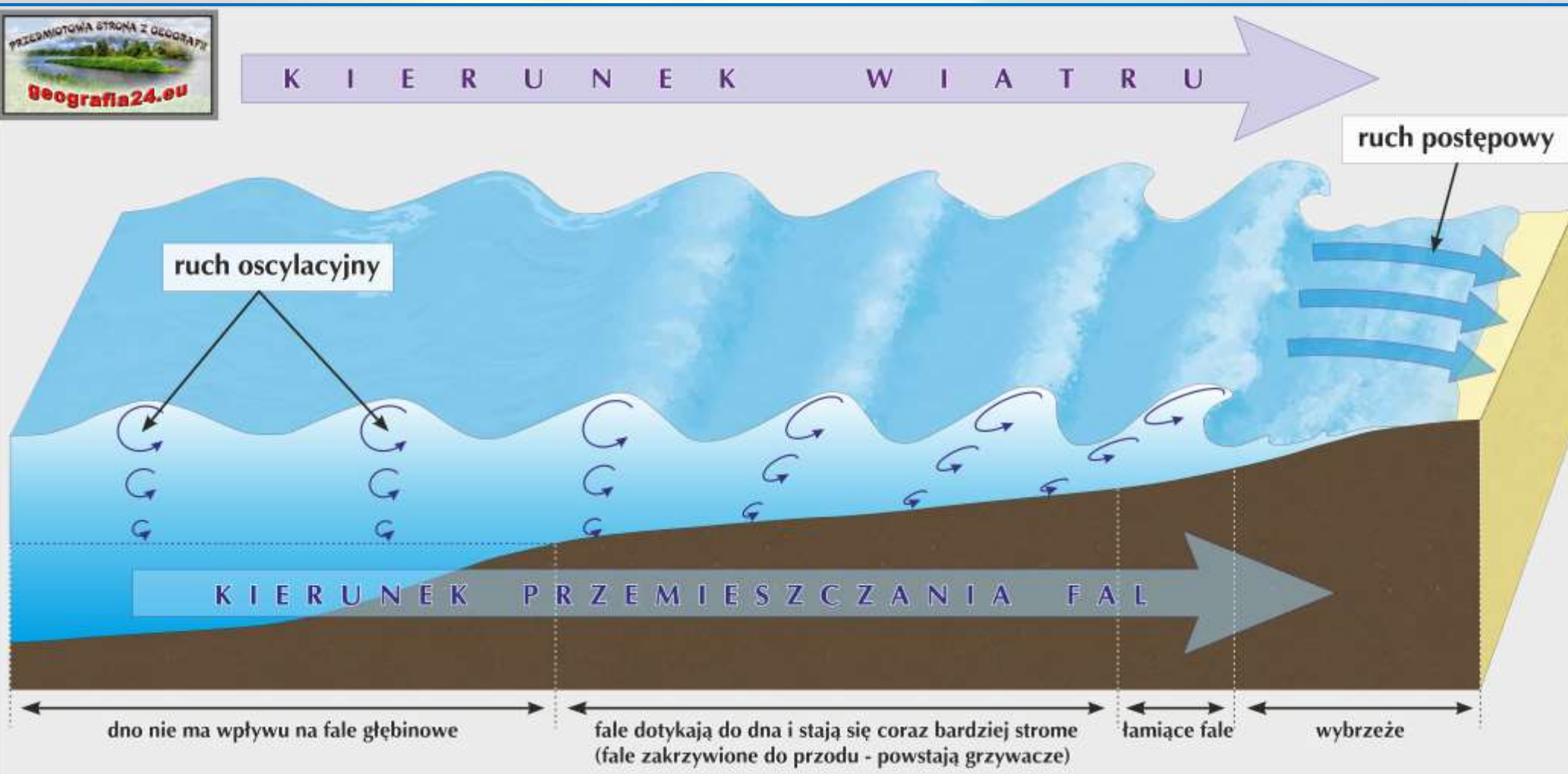
A. Falowanie wiatrowe

- ♦ **Falowanie wiatrowe** wywołane działaniem wiatru jest zdecydowanie najłatwiej dostrzegalnym, a jednocześnie bardzo istotnym zarówno dla procesów przyrodniczych, jak i gospodarki, rodzajem ruchów wód.



Cechy falowania wiatrowego

- ♦ Falowanie wiatrowe na otwartym akwenie wodnym nie ma charakteru postępowego, lecz **oscylacyjny**.
 - ♦ Odbywa się ono na otwartym morzu po torach kołowych lub eliptycznych.
- ♦ Dopiero w pobliżu samego brzegu, na niewielkich głębokościach, w końcowej fazie falowanie ulega wyhamowaniu przez dno i załamaniu – ruch po torze eliptycznym jest stopniowo zastępowany przez **postępowy poziomy ruch**.



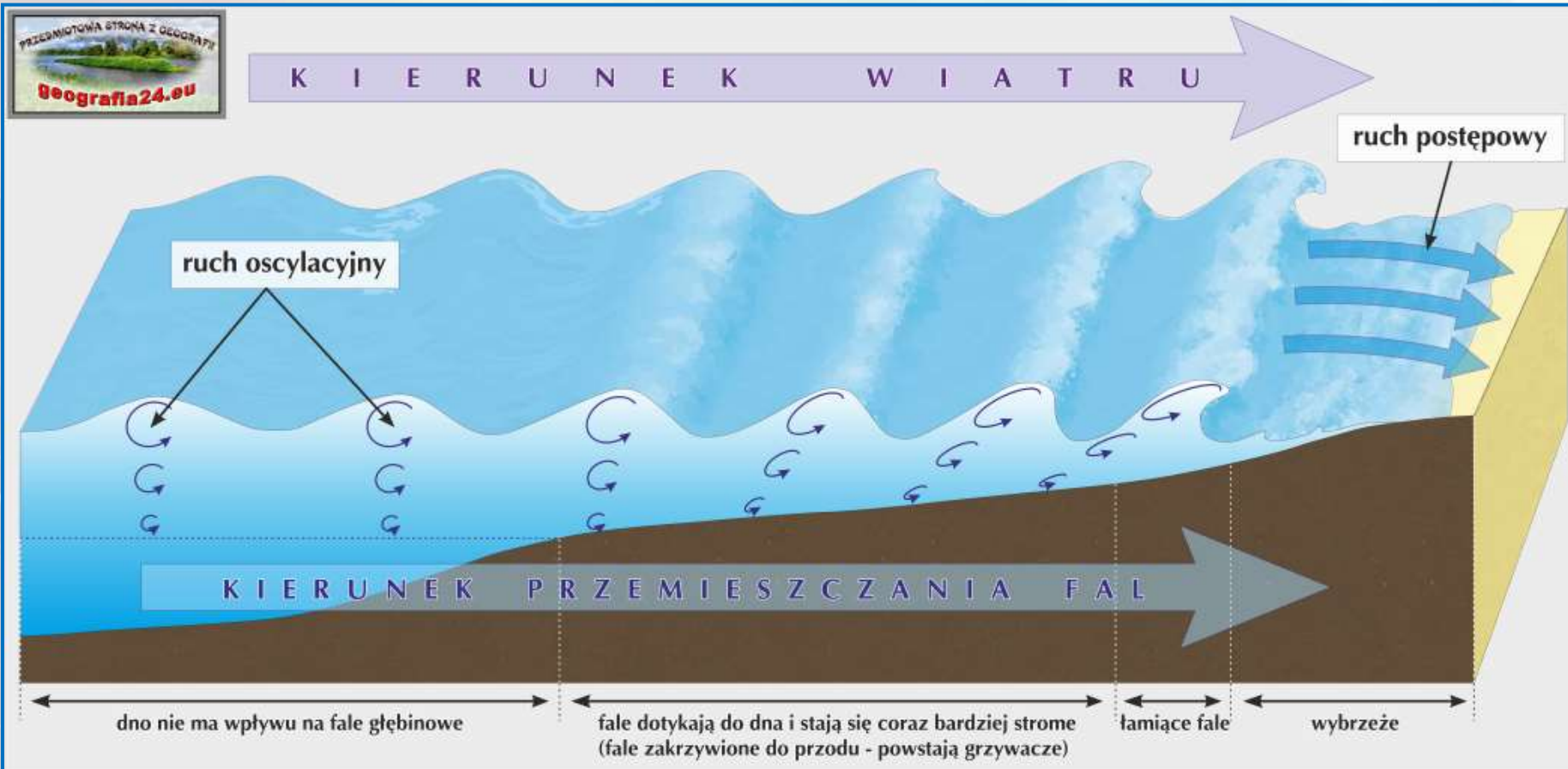
Fale przyboju

- ◆ Załamujące się fale wiatrowe, uderzające o klify lub wsuwające się na wybrzeża nazywamy **falami przyboju**.
- ◆ Cechuje je postępowy ruch wody – na przemian występujące wsuwanie się i wycofywanie fali “niosącej wodę”.
 - ◆ Są one, przed wdarciem się na plażę, stosunkowo strome, często się “pienią”.
 - ◆ W strefie przyboju często uwidaczniają się na falach tzw. **grzywacze** – czyli mocno spienione zakrzywione do przodu grzywy wysokich fal.



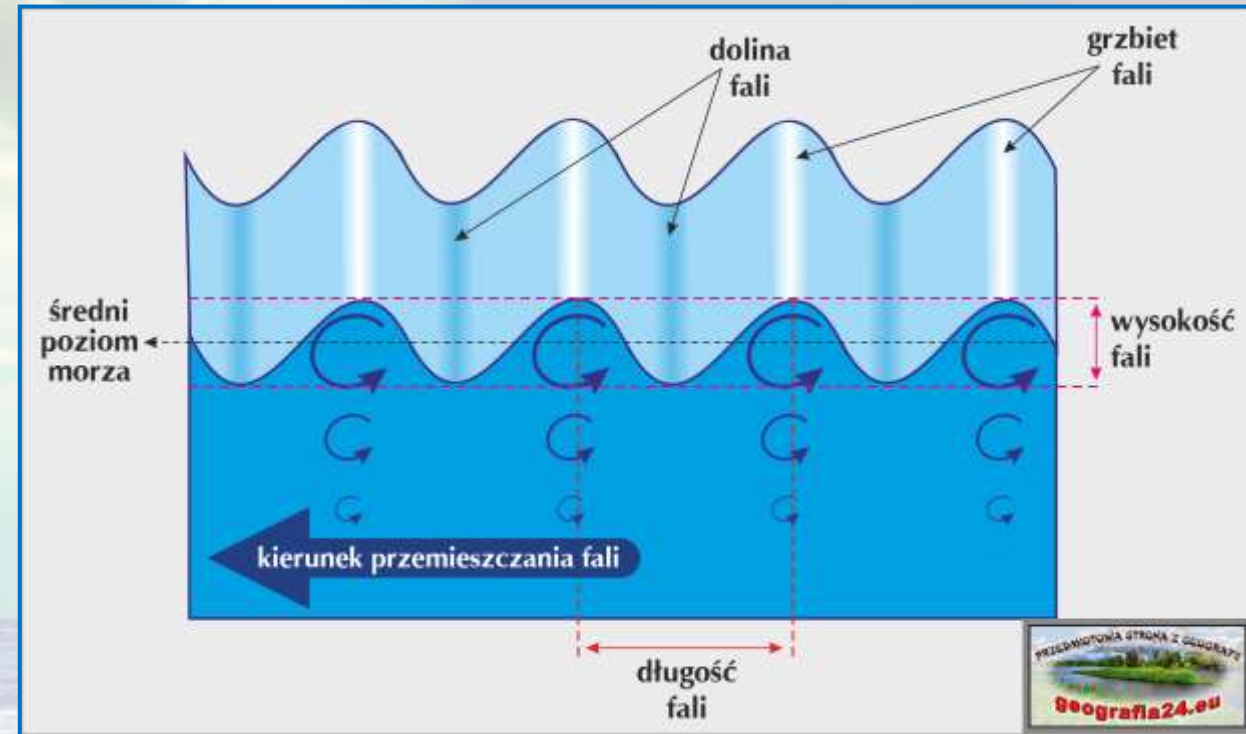
Przyczyny falowania wiatrowego

- ◆ Podstawową przyczyną falowania wiatrowego jest oczywiście **wiatr**.
 - ◆ Fale mogą być wzbudzone już przez wiatr stosunkowo słaby, ledwie wyczuwalny.
 - ◆ Fale przy niewielkim wietrze będą widoczne jako niewielkie zmarszczki.
 - ◆ Przy większej prędkości, będą uzyskiwały charakterystyczny sinusoidalny kształt.
 - ◆ Dalszy wzrost prędkości wiatru prowadzi do wzrostu stromości fal.
- ◆ Kierunek rozchodzenia się fali zgodny jest z kierunkiem wiatru.



Parametry opisujące falowanie

- ◆ Falowanie możemy opisać poprzez następujące parametry tego zjawiska:
 - ◆ **długość fali** – odległość pozioma między charakterystycznymi punktami w profilu fali, tj. doliny lub grzbiety,
 - ◆ wynosi zwykle 20-50 m (maksymalnie do 200 m na otwartym morzu);
 - ◆ **amplituda fali (wysokość fali)** – odległość pionowa pomiędzy punktami skrajnymi w profilu fali: doliną oraz najbliższym sąsiednim grzbietem,
 - ◆ dochodzi do kilku metrów (podczas sztormów ponad 20 m), wzrasta w miarę zbliżania się do brzegów wybrzeża;
 - ◆ **prędkość fali** – odległość przebyta przez dany punkt fali w określonym czasie,
 - ◆ wynosi średnio kilkanaście m/s,
 - ◆ fale tsunami do 1000 km/h;
 - ◆ **okres fali** – czas potrzebny na uformowanie się kolejnej fali,
 - ◆ wynosi on najczęściej 5-10 s,
 - ◆ bliżej brzegów czas jest krótszy;
 - ◆ **stromość fali** – stosunek amplitudy fali do jej długości.



Określenie stanu morza i siły wiatru

- ♦ Intensywność falowania jest bezpośrednio zależna od **siły wiatru**, **czasu trwania** i **wielkości akwenu** poddanego działaniu wiatru, co razem warunkuje **stan morza**.



Skala Douglasa – skala stanu morza

♦ **Skala Douglasa – skala stanu morza**, wykorzystywana obecnie powszechnie przez żeglarzy, w której poszczególne stopnie są wyznaczane na podstawie **najwyższych wysokości fal**:

- ♦ **0°** – odpowiada falom o wysokości **0 m**,
- ♦ **1° - "I"** – fale o wysokości **do 0,1 m**,
- ♦ **2° - "II"** – **0,1 - 0,5 m**,
- ♦ **3° - "III"** – **0,5 - 1,25 m**,
- ♦ **4° - "IV"** – **1,25 - 2,5 m**,
- ♦ **5° - "V"** – **2,5 - 4,0 m**,
- ♦ **6° - "VI"** – **4,0 - 6,0 m**,
- ♦ **7° - "VII"** – **6,0 - 9,0 m**,
- ♦ **8° - "VIII"** – **9,0 - 14,0 m**,
- ♦ **9° - "IX"** – **14,0 m i więcej.**



Skala Beauforta – siły wiatru

♦ **Skala Beauforta – skala siły wiatru** posiada charakter opisowy (poniżej opis wybranych stopni tej skali):

- 0°B – **cisza** (prędkość wiatru poniżej 1 km/h); odpowiada lustrzanej tafli bez żadnych zmarszczek (tafla lustrzana),
- 1°B – **powiew** (1-5 km/h); powierzchnia lekko zmarszczona; fale o wys. do 0,25 m,
- 2°B – **słaby** (6-11 km/h), fale krótkie i wyraźne, o wysokości do 0,6 m, które zaczynają się załamywać;
- 3°B – **łagodny** (12-19 km/h); fale o wysokości do 1 m,
- 4°B – **umiarkowany** (20-28 km/h); zaczynają powstawać dłuższe fale, o wys. do 2 m,
- 5°B – **dość silny** (29-38 km/h); fale są dłuższe i mocniej spienione, o wys. do 4 m,
- 6°B – **silny** (39-49 km/h); zaczynają się tworzyć duże fale, o wys. do 6 m,
- 8°B – **gwałtowny** (62-74 km/h); fale coraz dłuższe i bardziej strome, o wys. do 9 m,
- 10°B – **silna wichura** (89-102 km/h); wielkie fale, o wysokości do 10 m,
- 12°B – **huragan** (wiatr powyżej 117 km/h); ogromne fale, o wysokości przekraczającej 14 m, uniemożliwiające dostrzeganie statków znajdujących się w dolinie fal.

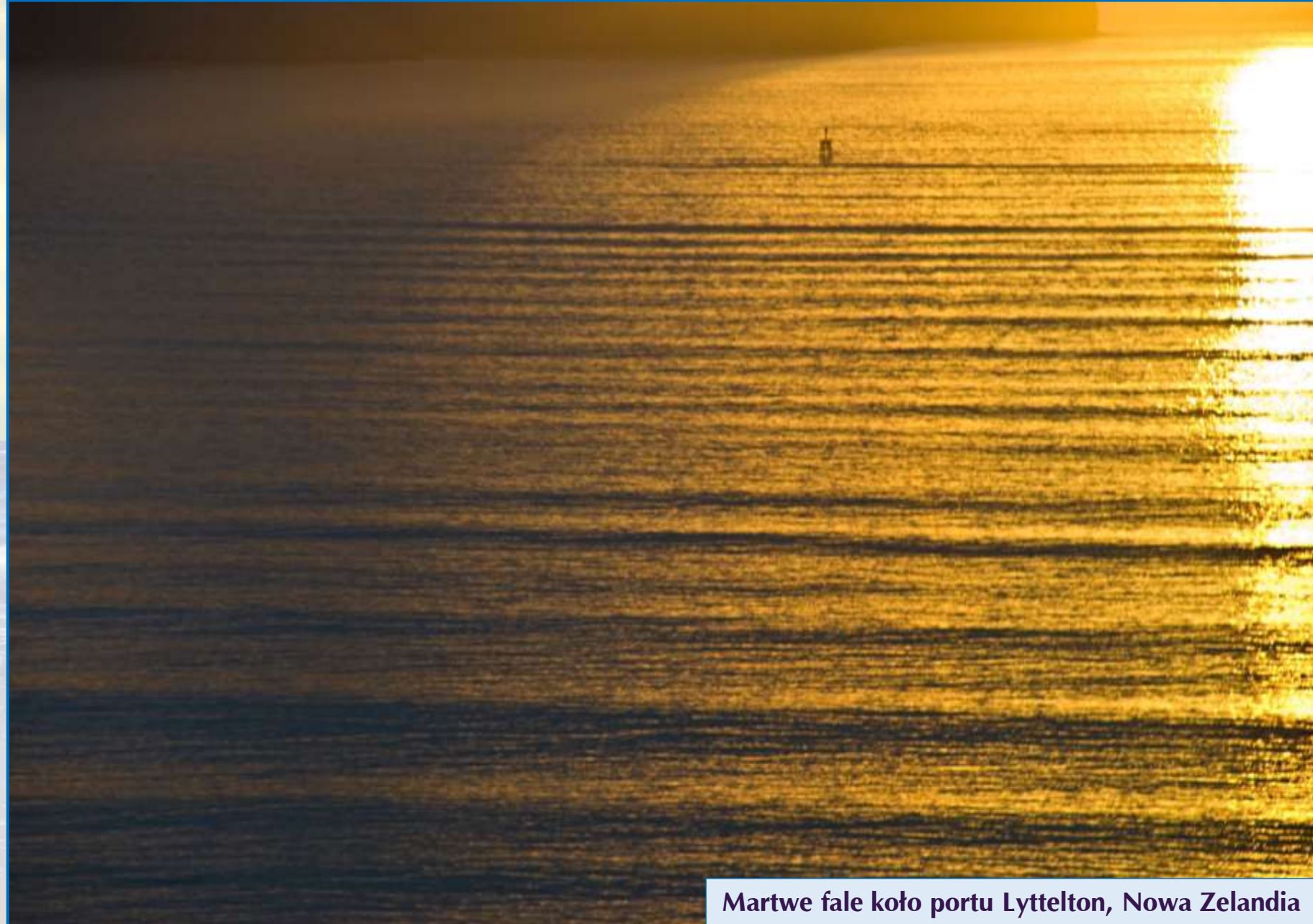
Ze względu na fakt występowania bardzo silnych huraganowych wiatrów skala Beauforta została rozszerzona do 17°B.

I tak w **skali Fujity** służącej do **opisu tornad** – pierwsza kategoria (EF0) oznacza wiatr wiejący z prędkością 105-137 km/h, czyli odpowiada 12°B (wg skali Beauforta).

| | | |
|----|-----------------|---|
| 0 | Calm |  |
| 1 | Light air |  |
| 2 | Light Breeze |  |
| 3 | Gentle Breeze |  |
| 4 | Moderate Breeze |  |
| 5 | Fresh Breeze |  |
| 6 | Strong Breeze |  |
| 7 | Near Gale |  |
| 8 | Gale |  |
| 9 | Strong Gale |  |
| 10 | Storm |  |
| 11 | Violent Storm | |
| 12 | Hurricane | |

Fale swobodne (fale martwe)

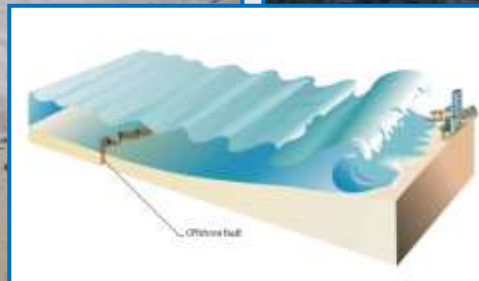
- ◆ **Fale swobodne (fale martwe)**
 - to fale przemieszczające się po ustaniu wiatru, który je wcześniej wprawił w ruch.
- ◆ Są to zwykle fale występujące po sztormach.
 - ◆ Fale takie mogą także być wzbudzone przez inne czynniki niż wiatr, np. wybuch podwodnego wulkanu, trzęsienie ziemi czy duży obryw w obrębie klifu morskiego.
- ◆ Fala taka przemieszcza się bardzo powoli i w miarę upływu czasu powoli zaczyna zanikać.
 - ◆ Jej kierunek oczywiście, co jest charakterystyczne, zwykle jest inny niż kierunek wiatru.



Martwe fale koło portu Lyttelton, Nowa Zelandia

B. Tsunami

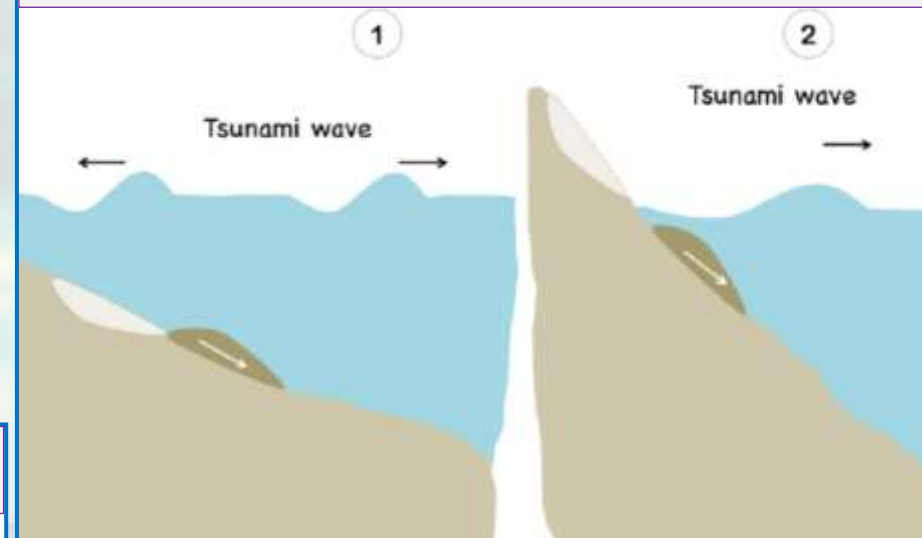
- ◆ **Tsunami (fale sejsmiczne)** – bardzo długie fale swobodne (o długości do 200 km) o olbrzymiej energii, przemieszczające się na duże odległości (nawet tysięcy km).
- ◆ Na otwartym oceanie mogą one osiągać prędkość do 1000 km/h, ale ich olbrzymia długość powoduje, że są prawie niezauważalne (mają do 2 m wysokości).
- ◆ Dopiero na obszarach przybrzeżnych tsunami wyhamowuje na skutek tarcia o dno i spiętrza się, osiągając wysokość do 40 metrów (największe w małych i wąskich zatokach).
- ◆ Najwyższa fala tsunami posiadała około 66 m (źródła podają różne wartości) – zaobserwowano ją w Zatoce Alaska (Lituya Bay) po oberwaniu się olbrzymiej góry lodowej (zalała ona obszar wybrzeża do wysokości 524 m n.p.m.).



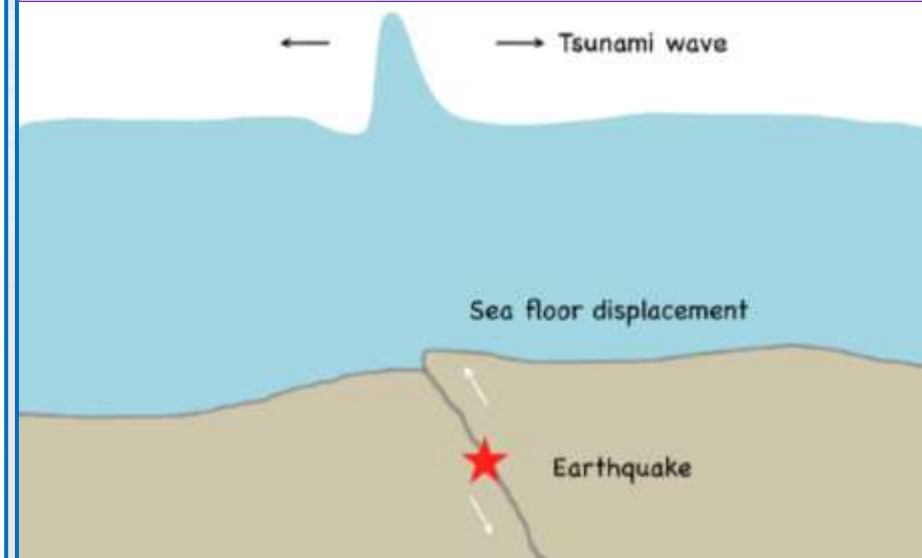
Przyczyny powstawania fal tsunami

- ♦ **Tsunami** tworzą się najczęściej w wyniku podmorskich trzęsień ziemi lub też podwodnych wybuchów wulkanów.
- ♦ Wśród innych przyczyn tsunami najczęściej występują:
 - ♦ podwodne osuwiska,
 - ♦ obrywy w obrębie klifów morskich lub gór lodowych oddzielających się z lądowców (spadające bezpośrednio do mórz),
 - ♦ eksplozji wzbudzanych przez człowieka (np. wskutek wybuchów atomowych),
 - ♦ upadki dużych meteorytów.

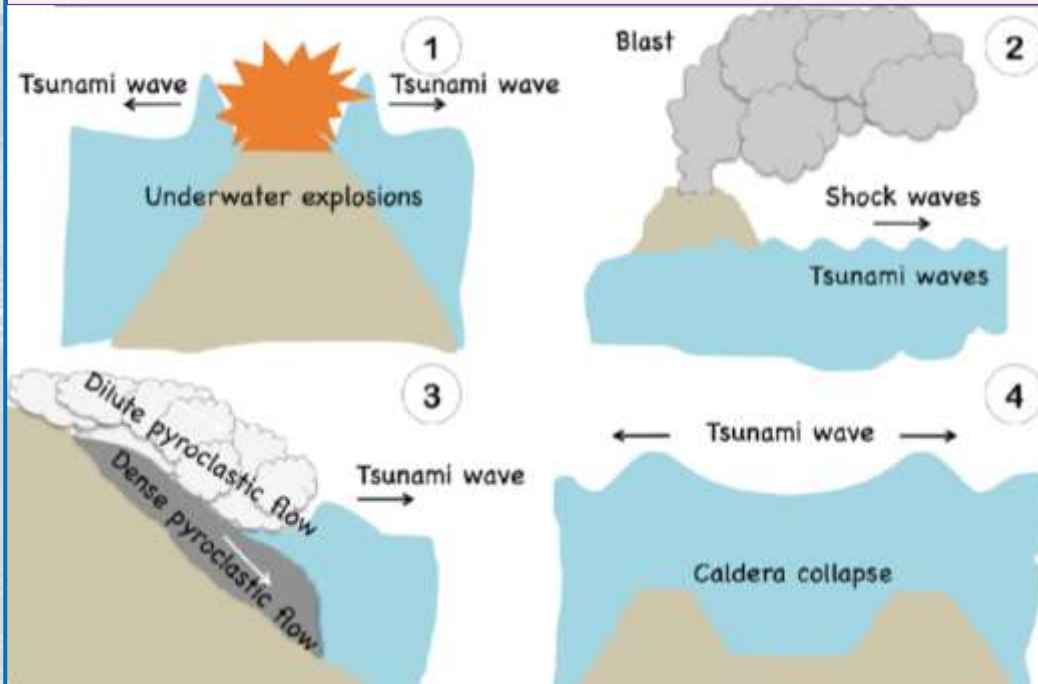
Przyczyny tsunami: podwodne osuwiska lub obrywy w obrębie klifów morskich lub gór lodowych



Przyczyny tsunami: trzęsienia ziemi

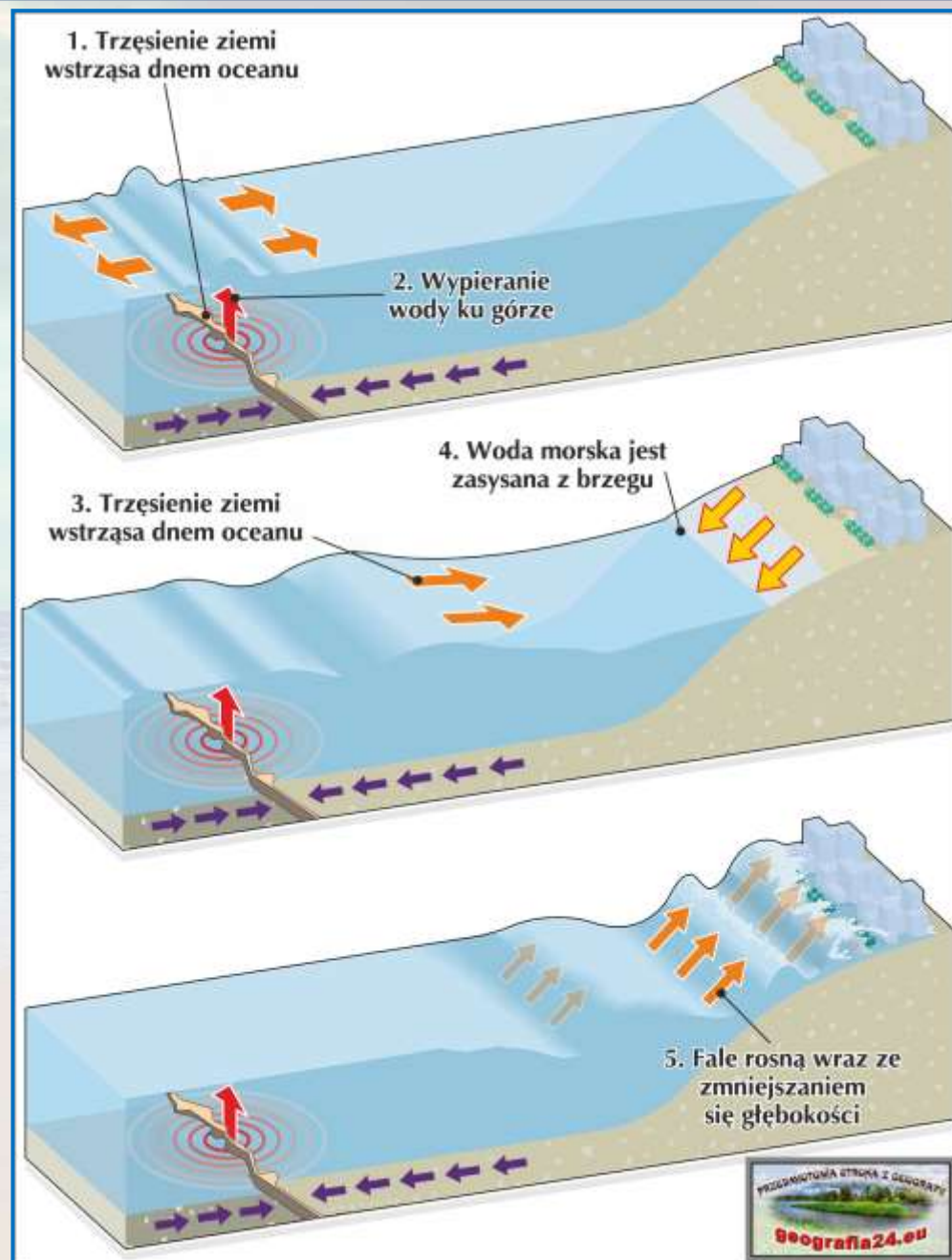


Przyczyny tsunami: upadki meteorytów



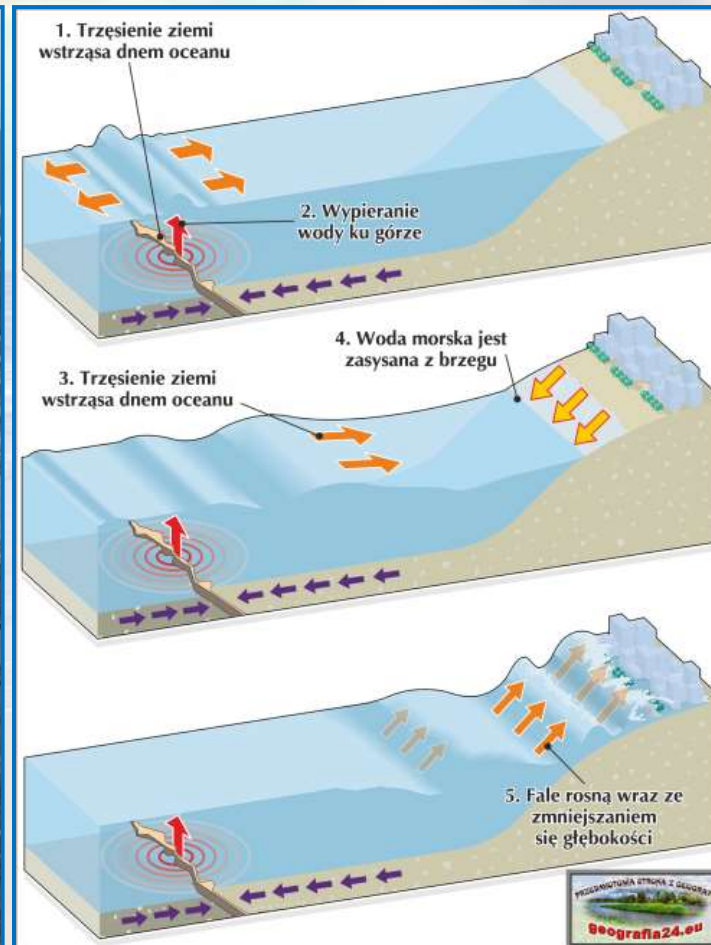
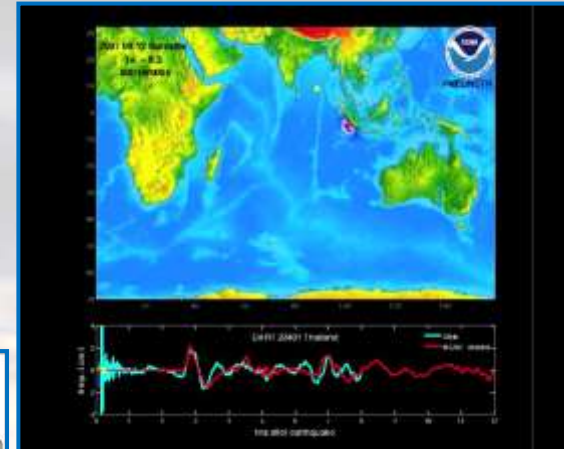
Co zapowiada tsunami

- ◆ Nadejście tsunami można czasem rozpoznać po trwającym od kilku do kilkunastu minut niewielkim obniżeniu poziomu lustra wody, które wynosi do 4 metrów.
- ◆ Powstaje wtedy przemieszczający się dół fali – to on dochodzi jako pierwszy (morze cofa się bardziej niż w czasie odpływu), przed właściwą falą tsunami.
- ◆ Niestety zwykle ludzie nie zwracają na to uwagi, a jest to o tyle ważne, że to zwykle pierwsza nadchodząca fala jest najwyższa.
- ◆ Po niej zwykle nadchodzi jeszcze kilka fal – ale już coraz niższych.



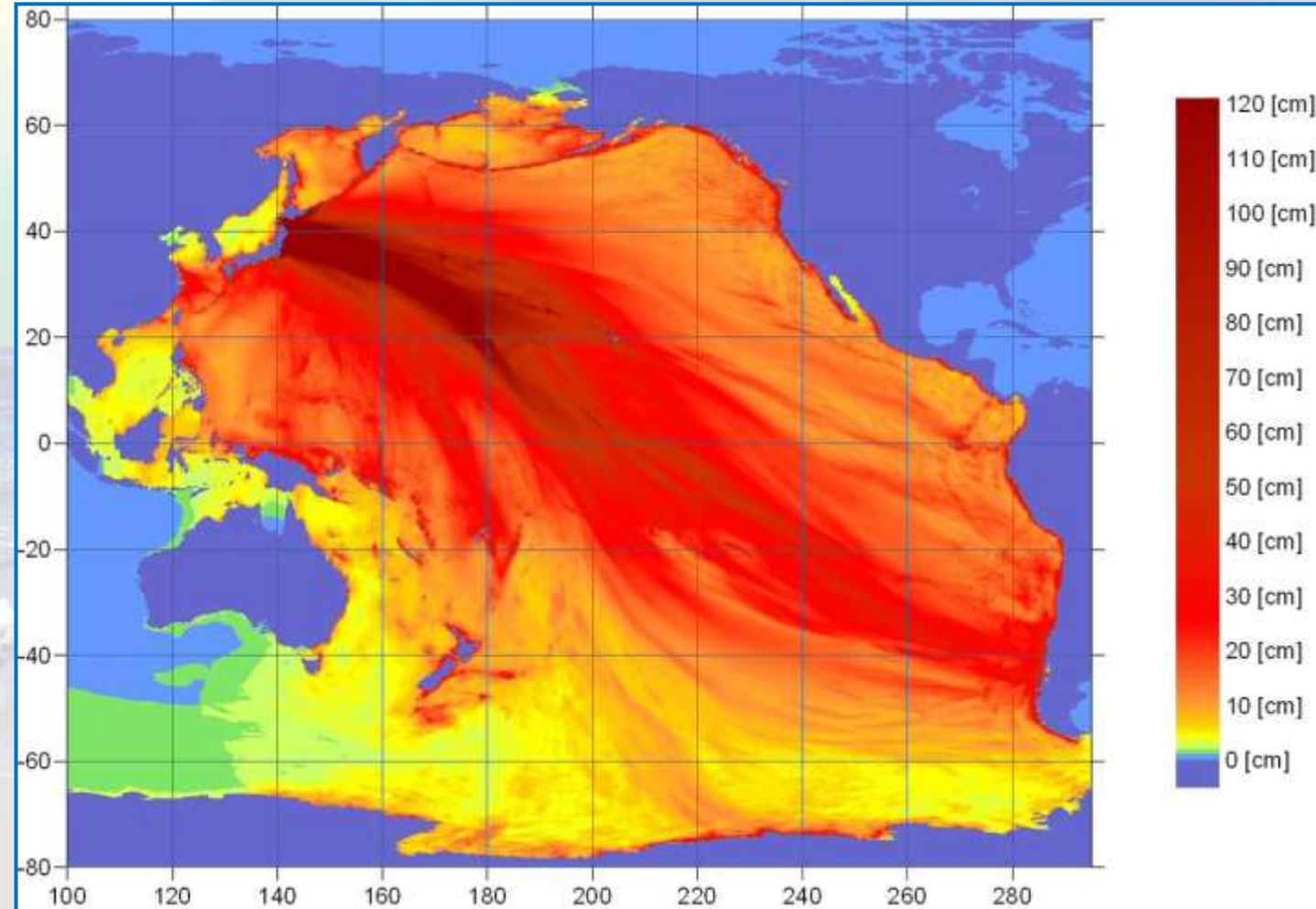
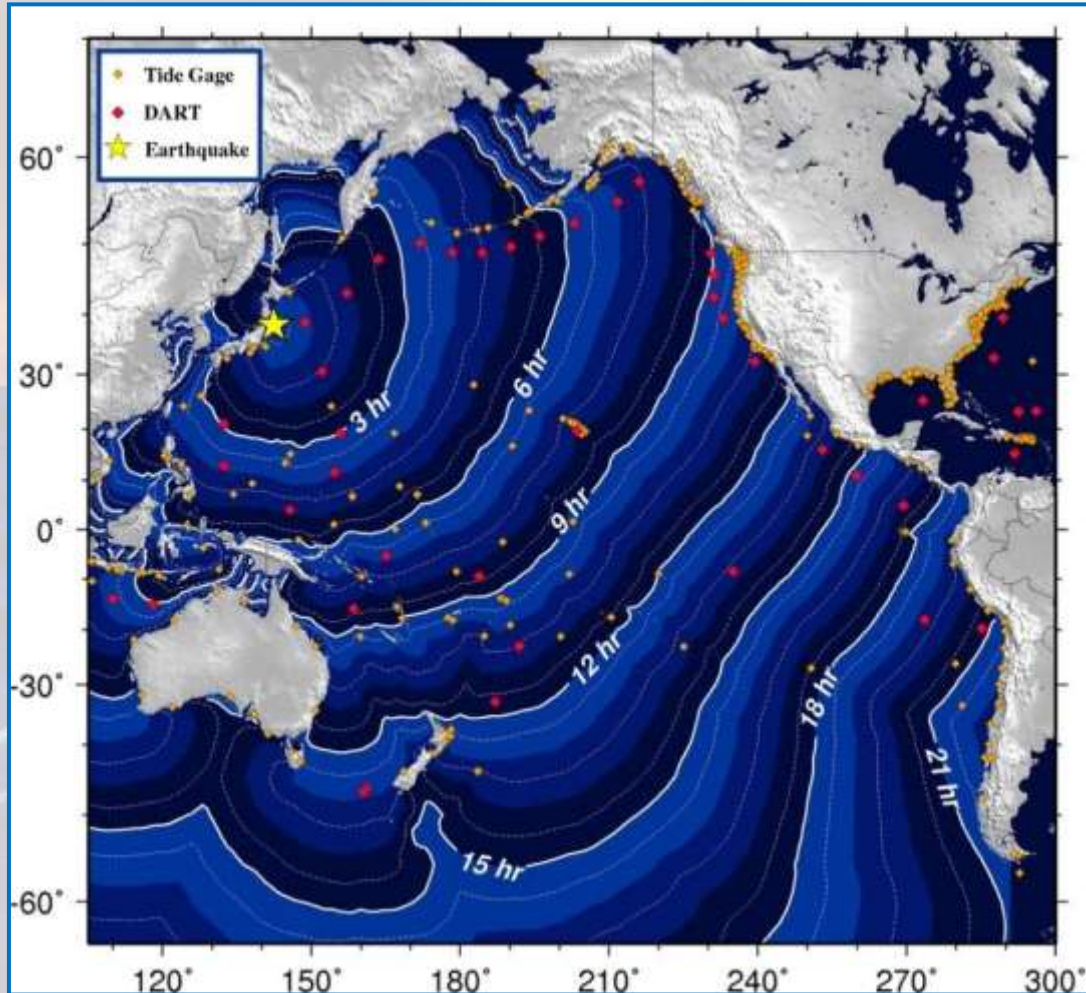
Skutki tsunami

- ◆ Fale tsunami powodują olbrzymie straty materialne i ludzkie.
- ◆ Ostatnio powołano co prawda odpowiednie służby, których zadaniem jest śledzenie powstających tsunami i ostrzeganie mieszkańców o zagrożeniu.
- ◆ Na ewakuację pozostaje jednak co najwyżej kilka godzin, co uniemożliwia zabezpieczenie całego mienia.
- ◆ Dobrze, jeśli uda się przenieść w bezpieczne miejsce wszystkich ludzi.



Największe tsunami z ostatnich kilku, kilkunastu lat

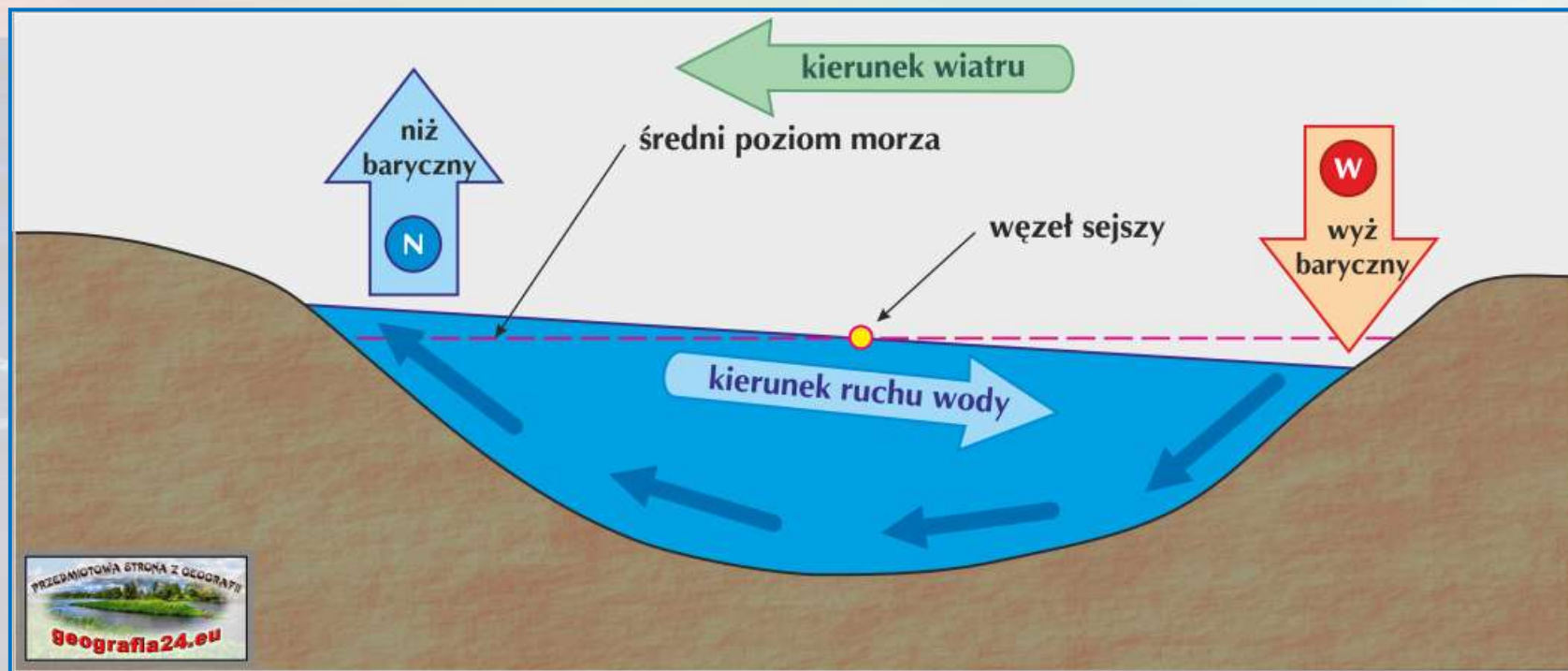
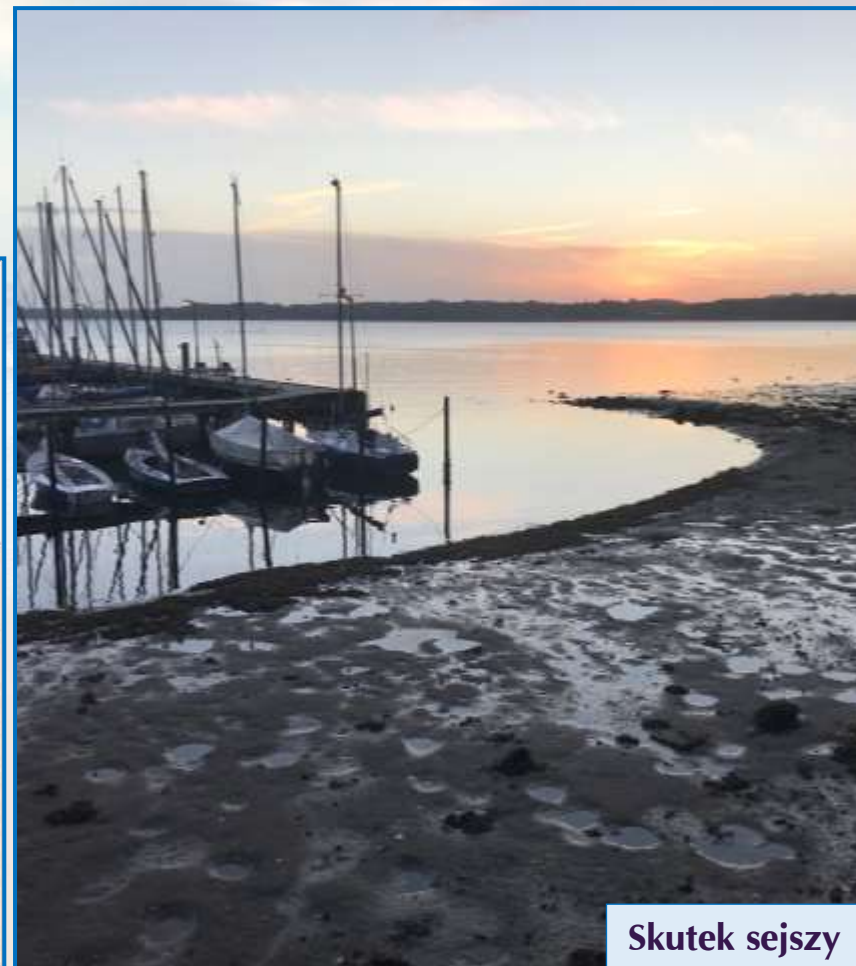
- ◆ I tak najtragiczniejszymi w skutkach były m.in. tsunami powstałe:
 - ◆ 26 grudnia 2004 roku u wybrzeża Indonezji, Sri Lanki, Indii i Somalii,
 - ◆ 11 marca 2011 roku u wybrzeży Honsiu (ponad 15 tys. ofiar śmiertelnych, awaria elektrowni atomowej w Fukushima i duże straty finansowe – tsunami objęło teren rozwinięty gospodarczo i mocno zurbanizowany).



Tempo rozchodzenia się fali tsunami (po lewej) i jej wysokość w czasie tsunami u wybrzeży Honsiu w 2011 r.

C. Sejsze (fale stojące)

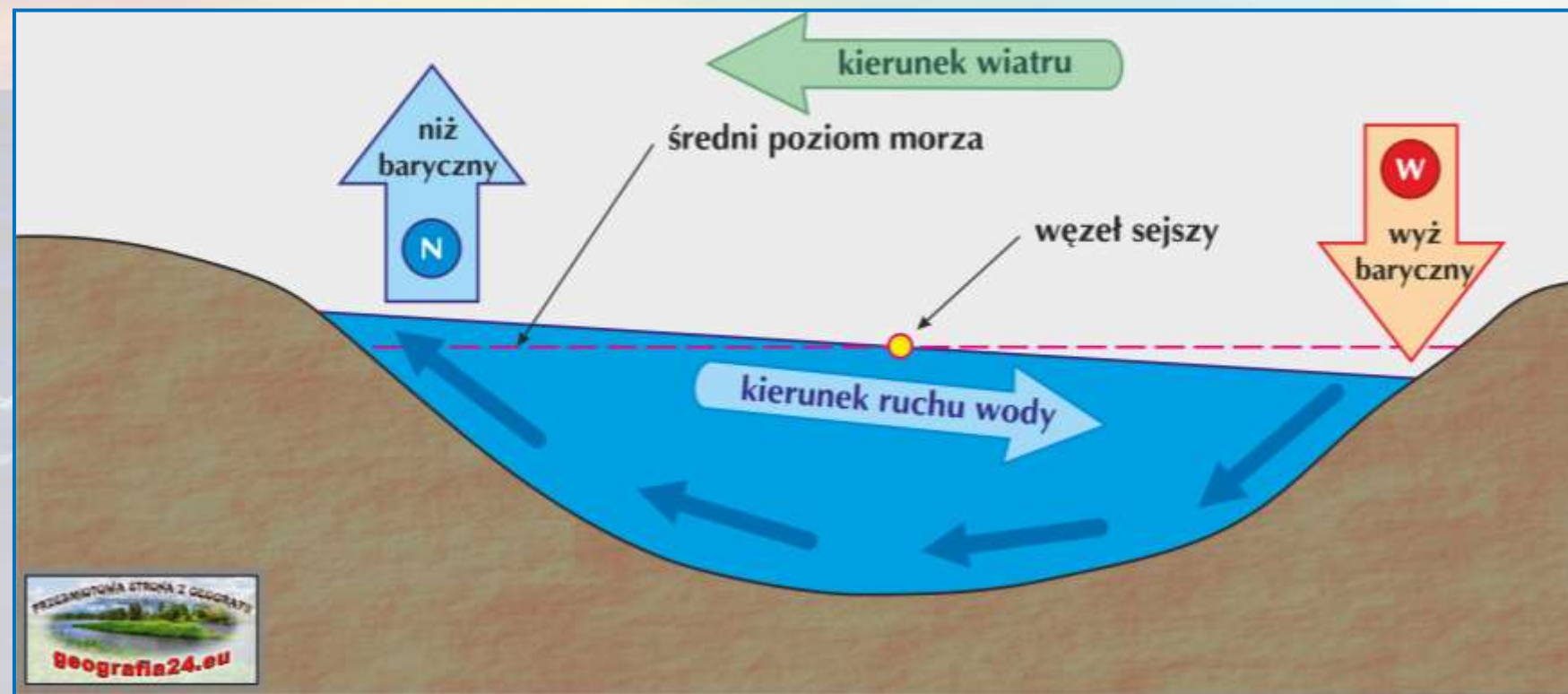
- ◆ **Sejsze (fale stojące)** to swobodne fale stojące, trwające do kilku godzin:
 - ◆ przyczyniające się kołysania wzdłuż węzła sejszy masy wodnej, powodując:
 - ◆ unoszenie się w pionie poziomu wody w jednej części zbiornika (ruchu wody ku górze), zaś w drugiej opadanie – nie ma tym samym ruchu wody w poziomie – następuje tylko ruch wahadłowy;
 - ◆ powstające w wyniku zaburzenia równowagi w akwenach wodnych (morzach, zatokach oraz jeziorach), o dość:
 - ◆ niewielkiej wysokości – zwykle do 1 m (najczęściej do kilkunastu cm):
 - ◆ w obrębie Jeziora Genewskiego osiąga maksymalnie 2 metry wysokości,
 - ◆ na Bałtyku osiągają wysokość do kilkunastu cm;
 - ◆ dużej długości (często takiej jak sam zbiornik w obrębie którego powstają).

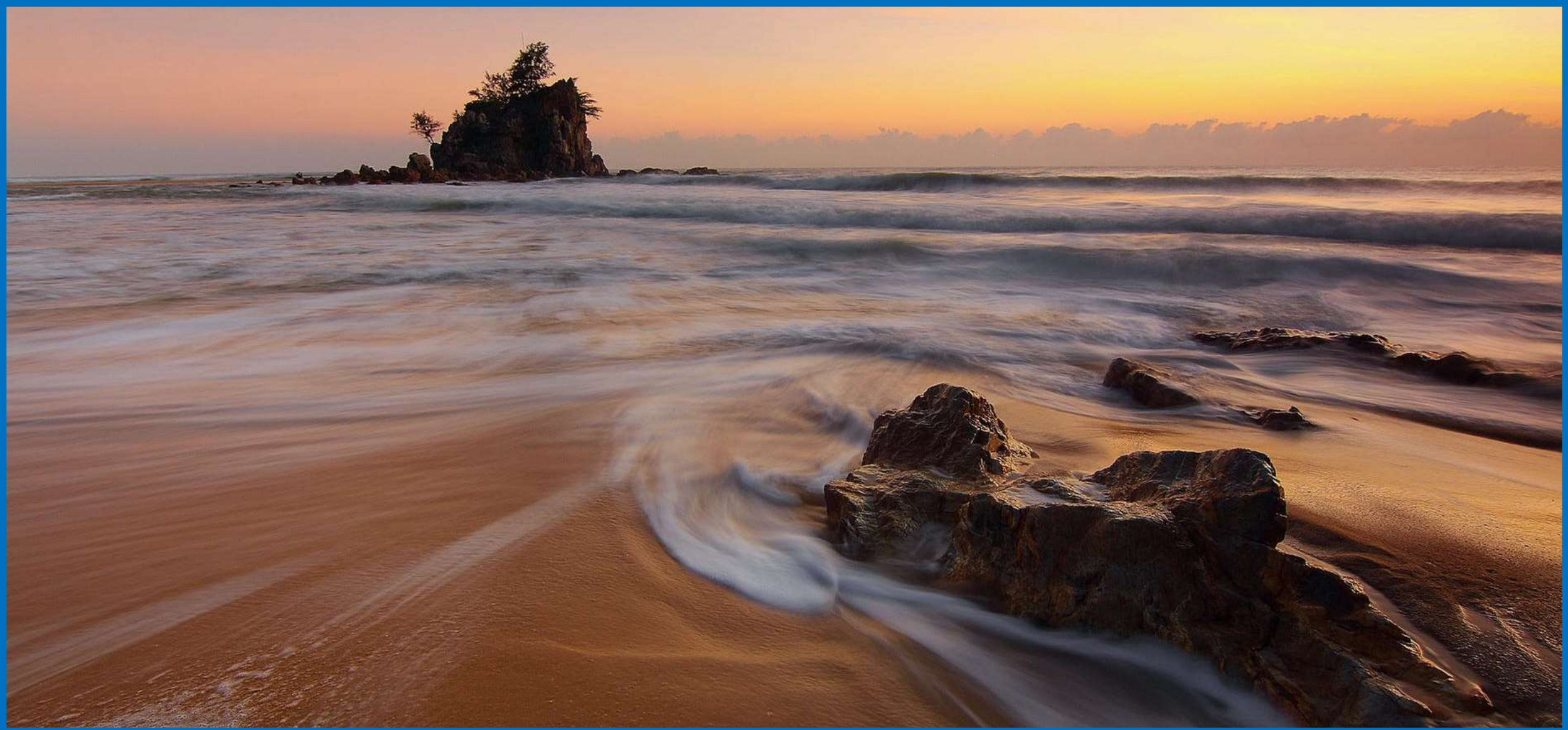


Sejsze (fale stojące)

- ◆ Powstanie sejszy wynika najczęściej z faktu szybkiego przejścia nad powierzchnią wody (lub w jej pobliżu):
 - ◆ frontu atmosferycznego o dużej różnicy ciśnień,
 - ◆ dwóch różnych ośrodków ciśnienia atmosferycznego (niżu i wyżu),
 - ◆ dynamicznie przemieszczającego się ośrodka barycznego (zwykle głębokiego niżu).
- ◆ Rzadziej sejsze mogą być wywołane także:
 - ◆ gwałtownymi zmianami kierunku przemieszczania się silnych wiatrów (następuje spadek prędkości wiatru),
 - ◆ dużymi opadami deszczu w jednej z części akwenu wodnego,
 - ◆ zjawiskami sejsmicznymi (trzęsieniami ziemi i wybuchami wulkanów).

Sejsza na Jeziorze Michigan
(w 1954 roku zanotowano tu aż 3 m fale)

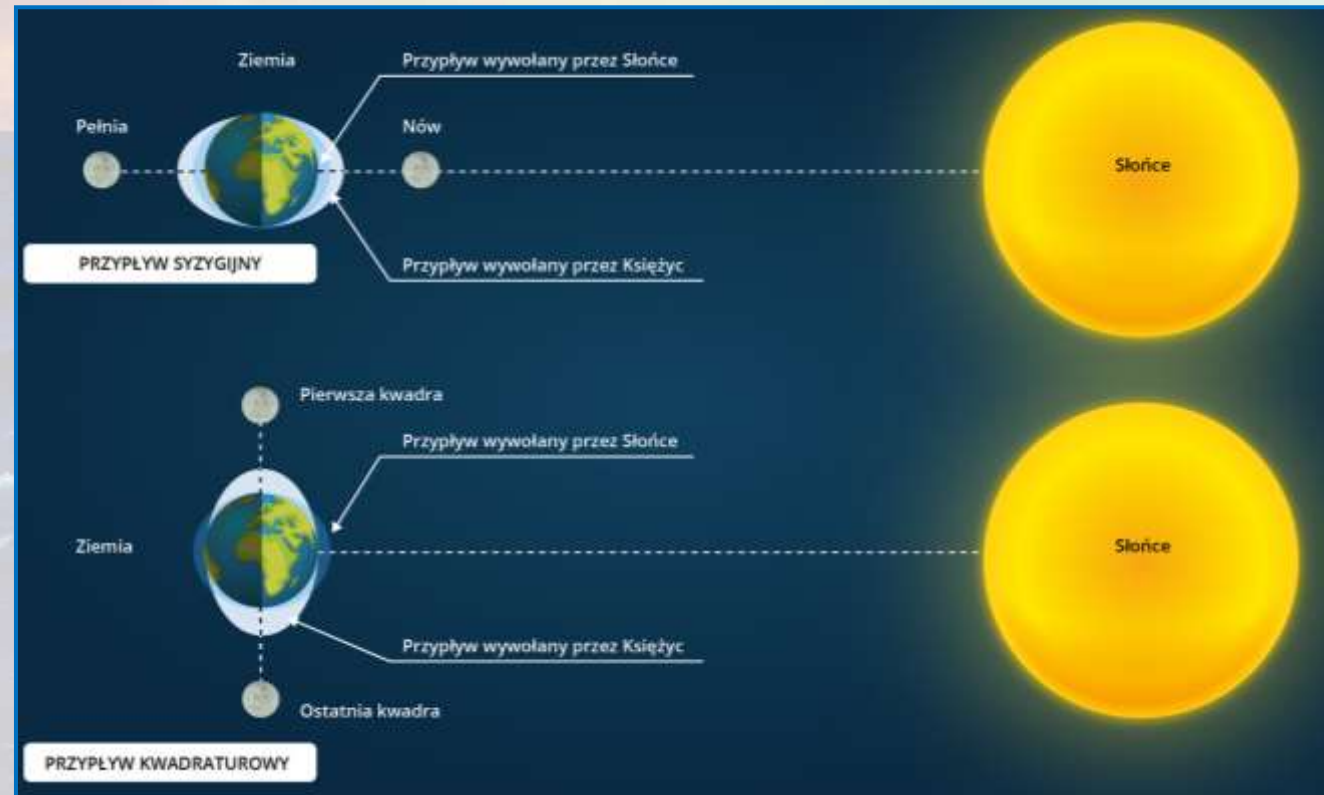
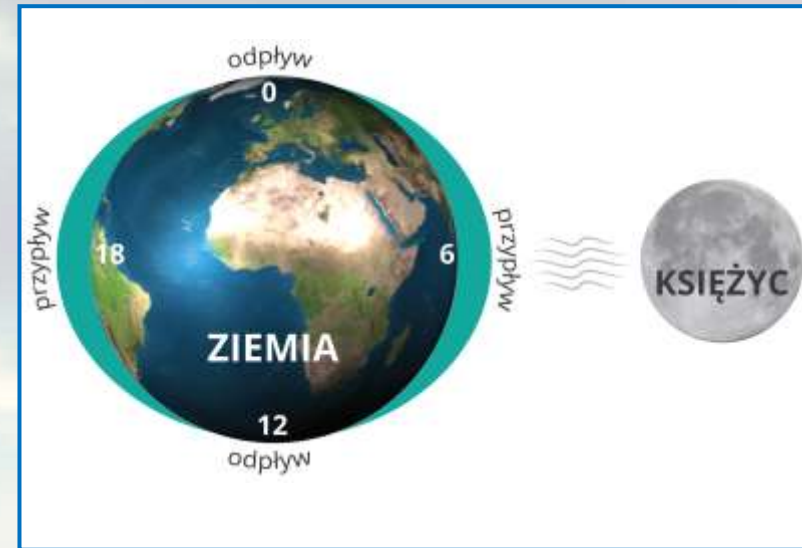




Pływy

Co to są pływy morskie

- ♦ **Pływy morskie** – największe i najbardziej regularne ruchy okresowe w obrębie akwenów wodnych.
- ♦ Polegają na rytmicznym, naprzemiennym wznoszeniu się i opadaniu powierzchni oceanów i zbiorników z nimi połączonych, wynikającym z:
 - ♦ oddziaływania pola grawitacyjnego Księżyca i Słońca,
 - ♦ występowania siły odśrodkowej, wynikającej z faktu ruchu obrotowego Ziemi.
- ♦ Oddziaływanie Księżyca – mimo jego niewielkiej, w porównaniu ze Słońcem, masy - **jest ponad 2 razy silniejsze (stosunek sił wynosi 59:26)**.



Cykle w pływach morskich

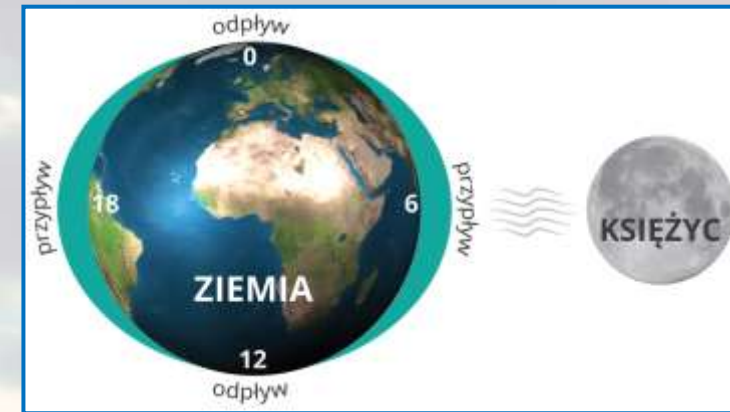
♦ Pływy morskie, dzielimy na dwa cykle:

- ♦ **przyływ** – w czasie którego następuje wzrost poziomu morza od położenia najniższego do najwyższego,
 - ♦ występują najczęściej co 12 godzin i 27 minut (1/2 doby księżycowej), czyli każdego dnia mamy do czynienia dwukrotnie z przyływem na każdym południku – są to **pływy półdobowe**,
 - ♦ są miejsca na Ziemi gdzie jednak są one tylko raz dziennie (co około 24 godz. i 54 minut, np. Zatoka Meksykańska, u wybrzeży Nowej Gwinei – są to tzw. **pływy dobowe**),
 - ♦ **czas trwania przyływu** – okres podnoszenia się wód oceanicznych;
- ♦ **odpływ** – w czasie którego następuje obniżanie się poziomu morza od położenia najwyższego do najniższego,
 - ♦ następuje najczęściej co około 12 godzin i 27 minut (tak samo jak przyływ),
 - ♦ **czas trwania odpływu** – okres opadania wód oceanicznych.

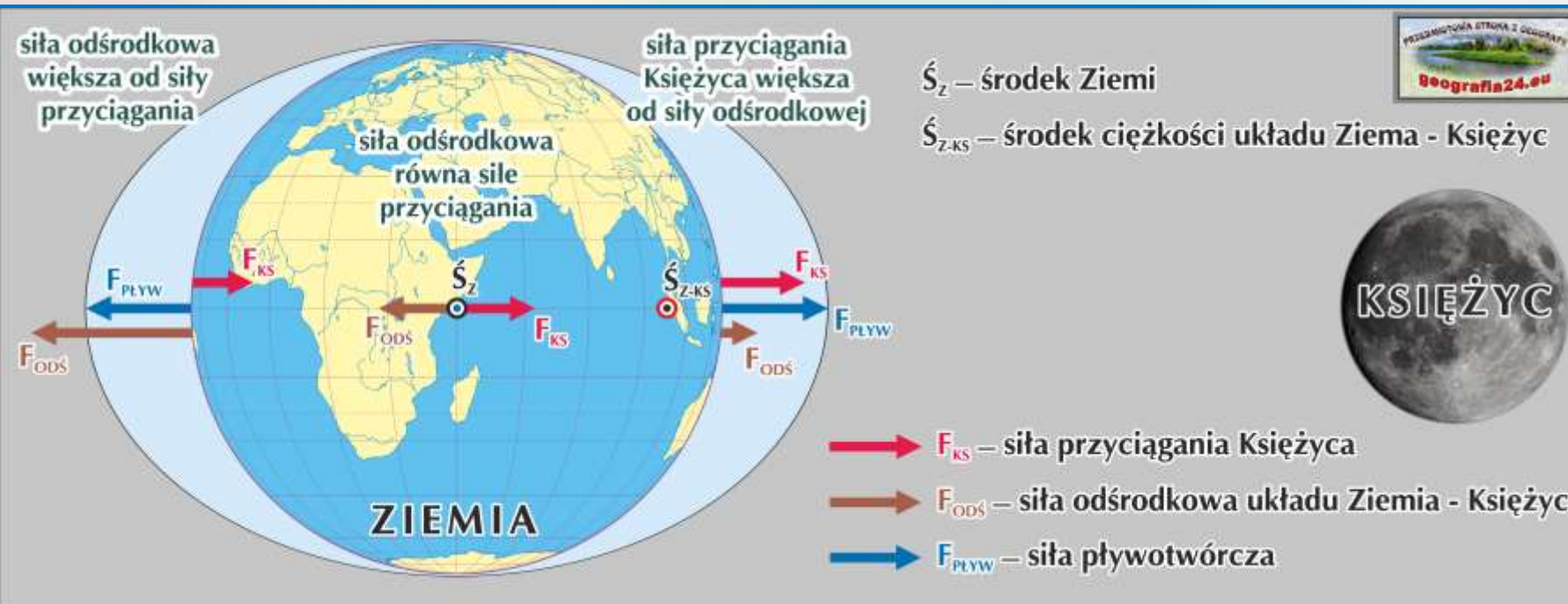


Gdzie występują przyptywy

- ♦ **Przyptywy** występują zwykle jednocześnie na dwóch południkach na Ziemi (są dwa "nabrzmienia" na Ziemi):
 - ♦ na południku, w którym Ziemia jest najbliżej Księżyca (gdzie Ziemia jest zwrócona ku Księżycowi) – co wynika z największej wartości siły przyciągania Księżyca,
 - ♦ na południku po przeciwnej stronie Ziemi, na którym Ziemia jest najdalej od Księżyca – co wynika z faktu występowania tu największej siły odśrodkowej, wynikającej z faktu najdalszego położenia od środka ciężkości układu Ziemia-Księżyc (C_{Z-KS}).



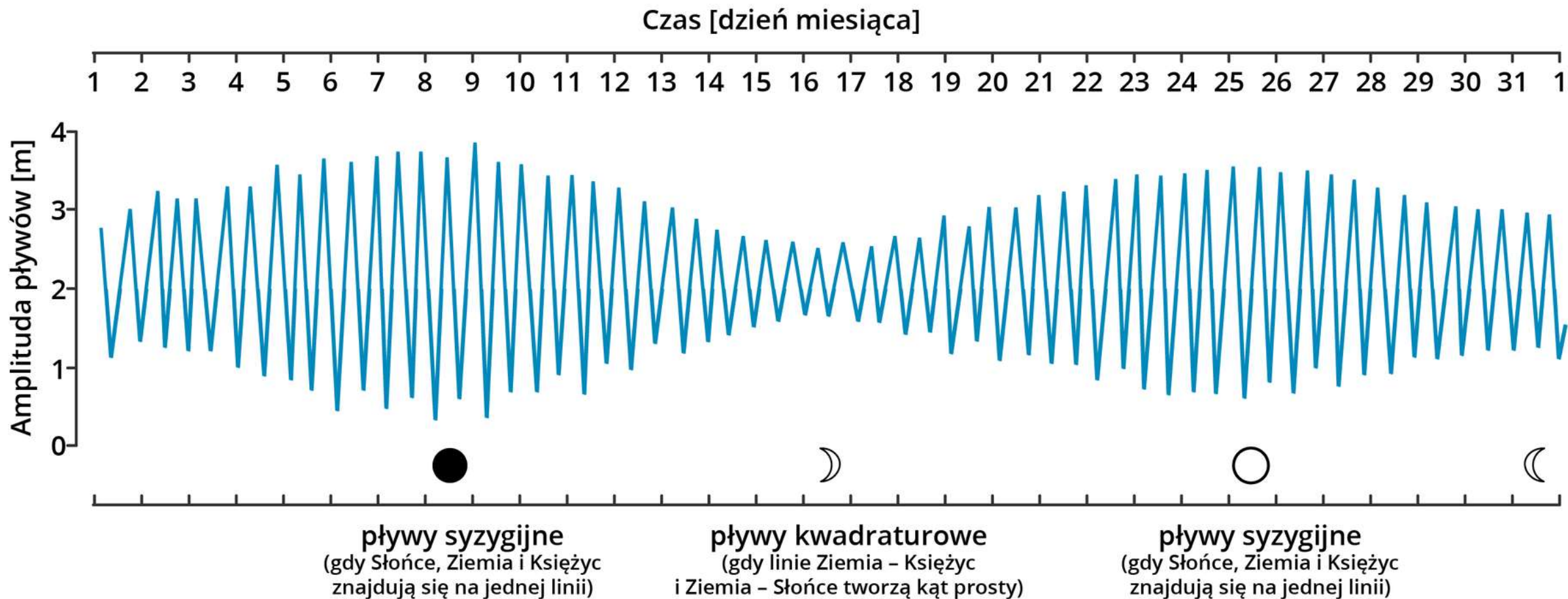
Dla punktów położonych na powierzchni Ziemi siła odśrodkowa i oddziaływanie grawitacyjne Księżyca wcale się nie równoważą (jedna z nich zawsze przeważa, w zależności od tego, w jakim położeniu znajdują się aktualnie te ciała niebieskie). W miejscach leżących od strony Księżyca siła odśrodkowa jest nieco mniejsza, niż w środku naszej planety. Za to w tym miejscu jest bliżej do Księżyca, zatem jego oddziaływanie grawitacyjne jest tutaj znacznie silniejsze (dlatego obserwujemy "wybrzuszenie" oceanu od tej strony). Z kolei po przeciwnej stronie Ziemi jest dokładnie odwrotnie: siła odśrodkowa jest wyraźnie większa, zaś przyciąganie grawitacyjne Księżyca jest mniejsze (siła odśrodkowa sprawia, że ocean się "wybrzusza").



Wielkość pływów

♦ Wielkość pływów księżycowych (zależnych od położenia Księżyca względem Ziemi) jest modyfikowana przez działanie pływotwórcze Słońca, co pozwala nam wyróżnić dwa rodzaje pływów:

- ♦ **pływy syzygijne** – są największe,
- ♦ **pływy kwadraturowe (kwadrowe)** – są najmniejsze.

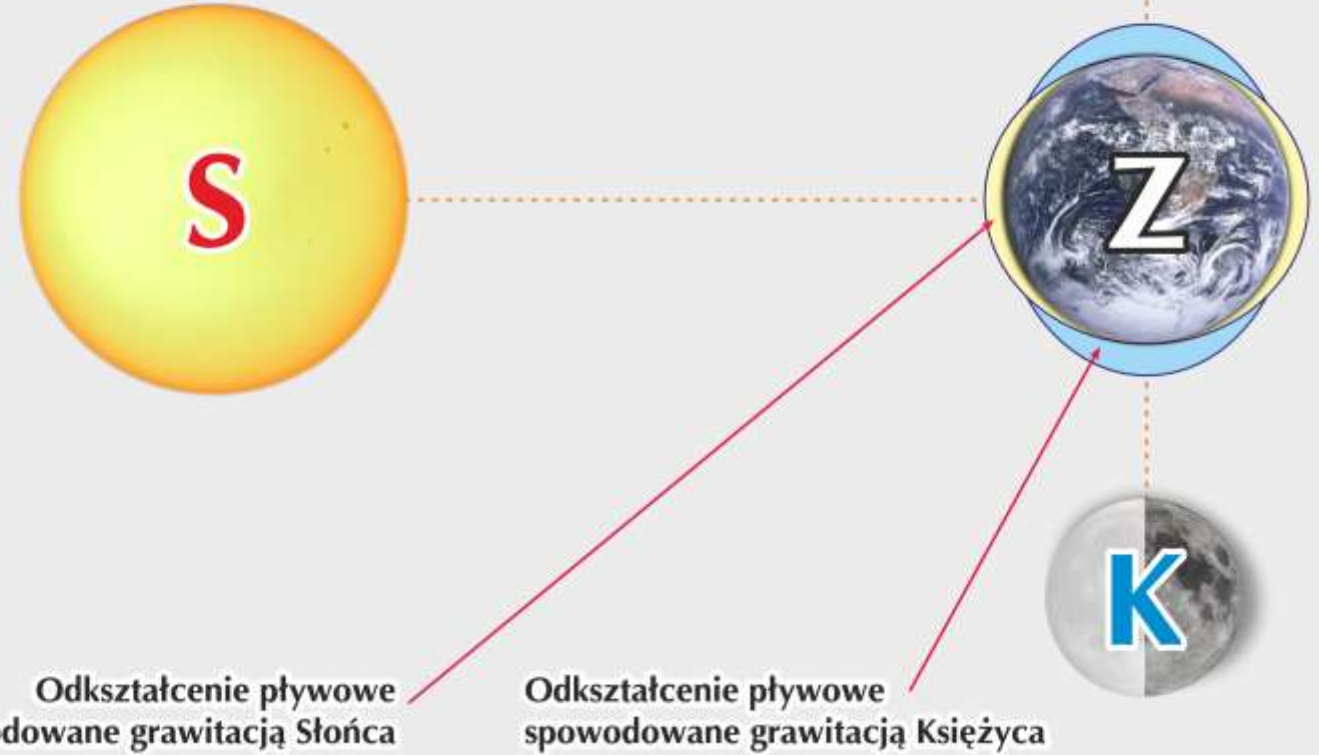


Pływy kwadraturowe (kwadrowe)

- ♦ **Pływy kwadraturowe (kwadrowe)** – są one najmniejsze,
- ♦ mają miejsce gdy Słońce i Księżyc ustawiają się względem Ziemi tak, że tworzą z nią dwie prostopadłe,
- ♦ ma to miejsce w czasie II lub IV kwadry Księżyca,
- ♦ takie ustawienie powoduje osłabianie sił pływotwórczych Księżyca.

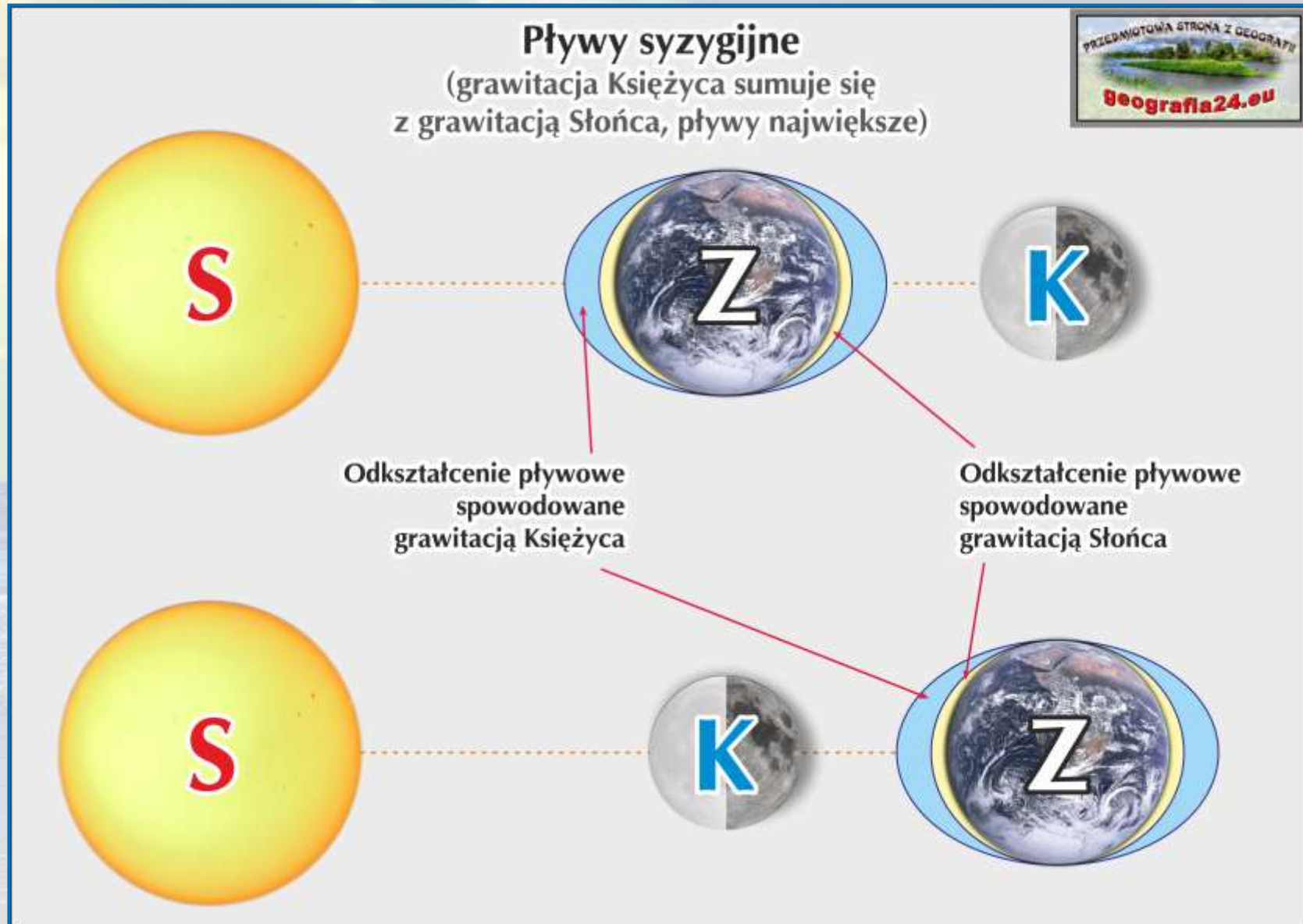


Pływy kwadraturowe (kwadrowe)
(Księżyc i Słońce oddziałują grawitacyjnie na Ziemię z różnych stron - pływy najmniejsze)



Pływy syzygijne

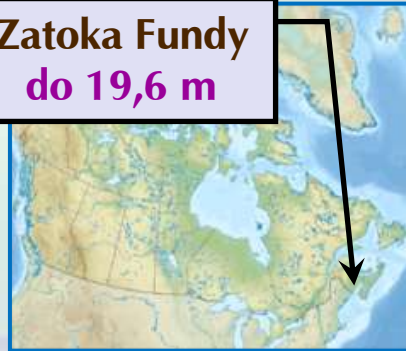
- ♦ **Pływy syzygijne** – są one największe,
- ♦ mają miejsce gdy Słońce, Ziemia i Księżyc ustawiają się w jednej linii,
- ♦ ma to miejsce w czasie pełni lub nowiu Księżyca,
- ♦ takie ustawienie powoduje sumowanie się sił pływotwórczych Słońca i Księżyca,
- ♦ ekstremalnie wysokie pływy syzygijne występują raz na około 1,5 tys. lat w specyficznej sytuacji, gdy prócz typowego ustawienia syzygijnego (3 ciała w jednej linii):
 - ♦ Ziemia w czasie ruchu obiegowego wokół Słońca znajdzie się w peryhelium (najbliżej Słońca),
 - ♦ Księżyc w czasie ruchu obiegowego wokół Ziemi znajdzie się w perygeum (najbliżej Ziemi).



Zróźnicowanie geograficzne wielkości pływów

- ◆ Na otwartym morzu zwykle nie przekracza 1 m.
- ◆ W pobliżu wybrzeży, w otwartych zatokach i estuariach rzek o specyficznym kształcie – wąskich i długich, ulegają spiętrzeniu:
 - ◆ maksimum osiąga w Zatoce Fundy w Kanadzie – do 19,6 m,

Zatoka Fundy
do 19,6 m

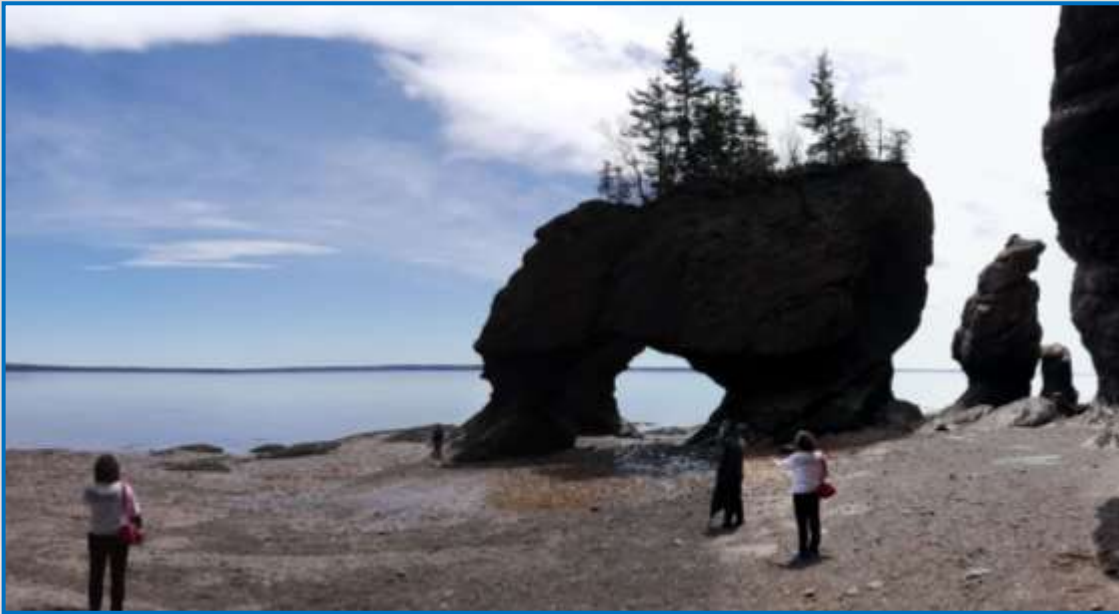


- ◆ bardzo wysokie na wybrzeżu Wielkiej Brytanii i Francji.

Port Granville
do 16,1 m

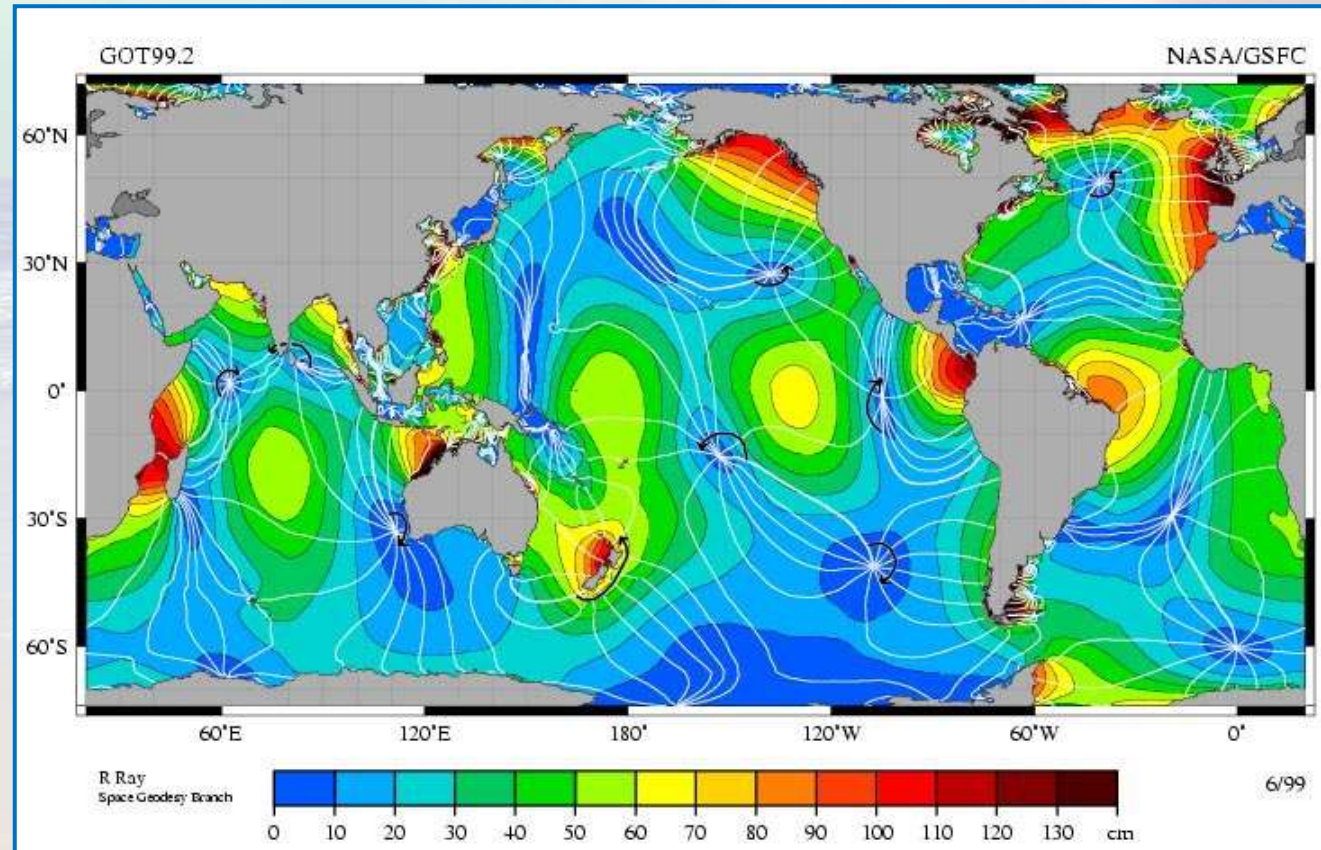


Ujście rzeki Severn
do 16,8 m



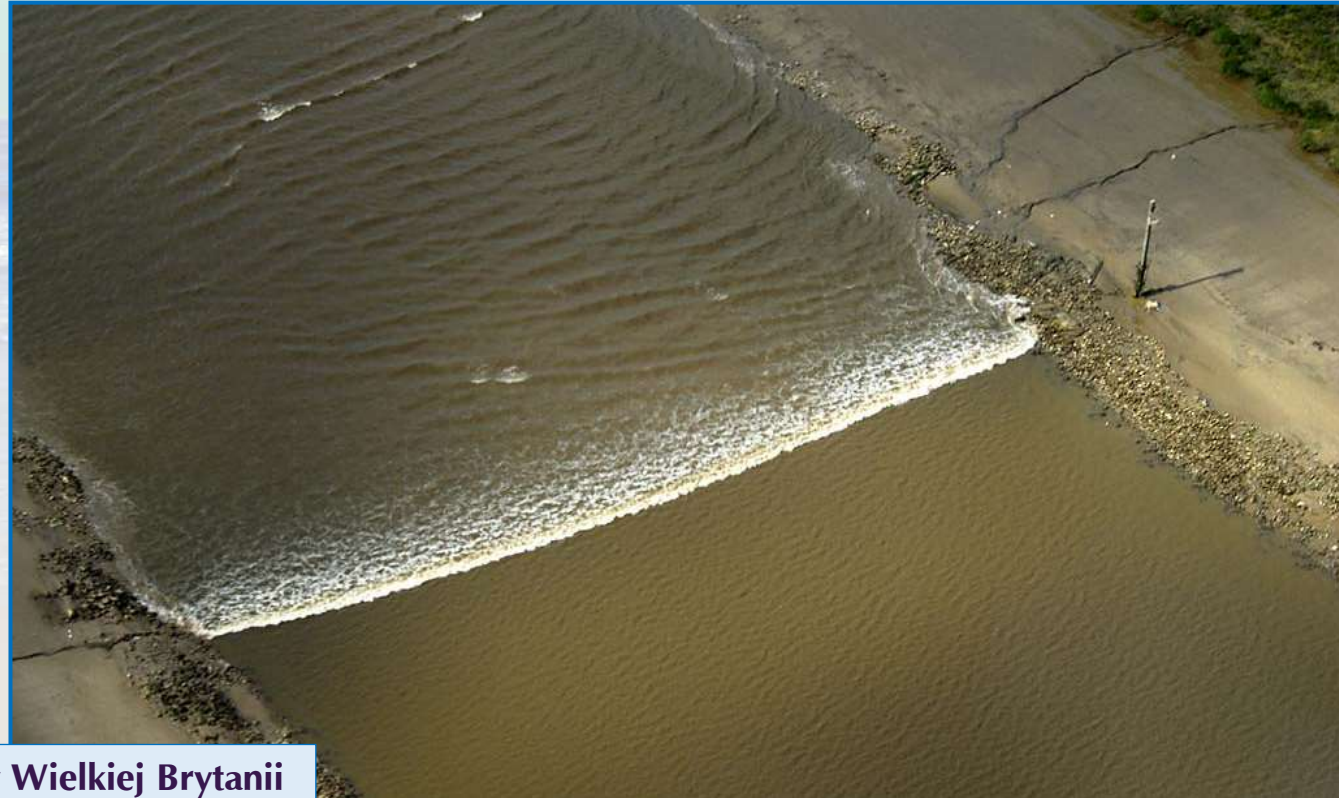
Zróźnicowanie geograficzne wielkości pływów

- ◆ Najmniejsze wartości pływów obserwujemy w morzach wewnątrzkontynentalnych (zamkniętych i półzamkniętych), które posiadają słaby kontakt z oceanem za pomocą stosunkowo wąskich cieśnin.
- ◆ W takich warunkach pływy osiągają zaledwie kilka do kilkunastu cm wysokości.
- ◆ Świetnym tego przykładem jest Bałtyk, gdzie są one praktycznie niezauważalne – ich amplituda jest stosunkowo niska i zwykle nie przekracza kilku, maksymalnie kilkunastu cm, wynosząc np.:
 - ◆ w cieśninach duńskich – do około 15 cm,
 - ◆ w Zatoce Gdańskiej – jedynie do 3 cm.



Fale pływowe w ujściowych odcinkach rzek – typu bora

- ◆ W ujściach rzek pływy mogą zaznaczać się nawet kilkaset kilometrów od morza – szczególnie wtedy gdy są to duże i wysokie **fale pływowe typu bora**.
- ◆ Fala bora przemieszcza się niezmiernie szybko i posiada znaczną wysokość czoła (jest dlatego świetnie widoczna “gołym okiem”), dzięki czemu może ona wdzierać się daleko w głąb lądu – wykorzystując do tego celu doliny rzek (największe wdzierają się ponad 500 km w kontynent).
- ◆ Szczególny przypadek stanowi Amazonka, w której falę bora obserwuje się 1400 kilometrów od Atlantyku (wysokość czoła sięga do 5 m).
- ◆ Bardzo daleko fala bora wdziera się także w przypadku rzeki Św. Wawrzyńca – nawet do 700 km od wybrzeża.



Pływ typu bora w Wielkiej Brytanii

KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -