

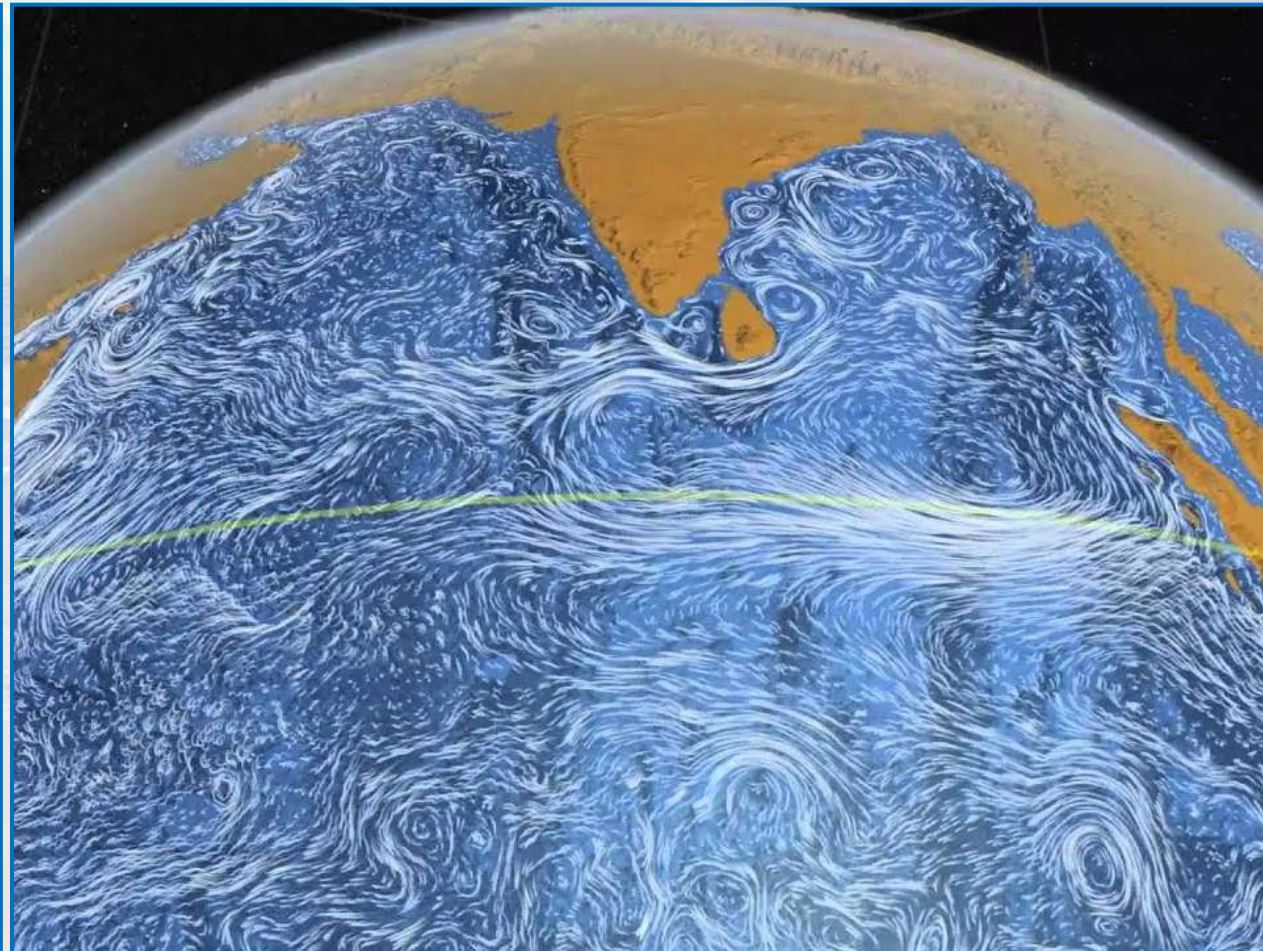
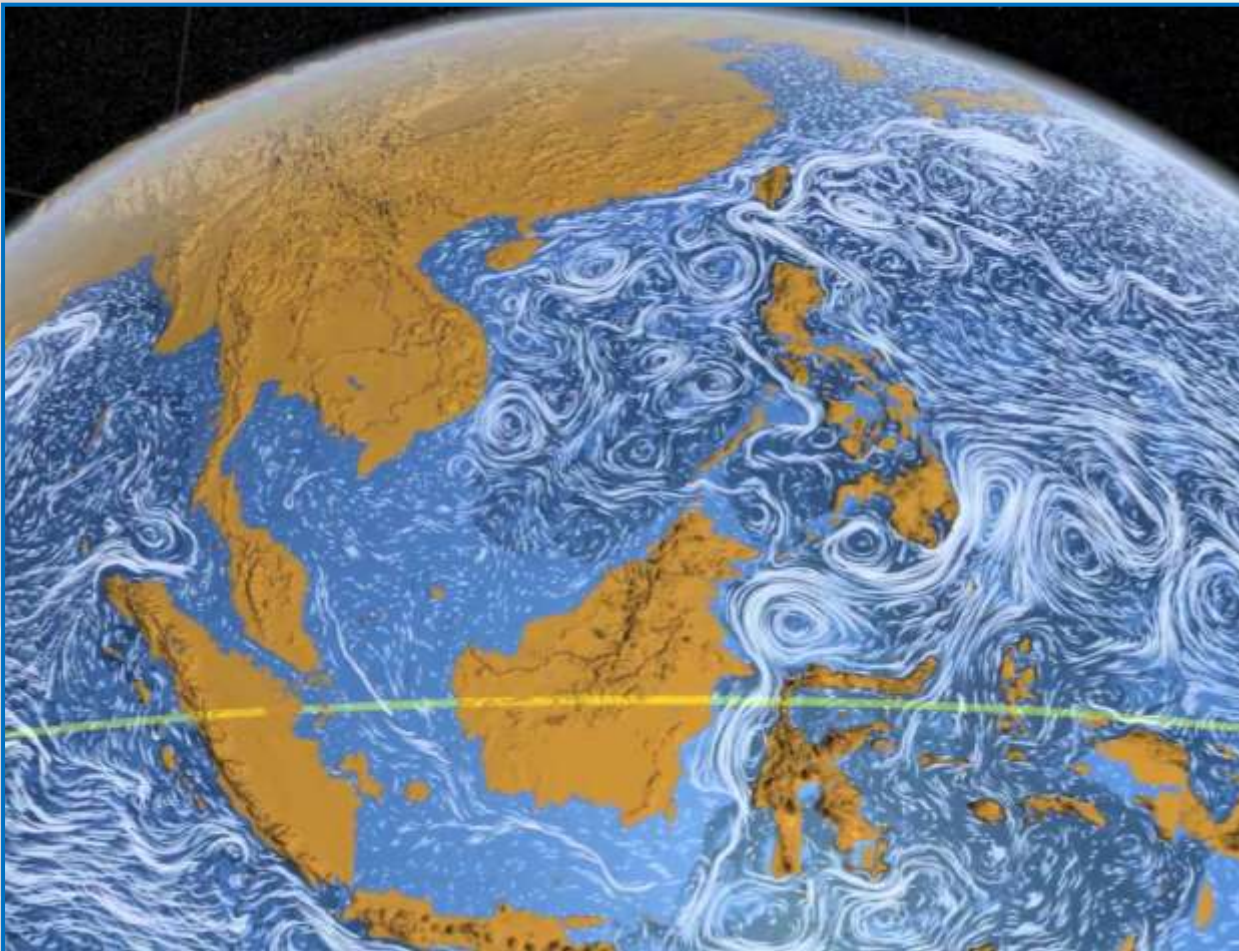


IV. Hydrosfera

2. Dynamika mórz i oceanów

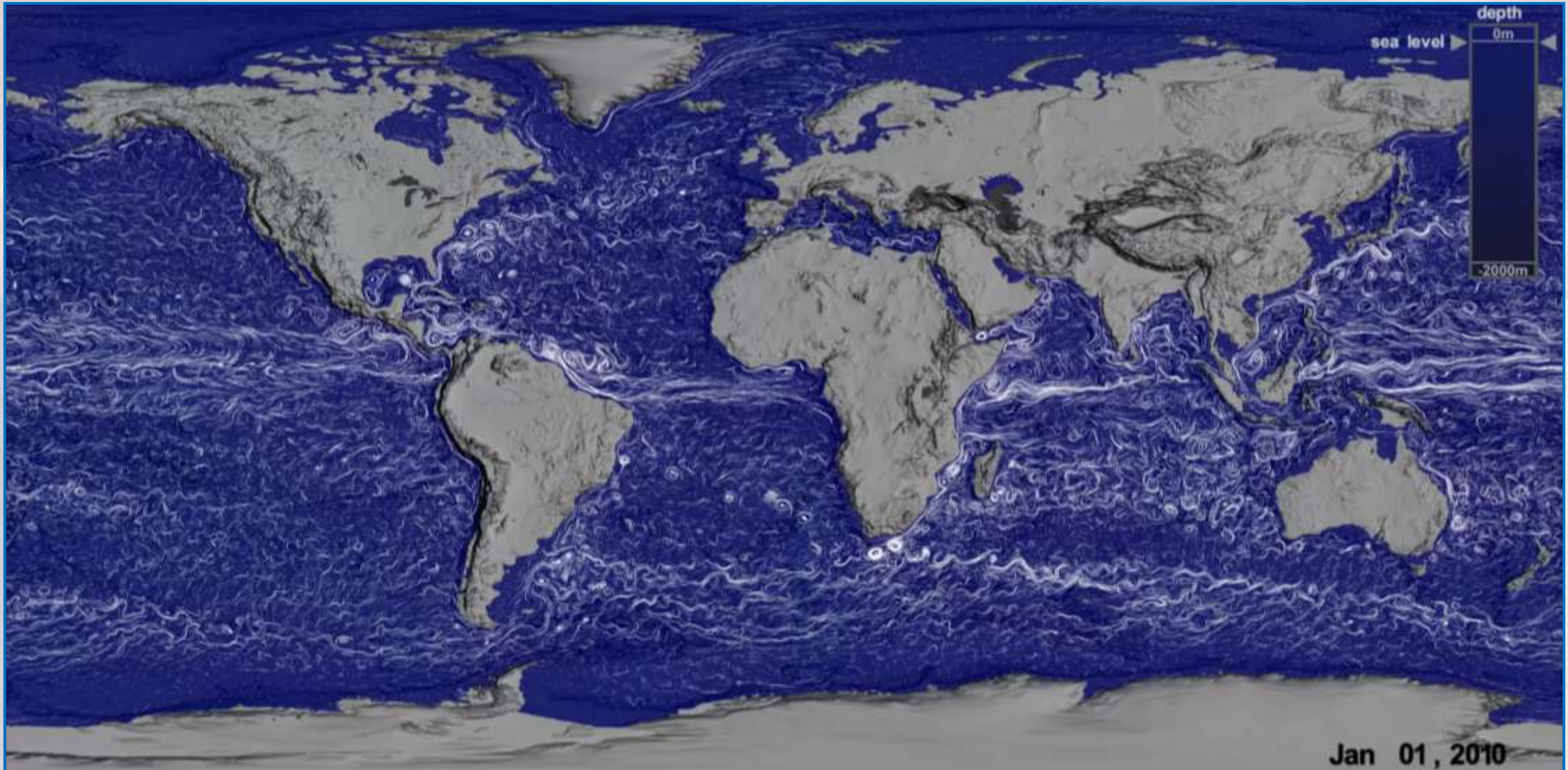
Prądy morskie

- ♦ **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 przemieszczanie prądu.



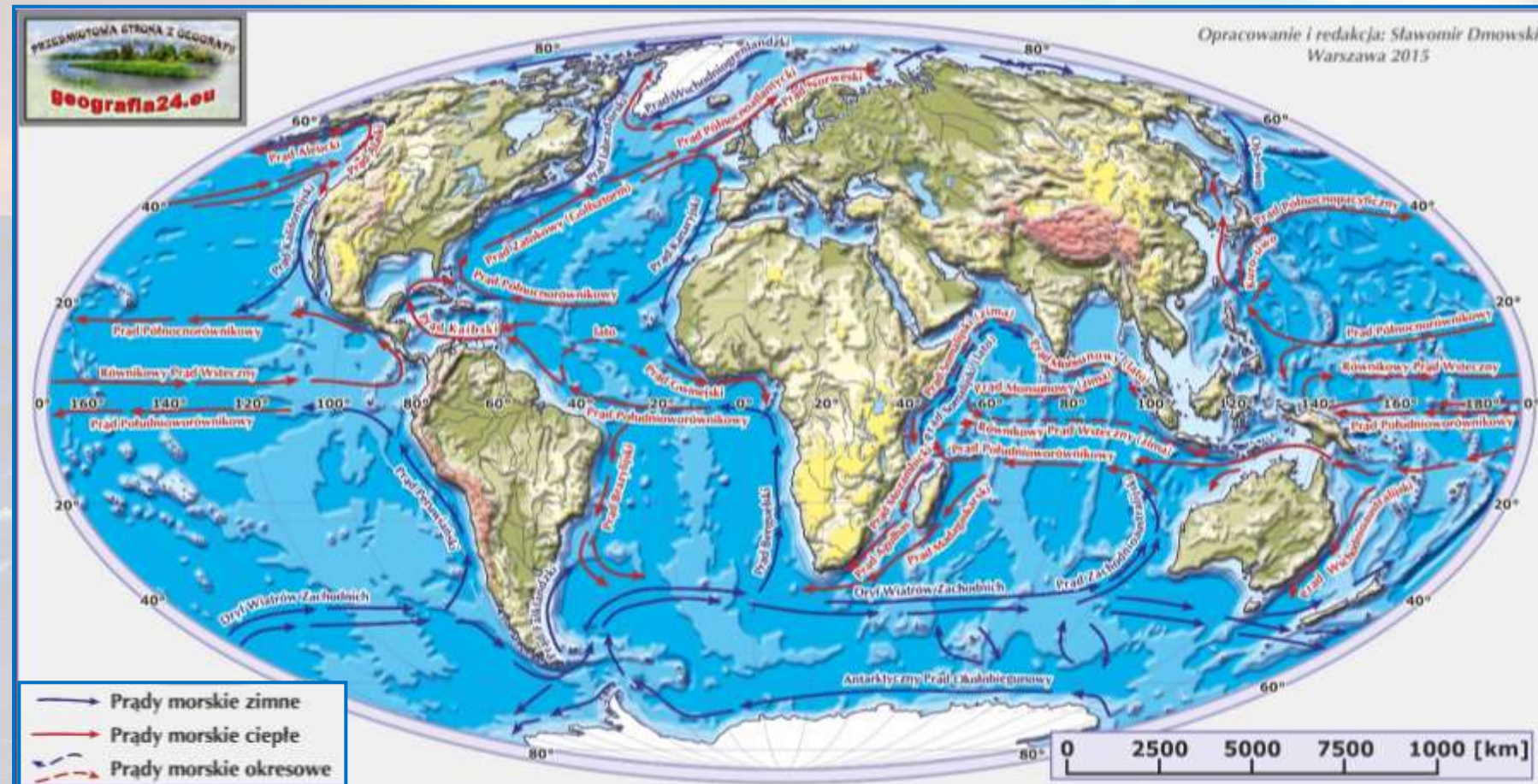
Kierunki prądów morskich

- ♦ 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.



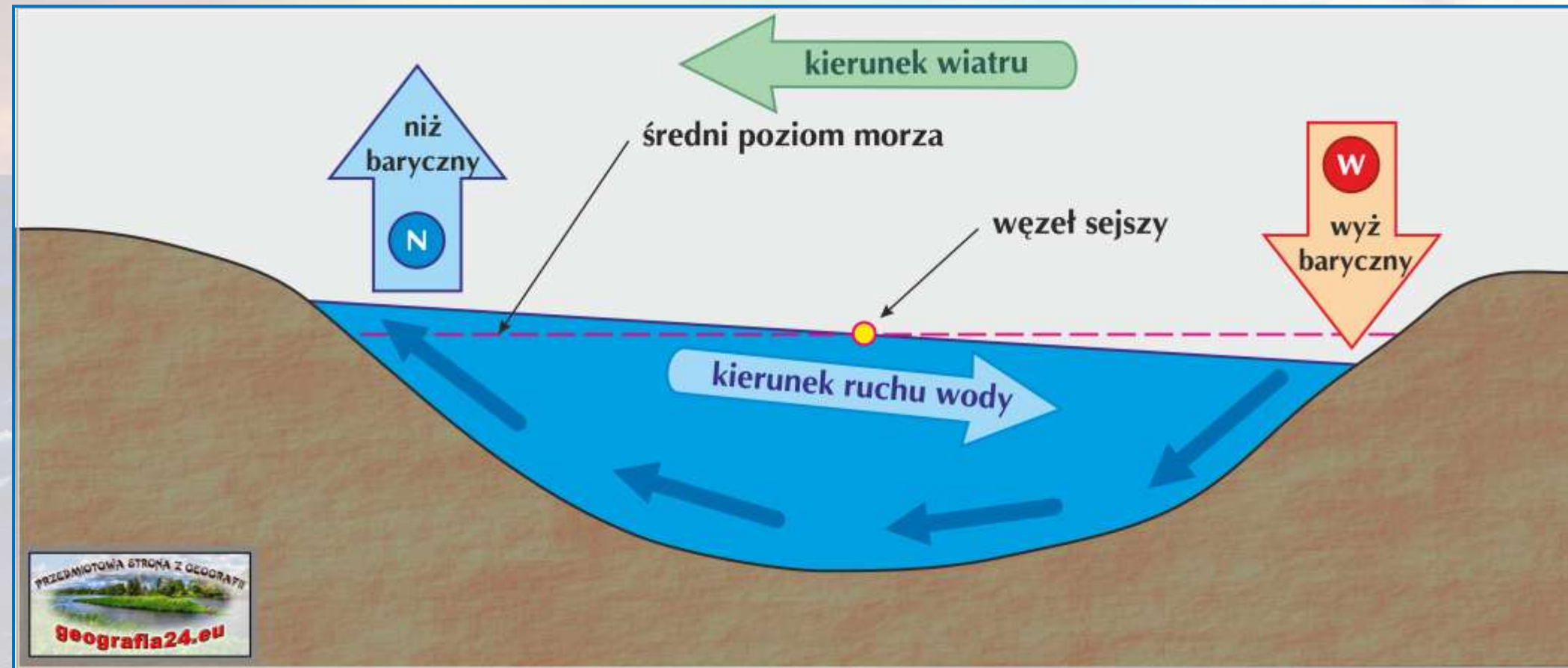
Przyczyny powstawania prądów morskich – wiatrowe

- ♦ **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 przypowierzchniowej 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. pasaty,
 - ♦ 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:
 - ♦ **wyże atmosferyczne** będą przyczyniały się do **obniżenia poziomu morza**,
 - ♦ **niże 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.**

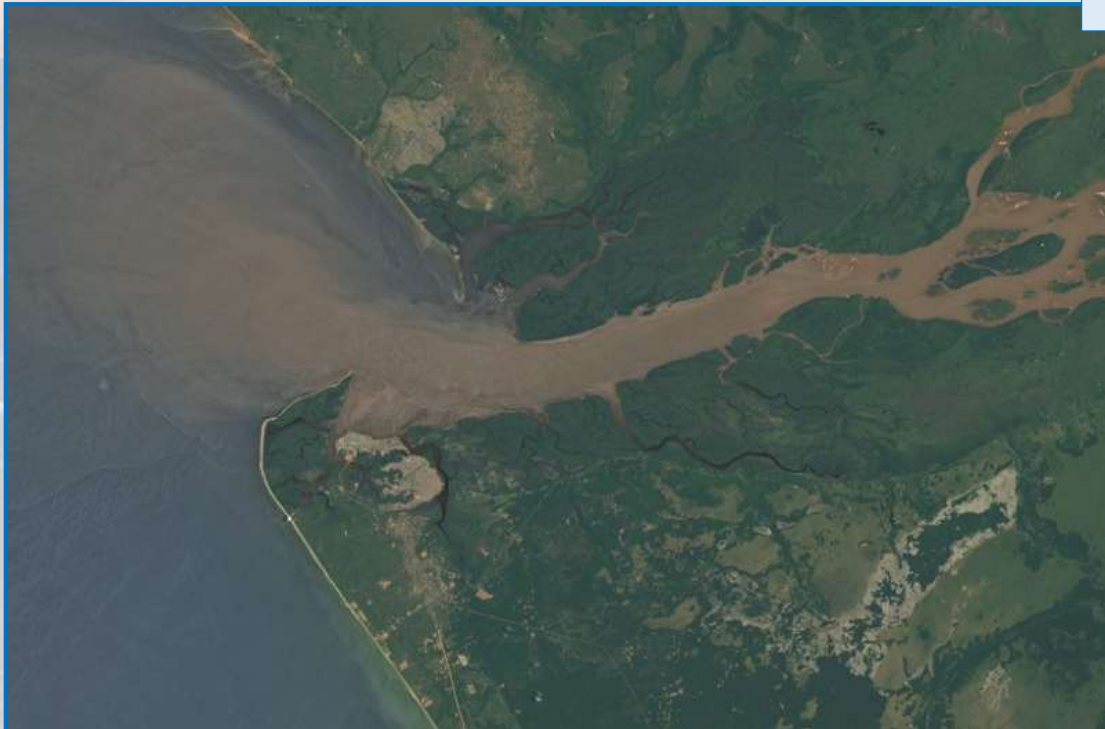


Przyczyny powstawania prądów morskich – **spływowe**

- ♦ **Spływowe** 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.

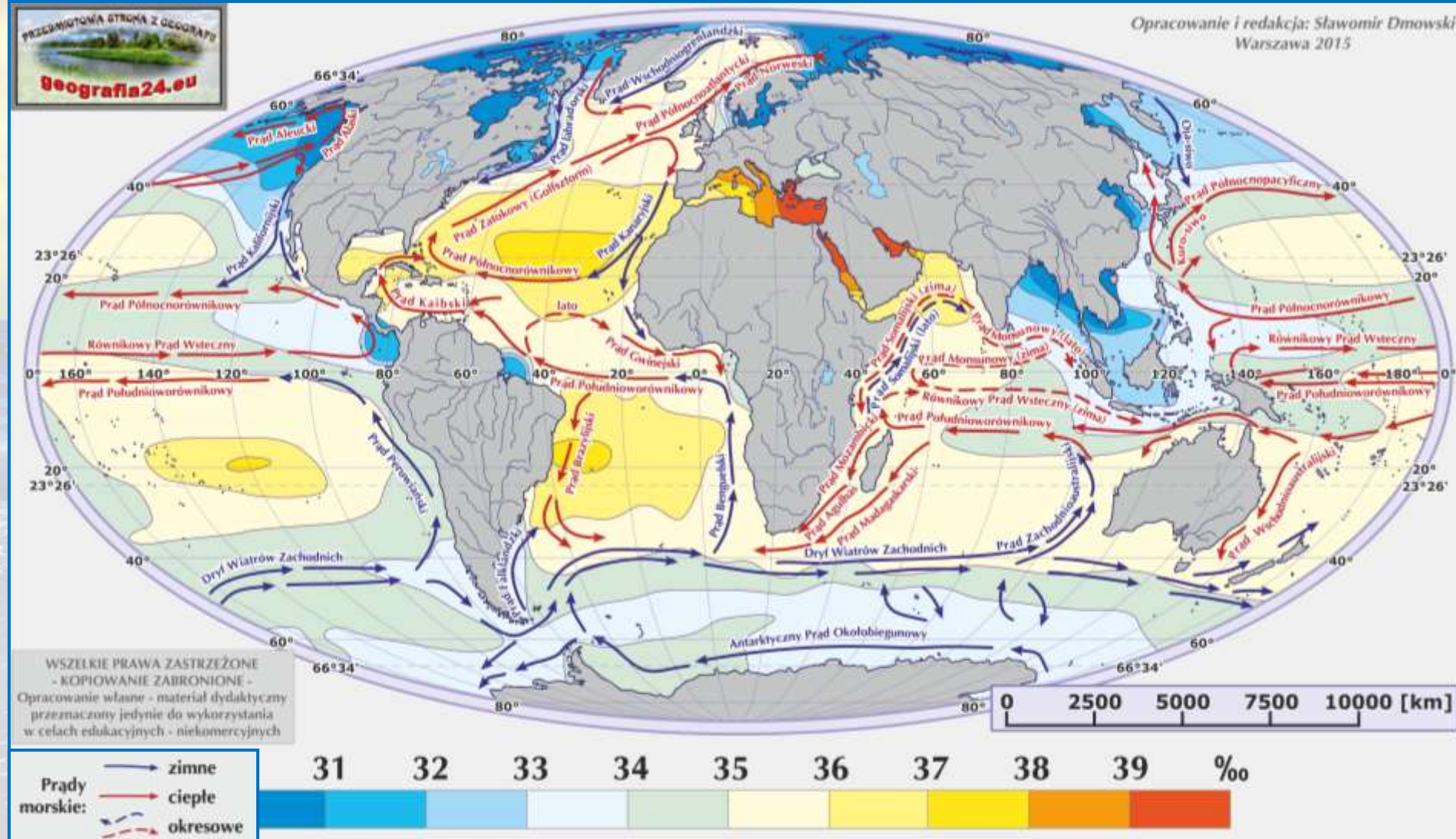


Kanion rzeki Kongo rozcinający szelf i stok kontynentalny u jej ujścia do Atlantyku



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 – Trzemeszno (ruiny średniowiecznego Kościoła; uległ on zniszczeniu w latach 1901-1994)



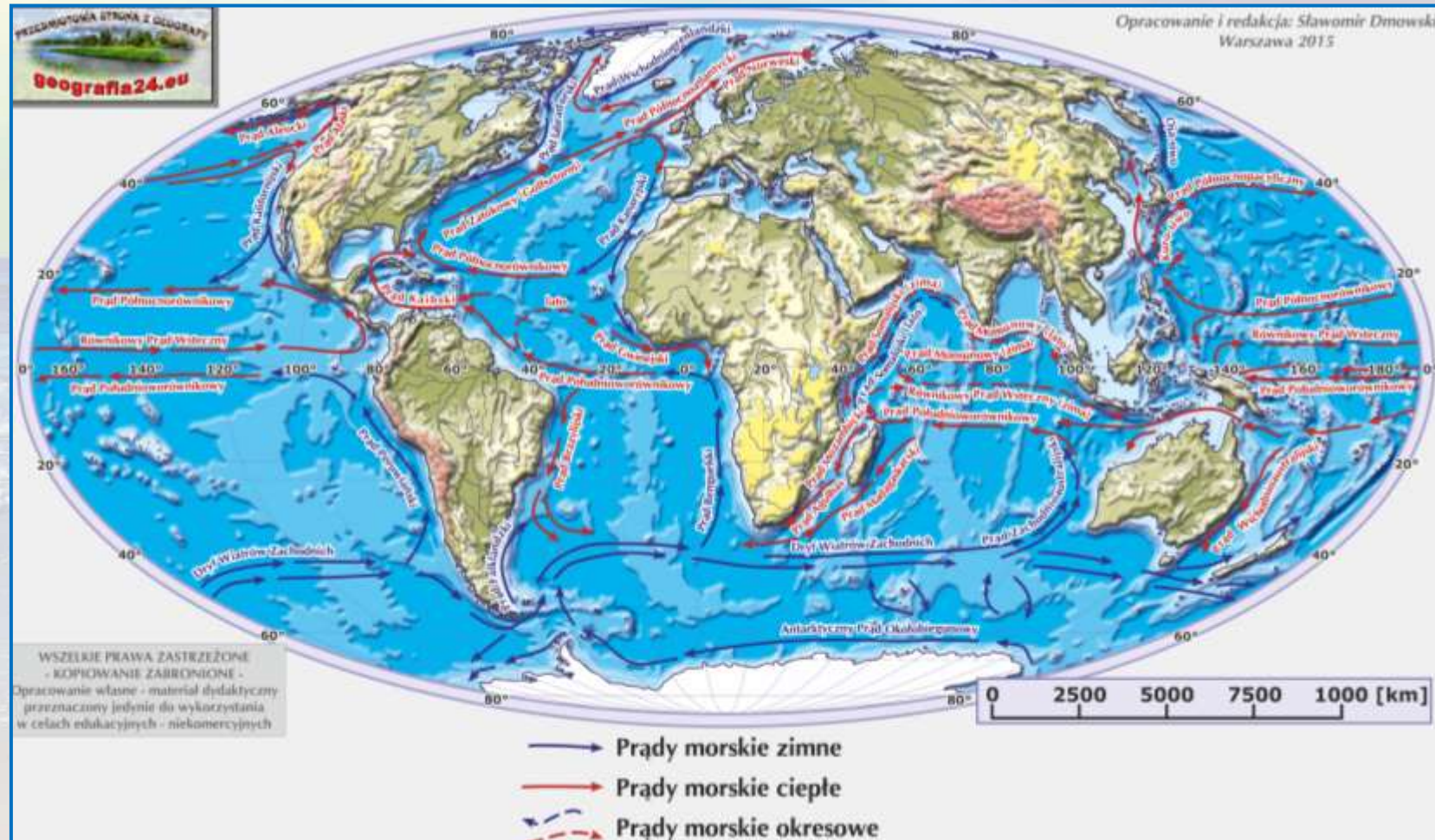
Przyczyny powstawania prądów morskich – pływowe

- ♦ **Pływowe** przyczyny genezy prądów morskich – mają związek z **przemieszczaniem się fal pływowych w obrębie akwenów wodnych** (jest to skutek przyciągania Księżyca i Słońca).
- ♦ 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.



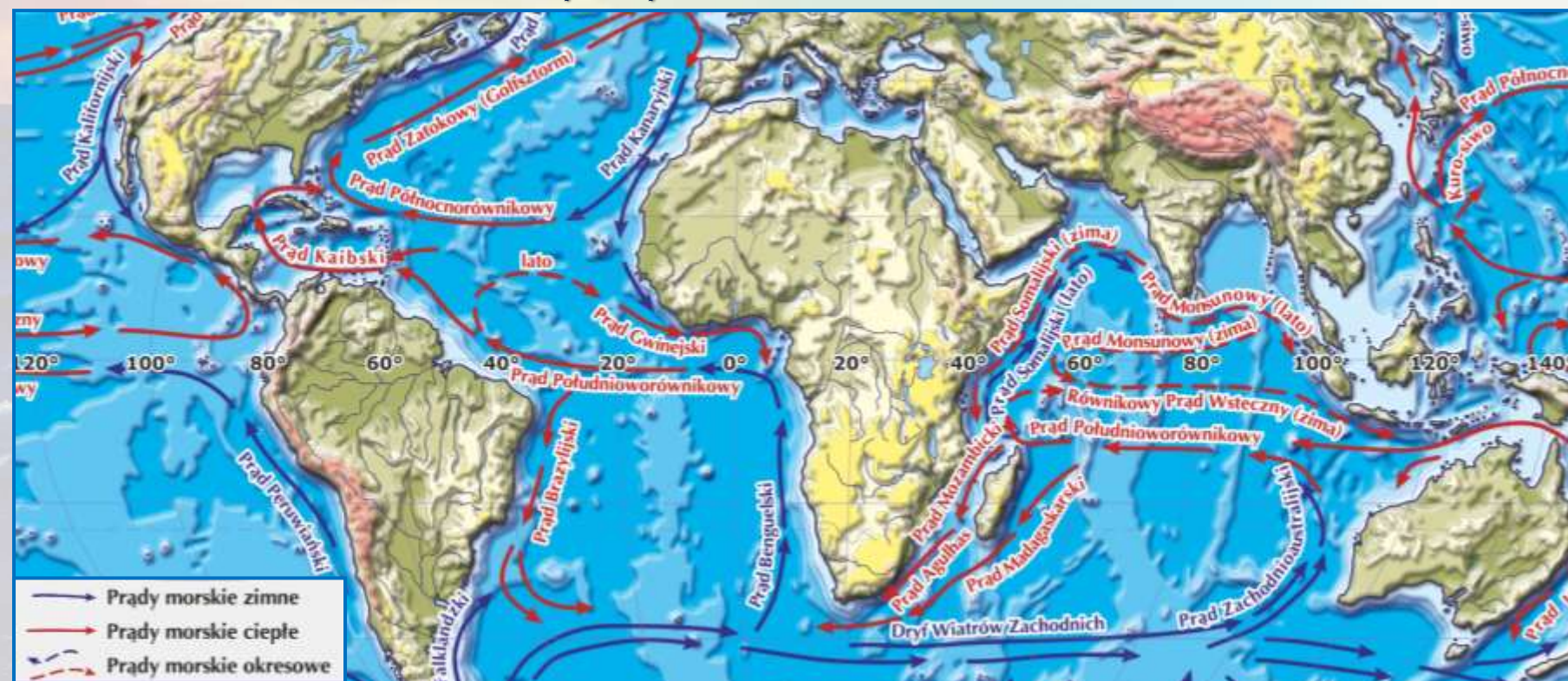
Podział prądów morskich ze względu na temperaturę wód otaczających

- 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 wpłynięciu 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

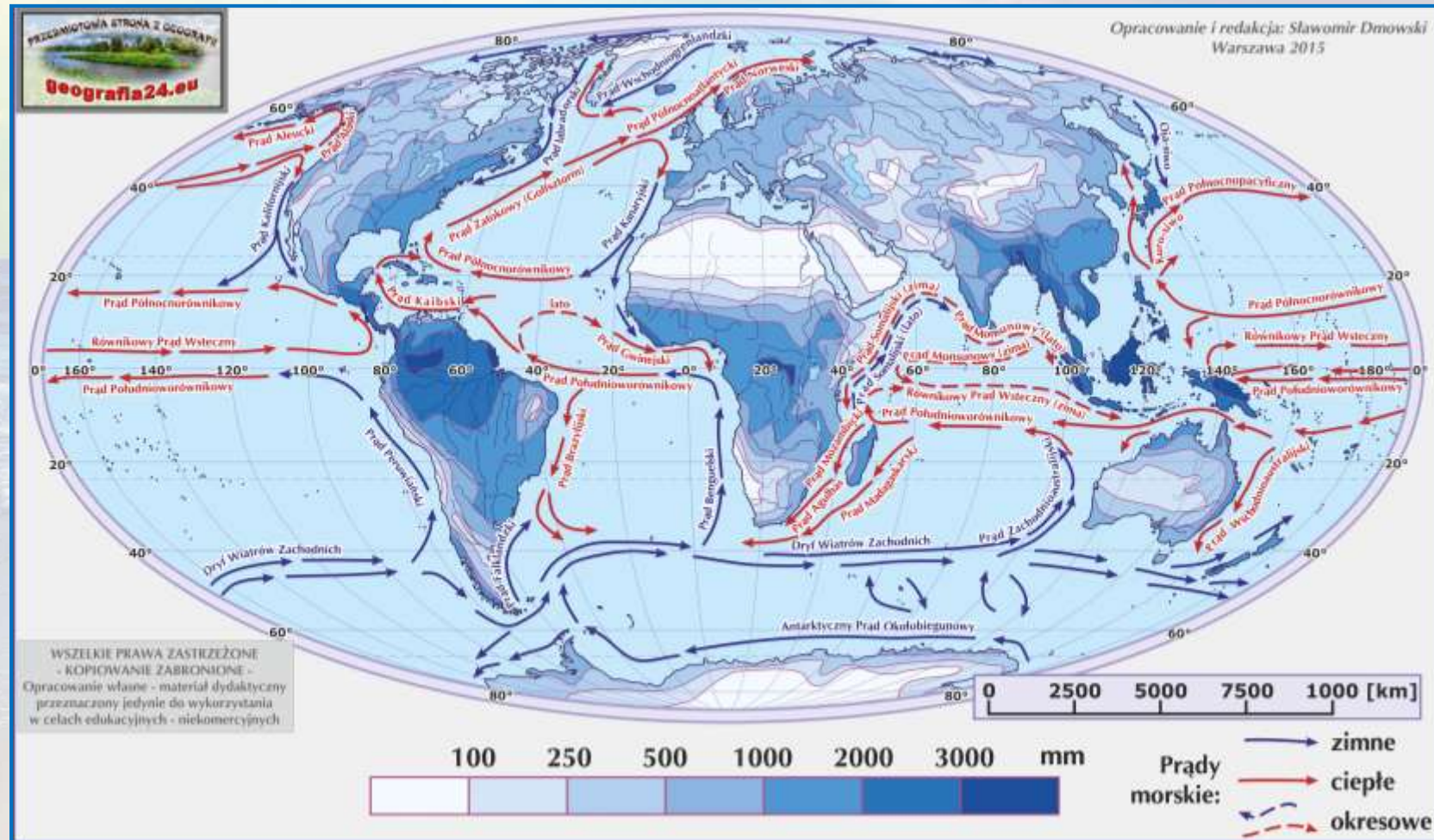
- ◆ Inny podział prądów morskich opiera się na **obserwacji rocznej zmienności przebiegu prądów** i pozwala wyróżnić **typy prądów ze względu na stałość i czas trwania**:
 - ◆ **prądy stałe** – związane ze stałymi wiatrami;
 - ◆ **prądy sezonowe (okresowe)** – zmieniające się w ciągu roku w dość regularnych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



Wpływ prądów morskich na klimat

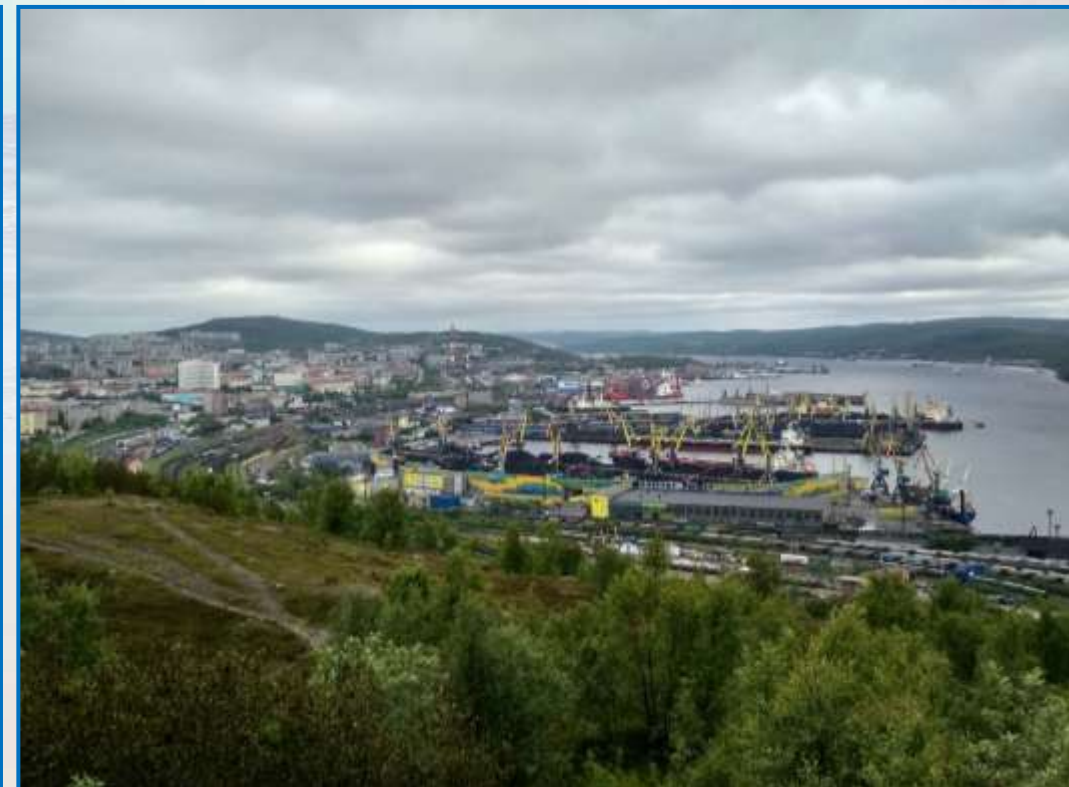
♦ Prądy morskie w znacznym stopniu oddziałują na klimat na świecie:

- ♦ **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**.



Znaczenie 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.



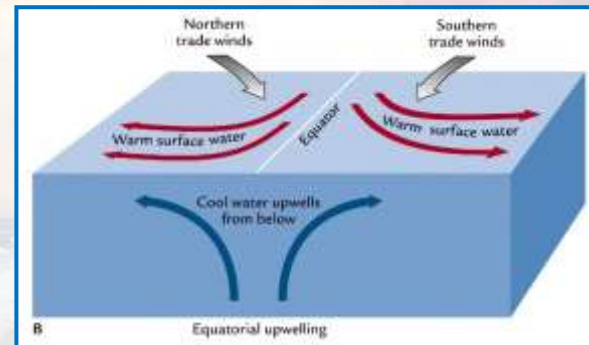
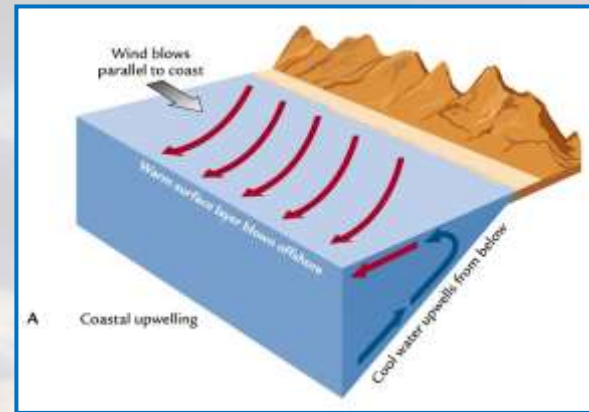
Wpływ prądów morskich na rybołówstwo

- ♦ **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**.



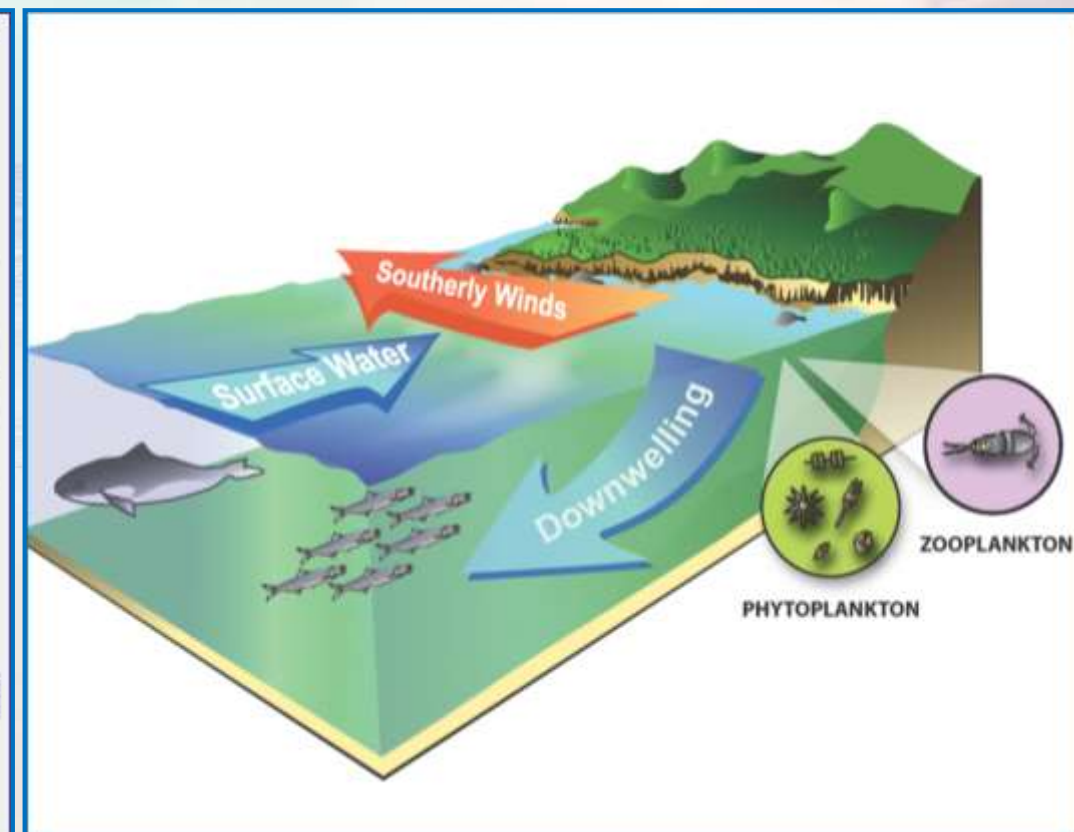
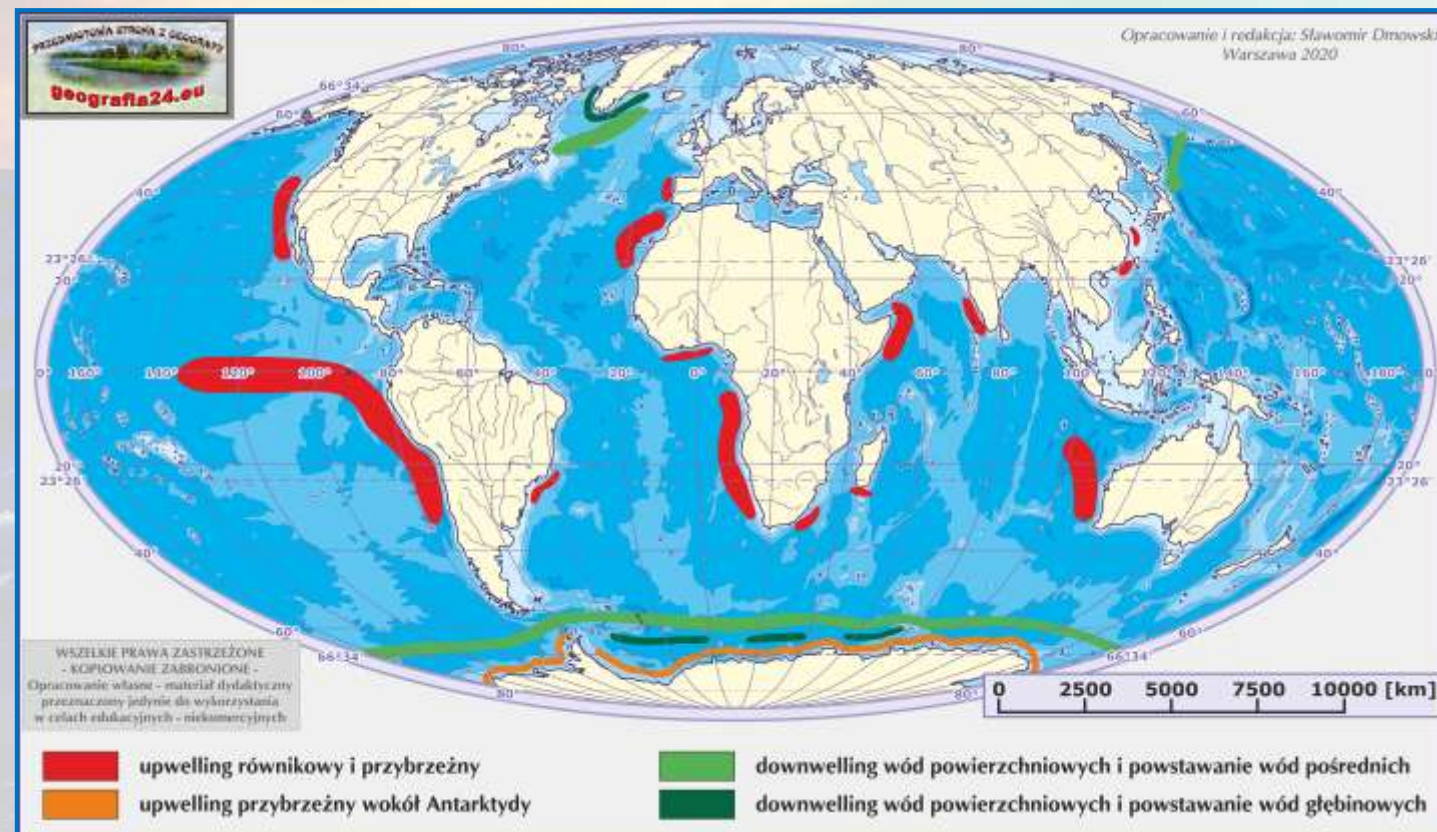
Prądy głębinyowe: **upwelling**

- ♦ **Upwelling** – zjawisko związane z wypływaniem na powierzchnię akwenów wodnych, zimnych i dobrze natlenionych wód pochodzących z głębów 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 pasatów**, w wyniku których występuje **upwelling przybrzeżny** polegający na zastępowaniu ciepłych wód odpływających od wybrzeży przez chłodniejsze wypływające z głębów,
 - ♦ 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 wypływające z głębów oceanicznych.



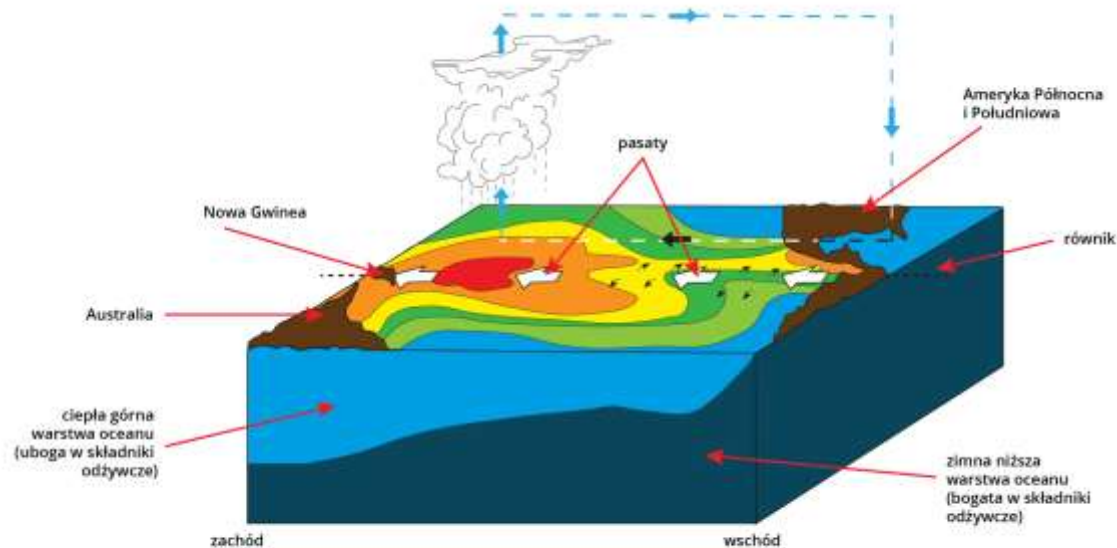
Prądy głębinyowe: **downwelling**

- ♦ **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**.

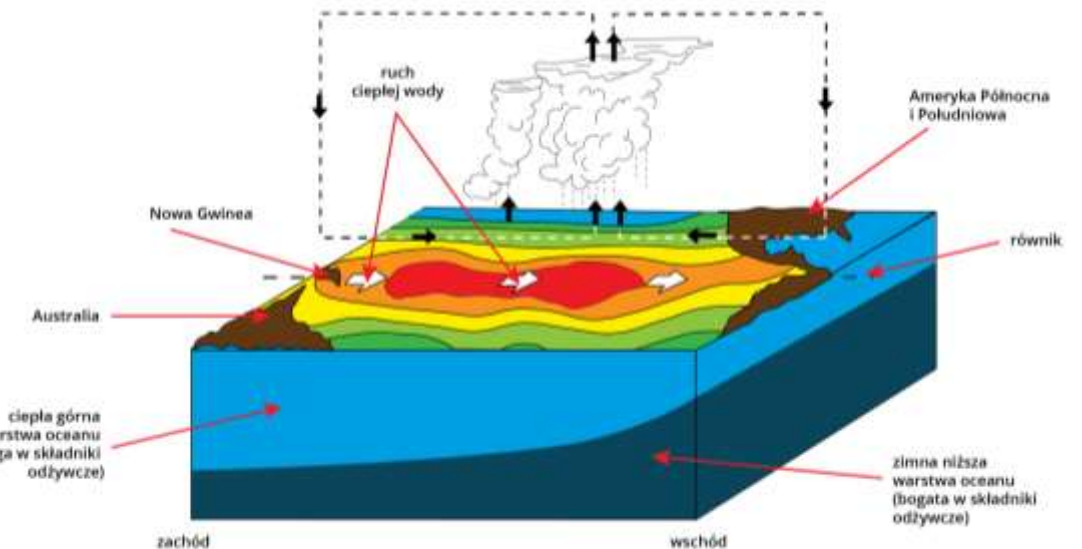


Okresowe zakłócenia upwellingu – El Niño i La Niña

- 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 Niño 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 Niño upwelling zanika (temperatura wody powierzchniowej jest znacznie wyższa),
 - zanik upwellingu oznacza straty w gospodarce – zmniejszenie połowów ryb u wybrzeży Ameryki Płd. (Peru i Chile).



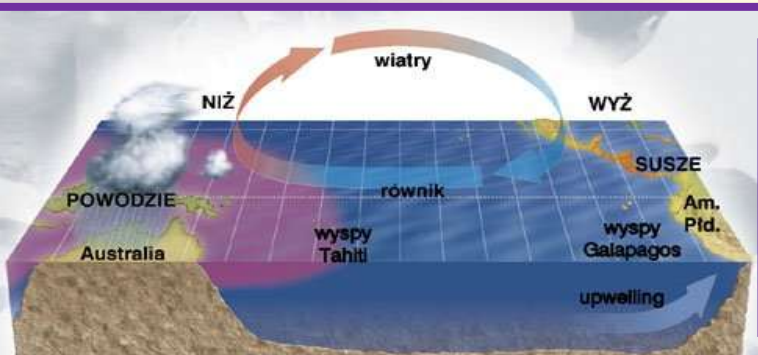
Faza normalna



Faza ciepła – El Niño

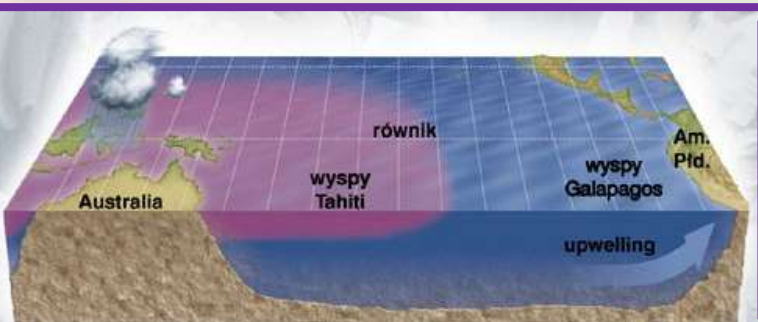
Faza zimna (La Niña), normalna i ciepła (El Niño)

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



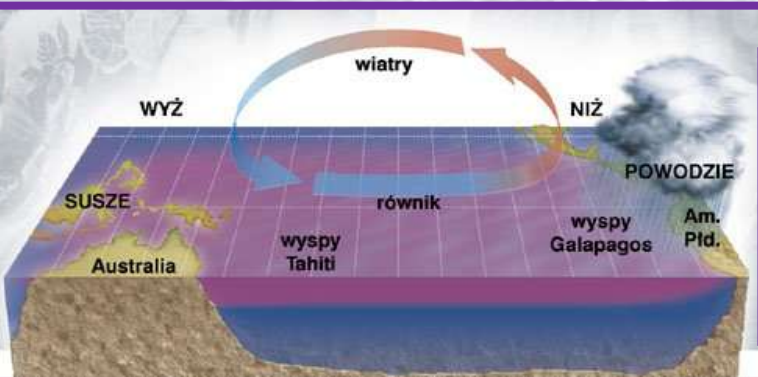
Faza zimna – La Niña

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.



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.



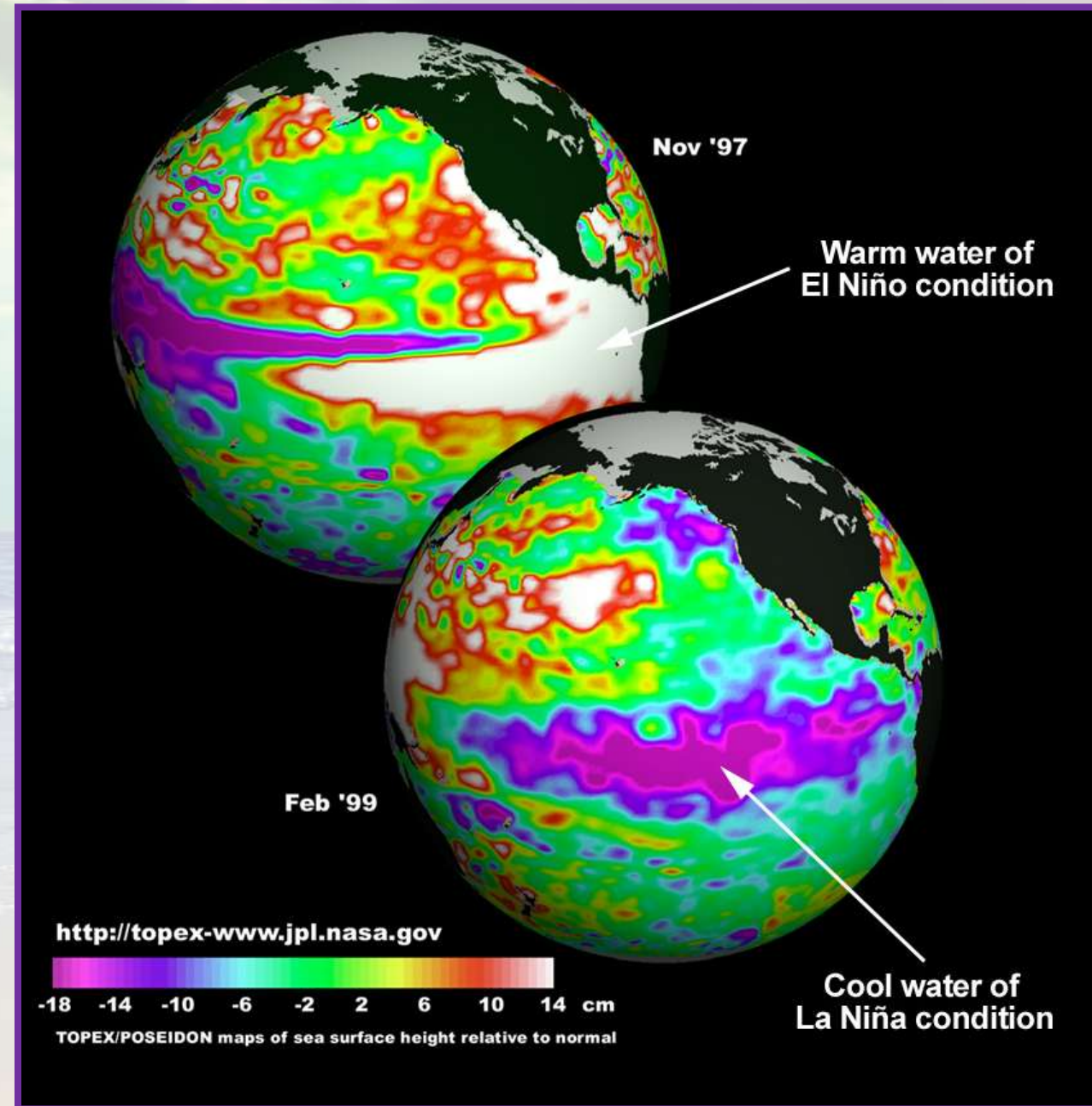
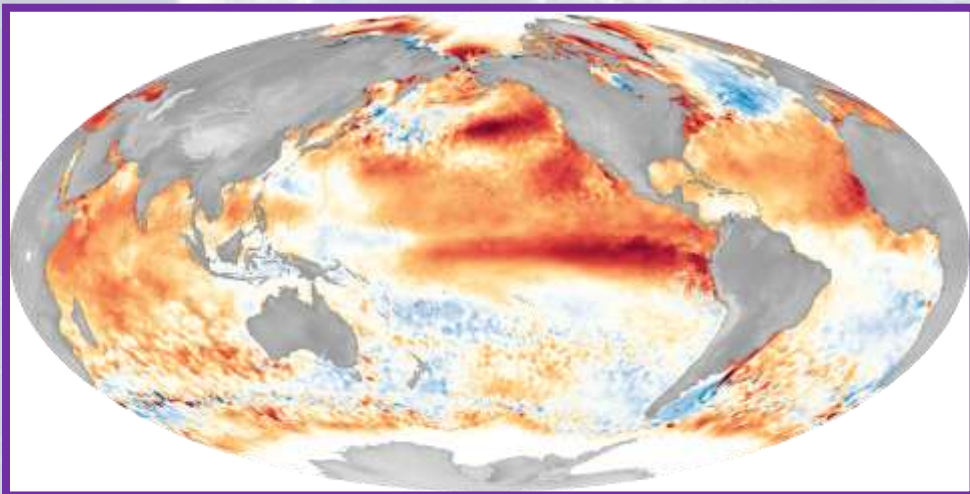
Susza w Filipinach (osłabienie monsunu letniego)



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** (spływy błotne),
 - ♦ w Australii i Azji Południowo-Wschodniej zamiast znacznych letnich opadów związanych z monsunem letnim, występują **niewielkie opady** i w konsekwencji dotkliwa **susza**.



Susza w Indiach



Powódź w Boliwii

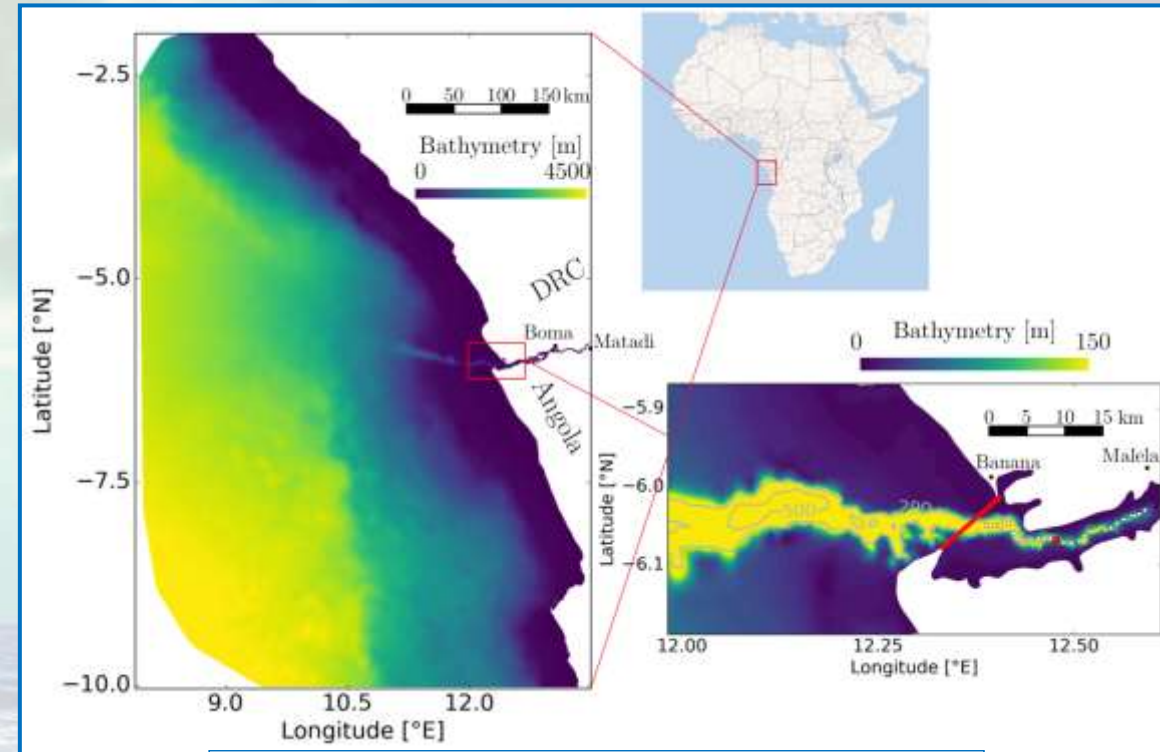


Burza piaskowa w Australii



Prądy zawiesinowe

- ♦ Na szelfie i stoku kontynentalnym znaczącą rolę w procesach kształtowania dna oceanicznego oraz sedymencie pełnią **prądy przydenne** spowodowane większą gęstością wody obciążonej zawiesziną pochodzącą z erozji rzecznej.
- ♦ 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

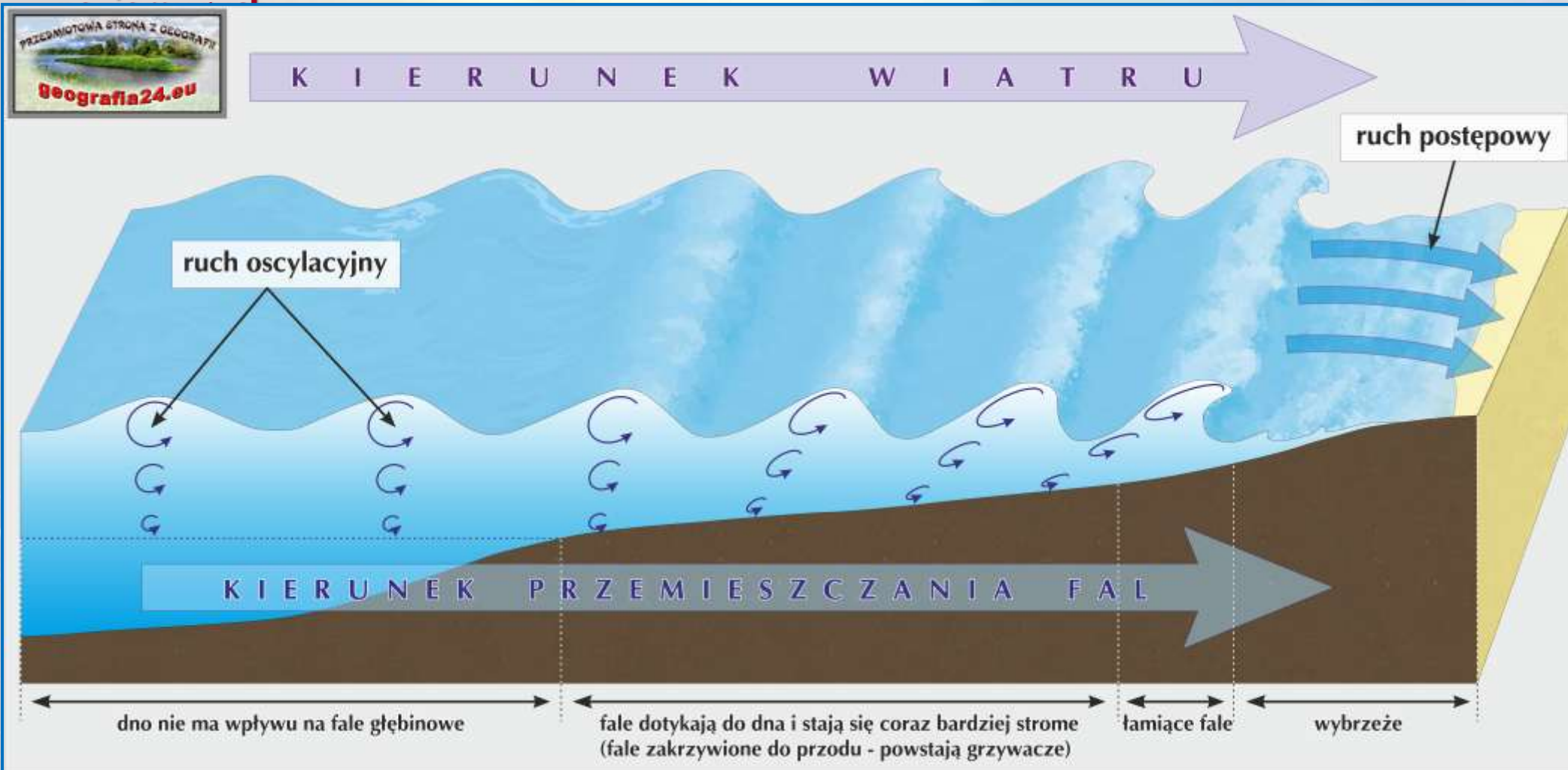
A. Falowanie wiatrowe

- ♦ **Falowanie wiatrowe** wywołane działaniem wiatru jest najczęstszym i 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 morza**, na niewielkich głębokościach, w końcowej fazie falowanie ulega wyhamowaniu przez dno i załamaniu – ruch po torze eliptycznym jest stopniowo zastępowany przez **postępowy**



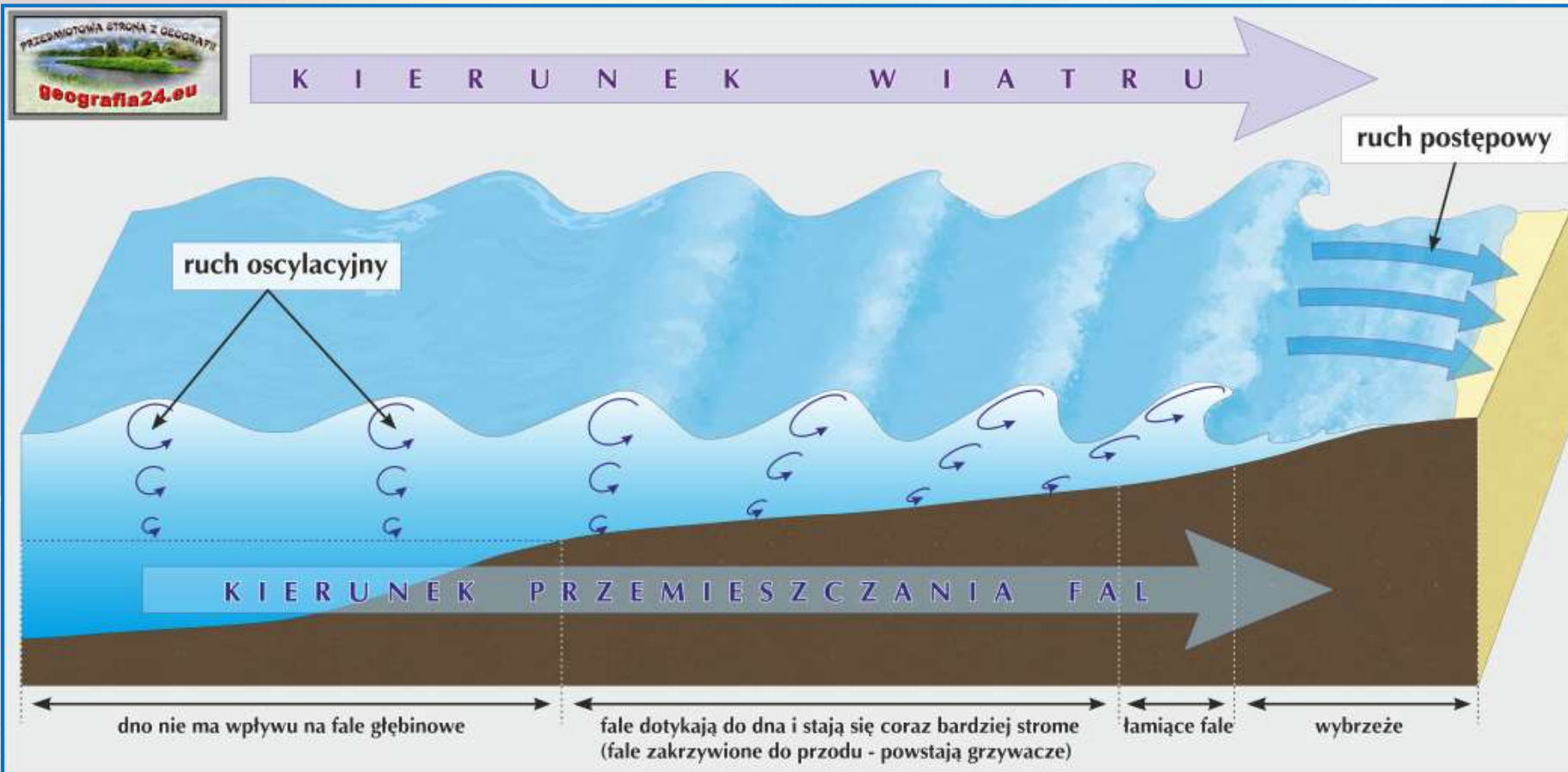
Fale przyboju

- ♦ 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 wzbudzane już przez wiatr stosunkowo słaby, ledwie wyczuwalny.
 - ◆ Fale przy niewielkim wietrze będą widoczne jako **niewielkie zmarszczki**.
 - ◆ Przy **większej prędkości** fale 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,

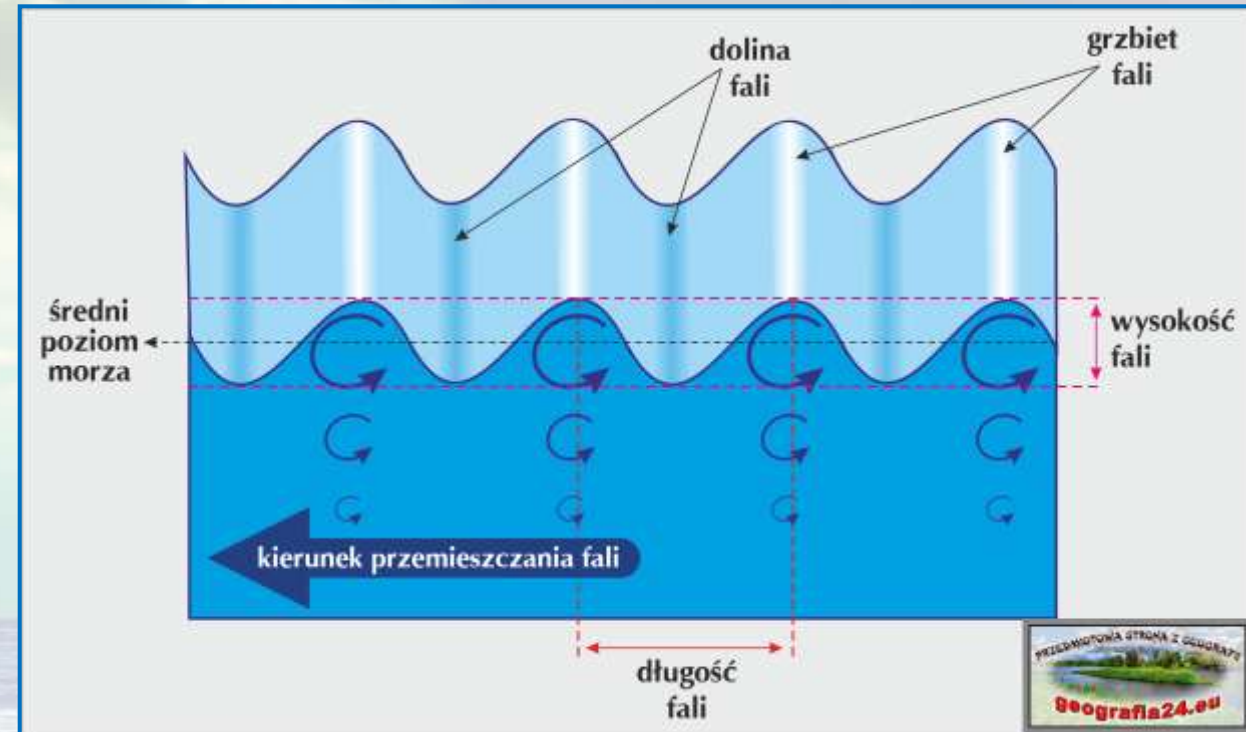
- ♦ fale tsunami do 1000 km/h;

♦ **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; **podstawowa skala posiada 13 stopni**):

- 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.

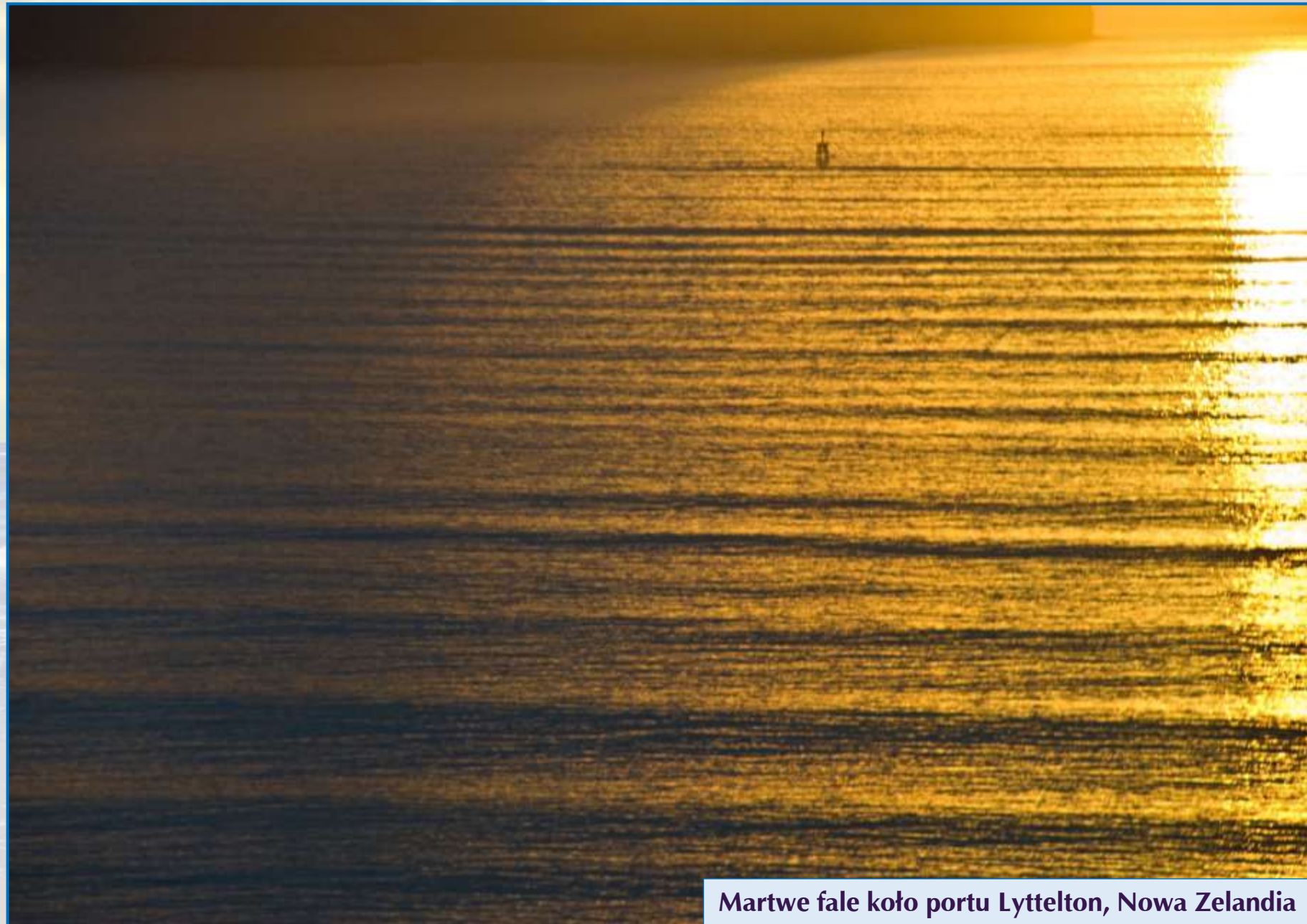
Ze względu na fakt występowania bardzo silnych huraganowych wiatrów skala Beauforta została rozszerzona do **17°B** (**rozszerzona skala posiada więc 18 stopni**).

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)

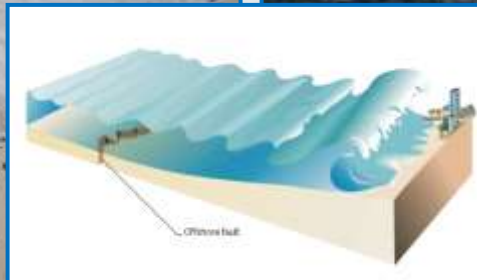
- ♦ **Fale swobodne (fale martwe)**
 - to fale przemieszczające się po ustaniu wiatru, który je wcześniej wprowadził w ruch.
- ♦ Są to zwykle fale występujące po sztormach.
- ♦ Fale takie mogą także być wzbudzone przez inne czynniki niż wiatr, np. wybuch podwodnego wulkanu, trzęsienie ziemi czy duży 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

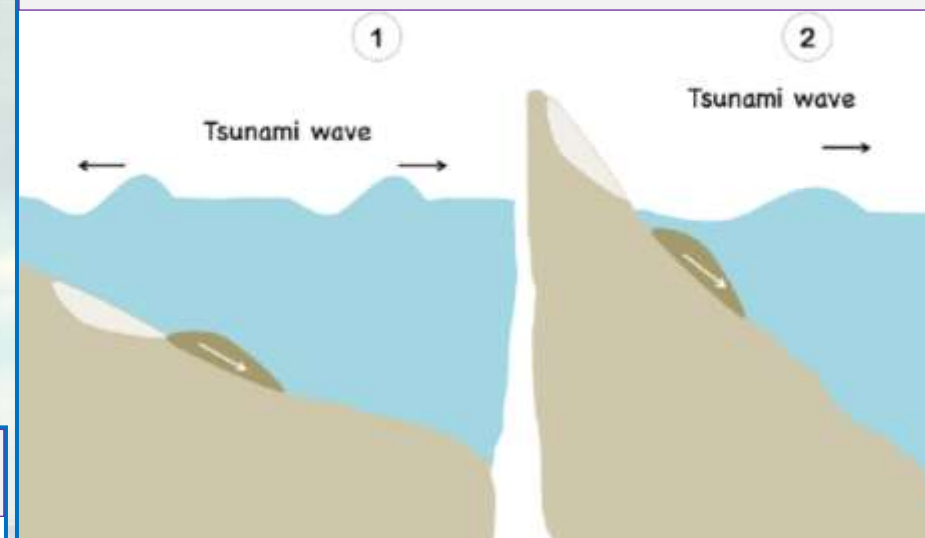
- ♦ **Tsunami (fale sejsmiczne)** – bardzo długie fale swobodne (o długości do 200 km) o olbrzymiej energii, przemieszczające się na duże odległości (nawet tysięcy km).
- ♦ Na otwartym oceanie mogą one osiągać prędkość do 1000 km/h, ale ich olbrzymia długość powoduje, że są prawie niezauważalne (mają 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.).



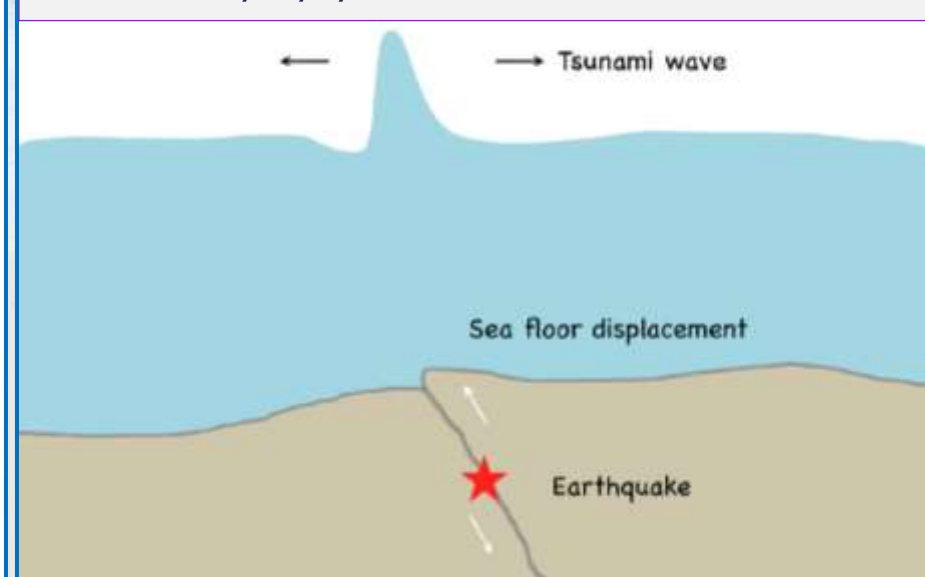
Przyczyny powstawania fal tsunami

- ♦ **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 lodowców (spadające bezpośrednio do mórz),
 - ♦ **eksplozji wzbudzanych przez człowieka** (np. wskutek wybuchów atomowych),
 - ♦ **upadki dużych meteorytów.**

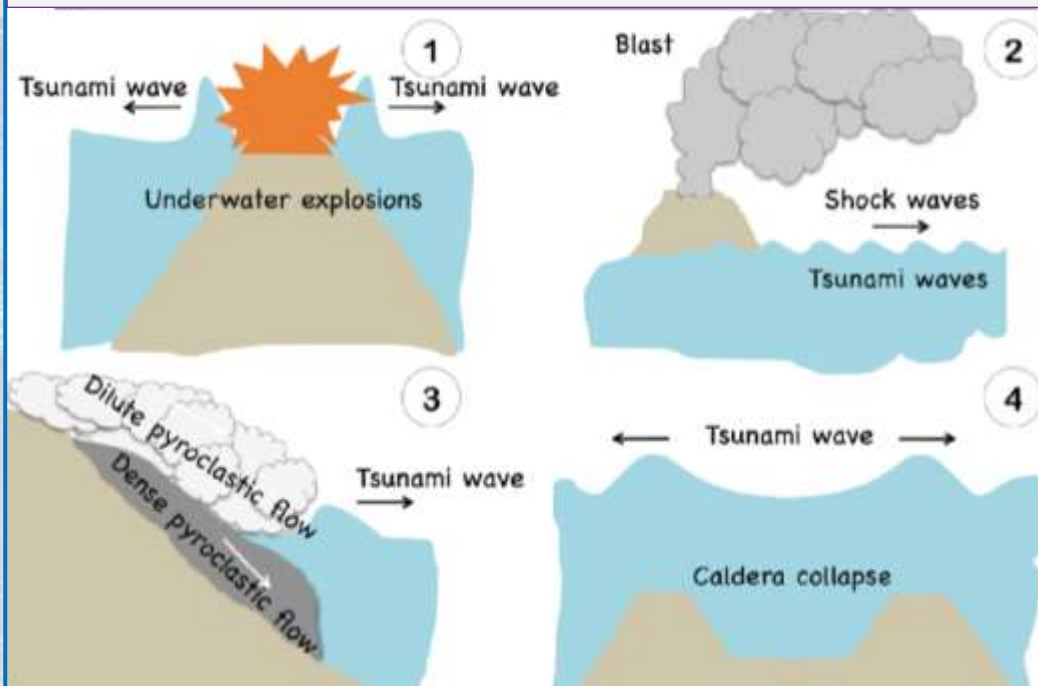
Przyczyny tsunami: podwodne osuwiska lub obrywy w obrębie klifów morskich lub gór lodowych



Przyczyny tsunami: trzęsienia ziemi

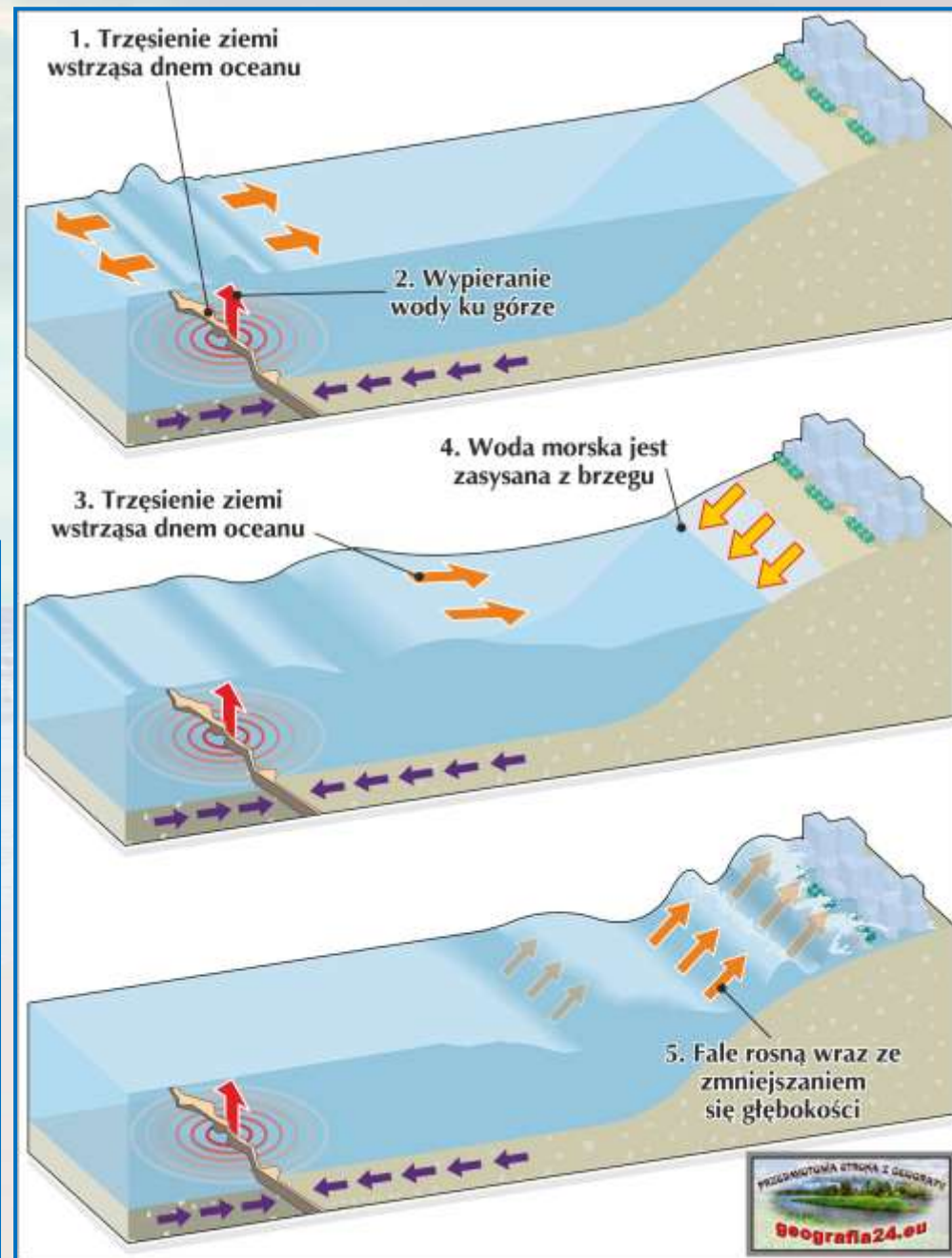


Przyczyny tsunami: upadki meteorytów



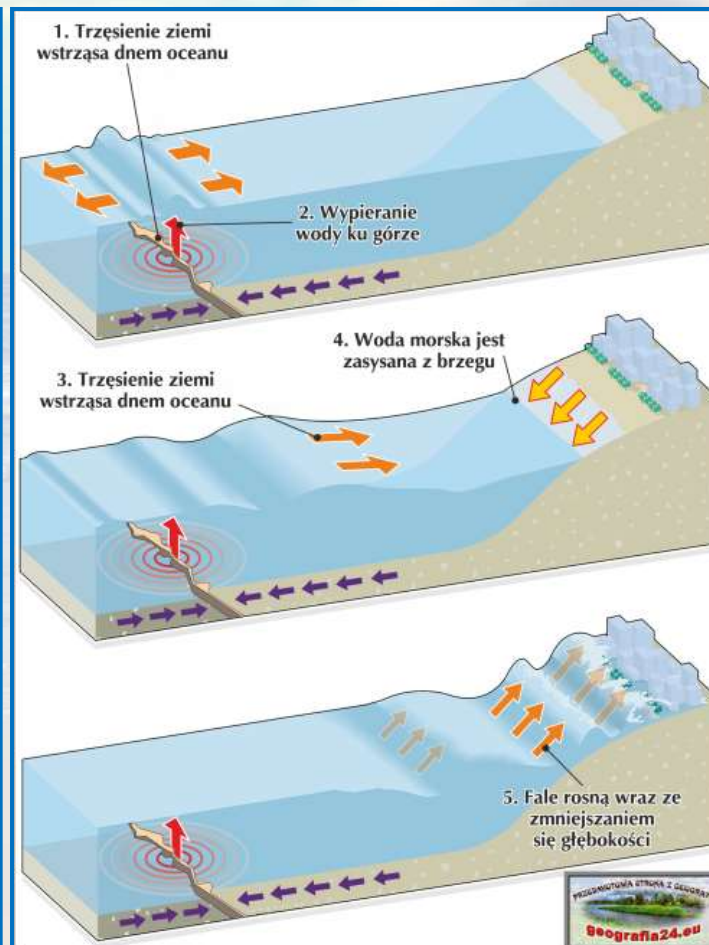
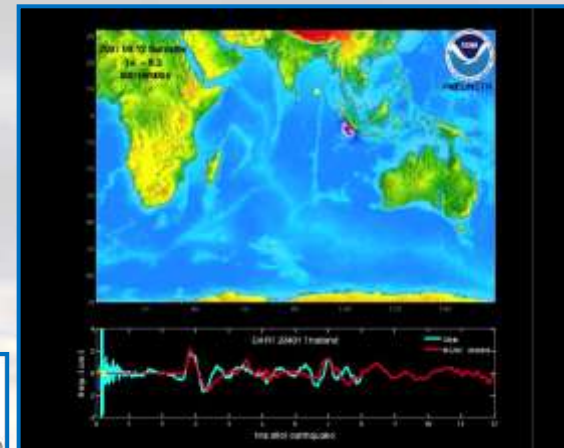
Co zapowiada tsunami

- ◆ 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.



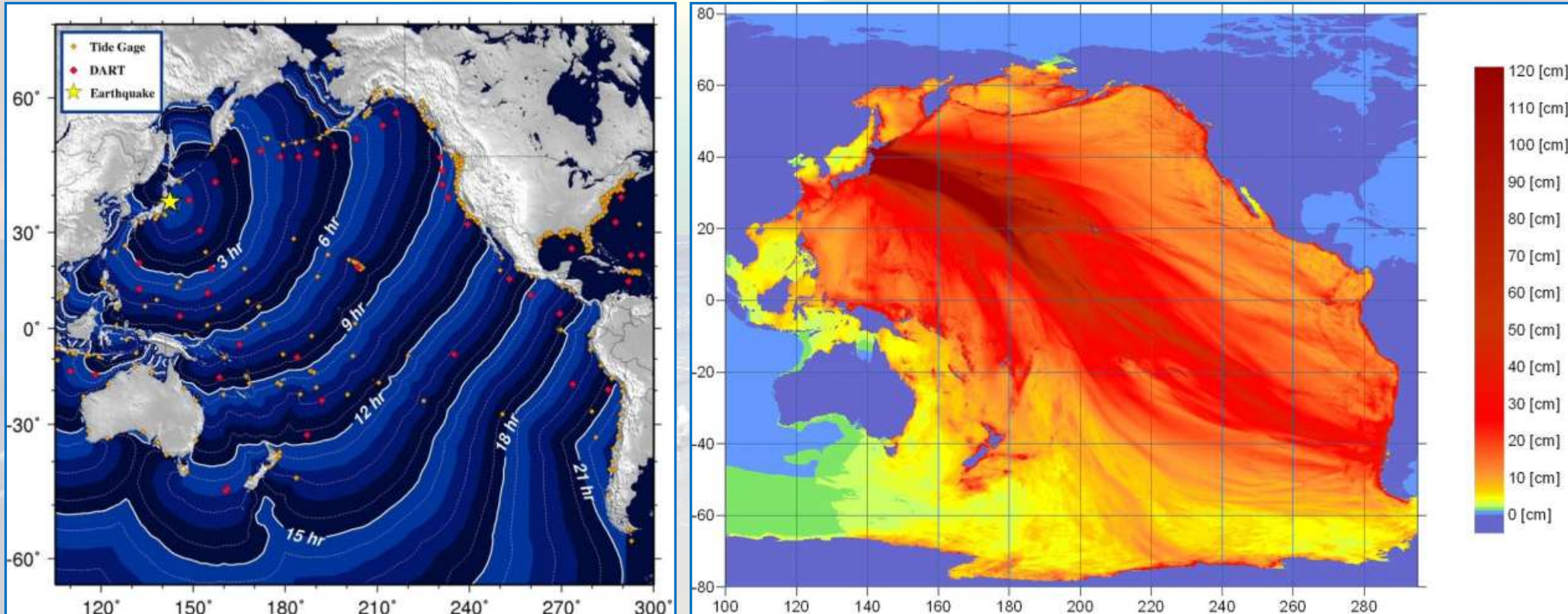
Skutki tsunami

- ♦ 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

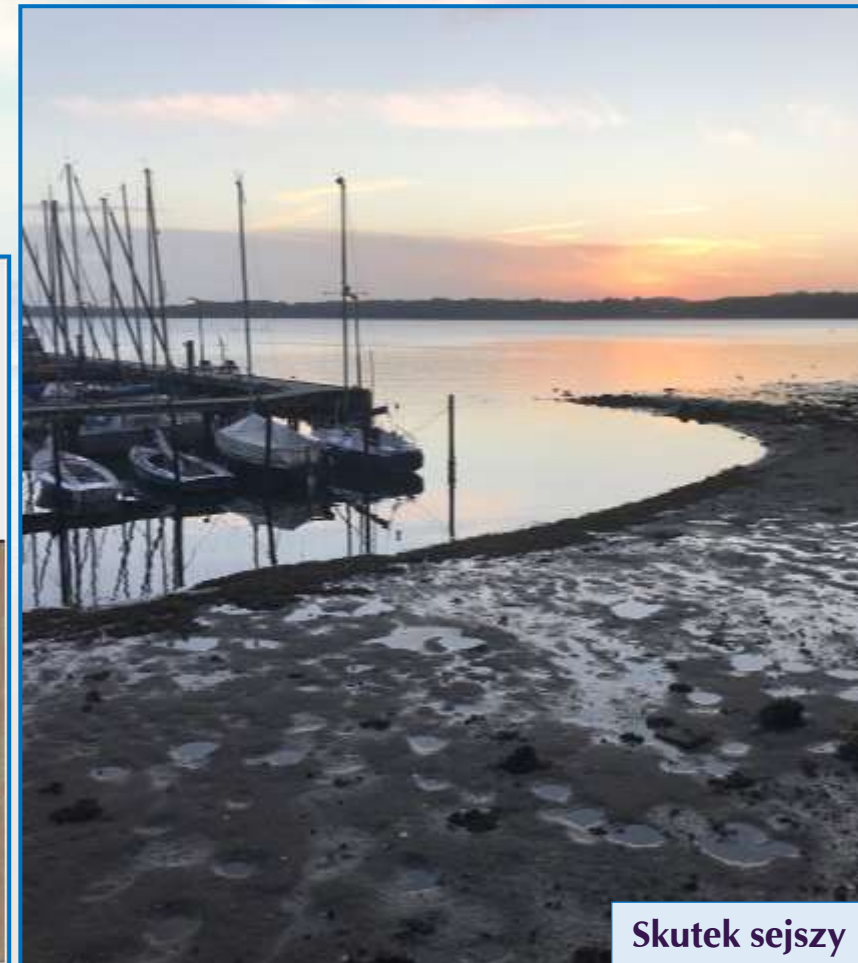
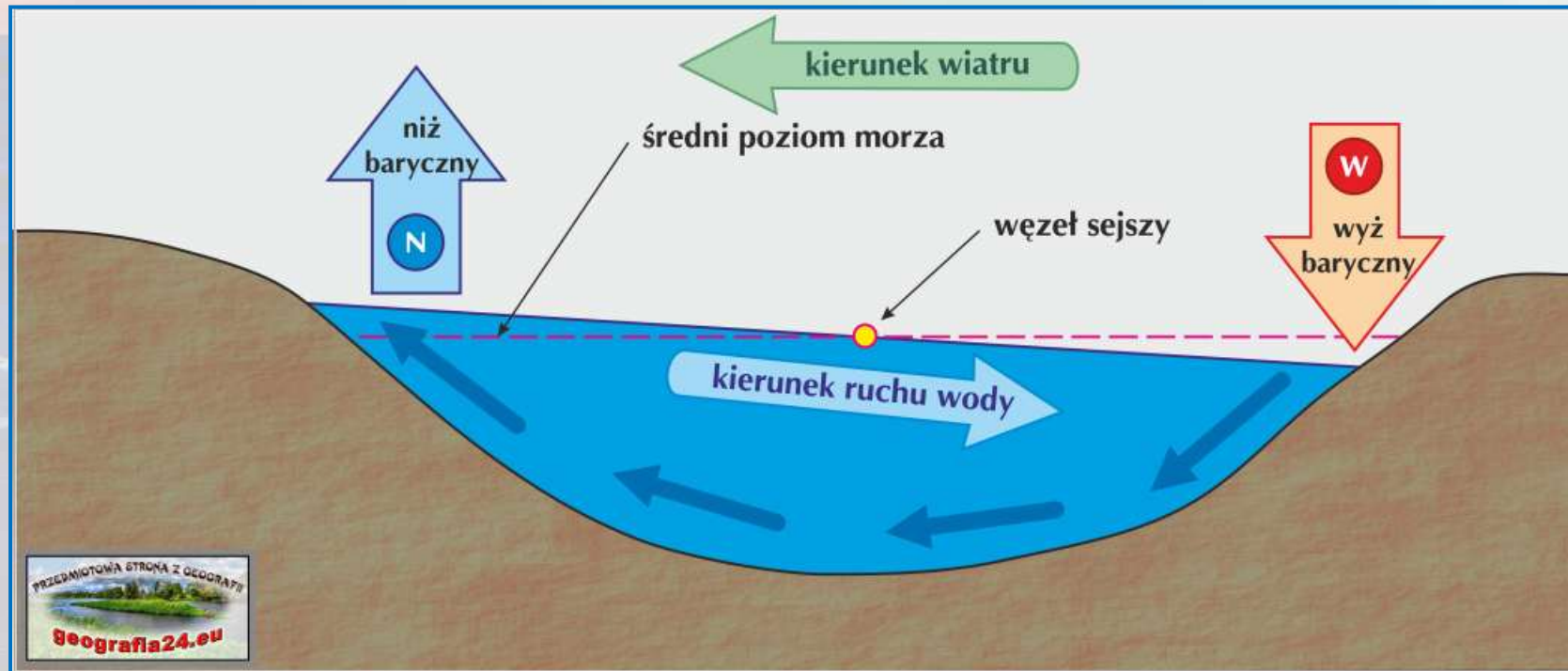
- ♦ I tak najtragiczniejszymi w skutkach były m.in. tsunami powstałe:
 - ♦ 26 grudnia 2004 roku u wybrzeża Indonezji, Sri Lanki, Indii i Somalii,
 - ♦ 11 marca 2011 roku u wybrzeży Honsiu (ponad 15 tys. ofiar śmiertelnych, awaria elektrowni atomowej w Fukushima i duże straty finansowe – tsunami objęło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

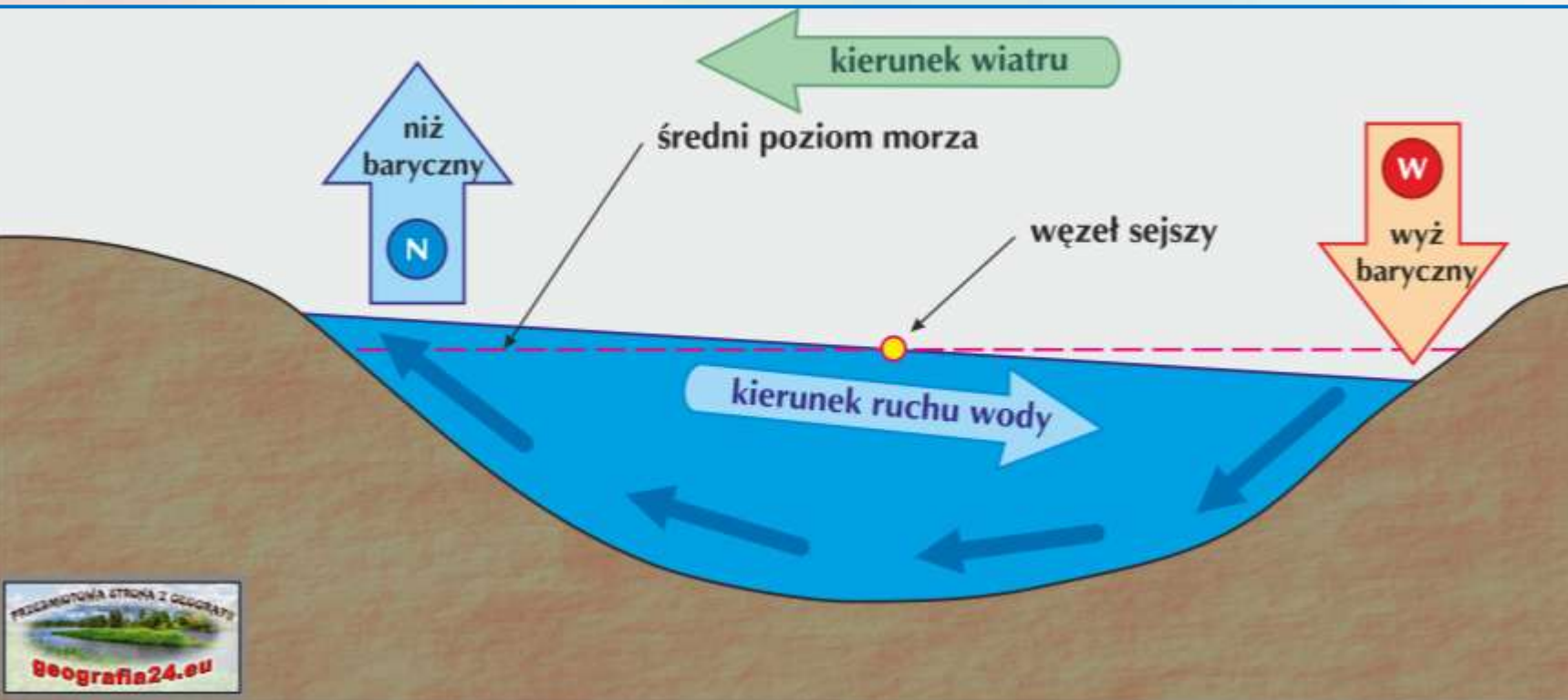
- ♦ **Sejsze (fale stojące)** to swobodne fale stojące, trwające do kilku godzin.
- ♦ Przyczyniają się do kołysania wzdłuż węzła sejszy masy wodnej.
 - ♦ Powoduje to **unoszenie się w pionie poziomu wody w jednej części zbiornika** (ruchu wody ku górze), zaś **w drugiej opadanie** – nie ma tym samym ruchu wody w poziomie – następuje tylko **ruch wahadłowy**.
- ♦ Powstają 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).

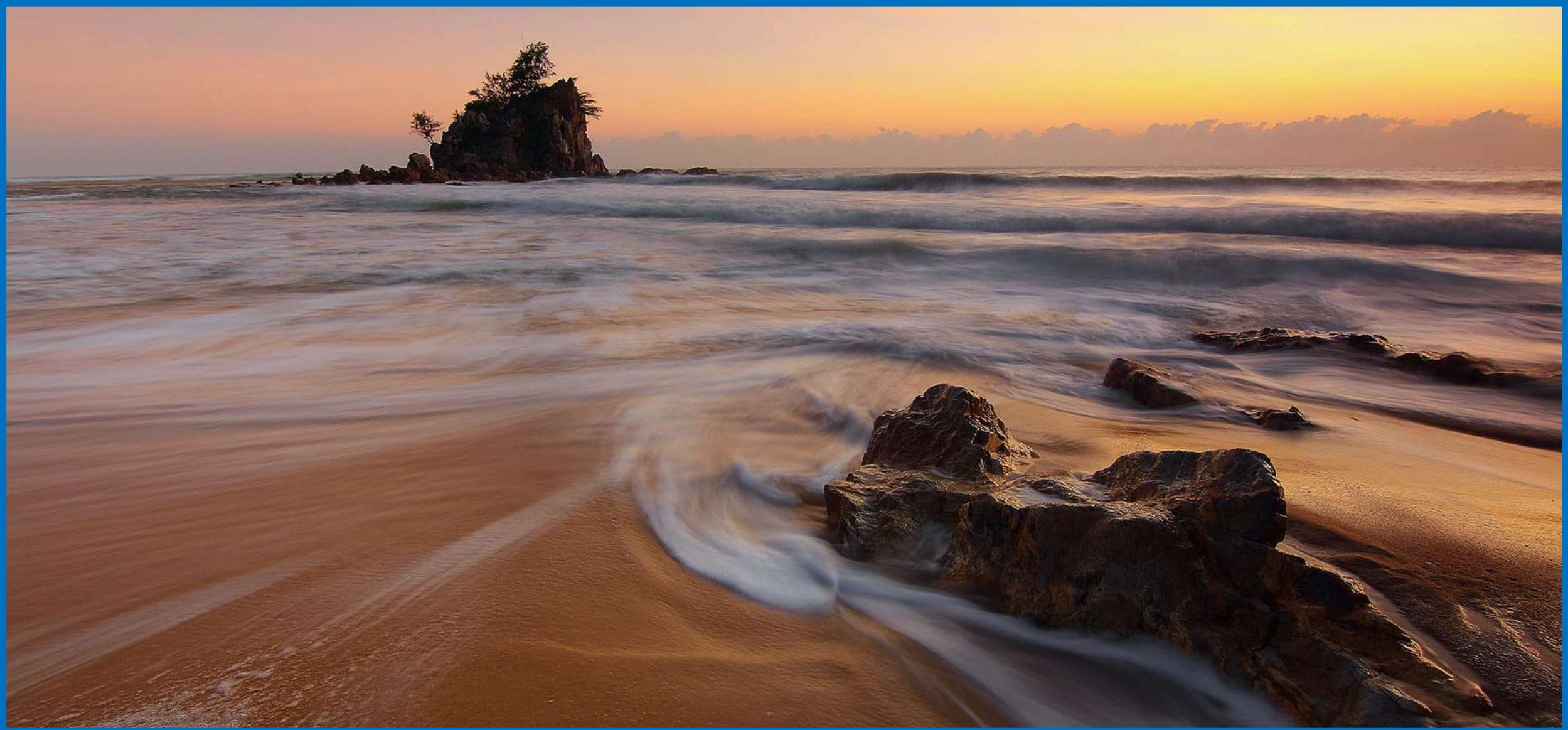


Przyczyny sejszy (fali stojącej)

- ♦ 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)

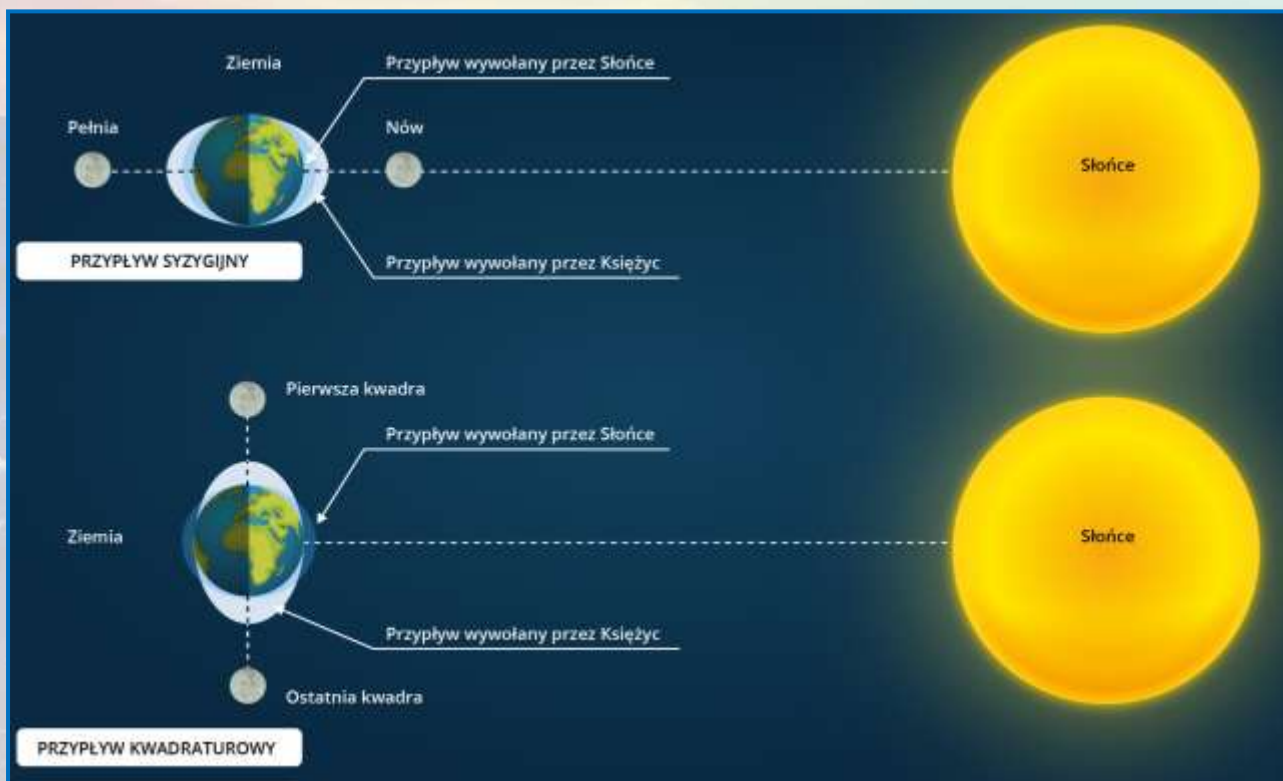
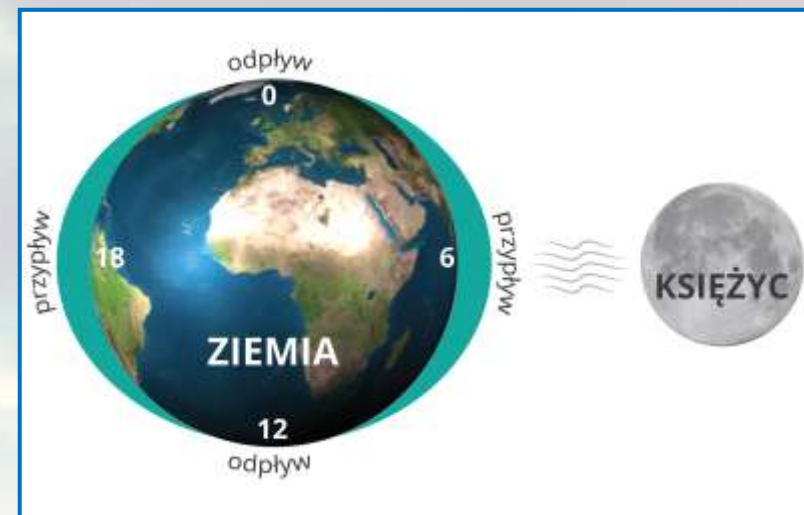




Pływy

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

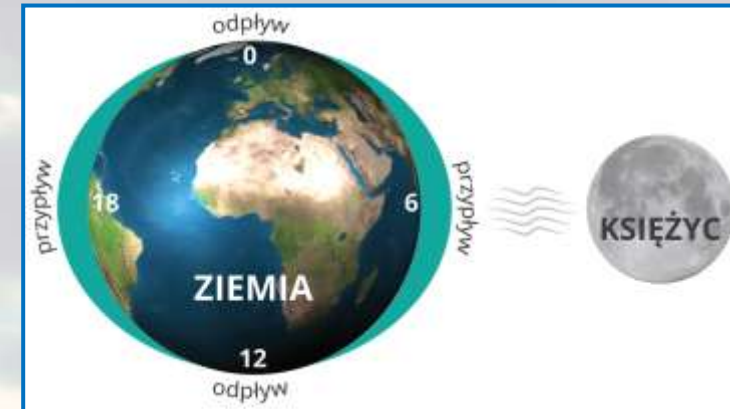
♦ Pływy morskie, dzielimy na dwa cykle:

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

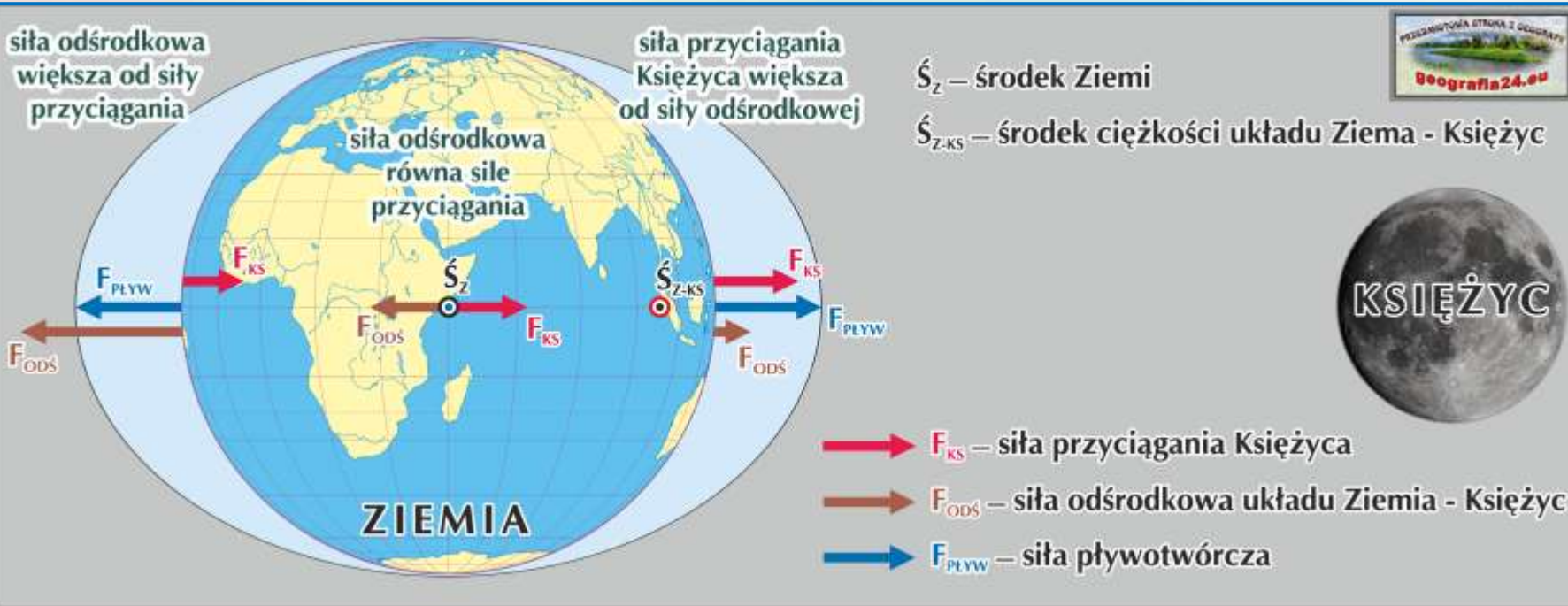


Gdzie występują przyptywy

- ♦ **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}).

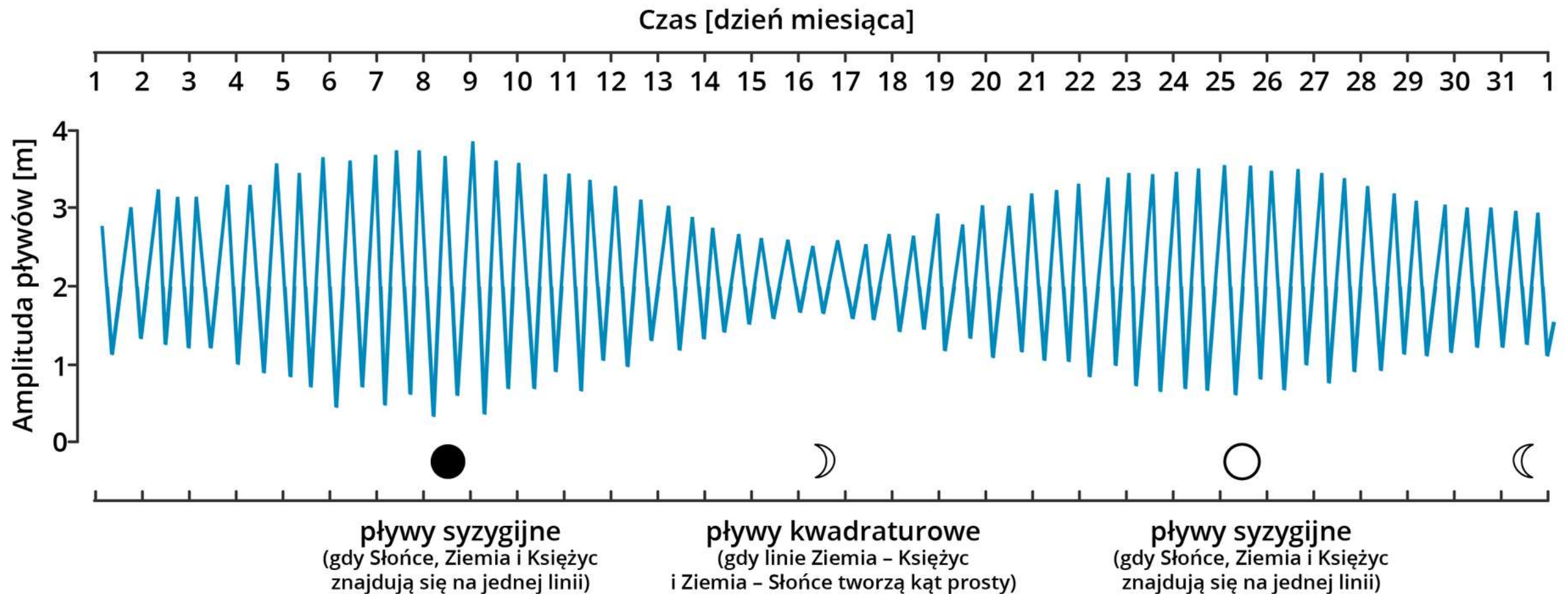


Dla punktów położonych na powierzchni Ziemi siła odśrodkowa i oddziaływanie grawitacyjne Księżyca wcale się nie równoważą (jedna z nich zawsze przeważa, w zależności od tego, w jakim położeniu znajdują się aktualnie te ciała niebieskie). W miejscach leżących od strony Księżyca siła odśrodkowa jest nieco 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 (kwadowe)** – 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 I lub III kwadry Księżyca,
- ♦ takie ustawienie powoduje osłabianie sił pływotwórczych Księżyca.



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



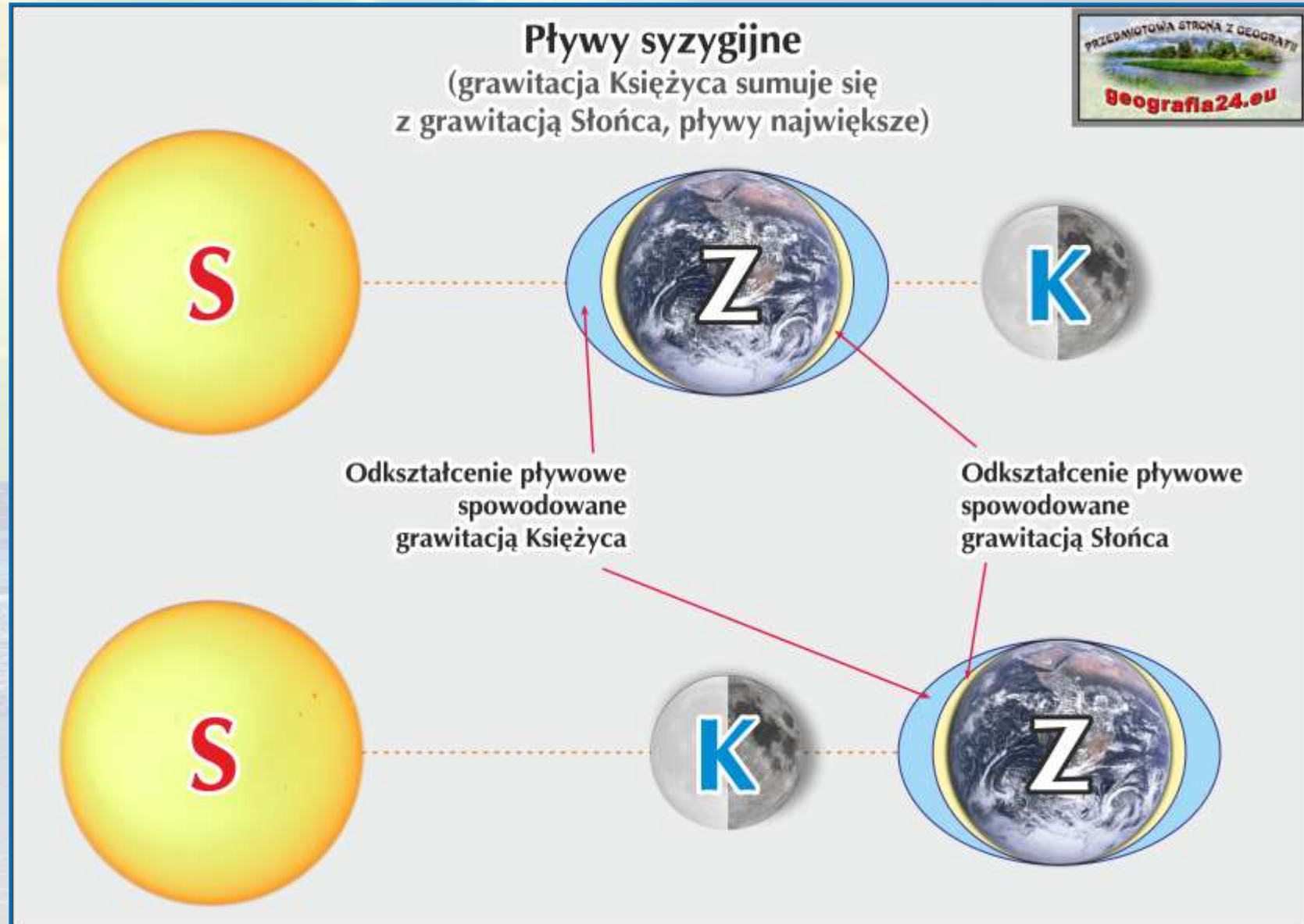
Odkształcenie pływowe
spowodowane grawitacją Słońca

Odkształcenie pływowe
spowodowane grawitacją Księżyca



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).



Zróżnicowanie 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

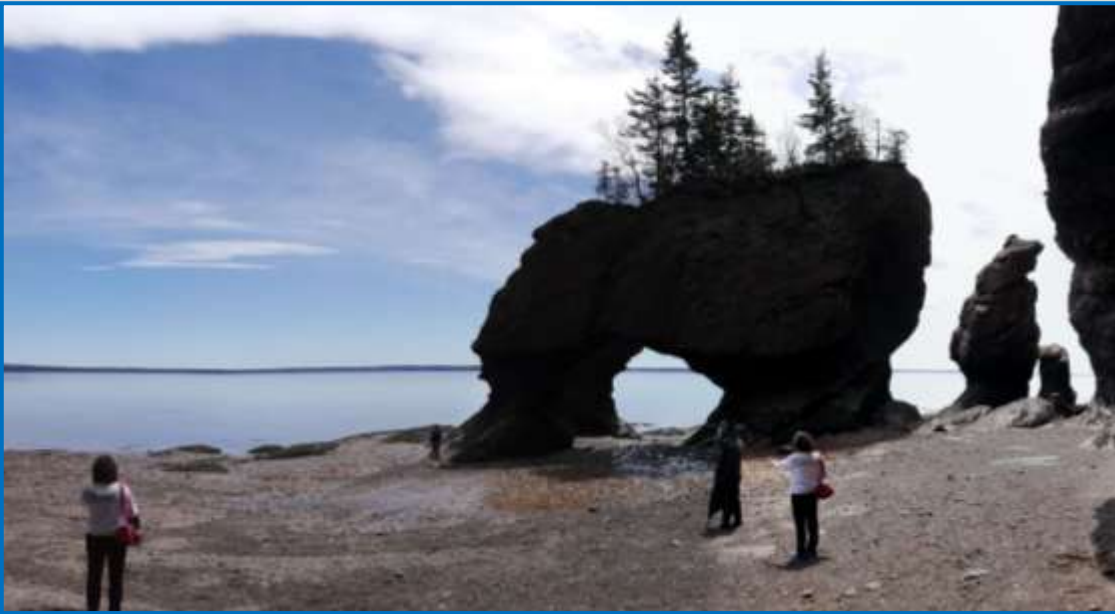


- ♦ bardzo wysokie na wybrzeżu Wielkiej Brytanii i Francji.

Port Granville
do 16,1 m

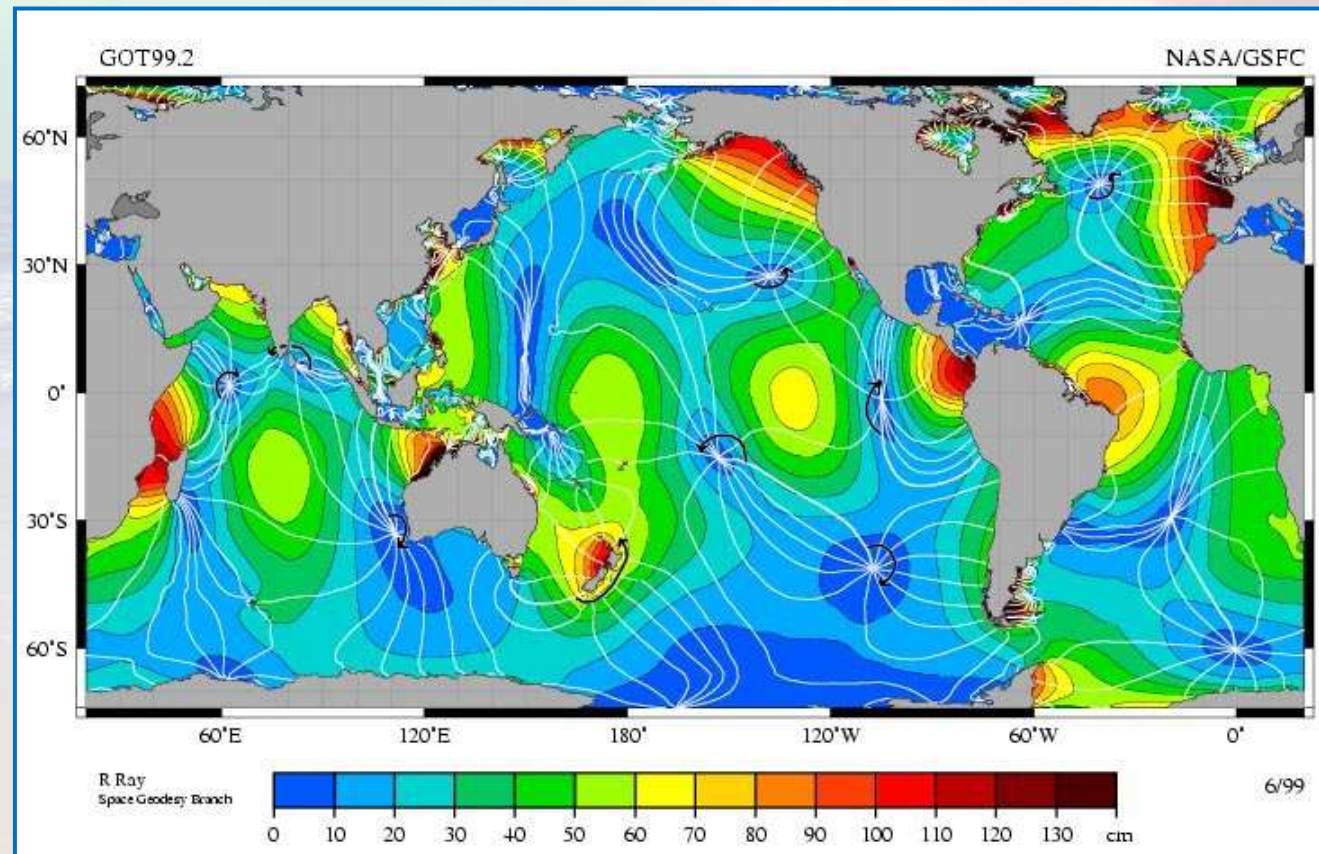


Ujście rzeki Severn
do 16,8 m



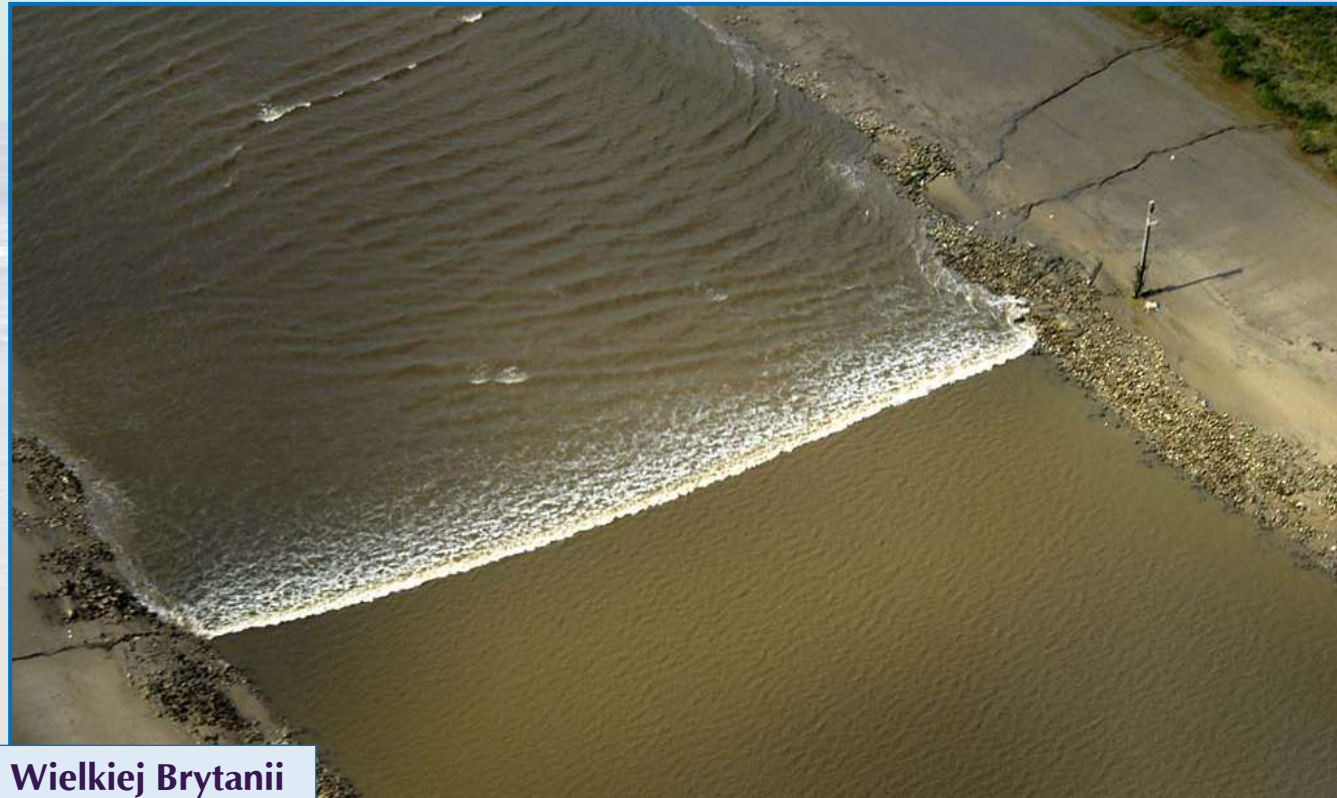
Zróżnicowanie geograficzne wielkości pływów

- ◆ 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 -