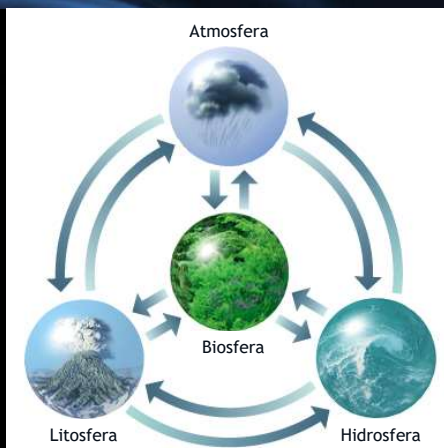


HIDROSFERA

HIDROSFERA

- sva voda na Zemlji -



71% površine Zemlje je prekriveno vodom, po čemu se razlikuje od svih drugih planeta u Sunčevom sistemu (u tragovima)

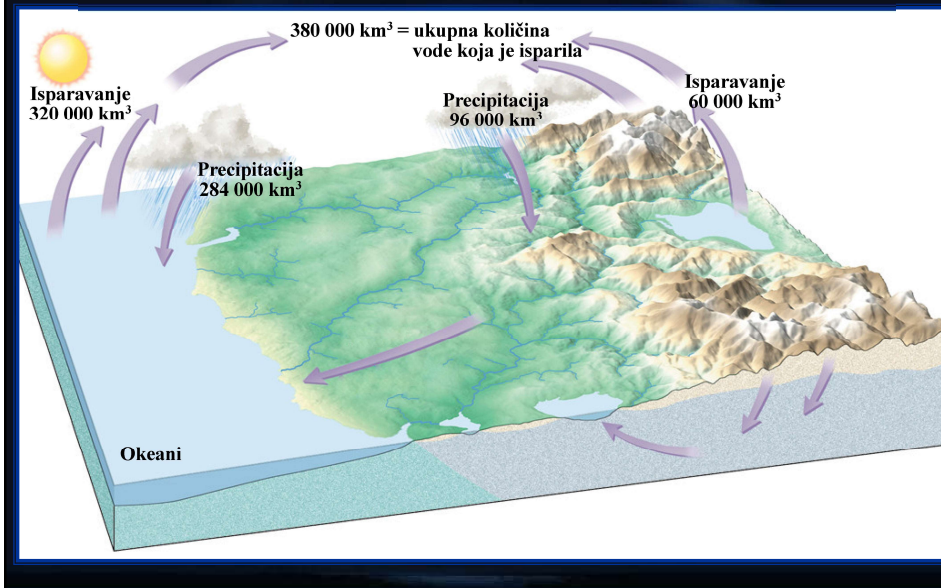
HIDROSFERA

- Putem vode su povezane sve sfere životne sredine.
- Interakcije **hidrosfere** sa **atmosferom**: voda se razmenjuje isparavanjem i precipitacijom (padavine).
- Interakcije sa **biosferom**: voda je neophodna za prenošenje hranljivih materija organizmima.
- Interakcije sa **litosferom**: voda prouzrokuje hemijsku i mehaničku eroziju stena, ispira zemljište i oblikuje izgled površine Zemlje.
 - hemijska erozija - kišnica (kisele kiše)
 - mehanička erozija - kišnica i rečna voda mehanički spiraju i razbijaju stene i pretvaraju ih u zemljište i sedimente

HIDROSFERA

- Zbog neprekidnih interakcija sfera životne sredine, još od vremena nastanka Zemlje, voda je imala presudan uticaj na klimu na Zemlji, izgled kopna i sastav zemljišta, sastav atmosfere, kao i evoluciju života.
- Ukupna zapremina vode na Zemlji iznosi oko 1,4 milijardi km³.
- Zahvaljujući hidrološkom ciklusu, ukupna zapremina vode se malo promenila tokom geološkog vremena.
- Hidrosfera zapravo predstavlja svu vodu u tečnom stanju na Zemlji. Zamrznuta voda na Zemlji (tj. led) čini **kriosferu**.

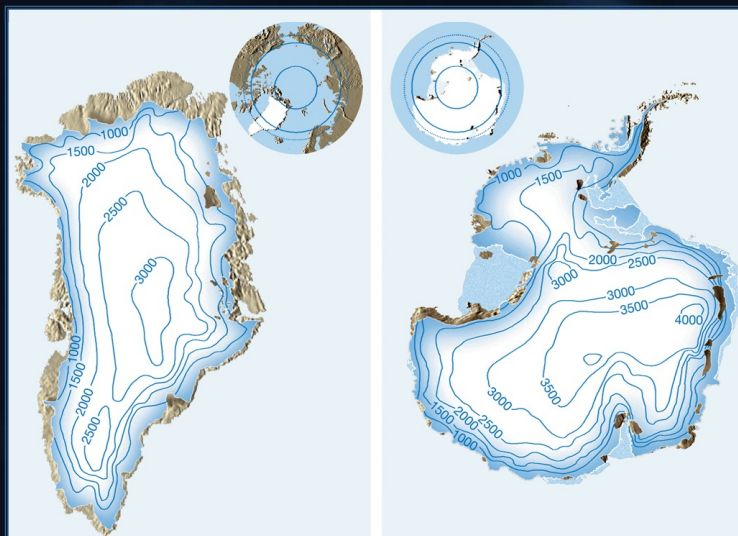
HIDROLOŠKI CIKLUS



KRIOSFERA

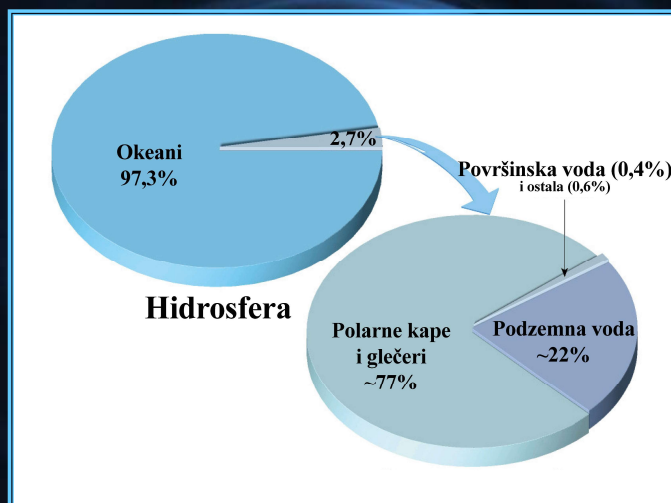
- Sastoji se od polarnih kapa na Antarktiku i Grenlandu, i manjih količina na Arktiku, kao i planinskih glečera (velike ledene mase koje se polako pomeraju po kopnu).
- Promene sadržaja vode u kriosferi, koje se dešavaju tokom globalnih promena klime (kao što su ledeno doba i globalno zagrevanje), dovele bi do velikih promena nivoa mora.
- Smatra se da bi tokom ledenog doba, hiljadama godina, glečeri prekrivali najveći deo kopnene površine Zemlje.
- Pomeranje glečera bi dovelo i do značajne erozije i promene izgleda površine Zemlje.

KRIOSFERA



Ledeni pokrivač na Grenlandu i Antarktiku

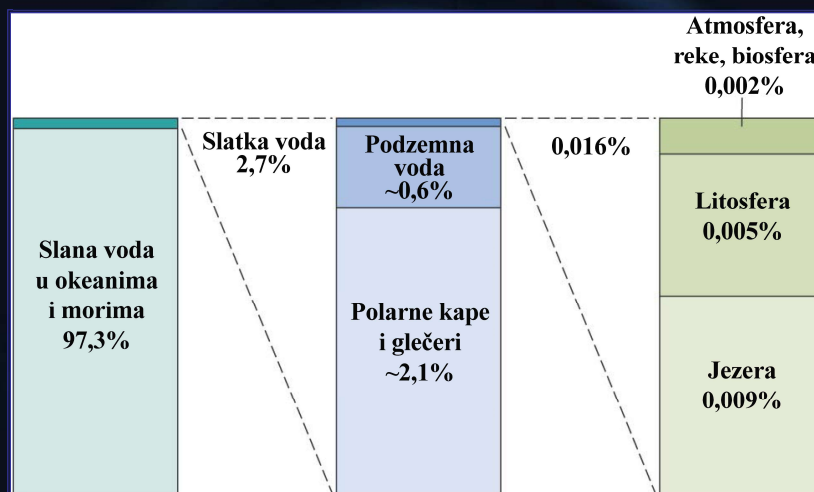
RASPODELA VODE NA ZEMLJI



RASPODELA VODE NA ZEMLJI

	% OD UKUPNE ZAPREMINE VODE
OKEANI	97,3
KRIOSFERA	~2,1
PODZEMNA VODA	~0,6
REKE I JEZERA	0,01
LITOSFERA	0,005
ATMOSFERA	0,001
BIOSFERA	0,00004

RASPODELA VODE NA ZEMLJI



RASPODELA VODE NA ZEMLJI

- Najveći deo vode na Zemlji se nalazi u okeanima i morima - 97,3% (slana voda).
- Samo 2,7% vode je sveža, slatka, pitka voda, ali je njen najveći deo (2,1%) konstantno zaleđen u polarnim kapama i glečerima, a oko 0,6% je podzemna voda.
- Samo 0,01% od ukupne vode na Zemlji se nalazi u jezerima i rekama.
- Dakle, najveći deo vode na Zemlji je neupotrebljiv (slana i zaleđena voda). Moguća je desalinizacija morske vode, ali je skupa. Slatka voda zahteva jednostavniju preradu, tj. samo prečišćavanje.

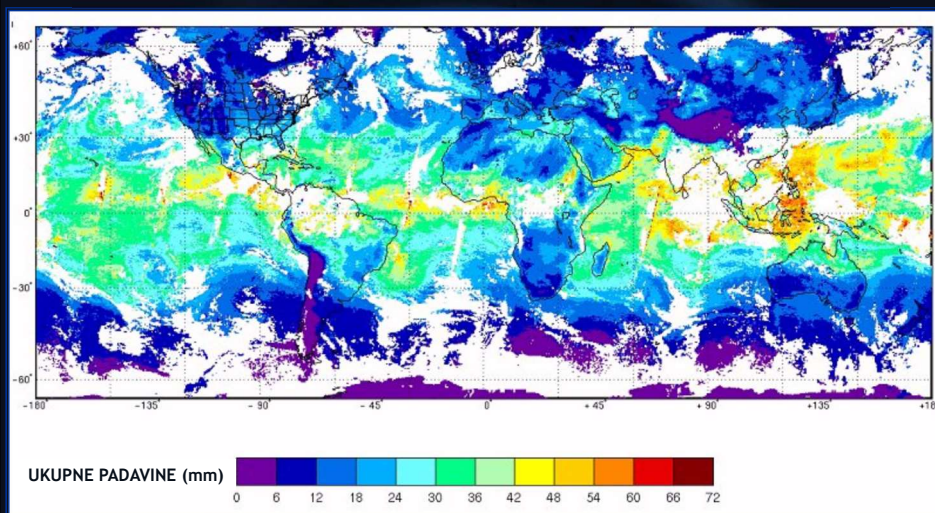
SASTAV VODE

- U sastav svake vode ulaze:
 - rastvorene soli - minerali
 - rastvoreni gasovi
 - organska supstanca (manje konc. od minerala)

ATMOSFERSKA VODA

- Najčistija voda u životnoj sredini je atmosferska voda, tj. kišnica koja nastaje isparavanjem i kondenzacijom vodene pare tokom hidrološkog ciklusa.
- Ipak, sastav kišnice se tokom padanja menja, jer se u njoj rastvaraju gasovi i suspenduju čestice iz vazduha.
- Smatra se da jedna kap kiše, koja pada sa visine od 1 km, spere oko 16 l vazduha.
- Glavni sastojci kišnice su:
 - SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- ; Na^+ , Ca^{2+} , K^+ i NH_4^+
 - gasovi - najznačajniji je CO_2 (čini je slabo kiselom)
 - organska supstanca - prirodna i antropogena

ATMOSFERSKA VODA



PODZEMNA VODA

- Kada kišnica stigne do zemljišta kreće se vertikalno dok ne nađe na prepreku gde se zaustavlja i formira rezervoar podzemne vode.
- Kišnica spira različite komponentne zemljišta, a i zemljište adsorbira neke sastojke iz kišnice.
- Zato je sastav podzemne vode potpuno različit od sastava kišnice iz koje je nastala, a i podzemne vode imaju međusobno različit sastav.



PODZEMNA VODA

- Glavni sastojci podzemne vode su:
 - HCO_3^- , a zatim SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- i PO_4^{3-} (100 puta niža konc. od HCO_3^-); Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{3+} , Mn^{2+}
 - gasovi - može sadržati O_2 , ali ako je potrošen na razgradnju organske supstance - umesto O_2 se pojavljuju NH_3 , CH_4 , H_2S
 - organska supstanca - vrlo malo (nekoliko ppm), jer se adsorbira pri prolasku vode kroz zemljište ili je mikroorganizmi razgrađuju

PODZEMNA VODA

Element u org. supstanci	Proizvod raspadanja organske supstance	
	Aerobni uslovi	Anaerobni uslovi
C	CO ₂	CH ₄
N	NO ₃ ⁻	NH ₃ i amini
S	SO ₄ ²⁻	H ₂ S
P	PO ₄ ³⁻	PH ₃ i sl.

Proizvodi aerobne i anaerobne degradacije organske supstance

POVRŠINSKA VODA

- Izviranjem podzemnih voda nastaju površinske vode.
- Nakon izviranja sastav se menja zbog ulivanja pritoka i interakcija sa vazduhom, obalom i dnom, kao i zbog mikrobiološke aktivnosti.
- Kod *reka* je, zbog povoljnog odnosa površine i zapremine, intenzivan kontakt sa vazduhom, pa dolazi do aeracije, a oslobađaju se NH₃, CH₄, H₂S.
- Kod *jezera* je, zbog nepovoljnog odnosa površine i zapremine, voda slabo aerisana i osetljivija na zagađenje od reka. Jezerska voda se od rečne najviše razlikuje po većem sadržaju organske supstance.

POVRŠINSKA VODA

- Glavni sastojci površinske vode su:
 - anjoni i katjoni - isti kao kod podzemnih voda, ali je odnos promenljiv. Zato su moguće velike varijacije pH-vrednosti (6,5-8,5), iako su rečne vode puferski sistemi (ali ne jaki kao morska voda).
 - organska supstanca - u rekama znatno više (10-40 ppm) nego u podzemnim vodama.
- Voda u jezerima čini 0,009% od ukupne vode na Zemlji. Od ove vrednosti čak 40% se nalazi u Kaspijskom i Bajkalskom jezeru.

MORSKA VODA

- Morska, slana voda je najrasprostranjenija voda na Zemlji.
- Glavni sastojci morske vode su:
 - 3,5% soli - 2,8% NaCl i 0,7% ostalih soli. U slatkim vodama, max. sadržaj soli je 0,1% (35 puta manje)
 - Cl^- i Na^+ , a zatim SO_4^{2-} i Mg^{2+} ; ima i I^- , Br^- , Ca^{2+} , K^+
 - katjoni uglavnom potiču iz Zemljine kore, a anjoni od gasova oslobođenih vulkanskim erupcijama
 - dominacija katjona jakih baza uslovljava alkalnost, a visok sadržaj soli i visok puferski kapacitet. Zato je pH-vrednost morske vode konstantna, 8,1-8,2. Morska voda je alkalna, što je važno za životnu sredinu jer apsorbuje kisele gasove iz atmosfere.

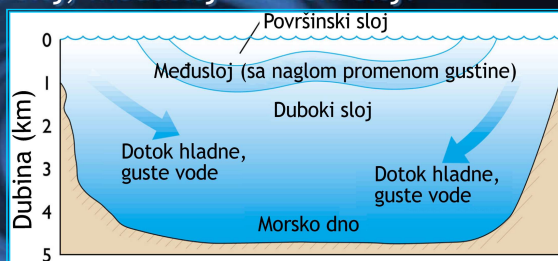
MORSKA VODA

- organska supstanca - sadržaj je prilično konstantan (oko 15 ppm)
- gasovi - sadržaj je konstantan
- Morska voda je prilično konstantnog sastava, što je bitno za život u njima.



MORSKA VODA

- Vodeni stub u morima i okeanima se može podeliti prema gustini na: površinski sloj, međusloj i duboki sloj.
- Površinski sloj je debljine oko 100 m i čini oko 2% ukupne zapremine okeana (ρ raste sa dubinom).
- Međusloj je zapravo prelaz između površinskog sloja i dubokog okeana i čini 18% zapremine okeana. U ovom sloju **naglo** raste gustina vode.
- Duboki sloj čini 80% zapremine okeana. Gustina vode postepeno raste sa dubinom. Najgušća voda je na morskom dnu.



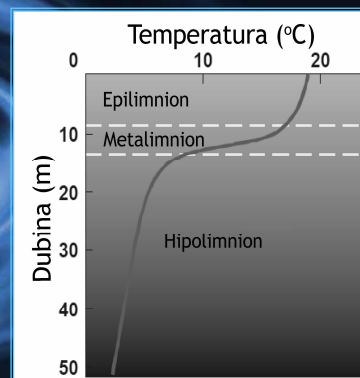
TEMPERATURA MORSKE VODE

- Temperatura morske vode je jedan od najvažnijih faktora jer utiče na gustinu, salinitet i konc. rastvorenih gasova, kao i na brzinu metabolizma i reprodukcije organizama.
- Od površinskog sloja, sa dubinom, t se polako smanjuje do sloja u kojem dolazi do naglog pada t (obično i do naglog porasta gustine). Ispod ovog sloja, t se ponovo lagano smanjuje do minimuma na najvećim dubinama okeana.



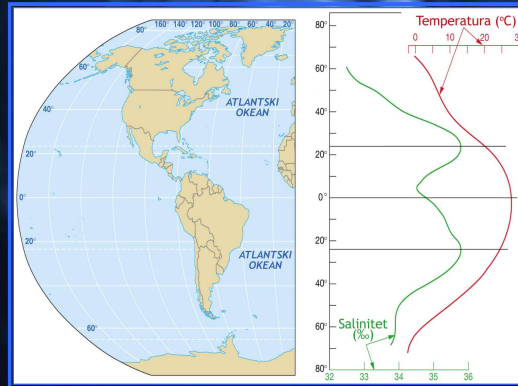
TEMPERATURA MORSKE VODE

- Raslojavanje (stratifikacija) vodenog stuba okeana je slična raslojavanju jezerske vode. Kod **jezerske** vode razlikuju se tri sloja:
 - gornji sloj - **epilimnion**
 - srednji sloj - **metalimnion** u kome se t i ρ naglo menjaju. Razdvaja topao površinski sloj, od hladne, duboke vode.
 - donji sloj - **hipolimnion** u kome je mala promena t



TEMPERATURA MORSKE VODE

- Ovakvo raslojavanje morske vode javlja se samo u tropskim i subtropskim krajevima (ne postoji na polovima).
- Temperatura morske vode je najveća u tropskim krajevima (25 °C), a ka polovima se smanjuje.



SVOJSTVA MORSKE VODE

- Salinitet menja svojstva vode: otežava formiranje leda, usporava isparavanje vode, povećava gustinu vode.
- Sa povećanjem saliniteta, t mržnjenja vode opada (~ -2 °C). Zato se led u okeanima teže formira - na nižim t nego kod jezera i reka.
- Isparavanje morske vode je sporije nego slatke, jer t ključanja vode raste.
- Gustina morske vode zavisi od t , saliniteta i pritiska. Najznačajniji je uticaj t - gustina se povećava sa smanjenjem t . Gustina se povećava i sa povećanjem saliniteta i pritiska.

SVOJSTVA MORSKE VODE

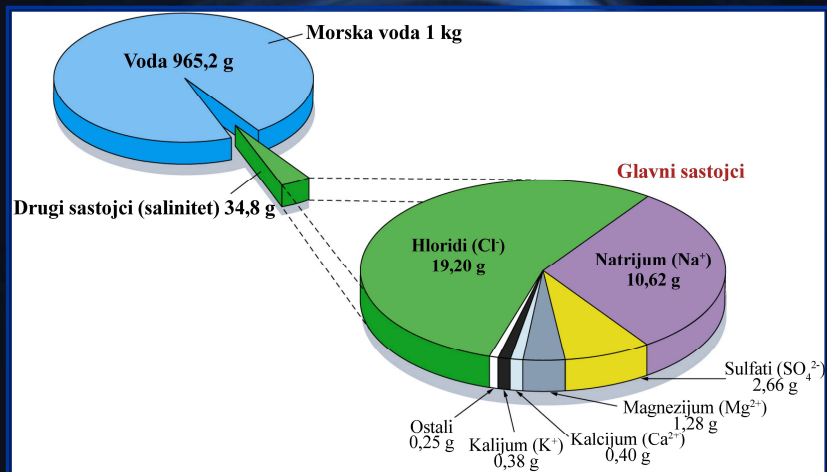
- Transparentnost morske vode - oko 65% Sunčeve svetlosti koje dolazi do površine se apsorbira u prvom metru dubine i pretvara u toplotu.
- Samo 1% svetlosti dospeva do 100 m dubine.
- Voda selektivno apsorbira svetlost i to prvo svetlost većih λ , a na kraju manjih.
- Na otvorenim okeanima, najdublje dopire plava svetlost (manje λ) - voda apsorbira svetlost veće λ , a reflektuje svetlost manje λ .
- U mutnim priobalnim vodama, voda izgleda žuta ili zelena jer čestice reflektuju zračenje većih λ , jer je mutnoća vode velika. Svetlost retko dopire dublje od 20 m.

SALINITET MORSKE VODE

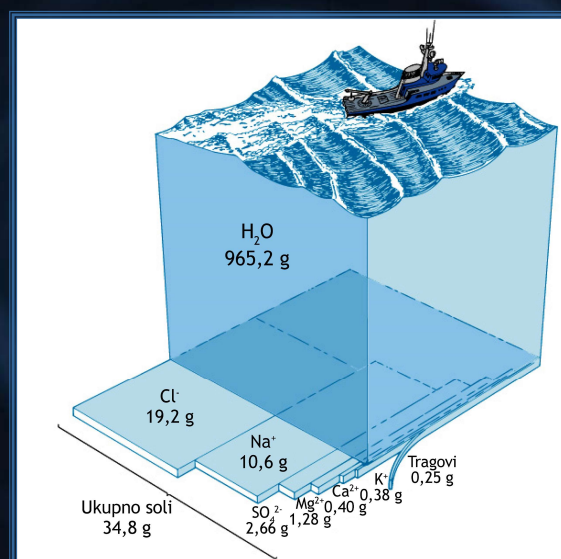
- Salinitet predstavlja ukupnu masu rastvorenih neorganskih supstanci u morskoj vodi.
- Obično se izražava kao odnos mase rastvorene supstance i mase vode.
- Uobičajen salinitet je 3,5% ili 35‰ (35 g rastvorene supstance u 1000 g morske vode).

SALINITET MORSKE VODE

- Šest supstanci čini 99% rastvorenih supstanci u morskoj vodi.



SALINITET MORSKE VODE



SALINITET MORSKE VODE

Jon	Koncentracija (ppm)
Cl^-	19200
Na^+	10600
SO_4^{2-}	2700
Mg^{2+}	1300
Ca^{2+}	400
K^+	380
HCO_3^-	140
Br^-	65
Ostalo	34
Ukupno	34819

Glavni joni u morskoj vodi

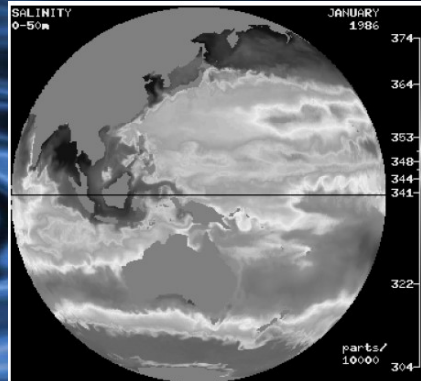
SALINITET MORSKE VODE

Jon	Slatka voda	Slana voda
HCO_3^-	41,0	0,2
Ca^{2+}	16,0	0,9
Mg^{2+}	14,0	4,9
Na^+	11,0	41,0
Cl^-	8,5	55,0

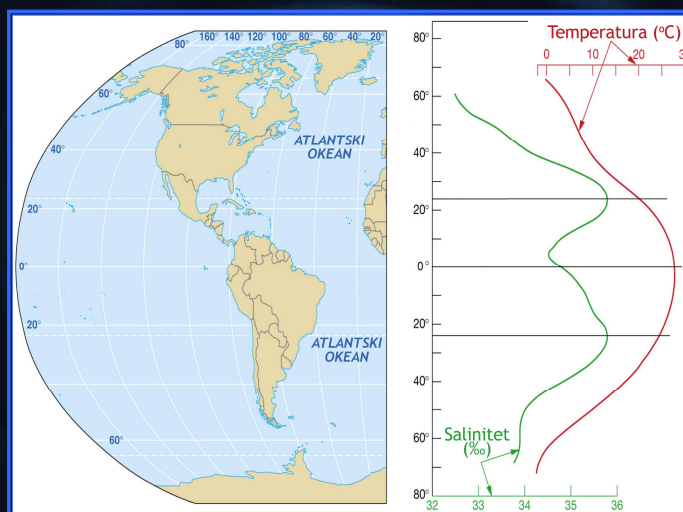
Poređenje koncentracija glavnih jona u slatkoj i slanoj vodi (% od ukupne konc. jona)

SALINITET MORSKE VODE

- Sastav svetskih okeana se ipak menja, ali ne globalno već lokalno.
- Neki od uzroka promene sastava su: lokalna brzina isparavanja ili precipitacije (zbog t), kao i zapremina slatke vode koja se uliva u okeane.
- Primeri:
 - Crveno more - 40‰
 - Mediteransko more - 38‰
 - Crno more - 18‰
 - Baltičko more - 8‰



SALINITET MORSKE VODE



SALINITET MORSKE VODE

- Uprkos lokalnim promenama, salinitet morske vode se ne povećava jer postoji ravnoteža između jona koji se unose i jona koji se uklanjaju, tako da se odnosi glavnih jona ne menjaju.
- Odakle potiču soli u morskoj vodi? Joni se unose putem:
 - reka koje se ulivaju u mora, a spiraju minerale sa kopna (Ca^{2+} , Mg^{2+}) :
$$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$$
$$\text{CaCO}_3(\text{kalcit}) + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+} + \text{HCO}_3^-$$
 - rastvaranja gasova oslobođenih vulkanskim erupcijama (HS^- , Cl^-)

SALINITET MORSKE VODE

- Salinitet bi trebao da se povećava.
- To se ne dešava jer se joni nakon unošenja soli uklanjaju putem:
 - precipitacije (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}) i nastanka sedimenata
 - inkorporacije u žive organizme (karbonatne i silikatne školjke, skelet organizama)
 - vetra i akcijom talasa (aerosol)

SALINITET MORSKE VODE

- Dakle, na globalnom nivou, odnosi konc. rastvorenih soli su konstantni (npr. odnos $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ je konstantan, bez obzira na salinitet).
- Ovo je zakon stalnih odnosa: “apsolutna količina soli u morskoj vodi se menja, ali su relativni odnosi različitih jona uvek isti”.
- Na osnovu ovog principa, salinitet se može odrediti na osnovu merenja samo jednog jona, npr. Cl^- :
 - Cl^- -jon uvek čini 55% ukupnog saliniteta
 - npr. određeno je da ima 19 ppt hlorida u uzorku morske vode. Koliki je ukupni sadržaj soli?
 - $19 \text{ ppt } \text{Cl}^- = 55\% \text{ saliniteta}$
 - $19 \text{ ppt } \text{Cl}^- = 0,55 \times \text{salinitet}$
 - $\text{salinitet} = 19 \text{ ppt } \text{Cl}^- / 0,55 = 34,5 \text{ ppt}$
- Salinitet se danas brzo može odrediti merenjem provodnosti morske vode.

SALINITET MORSKE VODE

- Zahvaljujući karbonatnom puferu, pH-vrednost morske vode je konstantna.



- ako se unose kisele supstance:



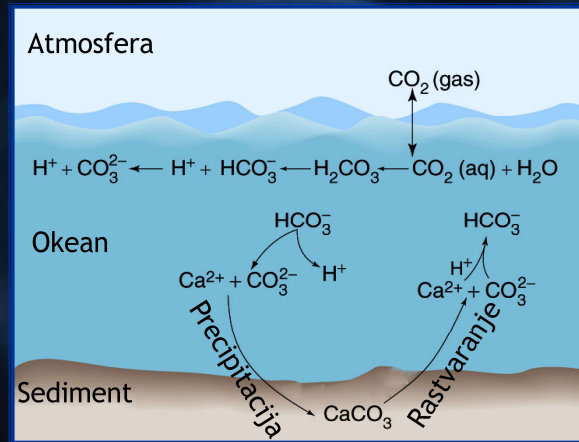
- ako se unose bazne supstance:



- precipitacija (taloženje)/rastvaranje CaCO_3 takođe održava pH-vrednost okeana konstantnom:



SALINITET MORSKE VODE



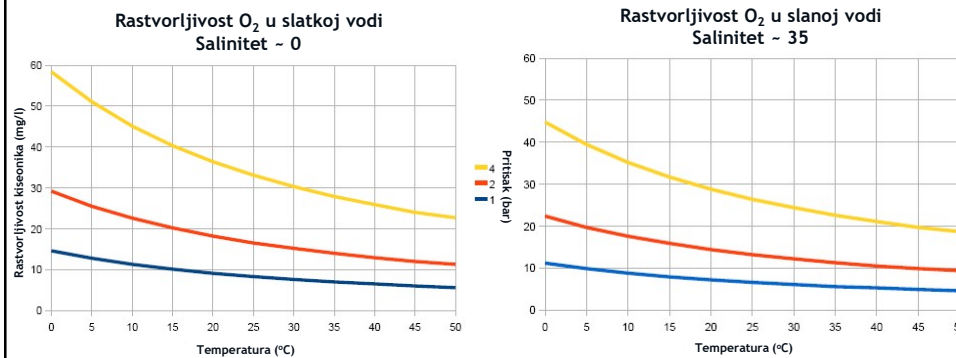
Karbonatni pufer

GASOVI U MORSKOJ VODI

- Za razliku od saliniteta, konc. gasova u morskoj vodi je veoma promenljiva.
- Važan gas rastvoren u morskoj vodi je O_2 , a morska voda sadrži do 9 mg/l (ili ppm) O_2 , mnogo manje od atmosfere.
- Glavni izvor ovog O_2 je fotosinteza u okeanima. Pošto biljke proizvode mnogo više O_2 nego što morska voda može da rastvori, višak O_2 odlazi u atmosferu (oko 50% atmosferskog O_2 potiče od fotosinteze u okeanima).
- Rastvorljivost gasova u morskoj vodi zavisi od saliniteta, temperature i pritiska i smanjuje se sa:
 - povećanjem saliniteta
 - povećanjem temperature
 - smanjenjem pritiska

GASOVI U MORSKOJ VODI

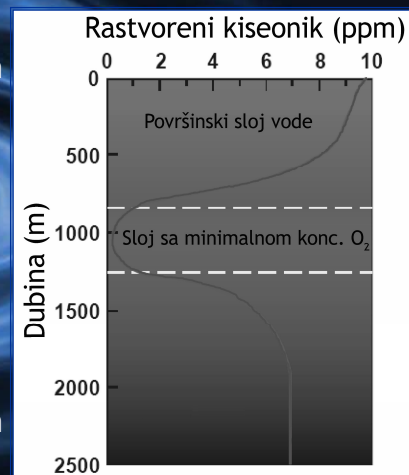
- Zbog prisustva soli, gasovi su manje rastvorljivi nego u slatkoj vodi.



Rastvorljivost O₂ u slatkoj i slanoj vodi (uticaj t i p)

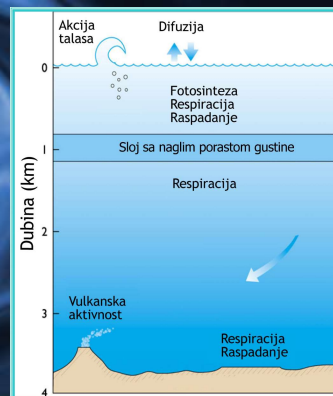
GASOVI U MORSKOJ VODI

- Koncentracija O₂ se menja sa dubinom:
 - Najviše ga ima u površinskom sloju zbog fotosinteze i kontakta sa atmosferom.
 - Sa dubinom, fotosinteza prestaje, pa opada koncentracija O₂ (jer nema nastanka O₂, ali se potrošnja nastavlja). Sloj sa min. konc. O₂ se javlja na oko 1 km dubine i podudara se sa slojem sa naglim porastom gustine vode.



GASOVI U MORSKOJ VODI

- U ovom sloju je suspendovana org. supstanca koja privlači organizme koji troše O_2 . Takođe, zaostala hrana se degraduje, pa se O_2 dodatno troši. Zbog razlike u gustini nije moguće mešanje sa vodom u dubljim slojevima.
- Dublji slojevi su bogatiji O_2 jer ima manje organizama i manje je raspadanje org. supstance.
- Na velikim dubinama, voda je anoksična, anaerobna, redukciona, sadrži NH_3 , H_2S i u njoj žive anaerobne bakterije.

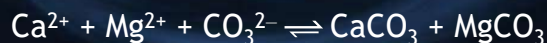


GASOVI U MORSKOJ VODI

- Još jedan važan gas rastvoren u morskoj vodi je CO_2 .
- Morska voda sadrži 45-54 ppm CO_2 (50 puta više od atmosfere).
- Ključan je za proces fotosinteze, a potiče od disanja i raspadanja org. supstance.
- CO_2 je veoma rastvoran u morskoj vodi, jer hemijski reaguje sa vodom:



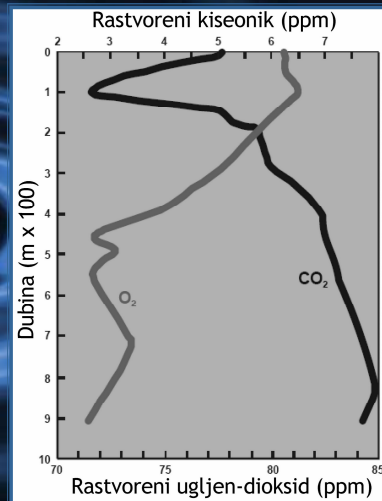
- Veći deo CO_2 se u okeanima nalazi u obliku $CaCO_3$ i $MgCO_3$ koji grade sedimente, ali i školjke, ljuštore životinja itd.:



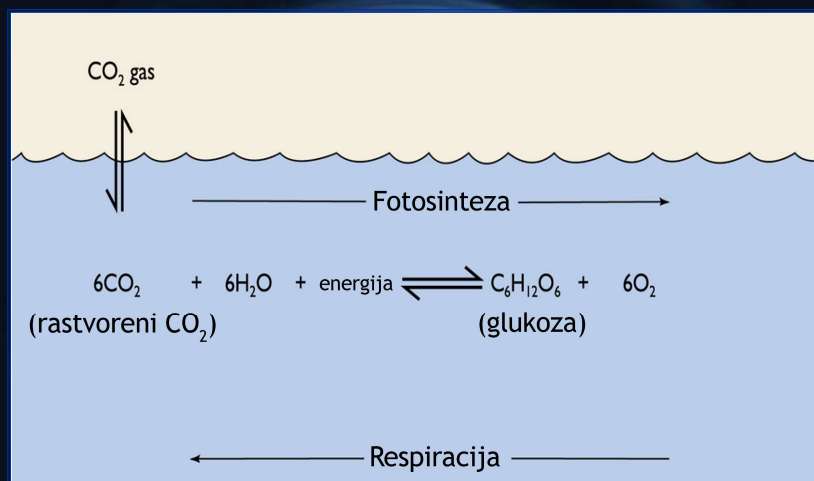
- Zbog reverzibilnosti ovih reakcija reguliše se kiselost okeanske vode.

GASOVI U MORSKOJ VODI

- Koncentracija CO_2 se menja sa dubinom suprotno O_2 :
 - U površinskom sloju je niska zbog fotosinteze.
 - Zatim se povećava, jer fotosinteza prestaje, a nastavlja se raspadanje org. supstance.



GASOVI U MORSKOJ VODI



Fotosinteza i respiracija (disanje)

ORGANSKA SUPSTANCA

- Predstavlja delimično razgrađenu biomasu.
- Prisutna je u malim količinama (nekoliko ppm) u obliku:
 - rastvorene organske supstance
 - suspendovane organske supstance - koloida
- Organska supstanca u morskoj vodi se troši u ishrani ili se taloži sa sedimentima.