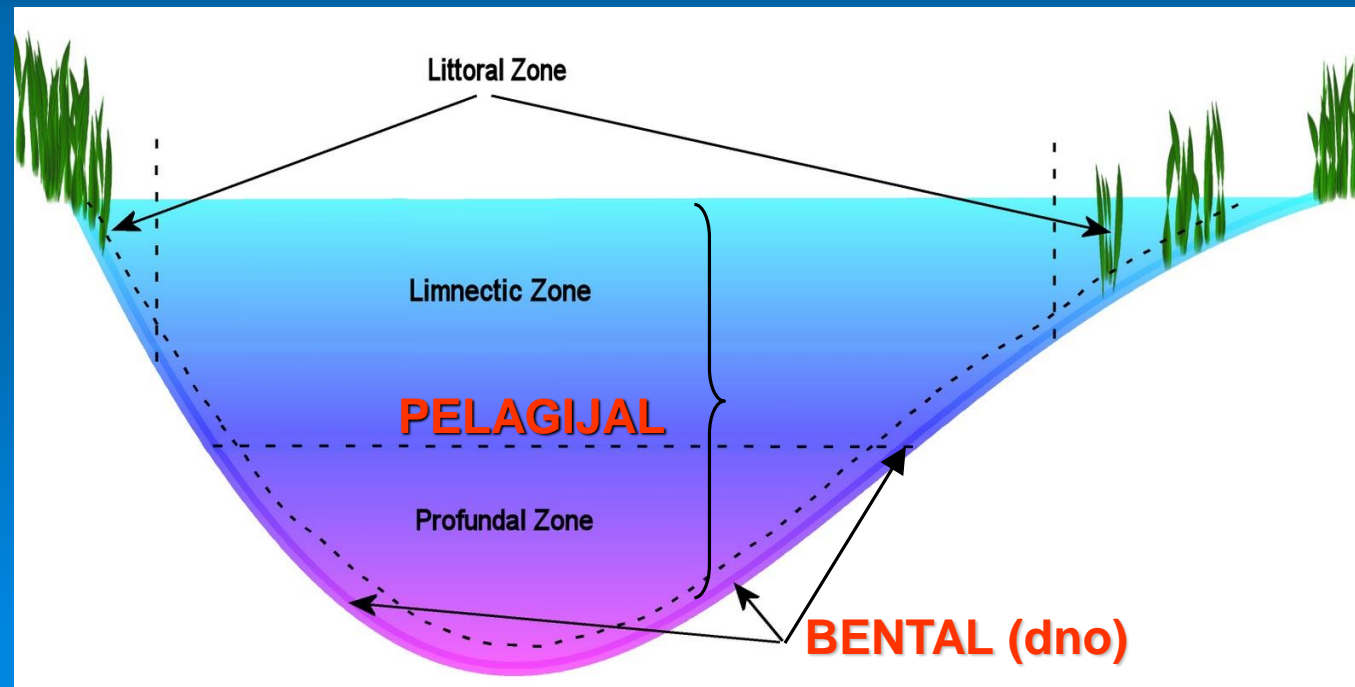


**JEZERSKE ŽIVOTNE  
ZAJEDNICE**

# Jezerske životne zajednice

U jezeru razlikujemo dvije životne sredine:

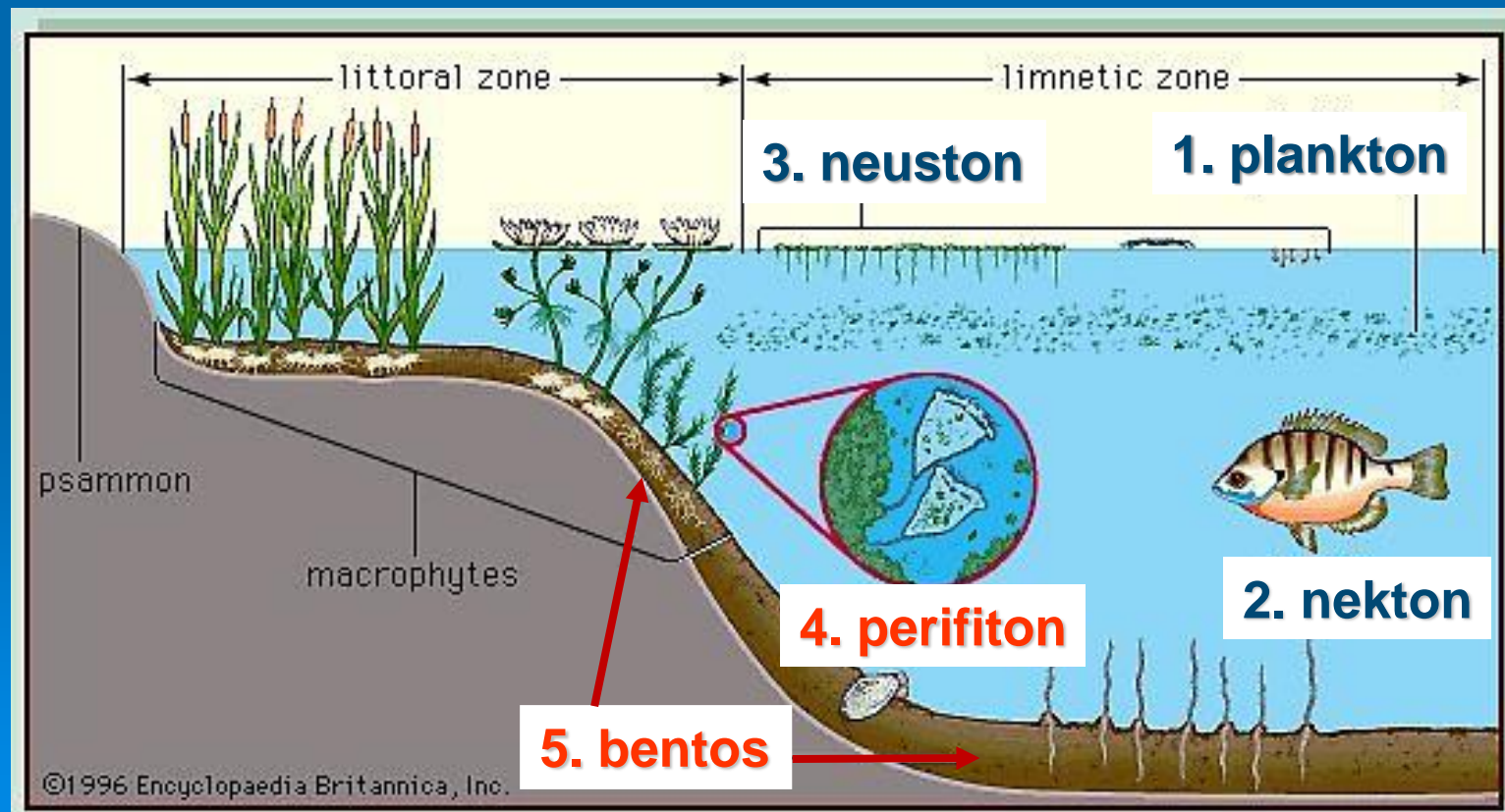
- slobodna voda – **PELAGIJAL** (limnetička i profundalna zona) - zajednice: *plankton*, *nekton* i *neuston*
- jezersko dno – **BENTAL** (litoral i profundal) - zajednica: *bentos*



# Jezerske životne zajednice

**1. plankton** - fitoplankton i zooplankton **2. nekton** – ihtiofauna **3. neuston** – epi- i hiponeuston

**4. perifiton** (epibionti) **5. bentos** - fitobentos i zoobentos



# PLANKTON



# PLANKTON

Plankton se prema veliĉini moŹe podijeliti u pet grupa:

- **Pikoplankton** (0,2 - 2  $\mu$ ) - veĉina bakterija
- **Nanoplankton** (2 - 20  $\mu$ ) - mikroflagelate
- **Mikroplankton** (20 - 200  $\mu$ ) - planktonske alge (fitoplankton) i **zooplankton** koji se njima hrani (konzumenti I reda)
- **Mezoplankton** (200 - 2000  $\mu$  tj. od 0,2 - 2 mm) - veĉina zooplanktona koji su predatori (konzumenti II reda)
- **Makroplankton** (> 2 mm) - *Cnidaria* (Źarnjaci) - meduze

# PLANKTON

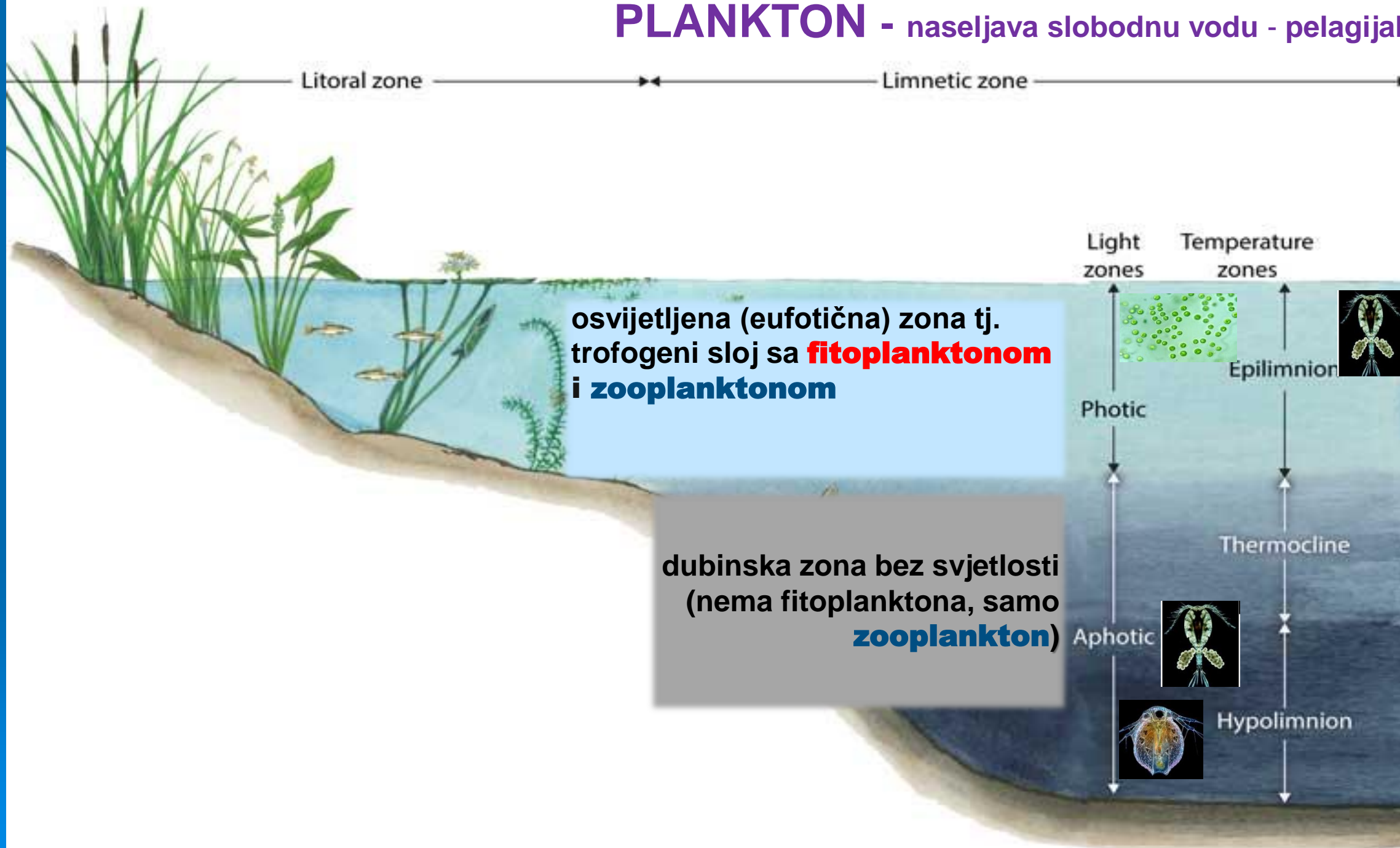
II Plankton se prema načinu života dijeli na:

- **Holoplankton** – čitav životni ciklus provode u pelagijalu, nezavisno od jezerskog dna
- **Meroplankton** – samo jedan dio života provode u pelagijalu, a drugi dio na dnu

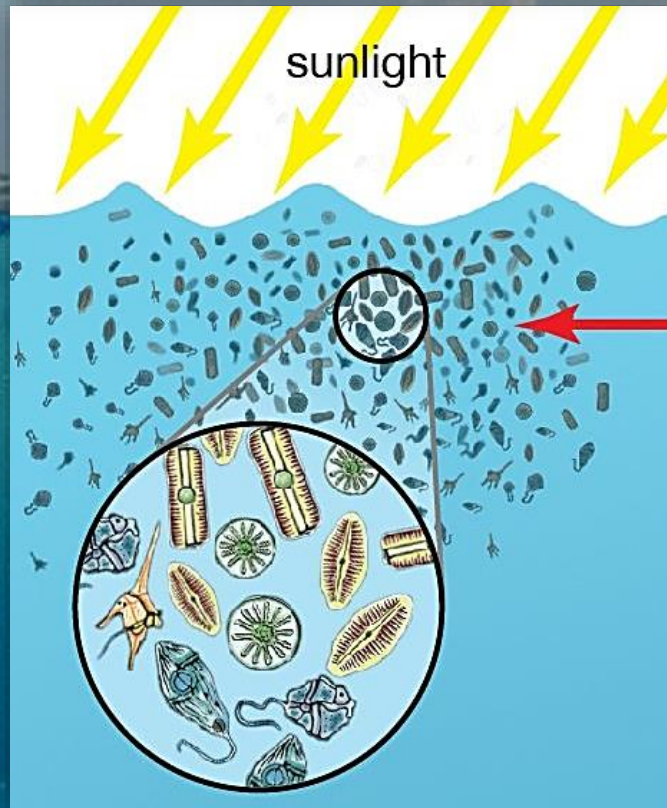
III Podjela prema načinu ishrane:

- **Fitoplankton** – jednoćelijske i kolonijalne alge
- **Zooplankton** – Protozoa i Metazoa
- **Bakterioplankton** - bakterije

# PLANKTON - naseljava slobodnu vodu - pelagijal



# 1. FITOPLANKTON





# 1. Fitoplankton

**FITOPLANKTON** – autotrofna komponenta planktona - jednoćelijske i kolonijalne alge

- Naseljava gornju, osvijetljenu zonu jezera (trofogeni sloj – **epilimnion**)
- Prva karika u lancu ishrane pelagijala
- Posjeduju adaptacije kojima se odupiru tonjenju

Formula za izračunavanje brzine tonjenja nekog tijela je:

$$A = b / c \times d,$$

gdje je: **A** - brzina tonjenja, **b** - specifična težina tijela,

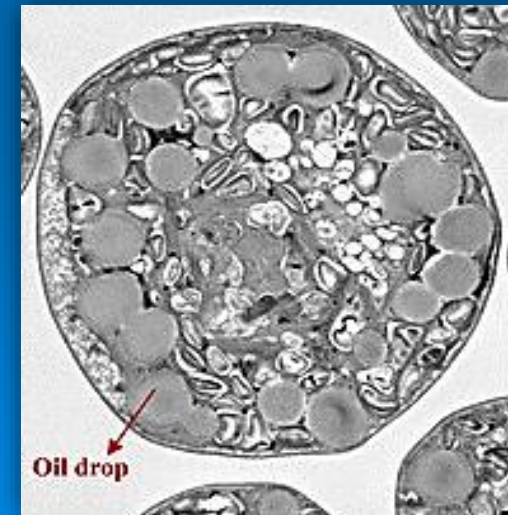
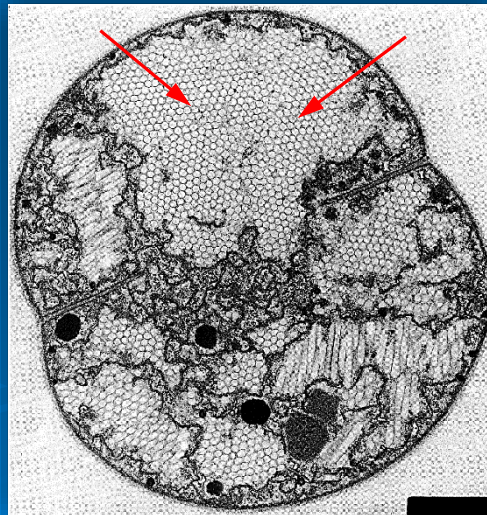
**c** - otpor oblika tijela prema tonjenju, **d** - viskoznost vode

# Fitoplankton

Adaptacija fitoplanktona protiv tonjenja mogu biti dvojake:

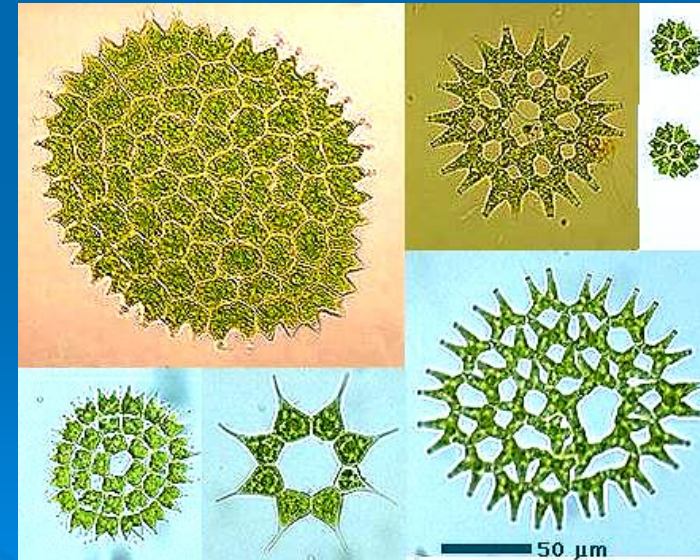
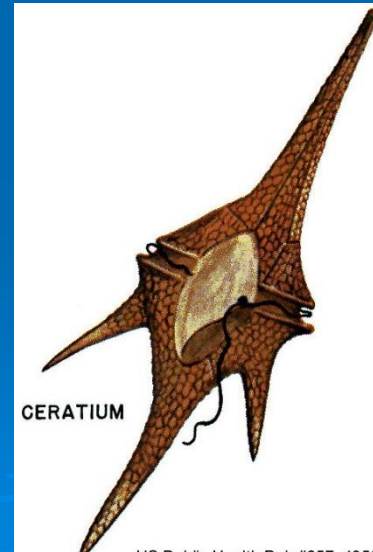
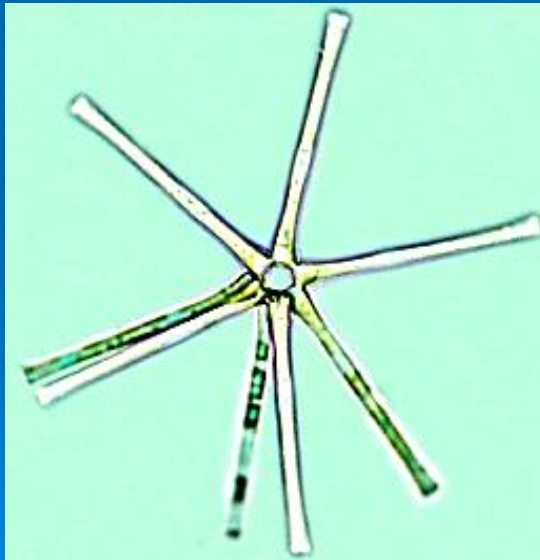
## 1. Adaptacije koje utiču na **smanjenje specifične težine tijela:**

- lučenje sluzavog omotača oko ćelija i kolonija (npr. *Eudorina*, *Microcystis*)
- gasne vakuole unutar ćelije (*Microcystis*)
- nagomilavanje masti i kapljica ulja u ćelijama (silikatne alge)



# Fitoplankton

2. Adaptacije koje **povećavaju otpor oblika tijela** prema tonjenju, a to je povećavanje odnosa površine i zapremine tijela (P/V) - oblikom ćelije ili kolonije i pojavom raznih izraštaja na tijelu



# Fitoplankton - faktori koji utiču na razvoj:

- **Temperatura vode**
- **Svjetlost**
- **Nutrijenti (P, N, Si)**
- **Konzumenti**

# Fitoplankton - faktori koji utiču na razvoj

## Temperatura

- Alge opstaju na temperaturi od  $-75^{\circ}\text{C}$  (alge snijega i leda) do  $+95^{\circ}\text{C}$  (termalni izvori)
- Većina algi dostiže svoj optimalni stepen rasta pri temperaturi **20-25°C**
- Temperatura vode ima i indirektan uticaj na ovu zajednicu:
  - kroz uticaj na cirkulaciju vode i podizanje nutrijenata sa dna
  - kroz uticaj na razviće zooplanktonskih organizama, koji su glavni konzumenti planktonskih algi
  - kroz uticaj na viskoznost vode - olakšavanje ili otežavanje lebdenja algi u vodi
- Temperatura utiče i na taksonomski sastav zajednice (**sezonsku sukcesiju**):
  - silikatne alge dominiraju po brojnosti na niskim temperaturama vode
  - zelene alge na srednjim temperaturama vode
  - modrozelene alge na visokim temperaturama vode

# Fitoplankton - faktori koji utiču na razvoj



## Svjetlost

- Fitoplankton se razvija samo u **gornjim, osvijetljenim slojevima vode** (eufotična zona). Različita joj je dubina u različitim jezerima: 1m – 50m (130m)
- Voda je **optički filter** – selektivno propušta Sunčeve zrake. Alge se vrstom pigmentata prilagođavaju kvalitativno izmijenjenim uslovima svjetlosnog režima (**hromatska adaptacija** – više izraženo kod morskih algi)
- Različiti pigmenti algi imaju maksimum apsorpcije svjetlosti u različitim djelovima vidljivog dijela spektra. Maksimalna apsorpcija **hlorofila a** javlja se pri svjetlosti talasne dužine **430 i 660 nm**

# Fitoplankton - faktori koji utiču na razvoj

## Mineralne soli (nutrijenti)

- U vodenim ekosistemima **ugljenika** uvijek ima dovoljno, pa su **azot** i **fosfor** (i **silicijum** u slučaju silikatnih algi) elementi čija koncentracija u jezerima predstavlja glavni **limitirajući nutrijent** za razvoj fitoplanktona
- Najčešći limitirajući nutrijent u **slatkovodnim** ekosistemima je **fosfor**, jer se u vodi nalazi u najmanjoj količini – nekoliko  $\mu\text{g/l}$
- U slučaju **morskog** fitoplanktona, **azot** je glavni ograničavajući nutrijent

**Mala količina soli fosfora –  
mala brojnost fitoplanktona**

**Oligotrofno jezero**



**Eutrofno jezero**



**Velika količina soli fosfora –  
“cvjetanje” fitoplanktona**



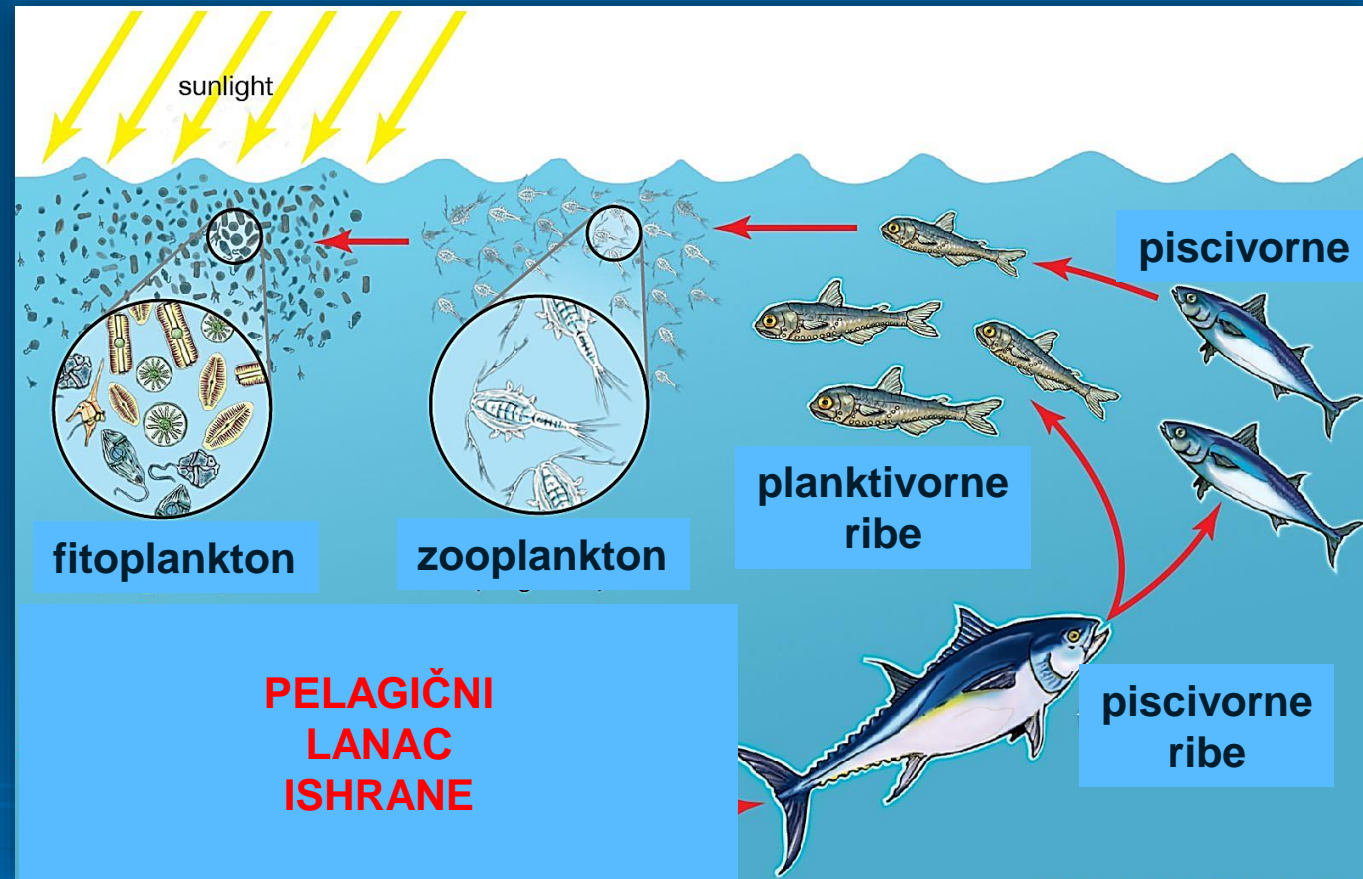
# Fitoplankton – uticaj konzumenata

➤ **Zooplankton** – direktno se hrani fitoplanktonom - algama manje veličine (obično alge do 30  $\mu\text{m}$ ) - zato su krupnije alge u prednosti

➤ **Ihtiofauna** – indirektno utiče na brojnost fitopl. - kroz lanac ishrane:

Planktivorne ribe dominiraju - eliminišu zooplankton - brojnost fitoplanktonske zajednice raste

Piscivorne ribe dominiraju – one eliminišu planktivorne ribe – dominira zooplankton koji se sada hrani fitoplanktonom i smanjuje mu brojnost



# Fitoplankton – sezonska dinamika

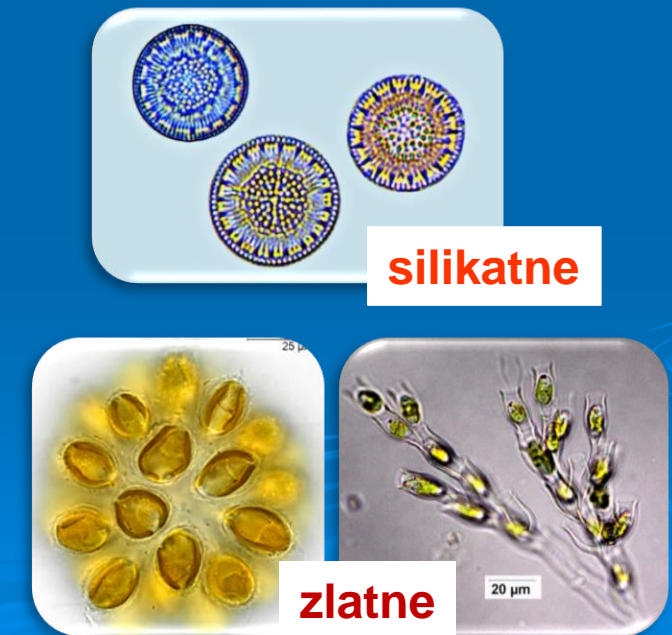
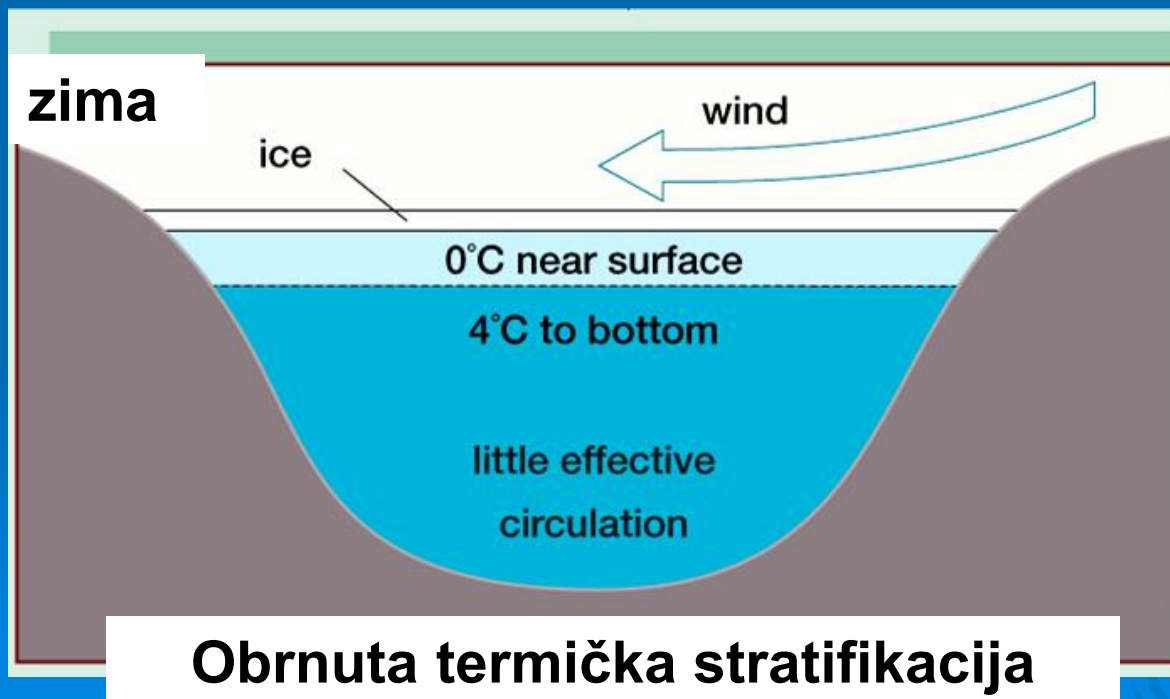
Razvoj fitoplanktona je limitiran:

- u **zimskom periodu**: niska temperatura i mala količina svjetlosti (naročito u slučaju ledenog pokrivača)
- u **ljetnjem periodu**: mala količina nutrijenata, predatori (zooplankton) i efekat “samozasjenjivanja”
- **Proljeće i jesen** – cirkulacija i obnova nutrijenata, nema limitacije za razvoj fitoplanktona (maksimalna bronost)

# Fitoplankton – sezonska dinamika

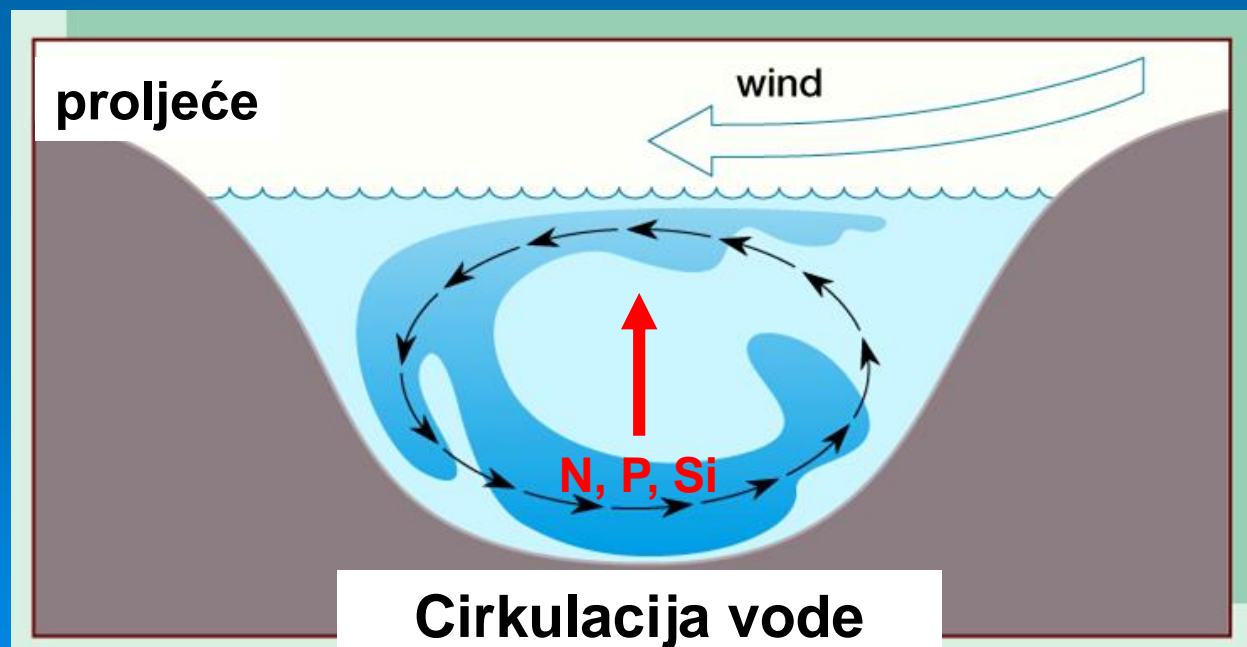
Dimiktična jezera (umjerena zona) – tzv. PEG model sezonske dinamike:

**ZIMA** – niska T i osvjetljenost – mala brojnost zajednice fitoplanktona  
(uglavnom **silikatne** i **zlatne** alge)



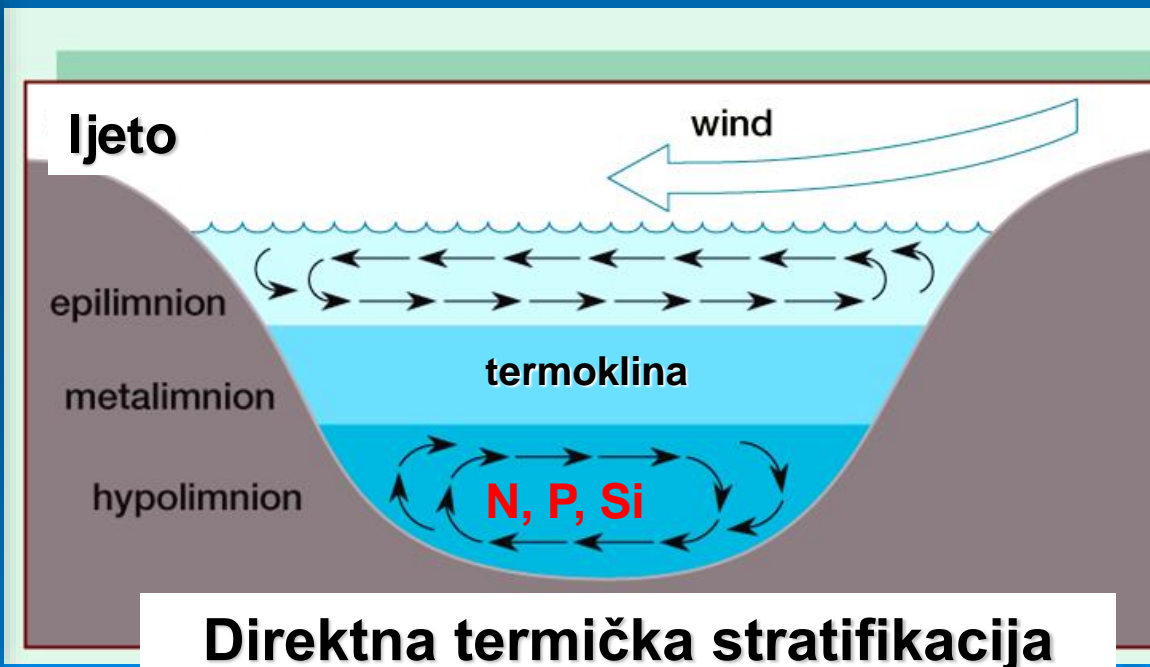
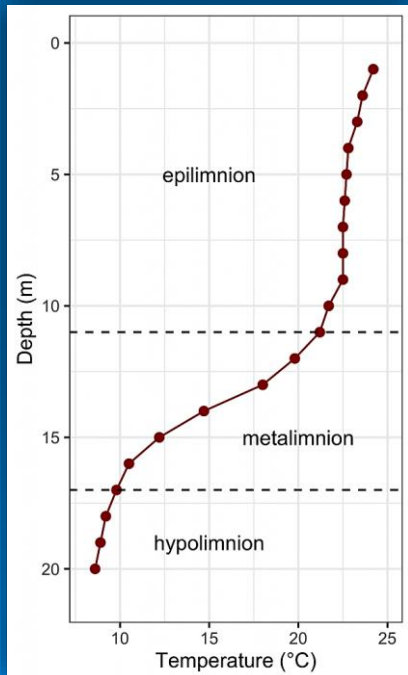
# Fitoplankton – sezonska dinamika

**PROLJEĆE** - rastu T, količina svjetlosti i nutrijenti (cirkulacija) - razvijaju se velikom brzinom invazivne vrste algi malih dimenzija (uglavnom **silikatne**), tj. **brojnost fitoplanktona raste – PRVI maximum** - uzrokuje smanjenje količine nutrijenata u vodi



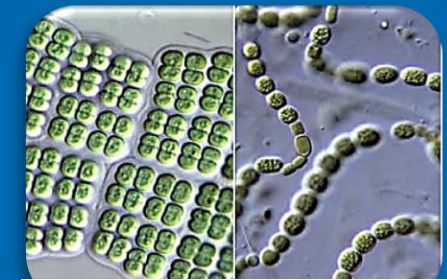
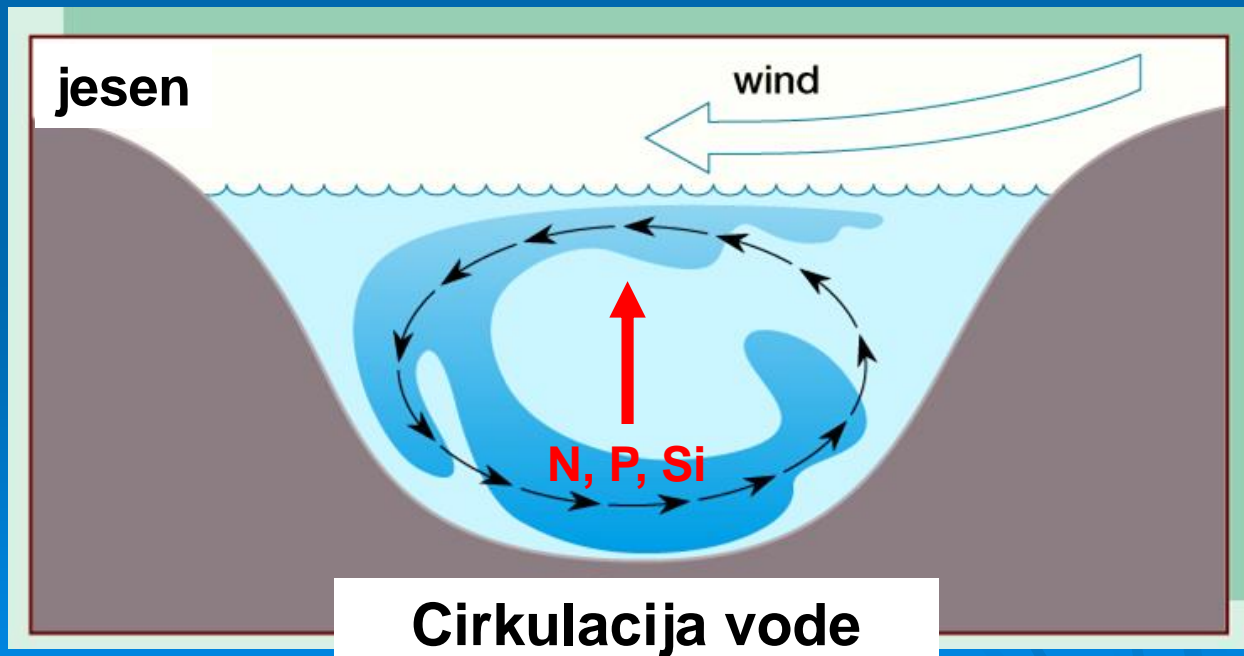
# Fitoplankton – sezonska dinamika

**LJETO** – utrošeni su nutrijenti, obnova sa dna je nemoguća zbog termičke stratifikacije – **brojnost fitoplanktona opada** i razvijaju se vrste većih dimenzija sa sporijom stopom rasta (uglavnom **zelene alge**)

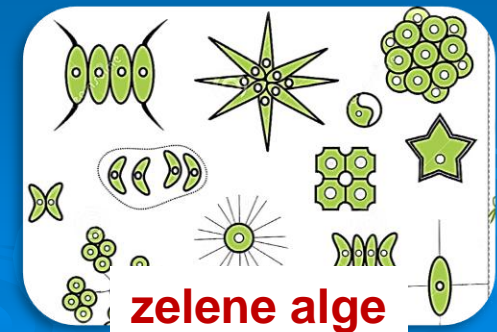


# Fitoplankton – sezonska dinamika

**JESEN** – cirkulacija vode i obnova nutrijenata – brojnost fitoplanktona raste -  
**DRUGI maksimum** brojnosti (modrozelenene i zelene)

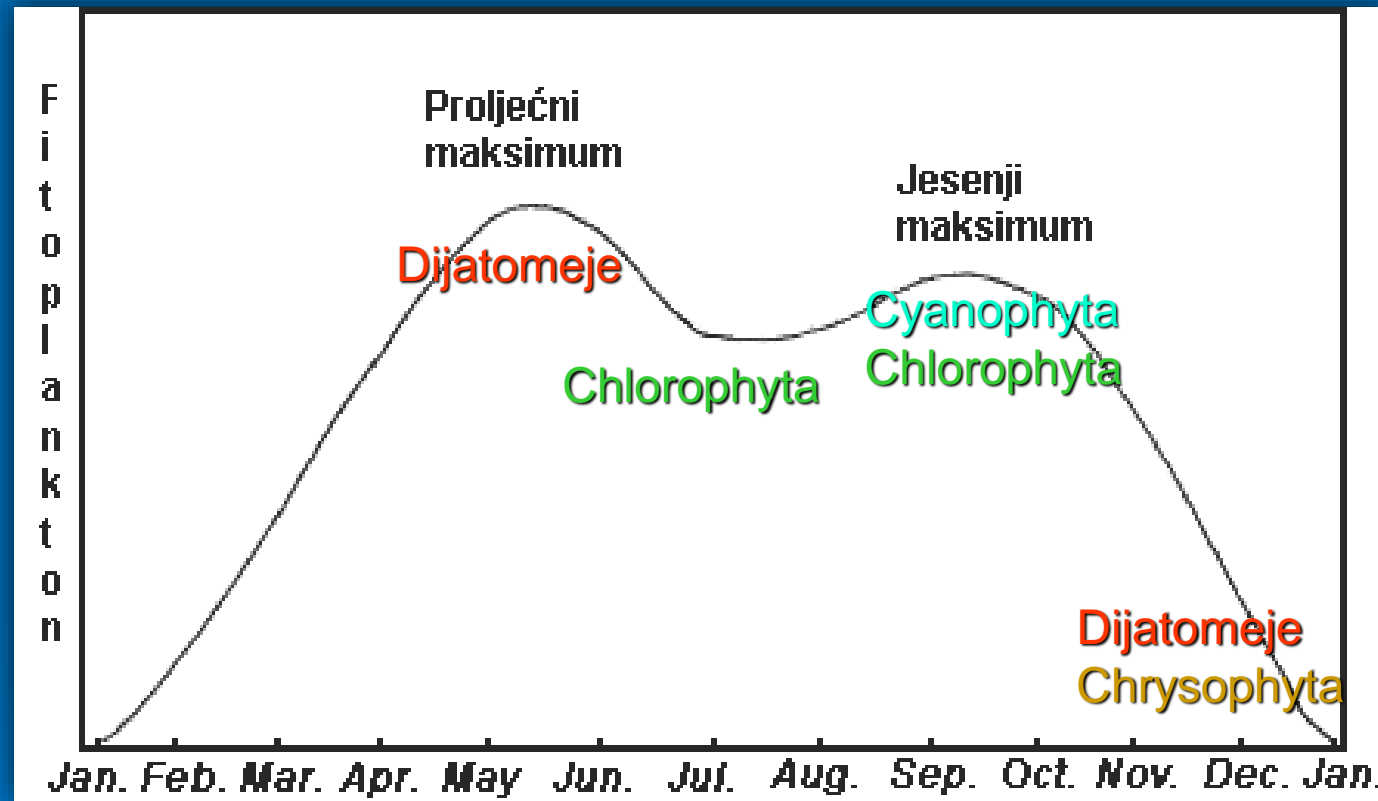


modrozelenene alge



zelene alge

# Fitoplankton – sezonska dinamika

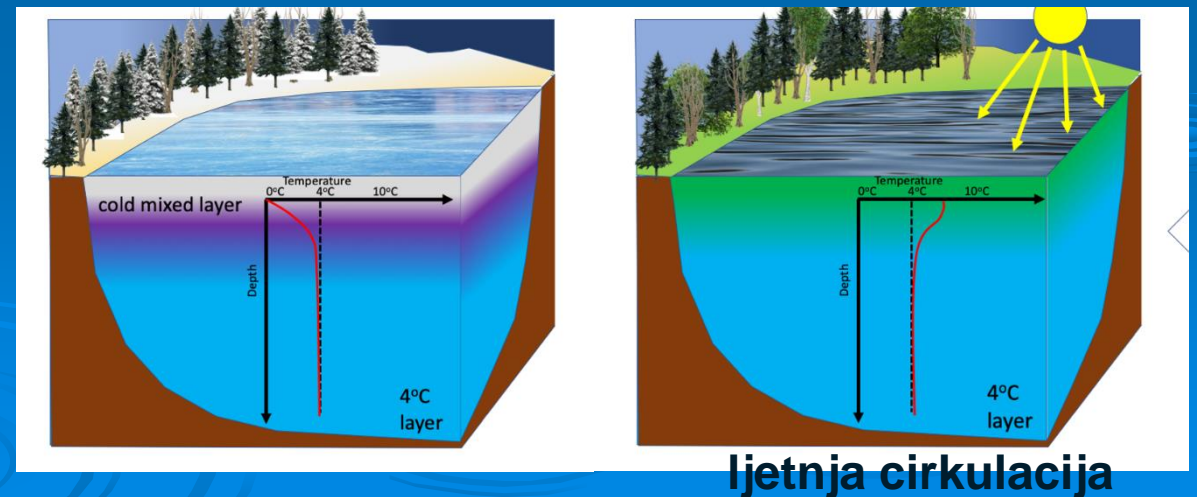
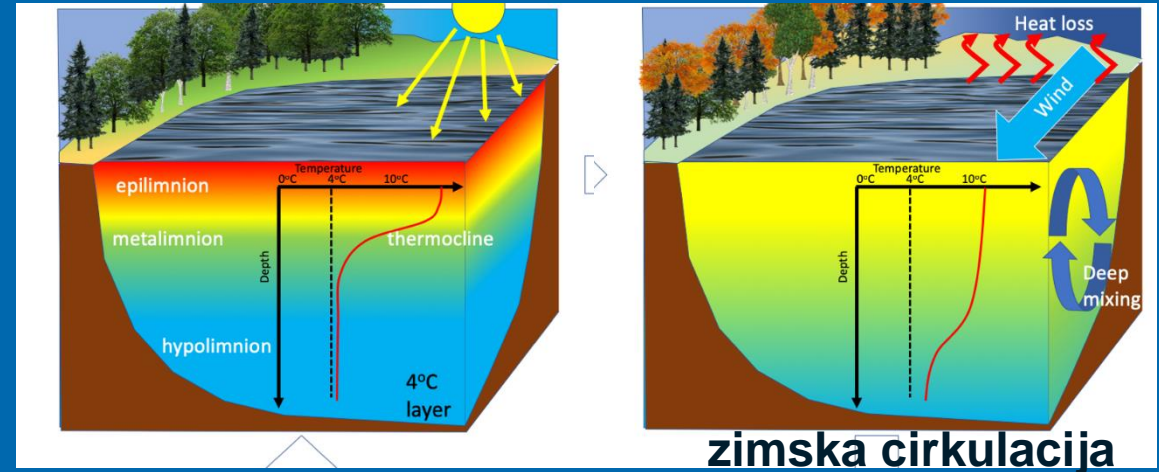


DIMIKTIČNA JEZERA: **Dva maksimuma brojnosti** zajednice fitoplanktona – **proljeće** (veći) i **jesen** (manji) – zbog cirkulacija i obnove nutrijenata

# Fitoplankton – sezonska dinamika

**Topla monomiktična** jezera - jedna cirkulacija godišnje i to zimi, zastupljen je samo **jedan** maksimum u razviću algi (**zimski** maksimum fitoplanktona)

**Hladna monomiktična** jezera - jedna cirkulacija godišnje - u toku ljeta, zastupljen je samo **jedan** maksimum u razviću algi (**ljetnji** maksimum fitoplanktona)





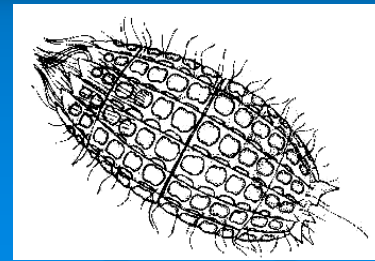
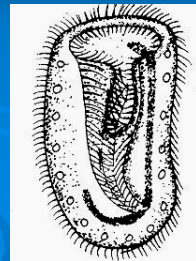
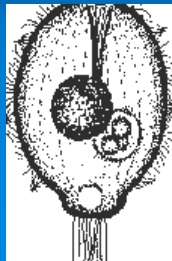
## 2. Zooplankton

- **Protozoa**
- **Rotatoria**
- **Crustacea** (Cladocera i Copepoda)

# Zooplankton (Protozoa)

## 1. Protozoa (najmanji značaj)

- Od protozoa u zooplanktonu, najbrojnija grupa su trepljari (Ciliata) – jer se kreću brže od ostalih Protozoa pa su šire rasprostranjene
- Holozoične su - hrane se bakterijama, algama, partikulama detritusa i sitnijim protozoama
- Količina hrane je glavni faktor koji kontroliše dinamiku populacija
- Često se razvijaju u slojevima sa znatno redukovanim kiseonikom – tada dominiraju u ukupnom zooplanktonu



# Zooplankton (Rotatoria)

## 2. Rotatoria

- Oko 3/4 rotatorija su sesilne, a svega 100 vrsta su čisto planktonski organizmi
- Imaju sedimentacioni način ishrane – čestice hrane dovode do usta pomoću vodene struje koju stvara vijenac cilija oko usnog otvora
- Većinom su omnivorne, a vrlo rijetko su predatori, npr. *Asplanchna* koja se hrani protozoama ili drugim rotatorijama



# Zooplankton (Rotatoria)

**Rotatoria** po broju vrsta dominiraju u Skadarskom jezeru (60% od ukupnog broja vrsta zooplanktona)

*Keratella*



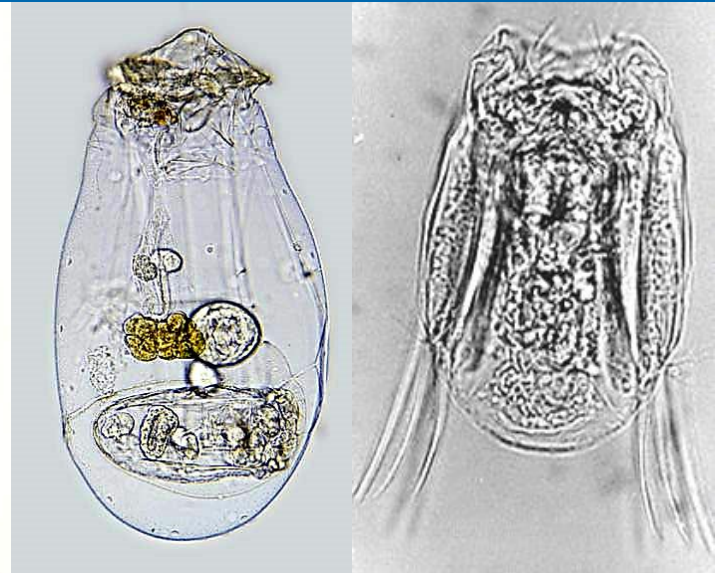
*Brachionus*



*Asplanchna*



*Polyarthra*



# Zooplankton (Rotatoria)

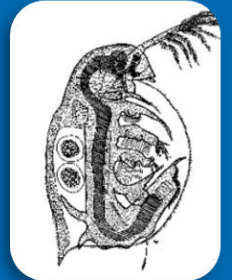
- Čistoća vode, temperatura, kvalitet i kvantitet ishrane dominantni su faktori koji regulišu brojnost i sezonsku sukcesiju rotatorija
- U umjerenom klimatu, višegodišnje vrste imaju **2 maksimuma brojnosti**: krajem proljeća i krajem ljeta (u vezi sa obiljem hrane u tom periodu i povoljnom temperaturom)
- Jednogodišnje vrste se mogu se podijeliti u dvije grupe:
  - 1. hladno-stenotermne vrste** - veliku brojnost imaju zimi i u rano proljeće (*Keratella hiemalis*, *Filinia terminalis*)
  - 2. vrste sa maksimumom u toku ljeta**, posebno u kasno ljeto (u vezi je sa razvojem modrozelenih algi) - *Polyarthra vulgaris*, *Keratella cochlearis*, *Synchaeta oblonga*

# Zooplankton (Crustacea)

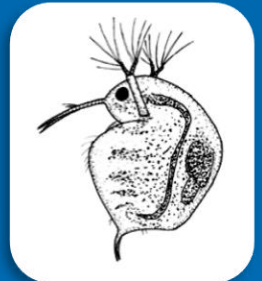
## 3. Crustacea (planktonski račići) – Cladocera i Copepoda

### Cladocera

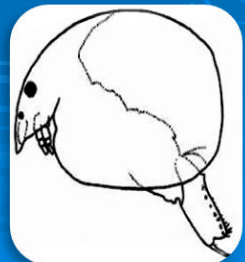
- Najveći broj vrsta iz ove grupe hrani se **filtracijom** (*Daphnia*, *Alona*, *Bosmina*, *Diphanosoma*)
- **Filtraciona ishrana** - pomoću 5 pari nožica na ventralnoj strani, koje su snabdjevene brojnim dlačicama i setama
  - veća količina hrane uslovljava veću stopu filtracije
  - veličina partikule hrane koju mogu da usvoje upravo je proporcionalna veličini tijela – krupniji organizmi usvajaju veće čestice
  - Hrana: sitnije planktonske alge (nanoplankton i neke Dijatomeje)



*Daphnia*



*Alona*



*Bosmina*

# Zooplankton (Crustacea)

## Cladocera

- **Sezonska dinamika:** 2 maksimuma brojnosti: proljeće i jesen
- **Proljeće** - raste količina hrane (fitoplankton, bakterije, detritus) i temperatura - raste brojnost ukupne zajednice Cladocera do dostizanja maksimuma
- **Ljeto** – brojnost opada
- **Jesen** - brojnost populacije ponovo raste i dostiže jesenji maksimum, usled porasta brojnosti fitoplanktona tokom jeseni, naročito zajednice modrozelenih algi



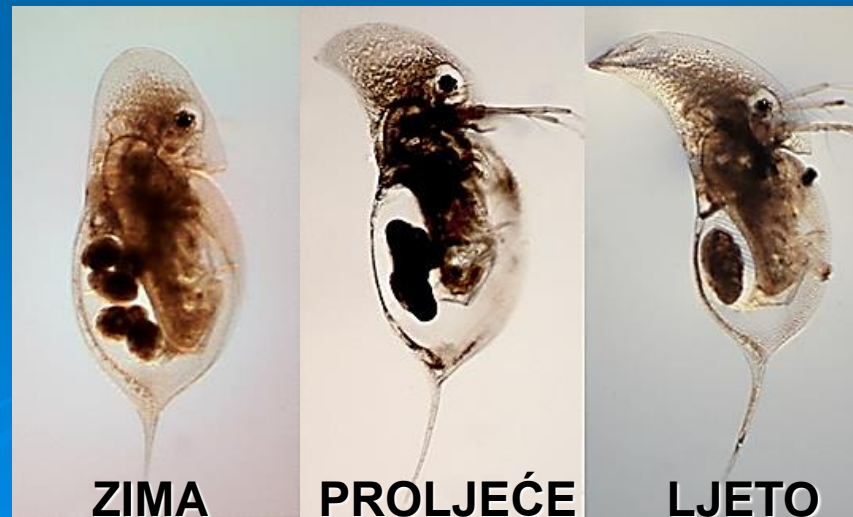
# Zooplankton (Crustacea)

## Cladocera

**Ciklomorfoza** predstavlja sezonski polimorfizam

- Kod roda *Daphnia*, sa porastom temperature vode u proljeće dolazi do postepenog izduživanja glavenog regiona uz formiranje tzv. **kreste**
- **Razlog**: bolji otpor tonjenju pri padu viskoznosti ljeti, odbrana od predatora

*Daphnia*





# Zooplankton (Crustacea)

## Copepoda

Planktonskim kopepodama pripada samo jedna taksonomska grupa - **Calanoida** - vrste koje naseljavaju pelagijal (*Eudiaptomus*, *Acanthodiaptomus*, *Limnocalanus*)

- Imaju **filtracioni** način ishrane - pokretanje vodene struje vrše pomoću antena, a filtracija se vrši kroz mrežu seta i dlačica na maksilama



# Zooplankton (Crustacea)

## Copepoda

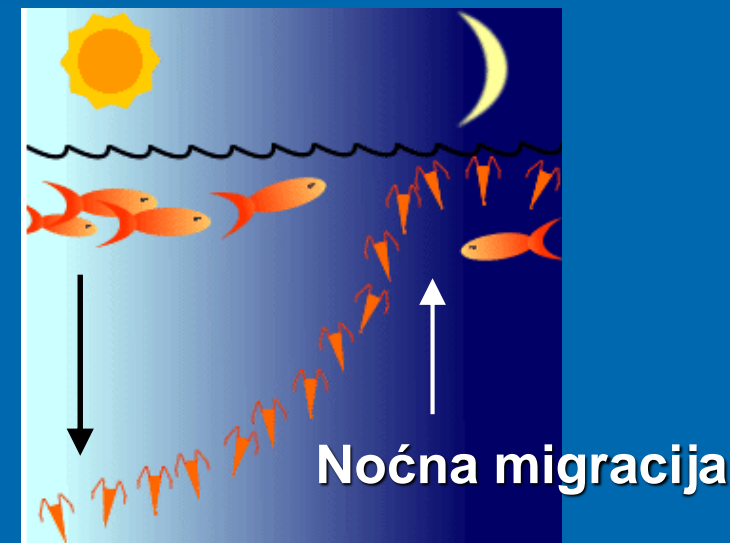
- **Sezonska dinamika:** dva maksimuma brojnosti, najčešće u proljeće i kasno ljeto
- Na sastav zajednice i sezonsku dinamiku svih planktonskih Crustacea takođe znatno utiče i vrsta i brojnost njihovih predatora (**planktivorne ribe**)
- Ribe se uglavnom hrane **krupnijim** oblicima zooplanktona, pa tada u zajednici dominiraju sitnijih oblici zooplanktona, koji bi u odsustvu planktivornih riba, kompeticijom bili isključeni iz zooplanktonske zajednice, jer krupni zooplankton mnogo brže i lakše dolazi do hrane



# Zooplankton (Crustacea)

## Vertikalne migracije Crustacea (Cladocera i Copepoda)

- Ovi pokreti zavise od: karakteristika podvodne svjetlosti, godišnjeg doba, starosti i pola
- **Svjetlost:** Sa približavanjem noći, jedinke migriraju prema površini i maksimalnu brojnost u ovom sloju dostižu neposredno prije svitanja - noćne migracije. Promjenom godišnjeg doba – sezonske migracije.
- **Starost:** Mlađi stadijumi imaju veću amplitudu kretanja od starijih
- **Pol:** Mužjaci vrše kraće, a ženke duže migracije

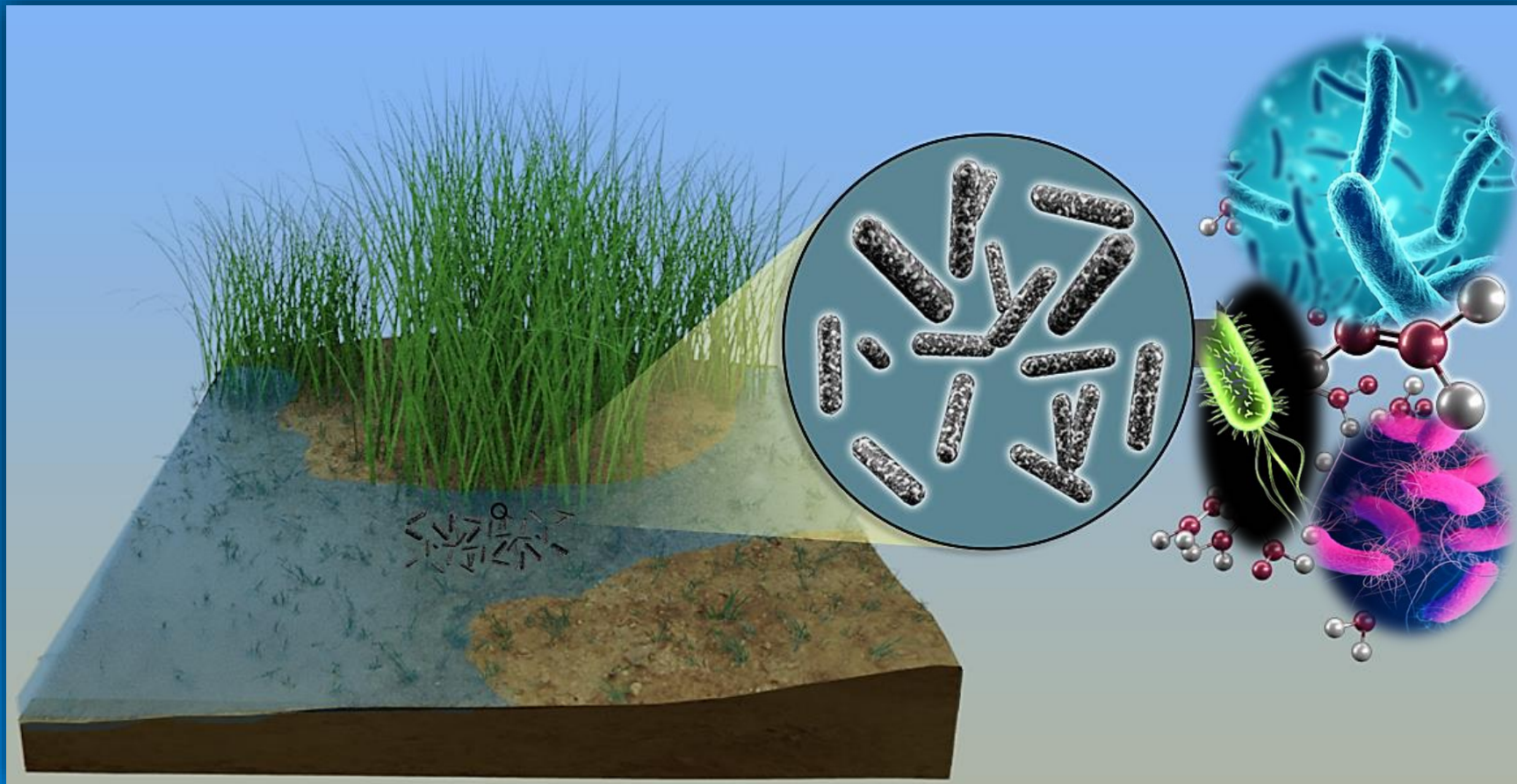


**Danju ka dubini** - izbjegavanje predatora (riba), kojima je za ishranu neophodna svjetlost. U dubljem, hladnijem sloju vode organizmi imaju sporiji metabolizam - ušteda energije

**Noću ka površini** – ishrana planktonskim algama koje su na površini brojnije



# Bakterioplankton



# Bakterioplankton



- **Značaj bakterija u jezeru:** u produkciji i razlaganju organske materije i kao direktan izvor hrane za mnoge članove zooplanktonske zajednice
- Bakterioplankton se prema načinu ishrane može podijeliti na:
  - autotrofni (fotoautotrofne i hemoautotrofne bakterije)
  - heterotrofni (saprofitske i parazitske bakterije)

# Bakterioplankton

## Autotrofne bakterije:

- **Fotoautotrofne** – zelene i crvene sumporne bakterije - koriste Sunčevu energiju kao izvor energije za sintezu organskih materija iz neorganskih
- **Hemoautotrofne** – bezbojne sumporne bakterije, gvožđevite bakterije itd, koje koriste hemijsku energiju (dobijenu oksidacijom neorganskih jedinjenja S, Fe) kao izvor energije za sintezu organskih materija



# Bakterioplankton

## Heterotrofne bakterije

**Saprotrofne bakterije** se hrane na račun ostataka uginulih vodenih organizama tj. vrše razlaganje organskih materija do neorganskih i time omogućavaju recikliranje hemijskih elemenata u jezeru (razlagači)

Primjer saprotrofskih bakterija su azotne bakterije:

- Amonifikatori vrše razlaganje organskih materija (koje sadrže azot) do amonijaka
- Nitrifikatori dalje oksiduju dalje amonijak do nitrita, a zatim do nitrata (rodovi *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*)
- Denitrifikatori – u anaerobnim uslovima redukuju nitrate do elementarnog azota (N)
- Azotofiksatori - vezuju (fiksiraju) elementarni azot i prevode ga u nitrate

# Bakterioplankton

## Brojnost bakterija

- varira u različitim jezerima (znatno je veća u eutrofnim jezerima, nego u oligotrofnim)
- varira i sezonski - od nekoliko stotina do nekoliko miliona jedinki u jednom mililitru
- Na brojnost bakterija utiče temperatura (pozitivna korelacija) i zooplankton koji se njima hrani (negativna korelacija)
- U nekim jezerima, maksimalna brojnost se javlja u proljeće i jesen, kao što je slučaj i kod većine ostalih članova planktonske zajednice, dok u nekim jezerima postoji po jedan maksimum brojnosti (najčešće ljeto) ili se maksimumi javljaju u nepravilnim intervalima



# Bakterioplankton

- **Vertikalna distribucija** - Sunčeva svjetlost, posebno ultraljubičasti zraci, djeluje letalno na bakterije - nema ih u površinskim slojevima vode
- Brojnost bakterija **raste sa dubinom** - na samom dnu nagli porast brojnosti, zbog nataloženih organskih materija u jezerskom sedimentu – obilje hrane
- **Horizontalni raspored** - obično su bakterije brojnije pri obali (više hrane), dok im se ka pučini gustina smanjuje

# Plankton u jezerima

## Zaključak:

Planktonska zajednica u jezeru predstavlja jednu posebnu cjelinu, tj. potpuno samostalnu biocenozu, jer sadrži sve 3 karike lanca ishrane: **producente** (fitoplankton), **konzumente** (zooplankton) i **reducente** (bakterije), čime je omogućeno neprekidno kruženje materije i time potpuna nezavisnost od ostalih zajednica u jezeru