



Centar  
izvrsnosti za  
hemiju okoline i  
procenu  
rizika

# ***METODOLOGIJA PROCENE KVALITETA VODE I SEDIMENTA***

Mr Jelena Tričković

## Zašto se kvalitet sedimenta treba pratiti?

- Odgovor delimično leži u tekstu Okvirne direktive EU o vodama u članu 16.7 koji kaže “the Commission shall submit proposals for quality standards applicable to the concentrations of the priority substances in surface waters, **sediments and biota**”.
- “Ekosistemskim” načinom koncipiranja propisa i regulativa o kvalitetu ambijentnih voda, zemlje EU uvode nove parametre - pored fizičko-hemijskih i mikrobioloških parametara uvode se i biološki parametri čime je okvir monitoringa proširen na sediment i biotu.
- PROBLEMI:
  - Nedostatak podataka o koncentracijama jedinjenja i elemenata u sedimentu, kao i propisa i legislative ne samo u našoj zemlji nego i u okviru Evropske unije,
  - Nedostatak podataka o referentnim uslovima,
  - Ne postoji homogena klasifikacija sedimenta i
  - Ne postoje usaglašeni kriterijumima kvaliteta sedimenta.

## Cilj i priroda monitoringa sedimenta i biote se razlikuje od monitoringa vode.

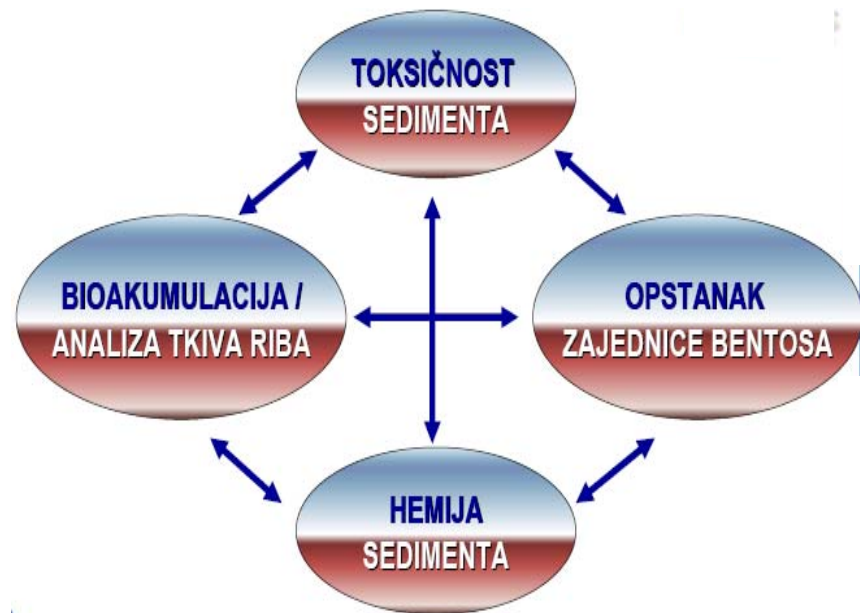
- Monitoring sedimenta i procena njegovog kvaliteta se najčešće sprovode u cilju određivanja u kojoj meri je sediment rezervoar i sekundarni izvor kontaminanata u površinskim vodama.
- Ove studije mogu:
  - biti sprovedene u cilju određivanja statusa kvaliteta sedimenta i njegovog uticaja na okolinu i ljudsko zdravlje kroz proučavanje različitih interakcija u sistemu sediment-voda ili
  - imati regulatorne implikacije kao što su izmuljivanje i konačna dispozicija izmuljenog materijala.

## Monitoring sedimenta i procena njegovog kvaliteta zahteva sprovođenje dugoročnih programa u cilju iznalaženja odgovora na niz pitanja rastuće kompleksnosti.

- Tipičan program procene kvaliteta sedimenta sastoji se od sledećeg niza koraka:
  - **Preliminarna karakterizacija** – podrazumeva uzorkovanje malog broja uzoraka i sa ograničenim analitičkim zahtevima, radi obezbeđivanja opšte karakterizacije za one vodotoke za koje ne postoje podaci.
  - **Identifikacija odstupanja** – detaljnije uzorkovanje i veći broj analitičkih parametara odabranih tako da se utvrdi prisustvo ili stepen odstupanja.
  - **Određivanje referentni vrednosti** – u formi nekih analitičkih parametara za buduća poređenja.
  - **Identifikacija varijacija** – da bi se utvrdio trend promena kvaliteta sedimenta tokom vremena, najčešće sezonski.
  - **Izračunavanje masenog balansa** – da bi se utvrdio pozitivan ili negativan efekat sedimenta na kvalitet vodenog ekosistema.
  - **Istraživanja procesa i interakcija** – sprovođenje dodatnih laboratorijskih istraživanja (npr. određivanje biodostupnosti, sekvencijalna ekstrakcija, i dr.)

## Kvalitet sistema sediment/voda podrazumeva stanje kontrolisano fizičko- hemijskim, hemijskim i biološkim pokazateljima.

- **Kompletan i sveobuhvatan pristup procene kvaliteta sedimenta zahteva poznavanje pet osnovnih komponenti:**
  - fizičko-hemijskih osobina sedimenta
  - ekotoksičnosti
  - podataka o bioakumulaciji
  - strukture zajednice bentosa
  - stabilnosti mesta za koje se vrši procena kvaliteta



**PROBLEM:** Ne postoji jednostavan metod koji bi merio sve uticaje zagađenog sedimenta u isto vreme i na sve organizme.

Ovo je posledica:

- različite osetljivosti različitih organizama prema različitim vrstama polutanata
- uticaja prouzrokovanih prisustvom polutanata koji se ne određuju
- sinergističkog ili antagonističkog uticaja polutanata,
- pojave zagađujućih materija u različitim hemijskim oblicima (npr. metali) što značajno utiče na njihovu toksičnost, kao i
- interakcija i raspodele zagađujućih materija između različitih faza što značajno utiče na njihovu pokretljivost i biološku aktivnost izazivajući pozitivan ili negativan uticaj na **BIODOSTUPNOST**

## Procesi koji utiču na biodostupnost:

### Procesi hemijske stabilizacije

- **“Starenje”** – smanjenje dostupnosti polutanta živim organizmima, a ogleda se i u hemijskoj analizi kao rezistencija ka blagoj ekstrakciji
  - Deo ovih efekata se pripisuje specifičnim geosorbentima prisutnim u sedimentu (npr. ugljeničnim materijalima velike specifične površine) koji pokazuju tipičnu nelinearnu sorpciju i sorpciono-desorpcionu histerezu za organske polutante.
  - Za neorganske polutante (teške metale i arsen) efekat “starenja” podrazumeva retenciju putem procesa sorpcije, precipitacije, koprecipitacije i inkorporacije u mineralnu frakciju sedimenta.
- **Biorazgradnja**

## Procesi koji utiču na biodostupnost:

### Procesi hemijske mobilizacije

- Pri promeni uslova sredine (pH, redoks potencijal):
  - oksidativna remobilizacija – povećanje redoks potencijala dovešće do rastvaranja sulfida metala i njihovog oslobađanja u pornu vodu. Ova promena nije postepena i dešava se naglo (dešava se i pri akcijama izmuljivanja zagađenog anaerobnog sedimenta i njegovog deponovanja na zemljište).
- Hemijska mobilizacija polutanata iz sedimenta je kompleksan nelinearan proces koji se ne može opisati kvantitativnim modelima.

## Organizmi - biodostupnost

**Efekti  
stabilizacije**

**Eroziona stabilnost**  
**Stabilizacija biofilmom**  
(prekrivanje sedimenta,  
mehanička stabilizacija, ali  
neki egzopolimeri mogu biti  
dobri kompleksirajući  
agensi za mobilizaciju  
teških metala)

**Vezivanje polutanata:**  
**sorpcija**  
**precipitacija**

**Biološka degradacija**  
(efekat stabilizacije ako  
ide do kraja, ali ne i ako  
nastaju toksičniji i  
pokretljiviji proizvodi)

+

+

**Zone erozije**  
**Tokovi i strujanja**

**Promena hemijskih parametara:**  
**Oksidacija**  
**Promena pH (acidifikacija)**  
**Kompleksiranje**

**Efekti  
mobilizacije**

**HIDRAULIČKA  
MOBILIZACIJA**

**HEMIJSKA  
MOBILIZACIJA**

1. Da li je sediment toksičan?
2. Koja supstanca (supstance) u sedimentu prouzrokuje toksičnost?
3. Koja je koncentracija supstance u sedimentu koja ne prouzrokuje toksičan efekat?



Jedan od mogućih načina za procenu potencijalnog rizika prisutnih toksičnih jedinjenja u sedimentu je razvijanje kriterijuma kvaliteta sedimenta za svako jedinjenje i poređenje postojećeg stanja sa propisima.

- Aktuelne metode izvođenja kriterijuma kvaliteta sedimenta su indirektne:
  - EMPIRIJSKE metode su bazirane na poređenju koncentracija supstanci u sedimentu i uočenih bioloških efekata (rast organizama, reprodukcija), naročito za organizme bentosa. Uzrok uočenih bioloških efekata se najčešće ne može prepoznati.
  - TEORIJSKE metode polaze od pretpostavke da je biodostupna frakcija zagađujućih materija u sedimentu ona koja prouzrokuje biološke efekte, a da je biodostupnost funkcija raspodele supstanci između sedimenta, vode i organizama bentosa. Bazirane su na fundamentalnim toksikološkim principima koji povezuju biodostupnu koncentraciju zagađujućih materija u sedimentu sa specifičnim odgovorom organizama.

# RAZVIJANJE KRITERIJUMA KVALITETA SEDIMENTA

Generalni pristup razvijanja kriterijuma kvaliteta sedimenta zasniva se na:

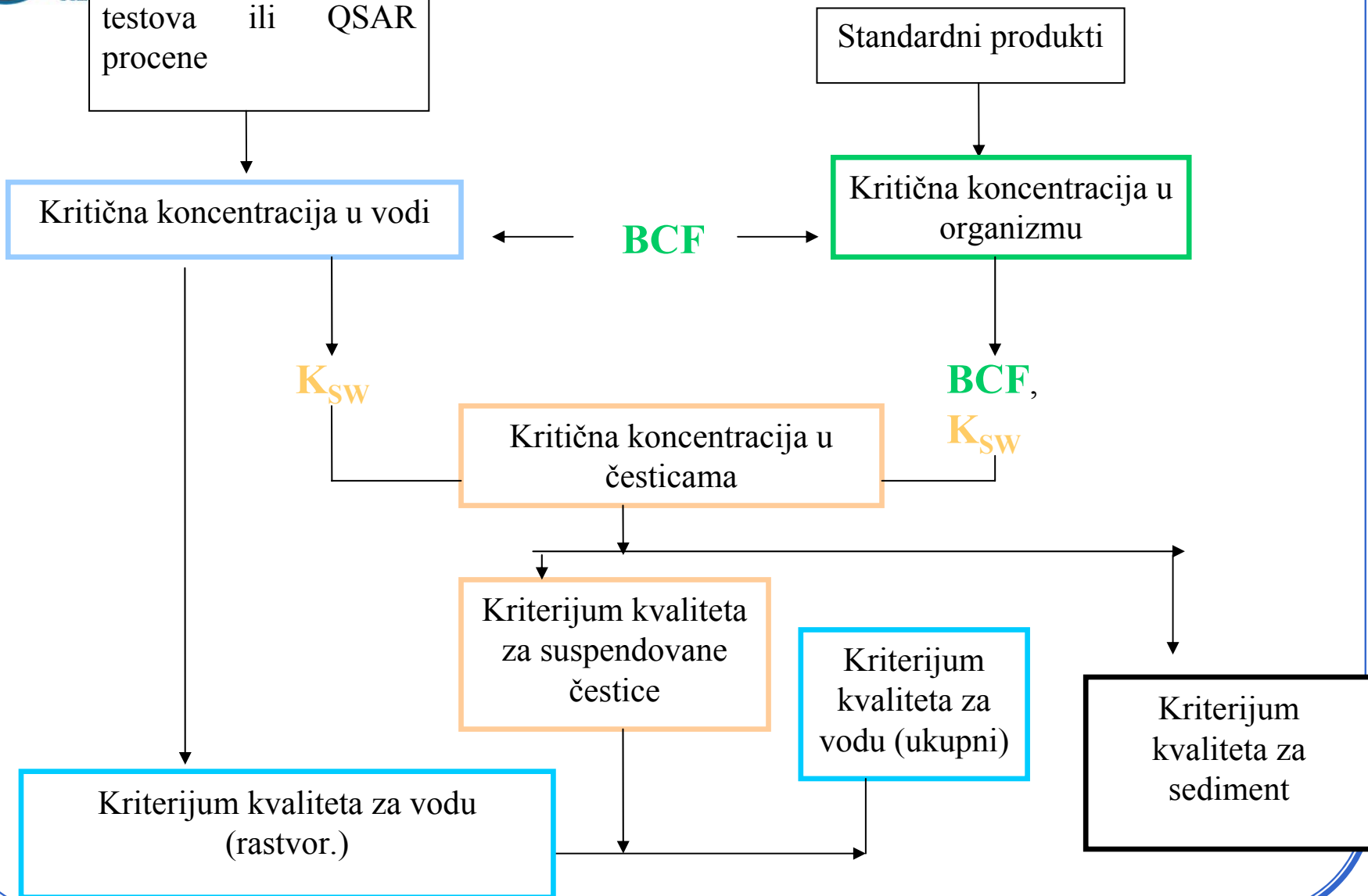
- **Podacima o toksičnom efektu**

- Korišćenjem ekotoksikoloških ekstrapolacionih metoda, kritične koncentracije u vodi, se izvode iz podataka o direktnom akvatičnom efektu. Ove kritične koncentracije se zatim "prevode" u kritične koncentracije u čvrstim fazama pomoću koeficijenata raspodele čvrsta faza-vodena faza.


- **Koeficijentima raspodele, biokoncentracionim faktorima**

- Za mnoga jedinjenja, poznate su maksimalno dozvoljene koncentracije (u na primer ribi) formirane da zaštite čoveka. Ove kritične koncentracije u organizmima se "prevode" u kritične koncentracije u vodi pomoću biokoncentracionih faktora, i dalje u kritične koncentracije za čvrste faze pomoću koeficijenata raspodele čvrsta faza-vodena faza.

# RAZVIJANJE KRITERIJUMA KVALITETA SEDIMENTA

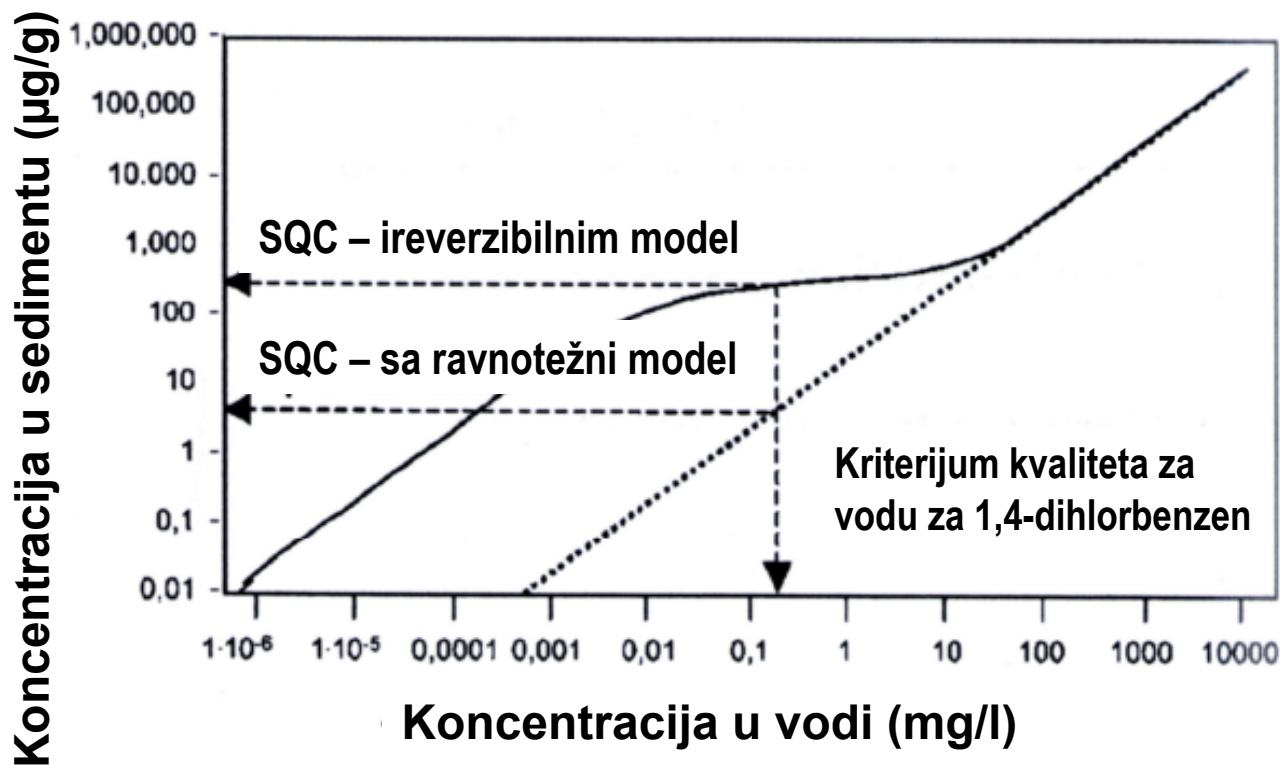


# RAZVIJANJE KRITERIJUMA KVALITETA SEDIMENTA

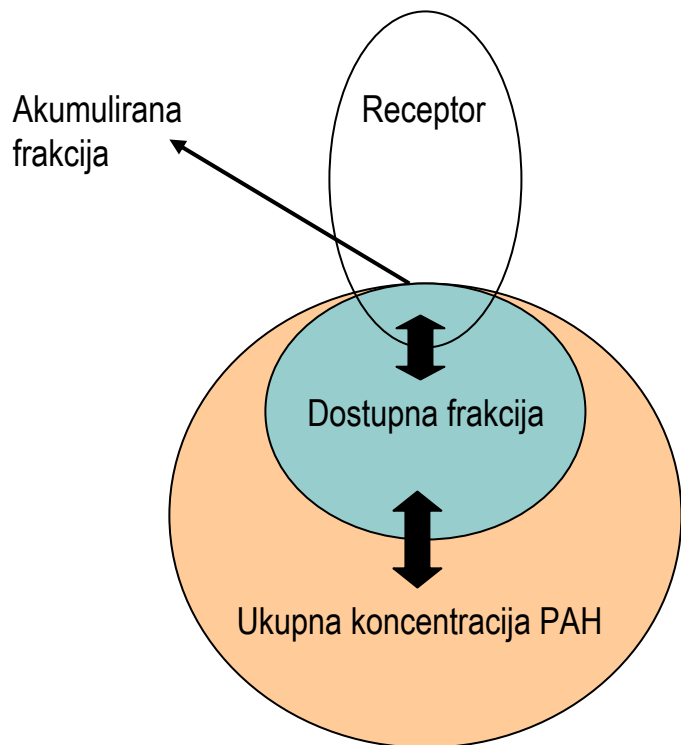
- Metoda ravnotežne raspodele direktno povezuje koncentracije supstanci između različitih faza akvatičnog sistema  mogućnost razvijanja kriterijuma kvaliteta sedimenta iz kriterijuma kvaliteta vode.
- Ravnotežni model razvijanja kriterijuma kvaliteta sedimenta nije primenljiv za visoko polarna i naelektrisana organska jedinjenja, dok je za metale primenljiv, ali komplikovan zbog postojanja velikog broja različitih oblika.
- Eksperimenti na organizmima bentosa su pokazali da toksičnost sedimenta može biti izražena preko koncentracije u vodenoj fazi.

# NEDOSTATAK RAVNOTEŽNOG MODELA

- Efekti stabilizacije imaju uticaj na korišćenje ravnotežnog modela u postupku izvođenja kriterijuma kvaliteta za sediment



# PROBLEM: korišćenje ukupnih koncentracija za procenu kvaliteta sedimenta



- Konvencionalne metode imaju za cilj određivanje ukupnih koncentracija polutanata u sedimentu, pa one nisu pogodne jer precenjuju biodostupnu frakciju.

# Most između hemije i ekotoksikologije – metode za merenje biodostupnosti

Indirektna merenja  
(surogat)

Direktna merenja

~~Ukupne koncentracije~~

Hemijske metode

Ekstrakcije  
rastvaračima

Ekstrakcije na  
adsorbentima

Uređaji za uzorkovanje  
koji oponašaju  
biološke sisteme



Biološke metode

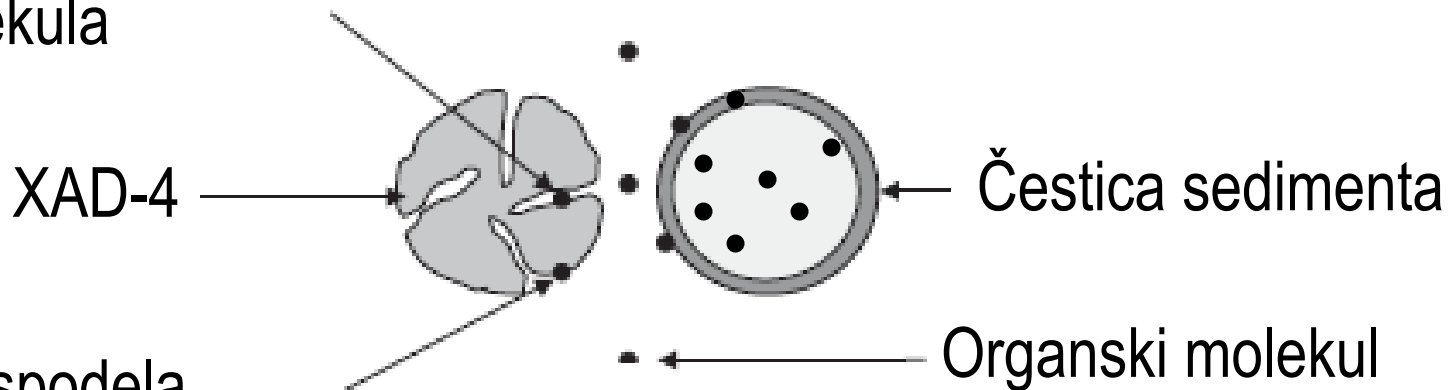
Testovi toksičnosti  
Biomarkeri, biosenzori

Bioakumulacija

# Hemijske metode za merenje biodostupnosti organskih jedinjenja

- Ekstrakcija vodene faze koja sadrži čvrsti adsorbent (Tenax, XAD-2, XAD-4)

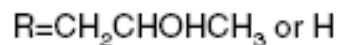
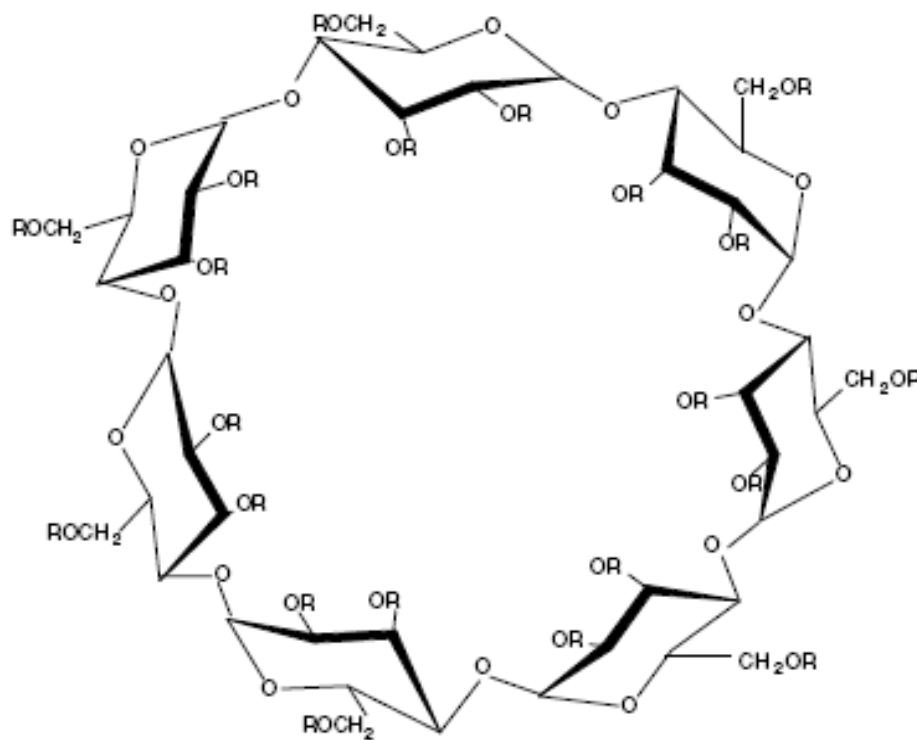
Sorpcija organskog  
molekula



Raspodela  
organskog molekula

# Hemijske metode za merenje biodostupnosti organskih jedinjenja

- Ekstrakcija vodenim rastvorom ciklodekstrina



# Hemijske metode za merenje biodostupnosti organskih jedinjenja

- ◆ **SPME**
- ◆ **Ekstrakcija blagim organskim rastvaračima (butanol, n-propanol, etil-acetat)**
- ◆ **Superkrična ekstrakcija ugljen-dioksidom**
- ◆ **Subkrična ekstrakcija vodom – promenom temperature i pritiska menja se polarnost vode:**
  - ◆ **Na niskim temperaturama ekstrahuju se polarna jedinjenja**
  - ◆ **Na visokim temperaturama se ekstrahuju umereno polarna i nepolarna jedinjenja**
- ◆ **Oksidacija persulfatom**
- ◆ **Desorpcija vazduhom – za volatilna jedinjenja**
- ◆ **Dijaliza**
- ◆ **Termička desorpcija**

# Hemijske metode za merenje biodostupnosti metala

- AVS/SEM model
- Fizičko-hemijske metode frakcionacije (sekvencijalna ekstrakcija)
  - Omogućava određivanje različitih oblika teških metala u sedimentu, što se ne može postići primenom pojedinačnih ekstrakcionih metoda
  - Sukcesivna ekstrakcije različitim ekstrakcionim sredstvima rastuće ekstrakcione moći (npr. sirćetna kiselina, hlorovodonična kiselina, amonijum-hidroksid) – zasniva se na određivanju slabo vezane frakcije metala

## PROBLEMI I OGRANIČENJA:

- Metode za određivanje biodostupnosti nisu standardizovane,
  - osim sekvencijalne ekstrakcije prema BCR, a za ovu metodu čak postoji referentni materijal.
  - Metode za procenu biodostupnosti metala često precenjuju stvarnu biodostupnost zbog promene pH vrednosti i oksidoredukcionog potencijala tokom manipulacije uzorcima i ekstrakcije u odnosu na uslove u akvatičnoj sredini, što može u izvesnoj meri da promeni prvobitni način vezivanja metala.
- Ovaj pristup je i dalje previše skup za rutinski monitoring.**

# PORNA VODA

- integralni deo sistema sedimenata
- nalazi se u intersticijalnom prostoru između čestica sedimenta (zauzima 30 - 70 % zapremine sedimenta)
- relativno statična pa je njen fizičko-hemijski sastav rezultat ravnotežnih interakcija (sorpcija, raspodela) između vode u porama sedimenta i čestica čvrste faze ⇒ ova činjenica čini pornu vodu veoma pogodnom za utvrđivanje nivoa zagađenosti sedimenta, kao i za utvrđivanje doprinosa sedimenta zagađenosti površinske vode, pa je predloženo da se porna voda koristi **za utvrđivanje kriterijuma kvaliteta sedimenta**
- poznavanje koncentracija zagađujućih materija u pornoj vodi je veoma bitno kod bilo kakvih remedijacionih zahvata, jer supstance rastvorene u pornoj vodi prilikom uklanjanja sedimenta mogu veoma lako dospeti u površinsku vodu

## OTVORENA PITANJA:

- **Analiza porne vode** – pokazalo se je pogodna za jednu vrstu regulatornih programa, a za drugu ne (npr. kao samostalni test za procenu kvaliteta sedimenta ili kao zamena za analizu sedimenta)
- **Inkorporacija rezultata testova toksičnosti porne vode u postupak za izvođenje kriterijuma kvaliteta za sediment** moglo bi da dovede do preporuka koje bi bile prediktivnije u pogledu efekata porne vode, mogle bi bolje da objasne rezultate testova porne vode, a pogotovo ako analiza porne vode može da da podatke o dodatnim parametrima koji nisu obuhvaćeni analizom sedimenta.

## KO JE ŠTA URADIO?

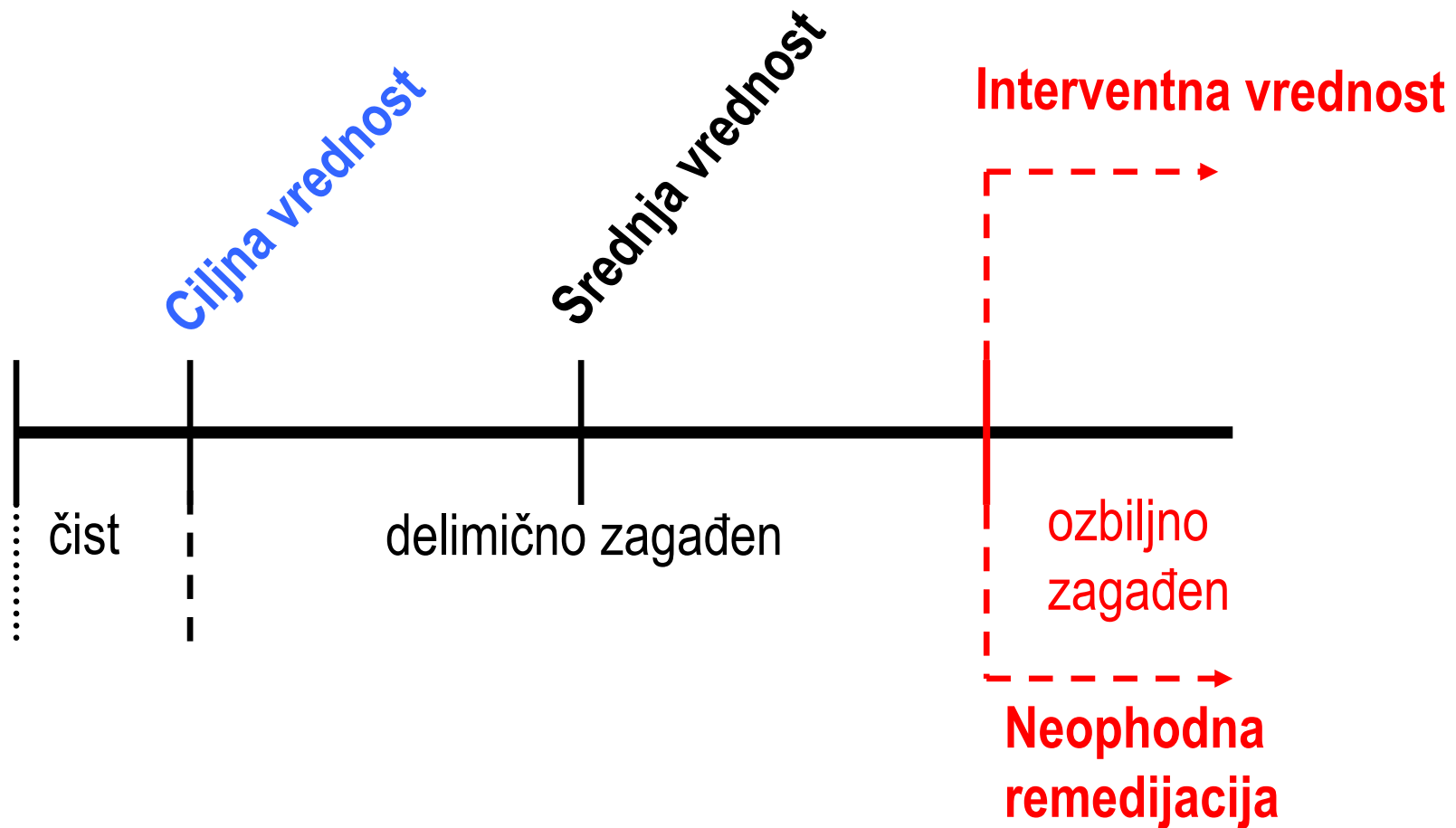
- **EU** za sada ne propisuje kriterijume kvaliteta sedimenta.
- **HOLANDIJA:** preporuke
  - Definiše četiri klase na osnovu rizika po okolinu
  - Obuhvata teške metale, mineralna ulja i organske mikropolutante (PAH, PCB, organohlorni pesticidi)
  - Odnosi se na standardni sediment sa 10% organske materije i 25% gline:
    - Neophodna korekcija analitički određenih koncentracija da bi se moglo vršiti poređenje sa holandskim kriterijumima kvaliteta:
      - Organski mikropolutanti i mineralna ulja – korekcija na sadržaj organske materije
      - Teški metali – korekcija na sadržaj organske materije i mineralne frakcije  $< 2\mu\text{m}$

## Holandski sistem klasifikacije sedimenta

Bazira se na dve grupe vrednosti:

- 1. Ciljna vrednost** – nivo zanemarljivog rizika po okolinu (1/100 ili 1% maksimalno dozvoljenog nivoa rizika po okolinu pri kojem je 5% vrsta u ekosistemu ugroženo).
  - izvedena je iz **maksimalno dozvoljene koncentracije** koja predstavlja naučno izvedenu vrednost na osnovu podataka za toksičnost i ekotoksičnost i kriterijuma kvaliteta za površinsku vodu
- 2. Interventna vrednost** – nivo izuzetno visokog rizika (pri kojem je 50% vrsta u ekosistemu ugroženo), a u obzir je uzet i maksimalno dozvoljen rizik za ljude.

# Holandski sistem klasifikacije sedimenta



## Holandski sistem klasifikacije sedimenta

Klasa	Nivo rizika	Napomena
0	< ciljna vrednost	<b>Prirodni fon. Sedimenti mogu biti korišteni bez posebnih mera zaštite.</b>
1 i 2	> ciljna vrednost i < srednja vrednost	<b>Neznatno zagađeni sedimenti Raspodela bez mera zaštite u pojasu širine 20 m.</b>
3	> srednja vrednost i < interventna vrednost	<b>Zagađeni sedimenti. Nije dozvoljena distribucija. Čišćenje ili čuvanje u depou će biti neophodno radi zaštite okoline od zagađenja.</b>
4	> interventna vrednost	<b>Izuzetno zagađeni sedimenti. Obavezna remedijacija. Čišćenje i čuvanje u deponiji bi bilo neophodno radi zaštite okoline od zagađenja.</b>

# Holandski sistem klasifikacije sedimenta

Tek ako se utvrdi da je sediment zagađen na osnovu ove klasifikacije (klase 3 i 4) vrši se procena stvarnog rizika po okolinu:

1. Ekotoksičnost
2. Procena rizika po ljudsko zdravlje
3. Procena rizika zbog migracije kontaminanata (ugroženost površinske vode, ugroženost podzemne vode)
4. Postavljenje prioriteta

## 5. Remedijacija



## Holandski sistem klasifikacije sedimenta

### Nedostatak:

- Zasniva se na ukupnim koncentracijama kontaminanata, pa i pored korekcije procenjen rizik često prevazilazi stvarni rizik.
- Tendencija promene u narednih nekoliko godina, a u skladu sa najnovijim naučnim saznanjima o biodostupnosti.
- Neophodna istraživanja radi potpunog razumevanja procesa koji definišu biodostupnost i razvijanja kvantitativnih opisnih modela za ove procese.
- Neophodno razvijanje hemijskih i bioloških testova za bržu i lakšu procenu biodostupnosti, a time i kvaliteta sedimenta i procenu rizika po okolinu.

## 💧 **KANADA** : preporuke

- 💧 Niža vrednost (ISQGs - Interim Sediment Quality Criteria) predstavlja tzv. privremene preporuke, dobijene teorijskim putem i iznad kojih je teorijski moгуć uticaj na akvatične organizme.
- 💧 Viša vrednost (PEL - Probable Effect Level) je koncentracija iznad koje je empirijski verovatan uticaj na akvatične organizme.

💧 **SAD:** preporuke

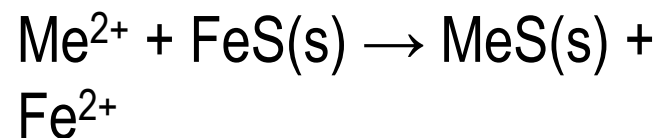
- 💧 USEPA je formirala skicu direktiva za sediment koji neće imati negativan uticaj na akvatični život i zdravlje čoveka, na osnovu podataka (analize hemijskih kontaminanata u sedimentu i organizmima, rezultati testova toksičnosti) prikupljenih od 1990. do 1999. godine.
- 💧 Uzorci sedimenta se na osnovu mogućeg negativnog dejstva na akvatični život i čoveka svrstavaju u tri grupe:
  - verovatan negativan uticaj,
  - moguć negativan uticaj i
  - nema negativnog uticaja.
- 💧 Date vrednosti nisu regulatorni kriterijumi, standardne vrednosti iznad kojih se zahteva prečišćavanje ili remedijacija i nisu specifični za svaki lokalitet ("site-specific"). To su preporučene vrednosti iznad kojih se sediment u okviru ekotoksikološkog pristupa može smatrati potencijalnom opasnošću za akvatični život.

## USEPA: PROCENA POTENCIJALNE TOKSIČNOSTI METALA U SEDIMENTU NA OSNOVU ODNOSA SEM I AVS

- ❖ Kiseli-isparljivi sulfid (acid-volatile sulfide-**AVS**) je jedna od najvažnijih hemijskih komponenata koji kontrolišu aktivnost i dostupnost metala u pornoj vodi anaerobnih sedimenata.
- ❖ Veliki rezervoar sulfida se javlja kao sulfid gvožđa ( $\text{FeS}$ ) u anaerobnom sedimentu.
- ❖ Metali sa konstantama rastvorljivosti manjim od rastvorljivosti gvožđe-sulfida, odnosno koji grade manje rastvorne sulfide od gvožđa, operaciono se definišu kao SEM-simultano ekstrahovani metali, a određuje se istovremeno tokom analize AVS.

Sulfid odgovarajućeg metala	Konstanta rastvorljivosti Log K
MnS(s)	-19.15
FeS(amorfan)	-21.80
FeS(s)	-22.39
NiS(s)	-27.98
ZnS(s)	-28.39
CdS(s)	-32.85
PbS(s)	-33.42
CuS(s)	-40.94
HgS(s)	-57.25

Oni zamenjuju gvožđe u sulfidima i uklanjaju se iz porne vode precipitacijom metalnog sulfida na sledeći način:



Smatra se da su metali vezani u obliku visoko nerastvornih sulfida **bionedostupni**.

- Pri molarnom odnosu metal/AVS koji je veći od 1, metal je u višku i može biti oslobođen u pornu vodu gde je potencijalno toksičan ili se može vezati za neka druga jedinjenja u sedimentu, ali je generalno ponovo dostupan.

$$\frac{\sum_i [SEM]_i}{[AVS]} \geq 1$$

$\Sigma[SEM]$ : suma metala u mol/kg,

$[AVS]$ : koncentracija kiselog volatilnog sulfida u mol/kg.

- Za procenu potencijalnog efekta metala na bentičke vrste, molarna koncentracija AVS se poredi sa sumom molarnih koncentracija SEM šest metala: kadmijuma, bakra, nikla, olova i cinka u odnosu 1:1. Pošto se srebro javlja u jednovalentnom obliku, pola molarne koncentracije se poredi sa AVS koncentracijom. Živa je isključena iz AVS zbog faktora koji otežavaju određivanje bioakumulacionog potencijala u sedimentu.
- Metali neće početi da uzrokuju toksičnost u anaerobnom sedimentu dok se rezervoar sulfida ne potroši.

## KLASIFIKACIJA SEDIMENTA NA OSNOVU ODNOSA [SEM]-[AVS]

Klasifikacija	Kriterijum
<b>Grupa I</b> verovatni negativni efekti	$[SEM]-[AVS] > 5 \text{ mol/kg}$ za sumu molarnih koncentracija Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i $\frac{1}{2}$ Ag
<b>Grupa II</b> mogući negativni efekti	$[SEM]-[AVS] = 0-5 \text{ mol/kg}$ za sumu molarnih koncentracija Cd, Cu, Ni, Pb, Zn i $\frac{1}{2}$ Ag
<b>Grupa III</b> nemogući negativni uticaji	[SEM]-[AVS] koja ne pripada prethodnim grupama

## OGRANIČENJA I NEDOSTACI:

- Svi toksični SEM prisutni u količini koja doprinosi značajno sumi SEM moraju biti određeni
- Ako je sadržaj AVS u sedimentu nizak, kao u potpuno aerobnom sedimentu, kapacitet vezivanja metala u sedimentu opada i metoda ne funkcioniše. Eksperimentalne studije upućuju da je donja granica primenljivosti za AVS aproksimativno 1 mmol AVS/g sedimenta. U tom slučaju druge sorpcione faze, kao što je organski ugljenik postaju značajne u vezivanju metala. Istraživanja su pokazala da bakar, kao i živa, mogu biti vezani za neku drugu fazu u sedimentu, kao što je organski ugljenik, i sama AVS vrednost neće biti dovoljna za predviđanje toksičnosti. Mora se takođe proceniti i koncentracija metala u pornoj vodi.

## ŠTA DALJE?

- Neophodna istraživanja radi potpunog razumevanja procesa koji definišu biodostupnost i razvijanja kvantitativnih opisnih modela za ove procese.
  - Današnje saznanje o mehanizmima koji ograničavaju biodostupnost i razumevanje fenomena biodostupnosti je limitirano.
- Bolje razumevanje biodostupnosti polutanata, ne samo kroz modelovanje, već i empirijsku kvantifikaciju biodostupnosti, je od presudnog značaja za:
  - procenu toksikološkog rizika zagađenih područja
  - procenu očekivanog smanjenja rizika kao rezultata remedijacije zagađenih područja:
    - procenu mogućnosti korišćenja bioremedijacije kao metode čišćenja zagađenih područja
    - optimizaciju i upravljanje procesom bioremedijacije.
- Neophodno razvijanje hemijskih i bioloških testova za bržu i lakšu procenu biodostupnosti, a time i kvaliteta sedimenta i procenu rizika po okolinu.

# Preporuke SedNet za budući razvoj u oblasti upravljanja sedimentom

- SedNet je evropska mreža čiji zadatak jeste da primeni dosadašnja i razvija nova znanja u oblasti kvaliteta sedimenta i inkorporira ih u evropsku strategiju upravljanja sedimentom.
  - Kratkoročni prioriteti
    - Standardizacija osnovnih alata za procenu kvaliteta sedimenta
  - Srednjeročni i dugoročni prioriteti (rokovi preko 5 godina)
    - Integracija kvalitativnih i kvantitativnih aspekata (modelovanje)
    - Razvoj komplementarnih alata za procenu kvaliteta sedimenta
    - Značaj i uloga erozije
    - Značaj i uloga organske materije

**HVALA NA PAŽNJI!**