



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika



UZORKOVANJE SISTEMA VODA-SEDIMENT

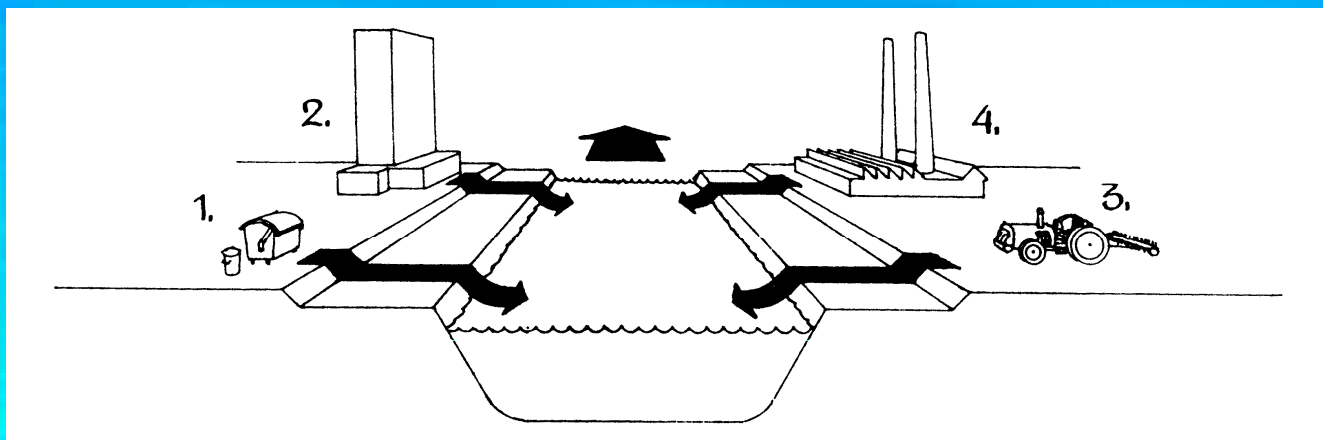
Prirodno-matematički fakultet
Departman za hemiju
Katedra za hemijsku tehnologiju i
zaštitu životne sredine



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

U planiranju monitoringa mora se uraditi prikaz svih značajnih pritisaka i uticaja ljudske delatnosti na stanje površinskih voda, uključujući:

- procenu zagađenja iz tačkastih izvora,
- procenu zagađenja iz rasutih izvora, uključujući i pregled korišćenja zemljišta,
- procenu pritisaka na količinsko stanje voda, uključujući i zahvatanje,
- analizu ostalih uticaja ljudskih delatnosti na stanje voda;





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Monitoring mora biti projektovan da osigura koherentan i sveobuhvatan pregled ekološkog i hemijskog statusa unutar svakog rečnog sliva. Radi toga je potrebno razmotriti:



- parametre kvaliteta vode koje je potrebno određivati,
- lokalitete za uzimanje uzoraka,
- dinamiku uzimanja uzoraka da bi željena informacija imala odgovarajući značaj,
- aspekte kod izbora tehnike uzimanja uzoraka,
- aspekte kod izbora analitičkih postupaka i izvođenja analiza,
- vrstu metode za interpretaciju i prezentaciju podataka.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Izbor mesta uzorkovanja zavisi od prirode projekta, parametara, tipa uzoraka.

Program za izbor mesta za monitoring:

- Ključne lokacije, kada se voda koristi za snabdevanje domaćinstava, rekreaciju, razmnožavanje i ishranu riba i drugih životinja;
- Glavni tok, uzvodno i nizvodno od ulivanja glavnih pritoka;
- Pored ušća glavnih reka tj. gde se ulivaju u morski rukavac;
- Lokacije glavnih vodenih tokova u koje su dospeli kontaminanti iz različitih izvora, iz urbane, industrijske ili poljoprivredne sredine;
- Ključne lokacije vodenih tokova većinom nedirnute od strane ljudske aktivnosti.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Izbor uže lokacije mesta uzorkovanja površinskih vode vrši se prema principima:

- Što bolje izmešanosti i homogenosti kvaliteta vode u profilu površinskih voda,
- Da lokacija bude van zone direktnog uticaja uliva otpadnih voda i pritoka,
- Da koeficijent izmešanosti bude od 0,70-0,95,
- Da lokacija bude pristupačna i bezbedna za manipulaciju uzorcima, plovilom i alatom.
- Da se omoguće terenska ispitivanja (in situ) uz normalan napor i trošak.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Osnovna pravila o uzorkovanju površinske vode

- **Ako se uzorkuje iz čamca, uzorci se moraju uzimati dalje od motora na benzin**
- **Uzorci vode i sedimenta se uvek uzimaju počevši od nizvodnog toka ka uzvodnom**
- **Mora se voditi računa da se prilikom uzimanja uzoraka vode ne zahvati sediment**
- **Kada se uzimaju uzorci vode i sedimenta iz iste oblasti, uzorci vode se moraju uzimati prvi**
- **Uzorci se ne smeju uzimati pored brana, pristaništa ili mostova jer se usled veštačkih vodenih tokova mogu uzeti uzorci koji nisu reprezentativni**
- **U uzorku se ne smeju naći raznovrsne krupnije čestice kao npr. lišće. Prilikom uzimanja uzoraka izbegavaju se naftne mrlje, drveni otpaci i druga lokalna zagađenja**
- **Pri zahvatnju uzorka ne sme da dođe do promene sadržaja u odnosu na vodenu masu**



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Preporučuje se sledeci redosled pri sakupljanju uzoraka:

- volatilne organske komponente,
- organske materije (uključujući ulja i masti kao i ukupne ugljovodonike nafte),
- ukupni metali,
- rastvoreni metali,
- mikrobiološki uzorci,
- neorganski nemetalni uzorci.

Treba napomenuti da su uzorci uzeti za analizu

- **volatilnih organskih komponenti,**
- **ulja i masti,**
- **mikrobiološke testove**

uvek trenutni uzorci!!!



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Konzervisanje uzoraka

Uzorci se konzervišu na terenu nakon uzorkovanja.

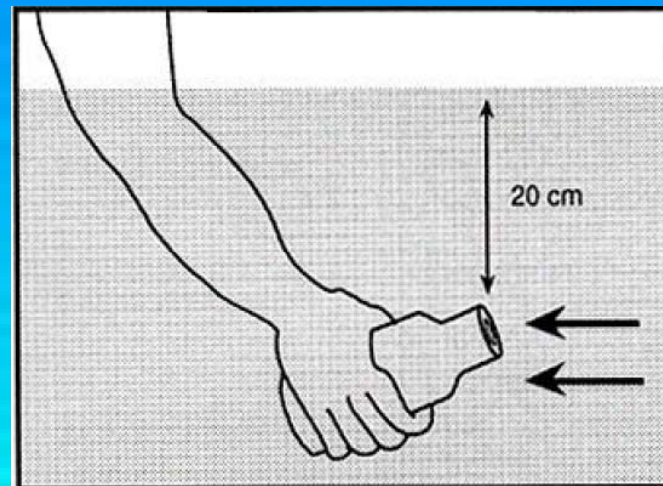
METALI	Zapremina uzoraka (ml)	Sudovi za uzimanje uzoraka	Konzervisanje	Vreme čuvanja
Rastvoreni metali	200 ^{II,III}	P, S ^{II} P(K), S(K) ^{III}	Filtrirati odmah, HNO ₃ do pH<2 ^{II,III}	6 meseci ^{II,III}
Suspendovani metali	200 ^{II,III}	P, S ^{II,III}	Filtrati odmah, HNO ₃ do pH<2 ^{II,III}	6 meseci ^{II,III}
Ukupni metali	100 ^{II,III}	P, S ^{II,III}	HNO ₃ do pH<2 ^{II,III}	6 meseci ^{II,III}
Hrom (Cr ⁶⁺)	100-1000 ^I 200 ^{II,III}	P, S ^{II,IV} P(K), S(K) ^{III}	HNO ₃ do pH<2 ^I Hlađenje na 4°C ^{II,III,IV}	Nije ograničeno ^I 24 časa ^{II,III,IV}
Gvožđe (II)		P,BS ^{IV}	Zakišeljavanje do pH<2 uz isključivanje dejstva atmosferskog kiseonika ^{IV}	24 časa ^{IV}
Aluminijum, Barijum, ukupni hrom, Kobalt, Bakar, Ukupno gvožđe, Olovo, Mangan, Nikal, Kalaj, Uran, Cink, Srebro		P ^{IV}	Zakišeljavanje do pH<2 ^{IV}	1 mesec ^{IV}
Kalcijum, Magnezijum		P ili S ^{IV}	_ ^{IV}	24 časa ^{IV}
			Zakišeljavanje do pH<2 ^{IV}	1 mesec
Litijum, Kalijum, Natrijum		P ^{IV}	_ ^{IV}	1 mesec ^{IV}
Rastvorena živa		P, S ^{II}	HNO ₃ do pH<2 ^{II}	28 dana ^{II}
Ukupna živa	100-1000 ^I 100 ^{II,III}	P, S ^{II} P(K), S(K) ^{III} BS ^{IV}	HNO ₃ do pH<2 ^{II,III,IV}	38 dana ^I /13dana u zavisnosti od ambalaže 28 dana ^{II,III,IV}



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Oprema za zahvatanje uzoraka

- **Za uzimanje uzoraka uglavnom zadovoljavaju posude od polietilena, polipropilena, polikarbonata i stakla.**
- **Za mnoge razmatrane primene, za uzimanje uzoraka za hemijske analize iz reka, potoka i jezera često je dovoljno da se otvorena posuda (na primer lopatica ili vedro) zaroni ispod same površine i uzme uzorak**

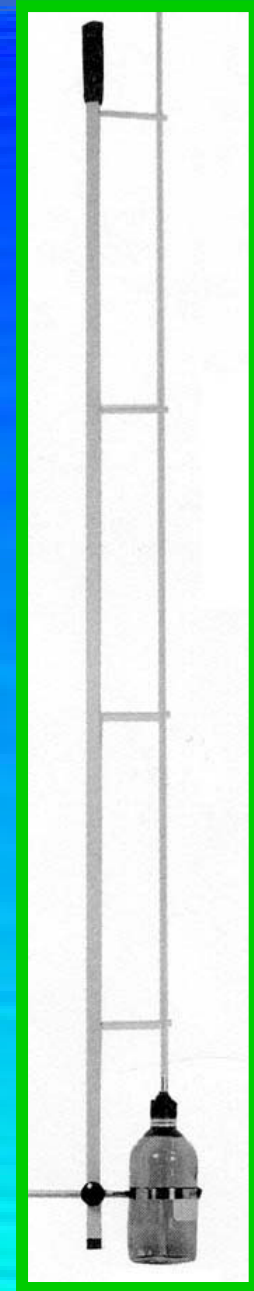
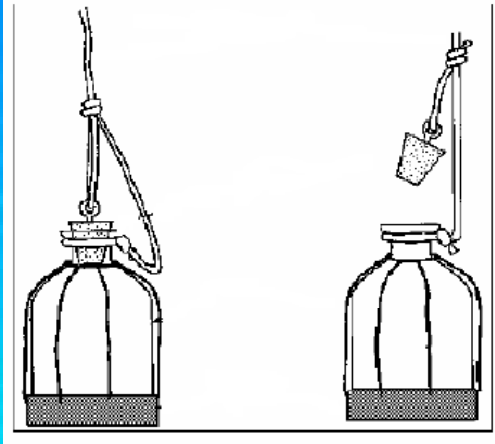




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Zatvoren pribor koji se uranja u vodu

- Ovaj pribor se sastoji od hermetički zatvorenih posuda napunjenih vazduhom (ili inertnim gasom) koje se pomoću kabla spuštaju u vodu na određenu dubinu.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Pumpe

- Pumpe mogu biti potapajuće, usisne ili perislaltičke.
- Izbor pumpi zavisi od posebnih uslova uzimanja uzoraka.
- Peristatička pumpa se može koristiti za uzimanje kompozitnih uzoraka sa određene dubine, kao i za uzimanje pojedinačnih uzoraka.
- Ova tehnika nije pogodna za uzimanje uzoraka u kojima se određuju ulja i masti, ukupni ugljovodonici iz nafte, mikrobiološki parametri.
- Kada se uzorci uzimaju pomoću potapajuće pumpe, osetljivi organizmi se mogu oštetiti, što dovodi do pogrešnih rezultata.

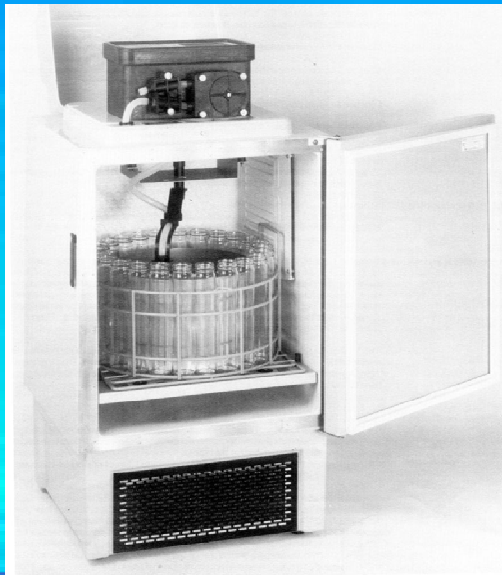




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Automatski uređaji za uzimanje uzoraka

- Ovi uređaji se mogu koristiti u mnogim uslovima uzimanja uzoraka iz reka i potoka, pošto omogućuju da se kontinualni uzorci ili serije uzoraka uzimaju bez ručne intervencije.
- Posebno su korisni za dobijanje složenih uzoraka i za ispitivanje varijacija kvaliteta sa vremenom.
- Pri tome je bitno da nestabilnost uzorka ne dovede do grešaka usled dužeg vremena čuvanja uzoraka
- Oni mogu funkcionisati proporcionalno vremenu ili protoku

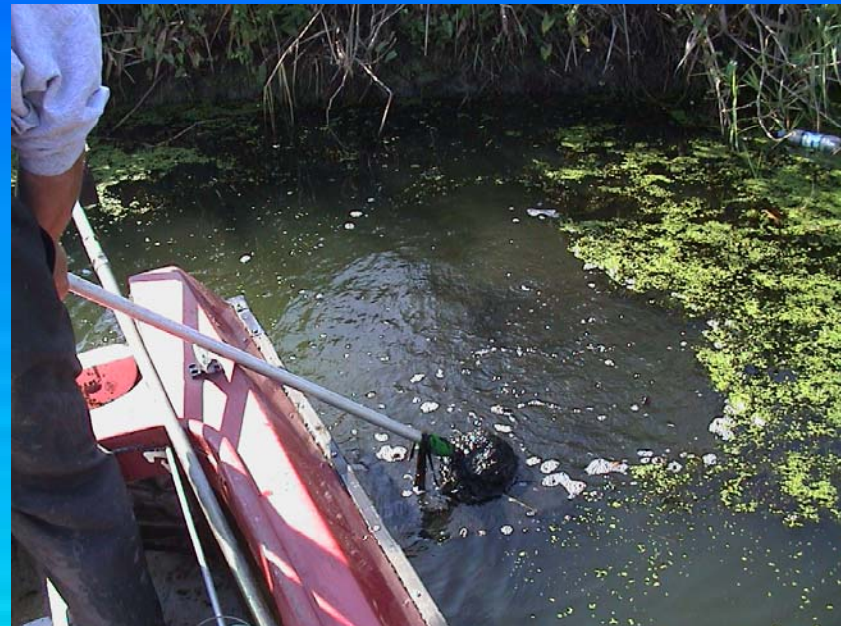




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

CILJ MONITORINGA SEDIMENTA

- ◆ 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.



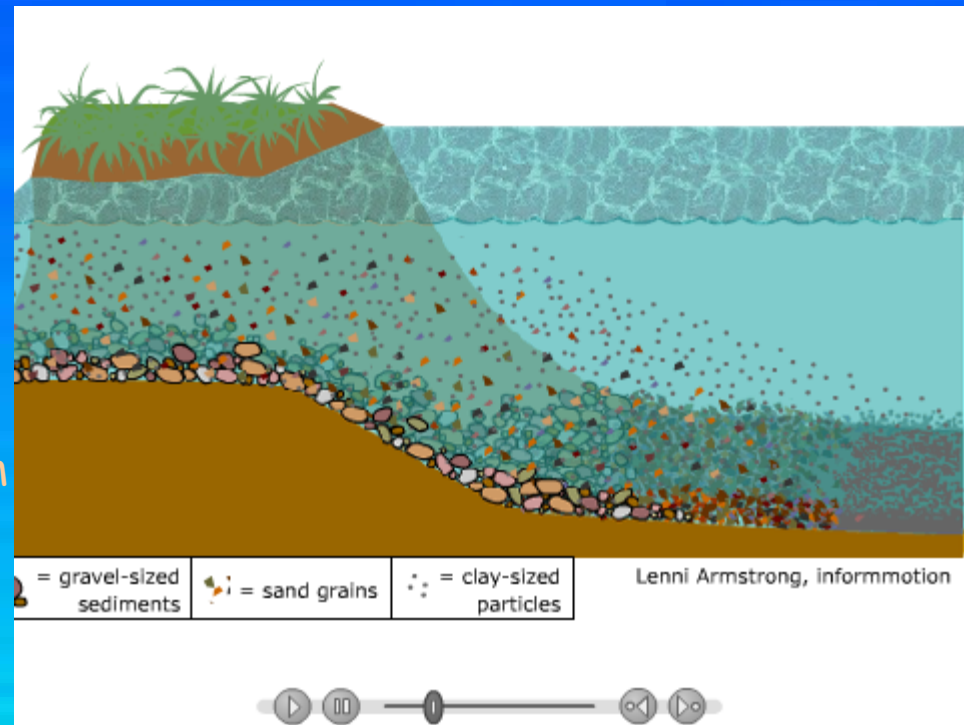


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Projektovanje uzorkovanja

Moraju biti razmotrene sledeće informacije:

- ◆ Geochemijski i hidrodinamički podaci
- ◆ Lociranje potencijalnih izvora zagađenja
- ◆ Kvalitet i starost dostupnih podataka
- ◆ Podaci o remedijacionim i drugim aktivnostima
- ◆ Raspoloživi resursi (vreme, finansije, osoblje...)





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Dva načina projektovanja uzorkovanja sedimenta :

- Verovatno i slučajno projektovanje - mesta uzorkovanja su nasumice odabrana i
- Ciljano projektovanje - mesta uzorkovanja odabrana na osnovu poznatih problema (znanja o događajima koji će se desiti u toj ili okolnoj oblasti koji mogu negativno uticati na vodenu celinu), a obezbeđuje ocenu pojedinačnih mesta.

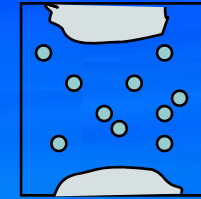


Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

U verovatnom i slučajnom projektovanju mesta mogu biti odabrana na stvarno slučajan način ili na sistematski način, pa razlikujemo nekoliko načina odabira:

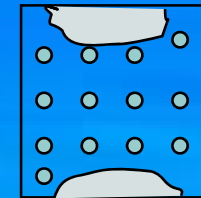
◆ **Prosto nasumično**

uzorci su nezavisno locirani nasumice



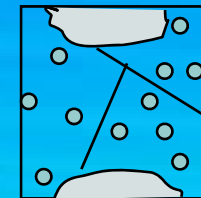
◆ **Sistematski**

uzorci su locirani na pravilnim intervalima

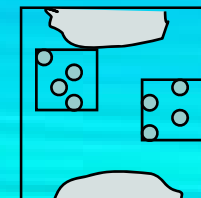


◆ **Slojeviti**

oblast studije je podeljena na nepreklopljene slojeve i uzorci se uzimaju iz svakog sloja



◆ **Višefazni odabrane su velike primarne jedinice i zatim su one poduzorkovane**





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Ciljano projektovanje je primenljivo kada:

- su granice mesta uzorkovanja dobro definisane ili je mesto fizički odvojeno,
- se za analizu /karakterizaciju uzima mali broj uzoraka,
- želimo informaciju za određene uslove ili lokacije,
- je cilj snimanje situacije na prisustvo zagađenja (ako je ovakvo zagađenje nađeno, posle uzorkovanja i analize imamo poređenje specifičnih sedimenata sa referentnim uslovima, hemijskim ili biološkim preporukama, ili prikladnim vrednostima kvaliteta sedimenta),
- vremenski limit ili ograničeni budžet onemogućuju implementiranje statističkog modela,
- je cilj eksperimentalno testiranje poznatog gradijenta zagađenja za razvoj potvrđenih metoda testiranja ili modela (u evaluaciji testova toksičnosti).



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Zapremina i broj uzoraka

- Pre početka programa uzorkovanja, mora se odrediti tip i broj analiza i testova, i izračunati željena zapremina uzorka koji se uzima.
- Svaki fizičko-hemijski i biološki test zahteva specifičnu količinu (zapreminu) sedimenta, pri čemu količinu uzorka za hemijske analize uslovljavaju nivoi detekcije analitičkih metoda kao i efikasnosti ekstrakcionih procedura.
- Količinu uzorka koju treba uzeti određuje laboratorija koja će izvršiti analizu.



Tipične zapremine sedimenta koje se zahtevaju za različite analize po uzorku

Analiza sedimenta	Minimalna zapremina uzorka
Neorganska jedinjenja	90 ml
Organska jedinjenja koja nisu naftnog porekla	230 ml
Drugi hemijski parametri (TOC, vlaga)	300 ml
Veličina čestica	230 ml
Naftni ugljovodonici¹	250-1000 ml
Akutni i hronični testovi toksičnosti²	1-2 L
Bioakumulacioni testovi³	15 L
Fauna dna	8-16 L
Ekstrakcija porne vode	2 L
Priprema eluiranog sedimenta	1 L



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Broj uzoraka

- Broj uzoraka je određen veličinom oblasti istraživanja, tipom, distribucijom i očekivanim koncentracijama polutanata u sedimentu, fizičkim karakteristikama i homogenošću sedimenta, potrebnim zapreminama uzoraka i željenim nivoom statističke rezolucije i preciznosti.
- Opšte pravilo je, što je veći broj uzoraka, bolja je i mogućnost definicije kontaminiranosti ili toksičnosti u datoj oblasti istraživanja.
- U većini monitoring programa broj uzoraka je kompromis između idealnog i praktičnog, pri čemu su glavna ograničenja analitičke i logističke prirode.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Kompozitni uzorci

- ◆ **Kompozitni uzorak je uzorak dobijen kombinovanjem materijala iz više od jednog uzorka ili poduzoraka. On je kombinacija individualnih alikvota i predstavlja «sredinu» karakteristika onih koji grade takav uzorak.**
- ◆ **Pravljenje kompozita je važan način obezbeđenja velike zapremine koja je neophodna za biološke testove kao i za mnoštvo tipova analiza (fizičke, hemijske, biološke, bentos).**
- ◆ **prouzrokuje "razblaženje" visoke toksičnosti na lokalizovanim "vrućim tačkama".**
- ◆ **uzorci sa veoma različitom veličinom čestica na mestu uzorkovanja i različitim stratigrafskim slojevima ne smeju se mešati.**
- ◆ **Kompozitni uzorci bi trebali biti pripremljeni pre skladištenja na duže vreme, a najduže 72 časa nakon uzorkovanja.**





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Metode pozicioniranja mesta uzorkovanja

Tačnost pozicioniranja zavisi delom i od uslova na mestu uzorkovanja, pa bilo koji specifičan problem (vetar, struje, talasi, vidljivost, elektronske interference) koji uslovljava probleme pozicioniranja mora biti obuhvaćen izveštajem sa uzorkovanja.

Preporučuje se čuvanje podataka o mestu uzorkovanja iz prethodnih merenja.

Za monitoring i procenu velikih oblasti gde je preciznost od ± 100 m dovoljna koristi se LORAN (Long Range Navigation) ili globalni pozicioni sistem (GPS).

Za oblasti blizu obale, ili za oblasti gde postoji veći broj mesta uzorkovanja ili koje su blizu jedna drugoj, treba koristiti GPS ili mikrotalasni sistem (ako se zahteva preciznost sa manje od 10 m).

Kada su u pitanju vidljive, pogodne i stalne mete, može se koristiti RADAR, ako je preciznost pozicioniranja između 10 i 100 m zadovoljavajuća.

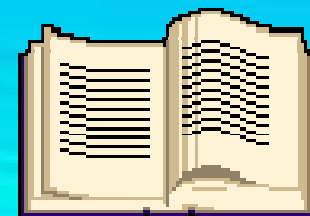




Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Informacije koje se dokumentuju prilikom uzorkovanja

- Naziv projekta, vreme i datum uzorkovanja, broj uzorka, identifikacija mesta, broj i položaj
- Dubina vode i dubina sa koje se uzima uzorak
- Nepredviđeni događaji koji se mogu desiti za vreme uzorkovanja, konzerviranja i čuvanja (mogućnost kontaminacije uzorka, problemi sa opremom...)
- Opis sedimenta uključujući sastav, gustinu, boju, promene u sedimentu sa dubinom...
- Fotografija uzorka





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Metode sakupljanja uzoraka sedimenta

- Sastav sedimenta može varirati kako vertikalno tako i horizontalno.
- Uzorkovanje površinskih slojeva obezbeđuje informacije o horizontalnoj distribuciji zagađenja ili utvrđivanje nedavnih uticaja izvora zagađenja na kvalitet površinskih voda i sedimenta.
- Vertikalna raspodela zagađujućih supstanci u sedimentu obezbeđuje informacije o stepenu prodiranja zagađujućih materija u sediment (promena kvaliteta sedimenta sa dubinom) i omogućuje proučavanje istorijskih promena parametara u sedimentu (istorijski zapis)





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Oprema za uzorkovanje sedimenta

Dva osnovna tipa uzorkivača:

- ◆ **bager (eng. grab)** - pogodan za površinski sediment i procenu horizontalne distribucije karakteristika sedimenta,



- ◆ **uzorkivač za uzorkovanje neporemećenog sedimenta (eng. core)** - pogodan za profile sedimenata i za određivanje vertikalne distribucije karakteristika sedimenta, kao i karakterizaciju cele kolone sedimenta.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Bageri

- su potrebne veće zapremine sedimenta
- je sediment kompaktn
- je potreban površinski sediment (10-15 cm) za procenu horizontalne distribucije zagađujućih materija

Ponar



Eckman grab



Double VanVeen grab



Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Uzorkivač za uzorkovanje neporemećenog sedimenta (eng. Core sampler)

- ♦ potrebna karakterizacija sedimenta u dubljim slojevima
- ♦ potrebna vertikalna distribucija zagađujućih materija u sedimentu
- ♦ sediment mekši



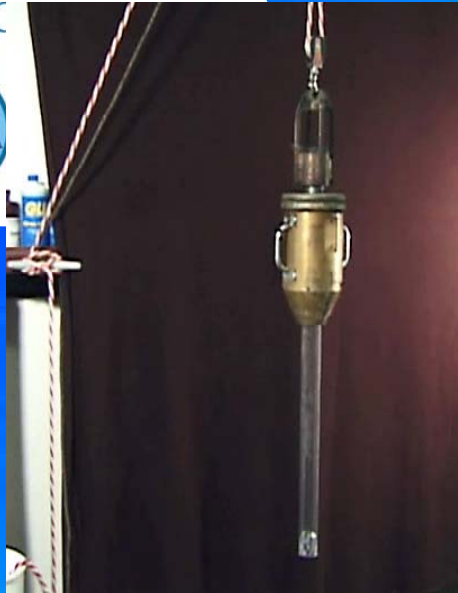
Vibracorer



Klipni

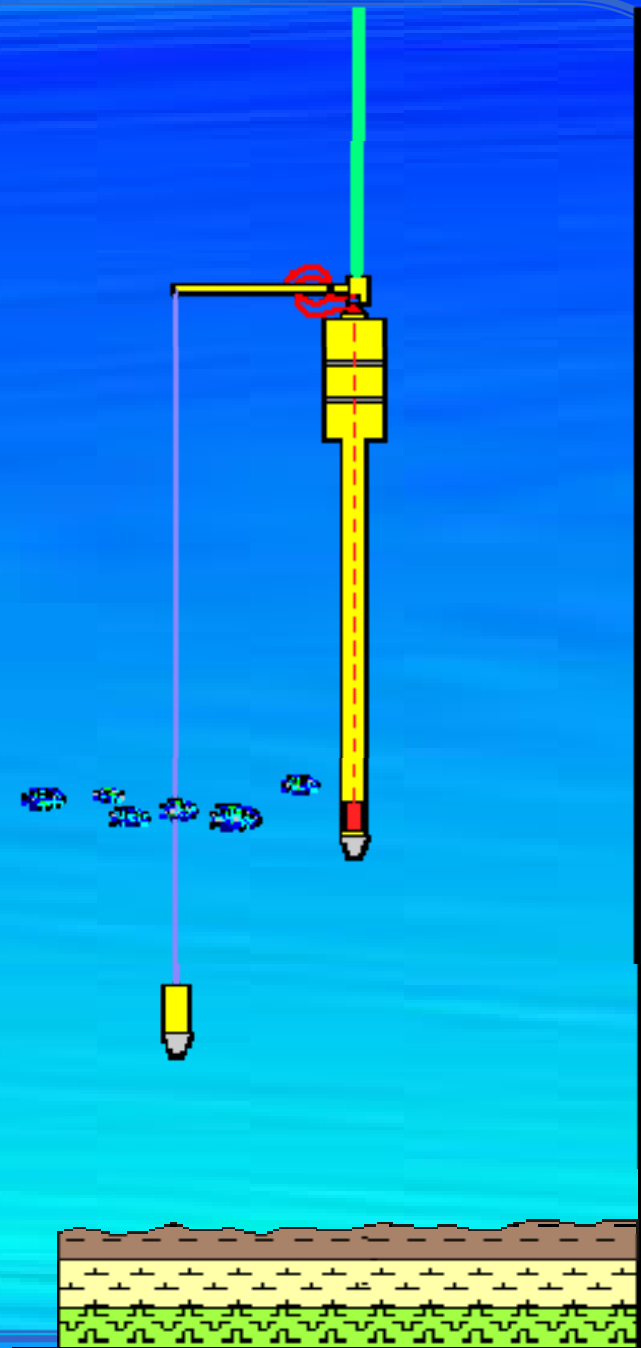
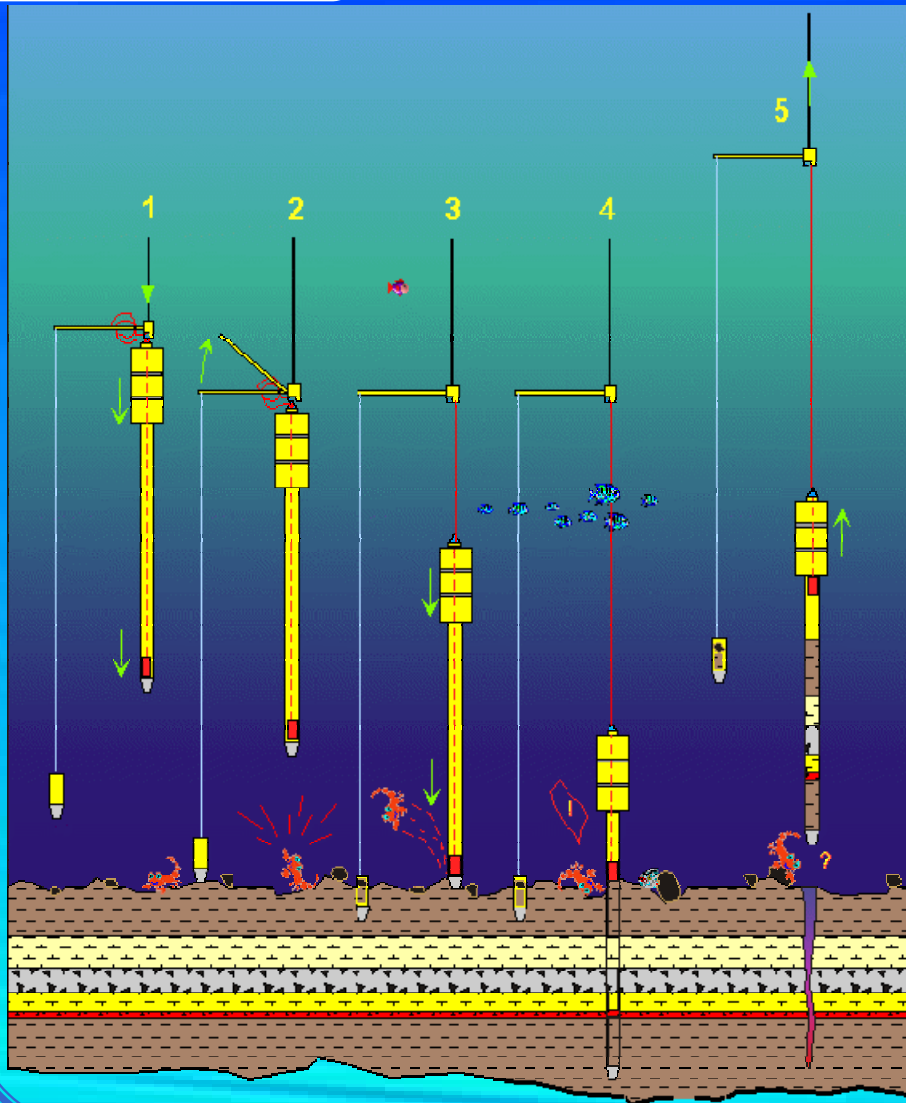


Gravitacioni





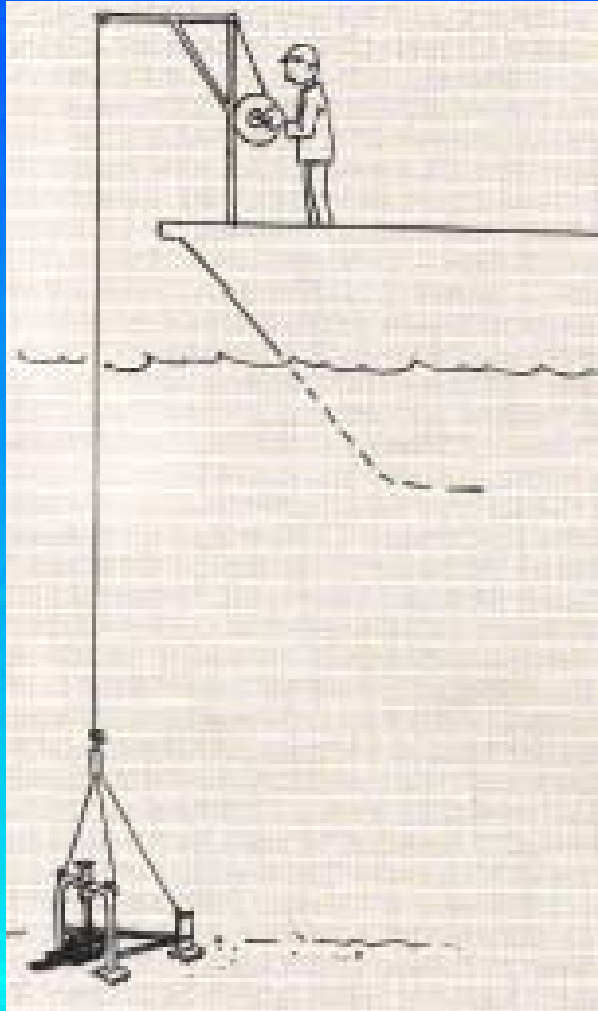
Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Uzorkivač za sediment koji transportuje reka ili neki drugi vodotok



Sedimenttransport

Sedimenttransport





Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





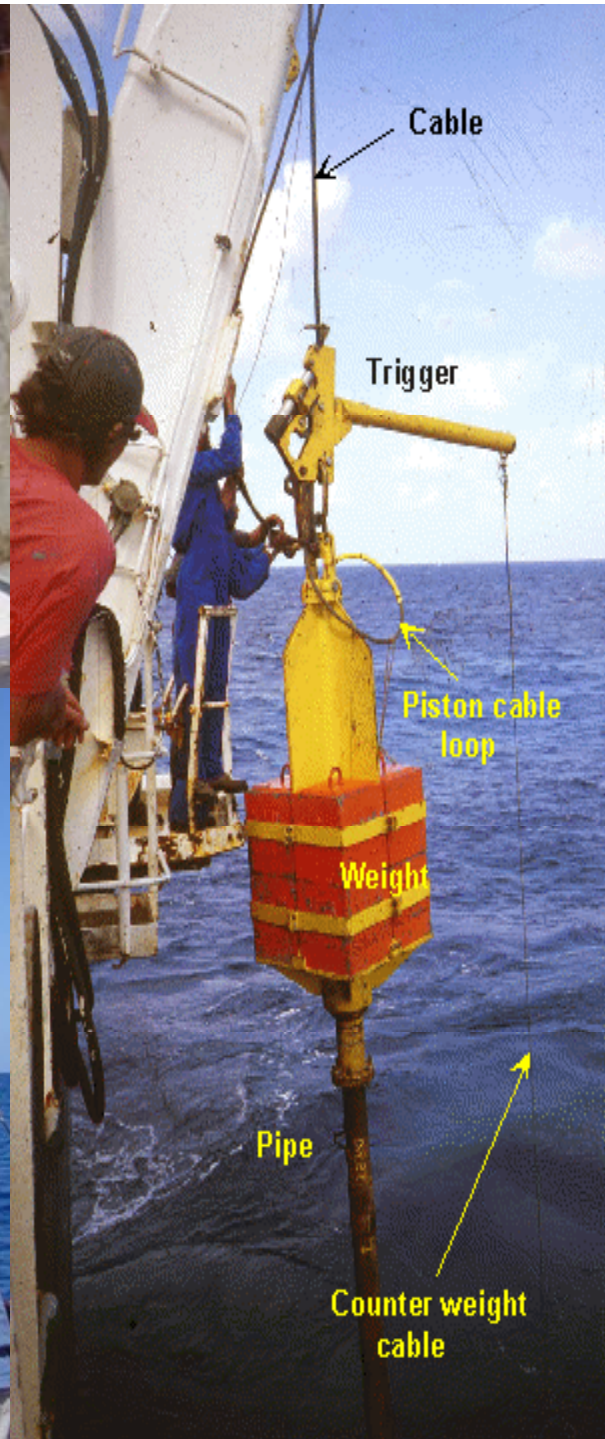
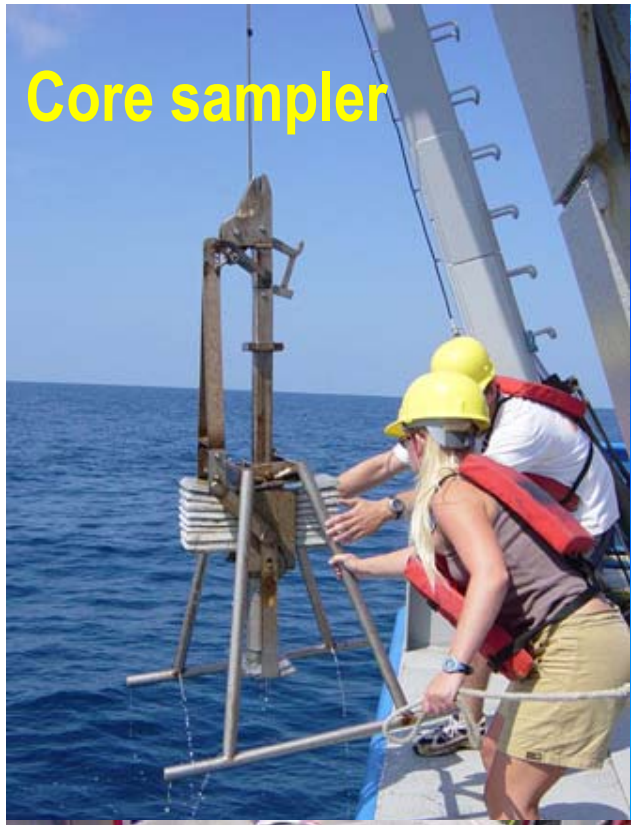
Centar
izvrnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Morski sediment

Bager



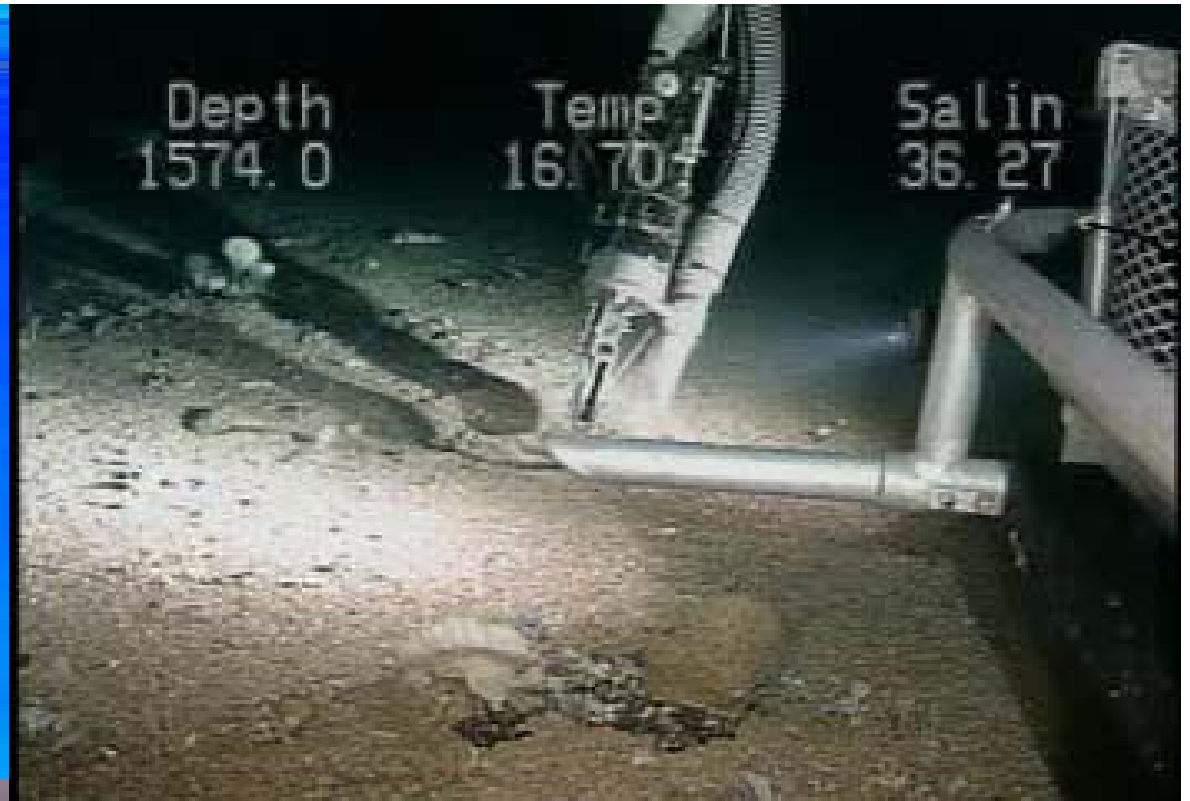
Core sampler





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Vacum uzorkivač



Core sampler



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Kriterijumi koji moraju biti ispoštovani da bi se uzorci smatrali korektno uzorkovanim (USEPA) su:

- ◆ uzorkivač ne sme biti prepunjen
- ◆ prisutna voda koja je zapravo voda koja se nalazila iznad sedimenta se mora ukloniti i to sifoniranjem ili dekantovanjem
- ◆ dodirna površina sediment-voda relativno netaknuta i relativno ravna, bez znakova formiranja kanala ili pranja uzorka
- ◆ postignuta je željena dubina uzorka
- ◆ nema dokaza o gubitku sedimenta.

Uzorci koji su uzorkovani uređajem za uzorkovanje neporemećenog sedimenta moraju zadovoljiti sledeće uslove:

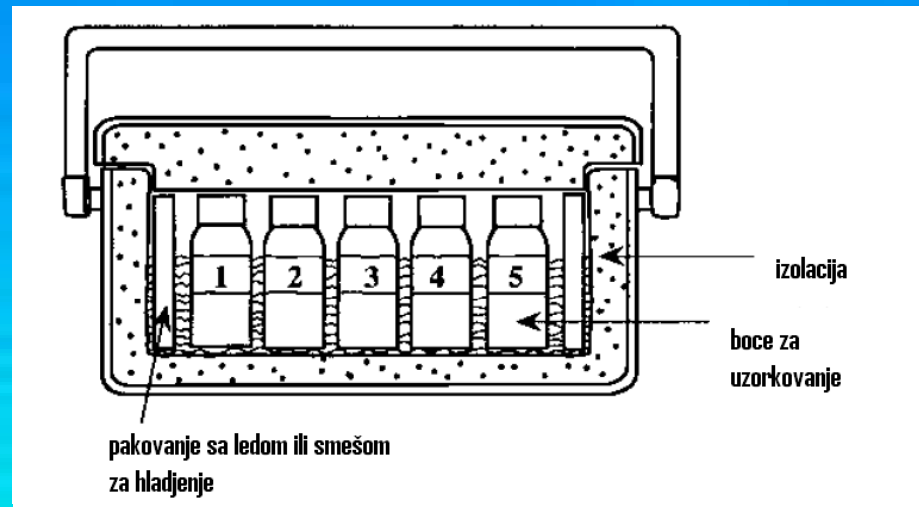
- ◆ uzorkivač nije pod uglom ili nagnut odozgo
- ◆ uzorkivač je uzeo uzorke na datoj dubini i nije bilo gubitka sedimenta





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Manipulacija (transport, čuvanje, rukovanje) uzorcima sedimenta mogu u značajnoj meri uticati na fizičke, hemijske i biološke karakteristike uzorka, a time i na biodostupnost
- Detaljne procedure za rukovanje, konzervisanje i skladištenje uzoraka moraju biti propisane u planu uzorkovanja i moraju biti primenjene na sve uzorke.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Transport

- **Transport uzoraka mora biti takav da se zadrži strukturni i hemijski kvalitet sedimenta i porne vode.**
- **Sediment koji je uzorkovan bagerima se obično prenosi od uzorkivača do posuda koje mogu i ne moraju biti i one u kojima će se izvršiti skladištenje. Oni se mogu privremeno istovariti na terenu ili se mogu odmah transportovati do laboratorije.**
- **Ukoliko se neporemećeni uzorci sedimenta ne profilišu na terenu, moraju se postaviti uspravno u cevima u kojima je izvršeno uzorkovanje, da bi ostali netaknuti prilikom transporta do laboratorije.**
- **Pre transporta, ceo prostor iznad sedimenta u cevima kojima je izvršeno uzorkovanje mora biti napunjen vodom sa istog mesta uzorkovanja, i oba kraja cevi moraju biti dobro zatvorena da bi se sprečilo mešanje različitih slojeva sedimenta. Cevi bi trebale ostati u uspravnom položaju posebno ako uzorak nije visoko konsolidovan materijal i mora se obezbediti transportna kutija sa ledom ili frižider koji će održavati temperaturu na 4 °C.**





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Čuvanje

- ◆ Svaki materijal koji je u kontaktu sa uzorkom ima potencijal da kontaminira uzorak ili da adsorbuje komponente iz uzorka.
 - ◆ Generalno, sediment i pornu vodu treba držati u politetrafluoretilenskim i polietilenskim posudama visoke gustine jer su ovo materijali sa najmanjom mogućnošću odavanja hemijskih dodataka ili smetnji uzorku i mnogo su manje lomljivi od stakla.
- ◆ Plastične posude ili posude koje su isprane kiselinom su preporučljive kada su predmet analize metali.
- ◆ Vreme čuvanja se bazira na preporukama koje su često administrativne, a ne tehničke prirode.
- ◆ Vreme čuvanja je specifično za svaku hemijsku analizu, ali i za svaki program ispitivanja i ustanovljeno je tipom i karakteristikama sedimenta.
- ◆ Zbog nepoznavanja kvaliteta uzoraka, generalna preporuka je da se sediment i porna voda čuvaju u mraku na 4 °C bez slobodnog prostora da bi se minimizirale promene u biodostupnosti polutanata



Preporučene posude za uzorkovanje, vreme zadržavanja i skladištenja za uobičajene analize . P-plastika; S-staklo, PTFE-politetrafluoretilen, Z-zamrzivač, F-frižider.

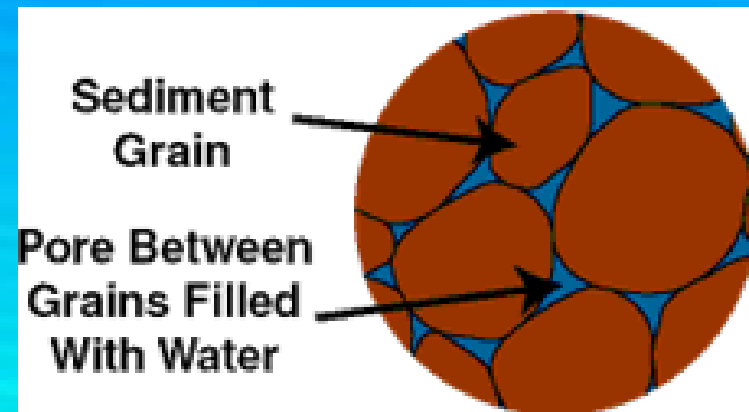
Kontaminant	Posuda	Vreme čuvanja	Uslovi skladištenja
Amonijak	P, S	28 dana	F, Z
Sulfati	P, S	28 dana	F, Z
Sulfidi	P, S	28 dana	F ILI NaOH; pH > 9
Masti i ulja	S	28 dana	HCl, pH<2
Hg	P, S	6 nedelja	H ₂ SO ₄ , pH<2, F
Metali (osim Cr i Hg)	P, S	6 meseci	HNO ₃ , pH<2, F
Ekstraktabilna organska jedinjenja (ftalati, organohlorni pesticidi, PCB, PAH, haloetri, hlorovani ugljovodonici i TCDD)	S, PTFE	7 dana (do ekstrakcije) 30 dana (posle ekstrakcije)	F, Z
Isparljiva organska jedinjenja (halogenovani ugljovodonici i aromati)	S, PTFE sa septom	14 dana	F, Z
Pesticidi	S, PTFE	7 dana (do ekstrakcije) 30 dana (posle ekstrakcije)	F, Z
Toksičnost sedimenta	P, PTFE	2 nedelje*	F, mrak
Bioakumulacioni testovi	P, PTFE	2 nedelje*	F, mrak



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

PORNA VODA

- Voda koja se nalazi u intersticijalnom prostoru između čestica sedimenta (30-70% zapremine sedimenta)
- Relativno statična - fizičkohemijski sastav rezultat ravnoteže između vode u porama sedimenta i površine čestica čvrste faze
- Porna voda se koristi za utvrđivanje kriterijuma kvaliteta sedimenta
- Remedijacioni zahvati – poznavanje koncentracija zagađujućih materija u pornoj vodi





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

UZORKOVANJE PORNE VODE

In-situ

- dijaliza
- vakuum sukcija

Ex-situ

- centrifugiranje
- ceđenje (presovanje)

• Gotovo je nemoguće ukloniti pornu vodu iz sedimenta uz spečavanje promena u hemijskoj prirodi porne vode, što uz promene prilikom manipulacije, skladištenja i testiranja utiče na izmenu biodostupnosti polutanata i ispoljenu toksičnost

• U principu, prilikom uzorkovanja mora se odabrati tehnika koja će zadržati u najvećoj meri in-situ uslove u vodi.



Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Uzorkovanje porne vode obično se ne izvodi na sedimentu sa krupnim česticama (šljunak, kamen) ili na čvrstoj, kompaktnoj glini, jer je potencijal zagađenja porne vode u ovakvim tipovima sedimenata mali.
- Uzorkovanje je ograničeno na sedimente rangirane od peskovitih do nekompaktnih glina
- Porna voda iz finijeg zrnastog sedimenta (npr. gline) je obično najviše kontaminirana zbog velike površine i vezivnih kapaciteta gline i njihovih komponenti (npr. org. materija, Fe i Mn –oksidihidroksidi)
- Kako za in-situ, tako i za laboratorijske eksperimente, mora se voditi računa o tome da se za sve uzorke koristi ista procedura, tako da se može izvesti i poređenje između uzoraka.
- Dubina sedimenta - uzorci koji se uzimaju za remedijaciju moraju biti uzeti sa dubine koja odgovara aktivnostima iskopavanja, dok uzorci za istraživanja statusa i trenda mogu biti sakupljeni u biološki aktivnoj dubini (često < 15 cm).



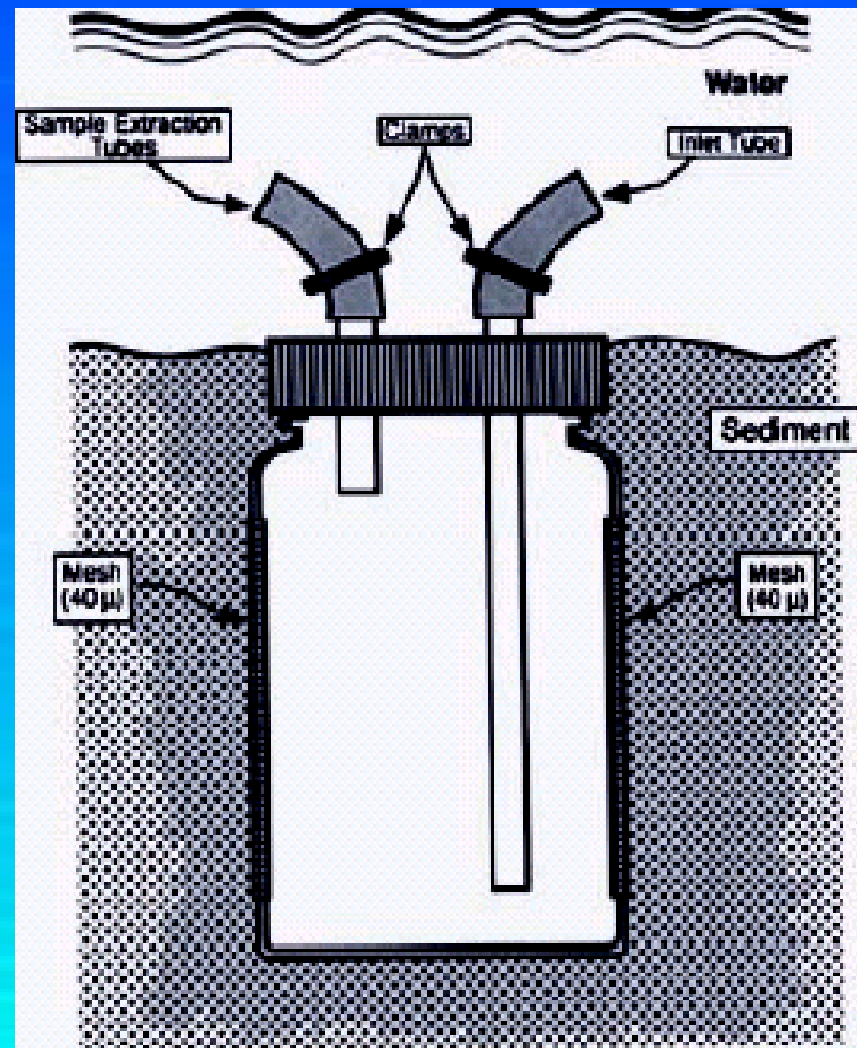
Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Dijaliza (Peeper metoda)

Dubina sedimenta: 0,2 - 10 cm

Zapremina uzorka: $\leq 0,5$ l

Princip: uzorkovanje primenom dijalize podrazumeva upotrebu malih difuznih komora sa membranama koje sadrže destilovanu vodu ili čistu vodu odgovarajuće tvrdoće i saliniteta. Dolazi do difuzije kroz porozne membrane u komoru, sve dok se ne uspostavi ravnoteža sa okolnom pornom vodom.





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Prednosti

Najtačniji metod, uzorak zaštićen od oksidacije, uticaja temperature i pritiska; veoma dobro radi za određivanje neorganskih sastojaka kao npr. dvovalentni metali; eliminisana mogućnost gubitka isparljivih materija (H_2S); pH i redox uslovi su relativno nepromenjeni; jeftina i jednostavna konstrukcija; mogućnost korišćenja specifičnih membrana; veliki izbor membrana i veličina pora membrana; upotreba membrana za dijalizu eliminiše filtraciju posle izdvajanja





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Nedostaci

Rukovanje složeno u dubljjoj vodi i pri jakim strujama, zahteva ronjenje na dubinama $> 0,6$ m; duga vremena postizanja ravnoteže (15-20 dana); metoda nije standardizovana; neke vrste membrana su podložne začepljenju biomaterijalom; male zapremine porne vode (10-20ml); ograničeni na mekše sedimente; neophodna deaeracija komore pre uzorkovanja





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Vakuum sukcija

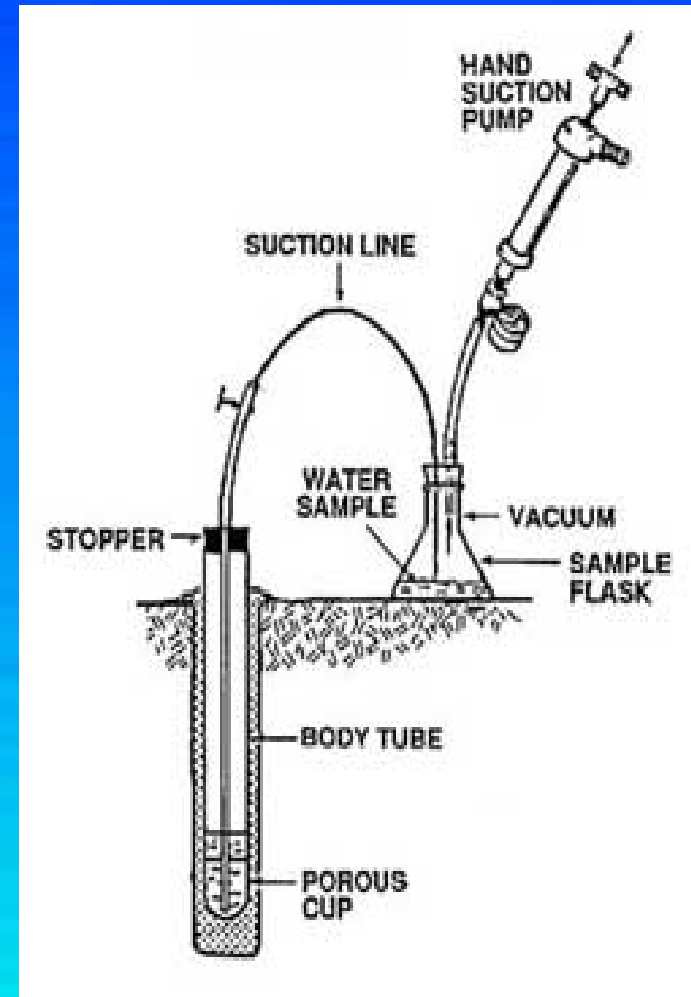
Dubina sedimenta: 0,2 - 30 cm

Zapremina uzorka: $\leq 0,25$ l

Princip: uređaj se postavlja u sediment na željenu dubinu i ručno ili primenjujući vakum usisava uzorak vode.

Prednosti: brzo i lako uzorkovanje jednostavna i jeftina oprema, pogodna za razne vrste sedimenta, smanjeni uticaji, zatvoren sistem - sprečena kontaminacija

Nedostaci: moguća sorpcija metala na filtru, mogućnost zagušivanja malim i srednjim česticama i usporavanje procesa, zapremina uzorka; otežano rukovanje u dubljoj vodi (> 1 m, ronjenje); nije standardizovana





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Ex-situ tehnike

- Iako se ove ekstrakcione metode mogu uraditi na terenu ili u laboratoriji, ekstrakcija u laboratoriji, neposredno pre analize ili testiranja, se preporučuje da bi uzorak zadržao stanje koje je najbliže originalnom što je više moguće tokom transporta i skladištenja.
- Ex-situ ekstrakcija porne vode je često neophodna:
 - kada su neophodne velike zapremine porne vode (na primer za testove toksičnosti) i
 - kraće vreme uzorkovanja.



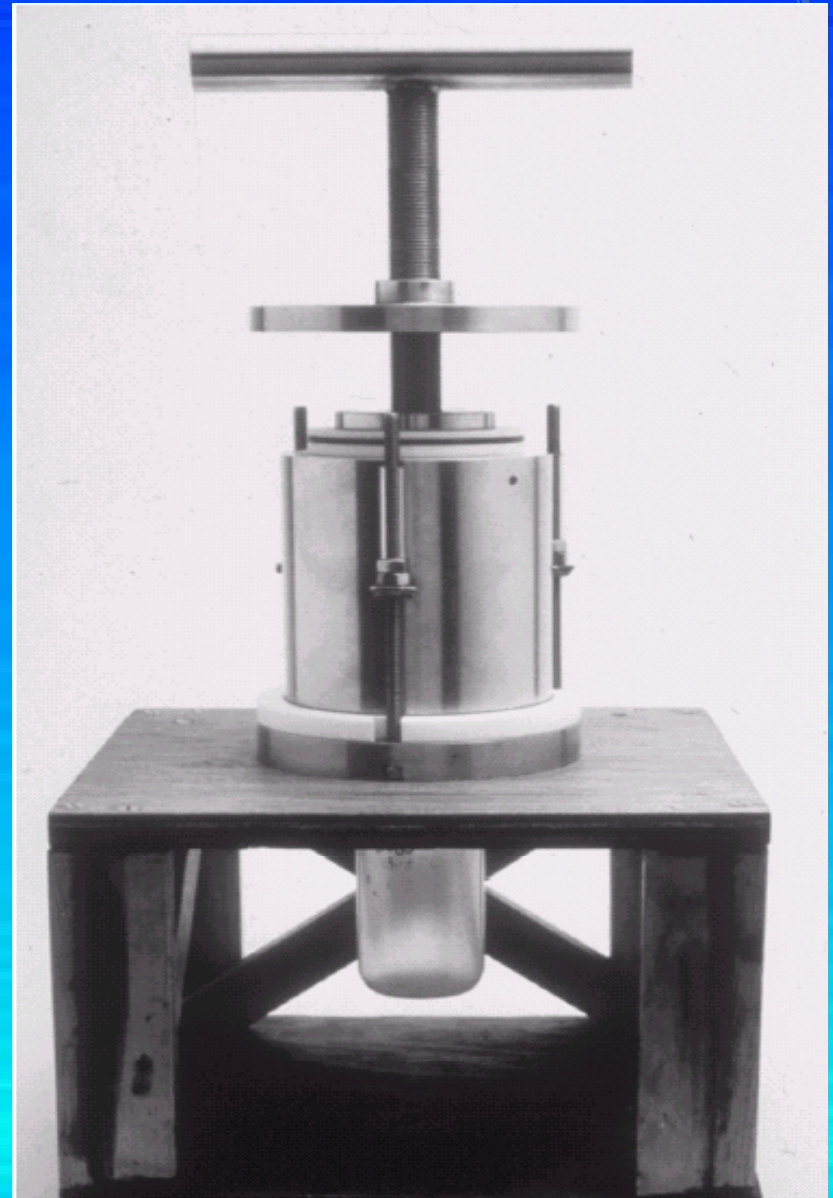
Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Ceđenje (presovanje)

Princip: porna voda se propušta preko filtera koji je deo aparata za ceđenje.

Prednosti: velike zapremine vode, pogodna za razne vrste sedimenta

Nedostaci: smetnje zbog menjanja ravnoteže usled pritiska, temperature i promene gradijenta (potreban umereni pritisak uz praćenje elektrolitičke provodljivosti); moguće promene sadržaja rastvorenih gasova i gubitak hidrofobnih organskih jedinjenja na filteru





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

CENTRIFUGIRANJE:

Prednosti:

- Jednostavna, kratko vreme (≈ 30 min)
- veće zapremine porne vode (ali do 50 % vlažnosti sedimenta)
- širok opseg brzina centrifugiranja u zavisnosti od tipa analize
 - toksičnost, preporučuje se manja brzina (3000g), jer je važna potencijalna toksičnost porne vode u potpunosti (uključujući i koloidni materijal)
 - poređenje koncentracije polutanata porne vode sa specifičnim vrednostima kvaliteta sedimenta, onda je neophodna velika brzina centrifugiranja (10000 g).

Nedostaci:

- rukovanje uzorcima složenije u pogledu očuvanja integriteta uzorka
- neophodan rad u inertnoj atmosferi
- Moguća sorpcija na kivetu
- preporučljivo raditi na ambijentalnoj temperaturi





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- ◆ **Mogućnost promene uslova hemijske ravnoteže za neorganska jedinjenja tokom uzorkovanja:**

Dijaliza (Peeper metoda): niska

Vakuum sukcija: srednja

Centrifugiranje: niska

Presovanje: niska-srednja

- ◆ **Potencijal oksidacije prilikom uzorkovanja:**

Dijaliza (Peeper metoda): nizak

Vakuum sukcija: nizak

Centrifugiranje: srednji-visok

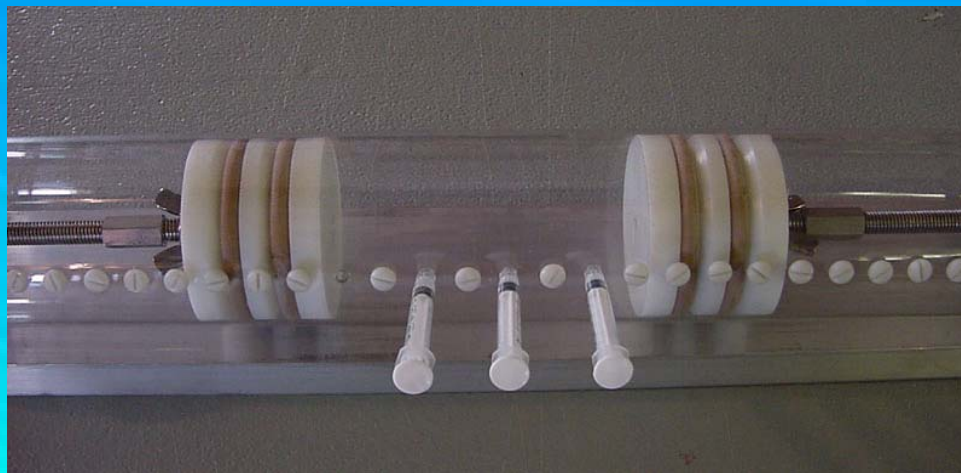
Presovanje: visok





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

- Vreme skladištenja treba minimizirati
- pornu vodu (“in-situ”) skladištiti odmah, kratkoročno (manje od 24 časa) na 4°C u mraku, N₂ atmosfera sa minimumom praznog prostora, dugoročno zamrznuti.
- sediment za “ex-situ” uzorkovanje, potrebno što manje “uznemiravati” i skladištiti na 4°C pre izolovanja porne vode





Centar
izvrsnosti za
hemiju okoline i
procenu
rizika

Zdravlje i sigurnost

- Minimizirati kontakt kože sa sedimentom, kako bi se sprečio eventualni kontakt sa opasnim materijama
- Zaštitna odeća i oprema (rukavice, čizme, odelo, naočare...)
- Rukovanje sa sedimentom- dobro provetren prostor (minimizira se inhalacija gasova iz sedimenta)

