



Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

# Efekti organskog zagađenja na kvalitet akvatičnih ekosistema

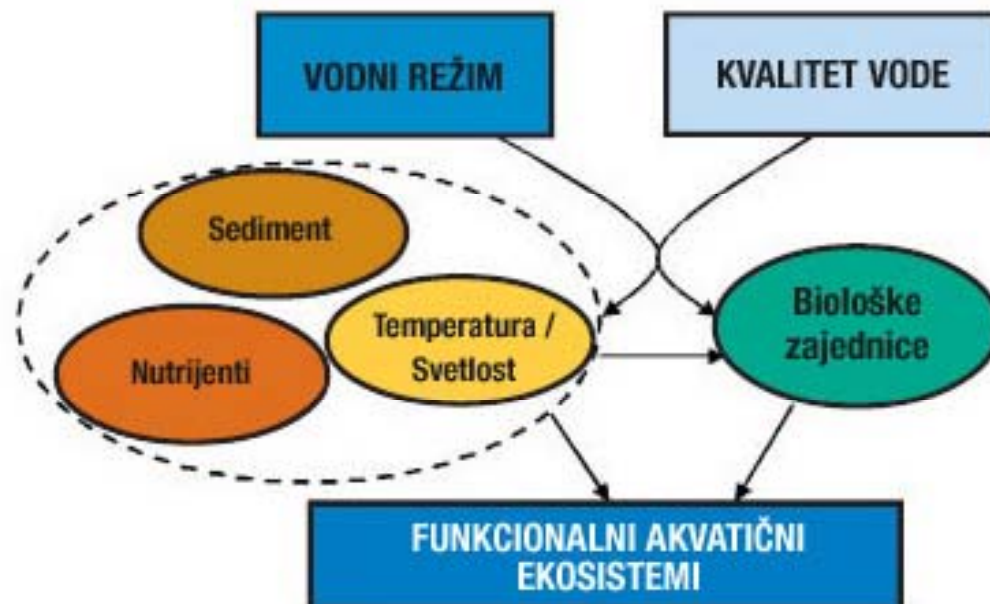
Svetlana Ugarčina, dipl. ekolog

Prirodno-matematički fakultet  
Departman za hemiju



**Akvatični ili slatkovodni ekosistem** - neraskidivi dinamičan sistem životne sredine (abiotičke komponente) i organizama (biotičke komponente), koji je naseljavaju.

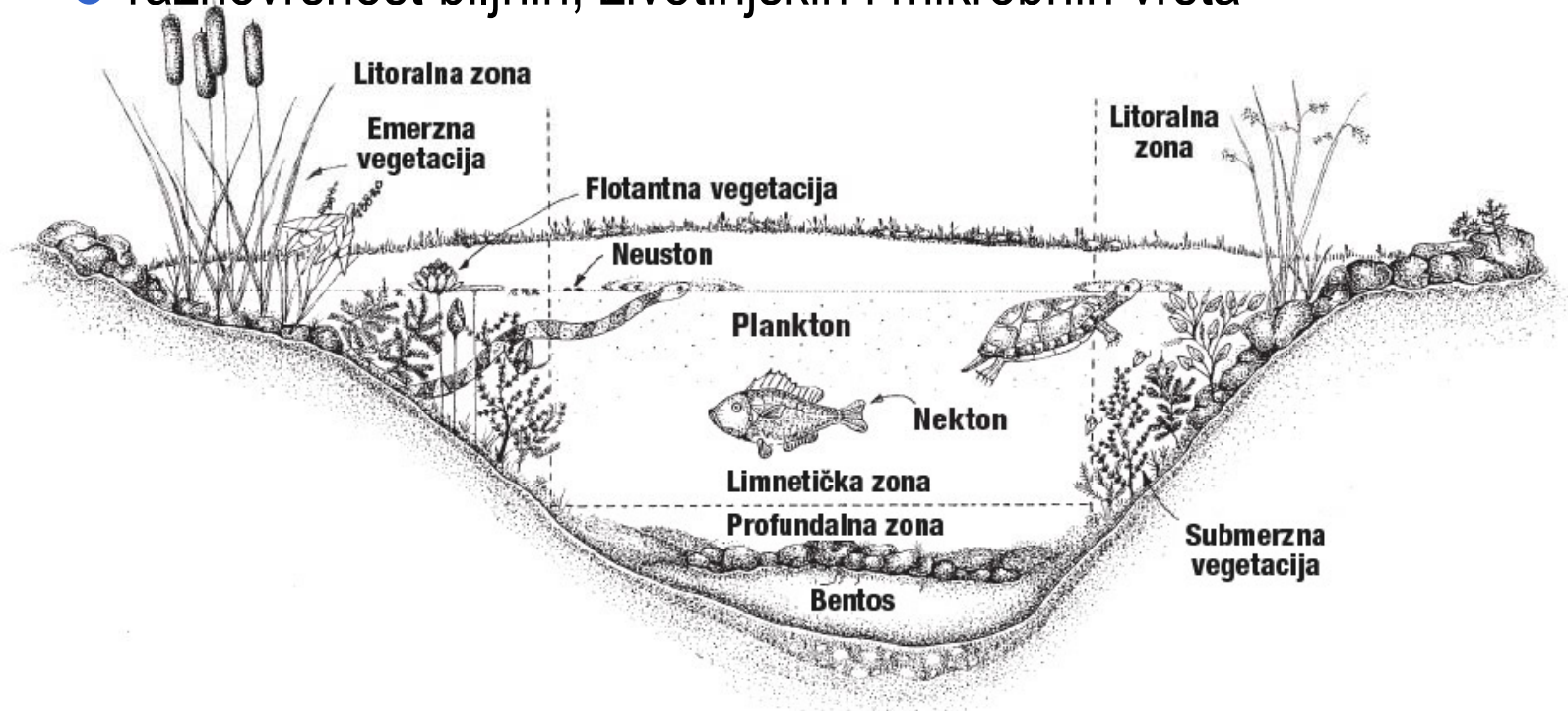
- **Životna sredina** - prostorno ograničena jedinica okarakterisana pre svega posebnim setom ekoloških faktora (rezultat složenog fizičko-hemijskog sistema voda-sediment)
- **Biološka zajednica** - određena kombinacija organizama koja se uspostavlja i održava kao takva pod datim ekološkim uslovima akvatične sredine





## Biotičke komponente - biota

- **Biodiverzitet** - raznovrsnost i promenljivost (varijabilnost) bioloških oblika, pojava i procesa u okviru živih organizama i eko. kompleksa čiji su oni deo, kao odgovor evolucije na promenljivost eko. faktora.
- raznovrsnost biljnih, životinjskih i mikrobnih vrsta



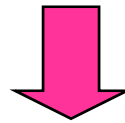


Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## Zagađenje - ugrožen biološki integritet

- biološke zajednice sačinjene su od organizama očekivanih za tu prirodnu životnu sredinu

- RAVNOTEŽA**
- INTEGRACIJA**
- ADAPTACIJA**



//Sposobnost da se podrži i održi ravnomerna i integralna funkcionalnost u prirodnom staništu//



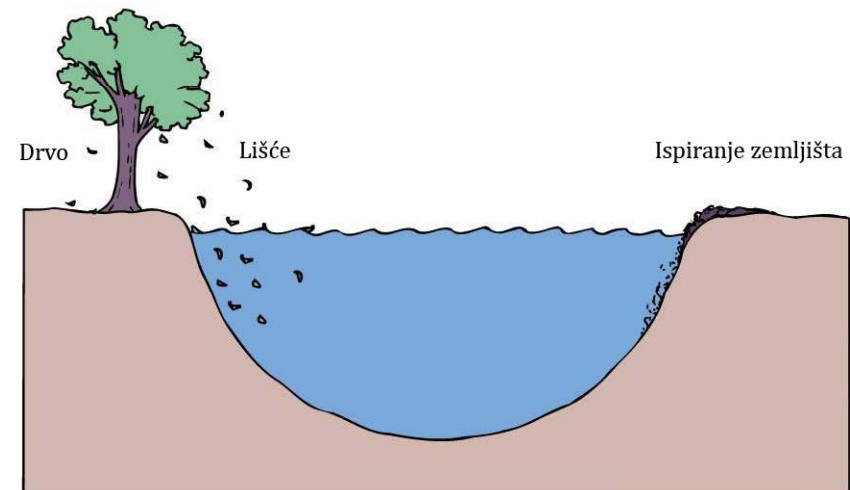
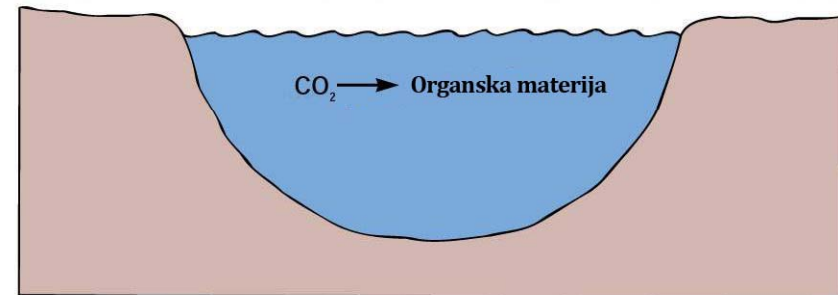
Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## Organska materija u akvatičnim ekosistemima

- Autohtona – unutar sistema
- Alohtona – van sistema

Izvori organske materije:

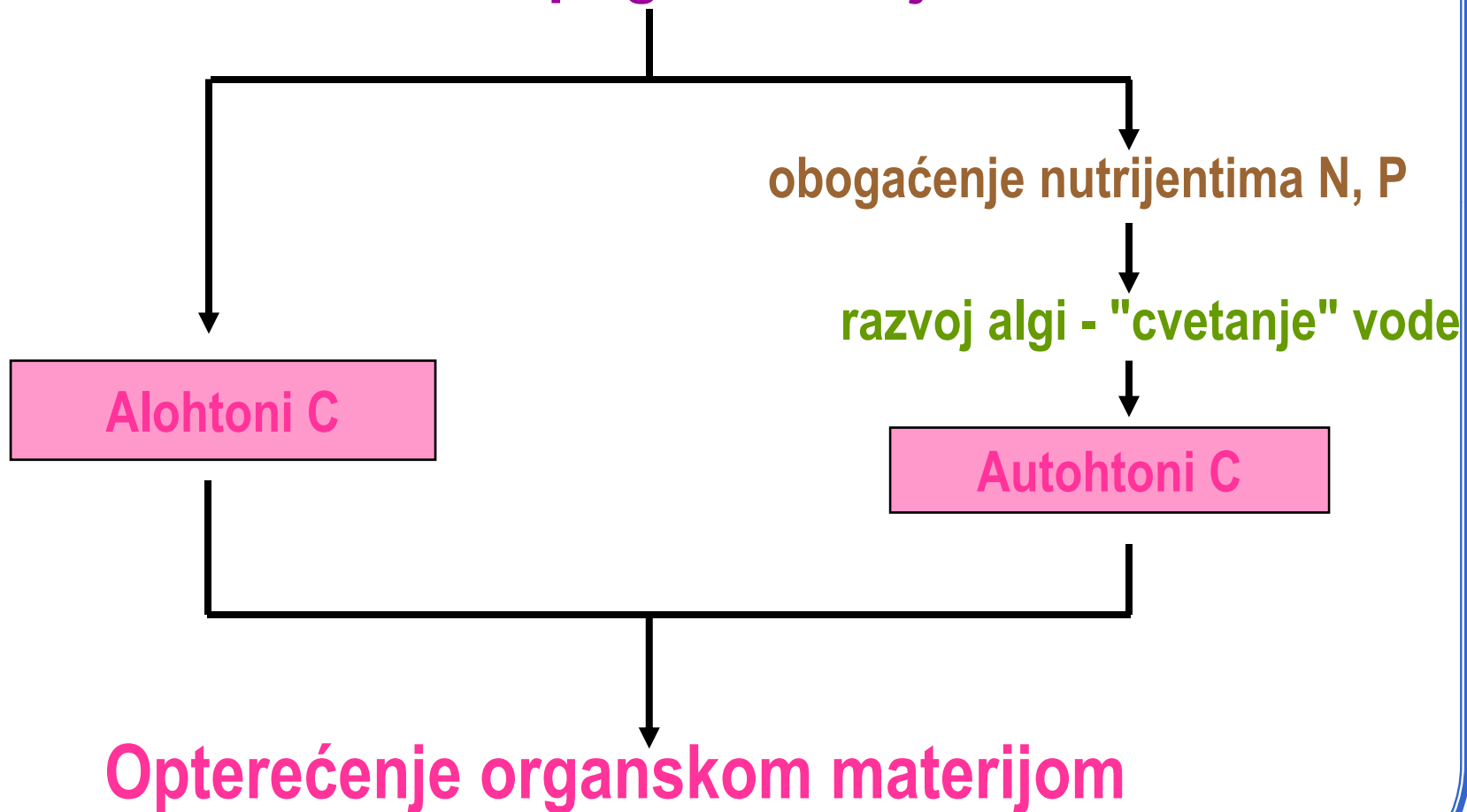
- prirodni: močvare, bare, opadanje lišća
- antropogeni: prehrambena industrija i tretman otpadnih voda
- difuzni izvori: ispiranje urbanih i poljoprivrednih područja, i hranilišta





Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## Antropogeni uticaj

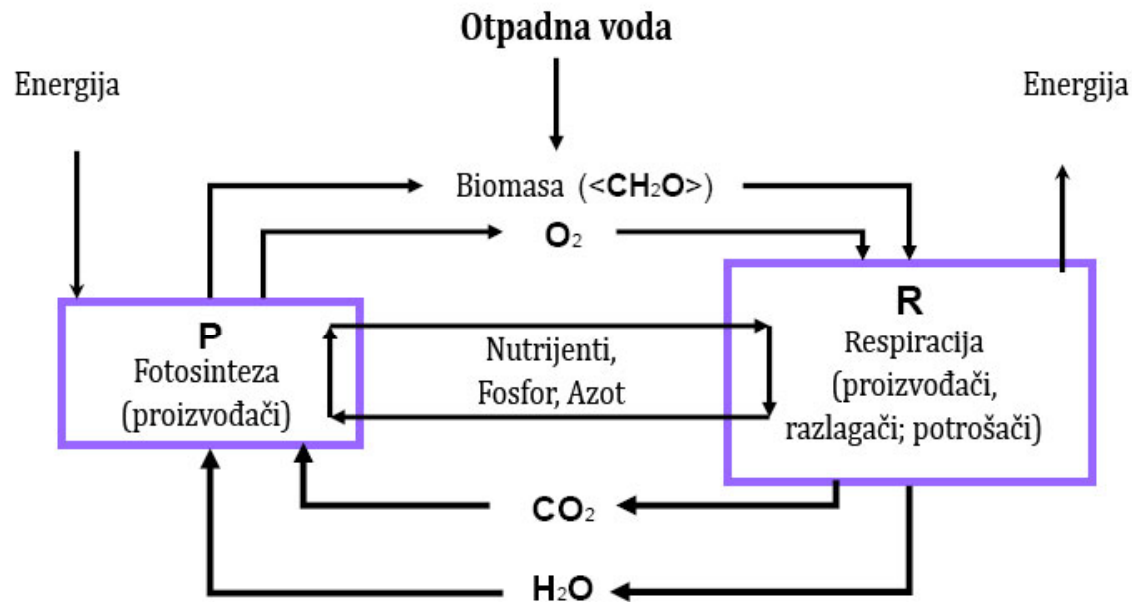






# TROFIJA - SAPROBNOST

- Trofija – intenzitet primarne produkcije
- Saprobnost – količina razgrađene organske materije;
  - Biomasa i metabolička brzina bakterija



Produkcija (trofično stanje) i Respiracija (saprobno stanje) zavise od metabolizma biote i imaju glavnu ulogu u akvatičnim ekosistemima.



Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## Sudbina organske materije

- Organska materija dospela u akvatični ekosistem može se (približni i varijabilni procenti):
  - Skladištiti u vidu nanosa ili taloga (25%)
  - Nizvodno prenositi (50%)
  - Učestvovati u metabolizmu i respiraciji organizama (25%)

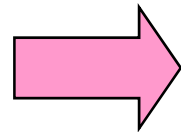


Photo – g. merrick





- Veće količine organske materije mogu u znatnoj meri uticati na prirodnu ravnotežu u vodenom ekosistemu.
- Za razlaganje ovih materija troši se velika količina kiseonika, menja se pH a povećava koncentracija soli.
- Bakterije u vodi troše organsku materiju i koriste kiseonik u procesima
- Previše bakterija u vodi izaziva nedostatak kiseonika, pa ribe i drugi organizmi umiru
- Komunalni otpad - primaran supstrat za razvoj bakterija



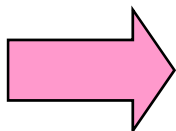
**Kiseonik-zahtevajući otpad**

Efekat kiseonik-zahtevajućeg otpada na vodeni sistem zavisi od:

- Zapremine vodene mase
- Brzine protoka
- Temperature

**Aeracija se najbrže odvija u turbulentnim, brzima tokovima sa hladnom vodom. Ovakvi sistemi imaju mnogo brži oporavak.**



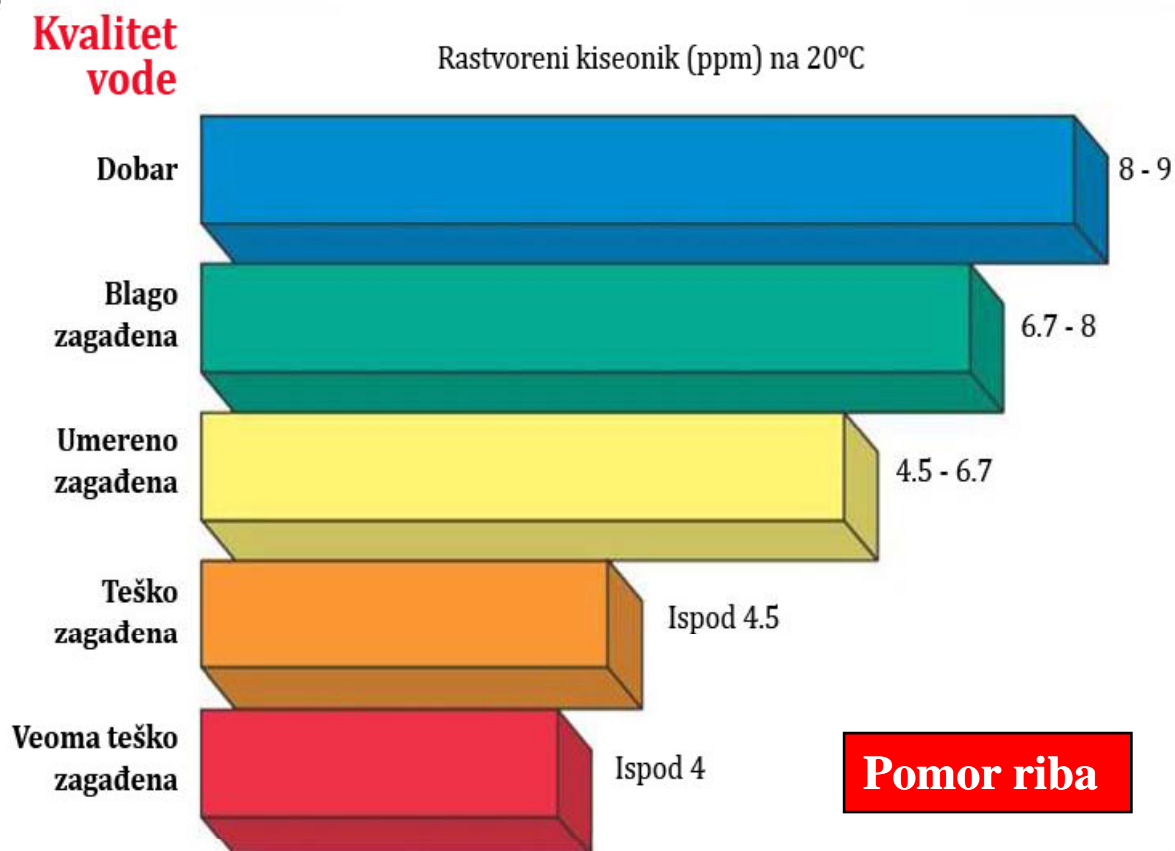


## Kiseonik-zahtevajući otpad

- **Rastvoreni kiseonik (Dissolved Oxygen)** je veoma značajan u održavanju kvaliteta akvatičnog ekosistema; neophodan za respiraciju akvatičnih organizama.
- Snabdevanje: difuzijom iz vazduha, naročito gde je voda turbulentna, i fotosintezom zelenih biljaka, algi i cijanobakterija
- Potrošnja: respiracijom i hemijskim procesima koji zahtevaju kiseonik
- **BOD (Biochemical Oxygen Demand):** Količina kiseonika potrebna za aerobnu razgradnju organske materije od strane bakterija. Što je viši sadržaj organske materije u vodi, to je veća BOD.

## Prisustvo kiseonika u vodi - pokazatelj kvaliteta vode

- 8 ppm O<sub>2</sub> - plemenite ribe i ostale željene akvatične životne forme
- žabe zahtevaju oko 6,5 ppm
- voda sa < 2 ppm podržava samo crve, bakterije, gljive, i ostale detrivore i razlagače

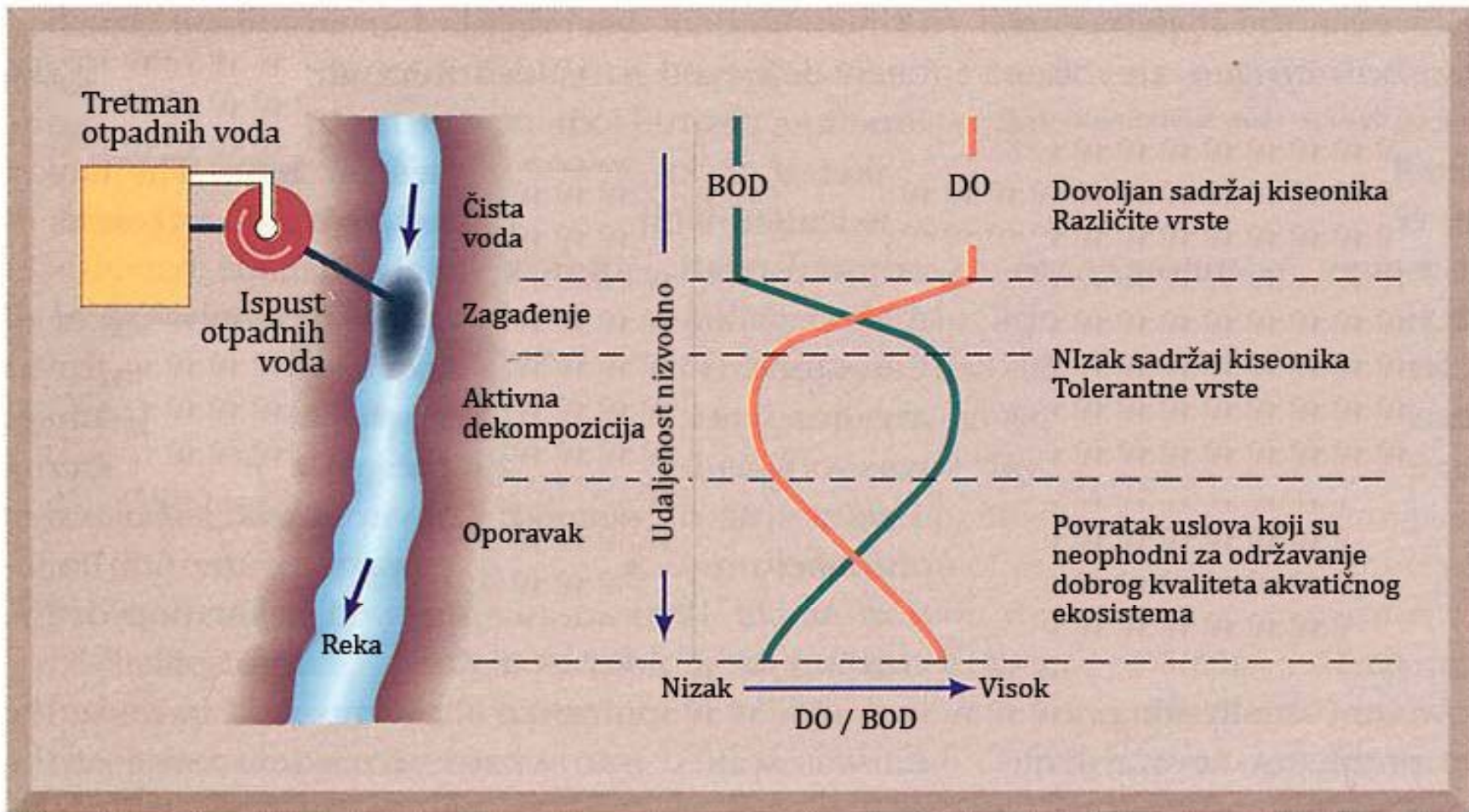






Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## Zavisnost između rastvorenog kiseonika i biohemijske potrošnje kiseonika nakon ispusta otpadne vode u rečni sistem

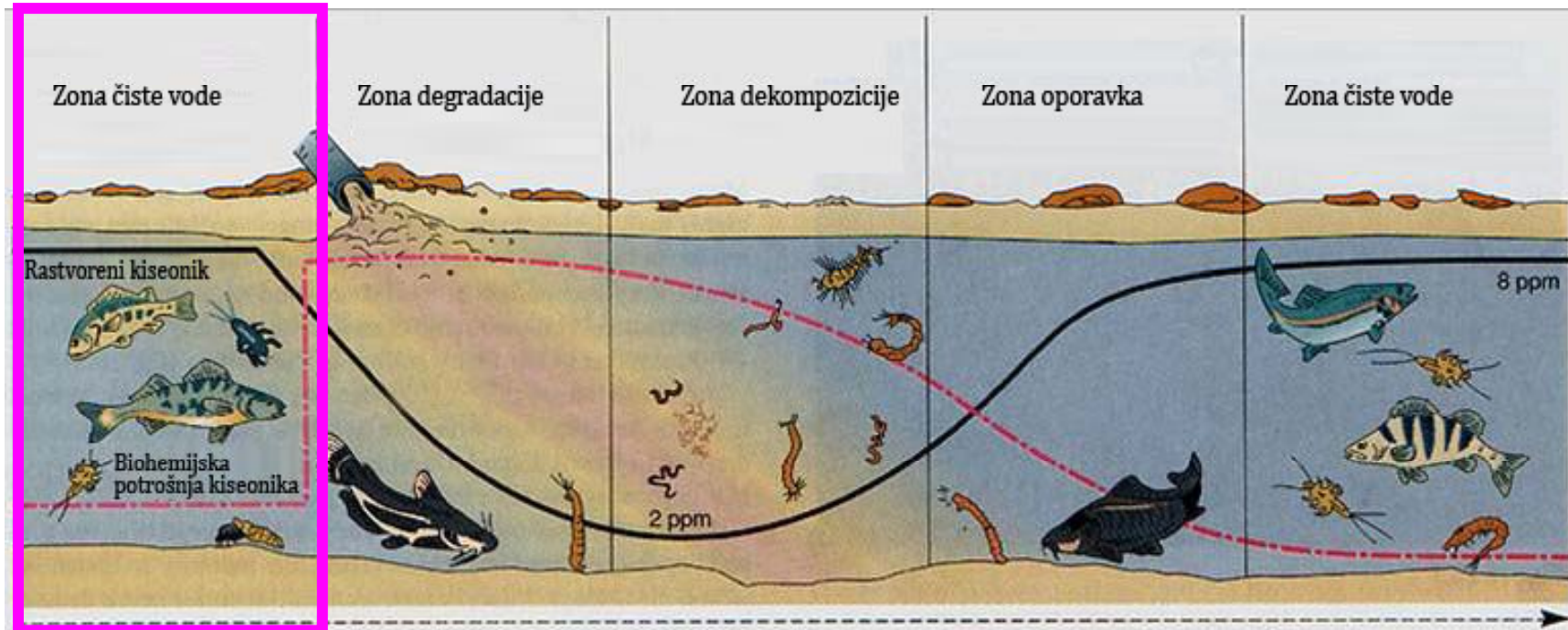






Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

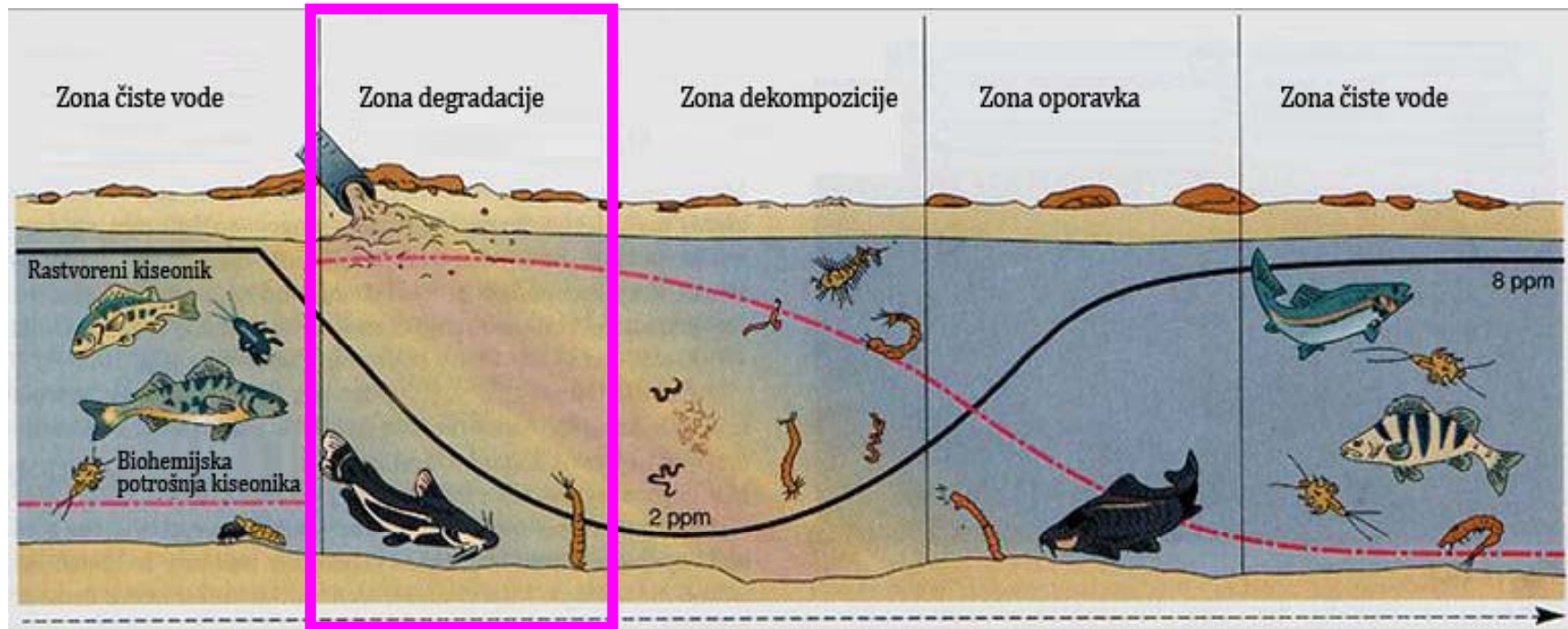
## Zone promene kvaliteta vode usled organskog opterećenja



- *sistem u ravnoteži* sa širokim opsegom prisutnih vrsta organizama
- Organizmi su prilagođeni prirodnim fizičkim i hemijskim karakteristikama sistema, pri čemu je količina rastvorenog kiseonika dobro uravnotežena, dok je vrednost BPK niska.



Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

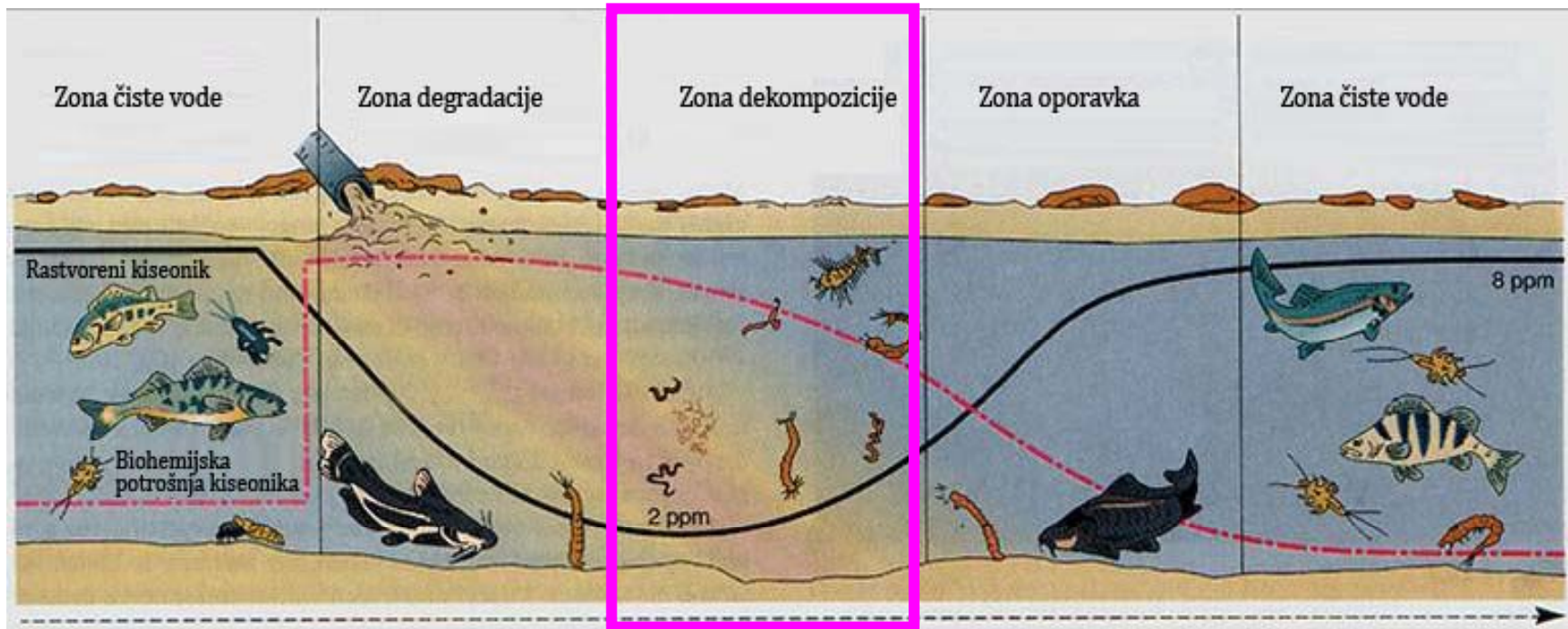


- ◆ *Degradacija* nastaje kada veća količina otpada dospe u akvatični ekosistem.
- ◆ Značajan rast bakterija i drugih mikroorganizama.
- ◆ Predatorske vrste koje su netolerantne prema promeni kvaliteta sredine su zamenjene razlagačima.
- ◆ Eksplozija populacija gljiva i bakterija stvara povećanu potrebu za dostupnim kiseonikom.





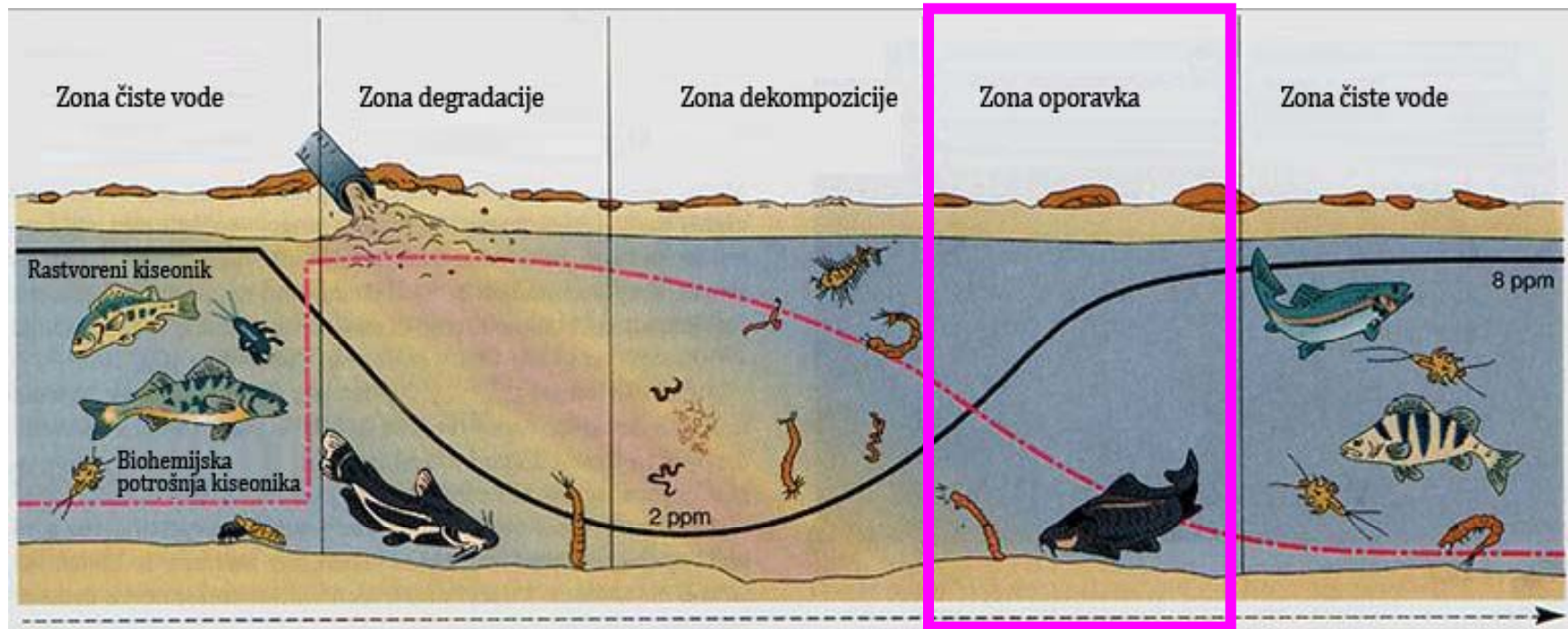
Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



- U nedostatku količine rastvorenog kiseonika, sredina postaje anoksična.
- Uginuće mnogih prisutnih vrsta organizama, dalje smanjujući njegov sadržaj
- Organizmi koji mogu da žive bez kiseonika (anaerobi) ili koju se mogu prilagoditi ovakvim uslovima se ubrzano razvijaju.
- Brojnost prisutnih vrsta je mala, dok je obično broj jedinki u porastu usled manje kompeticije. Prisutni organizmi će se hraniti organskom materijom sve dok je ima.

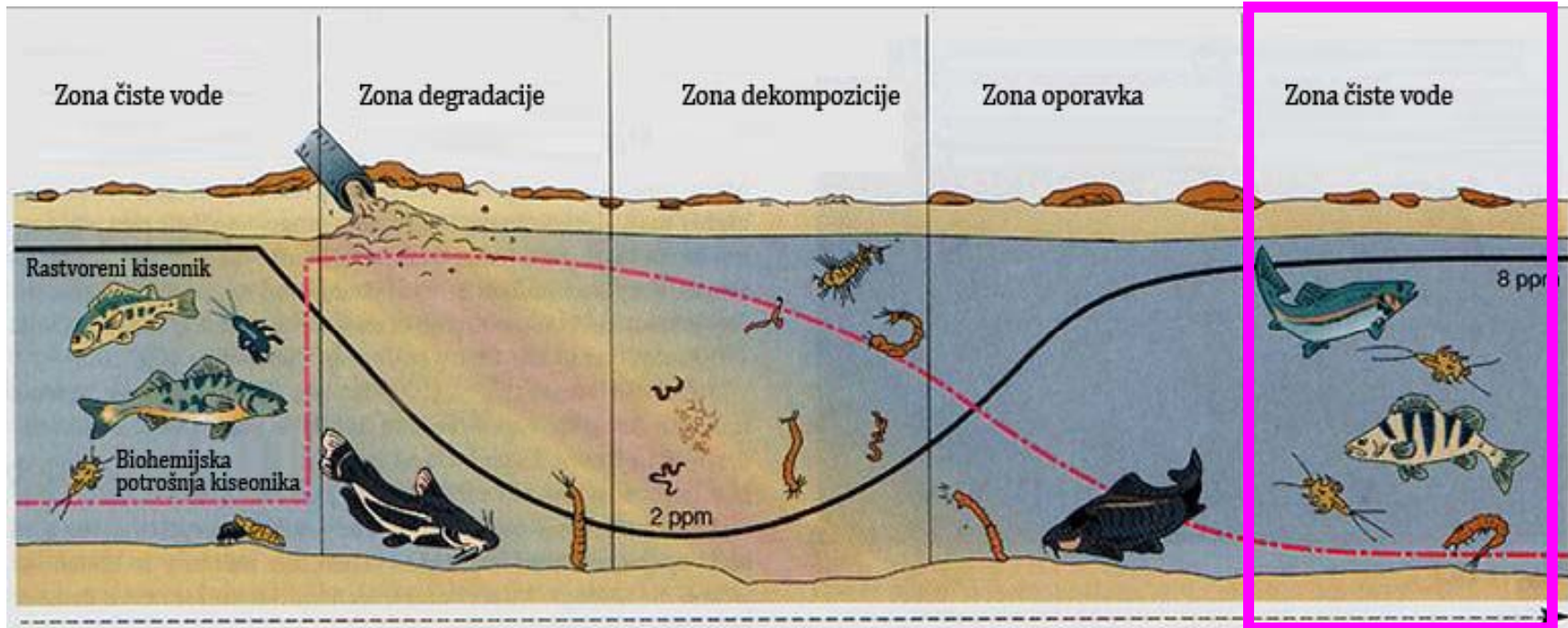


Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



- Ova faza se karakteriše ekstremnim dnevnim fluktuacijama sadržaja DO
- Količina organske materije opada zajedno sa brojem tolerantnih vrsta organizama.
- Potrošnja kiseonika od strane mikroorganizama se smanjuje, pri čemu sadržaj rastvorenog kiseonika počinje da raste i pojavljuju se aerobne vrste organizama.
- Bujan rast algi izaziva porast sadržaja rastvorenog kiseonika, ali tokom noći dolazi do pada njegovog sadržaja.





- Nakon oporavka, akvatični ekosistem počinje da dobija većinu prvobitnih karakteristika.
- Međutim, neki ekosistemi ne mogu da dostignu ovu fazu, ako je promena kvaliteta vode većeg intenziteta ili hronična.





- ◆ Biološko prečišćavanje zagađenih voda se u stajaćim ili tekućim vodama odvija **u sukcesivnim etapama** od kojih je svaka karakterisana prisustvom određenog oblika azota, količinom kiseonika, slobodnog ugljenik-dioksida, mirisom, brojem bakterija u 1 ml vode, odnosno brojem jedinki prema broju prisutnih vrsta i prisustvom karakterističnih grupa organizama.
- ◆ Na osnovu ovih karakteristika je izvršena i kategorizacija slatkih voda:
  - ◆ **oligosaprobne,**
  - ◆ **α-mezosaprobne,**
  - ◆ **β-mezosaprobne i**
  - ◆ **polisaprobne vode.**
- ◆ Posebno se izdvaja zona čistih voda koje se nazivaju **katarobne vode**.
- ◆ Ova kategorizacija je izvršena na osnovu stepena zagađenosti (saprobnosti).



## OLIGOSAPROBNE VODE

- Oligosaprobne vode se karakterišu završenim oksidativnim procesima, dok su organske materije u najvećoj meri mineralizovane.
- Čiste ili vrlo malo zagađene vode (npr., planinski potoci i planinska jezera)
- Vode su bistre i plavičaste, sa vrlo visokim sadržajem rastvorenog kiseonika.
- Broj bakterija u jedinici zapremine je relativno mali (ispod 100 u 1 ml vode).
- Od biljnih vrsta su zastupljene razne grupe algi i viših vodenih biljaka, dok su od životinjskih organizama u nešto većem broju zastupljene larve raznih insekata i crva.
  - mogu se naći osetljivije grupe i vrste akvatičnih organizama kao što su vodene mahovine, planarije, larve insekata, pojava salmonidnih riba

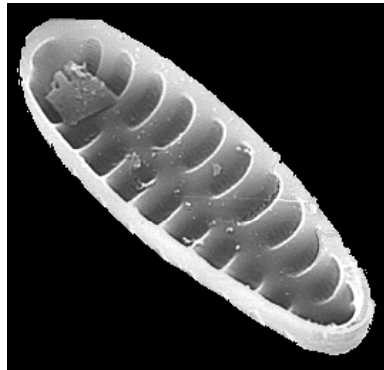
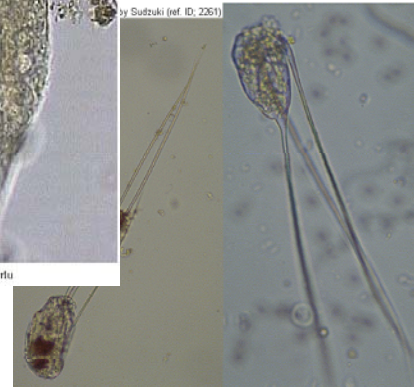
**Većina organizama oligosaprobnih voda je vrlo osetljiva na promene u sadržaju rastvorenog kiseonika i promene pH vrednosti, odnosno na organsko zagađenje.**



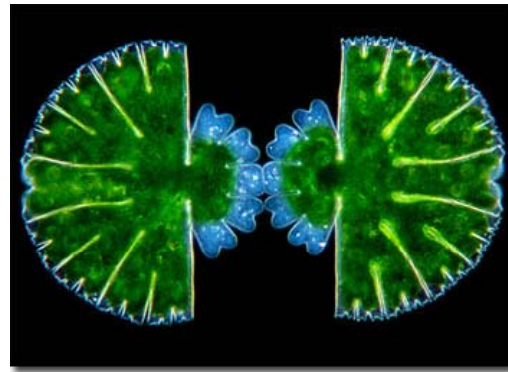
Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



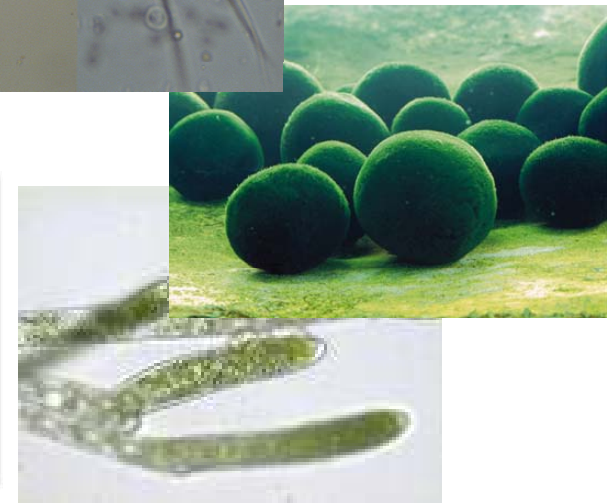
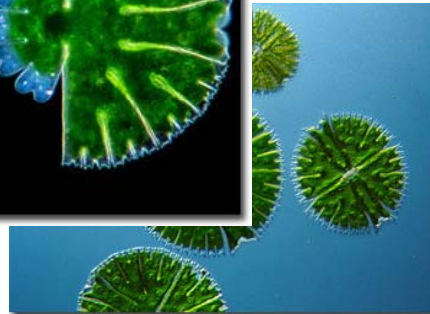
**Rotatoria**



**Synedra  
(Bacillariophyta)**



**Micrasterias  
(Desmidiiales)**



**Chlorella  
(Chlorophyta)**





Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

## *Plecoptera*



## *Ephemeroptera*



## *Trichoptera*





## β - MEZOSAPROBNE VODE

- **β – mezosaprobne vode** su relativno čiste, jer je sadržaj rastvorenog kiseonika još uvek visok.
- Broj bakterija je povećan (do 100 000 u 1 ml vode).
- U ovim vodama buja raznovrstan biljni i životinjski svet.
- Osim fitoplanktona, od koga je boja vode često zelenkasta, dobro su razvijene i bentosne alge.
- Naročito je zastupljena vodena makrovegetacija, koja služi kao hrana i podloga brojnim biljnim i životinjskim organizmima.
- Od životinjskih organizama, ovde se mogu naći puževi, školjke, račići, i larve insekata, te razne vrste vodozemaca i riba.
- Ova se zona odlikuje povoljnim uslovima za razvoj velikog broja vrsta modrozelenih, silikatnih, zelenih i drugih algi.

**Većina ovih organizama ne trpi duže fluktuacije u sadržaju rastvorenog kiseonika i promene pH vrednosti, niti podnose proizvode truljenja.**





Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



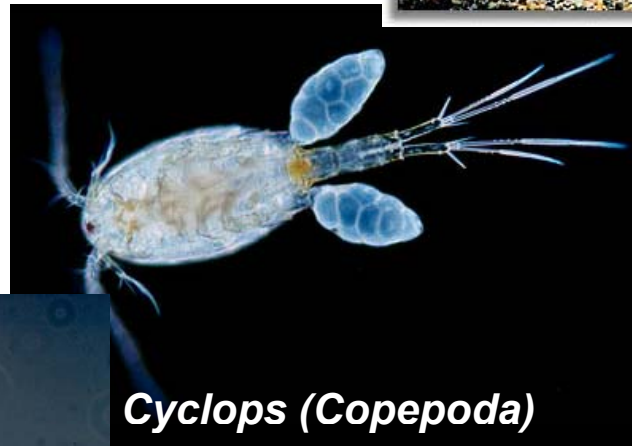
*Amphipoda, Gammarus*



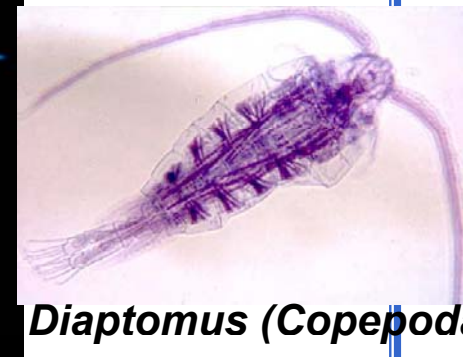
**Skobalj**  
(*Chondrostoma nasus*)



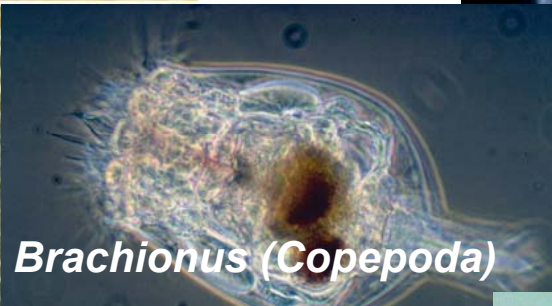
**Manić (*Lota lota*)**



**Cyclops (*Copepoda*)**



**Diaptomus (*Copepoda*)**



**Brachionus (*Copepoda*)**



***ina longirostris***  
(*ocera*)



**Turbelaria (pljosnati crv)**



**Limnodrilus  
hoffmeisteri**  
(*Oligochaeta*)





Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



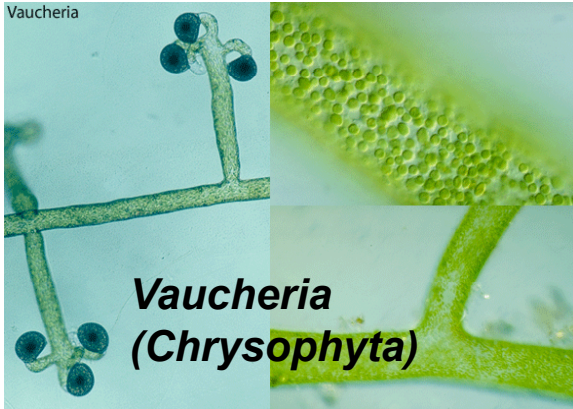
**Melosira varians**  
(Bacillariophyta)



**Asterionella formosa**  
(Bacillariophyta)



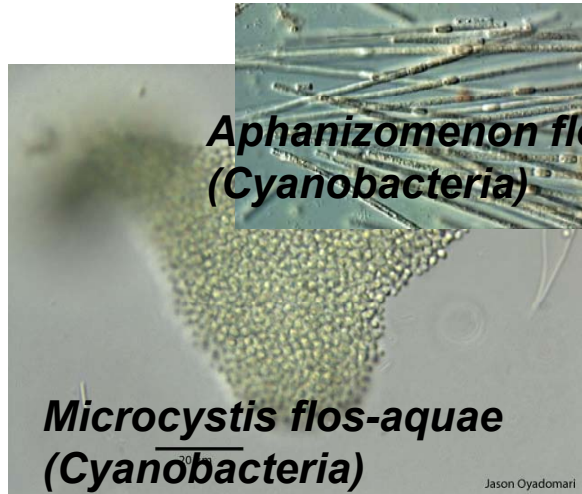
**Pinnularia**  
(Bacillariophyta)



**Vaucheria**  
(Chrysophyta)

All after Entwisle et al. (1997)

Plate 1/2

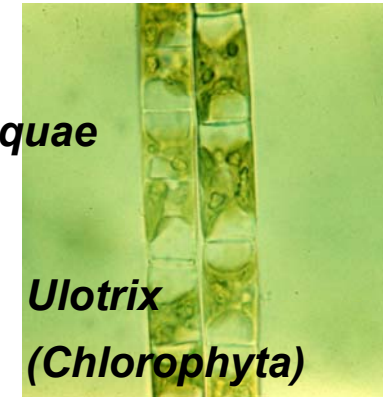


**Microcystis flos-aquae**  
(Cyanobacteria)

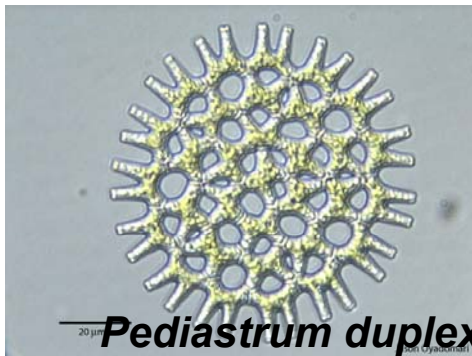
Jason Oyamomari



**Aphanizomenon flos-aquae**  
(Cyanobacteria)



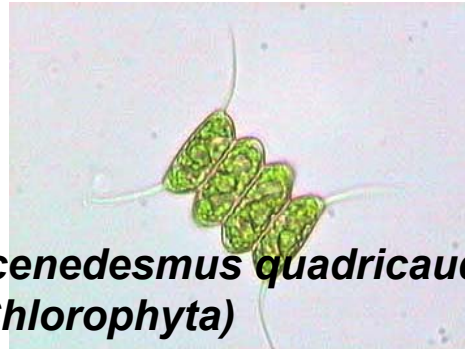
**Ulotrix**  
(Chlorophyta)



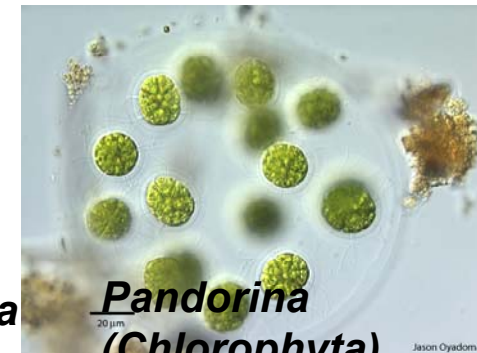
**Pediastrum duplex**  
(Chlorophyta)

20 µm

Jason Oyamomari



**Scenedesmus quadricauda**  
(Chlorophyta)



**Pandorina**  
(Chlorophyta)

20 µm

Jason Oyamomari

## $\alpha$ – MEZOSAPROBNE VODE

- **$\alpha$ - mezosaprobne vode** su vode u kojima usled većeg i dužeg zagađenja organskim materijama kvalitet vode dalje opada.
- Ovde spadaju kanali za navodnjavanje i reke ispod gusto naseljenih urbanih područja.
- Za oksidaciju organske materije ovde se troše znatne količine rastvorenog kiseonika (više od 50%).
- Zbog visokog sadržaja fotosintetskih organizama (razne vrste algi), znatna količina rastvorenog kiseonika nastaje kao proizvod fotosinteze, pa je koncentracija rastvorenog kiseonika mnogo veća u toku dana, nego u toku noći.
- Broj bakterija je veliki, više od 100 000 u ml vode.
- Voda je neprijatnog mirisa.



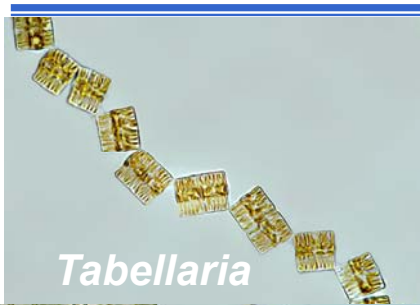
- Brojne biljne i životinjske vrste  $\alpha$  – mezosaprobnih voda se javljaju u formi mikroorganizama.
- Često je prisutno opadanje broja pojedinih vrsta, kao i masovan razvoj onih vrsta koje imaju povoljne uslove za ishranu.
- Zbog obilja biljnih i životinjskih vrsta, pojedine vrste riba su prisutne u velikom broju.
- Tokom noći se, međutim, dešavaju povremena uginuća riba zbog nedostatka rastvorenog kiseonika.
- Oksidacioni procesi u vodi i mulju su usporeni, ali se postepeno dovode do kraja.
- Mulj ima mrkožutu boju od gvožđe (III)-hidroksida.

**Organizmi su relativno neosetljivi na fluktuacije u sadržaju rastvorenog kiseonika, i promene pH vrednosti, otporni su na amonijak, ali su osetljivi na vodonik-sulfid ( $H_2S$ ).**

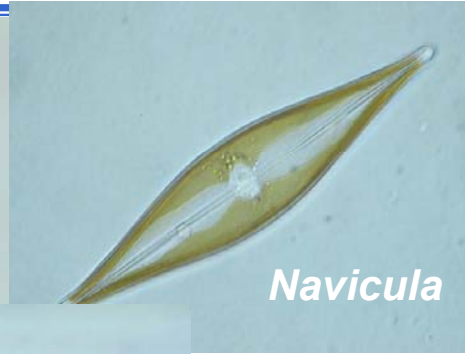




Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



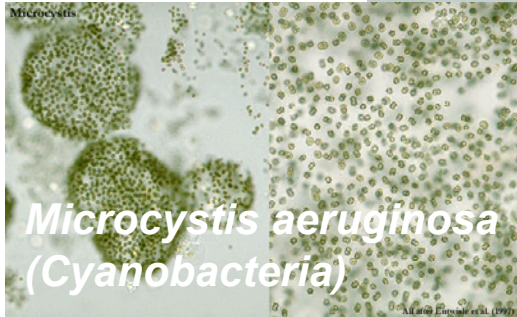
*Tabellaria*



*Navicula*



*Astartia*



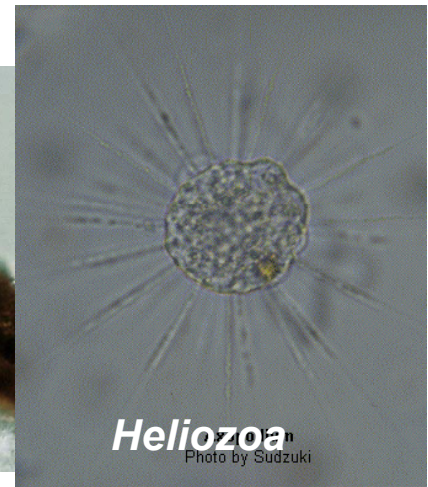
*Microcystis aeruginosa*  
(Cyanobacteria)



*Opercularia*



*Podophyra*  
(Ciliata)

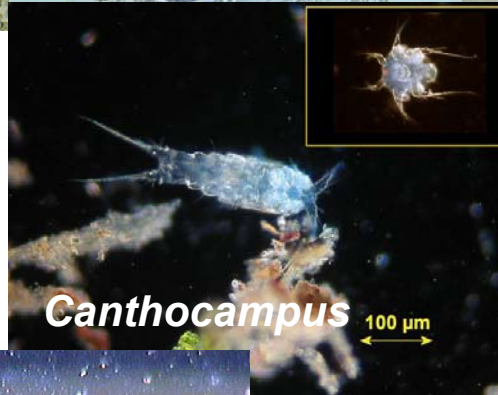


*Heliozoa*  
Photo by Sudzuki



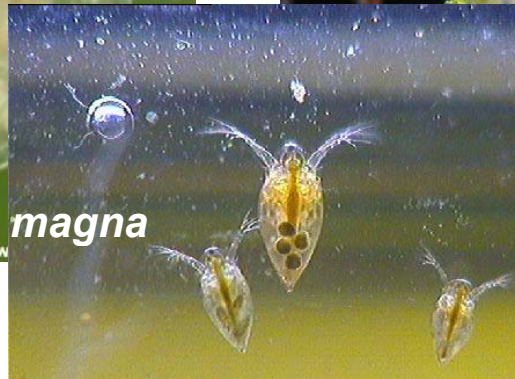
*Daphnia magna*

© 2002 John P. Clare (www.daphnia.org)



*Canthocampus*

100 µm



*Crvenperka*

Photo credit: Noel Barkhead



*Karaš (Carassius gibelio)*

© D. Jelic



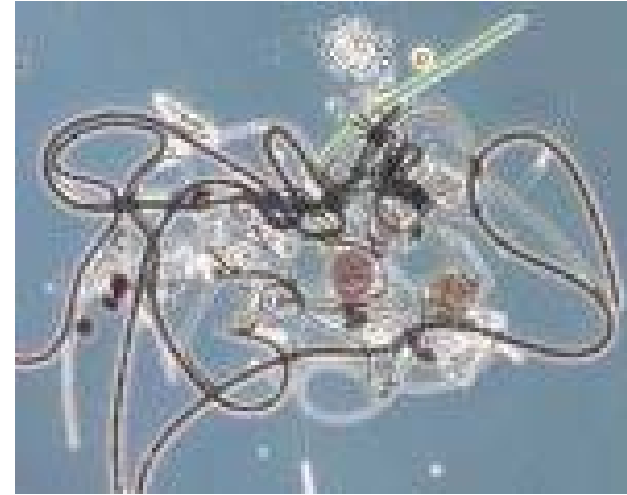
## POLISAPROBNE VODE

- Polisaprobne vode su **najteže zagađene**, što je rezultat direktnog ulivanja velikih količina neprečišćenih gradskih i industrijskih otpadnih voda.
- Procesi truljenja su u toku, tako da nema rastvorenog kiseonika (anoksija), ili je prisutan u vrlo malim koncentracijama – u tragovima (hipoksija).
- Organski sumpor se izdvaja u obliku vodonik-sulfida, merkaptana, što polisaprobnim vodama daje karakterističan neugodan miris.
- Ukupna količina organskog ugljenika je vrlo visoka.

Od flore i faune mogu da opstanu samo mikroorganizmi, pretežno jednoćelijski, koji su gotovo neosetljivi na fluktuacije pH vrednosti i na toksične proizvode truljenja.



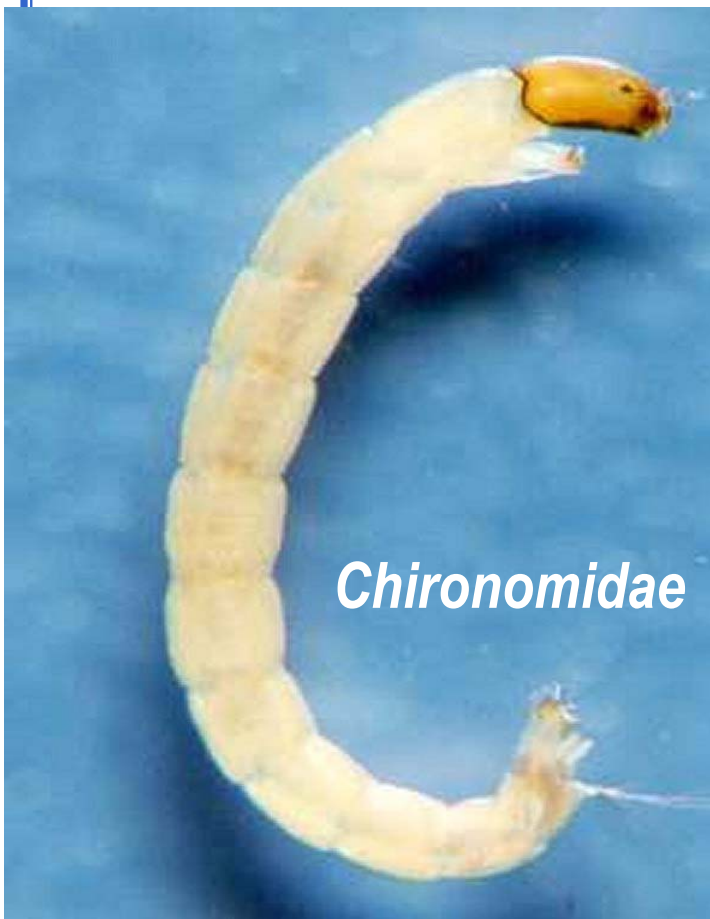
- Biodiverzitet je nizak, tako da je **mali broj vrsta** zastupljen najčešće **sa visokim brojem jedinki**.
- Kao karakteristične grupe organizama u ovim vodama se razvijaju bakterije (više od 1 000 000 u 1 ml vode) i infuzorije.
- Od bakterija su najčešće *Bacterium vulgare*, *Bacillus subtilis*, vrste roda *Spirillum*, *Chromatium*, i druge.
- U ovoj zoni je malo autotrofnih organizama.







Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



*Chironomidae*



*Tubifex tubifex*



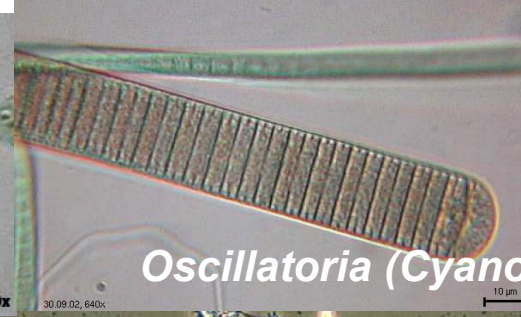




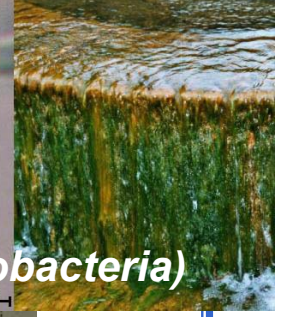
Centar  
izvrnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika



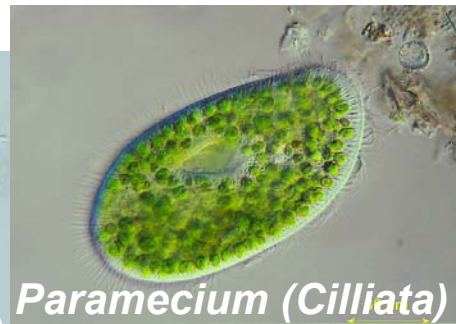
*Anabaena (Cyanobacteria)*



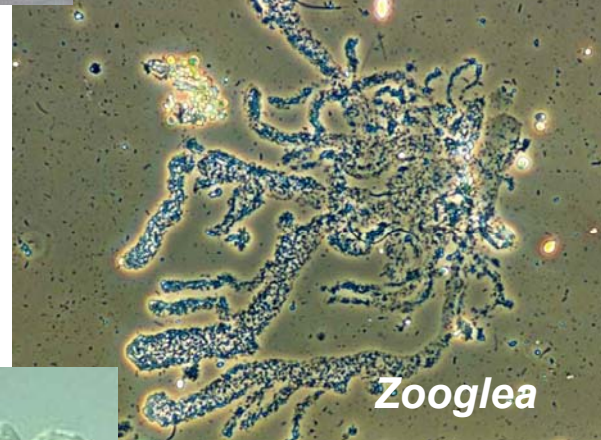
*Oscillatoria (Cyanobacteria)*



*Stentor (Ciliata)*



*Paramecium (Ciliata)*



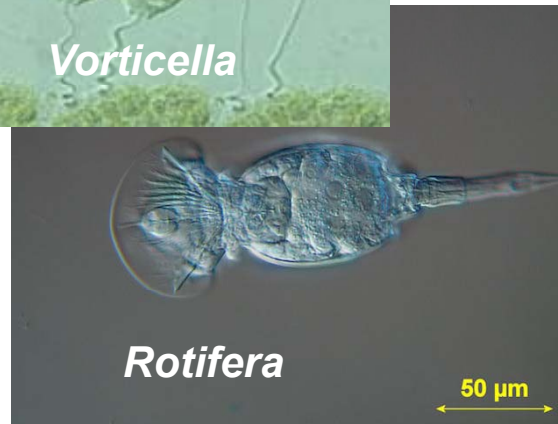
*Zooglea*



*Vorticella*



*Testudinella*



*Rotifera*

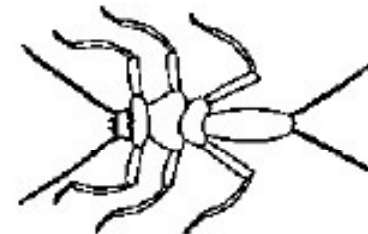


*Pleuronema*

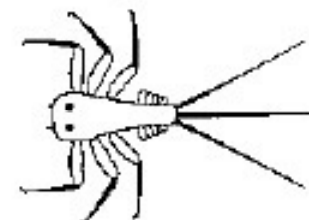
# Procena kvaliteta akvatičnog ekosistema



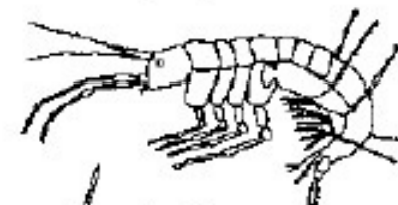
Plecoptera



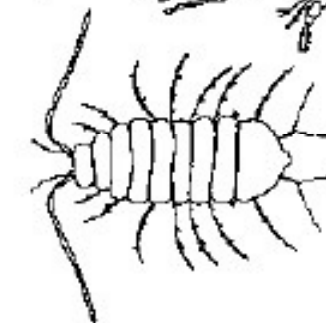
Ephemeroptera



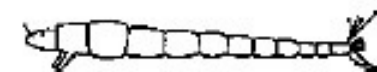
Amphipoda



Isopoda



Diptera



Oligochaeta





An underwater photograph showing a dense meadow of green, thin-stemmed plants growing from a sediment bed. The water is clear, and the stems are visible against the background. The sediment is a mix of green and brown, with some small rocks and debris scattered throughout.

# *Hvala na pažnji..*

**"When the well is dry, we learn the worth of water"**

**- Benjamin Franklin**

**Sediment sa *Polygonum amphibium* i *Limosella aquatica* u mezotrofnom akvatičnom ekosistemu**