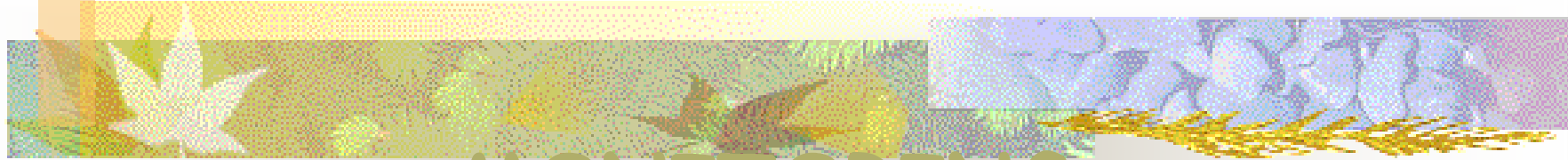


V PREDAVANJE
"KVALITET VODE" BANJA LUKA



MONITORING

KVALITETA VODE VODOTOKA



Monitoring kvaliteta vode-zašto je važan?

- Monitoring kvaliteta vode neophodan je u cilju preventive i zaštite životne sredine.
- Efikasan monitoring sistem mora biti pažljivo planiran-prvo se mora odrediti namena i uloga sistema za monitoring.
- Monitoring sistem treba da daje informacije koje su namenjene: vlasniku monitoring sistema, državnim organima, sa ciljem definisanja stanja i poboljšanja ukupnog kvaliteta životne sredine u zemlji.
- Svaki monitoring sistem ima svoju strukturu i sadržaj.

Monitoring kvaliteta vode

Monitoring kvaliteta vode, odnosno vodotokova, u zavisnosti od vrste vode koja se analizira može obuhvatati različite parametre.

U zavisnosti od zahtevane čistoće vode i njene namene potrebno je analizirati, kontrolisati, pratiti različite parametre (pod tim se podrazumeva da je kod vode za piće, vode za poljoprivredu, kotlovske vode ili vode za hemijsku industriju propisani sadržaj određenih supstanci različit).

Osim toga vode vodotokova se prema nameni i stepenu čistoće dele na četiri klase, na vode za piće, koje se uz eventualnu dezinfekciju mogu koristiti, kao takve, zatim kao vode za kupanje, sportove na vodi, vode za navodnjavanje i vode koje zahtevaju obradu i prečišćavanje pre njihove upotrebe.

Šta sve može uticati na kvalitet vode?

1. **Otpadni materijali koji troše kiseonik** (otpadne vode staja, fabrika mesa, mleka, šećerane, industrija hartije i dr.);
2. **Uzročnici bolesti** (patogeni organizmi koji izazivaju razne bolesti);
3. **Sredstva koja podstiču razvitak biljnog sveta u vodi** (jedinjenja na bazi ugljenika, fosfora, azota, kalijuma, dakle sastojci veštačkih đubriva i sredstava za pranje);
4. **Neorganska jedinjenja** (supstance koje povećavaju kiselost i salinitet, kao i otrovne supstance: Hg, As, Pb, Cd, CN⁻ itd.);
5. **Sedimenti** (suspendovani čvrsti materijali koji potiču od erozije tla, separacije uglja, gline itd.);
6. **Sintetska organska jedinjenja** (fenoli, detergentski, pesticidi, boje i njihovi rastvarači);
7. **Nafta i njeni derivati** (aromatični ugljovodonici predstavljaju otrov za sav biljni i životinjski svet u vodi);
8. **Radioaktivne supstance** (u vodu dospevaju pri preradi ruda, iz nuklearnih centrala, pri primeni nuklearnog naoružanja itd.);
9. **Toplota** (zagrevanje vode je posledica ispuštanja industrijskih voda iz rashladnih sistema, a prouzrokuje smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika i ubrzava hemijske reakcije).

Osnovni parametri kvaliteta vode

- Temperatura
- pH
- Taložive materije
- Ulja i masnoće koje se mogu saponifikovati
- Nafta i mineralna ulja
- Organski rastvarači
- Halogenovani ugljovodonici
- Teški i drugi toksični metali
- Natrijum
- Amonijum jon i amonijak
- Nitrati i nitriti
- Cijanidi
- Fluoridi
- Sulfati, sulfidi i sumporvodoni
- Hloridi, Slobodan hlor
- Fenoli
- Boje

Monitoring (kontrola, praćenje) kvaliteta vode može biti ostvarena integrisanjem:

1. kontinualnim (on-line) merenjima



2. povremenim merenjima prenosnim uređajima



3. merenjima u centralnoj laboratoriji



Povremena merenja prenosnim uredajima

- Terenska - pokretna laboratorija za brze intervencije, opremljena prenosnim, portabl uredajima



Referentna (centralna) laboratorija

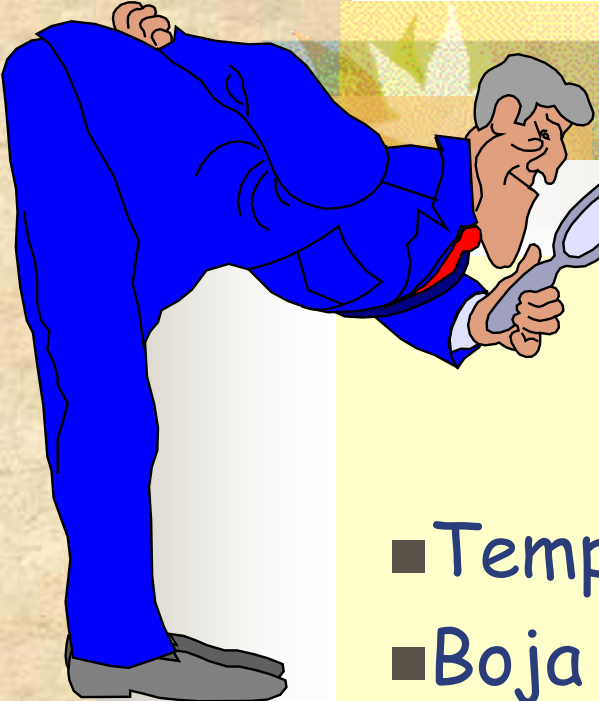
- Povremena kontrola specifičnih i opštih parametara (off-line merenja)
- Opremljena je savremenim sofisticiranim uređajima, za akvizaciju podataka (hardverski i softverski sistemi)
- Stručan i obučen kadar

On-line monitoring

Ostvaruje se postavljanjem hemijskih senzora i merača za merenje pojedinih ključnih parametara kvaliteta vode - in-situ merači.

Merači - senzori su ugrađeni na mestima najizloženijim uticaju zagađivača i povezani sa opremom za komunikaciju, informatiku i nadzorno-upravljačkim sistemom

Svi sistemi za *in situ* kontinualno merenje emisije moraju biti tako konstruisani da omoguće tačno merenje koncentracije u uslovima promenjive temperature, pritiska i vlažnosti. Takođe, sistemi moraju biti što je moguće manje osetljivi na taloženje čestica.



MINIMALAN BROJ PARAMETARA KOJI MORAJU BITI OBUHVAĆENI KONTINUALNIM MONITORINGOM:

- Temperatura
- Boja
- Mutnoća
- Provodljivost
- Protok
- pH
- Rastvoreni kiseonik
- Sadržaj azotnih jedinjenja
- Sadržaj algi (hlorofila)

TEMPERATURA VODE

Temperatura vode nije značajna samo za plivače i ribare, veoma je važna za industrije i ribe i alge. Voda se koristi za hlađenje u termoelektranama, a oslobađa se zagrejana voda koja može uticati na kvalitet vodotoka!

Temperatura utiče na:

- život organizama nizvodno od mesta ispuštanja,
- rastvoreni kiseonik,
- promenu u odnosu na rezistentnost organizama prema zagađivačima.



BOJA VODE

Boja predstavlja optičko svojstvo vode. Boja vode posledica je apsorpcije i refleksije svetlosti određene talasne dužine, bez skretanja talasnih dužina.

Mutnoća vode je takođe optičko svojstvo vode. Mutnoća vode je posledica prisustva nerastvornih materija zbog kojih dolazi do skretanja svetlosti. U praksi je teško povući granicu između boje i mutnoće vode. Boja vode potiče od materija različitog porekla. Primer: joni gvožđa u vodi imaju karakterističnu boju, a od prisustva kiseonika zavisi intenzitet boje (žuta ili crvena). Najčešće na boju vode utiče sadržaj organskih materija (žuta boja, boja „čaja“). Boja kao parametar ne spada u toksične parametre, ali se nalazi na EPA (*eng.* Environmental Protection Agency-Agencija za zaštitu životne sredine) listi sekundarnih (estetskih) parametara i utiče na izgled, a ponekad i na miris vode. Boja vode određuje se i meri kolorimetrijskim metodama i izražava brojem. Boju treba odrediti na licu mesta, nakon uzimanja uzorka, a jedinica boje bazirana je na platina-kobalt (Pt-Co) standardnom rastvoru koji formira žutu boju.

MUTNOĆA VODE



Mutnoću vode čine suspendovane i koloidne čestice u vodi. Mutnoća se meri poređenjem svetlosnih efekata koji se odvijaju prolaskom svetlosti kroz uzorak i kroz standard. Što je veći intenzitet skretanja svetla, što je veća interferencije, veća je i mutnoća uzorka. Izražava se u nefelometrijskim jedinicama mutnoće, (*eng.*nephelometric turbidity units (NTU)) i u sadržaju SiO_2 u vodi izraženim u mg/L.

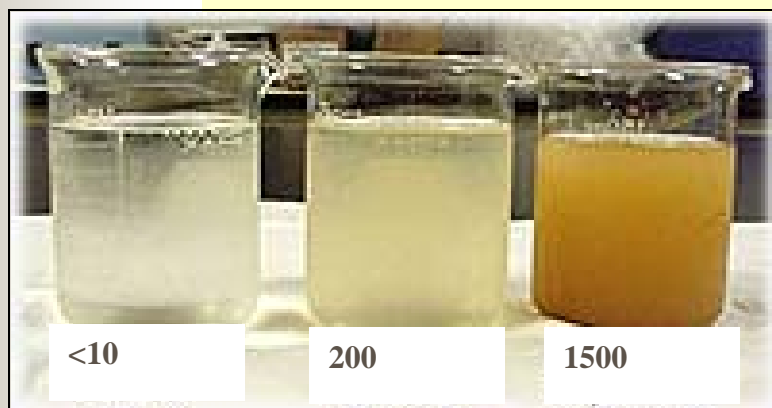
Mutnoća vode potiče od:

- suspendovanih čestica gline,
- čestica mulja,
- finih, sitnih organskih i neorganskih materija,
- rastvorenih, obojenih organskih materija,
- mikroskopski sitnih živih organizama i planktona.



MUTNOĆA VODE

Mutnoća daje vodi neprozirnost. Mutnoća se meri i određuje u laboratorijama i na licu mesta (*eng.* on-site) u rekama. U periodu niskog vodostaja mnoge reke imaju čistu, jasnu, zelenkastu, prozirnu boju, imaju nisku mutnoću, manju od 10 NTU-a. U kišnom periodu, čestice sa obale se spiraju i rastvaraju u vodi, voda postaje blatnjava i obojena, što ukazuje na visoku mutnoću. Tokom visokog vodostaja, brzina vode je veća, količina vode koja protiče je veća i ona doprinosi lakšem i bržem spiranju suspendovanih materija sa dna, što uzrokuje veću mutnoću vode. Na slici levo su prikazana tri uzorka vode različitih mutnoća: <10, 200 i 1200 NTU-a (sa leva na desno). Na slici desno prikazana su tri standardna uzorka kod kojih je mutnoća, 5, 50, i 500 NTU-a (sa leva na desno).



Provodljivost, κ



Provodljivost, κ , je električno svojstvo vode.

Voda i vodeni rastvori u zavisnosti od koncentracije jona mogu da provode struju. Provodljivost zavisi od jona prisutnih u vodi, od koncentracije jona, pokretljivosti i naelektrisanja jona, kao i od temperature na kojoj se određuje provodljivost. Obično se meri specifična provodljivost, κ_s , koja se izražava u $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Čista voda, kao što je destilovana ima veoma nisku vrednost specifične provodljivosti, a morska voda ima veliku vrednost specifične provodljivosti. Kišnica rastvara gasove i prašinu i može imati veću vrednost električne provodljivosti od destilovane vode.

Specifična provodljivost je važan parametar kvaliteta vode koji daje informaciju o količini rastvorenih materija u vodi. Visoka vrednost provodljivosti može biti pokazatelj da voda nije za upotrebu u domaćinstvu, za navodnjavanje ili za industrijske svrhe.

Pri visokim vrednostima specifična provodljivost utiče na ukus i miris vode koji postaju neprijtni.

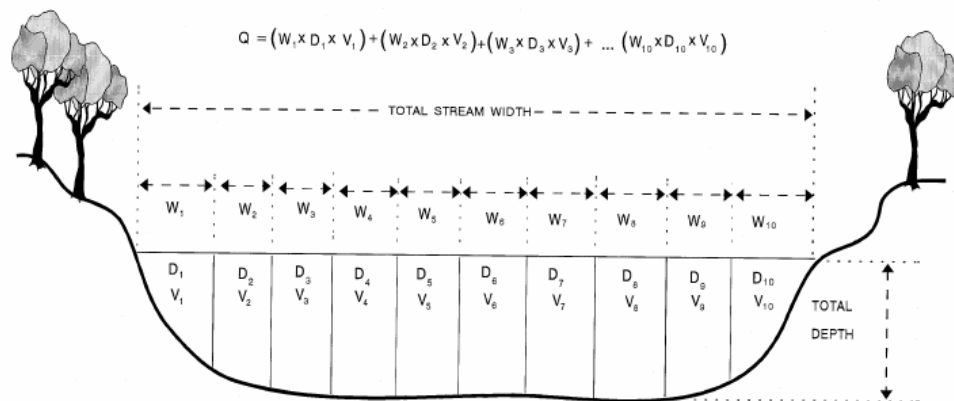
Za uklanjanje rastvorenih materija koristi se skupa tehnologija-reversna osmoza!

PROTOK VODE

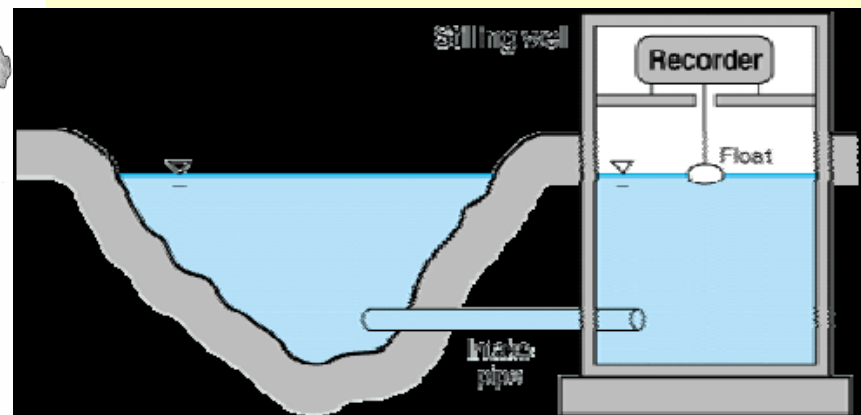
Za površinske vode koje su slobodno teku po površini zemljišta (reke, jezera, okeani) najbitniji podatak je protok.

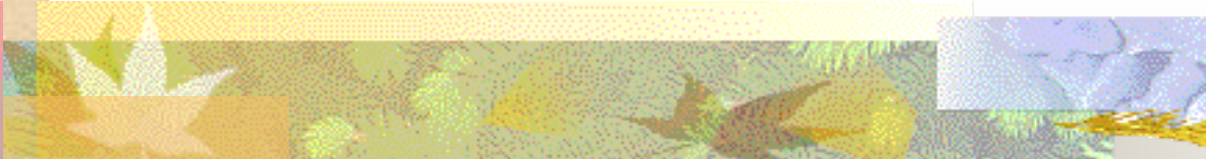
Merenje protoka je kompleksan zadatak kada se radi o većim vodotocima.

Načelno se sam profil reke (poprečni presek) podeli na delove i onda se u centrima tih delova mere brzine (hidrometrijskim krilima - to su propeleri kod kojih se broj obrtaja pretvara u brzinu). Zatim se po celom preseku izvede „integracija“. Postupak je ukratko prikazan na skici. Ovaj postupak merenja protoka nije praktičan kada je potrebno imati podatak za svaki dan. Onda se teži da se nađe veza između nivoa i protoka - ta veza se zove **KRIVA PROTOKA**, i onda se samo na osnovu merenja nivoa može odrediti protok.



Q = TOTAL FLOW (ft³/s)
V = VELOCITY (ft/s)
D = DEPTH (ft or meters)
W = SECTION WIDTH (ft or meters)





pH vrednost

pH vrednost ukazuje na kiselost/baznost vode.

Opseg pH vrednosti je od 0-14 pH jedinica; pH vrednost 7 ukazuje da je voda neutralna. pH kisele sredine je manje od 7, a pH veće od 7 ukazuje na baznu sredinu.

Na promenu pH vrednosti utiče prisustvo raznih hemijskih jedinjenja, pa je pH indikator hemijskih promena u vodi.

Zagađenje utiče na promenu pH vode, promena koja može negativno uticati na akvatične organizma i biljke u vodi.



Uticaj na životnu sredinu

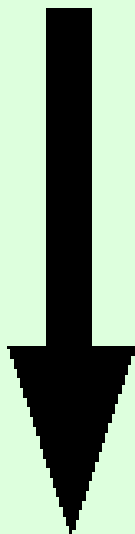
pH
vrednost

Primeri

KISELA



NEUTRALNA



BAZNA

Nema riba u vodi (4,2)

Izumiru punoglavci (5,5)

Pocetak nestanka pastirke
(6,0)

pH = 0

Kiselina u akumulatoru

pH = 1

Sumporna kiselina

pH = 2

Limunada, Sirce

pH = 3

Sok od pomorandže, Soda

pH = 4

Kisela kiša (4,2-4,4)

Kiselozero (4,5)

pH = 5

Banana (5,0-5,3)

Cista kišnica (5,0-5,3)

pH = 6

"Zdravo" jezero (6,5)

Mleko (6,5-6,8)

pH = 7

Cista voda

pH = 8

Morska voda, jaja

pH = 9

Prašak za pecivo

pH = 10

Mleko obogaceno magnezijumom

pH = 11

Amonijak

pH = 12

Sapunica

pH = 13

Izbeljivac

pH = 14

Tecno sredstvo za cišćenje cevi

RASTVORENI KISEONIK

- Neophodan za živi svet
- Važan element za odigravanje mnogih reakcija i procesa
- Najvažniji rastvoren gas u vodi (voda na 25 °C sadrži 8.3 mg/L rastvorenog kiseonika)
- Koncentracija u vazduhu je mnogo veća nego u vodi (oko 21 % vazduha čini kiseonik)



Koje metode za određivanje kiseonika postoje?

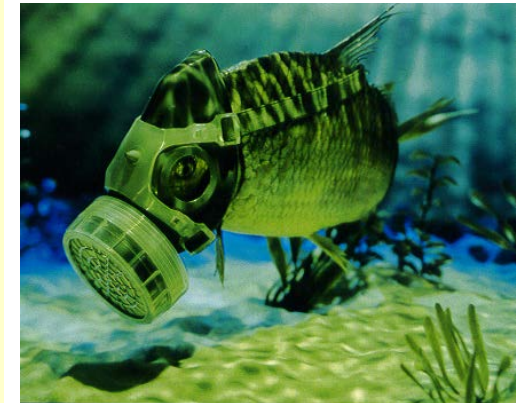
Reaeracija i dezoksigenacija

- Reaeracija i biološka potrošnja kiseonika (dezoksigenacija) -dve osnovne reakcije u kojima se troši i nadoknađuje kiseonik u otvorenim vodotokovima
- Aeracija i reaeracija - povećanje koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi
- Dezoksigenacija - smanjenje koncentracije rastvorenog kiseonika u vodi



Šta sve utiče na koncentraciju rastvorenog kiseonika u vodi?

- Fotosinteza
- Kontaktna površina (voda-vazduh)
- Temperatura
- Pritisak i salinitet
- Dubina jezera (toplotna stratifikacija)
- Sezonske promene
- Prisustvo leda na površini
- Polutanti



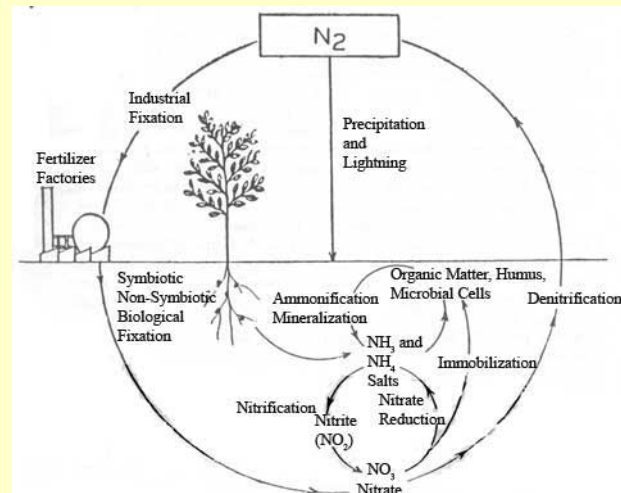
Sadržaj azotnih jedinjenja

Najveći deo azota nalazi se na planeti u gasovitom stanju (N_2). Pri električnom pražnjenju (munje) u atmosferi uzrokuju nastanak azotnih oksida kojise oksiduju u nitrate i obrazuju nitratnu kiselinu koja predstavlja "kisele kiše".

Nitrati potiču iz biljaka i predstavljaju azot koji je neophodan za belančevine, koji predstavlja najveći deo biomase. "Organski azot" je azot vezan u biomasi ili humusu.

Amonijak predstavlja proizvod raspadanja organskih azotnih jedinjenja (u procesu mineralizacije). Izbacivanje organskog azota kroz mokraću završava se razgradnjom na amonijak i ugljen dioksid.

Nitriti nastaju kao međuproizvod oksidacije amonijaka (nitrifikacija) i pri redukciji nitrata (denitrifikacija). Nitriti su dobar pokazatelj da redoks procesi još nisu završeni.





Poreklo azotnih jedinjenja u vodi

Azotne materije u vodi dospevaju iz nekoliko izvora:

- iz atmosfere,
- leguminoznih biljaka,
- biljnog otpada,
- životinjskih ekskremenata,
- kanalizacije,
- azotnih đubriva,
- industrijske otpadne vode.

Koncentracija azotnih jedinjenja u vodi

Koncentracije nitrata u podzemnim i površinskim vodama dostižu alarmantne vrednosti.

U kišnici količina nitrata može biti do 5 mg/L u industrijskim oblastima, a u seoskim niže.

U površinskim vodama sadržaj je nizak i može biti od 0 do 18 mg/L, međutim može biti i veći sadržaj zbog primene u poljoprivredi, izlivanja otpadnih voda ili zagađenja otpacima.



Sadržaj algi (hlorofila)

Vrlo česta pojava (koja je najčešće posledica direktnog ili indirektnog antropogenog uticaja na akvatične ekosisteme) je "cvetanje algi", kada dolazi do masovnog razvoja fitoplanktona na račun povećane količine mineralnih materija. Povećanje količine mineralnih materija u vodi nastaje kao rezultat direktnog unošenja u akvatične ekosisteme, spiranja sa okolnih poljoprivrednih površina ili kao posledica razgradnje organskog opterećenja sistema (autopurifikacije).

Masovni razvoj mikroalgi u takvim uslovima traje sve dok se ne utroše zalihe jednog ili više neophodnih elemenata za njihovo razvijanje. Tada alge počinju da odumiru, što ima za posledicu intenzivne procese truljenja - uz veoma brzu i veliku potrošnju rastvorenog kiseonika, a to rezultira nestankom akvatičnih organizama. Pored nestašice kiseonika, na živi svet mogu uticati i druge pojave intenzivne razgradnje organskih materija, kao i oslobađanje sadržaja ćelija mikroalgi koji vrlo često sadrže biološki aktivne materije tipa toksina. Iz navedenih razloga sve su aktuelnije brze i efikasne metode za određivanje biomase fitoplanktona u akvatičnim ekosistemima.

Sve zelene biljke sadrže hlorofil (koji predstavlja 1-2% suve mase planktonskih algi), koncentracija fotosintetskih pigmenata može poslužiti kao indikator biomase fitoplanktona. Za određivanje hlorofila u fitoplanktonu postoji više metoda: spektrofotometrijske, fluorometrijske i HPLC tehnike. Hlorofil predstavlja u proseku 1,5% od suve algalne mase, biomasa algi se može jednostavno izračunati iz njegove koncentracije, a iz koncentracije hlorofila direktno se može proceniti stepen trofičnosti vode.

Problem kalibracije i čišćenja!!!

Kod in situ merenja bitno je odabrati odgovarajući hemijski senzor ili portabl uređaj koji je opremljen odgovarajućim signalom koji se posle obrađuje u informacionom centru.

Problem dugotrajnog rada senzora ili portabl uređaja je njihovo održavanje i kalibracija.

Na dugotrajnost samostalnog rada najviše utiče potreba za kalibracijom, posebno pH, i stalna potreba za čišćenjem sonde. Kalibracija pH bi trebalo da bude svakodnevna, a čišćenje zavisi od od karaktera voda u kojima se nalazi, najviše od količine suspendovanih čestica, ulja i masti u vodi i živog sveta, posebno algi. Svi navedeni parametri blokiraju senzore i sonda mora da se izvadi iz vode i očisti. Nakon čišćenja sledi kalibracija svih mernih parametara, itd.

Savremeni on-line meraci

- Postoje i samostalni samočišćeći i samokalibrišući sistemi – ali je njihova cena izuzetno visoka i nisu smešteni direktno u vodi koja se ispituje, već u mernu stanicu.

Voda za merenje kod ovih sistema se ispituje dovođenjem vode pumpama.

- Kalibracijom i čišćenjem upravlja kompjuter (programator) koji zaustavlja uzorkovanje, čistom vodom uz pomoć drugih pumpi ispere sistem, uključuje ultrazvučne i hemijske čistače, dozira rastvore za kalibraciju i ponovo startuje sistem.

Analitika na terenu

Postoji veliki broj različitih portabilnih instrumenata, počevši od prenosnog GC-MS, do portabl GF-AAS. Pomoću takvih instrumenata mogu se na terenu uraditi gotovo sve analize kao i u laboratoriji.

Za GC-MS, potrebni su: gasovi, kalibracione smeše i sitan prateći oprema u laboratoriji; pored nabrojane opreme potreban je i akumulator ili agregat (ako nema struje), itd.

GF-AAS mora imati sistem za pripremu uzoraka što znači terensku mokru laboratoriju sa, u idealnom slučaju, mikrotalasnim pripremom uzoraka.

Opravdanje za takva merenja može biti njihova svrha (hitnost, prvenstveno), jer je greška pri terenskim uslovima veća od greške u laboratorijskim uslovima. Smatra se da je greška merenja za organske supstance oko 15 %, a kod određivanja metala oko 30 %.

Zaključak

Smanjivanjem raspoloživih količina vode u prirodi iz dana u dan, postaje očigledno da voda nije neograničen prirodni resurs, da postojeći izvori čiste vode nisu nepresušni, te da se voda mora planski i racionalno koristiti.

Upravljanje vodama i kontrola kvaliteta voda jeste važna za ekologe, hemičare, tehnologe i inženjere, ali i potrošače!

