

# Geologija mora

## Gibanje voda, valovi i struje, taloženje (6)

Mladen Juračić, Geološki odsjek PMF-a,  
Sveučilište u Zagrebu, 2013/14

# Zašto elementi fizike mora?

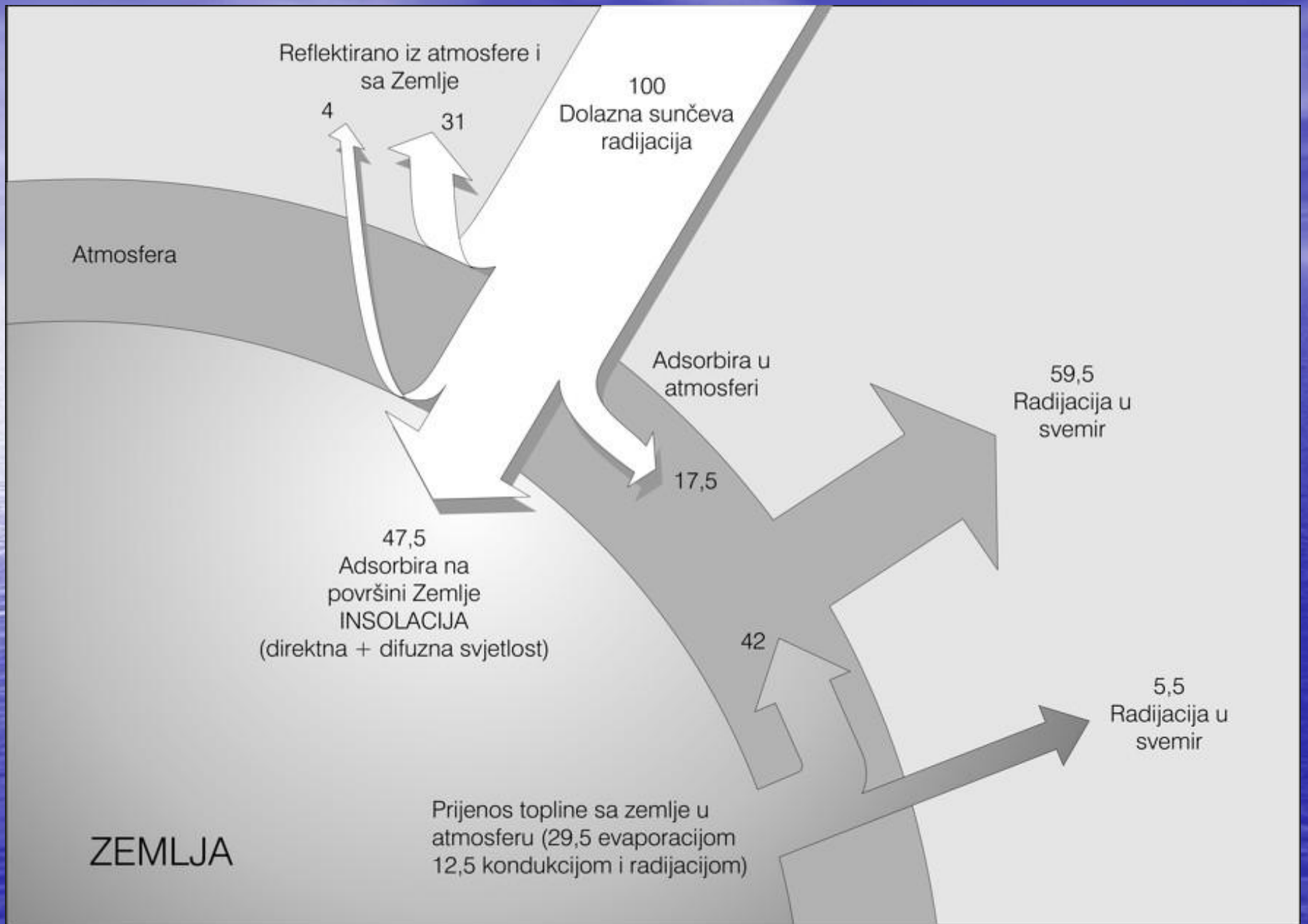
- Dinamika morske vode uvjetuje tip i raspored sedimentata koji se talože na morskom dnu.
- Djelomice **abrazijom** utječe i na erozijski dio sedimentacijskog ciklusa, a važna je posebno u **transportu** i naravno **taloženju**.
- Posebno ćemo se baviti dinamikom mora u priobalju a posebno u otvorenim morima.

# Temperature u moru i TS dijagrami (važno za razumijevanje stabilnosti vodenog stupca → stagnantne uvjete).

- Gustoća (specifična masa) morske vode normalno raste s dubinom. Ako gustoća površinske vode poraste postaje gravitacijski nestabilne i tone.
- Kako morska voda na površini može postati teža?
- U polarnim krajevima hlađenjem vode smanjuje se volumen (do +4 C), te povišenjem saliniteta zbog stvaranja leda koji je čista (slatka) voda (s uklopcima slanih kapljica). Tako nastaje hladna gusta voda koja tone i cirkulira u dubokim morima (*stirring time* oceana ~ 500 godina).
- U toplim krajevima teža voda može nastati na površini uslijed znatne evaporacije (zašto?).

# Što grije morską vodu?

- Sunčeva radijacija.
    - a) 30% se reflektira od atmosfere
    - b) 17% se apsorbira u atmosferi
    - c) 23% stiže do zemljine površine kao difuzna svjetlost
    - d) 30% stiže do površine kao direktna sunčeva svjetlost
- $c+d = 53\% = \text{insolacija}$



TOPLINSKI BUDŽET ZEMLJE. Dolazna sunčana energija je uravnotežena isijanom energijom

# postotak refleksije insolacije = **albedo** površine

- Albedo je **velik** za snijeg 90%
  - pustinjski pijesak 35%
  - vegetacijom pokriveni prostor 10-25%
  - **malen** za mirnu vodu 2%
- 
- Doba dana odnosno kut upadnih zraka znatno mijenjaju albedo vode i snijega (što je upadni kut manji/blaži jača je refleksija).

# Efekt staklenika (*greenhouse effect*)

- Dio reflektirane radijacije apsorbira se u atmosferi, pogotovo infracrvena i još većih valnih dužina - mikrovalovi.
- Vodena para i CO<sub>2</sub> znatno apsorbiraju to IC zračenje i to je onda razlog **efekta staklenika** (*greenhouse effect*).
- Koji još plinovi apsorbiraju IC zračenje?
- metan, dušikovi oksidi, CFC (freon, CCl<sub>3</sub>F, klorofluorokarbon).

# Varijacije temperature

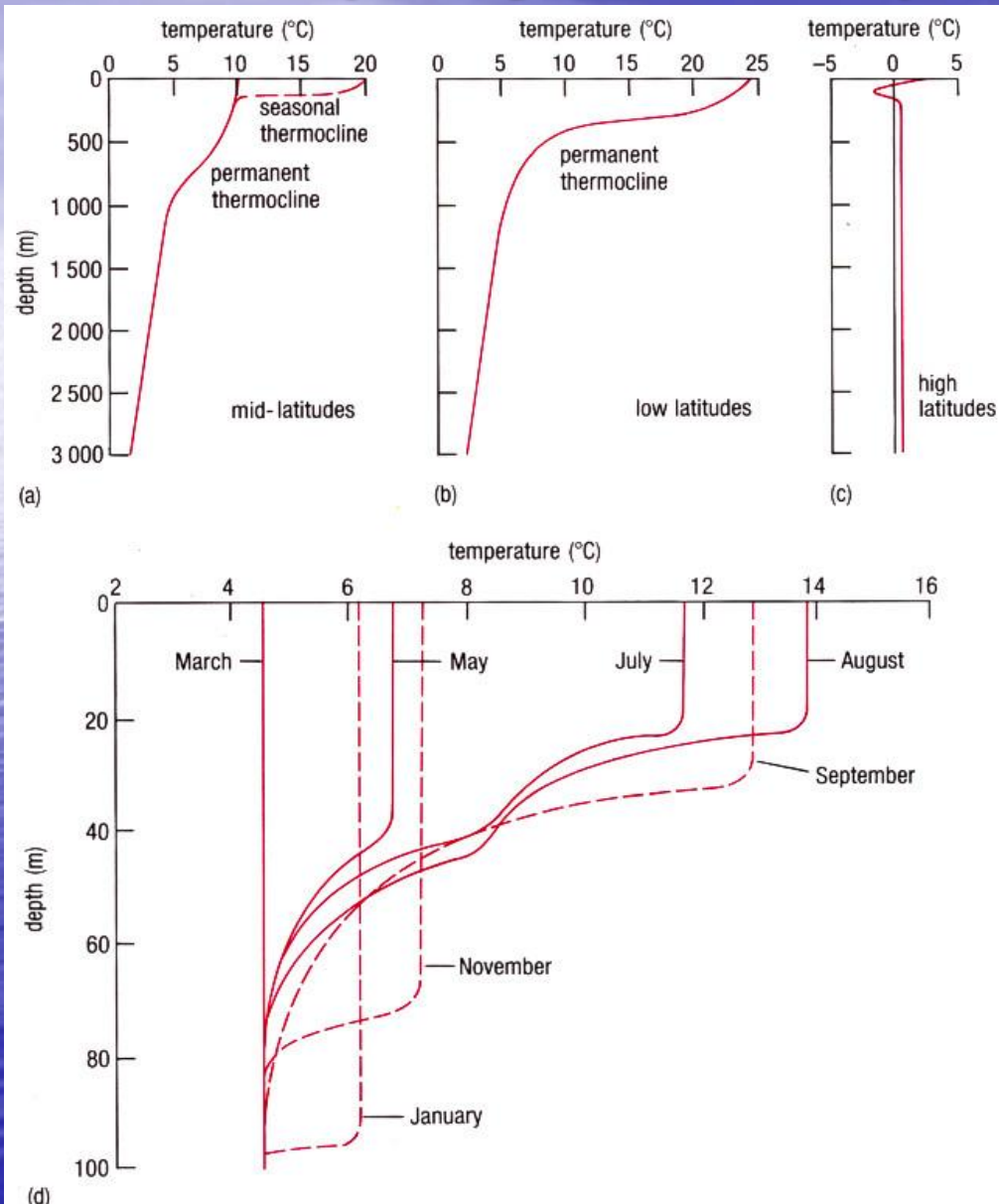
- Dnevne varijacije temperature na kopnu mogu dostići i nekoliko desetaka stupnjeva, a u moru samo nekoliko stupnjeva.
- Voda je prozirna pa radijacija dublje prodire, voda ima **veliku specifičnu toplinu** pa može apsorbirati veliku količinu topline za jednaki rast temperature.
- Voda ima **veliku latentnu toplinu** evaporacije i otapanja, što znači da je potrebna velika količina topline da se postigne evaporacija ili otapanje leda, a bez promjene temperature.



- **Rasponi teperatura** u oceanima znatno su manji nego na kopnu. Kreću se:
- od **+30°C** (površinska voda u Crvenom moru) maksimalno 35-42°C u plitkim poluzatvorenim obalnim vodama,
- do **-1,33°C** (srednja temperatura antarktičke površinske vode), tj. **-1,65°C** AABW (temperatura ledišta vode saliniteta 35 je -1,87°C).
- Nasuprot tome temp. zraka nad kontinentima variraju od +56,7°C (Greenland Ranch, Death Valley, California, 1913) do -89,2°C (Vostok, Antarktika, 1983).

\*Pingvini mogu disati na -60 do -62°C.

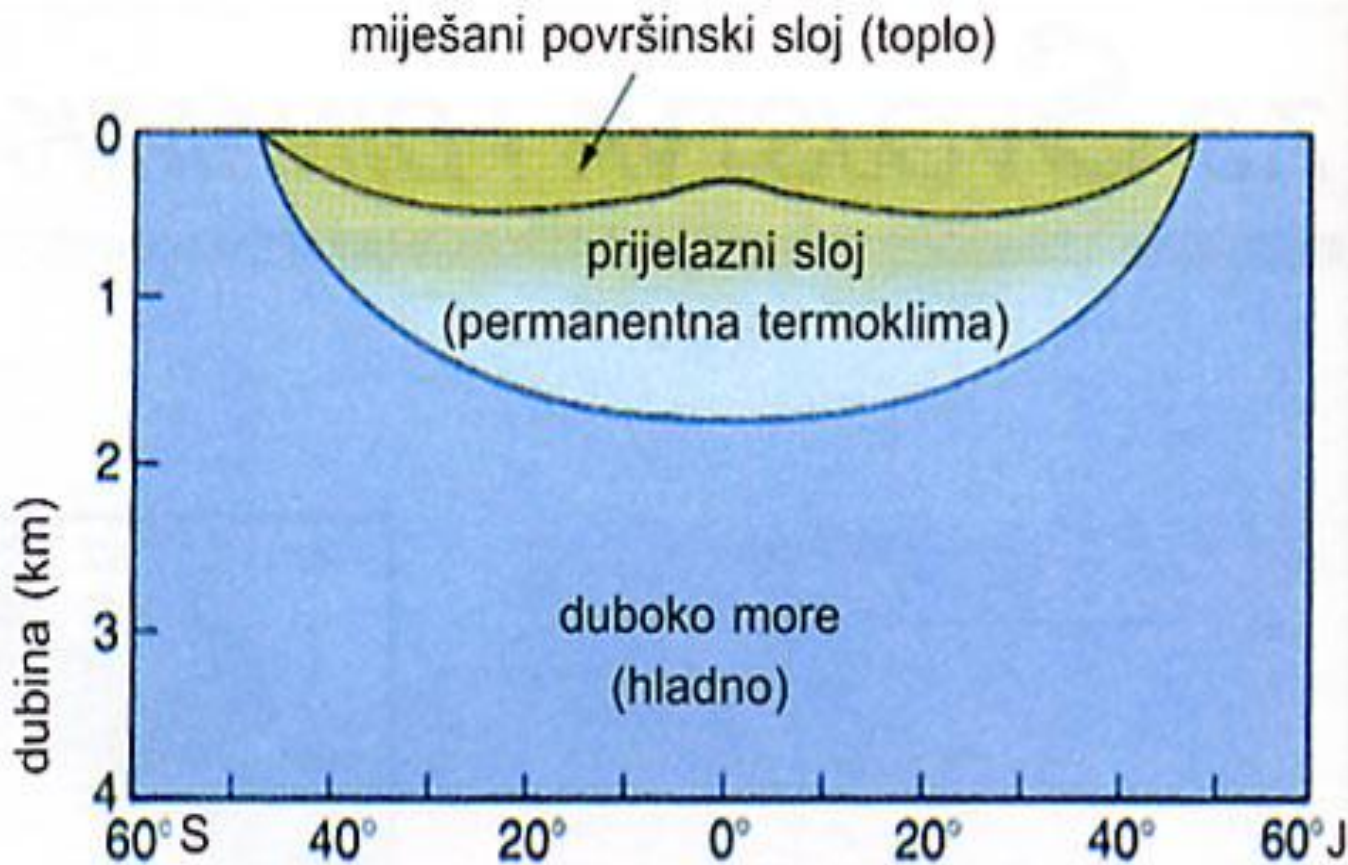
# Raspodjela temperature u morima



- Miješani površinski sloj nastaje uslijed miješanja valovima i vjetrom i može biti 200-300 m debeo u otvorenim oceanima u srednjim širinama, do svega 10 m ljeti u zaštićenim zaljevima.
- Dublje od 1000 m temperatura postupno pada od 5 °C na 0-3°C i stalno je takva.
- Neznatno raste u dubokim dijelovima oceana zbog **adiabatskih promjena**.

# Kakvi su oceani i zašto?

- Na dubinama od 200 do 1000 m u širinama 50°S do 60°N nalazi se područje s izraženim temperaturnim gradijentom poznatim kao **permanentna termoklina**



80 %  
svjetskog mora  
vrlo je  
hladno!!!

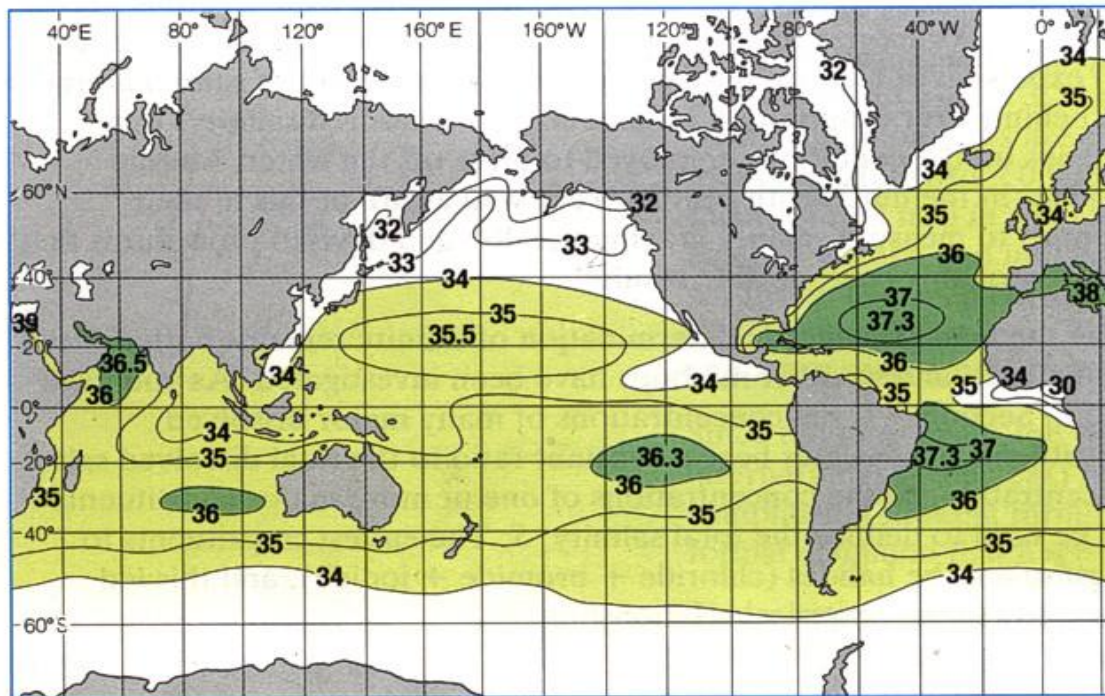
***More je cool!***

# Adiabatske promjene

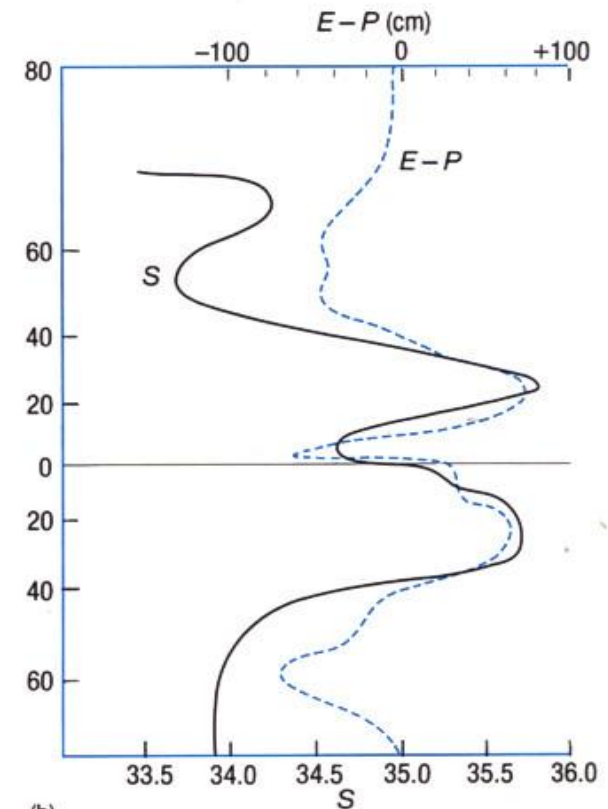
- Adiabatske promjene temperature nastaju bez izmjene topline s okolinom.
- Posljedica su kompresibilnosti fluida. Kad se fluid širi gubi internu energiju i hladi se!
- Možemo zamisliti istu količinu topline u većem volumenu (zagrijavanje gume kad je pumpamo, frižider...)
- **Potencijalna temperatura** je temperatura koju bi fluid (voda ili zrak) imao kad bi adiabatski bio doveden na 1000 milibara (1 At ili morska razina).
- Ta razlika može biti do  $1,5^{\circ}\text{C}$  za dubokomorsku vodu, tj. potencijalna temperatura dubokomorske vode je do  $1,5^{\circ}\text{C}$  niža od *in situ* temperature.

# Salinitet (slanost, slanoća)

- Što još treba znati da bi se odredila **gustoća** ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) tj. **specifična masa** (neimenovani broj - omjer gustoće uzorka i gustoće destilirane vode kod  $4^\circ\text{C}$ , 1 At).
- Salinitet** u današnjm morima ne varira značajno, pogotovo ne u dubljim dijelovima (34,5-35). Površinski salinitet otvorenih mora gdje prevladava evaporacija nad precipitacijom raste do 37,3; u istočnom Sredozemlju do 39.



(a)

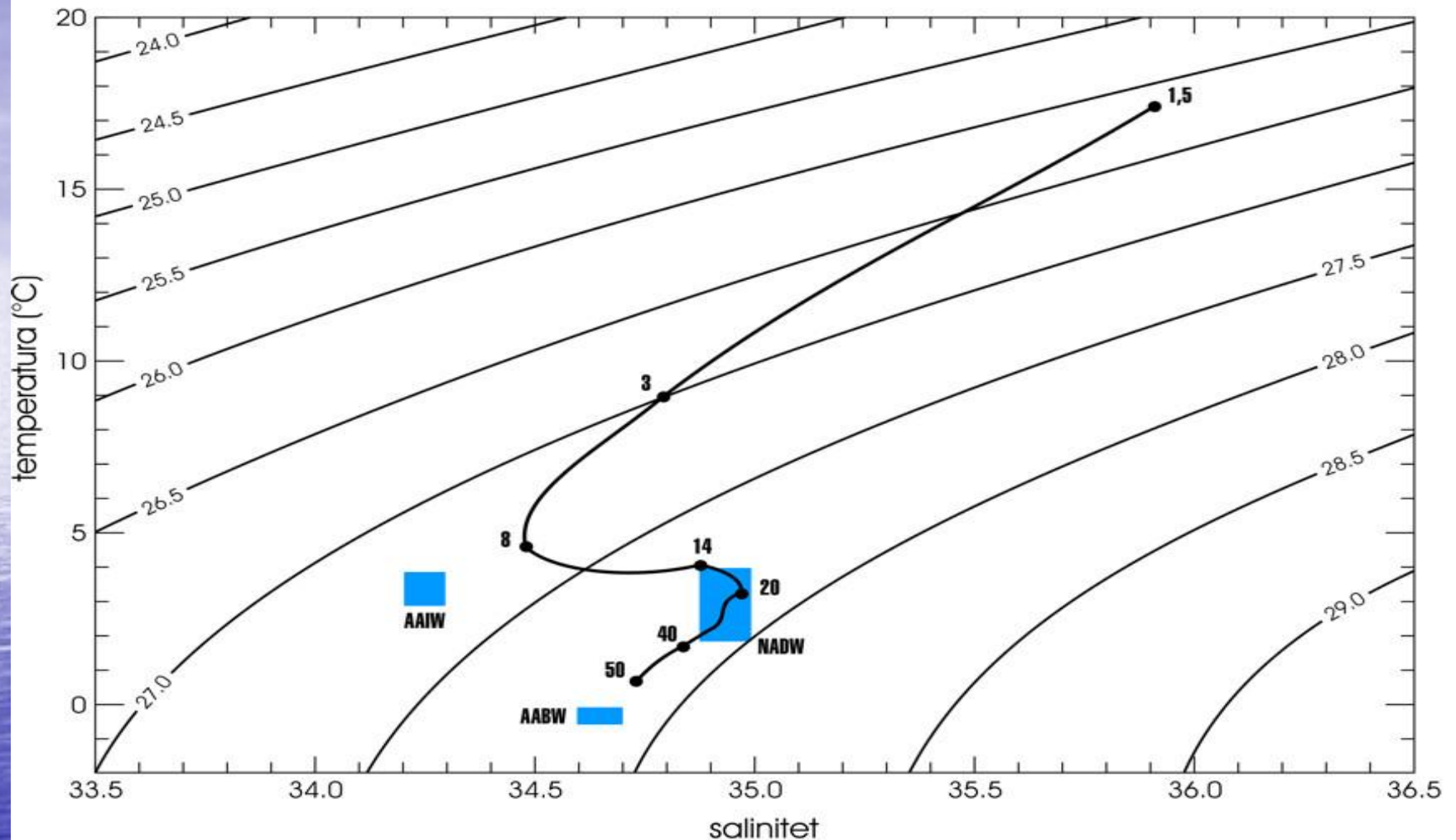


(b)

# T-S dijagram

- Za određivanje gustoće treba znati temperaturu i salinitet. To se jednostavno radi pomoću **T-S dijagrama** kojima se dobiva  $\sigma_t$  (sigma-t)
- $\sigma_t$  (sigma -t) = (specifična težina - 1) x 1000
- pa će npr. voda temperature 10°C i saliniteta 35,5 imati specifičnu masu 1,0275 tj.  $\sigma_t = 27,5$ .

# T-S Dijagram



Primjer T-S dijagrama za mjerene uzorke vode od 150 m do 5.000 m dubine na postaji 9°S u Atlantiku. Brojevi predstavljaju pojedine uzorke vode; brojevi su dubine u stotinama metara.

Plava polja predstavljaju potpovršinske vodene mase

AABW= Antarktička pridnena voda

NADW= Sjevernoatlantska duboka voda

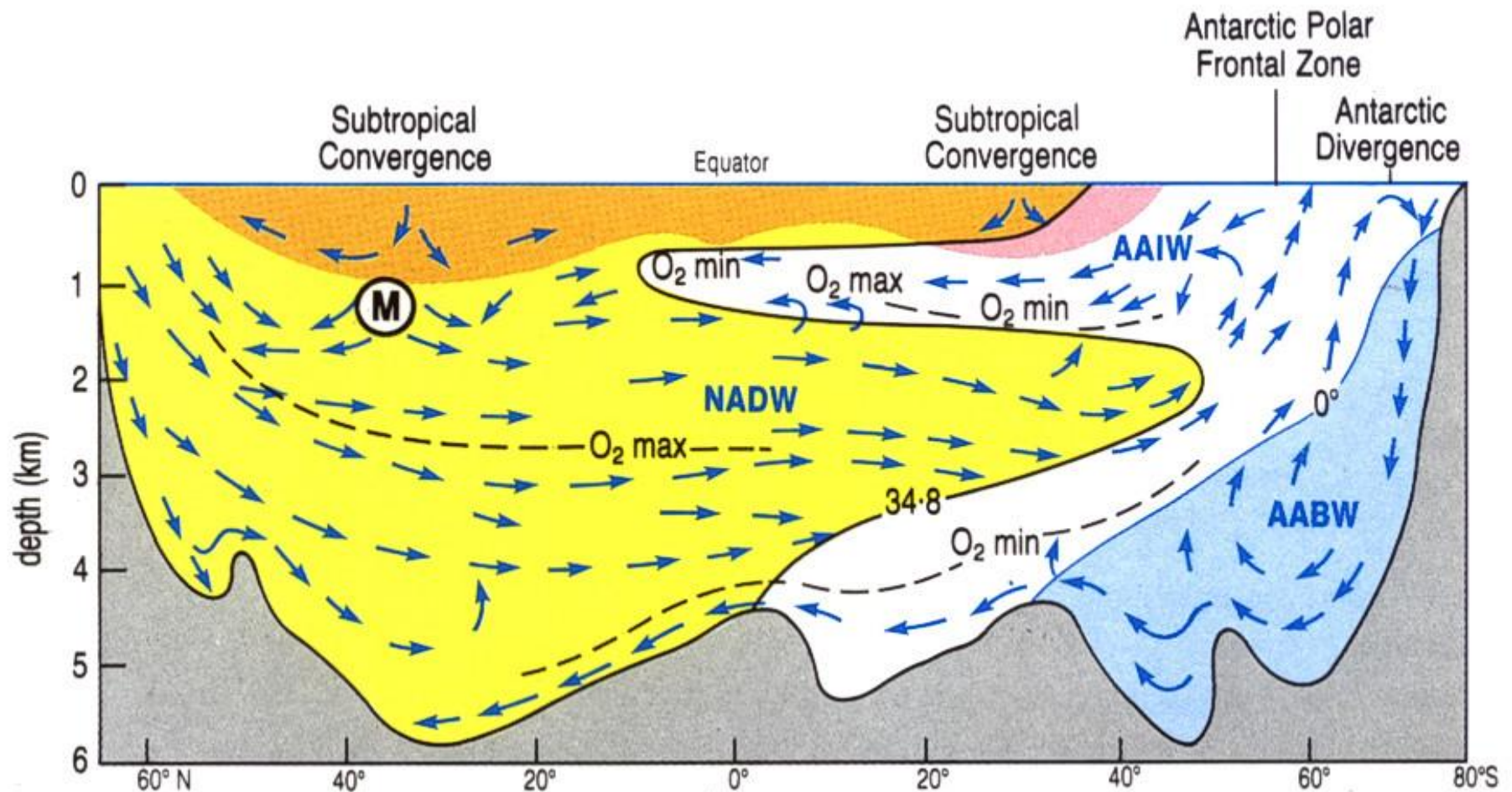
AAIW= Antarktička intermedijarna voda

# Vodene mase u oceanima

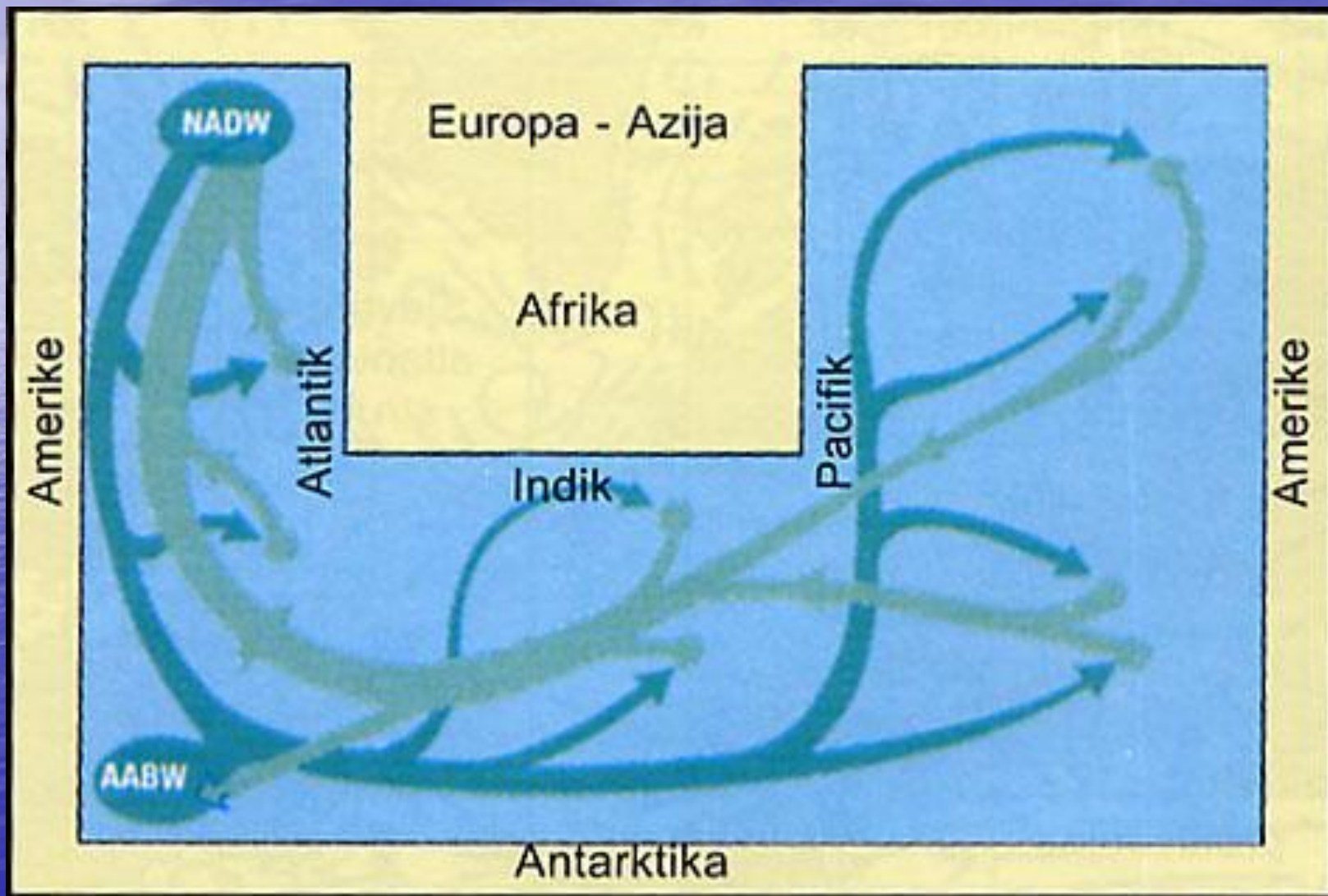
- Pomoću gustoće dobro se mogu karakterizirati **posebne vodene mase** (poput masa zraka) koje nalazimo u oceanima. Takve mase imaju male raspone temperature i saliniteta naslijeđene od površinskih voda od kojih su nastale, a tonu zbog povišene gustoće. Glavne vodene mase koje možemo razlikovati u oceanima su:
  - **AABW** *Antarctic bottom water*: najniža temperatura,  $-2^{\circ}\text{C}$  niski salinitet 34,4 - 34,6
  - **NADW** *North Atlantic deep water*: hladna voda  $2,5^{\circ}\text{C}$ ,  $S = 35,03$ .
  - **AAIW** *Antarctic intermediate water*:  $2-4^{\circ}\text{C}$   $S = 34,2$  nastaje uslijed konvergencije površinskih voda u subantarktičkom području i najveća je masa vode u oceanima. to je tzv. intermedijarna voda.
  - **MW** *Mediterranean water*: topla  $12-13^{\circ}\text{C}$ , i visokog saliniteta 38.
- Vertikalno kretanje vodenih masa odvija se uslijed tih razlika u gustoći.



# Presjek kroz Atlantik s glavnim tipovima voda



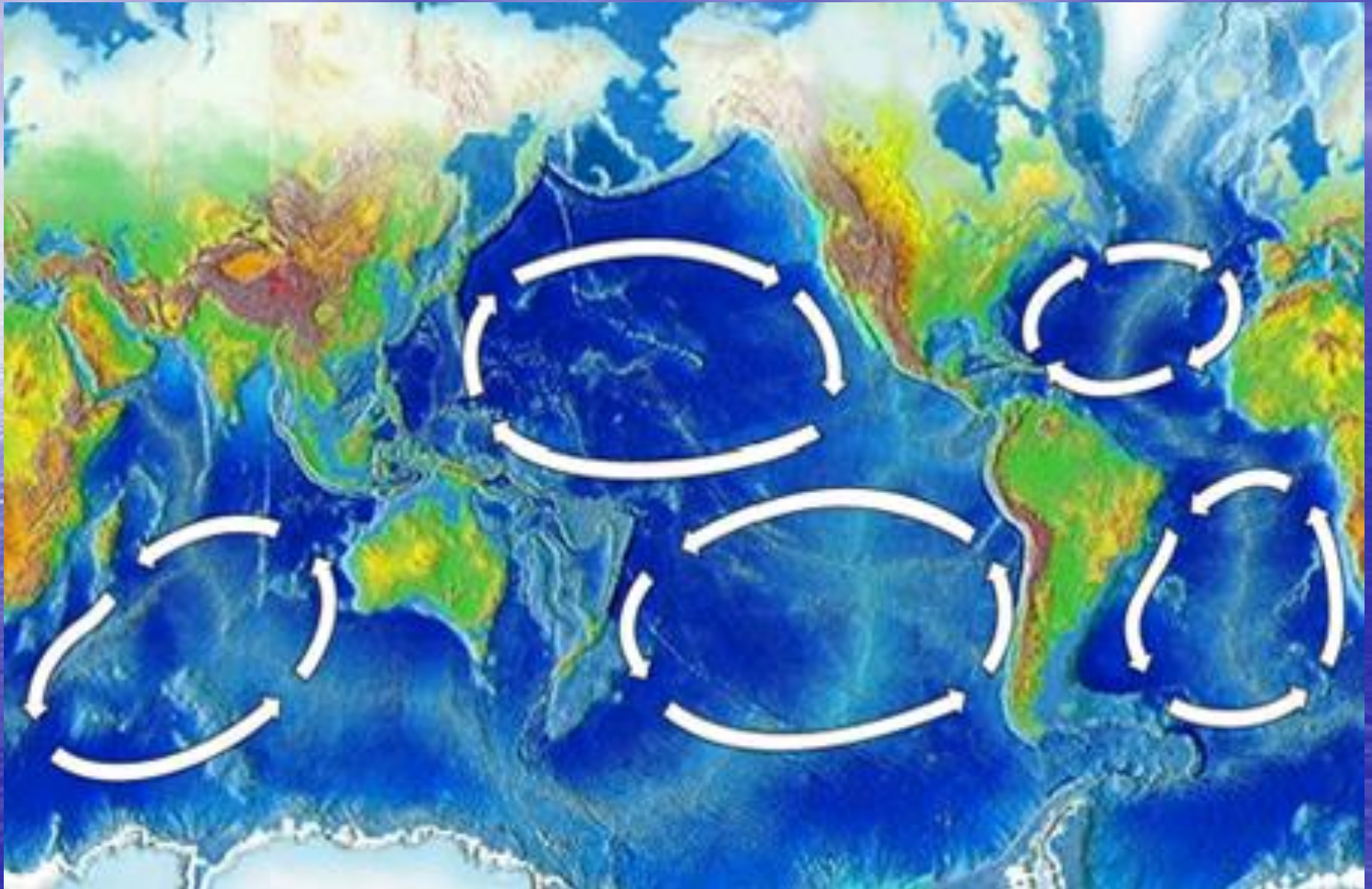
# Sustav termohaline cirkulacije (kruženja voda) u oceanima



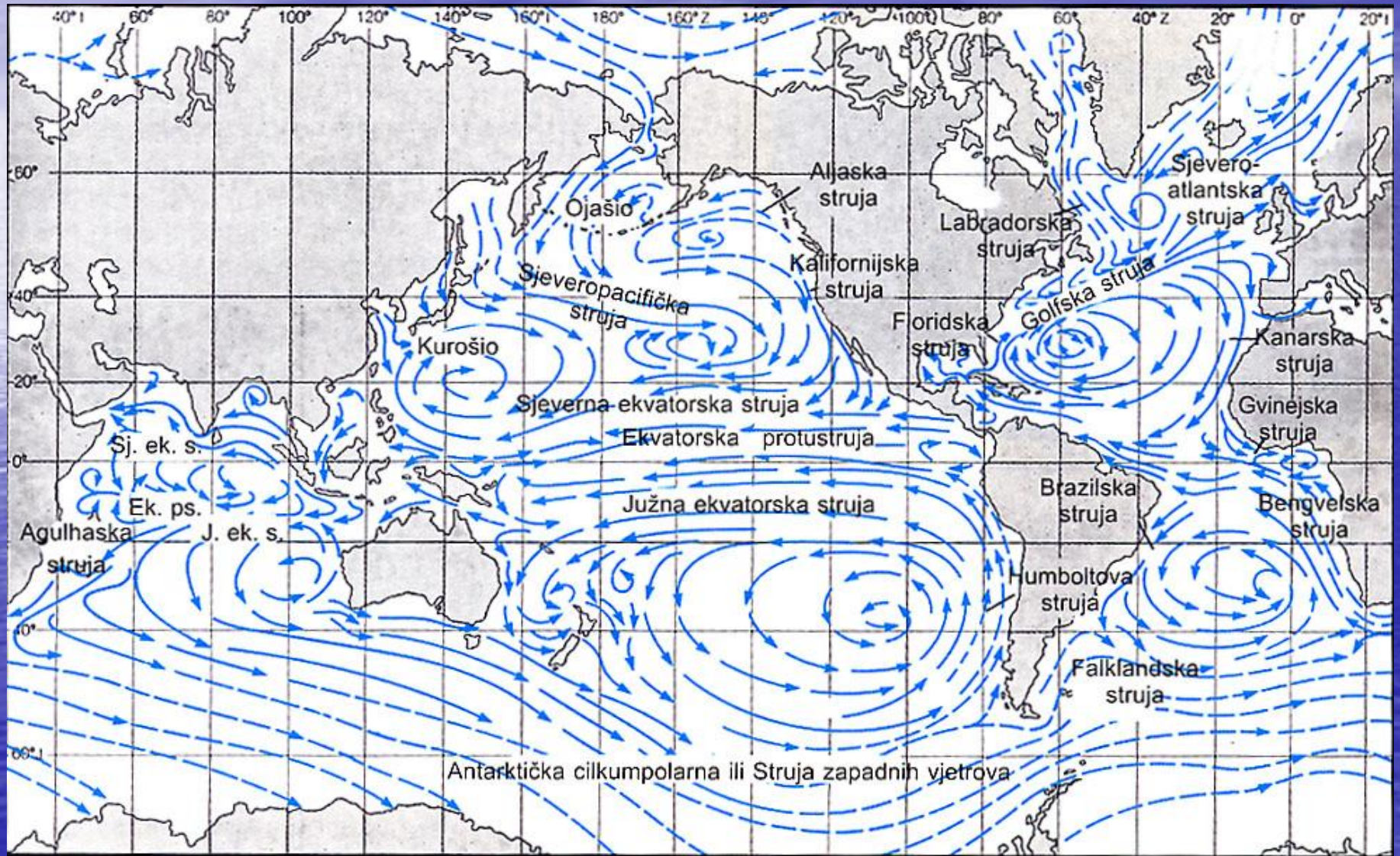
# Površinske struje

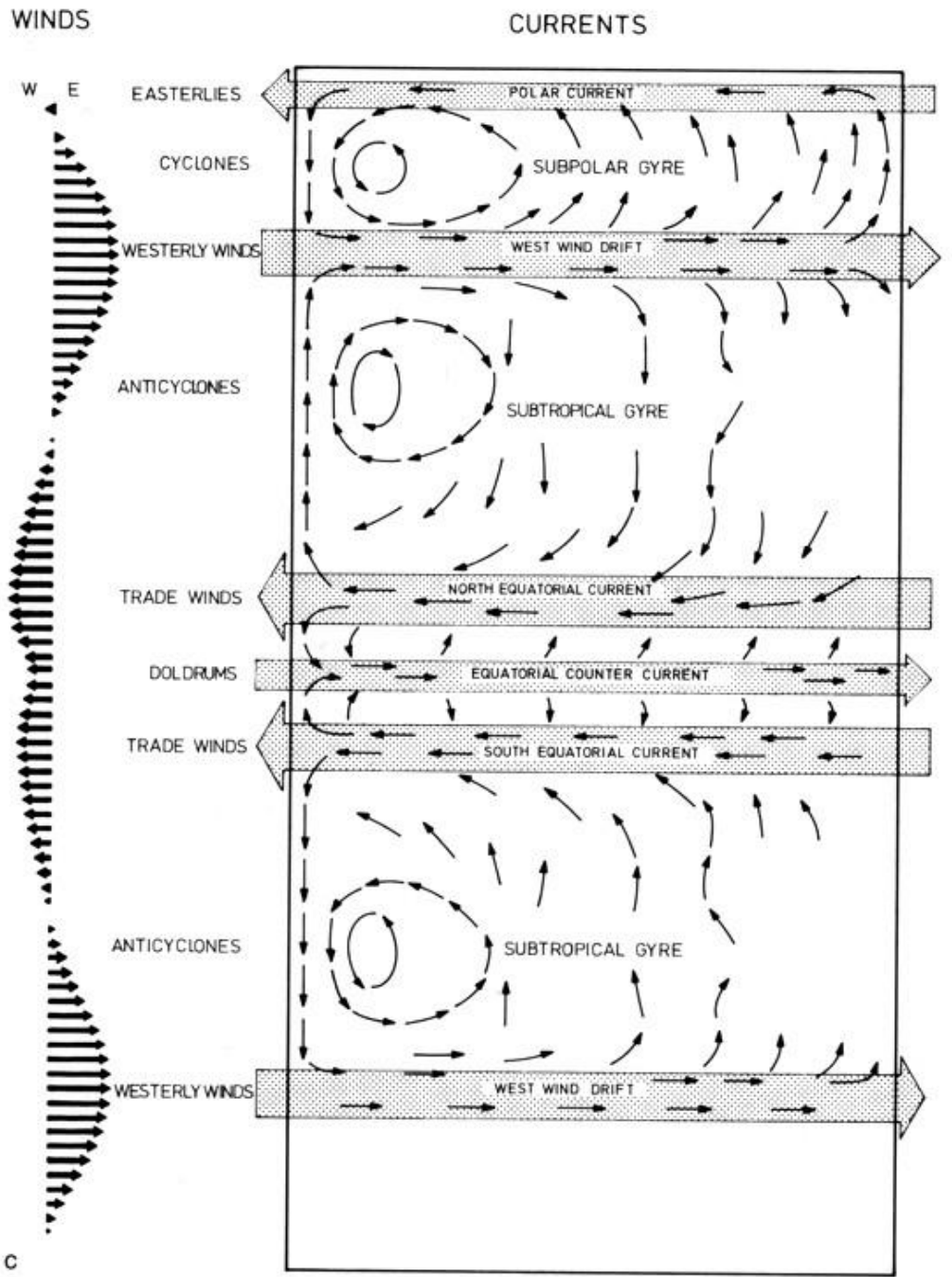
- Nastaju uslijed puhanja vjetrova. Stalni **zapadni vjetrovi** (zbog rotacije Zemlje prema zapadu) **uzrokuju istočne struje** u umjerenim širinama.
- Vjetrovi stvaraju 5 velikih cirkulacijskih petlji, 2 u smjeru kazaljke na satu na sjevernoj polutki i 3 suprotno smjeru kazaljke na satu na južnoj polutki.
- Važne su jer nose velike količine topline iz ekvatorijalnih prostora prema polovima. To su Zapadne rubne struje. Gofska, Brazilska, Kurošio. Istočne rubne struje vraćaju hladnu vodu k ekvatoru, Kanarska, Peru, Kalifornijska.

# Sustav površinskih struja u oceanima



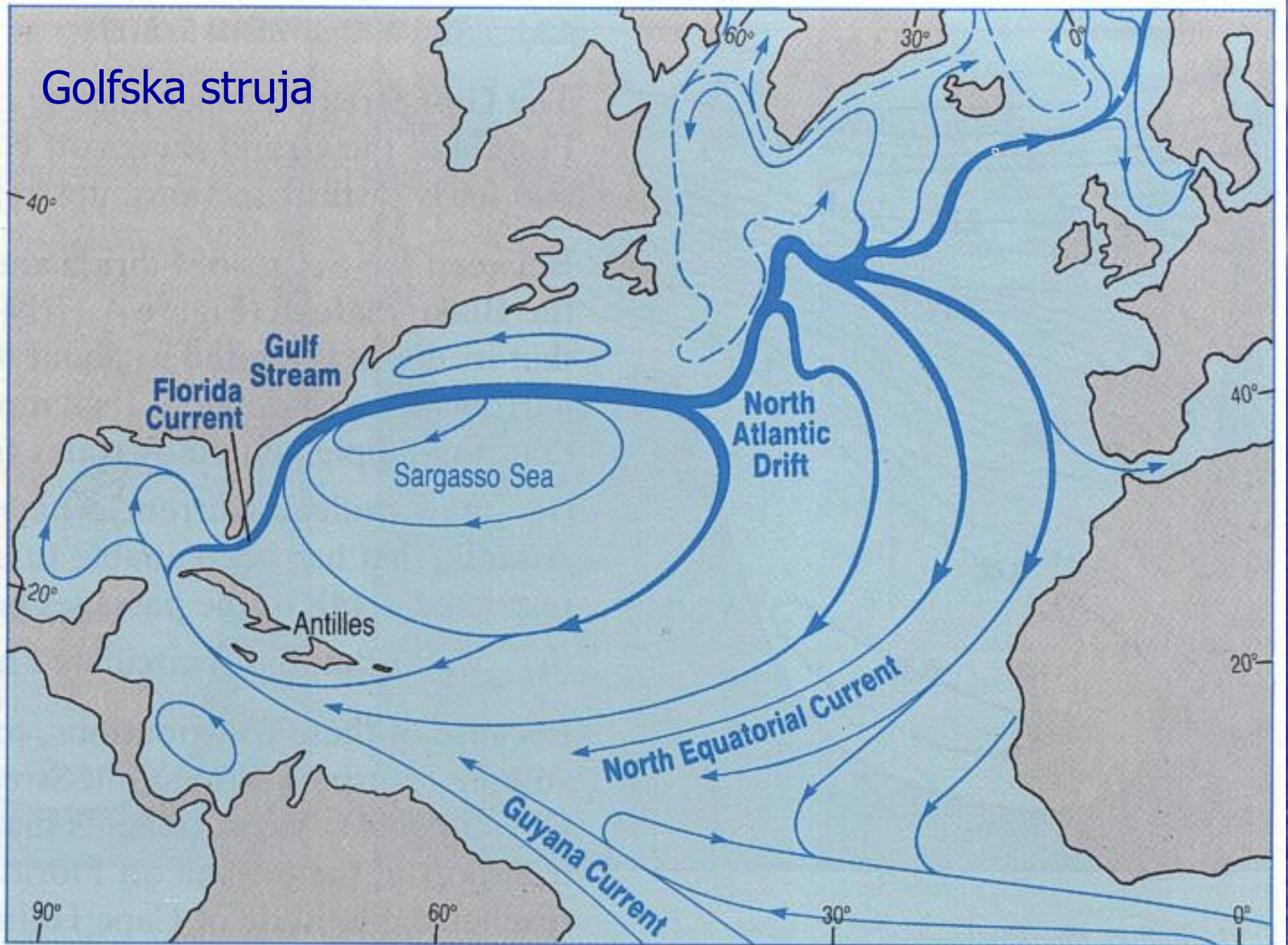
# Sustav površinskih struja u oceanima





Kretanje površinskih voda u teoretskom oceanu (sličnom Atlantiku)

# Golfska struja



# Antarktička cirkumpolarna struja (ACC)

- Danas najjača oceanska struja  $\sim 147$  Sv  
(1 Sverdrup =  $10^6$  m<sup>3</sup>/s)





# Izdizanje voda (upwelling)

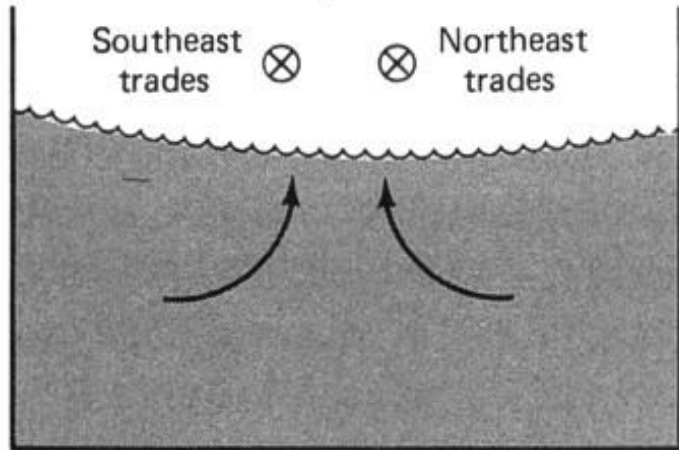
- Zbog Koriolisovog efekta kod istočnih rubnih struja (skretanje vode koja se kreće *cum sole* (za suncem) - desno na sjevernoj hemisferi) dolazi do **izdizanja voda** (*upwelling*). To je pojačano i vjetrovima koji pušu od obale.
- Upwelling je važan proces jer dovodi dubokomorsku hladnu vodu punu nutrijenata u fotičku zonu.
- Izdizanje voda nije vezano samo za rubne oceanske zone već može nastati tamo gdje dolazi do **divergencije** površinskih voda.
- Ekvatorijalna divergencija stvara ekvatorijalni upwelling.
- U cirkumantarktičkom području važan je pojas divergencije površinskih voda.
- Suprotno, u zonama **konvergencije** površinska voda tone u dublje dijelove oceana.

Meteorological  
equator

Southeast  
trades

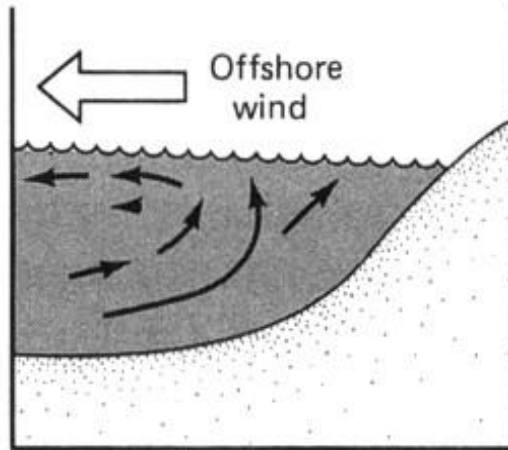


Northeast  
trades

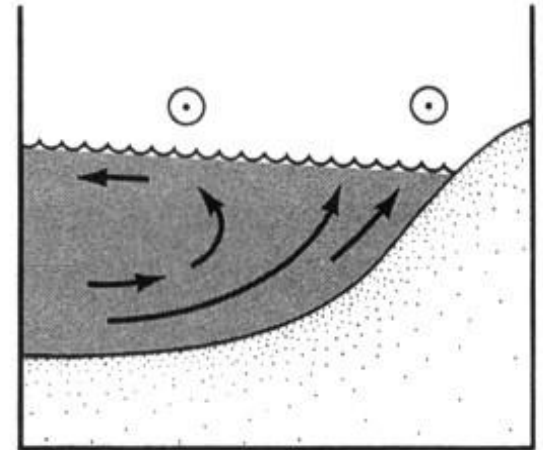


A Open-ocean Coriolis  
effect upwelling

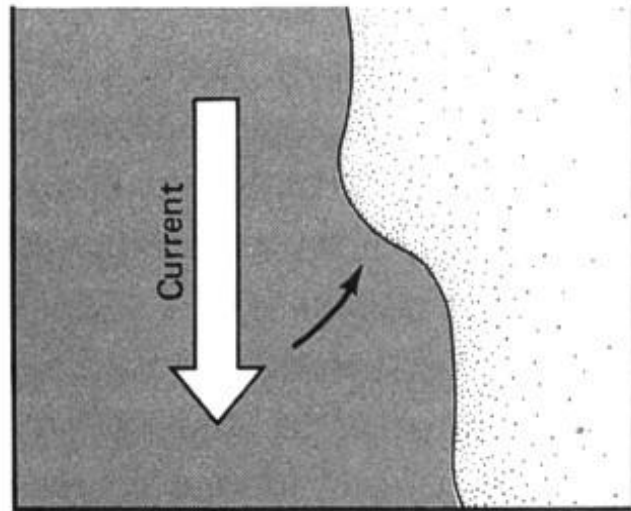
Offshore  
wind



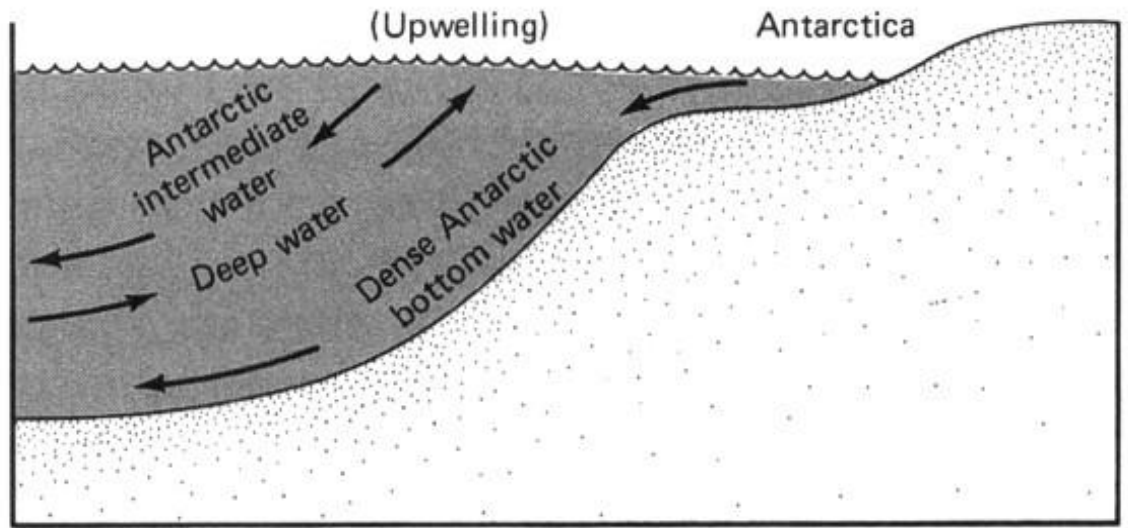
B Wind-driven  
upwelling



C Coriolis effect  
transport



D Obstruction  
upwelling



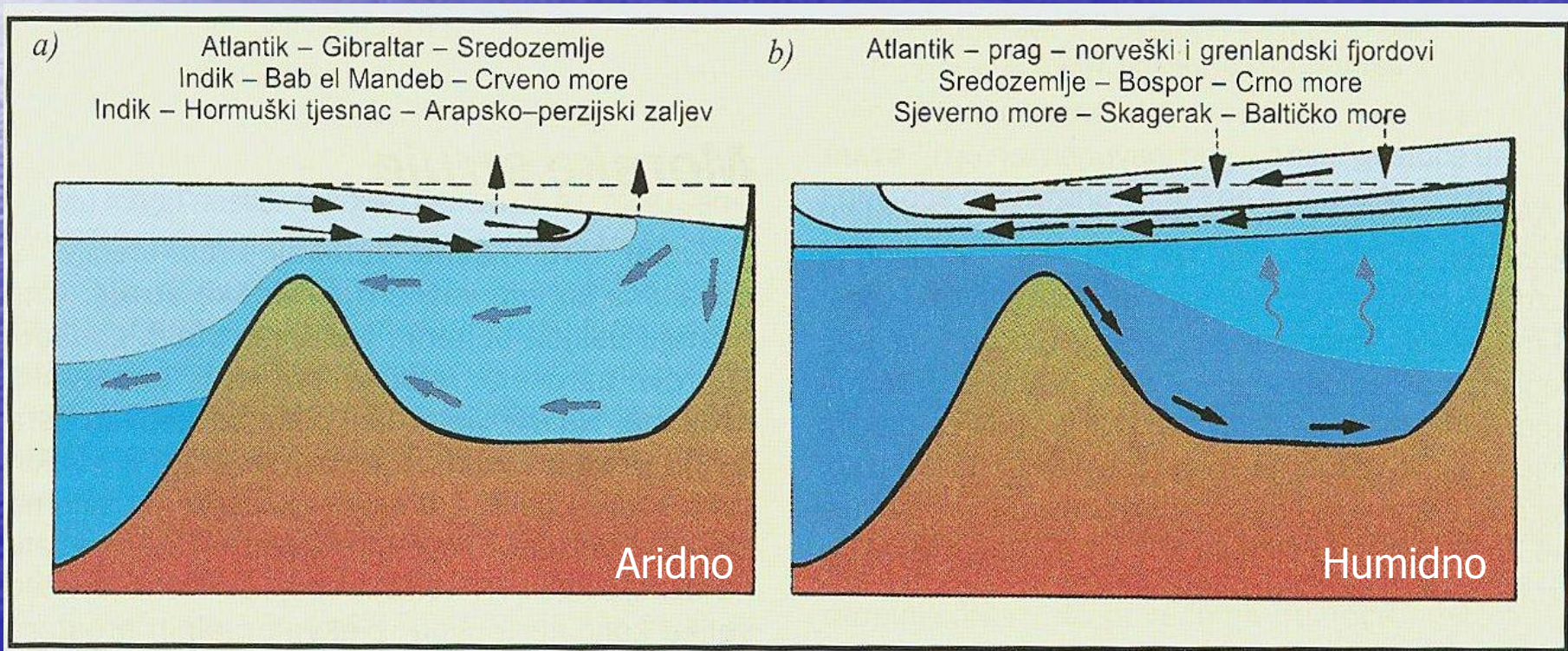
E Density driven upwelling

# Konturne struje

- Osim ovih pokazalo se da postoje i subhorizontalne struje duboko u moru koje nastaju uslijed razlika u gustoći. To su tzv. **duboke geostrofičke struje**.
- Budući da su paralelne s morskim dnom na nekoj dubini odnosno konturi (izobati) geolozi ih zovu **konturne struje**. Posljedica su *konturiti*.
- Mogu biti vrlo jake te erodirati morsko dno i ostavljati tragove na sedimentu na dubinama od nekoliko tisuća m.

# Struje izmjene voda

- *exchange currents* (u bazenima dilucije ili koncentracije)
- struje izmjene voda između otvorenih voda i poluzatvorenih bazena - marginalnih (rubnih) mora.

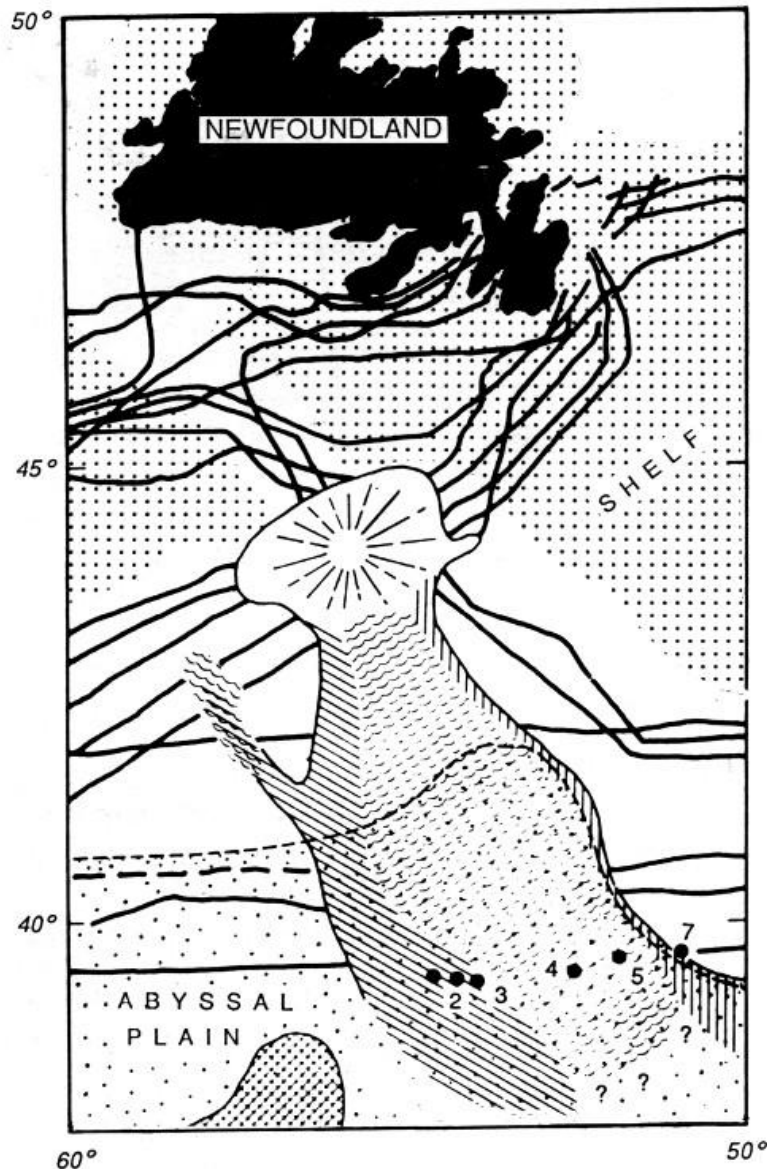


- Možete li prepoznati smjer površinske struje u Bosporu?



<http://www.maritime-executive.com/article/Turkey-Presses-on-With-Bosphorus-Bypass-Ship-Canal-Plans-2013-04-12/>

# Mutne struje



## EXPLANATIONS

● ● ●  
PISTON CORE STATIONS  
ATLANTIS CRUISE A180

—  
SUBMARINE TELEGRAPH  
CABLES

☀  
AREA OF SLIDES AND  
SLUMPS NEAR EPICENTER

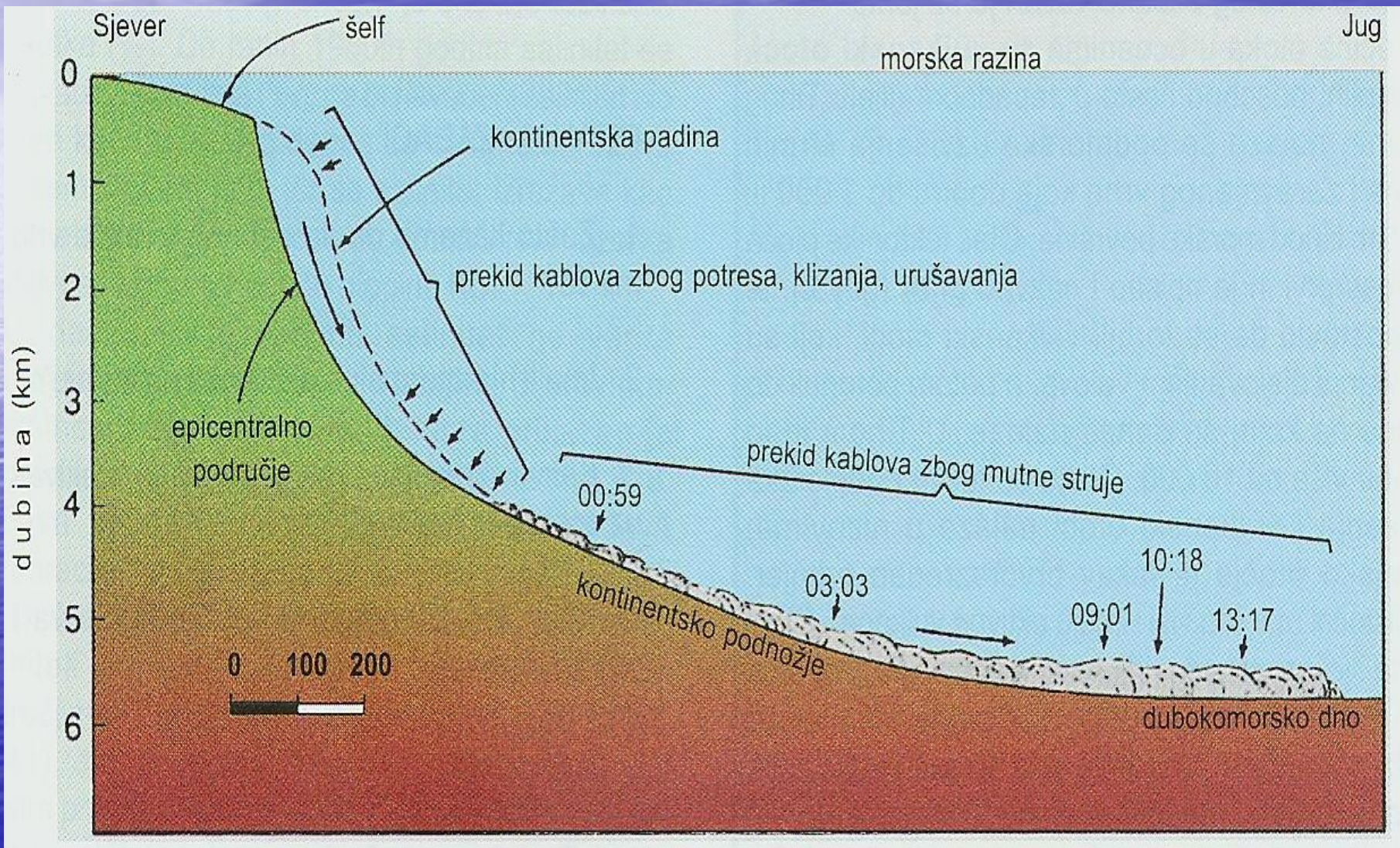
~~~~~  
AREA TRAVELLED BY  
DESTRUCTIVE TURBIDITY  
CURRENT. CABLES BROKEN  
AND REMOVED

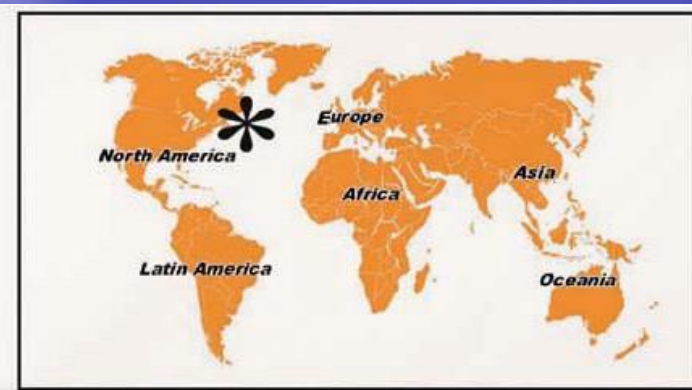
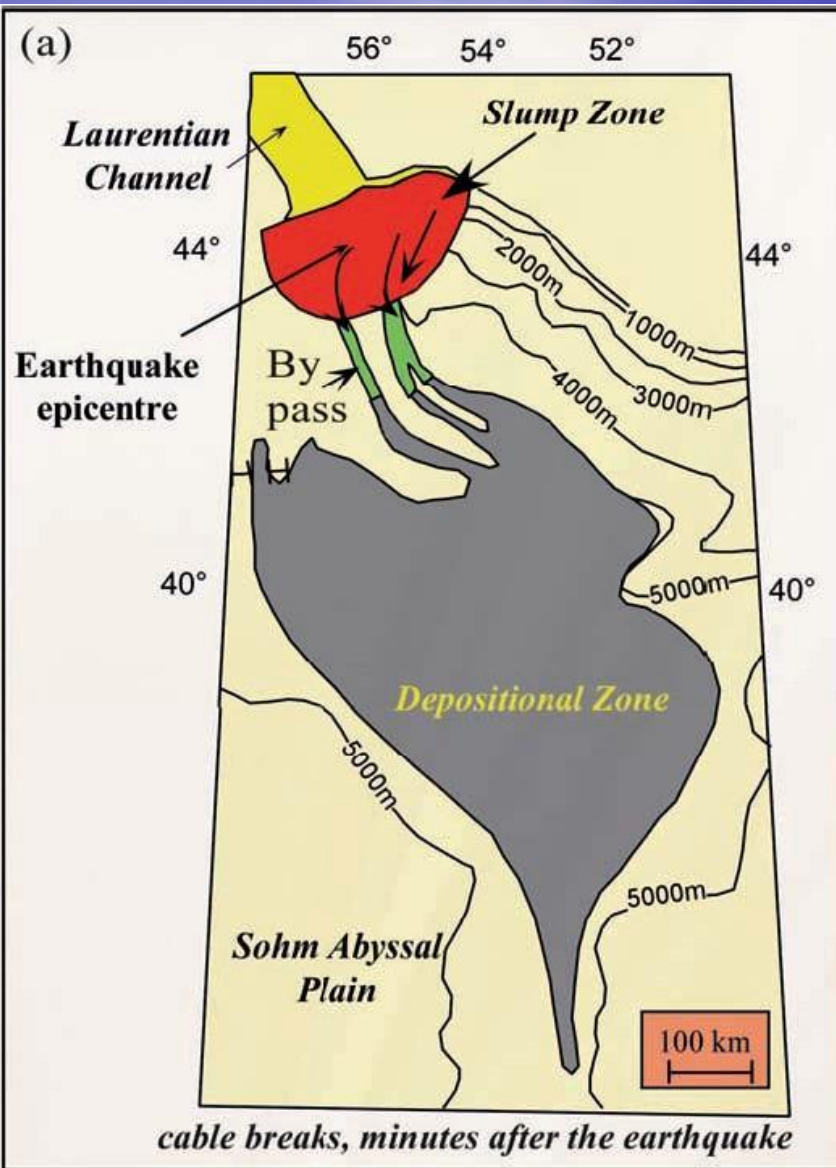
▨  
MARGINAL AREA OF  
WEAKER CURRENT. CABLES  
BURIED BUT NOT BROKEN

▣  
HILLS AND MOUNTAINS.  
BERMUDA RISE, WESTERN  
FOOTHILLS OF THE  
MID-ATLANTIC RIDGE

Geološki su vrlo važne. Brze i do 20 m/s. Nose velike količine materijala u suspenziji u duboko more.

# Mutne struje

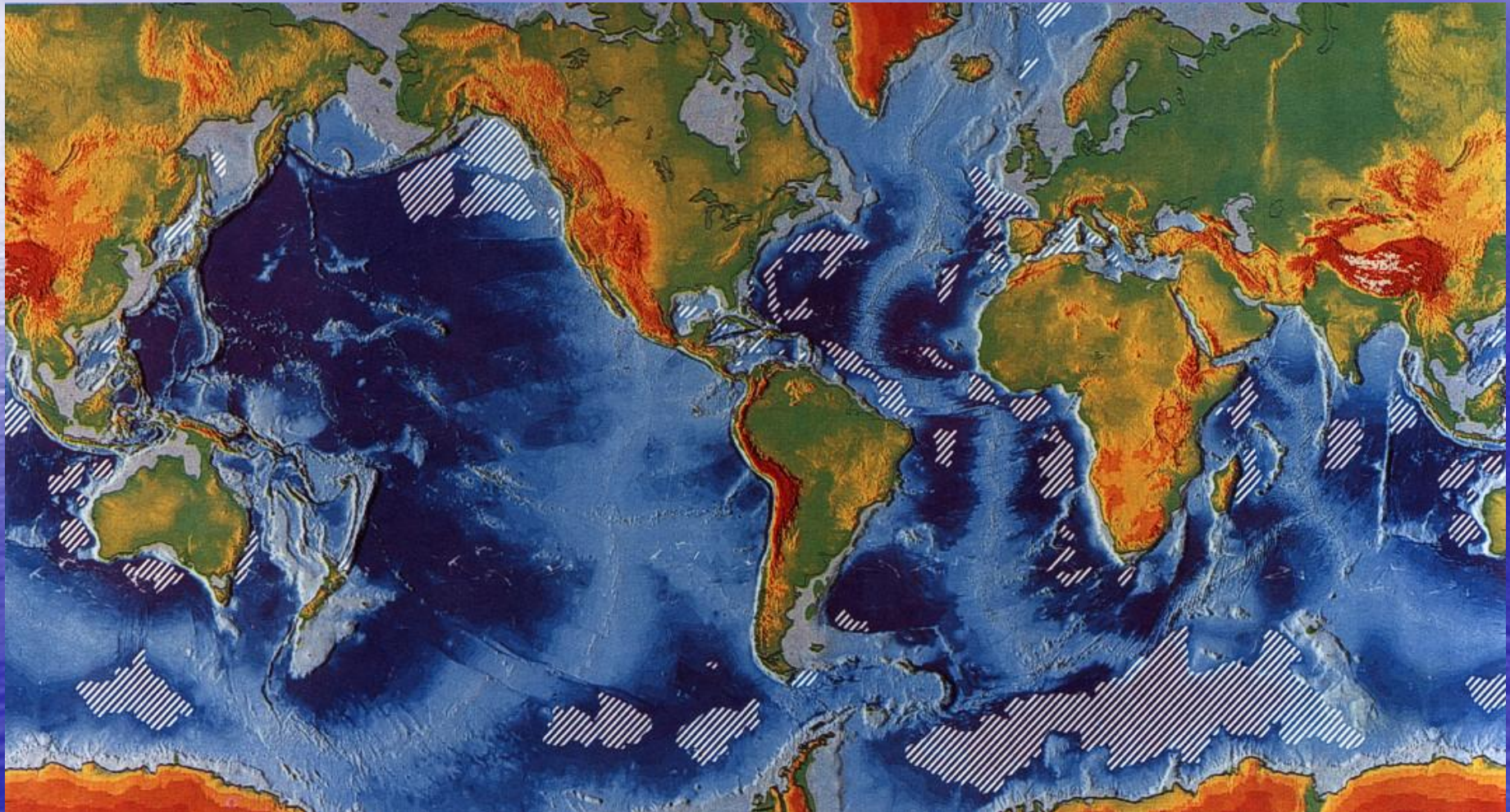




Heezen, B.C. & Ewing, M. (1952): Turbidity currents and submarine slumps, and the 1929 Grand Banks (Newfoundland) earthquake. *American Jour. Sci.*, **250**, 849-873



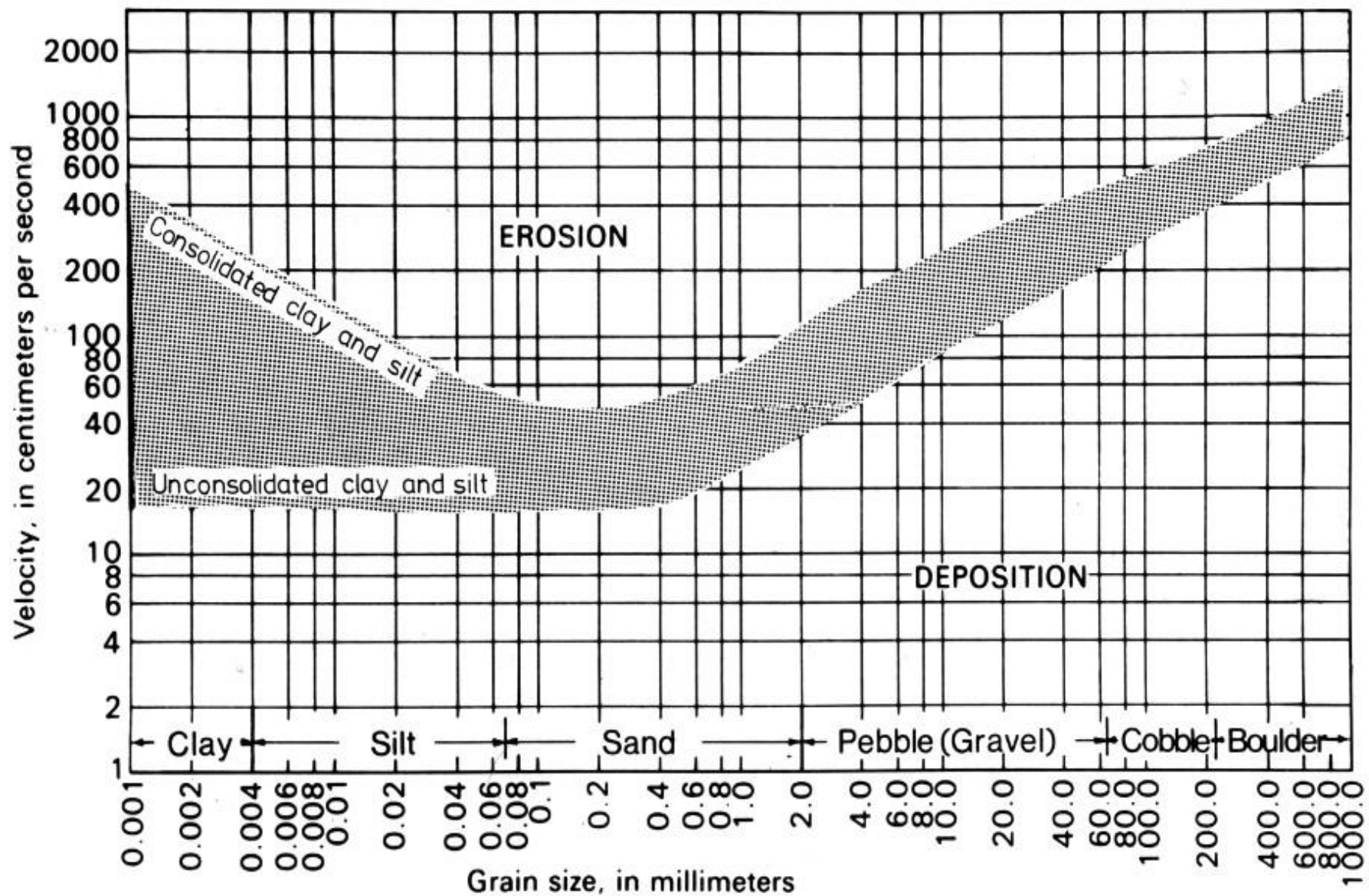
# Područja oceana na kojima se talože turbiditi



# Taloženje čestica

- U obalnom području važan je utjecaj **valova, plimskih i dužobalnih struja** koje djeluju na taloženje čestica, a na već istaloženim sedimentima stvaraju valne brazde, graduirane sedimente, dobro sortirane obalne pijeske itd.
- Odnos između dinamike vode i odgovora u sedimentu nije ni danas potpuno jasan iako se to poprilično istražuje. Povratni mehanizam promjene koji nastaje kao posljedica vodene dinamike znatno komplicira stvar.
- Temeljno je pitanje zašto se sitne čestice teže erodiraju od krupnih?

# Hjulströmov diagram



# Taloženje čestica

- Veća zrna se teže pokreću (šljunak, pijesak) i prva talože, pa to dovodi do prvog ključa stupnjevanja sedimenata nizvodno niz struju, odnosno od obale prema otvorenom moru. Sjećate se Waltherova pravila (zakona)? Koji se sedimenti horizontalno zamjenjuju?
- Nakon što su jednom istaložene sitnozrnate čestice stvaraju glatku površinu, što smanjuje mogućnost nastanka turbulencije u vodenoj struji. Važnije od toga je da te čestice imaju veliku specifičnu površinu (SSA) te je veća adhezija pa su otpornije na eroziju.
- Drugi je zaključak da su čestice promjera 100-250  $\mu\text{m}$  (sitni pijesak) vrlo pokretljiv. To su "nomadi" već kod 0,3 m/s.

- Čestice se transportiraju kao **vučeni nanos** (*bed load*) i u **suspenziji** (*suspended load*).
- Saltacija neravnine ->turbulencija udari u zrno. Statistička distribucija između susp. i bed load-a.
- Zaobljenost ispod 250  $\mu\text{m}$  postiže se 300-400 x slabije.
- Pri smanjivanju brzine struje krupnije čestice se prvo talože a potom pravilno sve sitnije čestice. Te brzine su niže no što su potrebne brzine za eroziju. No za suspendirani materijal nema minimuma brzine za transport kao što postoji za eroziju, budući je tu determinirajuća brzina taloženja.
- Djelovanjem struja dolazi do separacije (razdvajanja) sitnozrnatih (glinovitih) čestica od čestica pijeska, jer čestice pijeska olakšavaju eroziju, a glinovite čestice ostaju u suspenziji dugo nakon što su se pijesci ponovo istaložili.

# Povremeni događaji

- Treba ponovno spomenuti da je utjecaj **povremenih događaja** geološki vrlo važan. U ovom slučaju kratkotrajni događaj oluja, tsunami, valovi, mutne struje, životinje na morskom dnu... stvorit će suspenziju koja će se potom dugo kretati i u vrlo slaboj struji.
- Epizodni događaji će i u geološkom zapisu biti nekad prevladavajući, a ne kontinuirani proces, turbiditi, poplave, tsunamiti...
- Brzina sedimentacije je često zbroj kratkotrajnih događaja u dugom vremenskom razdoblju!

# Valovi



# Valovi

- Što su i kako nastaju, te koji je njihov utjecaj na obale i sedimente?
- Veći dio morskih valova nastaje uslijed djelovanja vjetra (zapazio je to već Aristotel: 382-322 pne).
- Od tada se istražuju, ali ni do danas razumijevanje mehanizma nastanka i gibanja valova u oceanima nije kompletno.
- Energija vjetra prenosi se na morsku površinu zbog razlika u pritisku koji nastaje između privjetrinske i zavjetrinske strane križeste vala, i to tako što je vjetar jači valovi postaju veći.



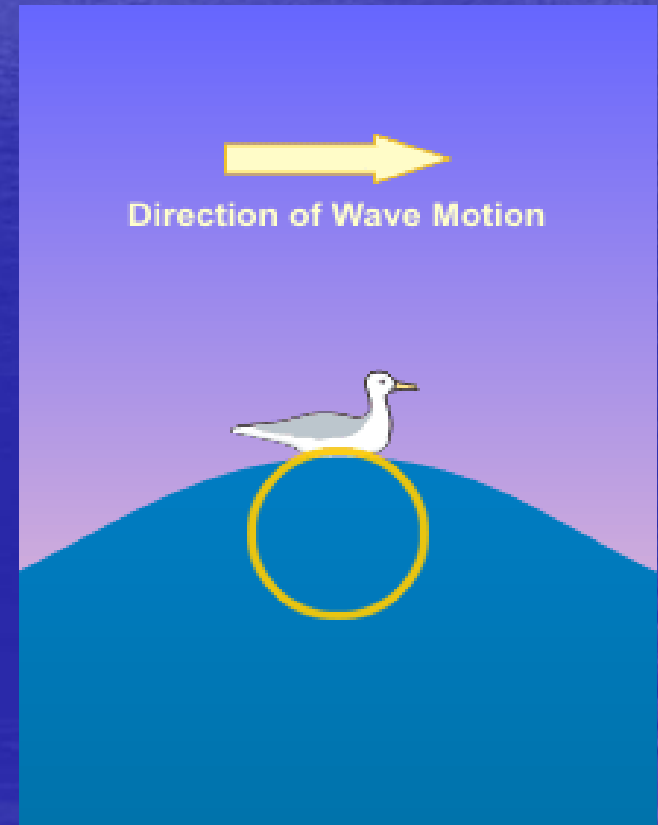
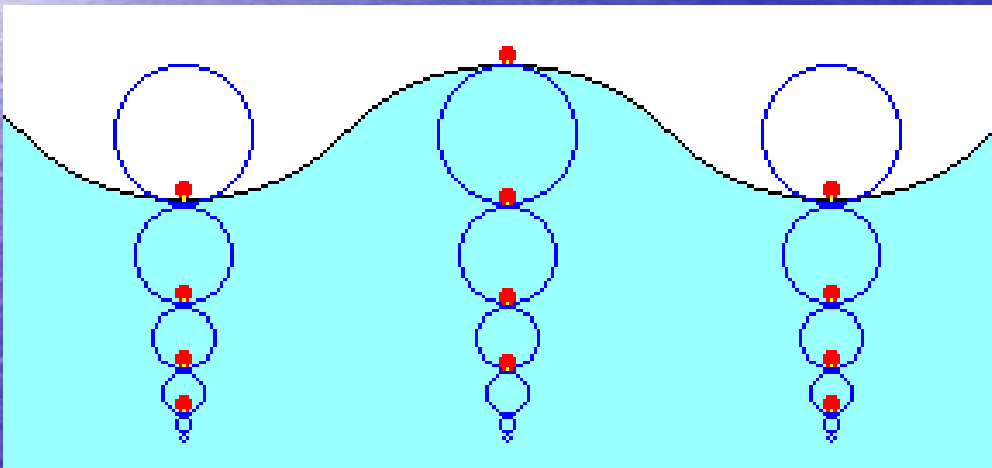


Ratko Janjić - Jobo: Valovi

*Ratko Janjić*

# Valovi

- Valovi prenose energiju kroz materijal bez značajnog ukupnog gibanja samog materijala. Pojedine čestice se kružno gibaju i vraćaju u ravnotežnu točku kako val prolazi.



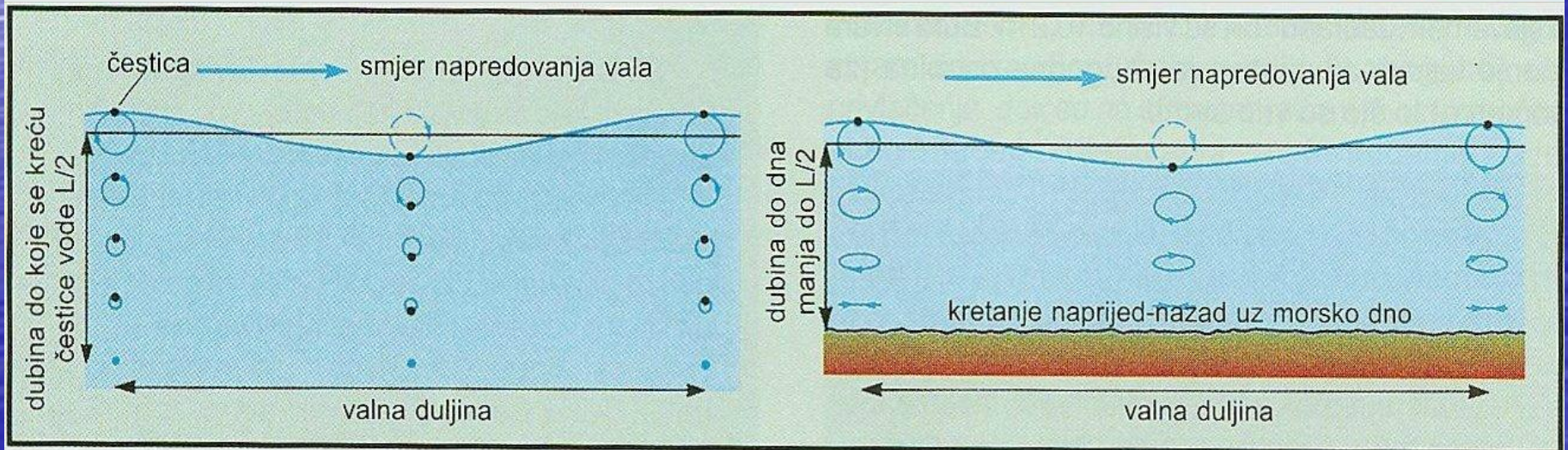
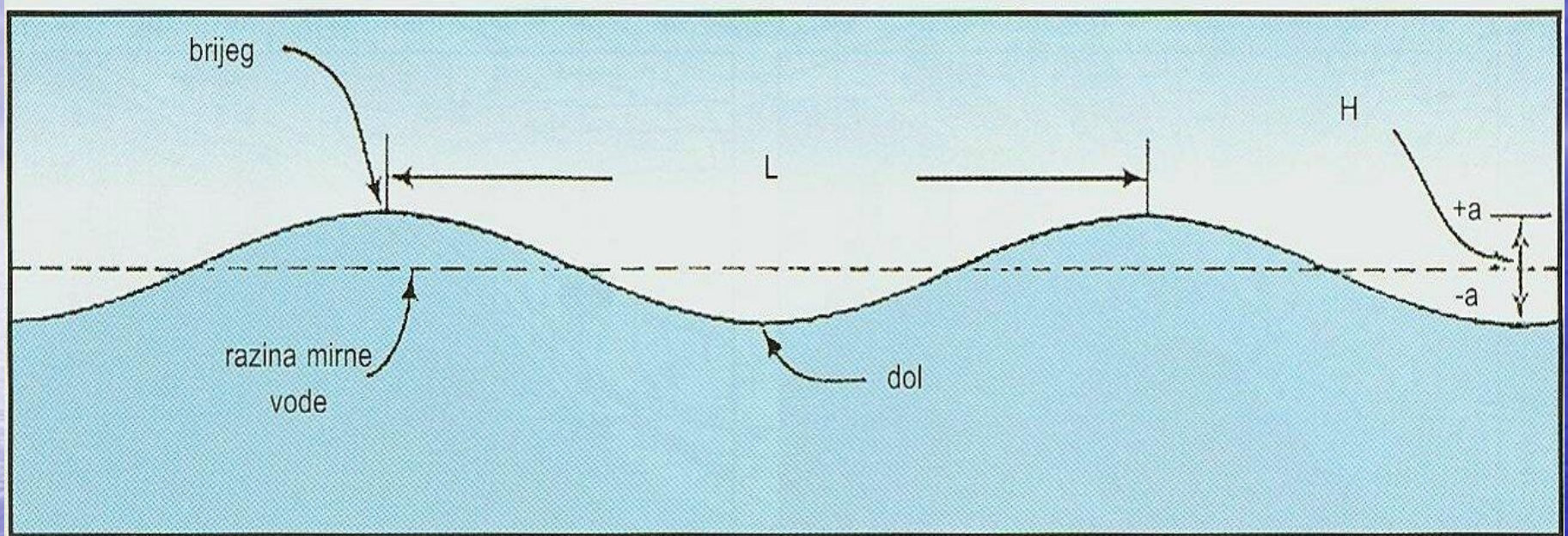
# Valovi

- Površinski valovi nastaju na plohama između fluida, zbog relativnog pomaka među njima ili kad je fluid pobuđen vanjskom silom.
- Valovi u vodenoj masi na granici između različitih vodenih masa zovu se **interni valovi**. Npr. na halo-, termo-, piknoklini.
- Jednom pobuđeni valovi održavaju se usljed površinske napetosti (samo do visine od 1,7 cm) i gravitacijske sile.

# Valovi

- **Visina vala (H)** je razlika između visine dola i brijega i iznosi dvije **amplitude (a)**. **Valna duljina (L)** je udaljenost između dva dola (ili brijega) vala, **strmina (steepness) (H/L)** nije što i nagib valne plohe ( $\sim 0.03 - 0.06$ ). Valovi velike strmine neugodni su za plovidbu (kod nas ih primjerice uzrokuje bura ( $\sim 0.1$ )).
- Vremenske dimenzije promatranja prolaska vala u fiksnoj točki prostora daju **period (T)** = vrijeme nailaska sukcesivnog brijega ili dola. Mjeri se u sekundama, dok je broj vrhova (ili dolova) koji prolaze kroz fiksnu točku u jednoj sekundi **frekvencija (f)**. slijedi da je  $f = 1/T$ .

# Valovi

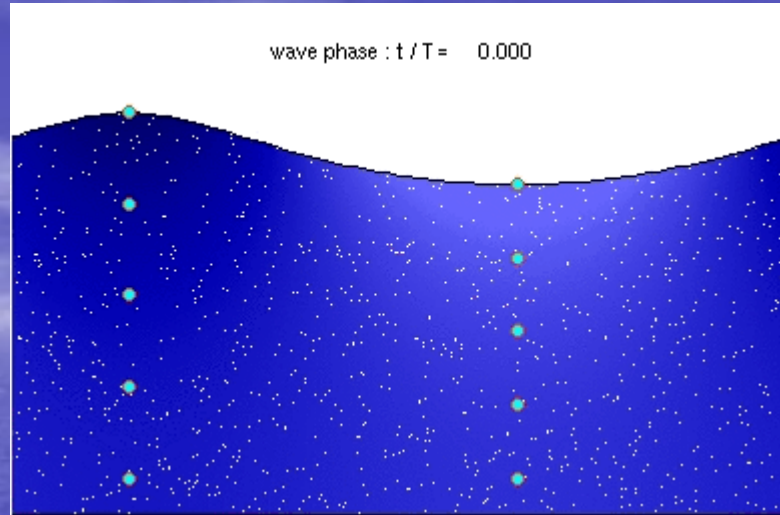


# Valovi

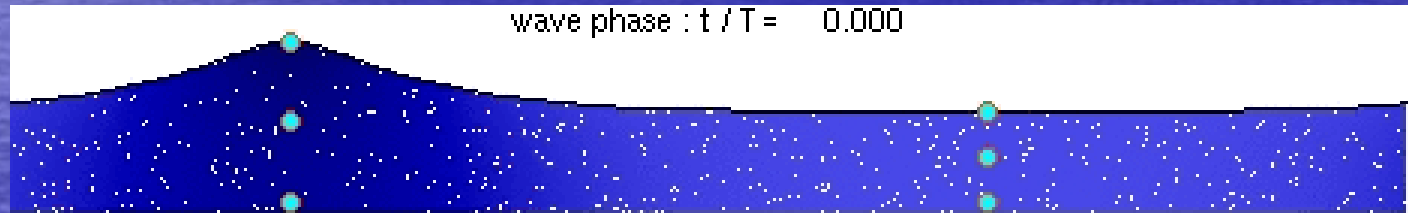
- Dubina do koje se osjeća valno gibanje u moru je  $L/2 = \text{valna baza}$ .
- Ukoliko je morsko dno pliće od  $L/2$  čestice vode opisivat će eliptične putanje a na dnu će ići  $\leftrightarrow$ . Na nevezanom sedimentu stvarat će se *riplovi* - **valne brazde**.
- Nad valnom bazom isprani sediment (sortirani pijesci). Ispod valne baze sakupljanje sitnozrnatih čestica.

# Valovi

u dubokom  
moru

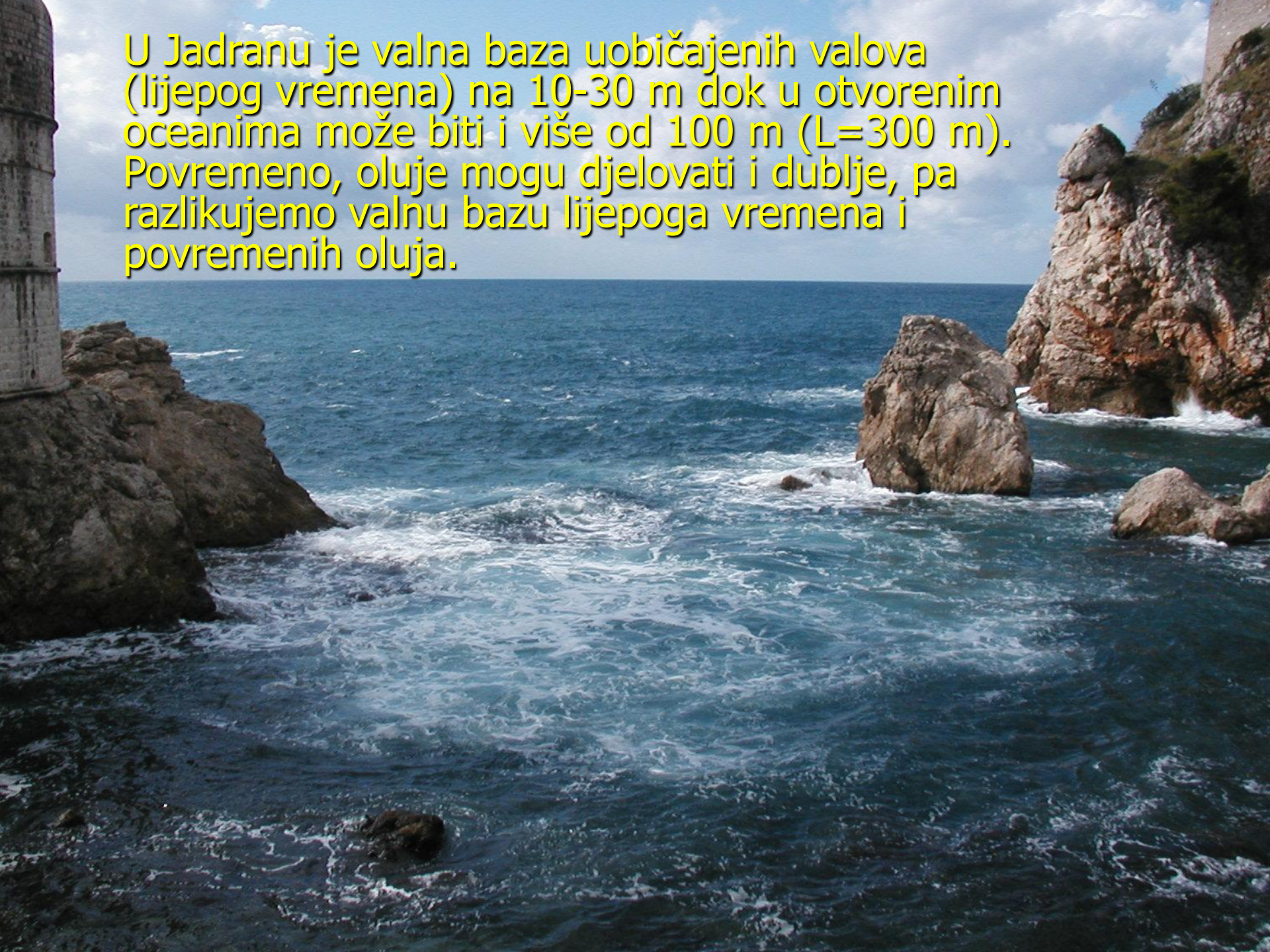


u plitkom  
moru



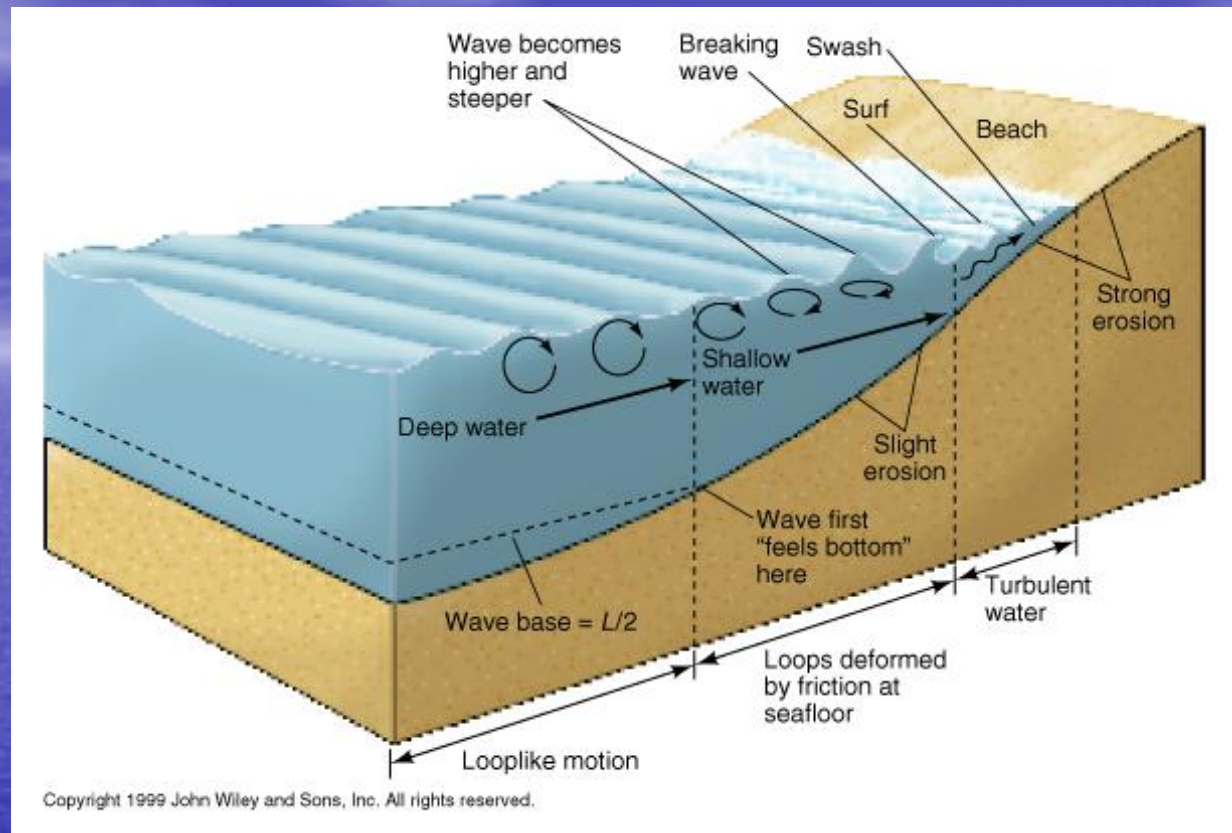
- Još treba znati da se vodene čestice u valu ipak neznatno pokreću (ukoliko puše vjetar). Oblik je više trohoidalan (čestica koja se nalazi na rubu kotača koji se kreće).

U Jadranu je valna baza uobičajenih valova (lijepog vremena) na 10-30 m dok u otvorenim oceanima može biti i više od 100 m ( $L=300$  m). Povremeno, oluje mogu djelovati i dublje, pa razlikujemo valnu bazu lijepoga vremena i povremenih oluja.





# Što se događa kad val dolazi u pliće?

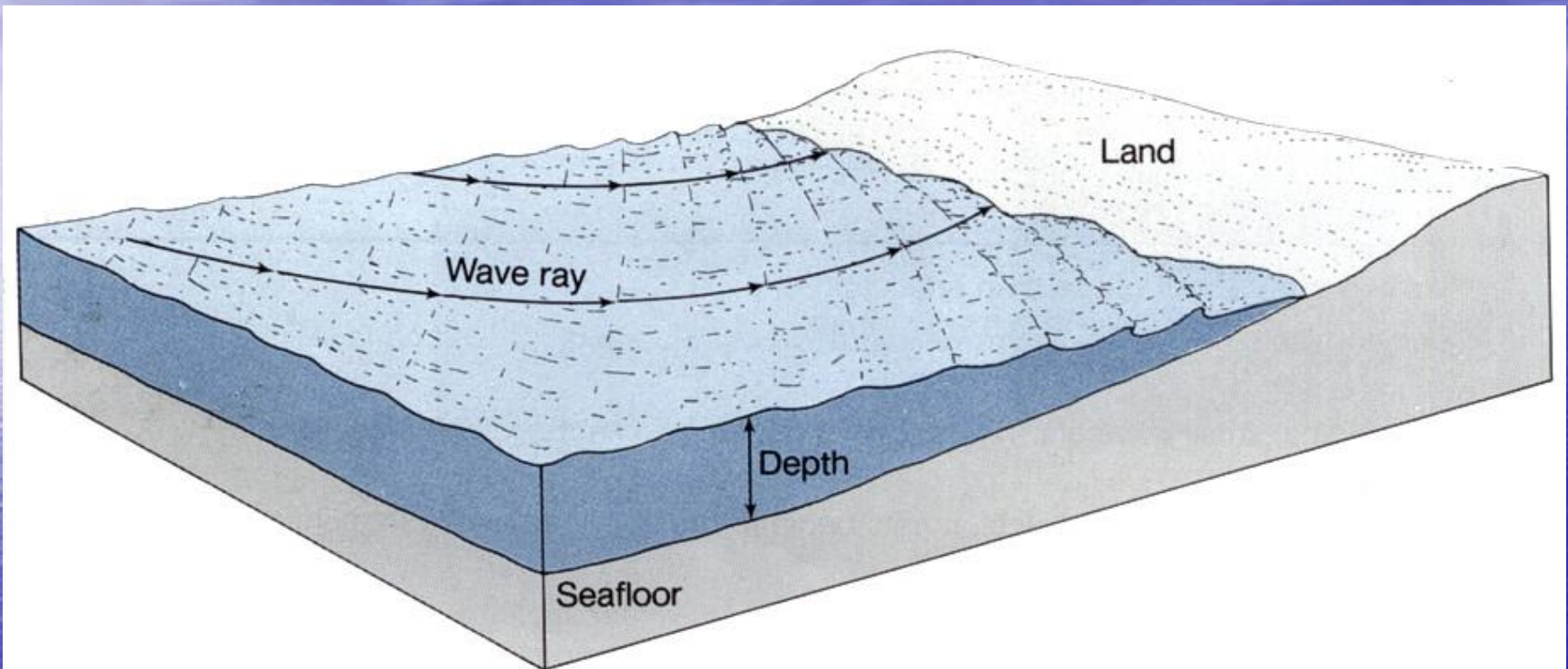


1. Usporava se brzina kretanja vala jer u otvorenom moru gdje je dubina mora veća od  $L/2$ , brzina vala ovisi samo o valnoj duljini, a u plitkome (gdje je dubina mora manja od  $L/20$ ) svi valovi maju jednaku brzinu i ona ovisi jedino o dubini mora.
2. Valovi postaju sve strmiji do nestabilnosti jer se čestice vode počinju kretati brže od vala pa dolazi do loma vrha vala. Zbog tog usporavanja (**val "osjeća" dno**) dolazi do pojave da se valovi okreću k obali, te rtovi "trpe" više od uvala.

# Lom vala (izvrsno za surfere!)

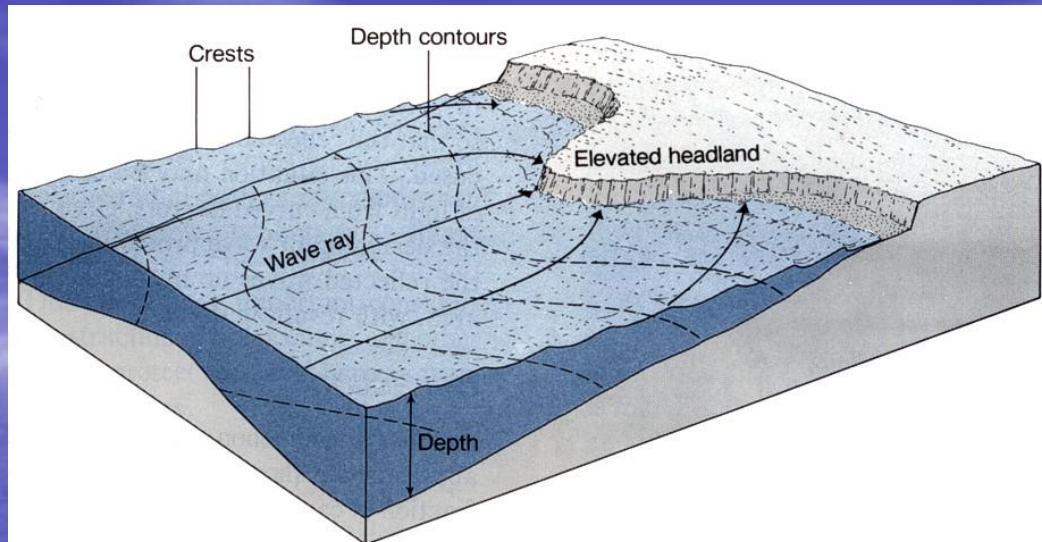


# Skretanje valova k obali

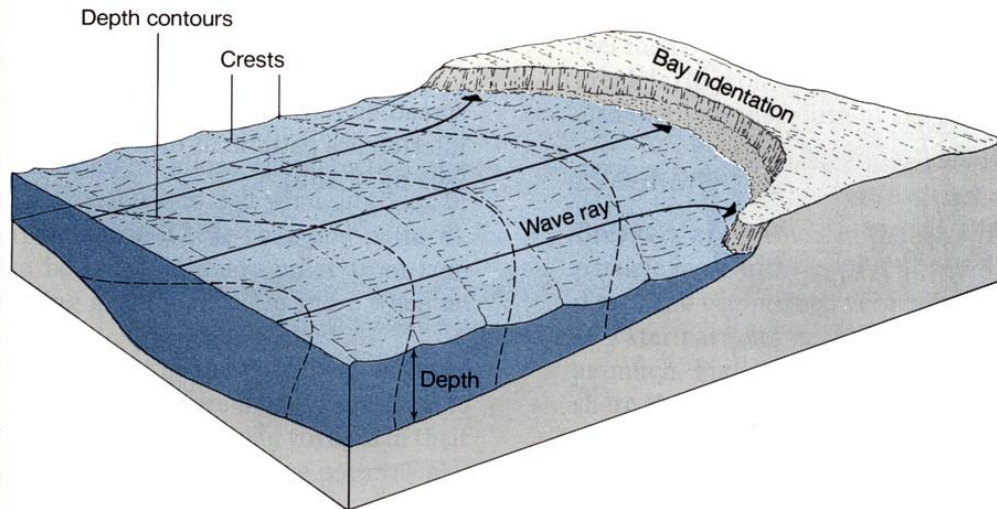


Waves moving inshore at an oblique angle to the depth contours are refracted. One end of the wave reaches a depth of  $L/2$  or less and slows while the other end of the wave maintains its speed in deeper water. Wave rays drawn perpendicular to the crests show the direction of wave travel and the bending of the wave crests.

# Rtovi su izloženiji djelovanju valova nego zaljevi



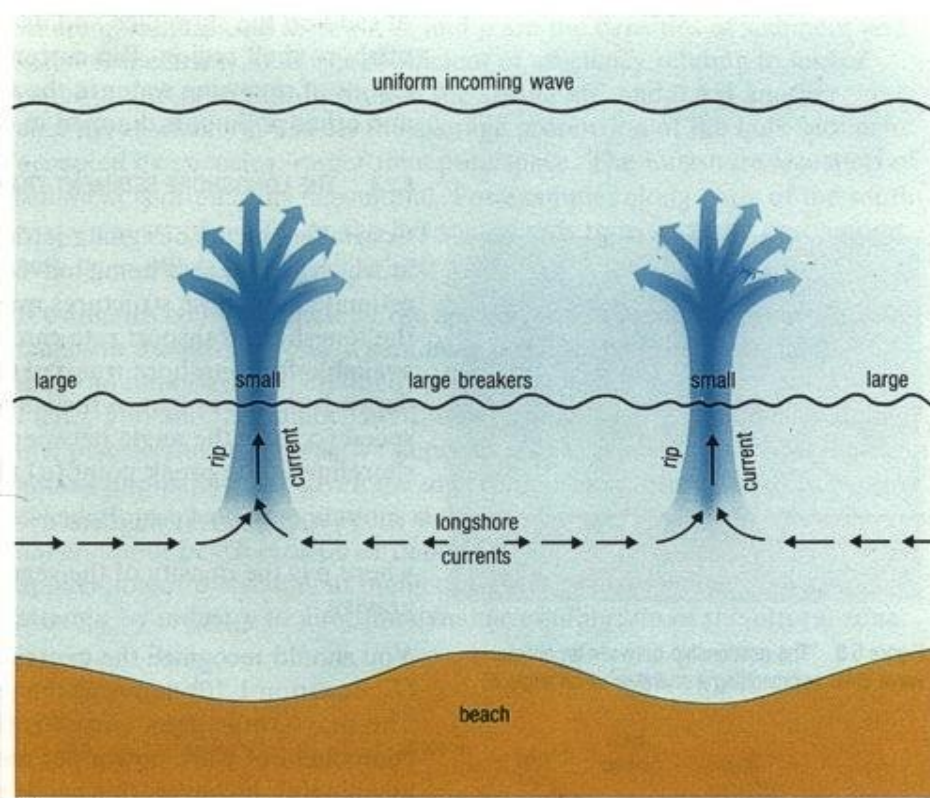
Waves refracted over a shallow submerged ridge focus their energy on the headland. The converging wave rays show the wave energy being crowded into a smaller volume of water, increasing the energy per unit length of wave crest as the height of the wave increases.



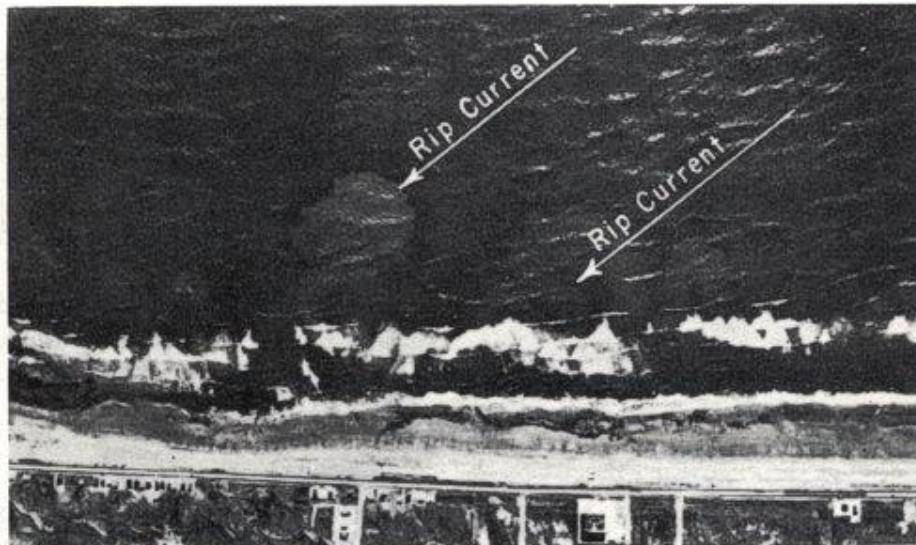
Waves refracted by the shallow depths on each side of the bay deliver lower levels of energy inside the bay. The diverging wave rays show the energy being spread over a larger volume of water, decreasing the energy per unit length of wave crest as the wave height decreases.

# Povratne struje

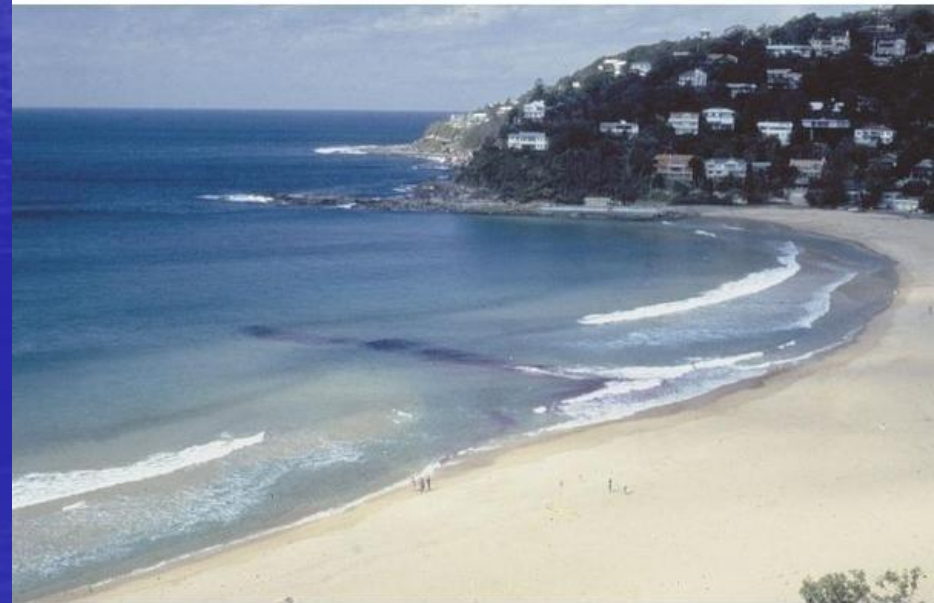
Zbog usporavanja valova morska voda se nagomilava u uvalama pa nekako treba i oteći. Dolazi do stvaranja tzv. "**povratne struje**" (*rip current*) koje mogu biti vrlo opasne za oceanske plivače (Baywach!)



(a)



(b)



Copyright © Rob Brander 2002

# Neuobičajeni valovi

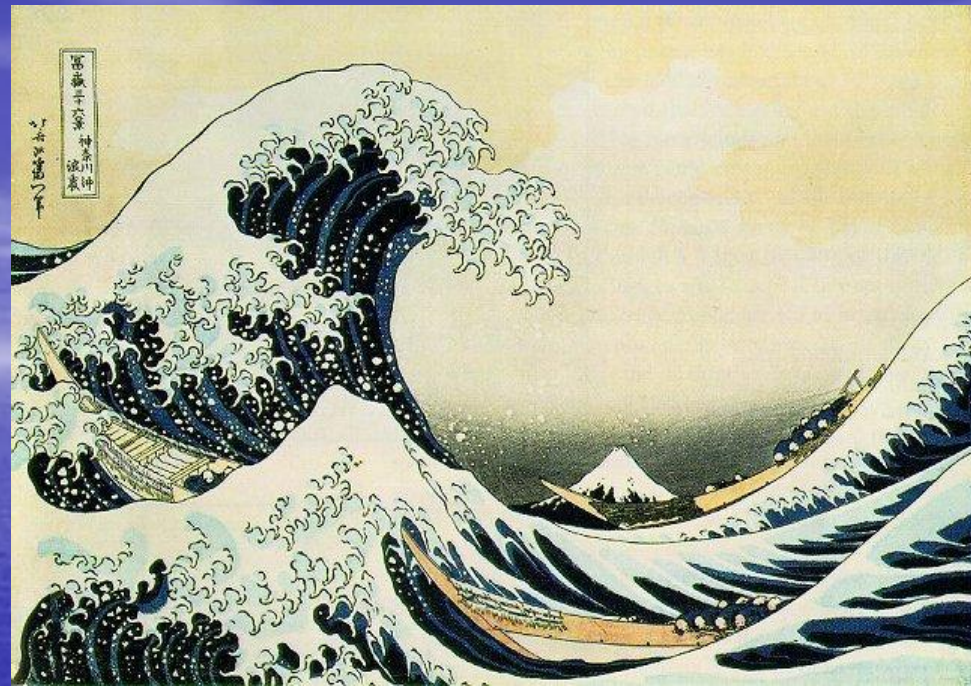
- Valovi koji se kreću nasuprot morskoj struji postaju strmiji i viši (zamjetno u prolazima među otocima u Jadranu). Oko vrha Afrike Agulhas struja SW susreće se s valovima koji dolaze s jugozapada. Povremeno se stvaraju vrlo veliki i strmi valovi  $T = 14 \text{ s}$ ,  $L = 300 \text{ m}$ ,  $H = 30 \text{ m}$ ,  $\text{strmina} = 0,1$ .
- Najveći opaženi valovi na otvorenom moru 1933. godine u Pacifiku  **$H=34\text{m}$** .

# Neuobičajeni valovi

- U Jadranu najveći izmjereni valovi imali su visinu  $H_{\max} = 10,8 \text{ m}$  (sjevorni Jadran 31. 1. 1986. g – značajna visina vala = 6,0 m,  $T_{sr} = 8,5 \text{ s}$  ( $\sim 6-10 \text{ s}$ ),  $L_{sr} = 112,3 \text{ m}$  ( $\sim 100 \text{ m}$ ), strmina  $\sim 0,05$ ).
- Najveći valovi bure zabilježeni su u srednjem Jadranu 8.1.1981.  $H_{\max} = 7,2 \text{ m}$ , (značajna visina vala  $H_{1/3} = 3,9 \text{ m}$ ,  $T_{sr} = 5,7 \text{ s}$  ( $\sim 4-8 \text{ s}$ ),  $L_{sr} = 51,3 \text{ m}$  ( $\sim 50 \text{ m}$ ), strmina  $\sim 0,09$ ).

# Tsunami

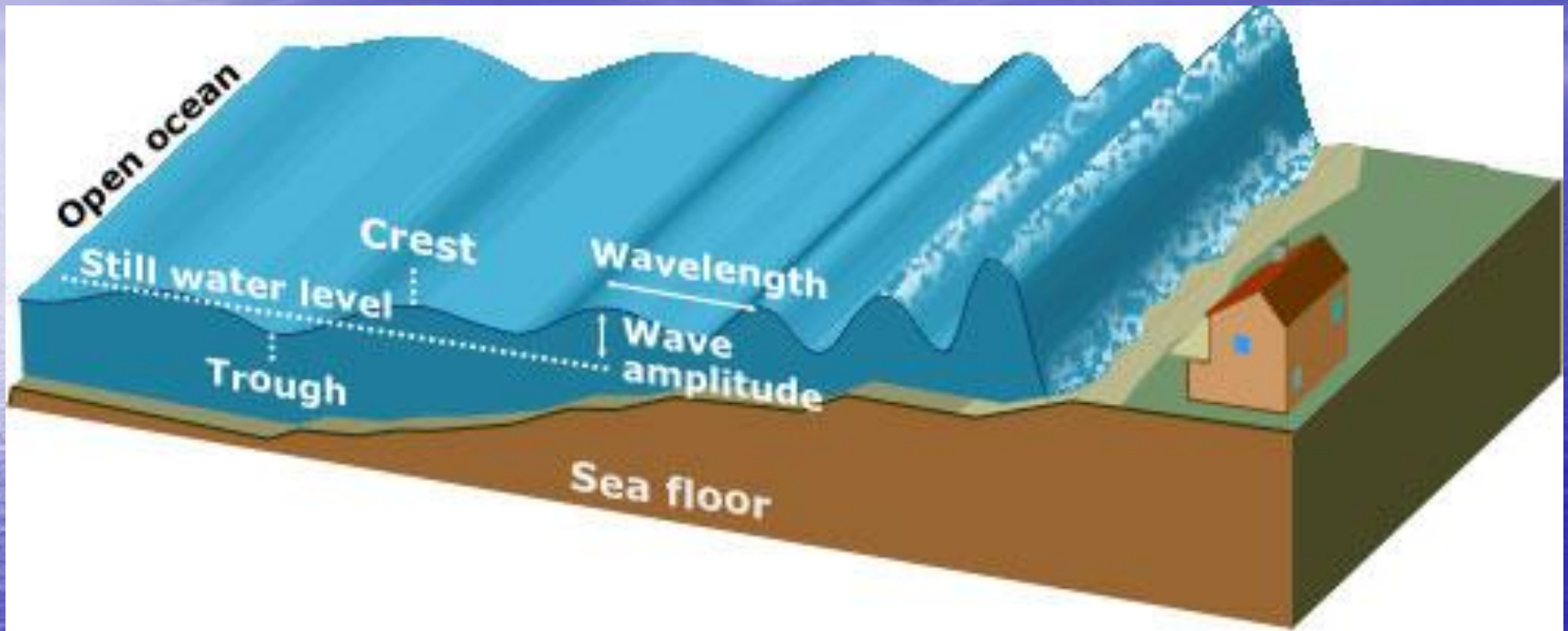
- Valovi koji nastaju zbog podmorskih potresa, vulkanskih eksplozija ili obrušavanja (*slumping*) mase sedimenata zbog gravitacijske nestabilnosti.
- Često se krivo nazivaju plimni val.
- Valne duljine su im ogromne ( $L =$  deseci do stotine km), pa im je brzina širenja (propagacije) vrlo velika (do 230 m/s) i ovisi samo o dubini oceana.





# Tsunami = lučki val

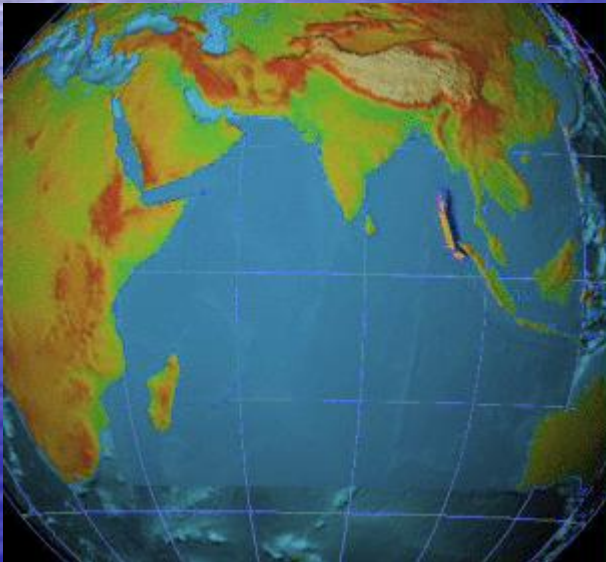
津波



- Visina im je u otvorenom moru vrlo mala (do 1m), ali u plićemu se brzina širenja znatno smanjuje pa visina drastično raste (više desetaka m).

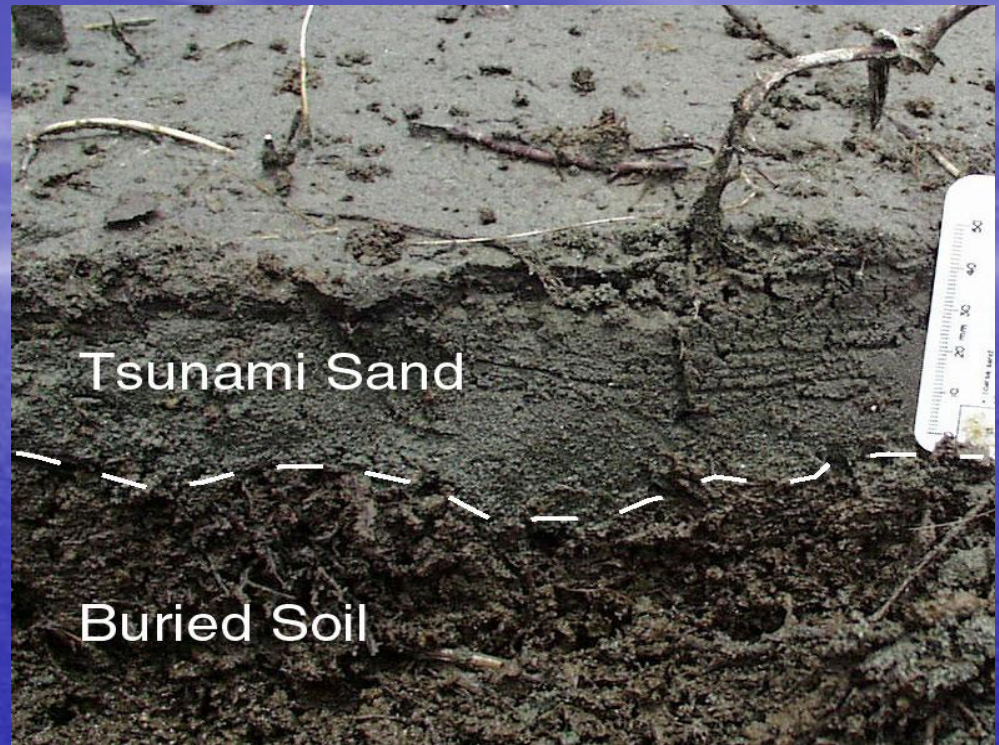
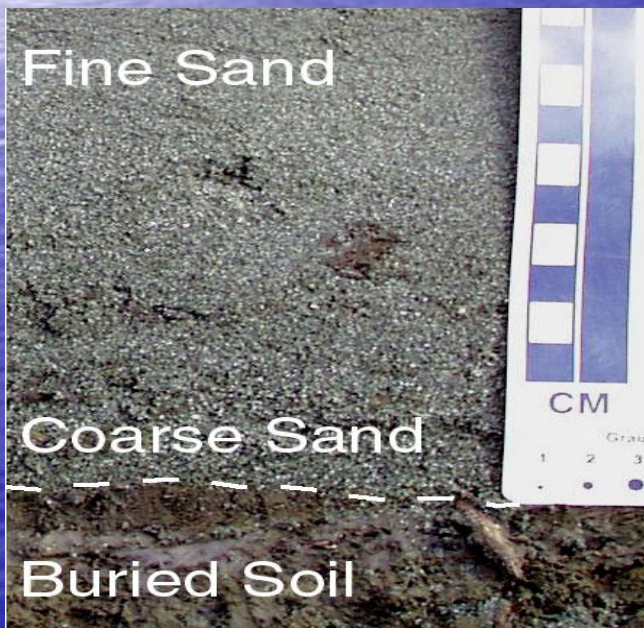
# Tsunami

26. 12. 2004. Sri Lanka



# SEDIMENTI ISTALOŽENI TSUNAMIJEM-TSUNAMITI

- Udarom tsunamija u neko područje osim kobne i neizbježne devastacije također dolazi i do taloženja sedimenata zvanih tsunamiti.
- Važnost tsunamita je velika primarno zbog toga što nam daju podatke o tome što se zbivalo na tom području u prošlosti.



- Takav zapis pomaže pri razumijevanju geološkog razvoja područja u kojem nalazimo takve sedimente, ali od prvenstvene je važnosti pri predviđanju budućih tsunamija!!!

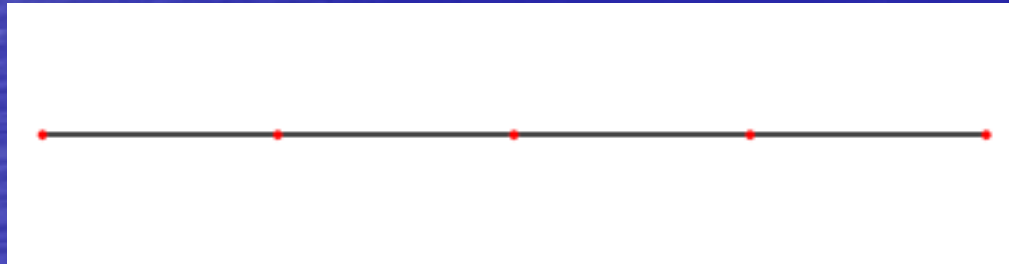
# Arop School Transect



- Sediment istaložen tsunamijem na obalnoj ravnicu Sissano lagune (Sissano ili Aitape tsunami koji je 17. srpnja 1998. udario u sjevernu obalu Papue Nove Gvineje).
- Svjetlija boja prikazuje sediment istaložen tsunamijem, a tamnije je tanki sloj mulja koji ga prekriva. Tsunami je istaložio pijesak do 650m u unutrašnjost. Crvena linija-650m

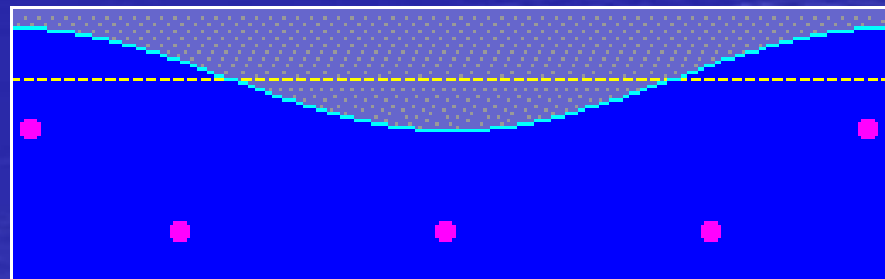
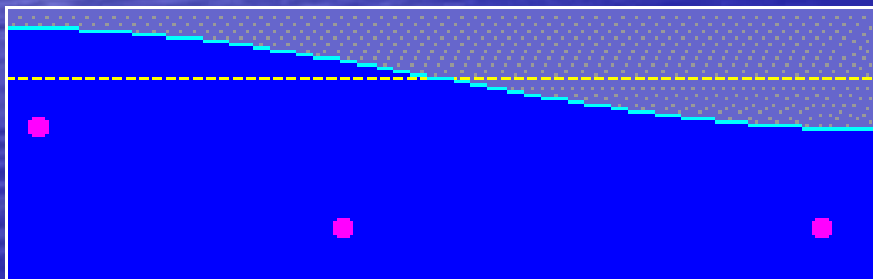
# Seši (štige)

- To su **stojni valovi** (možemo ih zamisliti kao 2 progresivna vala koji putuju u suprotnom smjeru), a nastaju u jezerima, zatvorenim zaljevima, estuarijima, ili lukama koji su otvoreni prema moru samo jednom stranom.



# Seši (štige)

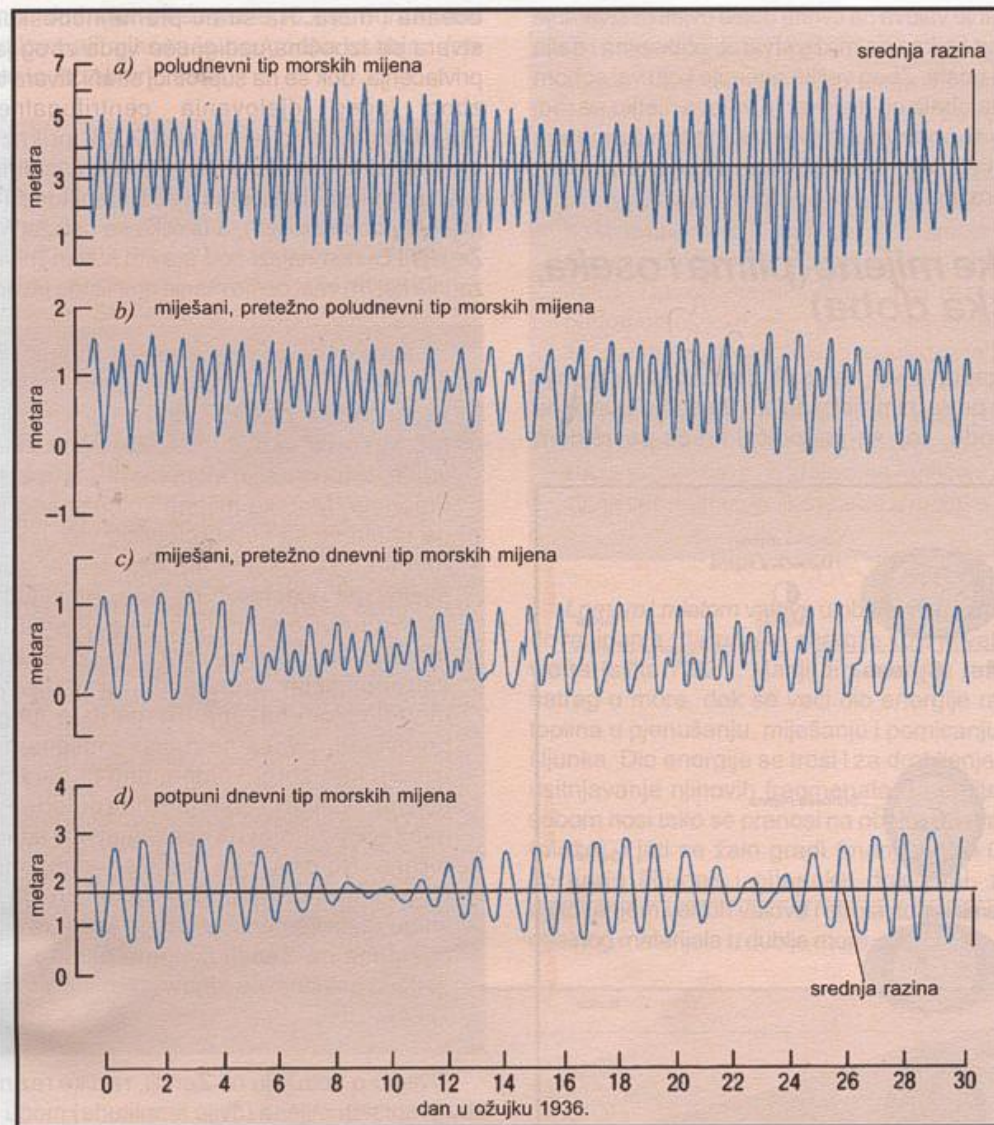
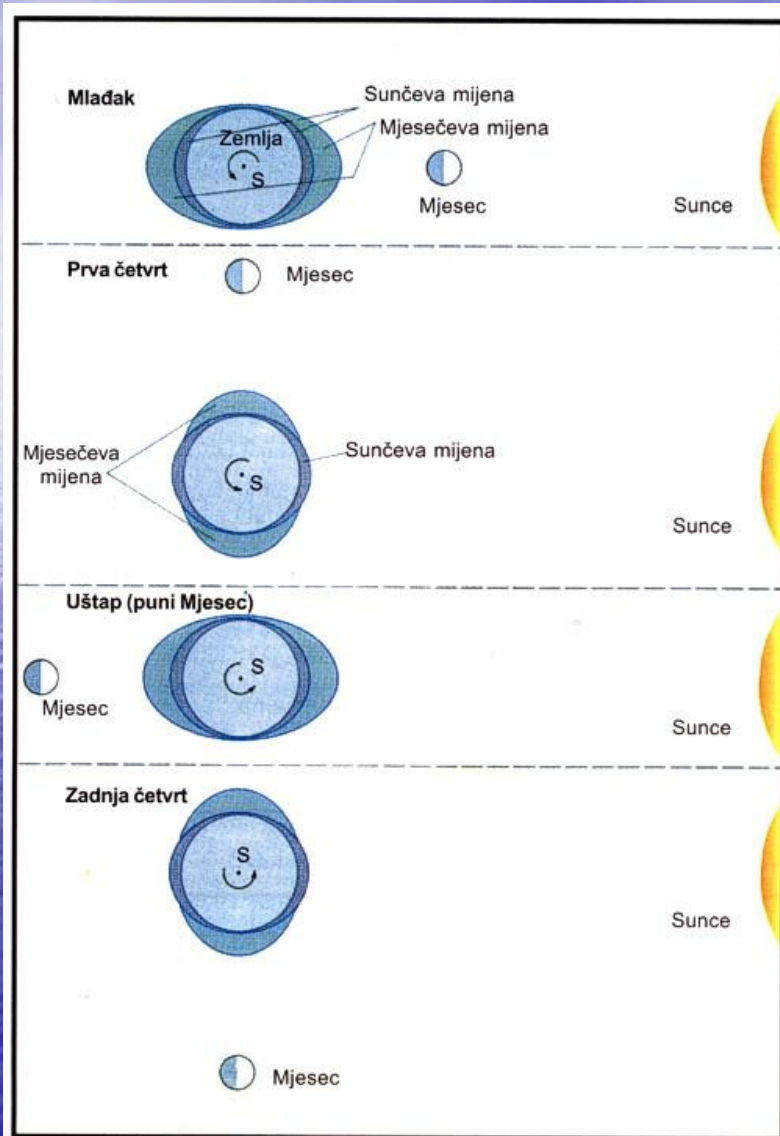
- Postoji rezonantni period bazena kada vanjski uzrok može dovesti do stvaranja seša. (Bakarski zaljev 20 min, Kaštelanski zaljev 1h, maksimalno opažena amplituda 20 cm, Jadran 21 h).
- U čvoru je struja najjača, a na krajevima (antičvor) nema struje već je velika razlika u razini.



# Morske mijene

- **PLIMA i OSEKA** (MORSKA DOBA, morske mijene)
- Posebno područje istraživanja.
- To je zapravo val najvećih dimenzija na Zemlji uzrokovan privlačnim djelovanjem Mjeseca i Sunca, koji se periodički kreće površinom Zemlje u oceanskim i morskim bazenima.

# Morske mijene

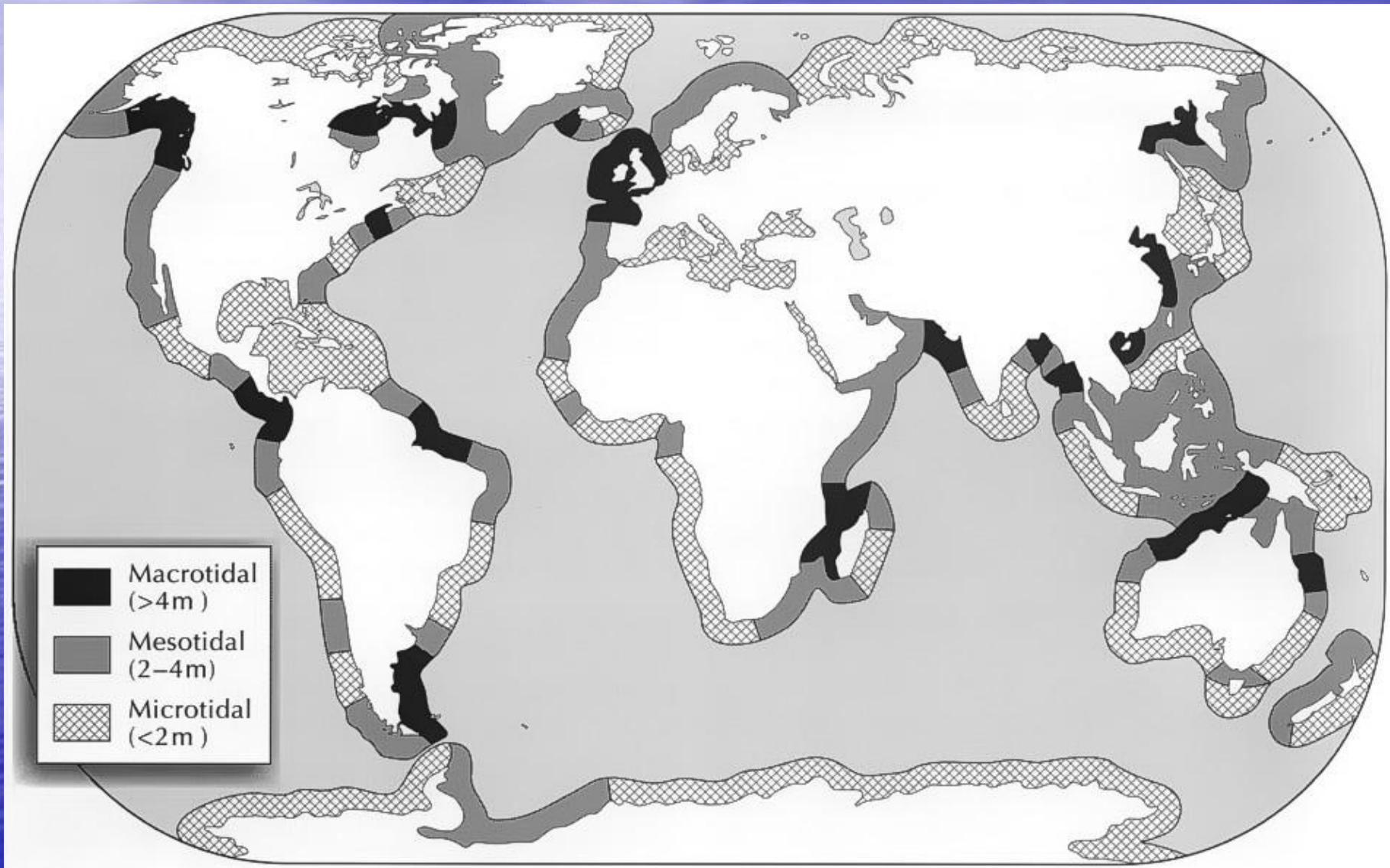




# Morske mijene

- Ovisno o položaju i lokaciji razlika morske razine (raspon = dvije amplitude!) može dostići i do 14 m.
- Naravno važan element je stvaranje povremene morske struje koja donosi i odnosi tu vodu (struje morskih mijena; plimske i osječne struje).
- Te struje drže estuarije rijeka otvorenim (odnose terigeni materijal koji bi se inače akumulirao).
- Danas je Jadran (Sredozemlje, Meksički zaljev...) mikroplimsko (*microtidal*) područje.

# Rasponi morskih mijena





# Stanje mora prema Douglasovoj skali

| Stanje mora | Opis          | Visina valova (m) |
|-------------|---------------|-------------------|
| 0           | zrcalno       | 0                 |
| 1           | naborano      | 0-0.1             |
| 2           | valićasto     | 0.1-0.5           |
| 3           | valovito      | 0.5-1.25          |
| 4           | uzburkano     | 1.25-2.5          |
| 5           | grubo         | 2.5-4             |
| 6           | olujno        | 4-6               |
| 7           | velo          | 6-9               |
| 8           | teško         | 9-14              |
| 9           | iznimno teško | >14               |