



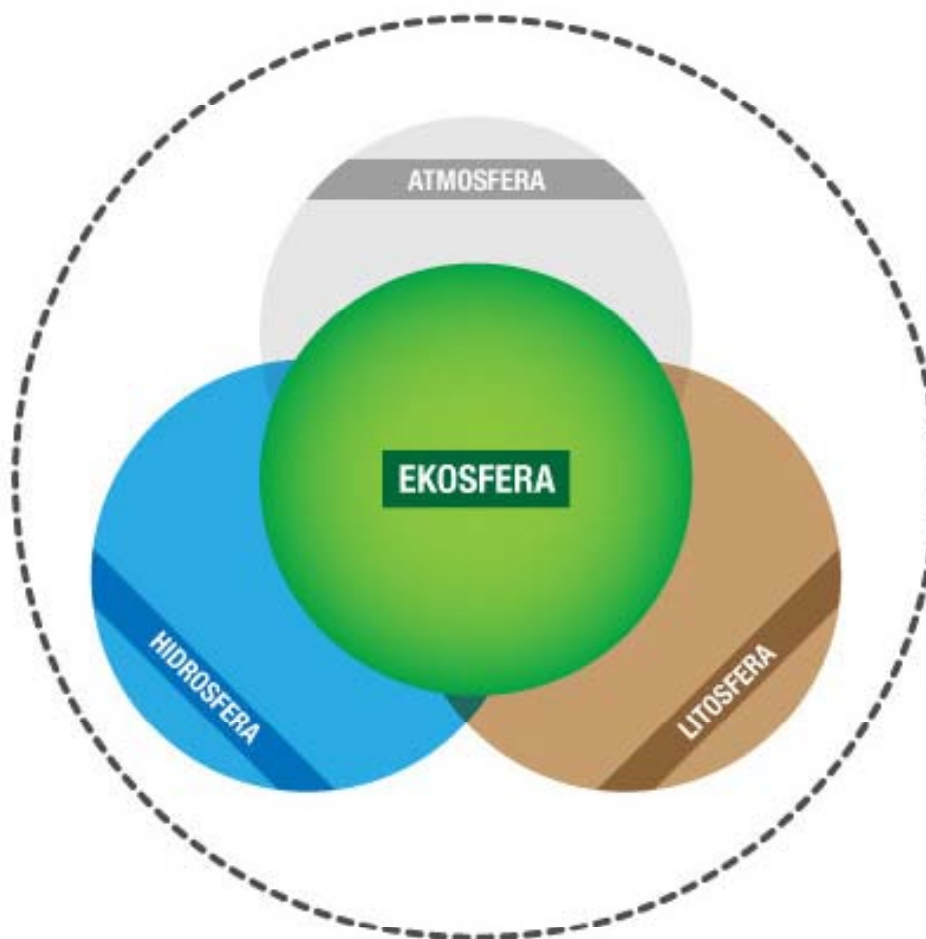
Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Efekti zagađenja na kvalitet akvatičnih ekosistema

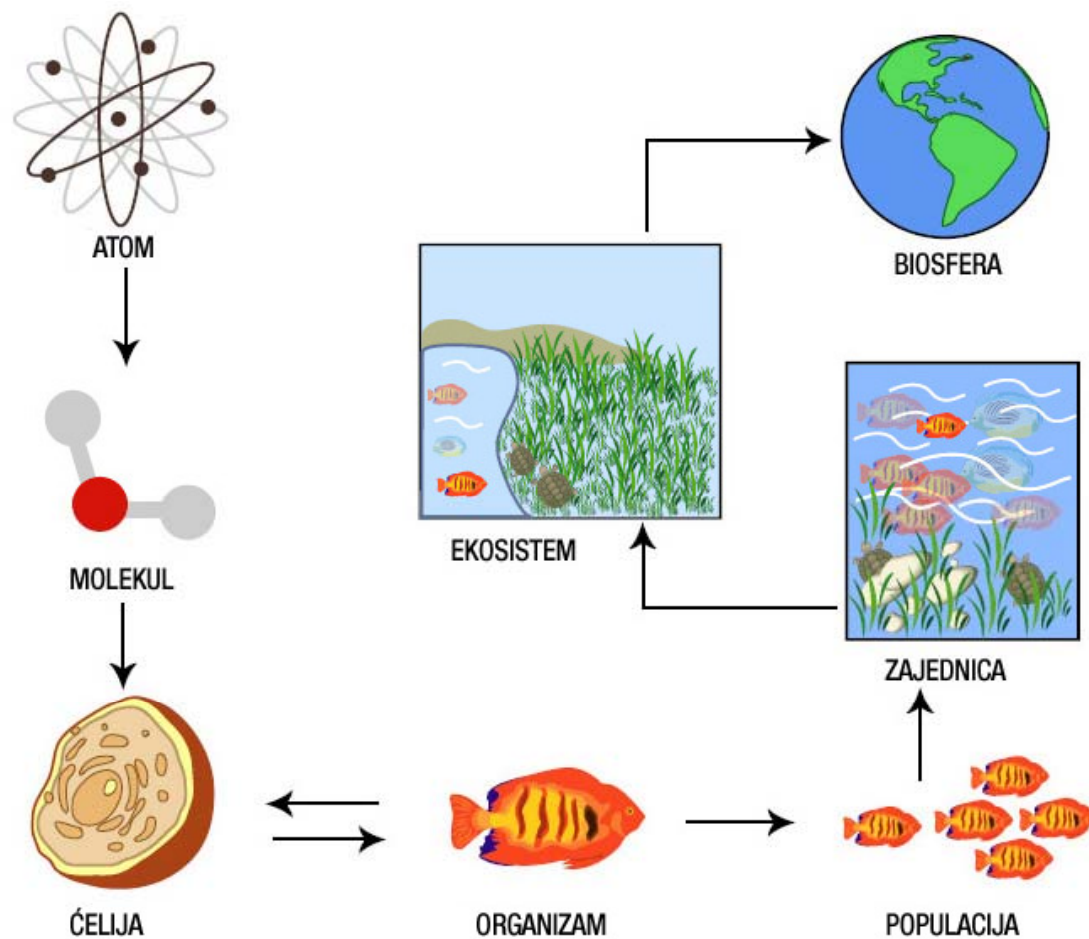
Svetlana Ugarčina, dipl. ekolog

Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju

Biosfera - jedinstvo žive i nežive prirode



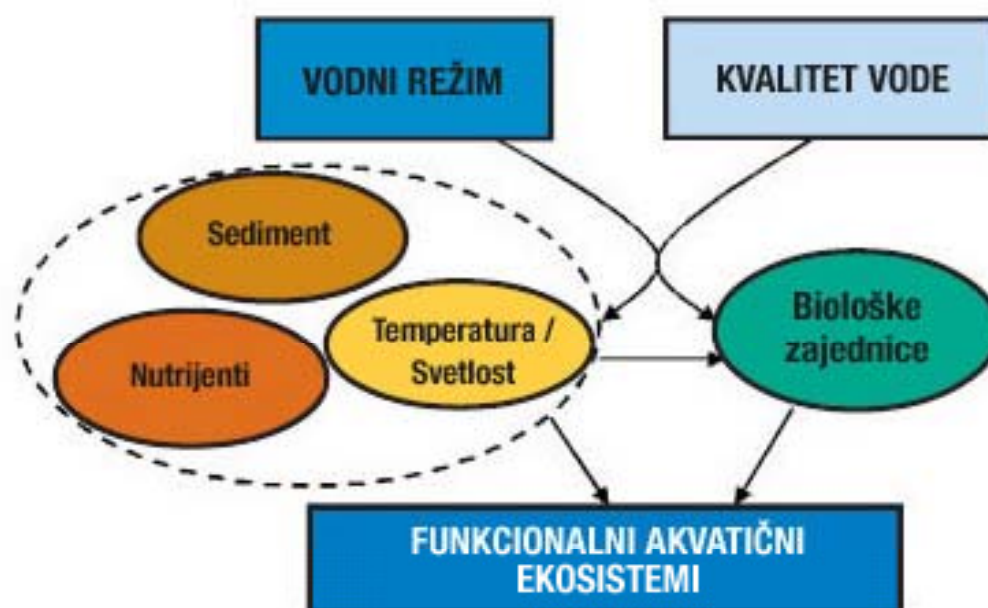
Nivoi ekološke organizacije



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

Složeno strukturno-funkcionalno jedinstvo abiotičke i biotičke komponente



Osnovne komponente

Abiotičke komponente:

- Voda, vazduh, sediment, temperatura, intenzitet svetlosti, salinititet
- Set tolerantnih granica za populacije i zajednice
- Ograničavajući faktori, koji definišu brojnost populacije

Biotičke komponente:

- Proizvođači, potrošači, razlagači
- Životinje, biljke i mikroorganizmi - BIOTA
- Biotičke interakcije između biotičkih komponenata (predacija, kompeticija, simbioza, parazitizam, komensalizam)

Jedan od faktora koji u znatnoj meri određuje kombinaciju životnih uslova u akvatičnim ekosistemima, i u isti mah utiče na sastav njihovih naselja jeste **KRETANJE VODE**.

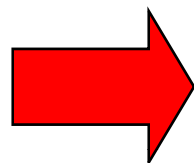
Stoga, akvatični ekosistemi se mogu podeliti u dve osnovne kategorije:

- stajaće vode ili lentički sistemi (jezera i bare) i
- tekuće vode ili lotički sistemi (reke i potoci)

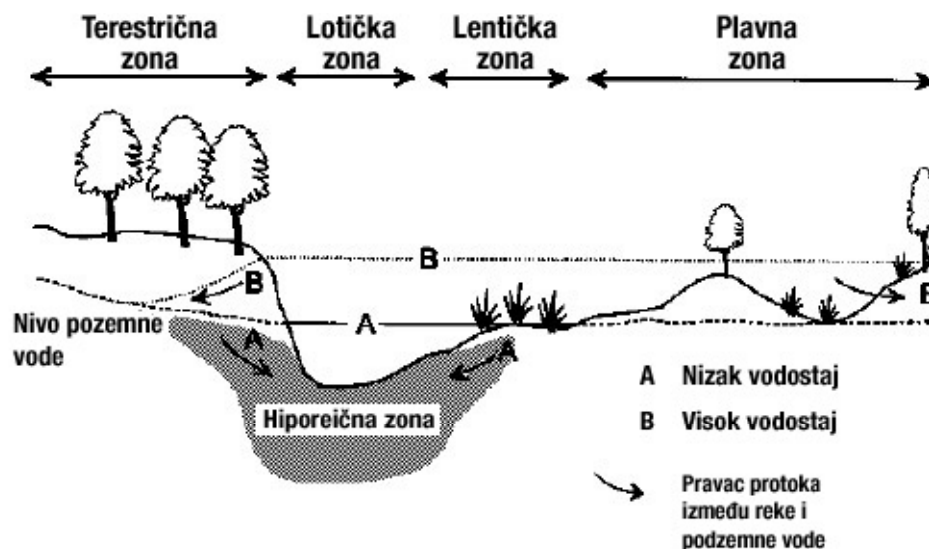


Ograničavajući faktori

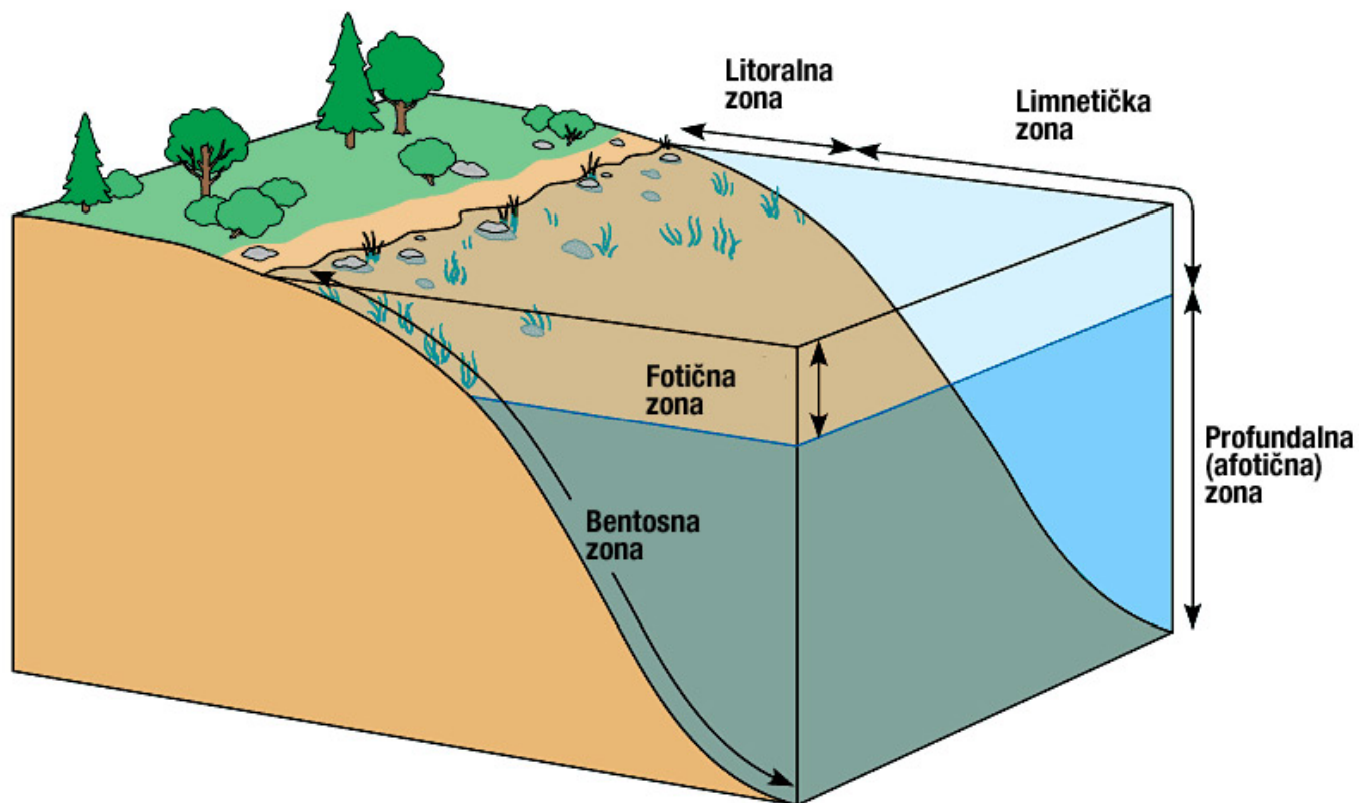
- Prodiranje svetlosti
 - turbiditet i
 - temperatura vode
- Vodeni pokreti/strujanja
- Nutrijenti
 - N, C, P
- Sadržaj rastvorenog kiseonika



ZONALNOST AKVATIČNIH EKOSISTEMA



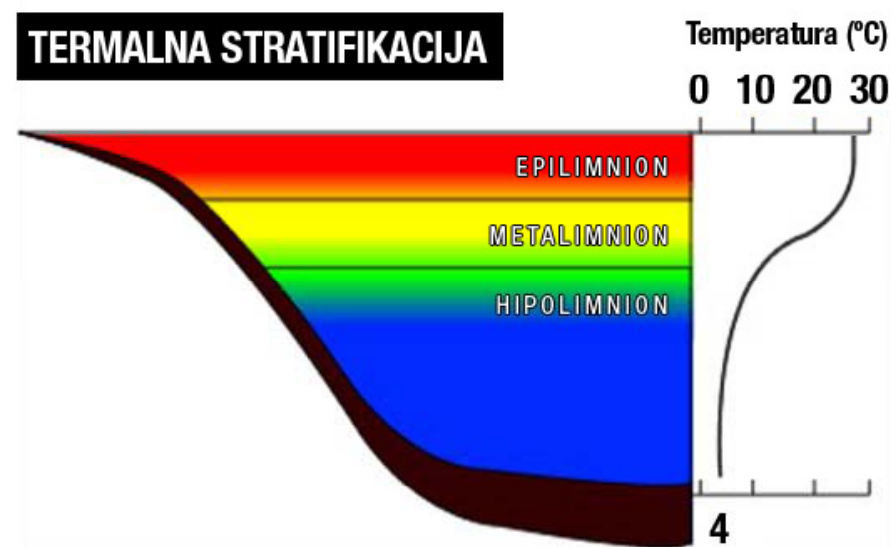
Vertikalna i horizontalna zonalnost



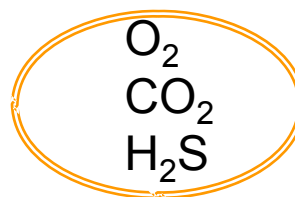
Vertikalna zonalnost

- dve osnovne zone:
- 1. **Fotična/trofogena zona**- dobro osvetljeni površinski sloj i
- 2. **Afotična/trofolitična zona** - dubinski neosvetljeni sloj.

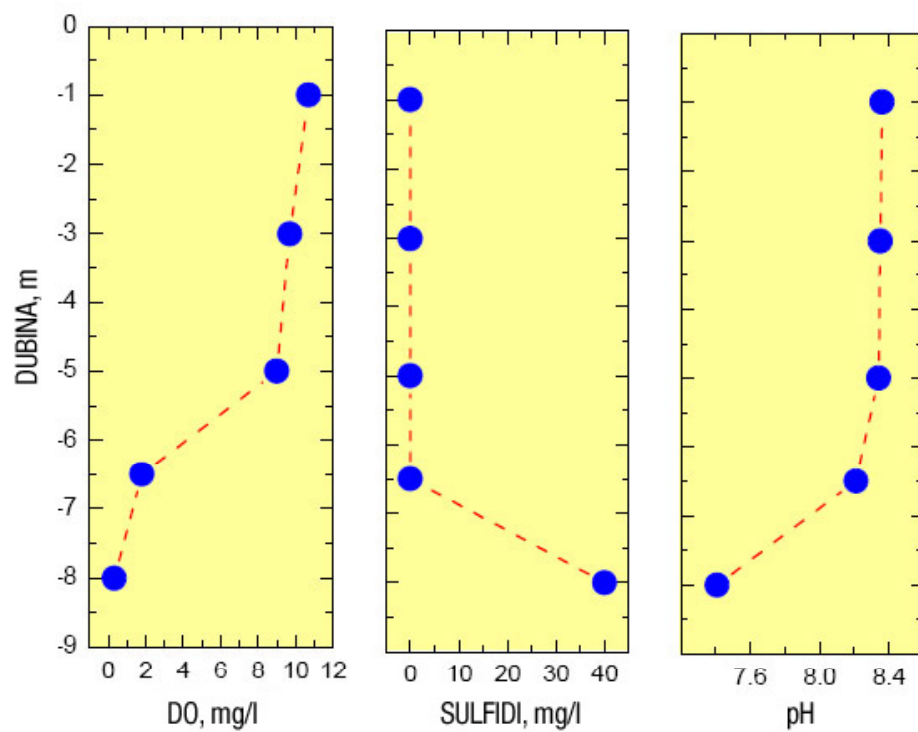
Vertikalne razlike u dejstvu fizičkih faktora sredine (**temperature, svetlosti**), kao i u pogledu hemizma sredine (**sadržaj kiseonika, CO₂**) odražavaju se i na sastav životnih kompleksa pojedinih slojeva životne akvatične sredine.



**Gasni režim
akvatične
sredine**

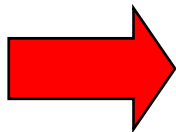


**oksična i
anoksična
sredina**

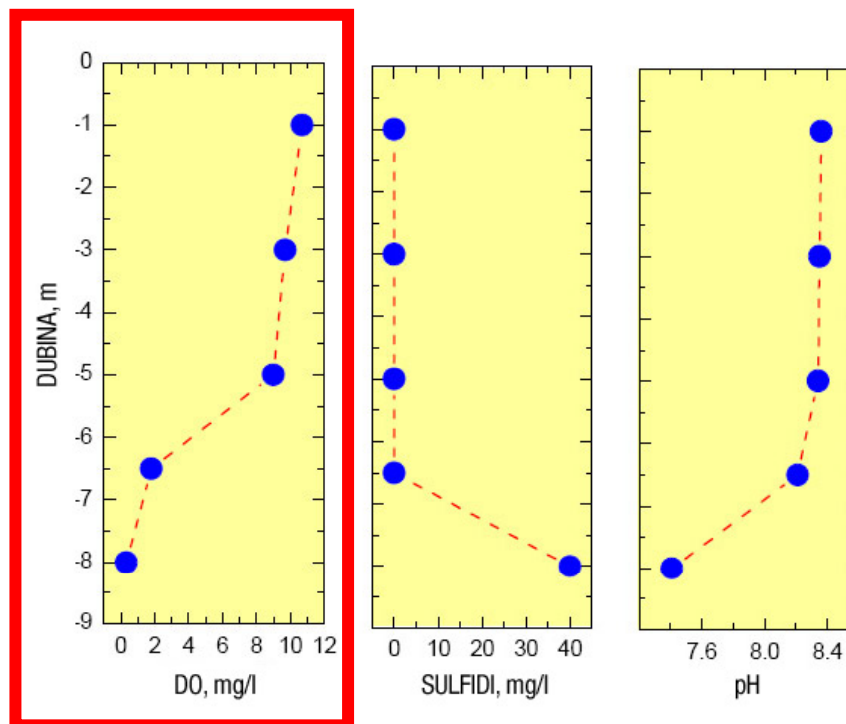
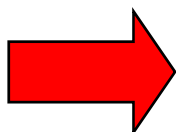


- Izvori kiseonika u gornjem, površinskom i osvetljenom sloju:
 - atmosfera, sa kojom se vrše stalne gasovite razmene, i
 - fotosintetička produkcija - **Trofogena ili produkciona zona**.
- Gubitak kiseonika u dubljem i neosvetljenom sloju:
 - izlučivanje u atmosferu u slučaju prezasićenosti površ. sloja kiseonikom i
 - različiti oksidacioni procesi (disanje organizama, razlaganje organske materije, oksidacija neorganskih jedinjenja npr. Fe i N) - **Trofolitična ili oksidaciona zona**.

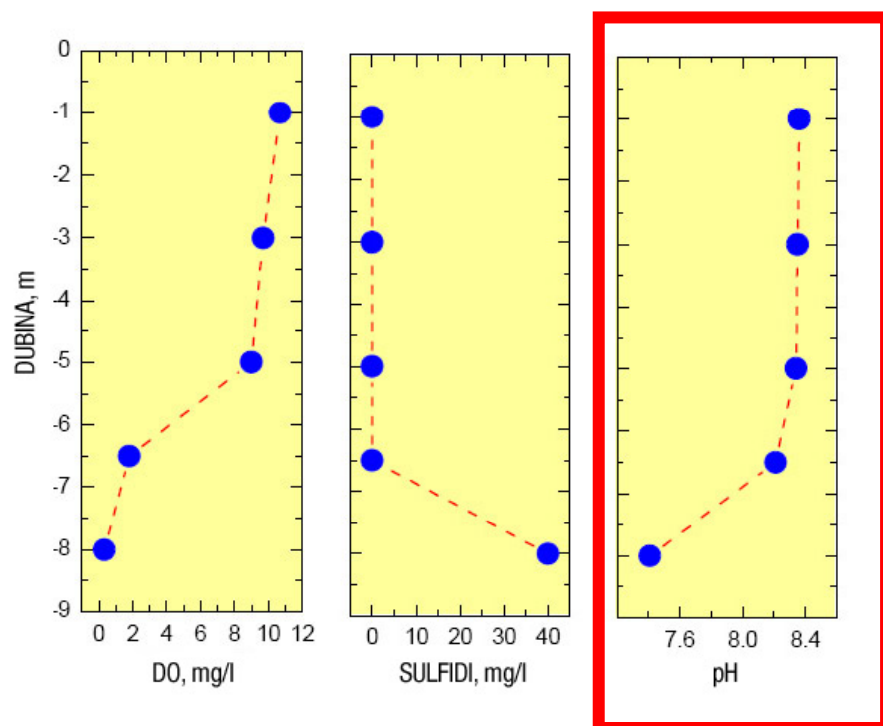
oksična
sredina



anoksična
sredina



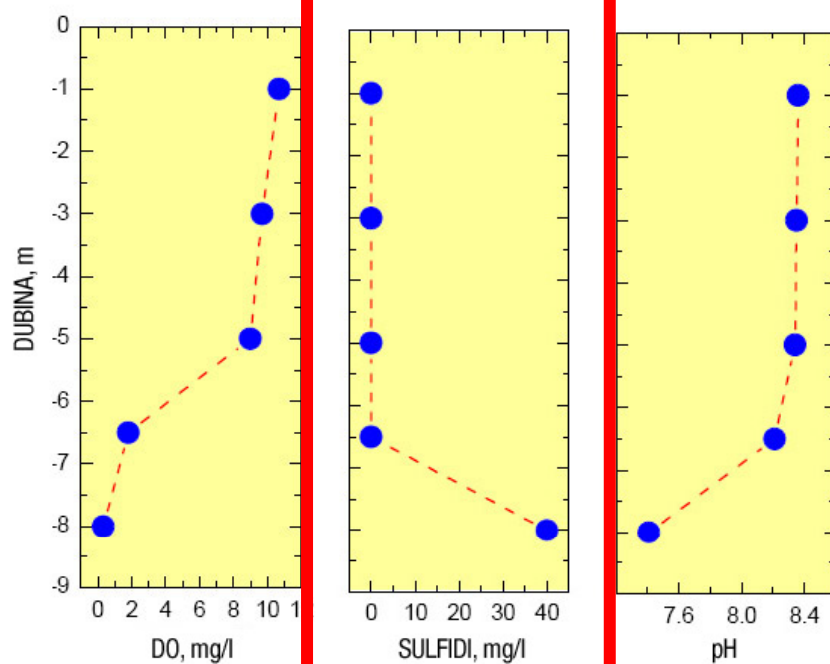
- Vertikalni raspored sadržaja CO_2 suprotan kiseoniku:
 - posledica procesa oksidacije organske materije u dubljim slojevima, kao i disanja vodenih organizama



- Osnovni ekološki značaj:
 - proces fotosinteze i
 - regulacija jonske reakcije prirodnih voda - pH vrednost (ravnotežni sistem CO_2 - bikarbonati-karbonati)

• Prisustvo H_2S u dubljim slojevima:

- rezultat razlaganja belančevinastih materija i redukcionih procesa u odsustvu kiseonika i
- postojano prisustvo u površ. sloju je nemoguće, s obzirom da je parcijalni pritisak ovog gasa u atmosferi gotovo jednak nuli.



• Osnovni ekološki značaj:

- Imobilizacija metala putem precipitacije sulfida

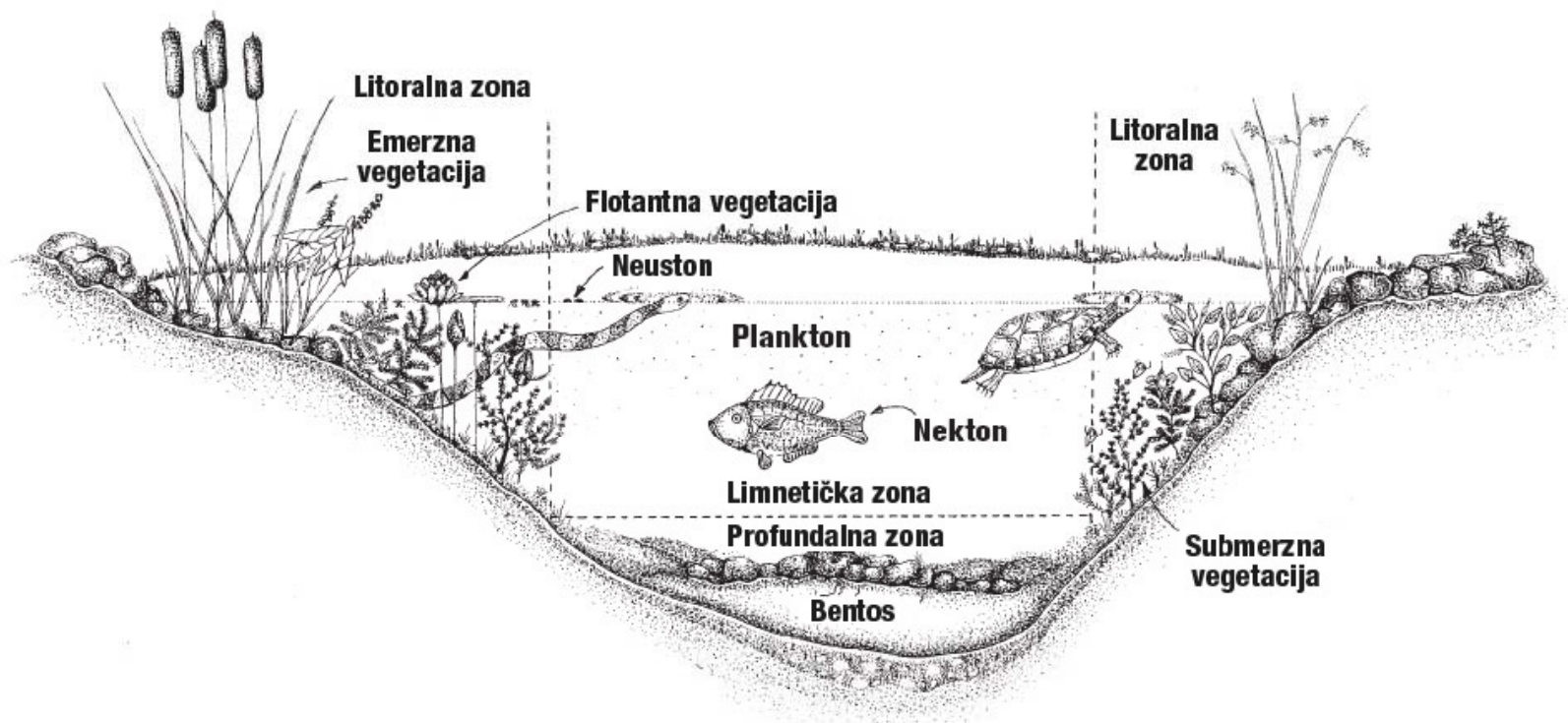
Horizontalna zonalnost

- osnovne zone:
 1. **Litoralna zona** - zona osvetljenih slojeva vode kraj obale;
 2. **Limnetička zona** - zona površinskih slojeva slobodne vode;
 3. **Profundalna zona** - zona dubljih slojeva;
 4. **Bentosna zona** - dno.

Složenost akvatičnog ekosistema ogleda se u prisustvu specifičnih zajednica živih organizama u okviru pojedinih vertikalnih i horizontalnih zona.

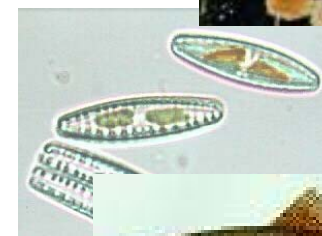
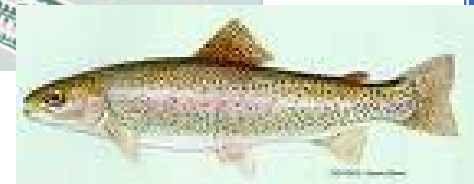
Biotičke komponente - biota

- **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



Akvatični organizmi

- Akvatični organizmi prema prilagođenostima na različite uslove života u pojedinim zonama akvatičnog ekosistema:
 - **Bentos** - organizmi koji žive na ili u dnu sedimenta;
 - **Perifton** - organizmi pričvršćeni za materijal u vodi;
 - **Plankton** - mikroskopske biljke (fitoplankton) i životinje (zooplankton) koje lebde i pasivno se kreću u vodi;
 - **Neuston** - organizmi na ili blizu površine; i
 - **Nekton** - slobodno-plivajući organizmi.



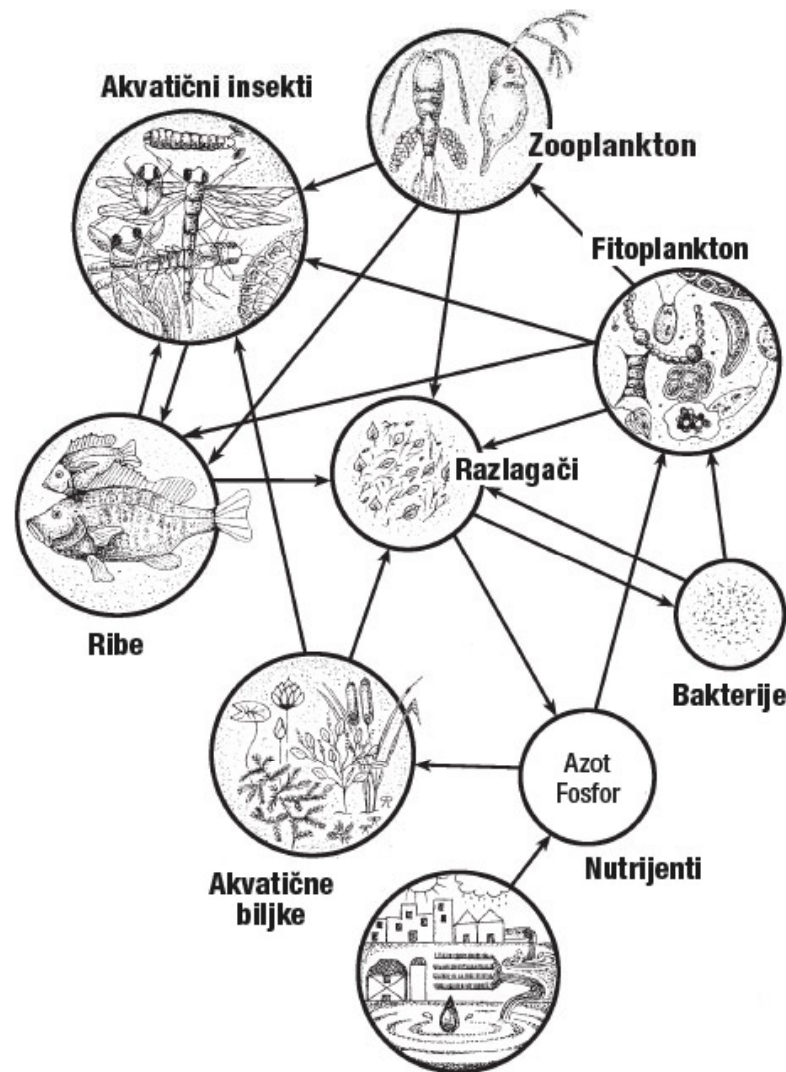
Akvatične biljke - makrofite

- **Emerzne biljke** - biljke sa razvijenim korenom koje rastu blizu obale, a čiji se donji deo nalazi pod vodom a gornji iznad površine vode (*Carex*, *Scirpus*, *Phragmites*, *Typha*)
- Međutim, neke makrofite mogu biti potpuno potopljene u vodi (**submerzne biljke** *Chara*, *Nitella*, *Isoetes*, *Fontinalis*), dok druge poseduju flotantne ili aerisane komponente (**flotantne biljke** *Nymphaea*, *Nuphar*, *Potamogeton natans*).

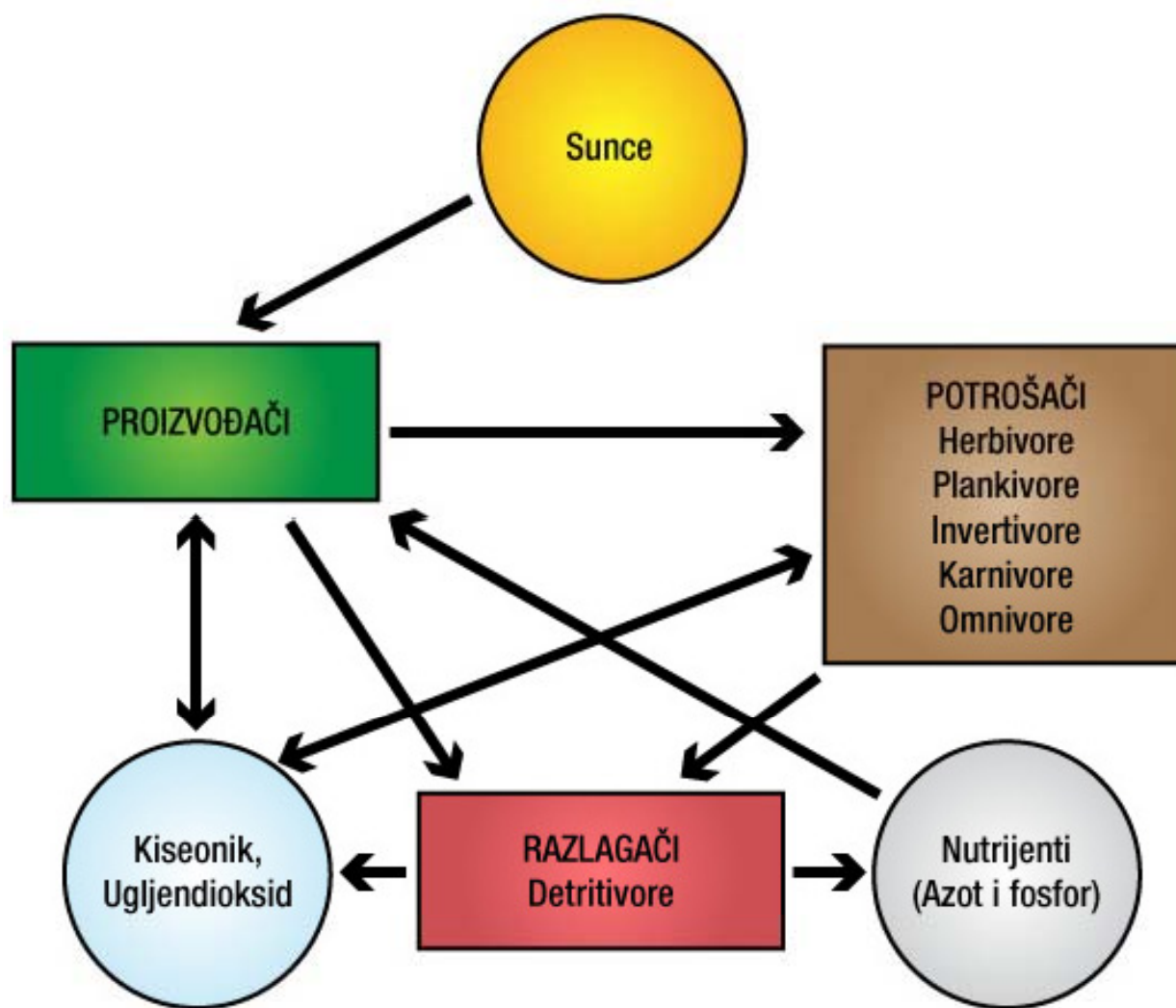


Biotičke komponente - trofički nivoi

- uzajamna povezanost članova svake životne zajednice jesu ODNOSI ISHRANE ostvareni kroz **lanac ishrane**
- organizmi kao otvoreni sistemi - u stalnoj razmeni materije i energije sa sredinom u kojoj žive
- lanac ishrane se sastoji iz hijerarhijski raspoređenih nivoa ishrane - trofičkih nivoa



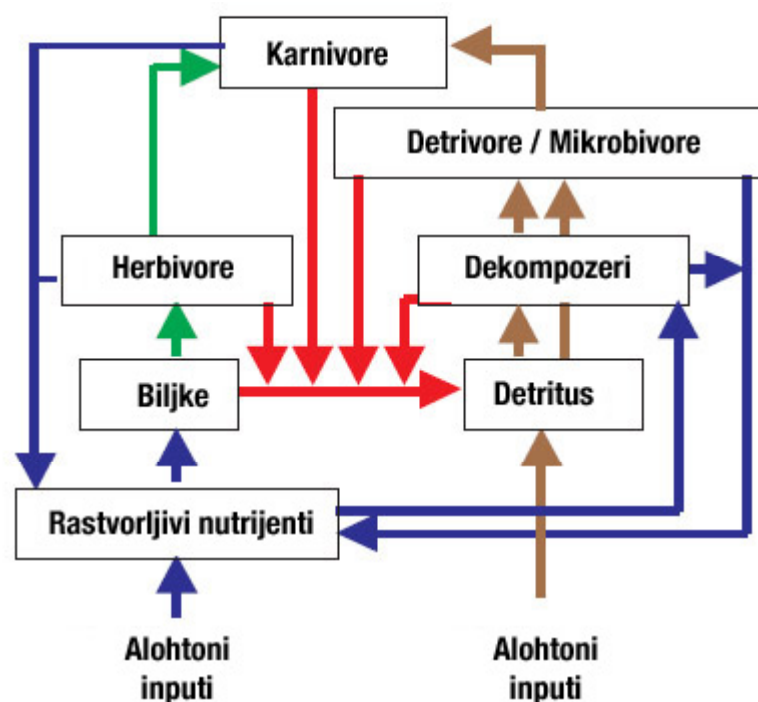
Akvatični lanac ishrane



Detritus u lancu ishrane

- Detritus predstavlja izvor energije i nutrijenata za žive organizme u mnogim mrežama ishrane. Smatra se da detritus zauzima centralno mesto protoka energije unutar ekosistema, pri čemu se trofičke interakcije i protok energije mogu podeliti u dve putanje:

- putanja primarne produkcije* gde energija potiče od živih primarnih producenata i
 - putanja detritusa ili razlagača* gde energija potiče od mrtve organske materije.
- Veći deo energije u mnogim mrežama ishrane protiče drugom putanjom.



Detritus

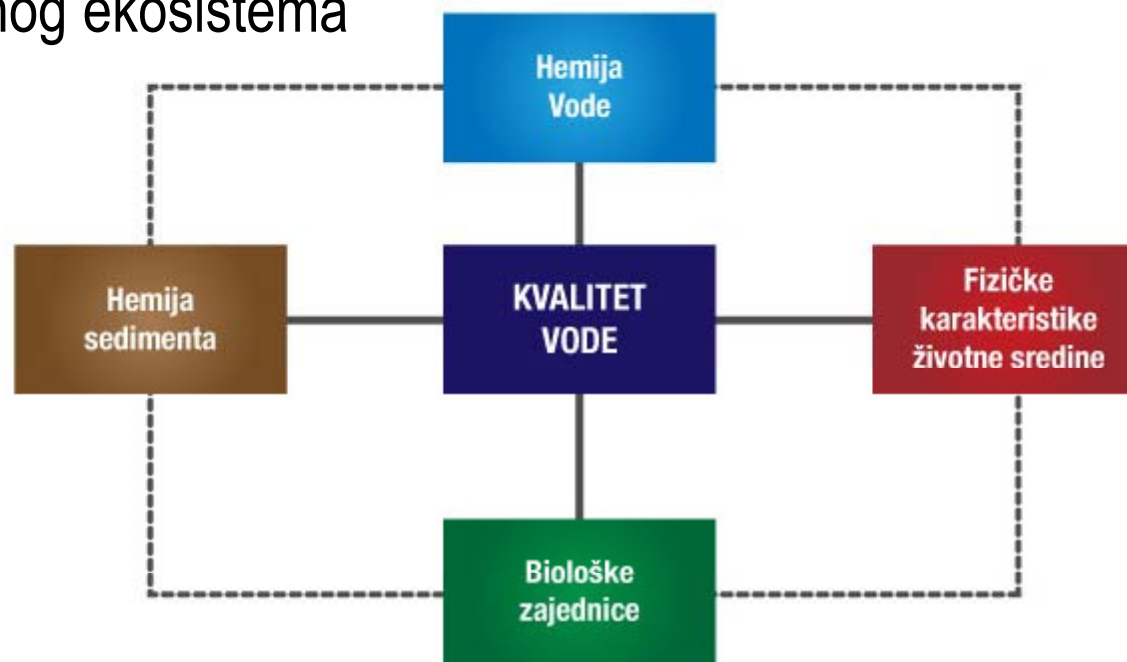
Detritus = neživa organska materija
(čestična i rastvorena)

- za neke organizme važan izvor nutrijenta - detrivore
- na dnu/u sedimentu anaerobne bakterije oslobađaju jedinjenja nižih molekulskih težina, koja se vezuju za detritus (**pogodnija za kompleksiranje metalnih jona**)
- rezervoar zagađujućih materija

- Detritus se definiše kao neživi oblik organske materije, koji obuhvata:
 - biljno tkivo - opalo lišće, drveće, akvatične makrofite i alge;
 - životinjsko tkivo - uginuli organizmi;
 - uginuli mikrobi;
 - feces - stajnjak, fekalije, guano;
 - ekskrecioni proizvodi - ekstracelularni polimeri, nektar, izlučevine korena.

Kvalitet akvatičnog ekosistema:

- Set koncentracija, specijacija i fizičkih raspodela neorganskih i organskih supstanci u sedimentu i vodi
- Sastav i stanje akvatične biote u akvatičnom ekosistemu
- Opis vremenskih i prostornih promena usled unutrašnjih i spoljašnjih faktora akvatičnog ekosistema



Zagađenje akvatičnog ekosistema

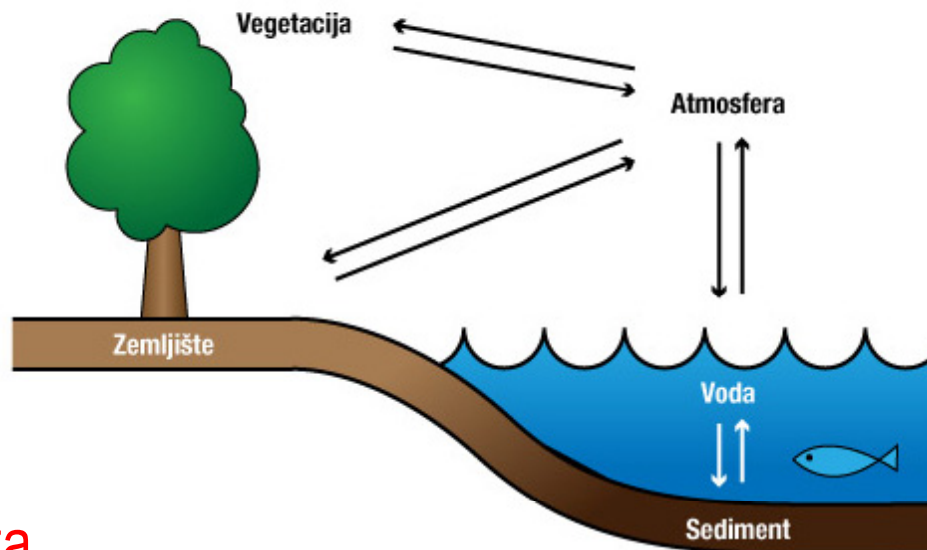
- Introdukcija od strane čoveka, direktno ili indirektno, supstanci ili energije koja ima za posledicu sledeće štetne efekte:
 - oštećenje živih organizama,
 - narušeno ljudsko zdravlje,
 - sprečena akvatična aktivnost (ribarstvo),
 - pogoršanje kvaliteta vode u odnosu na njeno korišćenje u poljoprivredne, industrijske i često ekonomske svrhe, i
 - redukcija blagodeti akvatičnog ekosistema.



Prenos toksikanta kroz faze hidroekosistema

- Svi procesi između faza u ekosistemu mogu se predstaviti kao set osnovnih dvofaznih procesa:

- vegetacija-atmosfera
- zemljište-atmosfera
- atmosfera-voda
- sediment-voda
- biota-voda



- efikasna interakcija svih faza

- međutim, u realnim uslovima - dodatni procesi (npr. suspendovana materija/voda)

Specifičnost akvatičnog ekosistema

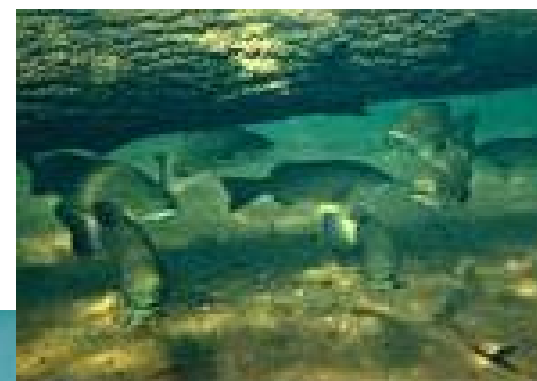
- Akvatični organizmi ceo svoj životni ciklus završavaju u određenom hidroekosistemu, bez velikih mogućnosti za izbegavanje zagađenja – posebno ako je reč o stajaćoj vodi i sesilnim organizmima gde **nema efekta razblaženja**
- Akvatični organizmi su celim svojim telom u kontaktu sa potencijalnim zagađenjem, a škržnim disanjem filtriraju ogromne količine vode i relativno neselektivno time usvajaju sve biodostupne materije
- **Sediment** ima ulogu i rezervoara i izvora organskih i neorganskih materija u akvatičnom ekosistemu
- Najveći deo svih procesa razgradnje organske materije se odvija upravo u sedimentu



Samo slobodni, biodostupni oblici potencijalno hazardnih materija u vodenom stubu su nosioci toksičnosti !!!!

- Stepen smanjenja biodostupnosti putem sedimentacije zavisi od fizičko-hemijskih osobina supstance, ali i svojstava samog sedimenta.
- Mogućnost procene biodostupnosti je ključni faktor u oceni hazarda materija asociranih sa sedimentom.
- **Biodostupnost metala** (prvenstveno Cd, Ni i Pb) je kontrolisana sadržajem isparljivih sulfida (AVS) u sedimentu, jer su metal - sulfidni kompleksi izrazito nerastvorni, što smanjuje biodostupnost nekih metala - toksičnost koja potiče od metala u slobodnoj jonskoj formi može se očekivati kada koncentracija metala u sedimentu premaši sadržaj AVS

- Potencijal bioakumulacije - ključni faktor u identifikaciji toksikanata na osnovu:
 - faktor biokoncentracije (BCF) i
 - hidrofobnosti (K_{ow}) supstance
- U realnosti, potencijal bioakumulacije toksikanta može dovesti do tri osnovna hazarda unutar ekosistema:
 - sama bioakumulacija,
 - biokoncentracija i
 - biomagnifikacija,koji se odnose na efekte na nivou jedinke, populacije i zajednice.

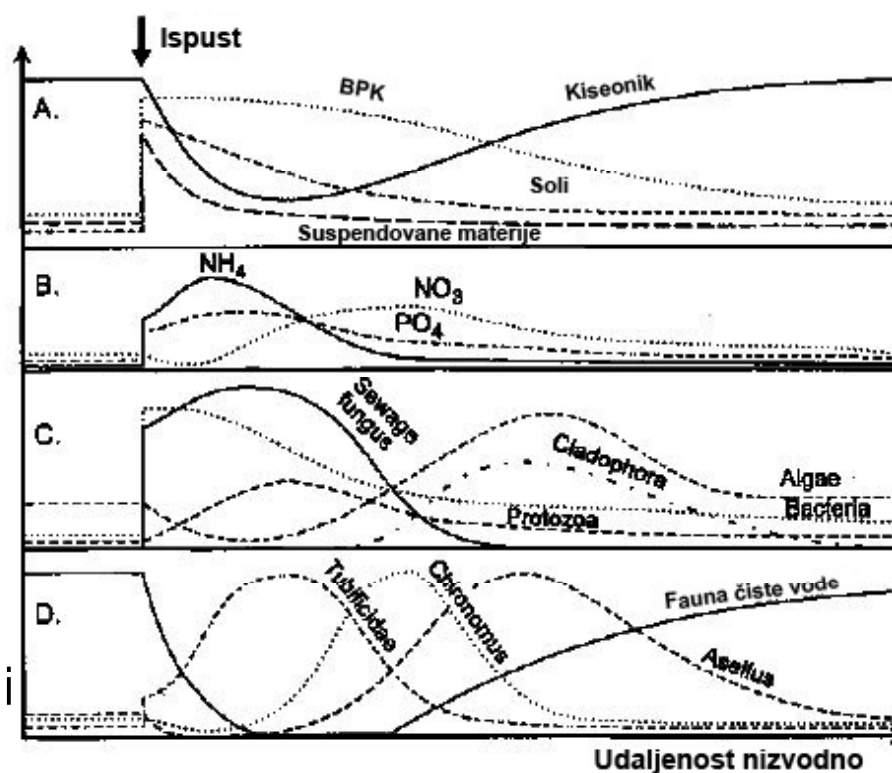


- **BIOAKUMULACIJA** - potencijalni hazard dugotrajnog ili usporenog efekta na jedinke, koje su izložene akumulaciji; toksikant može dostići kritično telesno opterećenje u organ-metama, kada su izloženi u dužim periodima malim dozama.
- **BIOKONCENTRACIJA** - jednostavan proces pri kom koncentracija u bioti može biti viša u odnosu na njenu koncentraciju u okolnom medijumu (voda, vazduh); ne predstavlja hazard na nivou jedinki koje su izložene akumulaciji već na nivou populacije koja koristi ove jedinke kao izvor hrane.
- **BIOMAGNIFIKACIJA** - ekološki koncept da se na nivou zajednice bioakumulacija odvija upotrebom kontaminirane hrane nekoliko puta kroz lanac ishrane; krajnji rezultat ovog fenomena sukcesije akumulacije je visok nivo izlaganja višim karikama u lancu ishrane.

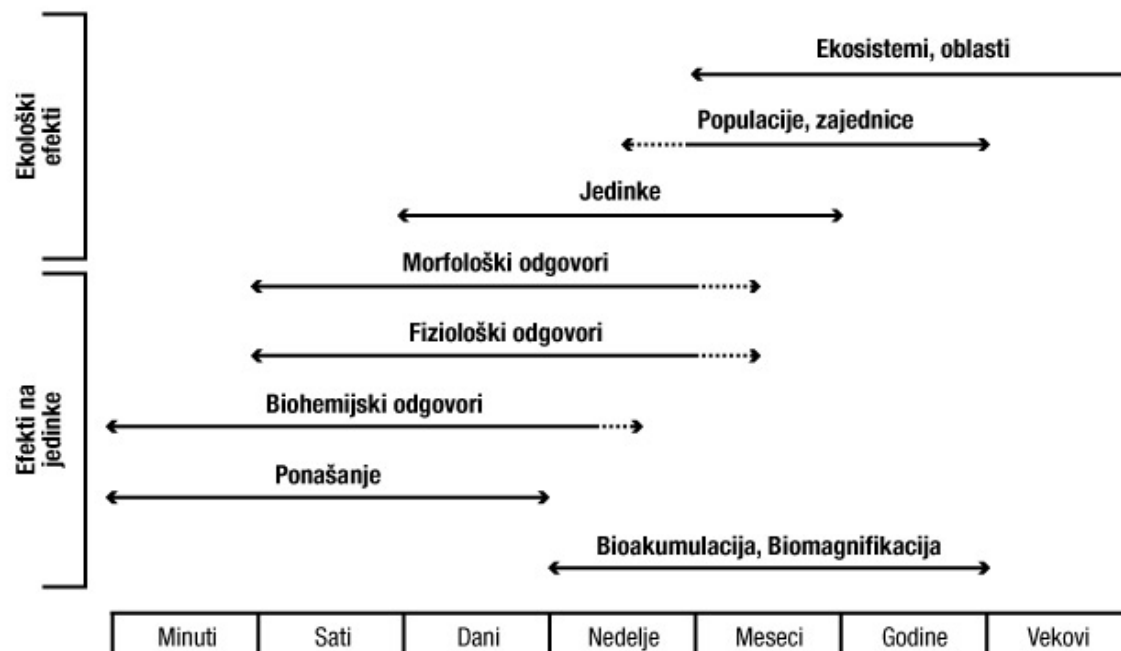
PRIMENA BIOLOŠKIH EFEKATA U PROCENI KVALITETA AKVATIČNIH EKOSISTEMA

• Najčešći efekti na akvatične organizme su:

- promene sastava vrsta u okviru akvatičnih zajednica,
- promene dominantnih grupa organizama u okviru staništa,
- osiromašenje vrsta,
- visok mortalitet osetljivih životnih stadijuma, npr. jaja, larve,
- mortalitet celokupne populacije,
- promene ponašanja organizama,
- promene fiziološkog metabolizma, i
- histološke promene i morfološki deformiteti.



Biološki efekti ekotoksikanta



Povezanost između karakteristika ekotoksikanata i njihovih interakcija sa ekosistemom

Faktori životne sredine i odgovori	Procesi i rezultante	Karakteristike uključenih hemijskih komponenti
Izvor	Polutant ↓	Fizičko stanje (čvrsta, tečna ili gasovita komponenta)
Distribucija u životnoj sredini i transformacija	Biohemijski reakcioni putevi i fluksovi ↓ Vazduh Voda Zemljište / Sediment	Fizičko-hemijska svojstva (rastvorljivost u vodi, napon pare, transformacije i dr.)
Ekspozicija i unos (usvajanje)	Na nivou životne sredine ↓ Organizam	Bohemijska i fiziološka svojstva (bioakumulacija, biotransformacija)
Odgovor organizma	↓ Letalnost i subletalni uslovi ↓	Fiziološka svojstva (letalna toksičnost, subletalna toksičnost i sl.)
Odgovor populacije, zajednice i ekosistema	↓ Modifikovane karakteristike i dinamika populacije ↓ Modifikovana struktura zajednice i njena funkcionalnost ↓ Promene u funkcionisanju ekosistema	Ekološka svojstva (promena vrsta, diverziteta, odnosa predatora, utiče na proces fotosinteze, dinamiku nutrijenata i sl.)

Umesto zaključka

- Pošto nastaju kao posledica promene kvaliteta vodene sredine, **efekti** se kroz biološke metode mogu uspešno koristiti u cilju dobijanja informacija o stanju i kvalitetu akvatičnog ekosistema, kao što su:
 - opšti efekti antropogenih aktivnosti na ekosisteme,
 - prisustvo i efekat najčešćih zagađenja (npr. eutrofikacija, **teški metali**, organski polutanti, industrijske otpadne vode),
 - opšte karakteristike štetnih promena u akvatičnim zajednicama,
 - transformacija polutanata u vodi i organizmima,

- dugotrajni efekti supstanci u vodenim telima (npr. bioakumulacija, biomagnifikacija),
- uslovi nastali odlaganjem otpada i karakter i disperzija otpadnih voda,
- disperzija atmosferskih zagađujućih materija (npr. acidifikacija usled vlažne i suve depozicije kiselih jedinjenja),
- efekti hidrološkog kontrolnog režima, npr. stvaranje veštačkih jezera,
- efikasnost mera zaštite životne sredine, i
- toksičnost supstanci pri kontrolisanim, definisanim, laboratorijskim uslovima, npr. akutna ili hronična toksičnost, genotoksičnost ili mutagenost.

Biološke metode se takođe uspešno primenjuju za:

- obezbeđivanje sistematskih informacija o kvalitetu vode (na osnovu akvatičnih zajednica),
- upravljanje resursima za ribolovstvo,
- definisanje čistih voda na osnovu bioloških standarda ili standardizovanih metoda,
- obezbeđivanje mehanizma ranog upozorenja, npr. detekcija akcidenata, i
- procena kvaliteta vode u odnosu na ekološke, ekonomske i političke primene.



*Hvala na
pažnji..*

