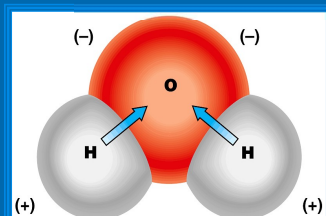




SVOJSTVA VODE

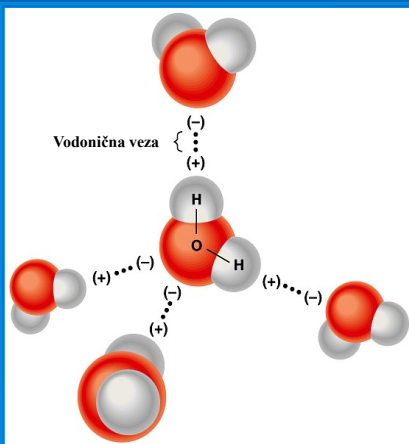
- 1. Polarnost
- 2. Kohezija i adhezija
- 3. Kapilarnost
- 4. Visok toplotni kapacitet
- 5. Visoka toplota isparavanja
- 6. Povećanje zapremine mržnjenjem
- 7. Univerzalni rastvarač
- 8. Transparentnost

1. POLARNOST VODE



Struktura molekula vode:
veze između H i O su
polarne kovalentne veze.

**Jedinstvena svojstva vode
potiču od njene strukture.**



Vodonične veze: slabe interakcije između delimično neg. O atoma i delimično poz. H atoma drugog molekula vode.

1. POLARNOST VODE

- Niz neobičnih svojstava vode potiče od sposobnosti molekula vode da formira vodonične veze:
 - kohezivno i adhezivno ponašanje (visok površinski napon)
 - otpor promeni temperature (visok toplotni kapacitet)
 - visoka toplota isparavanja
 - širenje prilikom mržnjenja
 - univerzalni rastvarač

2. KOHEZIJA I ADHEZIJA

- Polarnost vode prouzrokuje kohezivna i adhezivna (lepljiva) svojstva vode.
- Kohezija: molekuli vode se drže zajedno vodoničnim vezama.
- Adhezija: molekuli vode se vodoničnim vezama lepe za druge polarne molekule.

2. KOHEZIJA I ADHEZIJA

- **Kohezija** je međusobno privlačenje (spajanje) molekula vode (tako da se stvara najmanja moguća površina kapi).
- Kohezija objašnjava **visok površinski napon** vode (mera sile potrebne da se rastegne ili razbije površina tečnosti).



2. KOHEZIJA I ADHEZIJA

- Visok površinski napon vode se objašnjava time da se vodonične veze između molekula vode opiru razvlačenju ili razbijanju površine vode.
- Voda se ponaša kao da je prekrivena providnim filmom.
- Neki insekti zato mogu da stoje ili da se kreću po vodi.

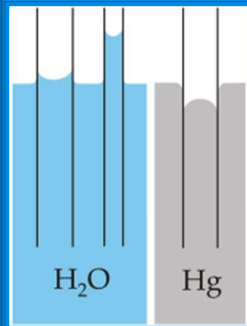


2. KOHEZIJA I ADHEZIJA

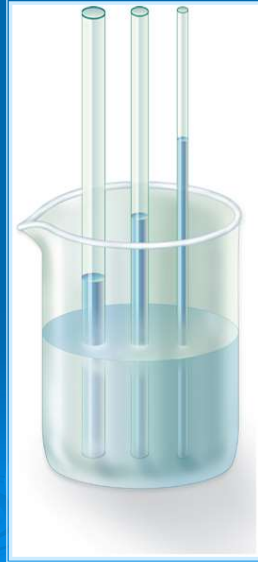
- **Adhezija** se odnosi na slepljivanje molekula vode sa molekulom druge supstance.
- Voda je adhezivna prema svakoj supstanci sa kojom može da formira vodonične veze.
- Pošto poseduje i kohezivna i adhezivna svojstva, voda pokazuje i kapilarnost, tj. kapilarno ponašanje presudno za transport vode u biljkama.



3. KAPILARNOST



- Zbog različitih sila adhezije između tečnosti i posude, odnosno površinskog napona tečnosti i vazduha u posudi, površina tečnosti nije potpuno vodoravna, već se uz ivice posude zaobljuje.
- Što su zidovi posude bliži, površina tečnosti se više zaobljuje.



3. KAPILARNOST

Voda isparava putem lišća
(transpiracija)



Kohezija,
adhezija i
kapilarnost

Koren apsorbira vodu

3. KAPILARNOST



- Biljke imaju specijalni sistem za transport vode od korena ka lišću.

- Molekuli vode se zahvaljujući adhezivnim svojstvima slepljuju za materijal od kojeg je ovaj sistem izgrađen.
- Putem kohezije, drugi molekuli vode se „penju“ ka vrhu.

4. VISOK TOPLOTNI KAPACITET

- **Specifični toplotni kapacitet** je količina toplote koja je potrebna da se apsorbuje ili oslobodi da bi 1 g supstance promenio temperaturu za 1 °C.
- Voda može da apsorbuje/oslobodi relativno veliku količinu toplote, a da se njena temperatura pri tome veoma malo promeni.

4. VISOK TOPLOTNI KAPACITET

- Da bi se t vode povećala potrebno je mnogo više energije nego da je u pitanju neki drugi rastvarač (zbog H-veza između molekula vode).

Supstanca	Toplotni kapacitet (cal/g/°C)
Srebro	0,06
Granit	0,20
Aluminijum	0,22
Etanol	0,30
Benzin	0,50
Aceton	0,51
Voda	1,00
Amonijak (l)	0,13

4. VISOK TOPLOTNI KAPACITET

- Zato voda sprečava velike promene t koje bi nepovoljno uticale na život na Zemlji.
- Tokom dana i leti, velike količine vode (npr. u okeanima) apsorbuju veliku količinu Sunčeve toplote, a zagreju se svega nekoliko stepeni.
- Tokom noći i zimi, topla voda zagreva hladan vazduh iznad okeana. Zato su t okeana i vazduha iznad priobalnih područja veće i stabilnije nego iznad kopna.

5. VISOKA TOPLOTA ISPARAVANJA

- **Toplota isparavanja** je količina energije (toplote) koja je potrebna da bi se 1 g tečnosti preveo u gas.
- Sunčeva toplota koja se apsorbira u okeanima i morima se troši kada voda isparava.
- Kada tečnost isparava, površina tečnosti koja zaostaje (ili površina sa koje tečnost isparava) se hladi.

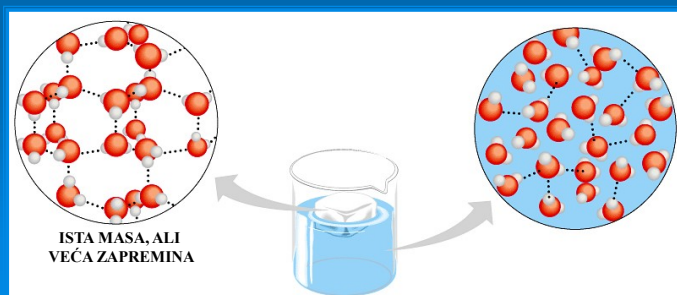
5. VISOKA TOPLOTA ISPARAVANJA

- Ovo **hlađenje isparavanjem** sprečava velike promene temperature, pa:
 - ublažava klimu na Zemlji
 - stabilizuje t u vodenim ekosistemima
 - otklanja višak toplote kod živih bića i sprečava da se kopneni organizmi pregreju



6. POVEĆANJE ZAPREMINE MRŽNENJEM

- Prilikom hlađenja, voda se do 4 °C skuplja (zapremina se smanjuje), a zatim se od 4 °C do 0 °C širi (zapremina se povećava).
- Dakle, prilikom mržnjenja zapremina se povećava. Pošto je masa ista, gustina se smanjuje ($\rho = m/V$).
- Gustina vode je najveća na 4 °C.

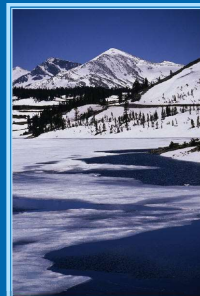


6. POVEĆANJE ZAPREMINE MRŽNENJEM

- **Voda (l)** – H-veze između molekula vode su nestabilne, neprekidno se raskidaju i stvaraju, pa se prostor između njih menja.
- **Led (s)** – H-veze između molekula vode su stabilne (svaki molekul je okružen sa max. 4 druga molekula vode), pa je prostor između njih fiksiran.
- Kada se led topi, H-veze se raskidaju i molekuli vode mogu da se približe čime se gustina povećava.
- Led je zato ređi od vode (oko 10% na 4 °C) i pluta po vodi.

6. POVEĆANJE ZAPREMINE MRŽNENJEM

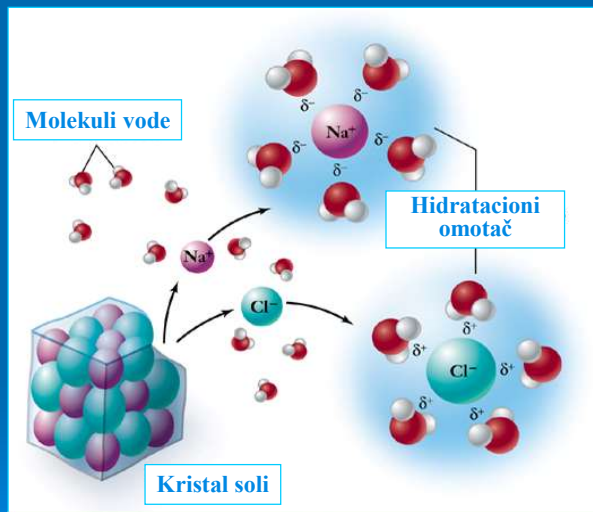
- Ovo svojstvo vode objašnjava sledeće pojave:
 - Voda u okeanima, rekama i jezerima se ledi od površine ka dnu i sprečeno je da se voda zaledi do dna. Na ovaj način omogućen je život organizama u vodi ispod leda tokom zime.
 - Led formiran na površini vode predstavlja toplotnu izolaciju i zadržava vodu ispod toplom. Takođe, prilikom mržnjenja toplota se oslobađa, pa se voda ispod zagreva. Na ovaj način je dodatno omogućen život organizama u vodi zimi i ublažene su drastične promene prilikom smene godišnjih doba.



7. UNIVERZALNI RASTVARAČ

- Voda nije zaista univerzalni rastvarač, ali je raznovrstan i dobar rastvarač zahvaljujući polarnosti molekula i mogućnosti formiranja H-veza.
- U vodi se rastvaraju jonska i polarna kovalentna jedinjenja (i neorganska i organska).
- Jedinjenja mogu biti:
 - **hidrofilna** – koje voda privlači
 - **hidrofobna** – koje voda odbija
- Ovo svojstvo vode je vitalno za živi svet jer se mnoge biohemijske reakcije dešavaju samo u vodenim rastvorima.

7. UNIVERZALNI RASTVARAČ



- Prilikom rastvaranja dolazi do hidratacije jona (okruživanja molekulima vode).

8. TRANSPARENTNOST

- Voda je transparentna, tj. providna.
- Ovo svojstvo vode omogućava da Sunčeva svetlost dopire do vodenih biljaka, pa je moguće postojanje bujnog biljnog sveta u vodi.
- Voda apsorbira IC zračenje, pa ima i zaštitnu ulogu za živi svet u vodi.



HEMIJA VODE

-PARAMETRI KVALITETA VODE-

- 1. Temperatura
- 2. Rastvoreni kiseonik
- 3. pH-vrednost
- 4. Tvrdoća
- 5. Nitrati i fosfati
- 6. Mutnoća
- 7. Provodnost

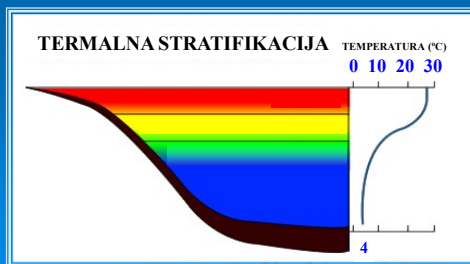
1. TEMPERATURA VODE

- Utiče na:
 - gustinu vode (opada sa porastom t)
 - rastvorljivost gasova u vodi (opada sa porastom t)
 - brzinu hemijskih reakcija u vodi (raste sa porastom t)
 - brzinu rasta organizama (raste sa porastom t)
 - provodnost vode (raste sa porastom t)
 - pH-vrednost vode (opada sa porastom t)

1. TEMPERATURA VODE

➤ Temperatura vode u prirodi varira (prirodno) zbog:

- sezonskih promena t vazduha
- termalne stratifikacije u vodenim telima



1. TEMPERATURA VODE

- U vodenim telima, tokom leta, sa porastom dubine dolazi do raslojavanja (**stratifikacije**) na slojeve vode različitih gustina. Pošto su nastali slojevi stabilni („ne mešaju se“) u svakom se uspostavljaju različiti uslovi. Tako se koncentracija rastvorenog O_2 , pH-vrednost, sadržaj hranljivih materija, itd. veoma razlikuju u površinskim i dubinskim slojevima vodenog tela. Kada se jednom uspostavi, stratifikacija se održava sve do sezone promene t vazduha.
- Kada se, tokom jeseni, površina vode ohladi do t vode dubljih slojeva, termalna stratifikacija nestaje, jer se slojevi vode lako „mešaju“ zbog gotovo istih gustina. Sličan proces se odvija i u proleće, zagrevanjem površinskog sloja vode koji se tokom zime ohladio.

1. TEMPERATURA VODE

- Temperatura vode u prirodi varira (veštački) zbog:
 - ulivanja zagrejanih industrijskih ili komunalnih otpadnih voda (termalno zagađenje)
 - seče i uništavanja šuma



1. TEMPERATURA VODE

- Većina vodenih organizama je hladnokrvna (nema sposobnost termoregulacije).
- Zbog toga, t okoline (vode) ima dominantan uticaj na biološku aktivnost i rast vodenih organizama.
- Sa porastom t vode, raste i biološka aktivnost i brzina rasta vodenih organizama (Q_{10} pravilo).
- Vodeni organizmi imaju optimalan temperaturni opseg u okviru kojeg najbolje funkcionišu. Pri velikim promenama t vode, izvan optimalnog temperaturnog opsega, broj jedinki vrste opada.
- Takođe, povećanje t utiče na rastvorljivost O_2 , tj. sa povećanjem t sadržaj rastvorenog O_2 opada (neg. uticaj na vodene organizme).



2. RASTVORENI KISEONIK

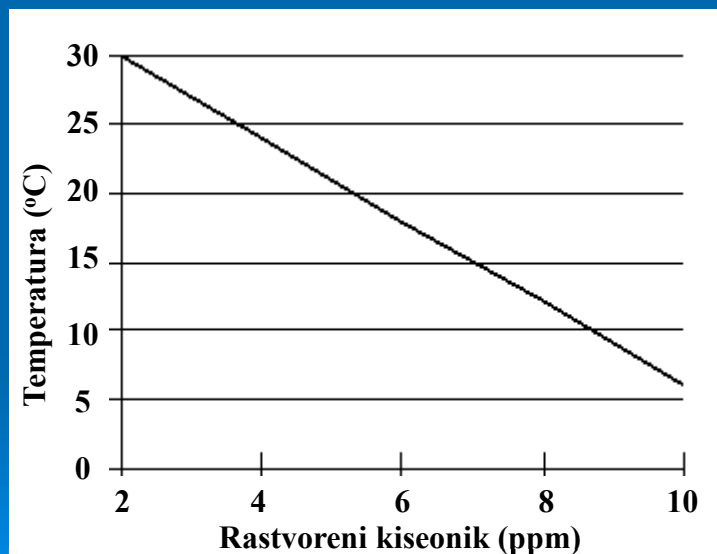
- Predstavlja koncentraciju O₂ rastvorenog u vodi koji je dostupan za ribe i druge vodene organizme.
- Opseg vrednosti je 0-18 ppm.
- Za postojanje velike, raznovrsne populacije riba u prirodnim vodama potrebno je min. 4-5 ppm rastvorenog O₂ (optimalno 9 ppm). Ispod 3 ppm (hipoksična voda) celokupna populacija riba će uginuti.
- Sadržaj rastvorenog O₂ u vodi varira i tokom dana, zbog promena u temperaturi. Sa hlađenjem vode, sadržaj rastvorenog O₂ se povećava.

2. RASTVORENI KISEONIK

- Hipoksija je stanje smanjene količine O_2 .
- Voda sa nedovoljnom količinom rastvorenog O_2 (< 3 ppm) za živi svet u vodi naziva se hipoksična voda.
- Hipoksiju prouzrokuje veliki sadržaj hranljivih materija i organske materije (eutrofični uslovi, bogati hranom).



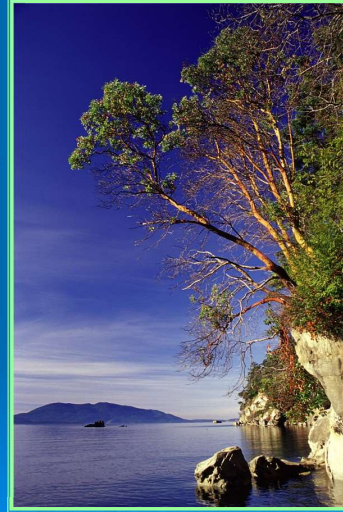
2. RASTVORENI KISEONIK



Uticaj temperature na sadržaj rastvorenog kiseonika

2. RASTVORENI KISEONIK

- Sadržaj rastvorenog O_2 u prirodnim vodama varira (prirodno) zbog:
- pojačanog Sunčevog zračenja
 - povećanog unosa hranljivih materija
 - promena u količini vode koja se uliva u vodeno telo (npr. suše)
 - promena vremenskih uslova



2. RASTVORENI KISEONIK

Veliki **unos hranljivih materija** u prirodne vode

Bujanje algi i biljaka

Smanjenje rastvorenog O_2 (hipoksija) dostupnog za vodene organizme

Promene u ekosistemu (organizmi kojima treba puno rastvorenog O_2 se zamenjuju organizmima kojima je potrebno malo)



2. RASTVORENI KISEONIK

- Sadržaj rastvorenog O_2 u prirodnim vodama varira (veštački) zbog:
 - antropogenog unosa hranljivih materija ili organske materije
 - promena u količini vode koja se uliva u vodeno telo (npr. preusmeravanje vodenih tokova)

3. pH-VREDNOST

- Vrednost pH u prirodnim vodama uglavnom je određena sastavom okolnog zemljišta.
- Vrednost pH u prirodnim vodama određuje koliko su razne supstance dostupne živom svetu u vodi.
- Voda sa niskom pH-vrednošću povećava rastvorljivost stena i minerala i time dostupnost hranljivih materija (PO_4^{3-} , NO_3^-) i teških metala (Fe, Cu, Pb, Hg, itd.) organizmima u vodi.
- Na ovaj način, toksičnost ovih supstanci je povećana, a time se utiče i na lanac ishrane jer se smanjuje broj jedinki u vodi.

3. pH-VREDNOST

- Vrednost pH u prirodnim vodama se menja zbog:
 - bujanja algi
 - bakterijske aktivnosti
 - turbulencije vode
 - zagađenja (unos hem. supstanci, prelivanje kanalizacije, kisele kiše)



3. pH-VREDNOST

- Vrednost pH utiče na živi svet u vodi na sledeći način:

Smanjenje pH
(npr. putem kiselih kiša)



Oslobađanje teških metala, Al, itd.



Toksični uslovi



Smanjenje populacije riba

- Za ribe u prirodnim vodama idealna je $\text{pH} = 6,5\text{--}8,2$.
- Za alge u prirodnim vodama idealna je $\text{pH} = 7,5\text{--}8,4$.

3. pH-VREDNOST

- Da bi se pH-vrednost održala konstantnom i živi svet u vodi zaštitio, u vodama postoje prirodni puferi.
- Uobičajeni prirodni puferi su karbonati, kao krečnjak (CaCO_3) koji potiče iz krečnjačkih stena.
- Za vodene organizme idealna je voda koja sadrži 100–120 ppm karbonata.



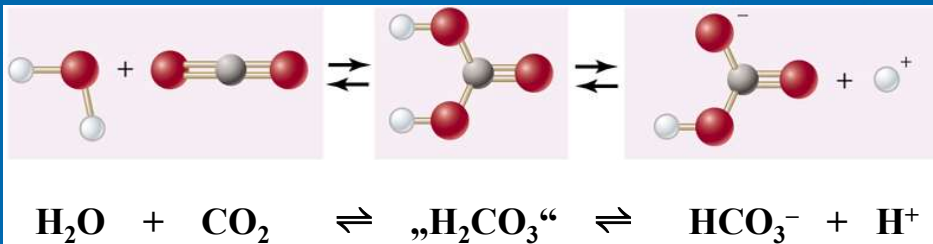
Krečnjačke stene

3. pH-VREDNOST

- Kiseline – otpuštaju H^+ -jone ($\text{pH} < 7$).
- Baze – primaju H^+ -jone ($\text{pH} > 7$).
- **Puferi** – otpuštaju ili primaju H^+ -jone da bi pH-vrednost održali konstantnom.
- Organizmi prirodno proizvode pufere jer ne mogu da tolerišu velike promene pH, a ćelije najbolje funkcionišu u uskom opsegu pH-vrednosti.
- Puferi se sastoje od dva jedinjenja, od kojih se jedno ponaša kao kiselina, a drugo kao baza.

3. pH-VREDNOST

PUFERSKI SISTEM U LJUDSKOJ KRVI (pH ~ 7,5)



KISELINA BAZA

3. pH-VREDNOST

- Pošto se u prirodnim vodama obično neutrališu kiseline, kao parametar kvaliteta vode definisan je **alkalitet** (ili alkalnost).
- Alkalitet vode predstavlja koncentraciju supstanci u vodi koje mogu da neutrališu kiselinu i odupru se promeni pH.
- Idealni alkalitet vode je 100–120 ppm.
- Ove supstance predstavljaju i tvrdoću vode.

3. pH-VREDNOST

pH = 1		1
pH = 2	Stomačna kiselina	2
pH = 3		3
pH = 4		4
pH = 5		5
pH = 6	Kislica, sneg	6
pH = 7		7
pH = 8	Čista voda	8
pH = 9	Krv	9
pH = 10	Morska voda	10
pH = 11		11
pH = 12		12
pH = 13		13
pH = 14		14

- Podzemna voda ima veći alkalitet (veću pH) od površinske vode.

4. TVRDOĆA VODE

- Predstavlja ukupni sadržaj neorganskih supstanci u vodi (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-).
- Postoje „prolazna“ (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^-) i „stalna“ tvrdoća vode.
- Kao parametar kvaliteta vode tvrdoća vode podrazumeva količinu Ca^{2+} i Mg^{2+} -jona u vodi.
- Tvrdoća vode se izražava stepenom tvrdoće vode, a jedinica je $\text{mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ vode, tj. ppm.
- $< 70 \text{ mg CaCO}_3/\text{dm}^3$ vode = meka voda
- $70\text{--}150$ = umereno tvrda voda
- $150\text{--}200$ = tvrda voda
- > 200 = veoma tvrda voda

4. TVRDOĆA VODE

- Prirodni izvor soli Ca i Mg su stene: krečnjačke, koje daju tvrdu vodu, i granitne (SiO_2 , Al_2O_3) koje daju meku vodu.
- Meka voda nije pogodna za piće jer su u njoj teški metali toksičniji. Naime, u teškoj vodi, sa većim sadržajem karbonata, teški metali se talože u obliku nerastvorljivih karbonata, pa su manje dostupni, tj. manje toksični.
- Tvrdoća vode i alkalitet su povezani. Što je veći alkalitet, veća je tvrdoća vode.

5. NITRATI I FOSFATI

- Hranljive materije u vodi.
- **Nitrati** (NO_3^-) predstavljaju prirodni oblik azota u zemljištu. Kako nastaju (ciklus azota)?
- Veštački izvori nitrata su: stajsko đubrivo, veštačko đubrivo, neispravne septičke jame i kanalizacione cevi.
- Povećana koncentracija nitrata u vodi može dovesti do **eutrofikacije** (bujanja vegetacije), što dovodi do smanjenja sadržaja rastvorenog O_2 (hipoksija) i promena u strukturi živog sveta u vodi i lancu ishrane.

5. NITRATI I FOSFATI

- Max. dozvoljeni sadržaj nitrata u pijaćoj vodi je 10 ppm.
- Povećana koncentracija nitrata u pijaćoj vodi može dovesti do tzv. „blue baby“ sindroma. Kod beba (do 6 meseci) želudac luči manje kiseline, pa je pH veće. U uslovima smanjene kiselosti bakterije se razmnožavaju i povećava se konverzija nitrata u nitrite. Nitriti reaguju sa hemoglobinom u crvenim krvnim zrnima i smanjuju njegovu sposobnost prenošenja O₂. Koža, usne i nokti takvih beba dobijaju plavu boju.



5. NITRATI I FOSFATI

- **Fosfati** (PO₄³⁻) se u prirodi javljaju u fosfatnim stenama i mineralima.
- Veštački izvori fosfata su: sredstva za pranje (prašak), neispravne kanalizacione cevi, veštačko đubrivo.
- Naime, fosfati su važan sastojak praška za pranje (zamenjuju se zeolitima, alumosilikatnim mineralima) koji imaju funkciju smanjenja tvrdoće vode. Pri zagrevanju vode:
$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Da bi se sprečilo taloženje kamenca, Ca²⁺-joni se uklanjaju fosfatima.
- Povećana koncentracija fosfata dovodi do eutrofikacije.

6. MUTNOĆA VODE

- parametar kvaliteta vode koji ukazuje na čistoću vode
- sa porastom količine suspendovanih čestica, mutnoća raste

6. MUTNOĆA VODE

- Velika mutnoća vode se javlja zbog:
 - fitoplanktona na otvorenom moru
 - resuspendovanih sedimenata sa dna (zbog jakih vetrova ili veće populacije vodenih životinja)
 - organske materije iz otpadnih voda
 - povećane brzine protoka vode
 - poplava



6. MUTNOĆA VODE

- Velika mutnoća vode je problem zbog:
 - nemogućnosti prodiranja svetlosti do biljaka i smanjenja ili zaustavljanja fotosinteze, što dovodi do uništenja biljnog sveta u vodi
 - zapušnja škrga kod riba, što dovodi do njihovog uginuća
 - smanjene vidljivosti za životinje u vodi, što dovodi do nemogućnosti pronalaženja hrane



7. PROVODNOST VODE

- **Provodnost vode** je mera sposobnosti vode da provodi električnu struju.
- U vodi, struju prenose joni rastvorenih supstanci.
- Jedinica za provodnost je $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- Provodnost prirodnih voda zavisi od vrste i koncentracije rastvorenih supstanci, kao i temperature vode.
- Provodnost raste sa povećanjem:
 - koncentracije jona
 - valence jona
 - pokretljivosti jona
 - temperature

7. PROVODNOST VODE

- Provodnost vode u prirodi najčešće varira zbog:
 - različitog hemijskog sastava okolnog zemljišta
 - ulivanja komunalnih i poljoprivrednih otpadnih voda