

9.

# OKEANI I MORA



# Svjetsko more



Svjetsko more zauzima 70% naše planete i ima prosječnu dubinu od oko 3.800 m

2/3 kopna je smješteno na sjevernoj hemisferi, dok je južna hemisfera pretežno okeanska (80% površine je pokriveno vodom)

Četiri okeanska basena: Atlantski, Tih, Indijski i Arktički okean

Tih okean (Pacifik), sam, čini skoro polovinu ukupne površine Svjetskog mora

|                  | Površina<br>(x10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> ) | Zapremina<br>(x 10 <sup>6</sup> km <sup>3</sup> ) | Srednja<br>dubina<br>(m) | Max.<br>dubina<br>(m) |
|------------------|---|---|--------------------------|-----------------------|
| <b>Tih okean</b> | <b>165,2</b>                                    | <b>707,6</b>                                      | <b>4 282</b>             | <b>11 033</b>         |
| Atlantski okean  | 82,4  | 323,6   | 3 926                    | 9 200                 |
| Indijski okean   | 73,4  | 291   | 3 963                    | 7 460                 |
| Arktički okean   | 14,1  | 17  | 1 205                    | 4 300                 |
| Karipsko more    | 4,3   | 9,6   | 2 216                    | 7 200                 |
| Mediteran        | 3   | 4,2   | 1 429                    | 4 600                 |
| Ostala mora      | 18,7  | 17,3  |                          |                       |
| <b>UKUPNO</b>    | <b>361,1</b>                                    | <b>1 370</b>                                      | <b>3 795</b>             |                       |

# Svjetsko more

- **OKEANI** obuhvataju **88%** od ukupnog svjetskog mora, dubine idu do preko 11.000 m (prosječno između 3000 i 6000 m)
- Okeane karakteriše njihova velika površina koja se izražava u milionima km<sup>2</sup> i njihova široka međusobna povezanost
- **MORA** obuhvataju **12%** od ukupnog svjetskog mora i mnogo su manja u pogledu površine i dubine, imaju veću prisutnost ostrva i poluostrva, a karakteriše ih i slabija povezanost u odnosu na okeane



# Kategorije mora

**1. Ivična mora** – smještena na rubovima velikih okeanskih prostranstava – široko se otvaraju ka nekom okeanu (npr. Arapsko, Bengalsko i Sjeverno more)



# Kategorije mora

**2. Sredozemna mora** – uvučena su unutar kontinenta ili su između kontinenata i dublja su od ivičnih mora, a komuniciraju sa okeanom preko uskih tjesnaca, čija dubina je manja od dubine samog mora (Sredozemno, Karipsko, Kinesko, Japansko more...)



# Kategorije mora

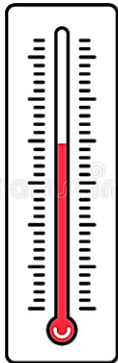
**3. Unutrašnja mora** – otvaraju se uskim i plitkim pragom ne prema okeanu, već prema nekom drugom moru (npr. Crno more, Baltičko more)



# Kategorije mora

**4. Zatvorena mora** – još se nazivaju i slanim jezerima, jer nemaju komunikaciju sa drugim morima i zbog svojih specifičnih osobina više pripadaju području limnologije nego okeanografije (Kaspijsko, Aralsko, Mrtvo more)





# Kategorije mora

---

U odnosu na temperaturu vode, mora se dijele na 4 grupe:

- 1. Polarna mora** – temperatura im je uvijek niža od  $5^{\circ}\text{C}$
- 2. Subpolarna mora** - temperatura uvijek niža od  $10^{\circ}\text{C}$ , obično oko  $8^{\circ}\text{C}$
- 3. Umjerena mora** – temperatura je između  $8$  i  $23^{\circ}\text{C}$ , a među njima:
  - umjereno hladna mora ( $8$ - $18^{\circ}\text{C}$ )
  - umjereno topla mora ( $12$ - $23^{\circ}\text{C}$ )
- 4. Tropska mora** – temperatura vode je uvijek iznad  $23^{\circ}\text{C}$



# ABIOTSKA SREDINA MORA

- Svjetlost

- Temperatura

- Rastvorene soli

- Nutrijenti

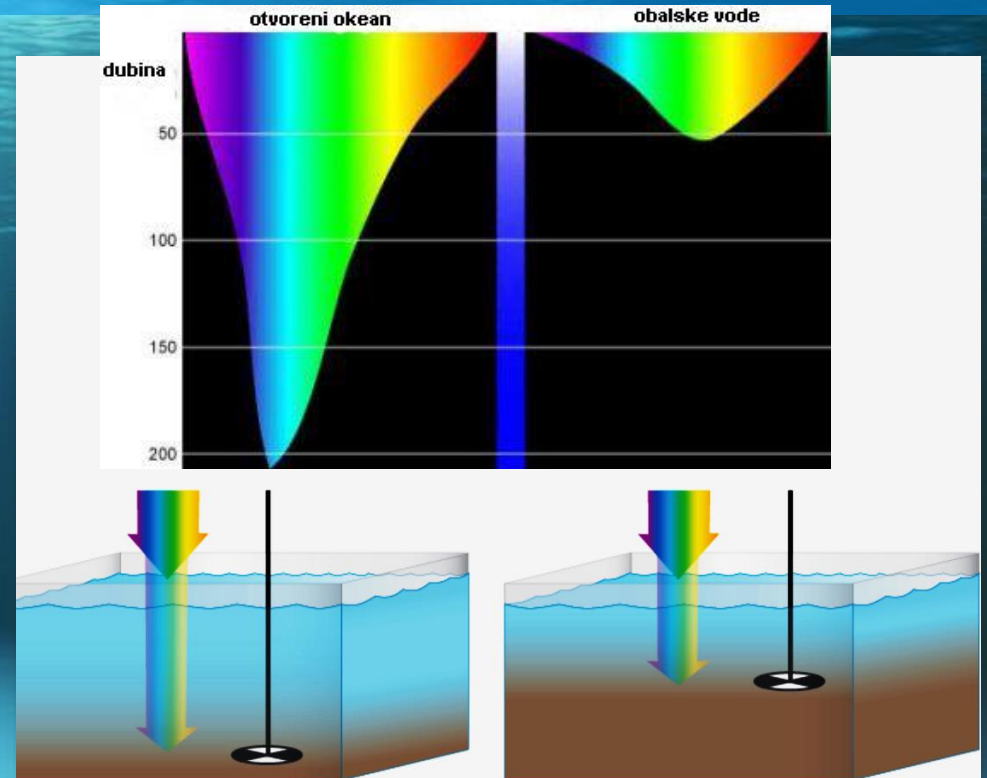
- Gasovi

- Pokreti vode

# Svjetlost

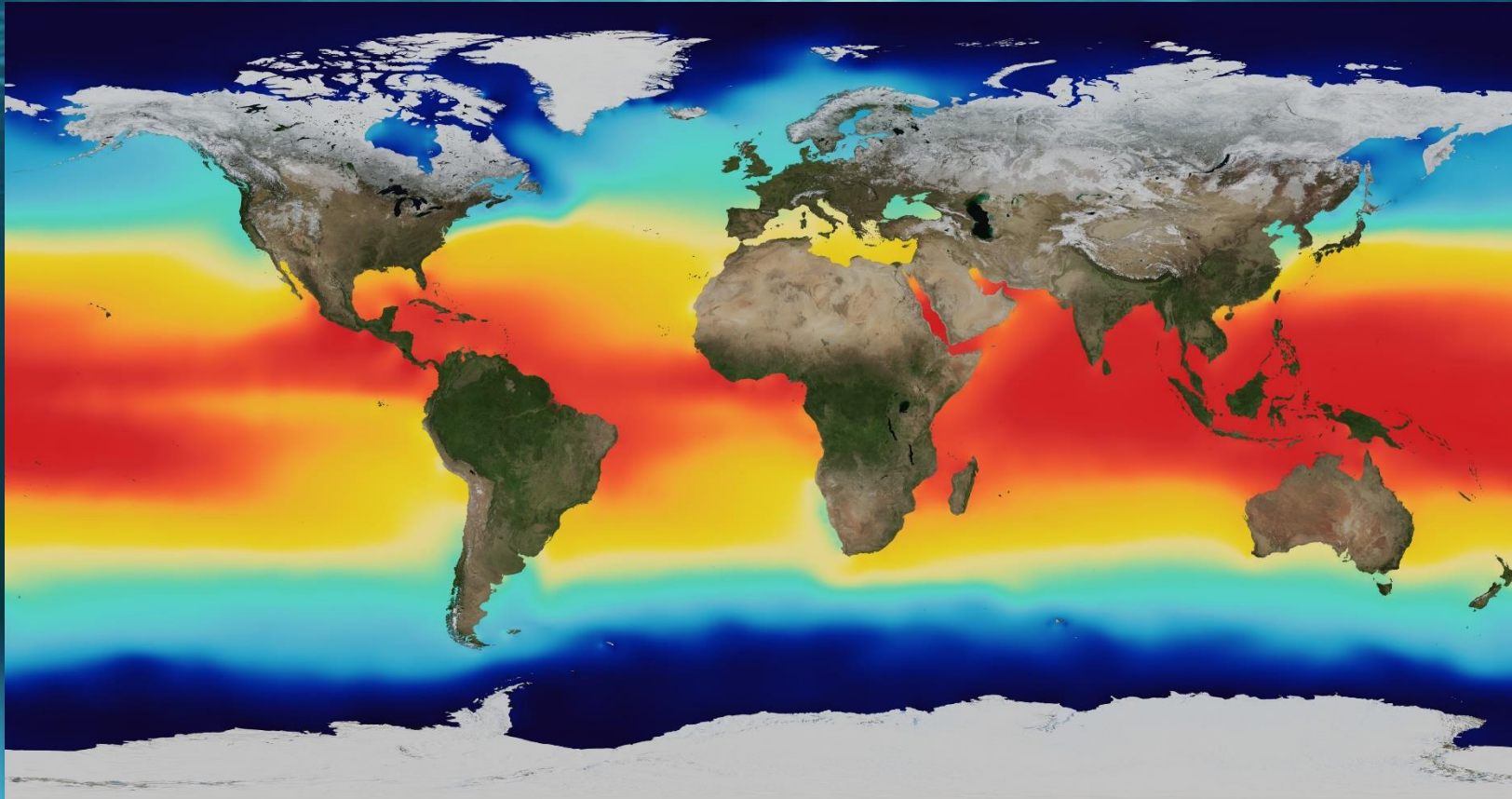
- Prodire prosječno do dubine 200 m – eufotična zona (zona fotosinteze)
- Molekuli vode apsorbiraju dugotalasne zrake (**crveni**) i kratkotalasne zrake (**ultraljubičasti**)
- **Plava** svjetlost se najviše rasipa na molekulima vode, pa prodire najdublje - mora i oceani najčešće i imaju plavu boju

- U obalskoj zoni – manja providnost vode - blizina kopna i morskog dna, veća količina rastvorenih i suspendovanih materija, gust fitoplankton - svjetlost prodire do znatno manje dubine. Hlorofil fitoplanktona - razlog što su obalske vode često zelenkaste
- Otvoreni okean – veća prozirnost vode – svjetlost prodire mnogo dublje – najdublje plava svjetlost



# Temperatura

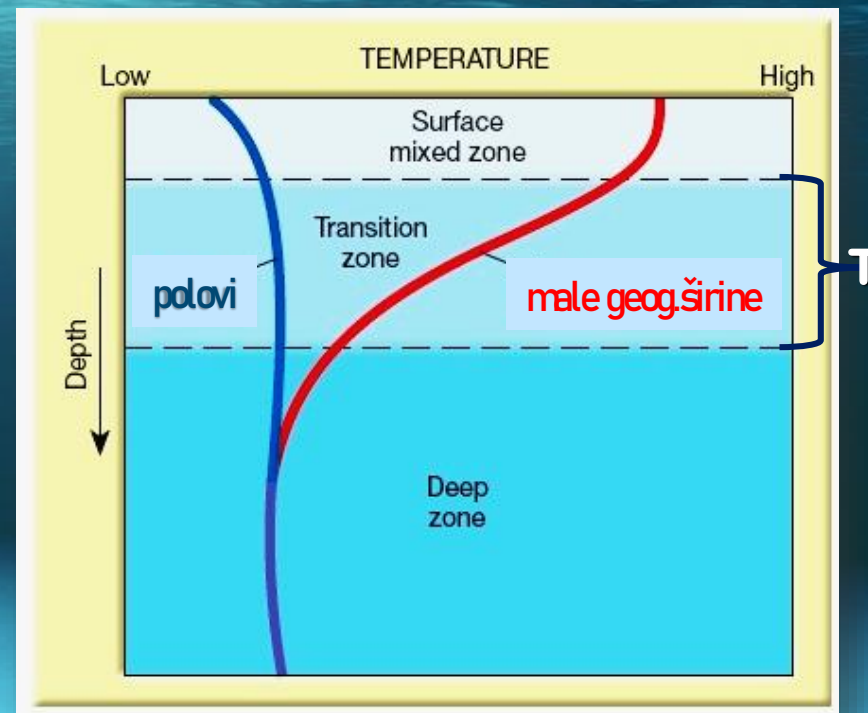
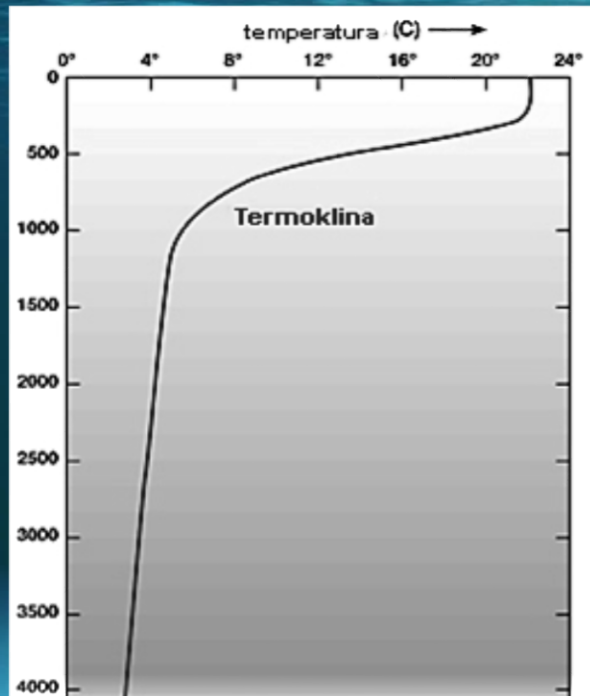
- Temperatura svjetskog mora zavisi od geografskog položaja
- Najviša - u ekvatorijalnom pojasu (oko 29°C) i opada sa porastom geografske širine do minimalne vrijednosti od -1,9°C (temperatura mržnjenja morske vode) u polarnoj zoni



# Temperatura

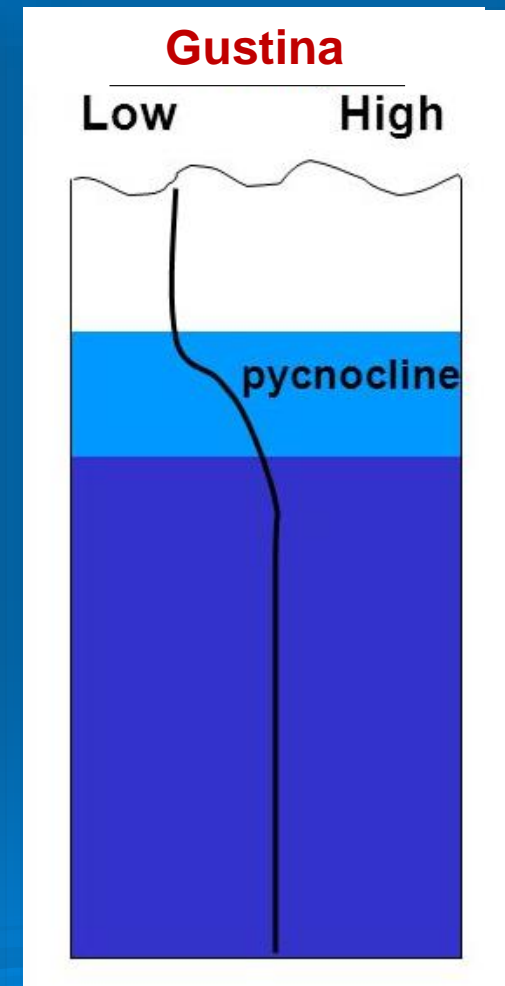
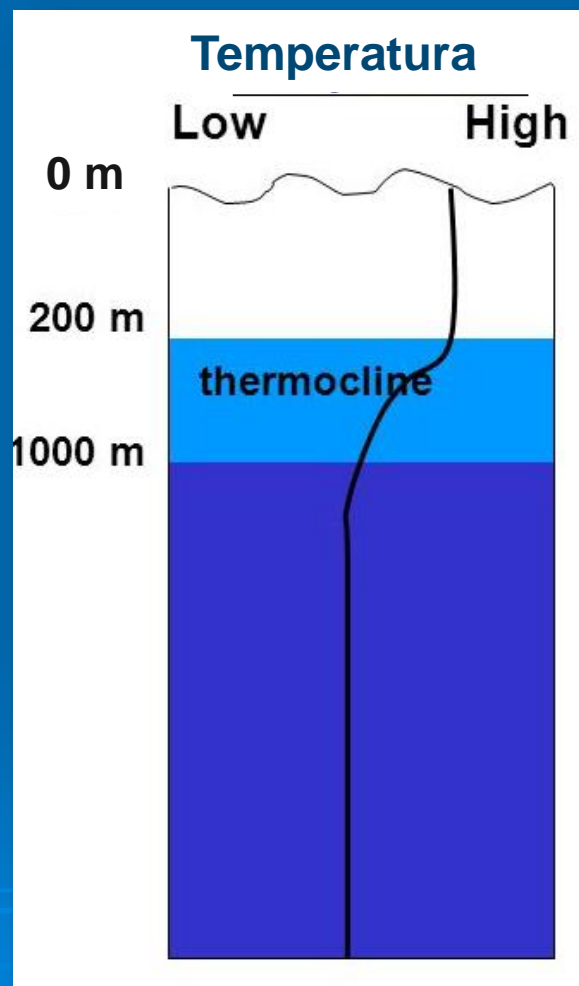
## TERMOKLINA

- U umjerenim regionima – sezonska - u toplom periodu godine, od dubine 25–250 m pa do 1000 m
- U polarnim predjelima – rijetka, zbog konstantno niske temperature koja malo varira – cirkulacija stalna
- U tropskim morima – stabilna termoklina tokom cijele godine, zbog konstantno visoke temperature



# Temperatura

- Uporedo sa padom temperature vode, povećava se gustina morske vode
- Sloj vode u kojem dolazi do naglog porasta gustine vode – **piknoklina**
- Piknoklina prati termoklinu, pa se i ona obično javlja u sloju od 200-1000 m dubine



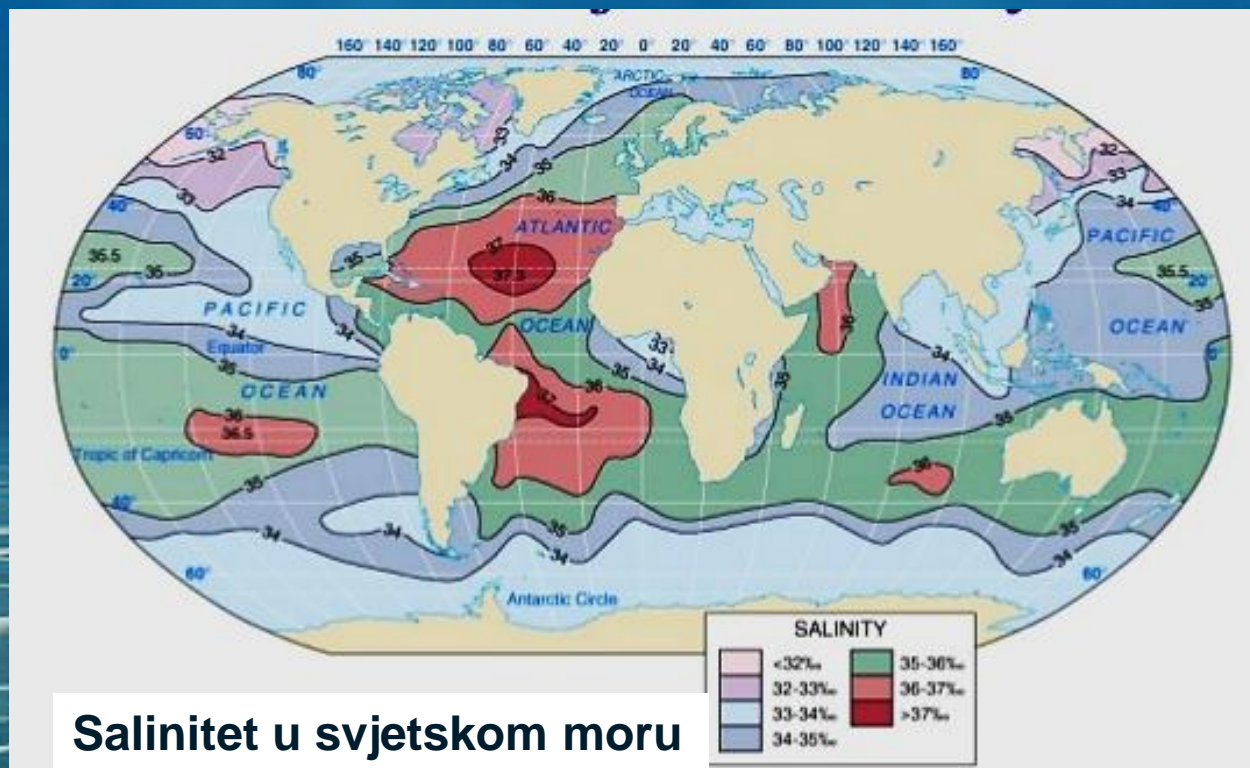
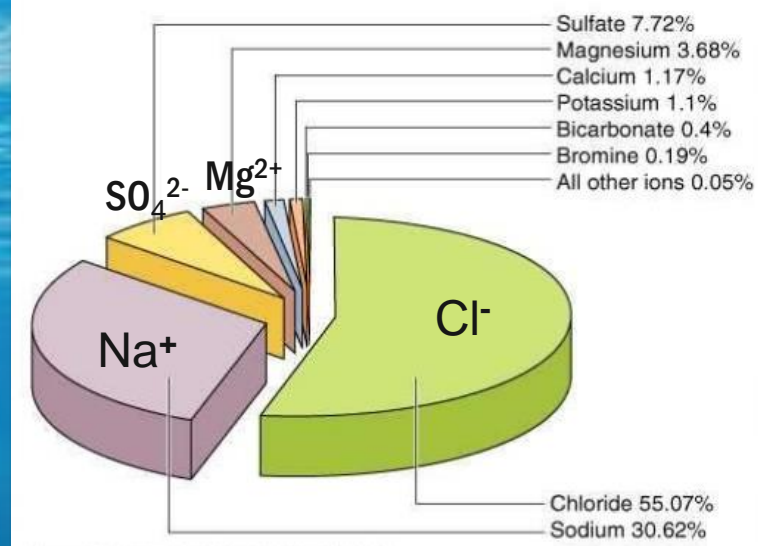
# Rastvorene soli

- Ukupna količina rastvorenih soli u morskoj vodi - **salinitet** - izražava se u promilima (1:1000; ‰)
- Prosječni salinitet morske vode je **35 ‰** (35 grama soli u 1000 grama morske vode)
- **Horizontalna distribucija soli:** Najveći salinitet - u subtropskom pojasu (30°N i 30°S) zbog izrazite evaporacije i malo padavina
- Ka većim geografskim širinama salinitet opada (padavine prevazilaze evaporaciju) i najmanji je u polarnim regionima

Odnos katjona u morskoj vodi:



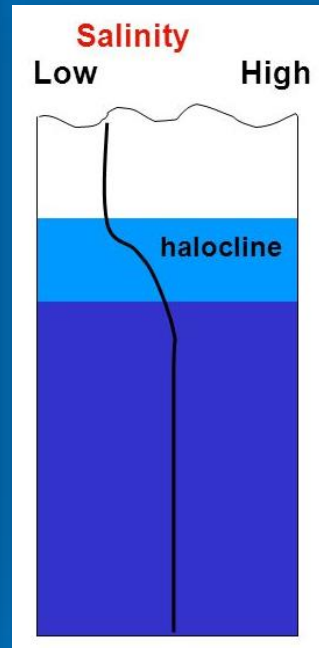
Odnos aniona u morskoj vodi:



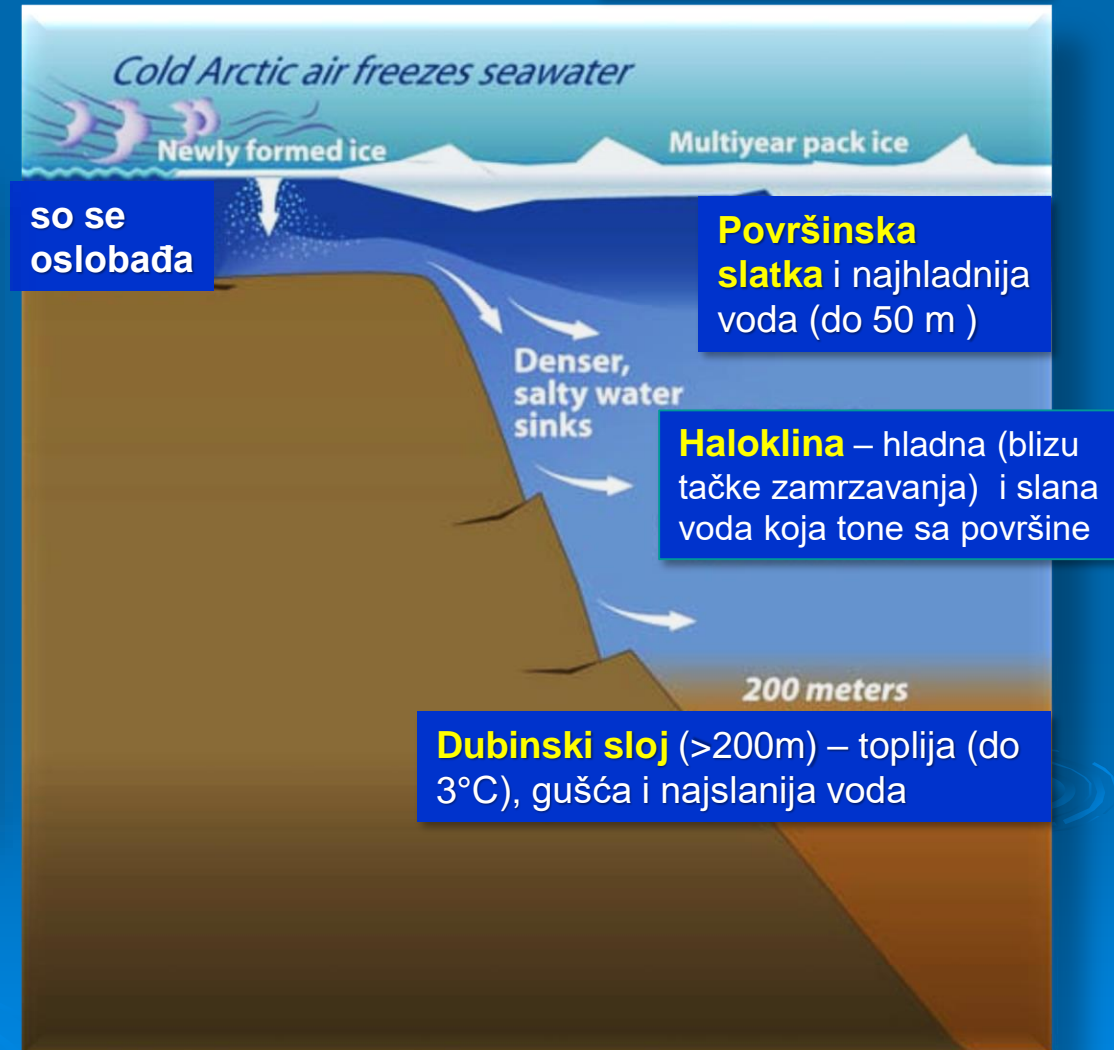
# Rastvorene soli

## Vertikalna distribucija soli

- Na većim geografskim širinama, s obzirom na malu evaporaciju, intenzivne padavine i dotok slatke vode rijekama, površinska voda okeana je razblažena, pa je količina soli na površini manja - **salinitet raste sa dubinom**.
- Rast saliniteta sa dubinom je **naročito izražen na polovima**, jer je tamo evaporacija najslabija, padavine veoma česte i intenzivne, a pri formiranju leda na površini, so se oslobađa i ta površinska slanija (a time i gušća i teža) jako hladna voda, tone dublje
- Sloj vode u kojem dolazi do nagle promjene saliniteta - **haloklina**



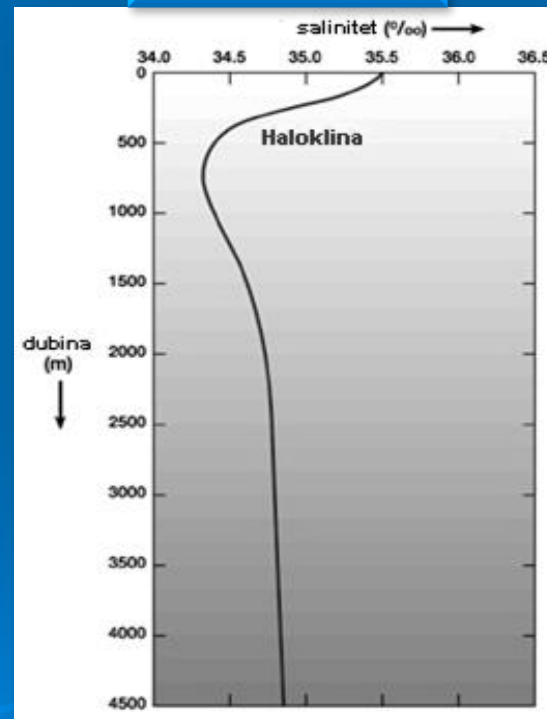
## Arktički okean



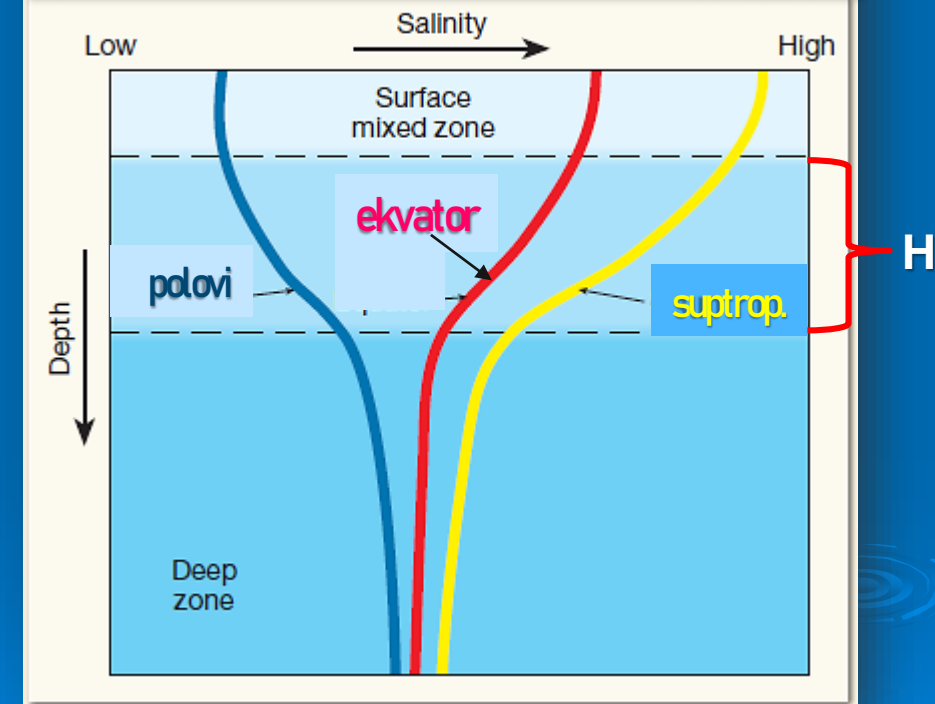
# Rastvorene soli

- Na **manjim geog. širinama** zbog izraženije evaporacije, a manje padavina, površinska voda okeana je najslanija - **salinitet se smanjuje sa dubinom**
- Ovo je najizraženije u **suptropskom pojasu** (30°N i 30°S) zbog izrazite evaporacije – najjasnije izražena **haloklina**
- **Ekvatorski pojas** – ogromne količine padavina – haloklina slabije izražena

## Haloklina



## Halokline - poređenje





# Ekstremni primjeri halokline u cenotama



Slatka voda

Haloklina

Slana voda

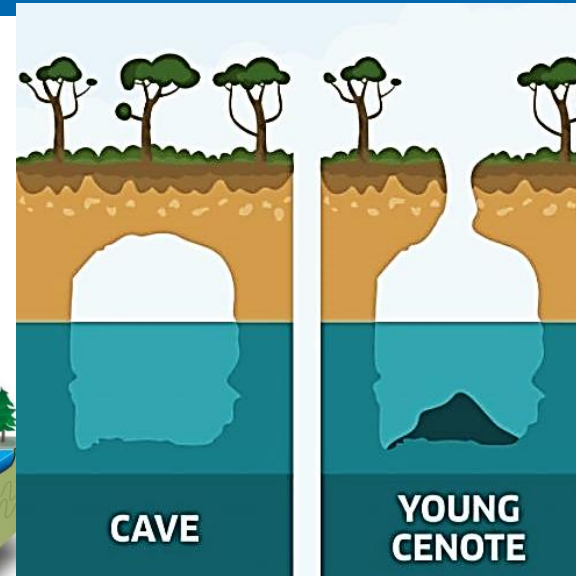
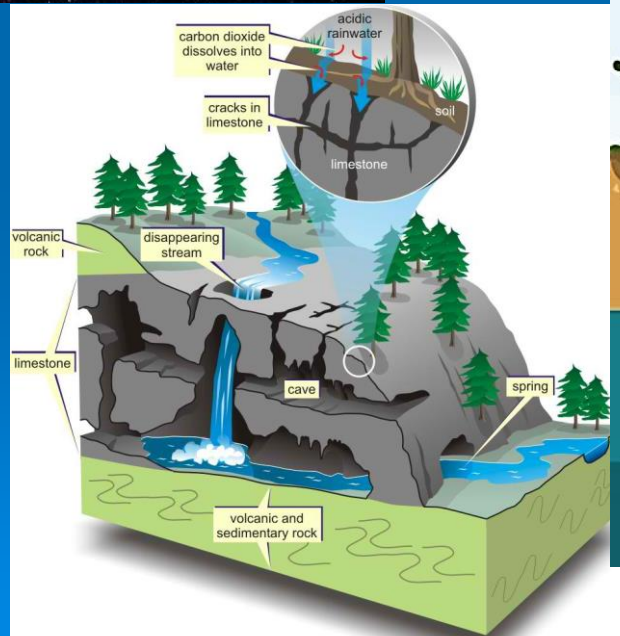


# Nastanak cenota

Prije više od 66 miliona godina, asteroid (10-15 km u prečniku) pao je na Zemlju u regiji poluostrva Jukatan. (Meksiko) – ekstinkcija dinosaurus



Udar je izmijenio krečnjačke stijene ispod površine zemlje, čineći ih podložnijim **eroziji**. To, pomiješano s jakom strujom podzemne vode koja ispira i rastvara oslabljeni krečnjak, dovelo je do nastanka na hiljade podzemnih komora sa vodom kojima se vremenom urušio „krov“ – **CENOTE**, koje su danas turistička atrakcija (preko 7000)



# Nutrijenti

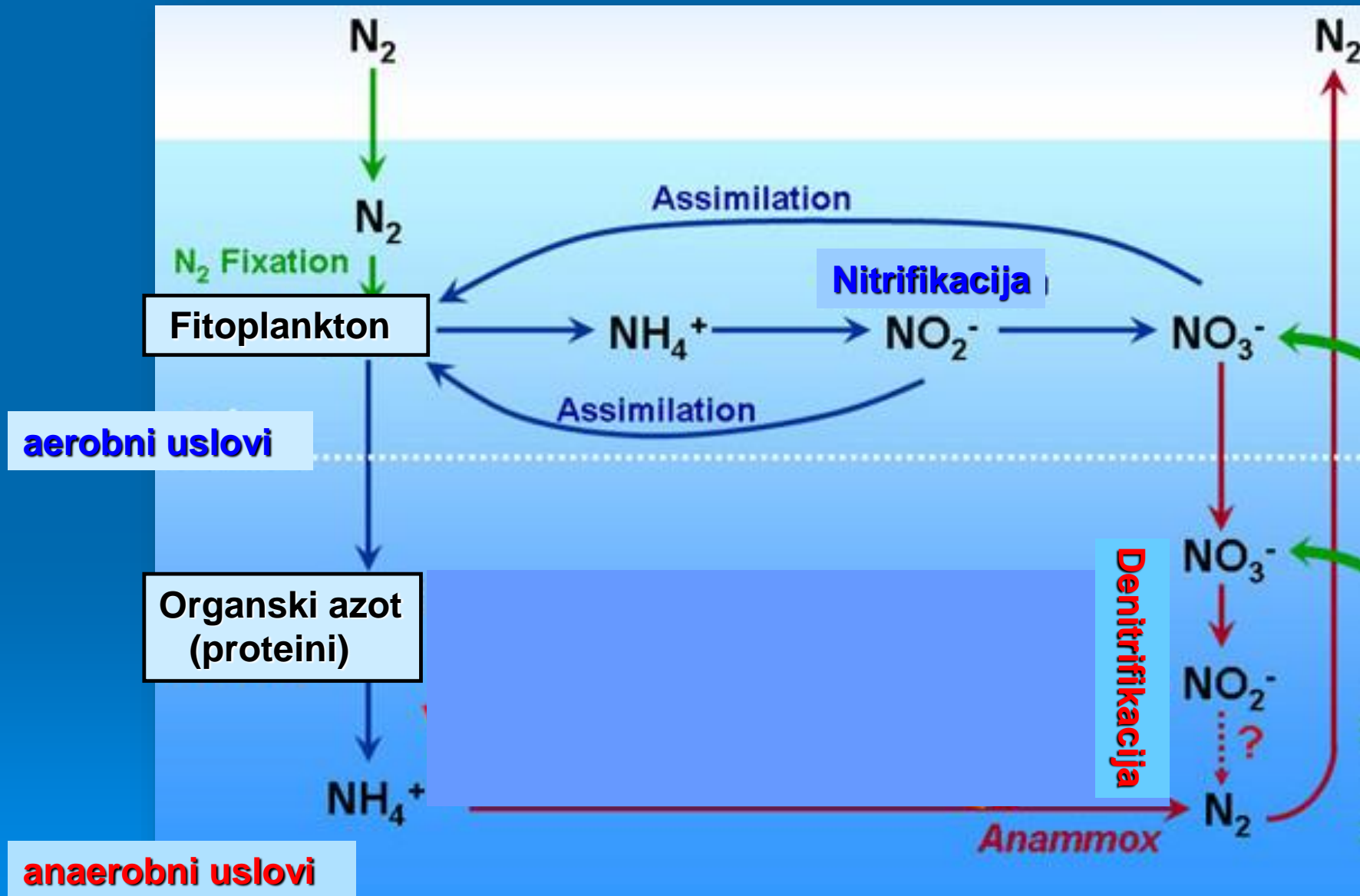
## Soli azota

- Javljaju se u tri glavna neorganska rastvorljiva oblika: amonijum soli ( $\text{NH}_4^+$ ), nitрати ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) i nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ).
- Koncentracije sva tri oblika azotnih soli rastu tokom zime (oksidacioni procesi) i smanjuju se u proljeće i ljeto (porast brojnosti fitoplanktona - asimilacija)
- Azotofiksatori – pretvaraju molekulski azot ( $\text{N}_2$ ) iz atmosfere u nitratni ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) i time ga vezuju; nitrifikatori – oksiduju amonijačne soli do nitrita i nitrata
- U dubinskim anaerobnim slojevima mora – denitrifikatori redukuju nitratni oblik do molekuskog azota ( $\text{N}_2$ ) koji odlazi u atmosferu – azotne soli se tako gube iz mora
- U svjetskom moru – **zbog velike dubine** denitrifikacija je više zastupljena od nitrifikacije i azotofiksacije – N je glavni limitirajući nutrijent u morima

## Soli fosfora

- Glavni neorganski oblik – fosfatne soli ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Nema adsorpcije P u sedimentima (kao u kopnenim vodama), pa brže ide recikliranje fosfora na dnu – veća količina P-soli u vodi

# Ciklus kruženja azota

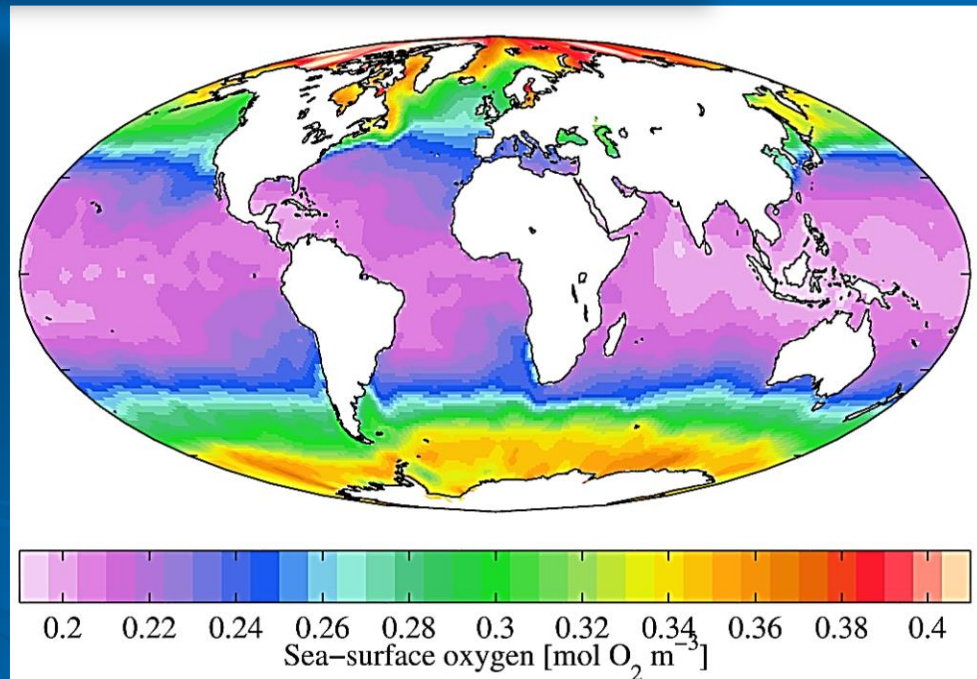
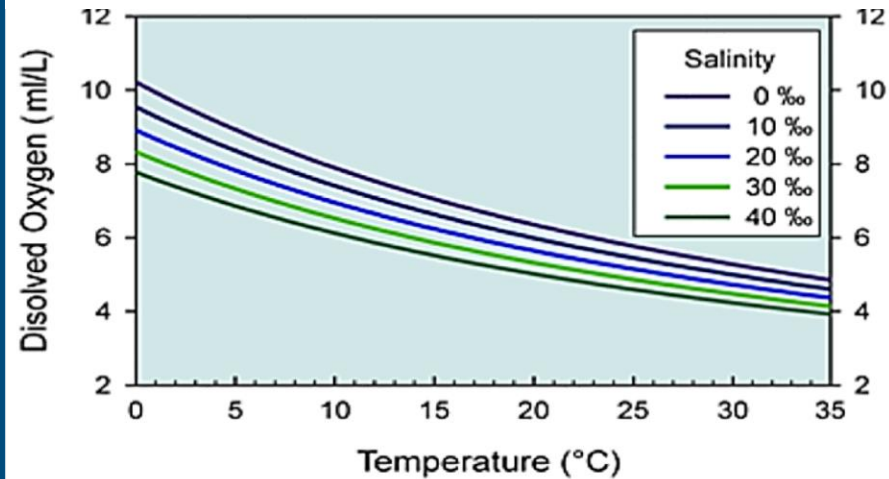


# Rastvoreni gasovi

## Kiseonik

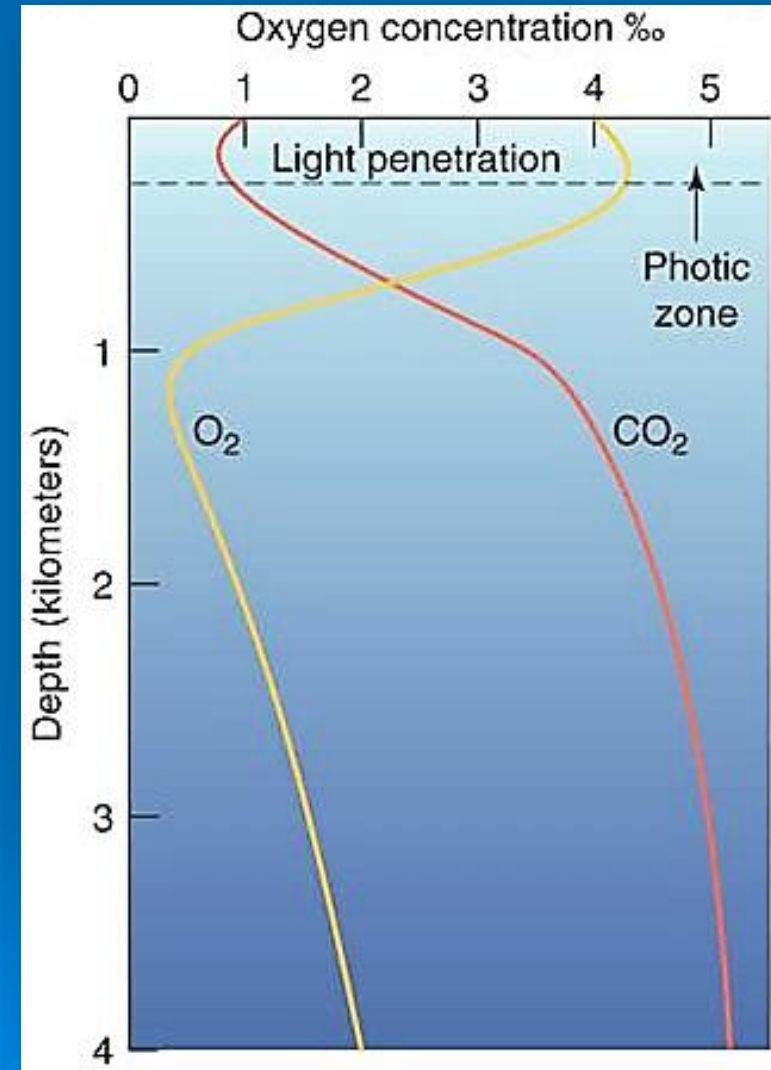
- Rastvorljivost kiseonika u vodi opada sa porastom temperature i porastom saliniteta morske vode
- **Horizontalna distribucija:** u Svjetskom moru količina kiseonika raste se porastom geografske širine (jer se smanjuju temperatura i površinski salinitet morske vode)

Rastvorljivost kiseonika u odnosu na T i salinitet morske vode



# Rastvoreni gasovi

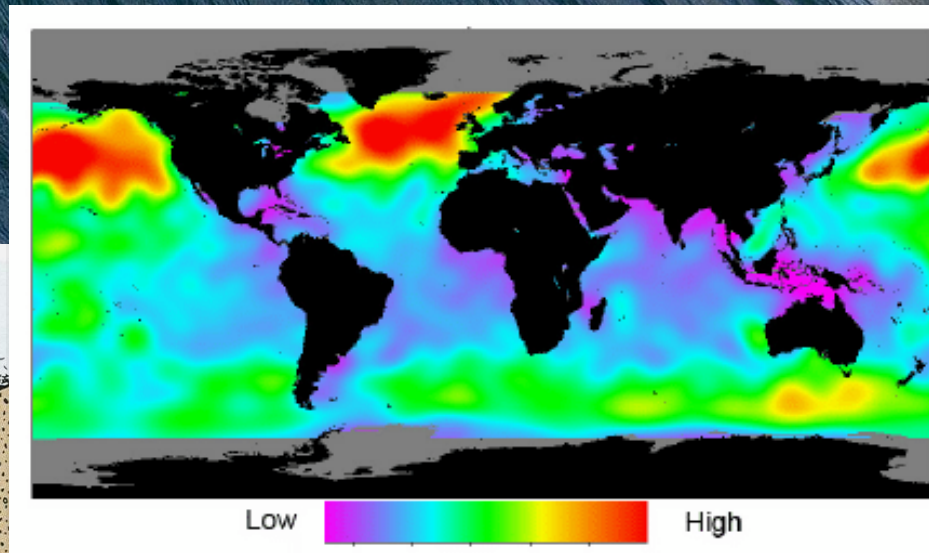
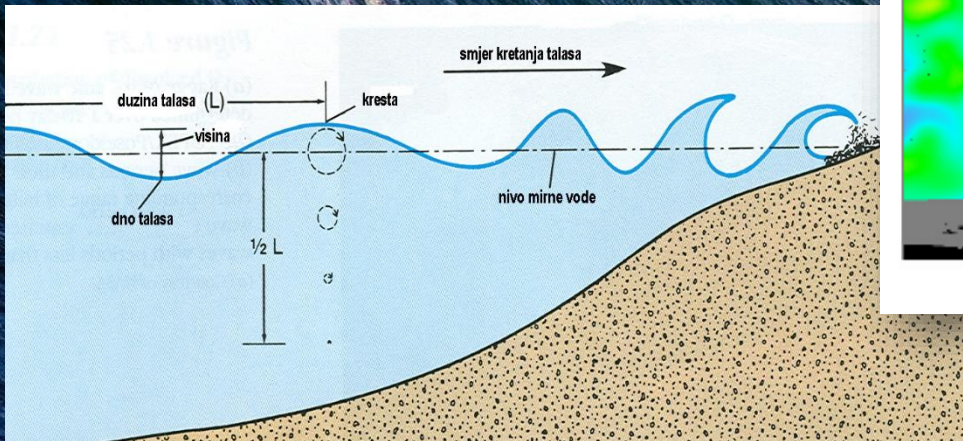
- **Vertikalna distribucija kiseonika:** količina kiseonika se naglo smanjuje sa dubinom od kraja eufotične zone (200m) pa do nekih 1000 m
- Minimalna je na dubini od oko 1000 m – zona kiseoničnog minimuma, zbog povećane potrošnje (oksidacioni procesi razgradnje) u sloju termokline (hladnija i gušća voda – duže zadržavanje i veća količina čestica „morskog snijega“ – ostaci živih bića koji tonu)
- Dubinska zona – kiseonika ima nešto više zbog manje potrošnje i dubinskih hladnih struja
- Sa **CO<sub>2</sub>** - situacija obratna u odnosu na **O<sub>2</sub>**



# Pokreti vode

**Talasi** - nastaju radom vjetra

- Veličina i snaga talasa su zavisni od brzine i trajanja vjetra i od kontaktne površine između vjetra i površine mora (kontaktna površina veća – veći talasi)
- Talase karakteriše njihova visina, dužina kao i period (vrijeme između dva vrha talasa)



**Najveći talasi** na planeti - u regijama gdje duvaju jaki i konstantni vjetrovi

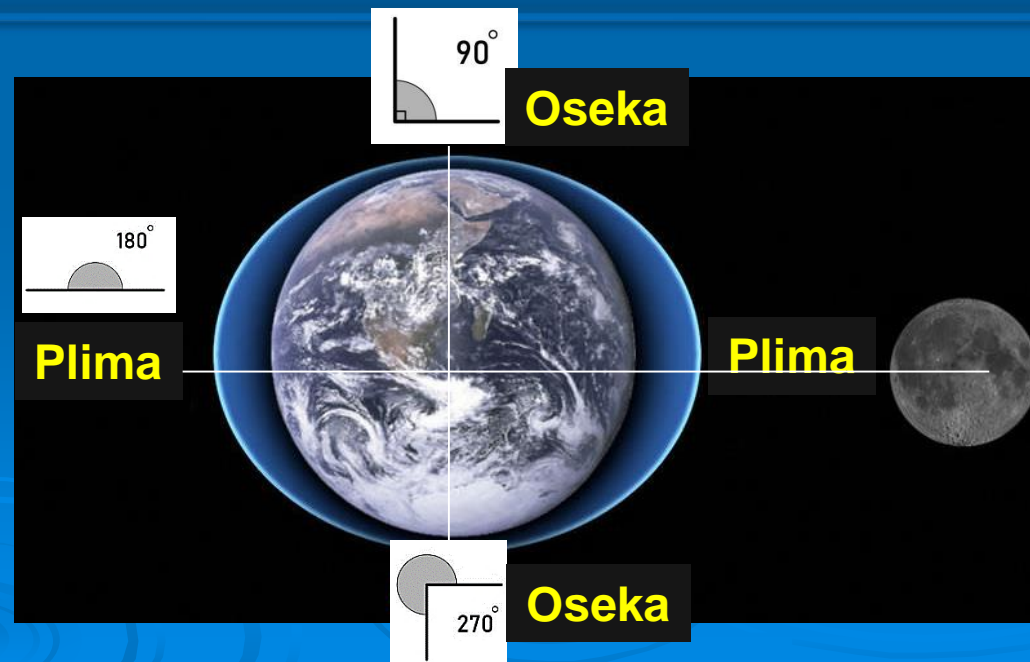
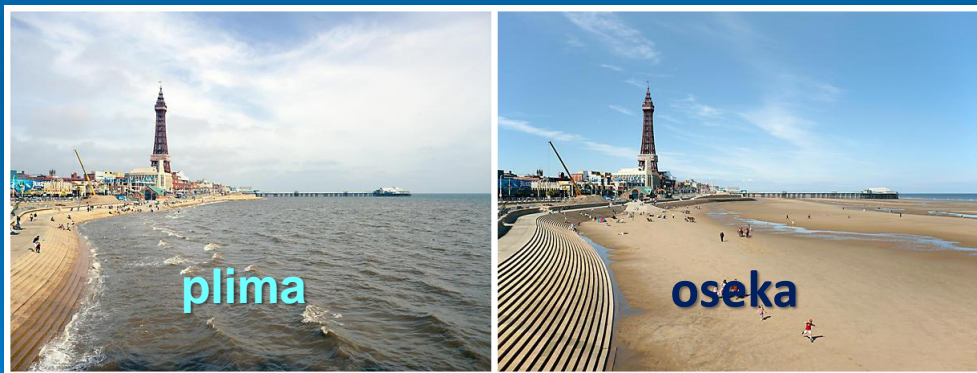
**Najmanji talasi** - u zonama gdje su vjetrovi najslabiji - u okolini ekvatora, naročito gdje ima ostrva

# Pokreti vode

**Plima i oseka** - gravitacija Mjeseca (i u manjoj mjeri Sunca) - pokretačka snaga

## Uticaj mjeseca

- **Plima:** Kada je ugao između Mjeseca i posmatrane tačke na Zemlji  $0^\circ$  ili  $180^\circ$  - to se dešava dva puta u toku dana, na svakih 12 sati
- **Oseka:** Kada je ugao između Mjeseca i posmatrane tačke na Zemlji  $90^\circ$  ili  $270^\circ$  - takođe se dešava dva puta dnevno, na svakih 12 sati





# Pokreti vode

## Plima i oseka

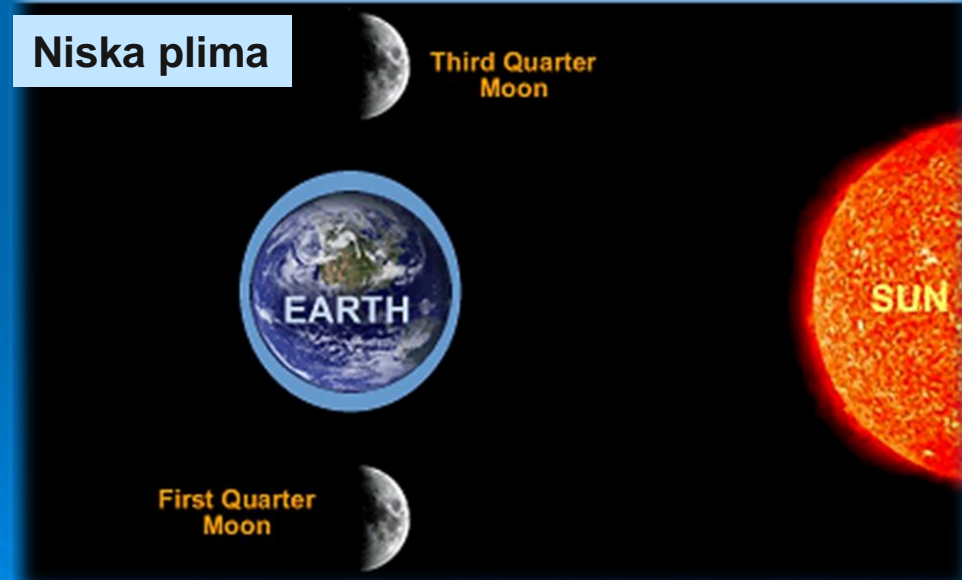
### Uticaj Sunca

- Sunce zbog velike udaljenosti samo modifikuje plimu koja je generisana od strane Mjeseca
- Visoka plima - Sunce, Zemlja i Mjesec u jednoj liniji (mlad i pun mjesec) - Sunce pojačava zbirnu gravitacionu silu i nivo plime je tada najveći
- Niska plima - nedelju dana kasnije, kada su Mjesec i Sunce pod pravim uglom u odnosu na Zemlju, Sunce snižava nivo plime koja je generisana od strane Mjeseca i nivo plime je tada najmanji

Visoka plima



Niska plima





Mont St. Michael (Francuska)

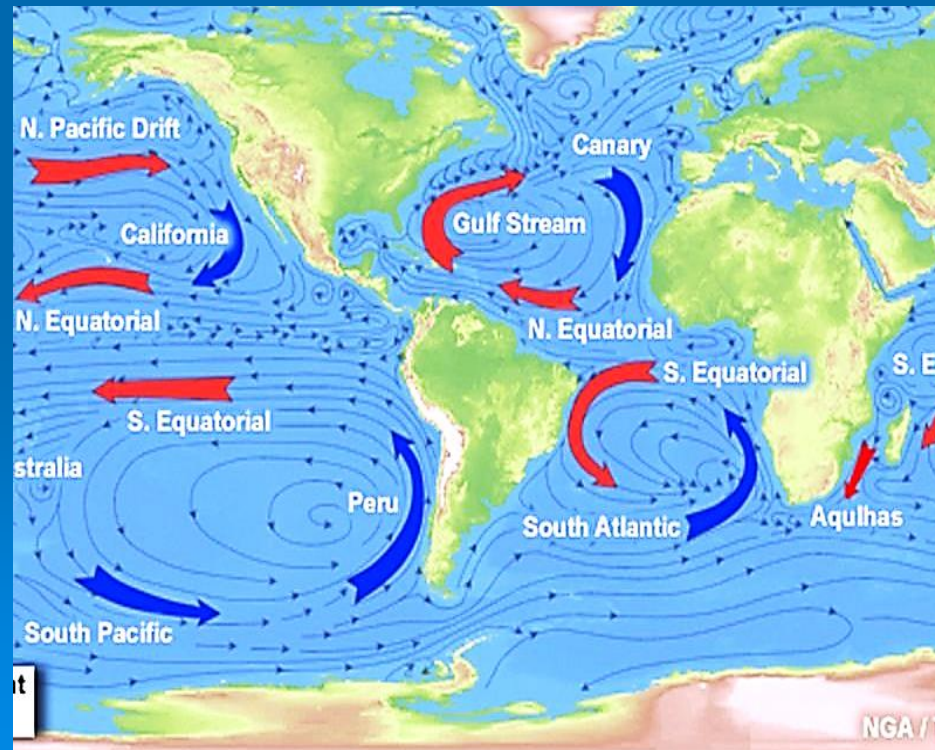
# Pokreti vode

## MORSKE STRUJE

- **HORIZONTALNE STRUJE** - horizontalna kretanja površinskih vodenih masa na velikim udaljenostima, a generisane su konstantnim vjetrovima
- Zahvataju površinski sloj vode do 200 m dubine. Uloga: transfer toplote i organizama.

Mogu biti tope i hladne, a neke od glavnih su:

- **ekvatorijalne struje** (sjeverna i južna)
- **Golfska struja**
- **sjevernoatlanska struja** (produžetak golfske struje ka Arktiku)



## Golfska struja



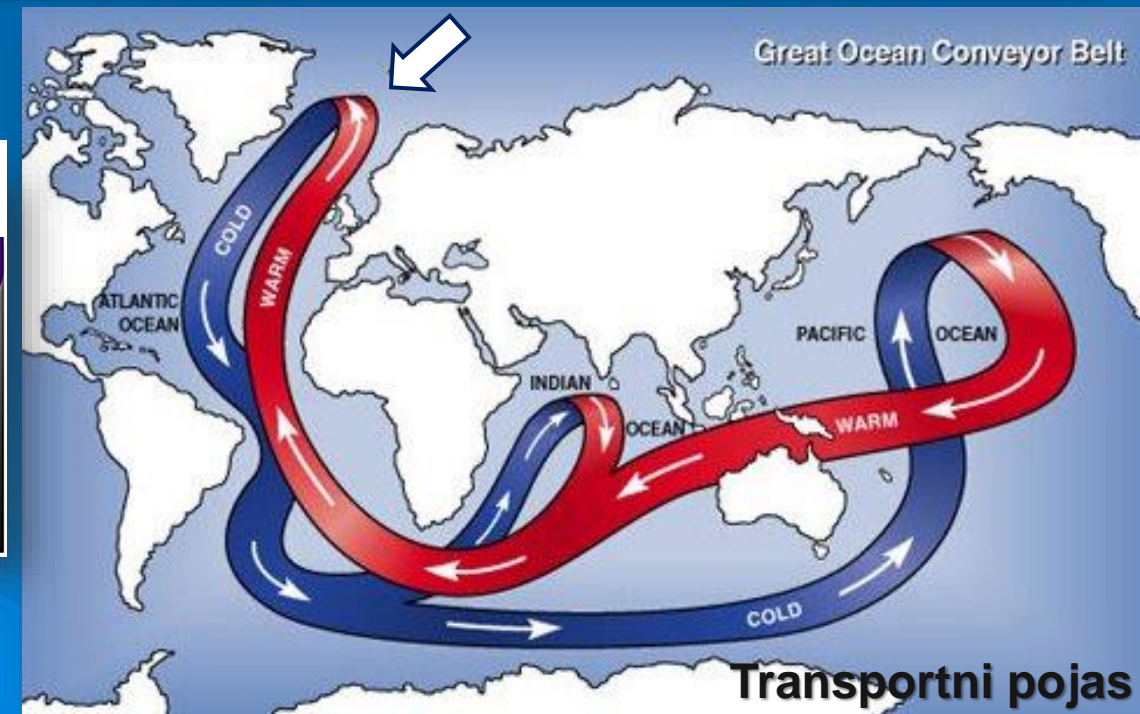
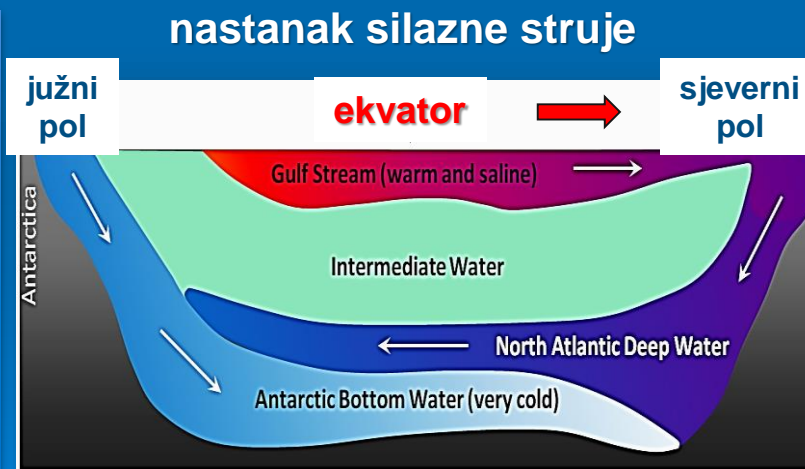
# Pokreti vode

**VERTIKALNE OKEANSKE STRUJE** - nastaju usled promjene gustine morske vode pri njenom hlađenju i zagrijavanju i pod uticajem vjetrova, pa postoje silazne i uzlazne vertikalne struje

**Silazne okeanske struje:** nastaju pri hlađenju morske vode u hladnim regionima kada morska voda postaje gušća i teža, pa tone. **Značaj:** transfer kiseonika od površine ka dubinskim hipoksičnim slojevima

**Uzlazne okeanske struje:** nastaju zagrijavanjem morske vode u tropskom pojasu – voda se penje ka površini

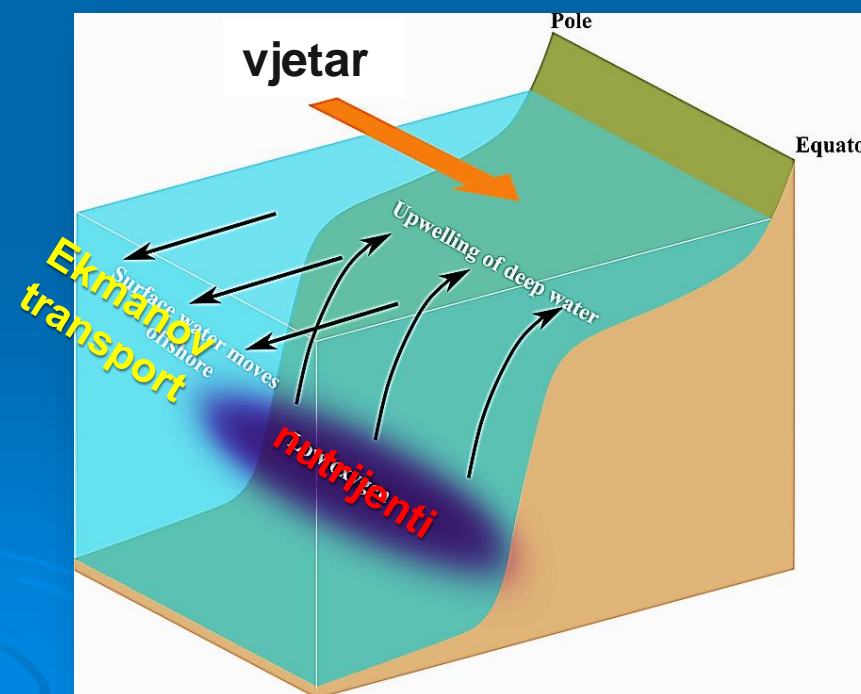
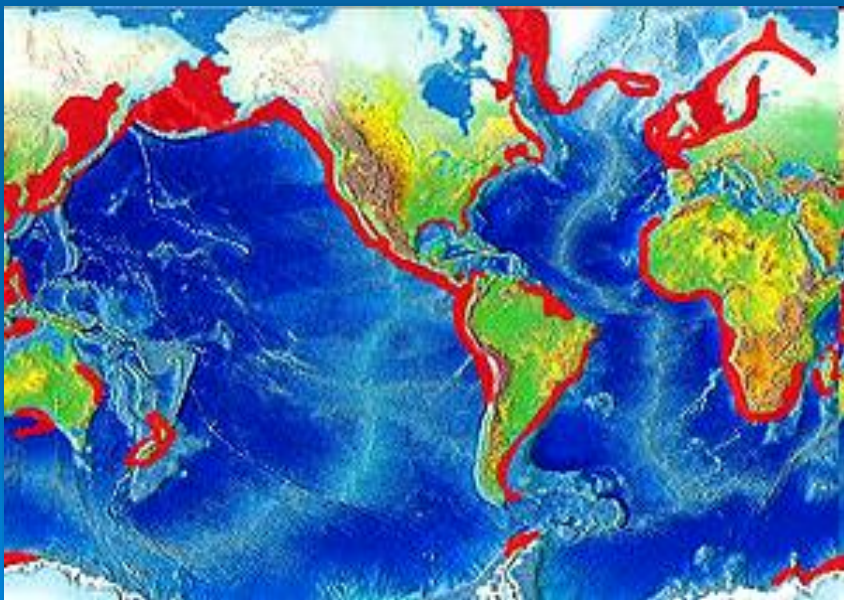
Topla površinska voda **Golfske struje** se hladi idući ka sjeveru (Arktik), gustina joj raste, pa zato počinje da tone južno od Grenlanda - najznačajnija silazna struja u Svjetskom moru



# Pokreti vode

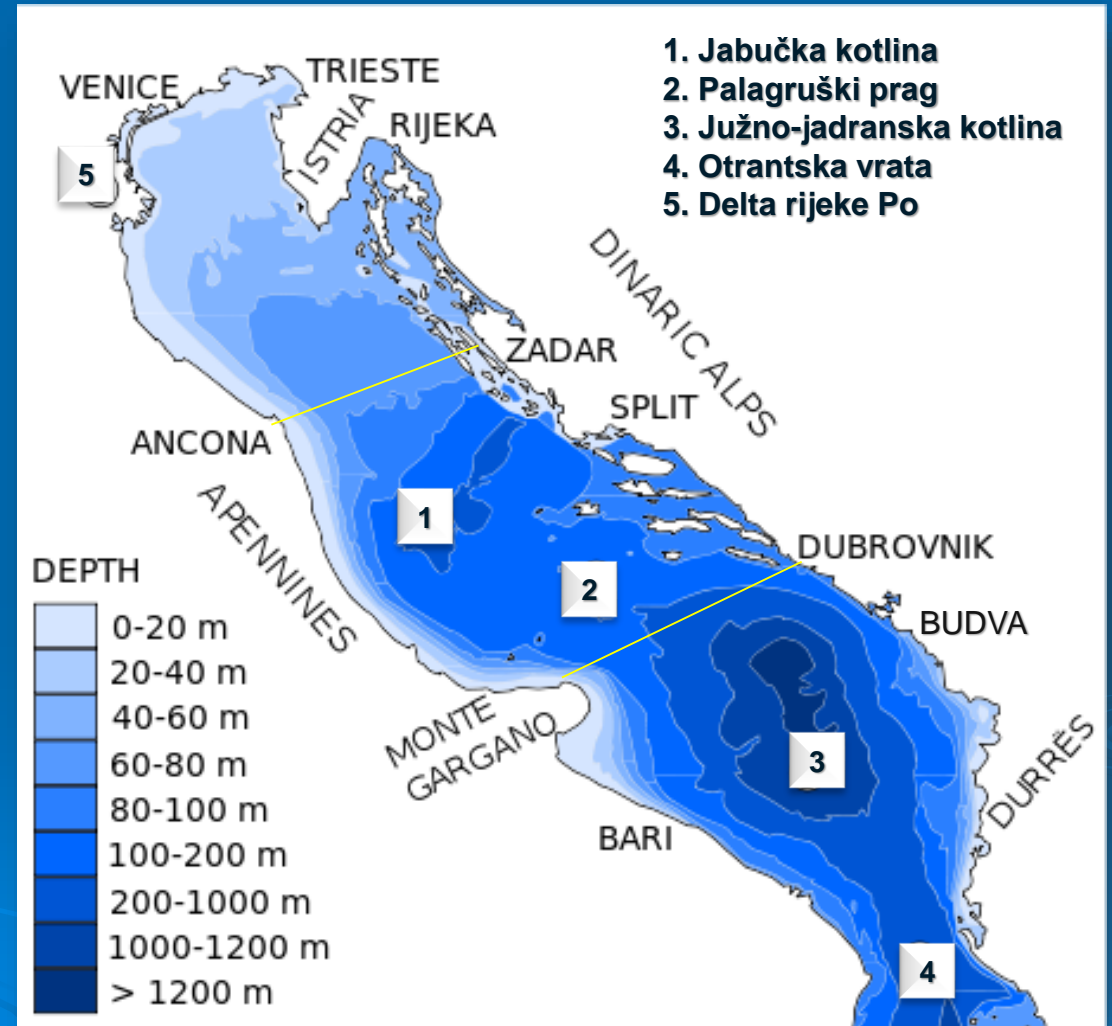
- **Uzlazne obalske struje (upwelling)**: ako vjetar duva paralelno s obalom, rotacija Zemlje uzrokuje tz. Ekmanov transport – površinski sloj vode se pomjera ka pučini, a na njegovo mjesto dolaze dubinske vodene mase koje omogućavaju obnovu utrošenih nutrijenata u gornjim slojevima mora i okeana. **Najproduktivnije** zone na planeti (50% svjetskog ribarstva)

Primjer - Antarktička uzlazna struja i struje uz zapadne obale Afrike i zapadne obale Sjeverne i Južne Amerike



# Jadransko more

- Zaliv Sredozemnog mora (Otrantska vrata), 783 km dužina, 248 km širina
- Umjereno toplo more – prosječna temperatura 17.5°C
- Termoklina je ljetnja – već na 5 m dubine
- Plimski talas – do 40 cm
- Prosječna visina talasa – 0.5 - 1.5 m
- **SJEVERNI JADRAN** – najplići dio basena sa max. 50 m dubine
- **SREDNJI JADRAN** – veće prosječne dubine, do 100 m (Jabučka kotlina 252 m)
- **JUŽNI JADRAN** – najdublji dio basena (Južnojadranka kotlina – 1300 m)



# Jadransko more

## Struje

- Struja iz Sredozemnog mora ulazi u Jadran kroz Otrantska vrata i kreće se **istočnom obalom ka sjeveru**, da bi prešla na **zapadnu obalu kojom se kreće ka jugu** i izlazi nazad u Sredozemlje
- Brzine struja nisu velike, a zahvataju sloj vode do dubine od oko 40 metara

