

## OTPADNE VODE

### I. METODIKA ODREĐIVANJA I ZNAČENJE STEPENA ZAGAĐENJA

#### U V O D

Po završetku Drugog svjetskog rata došlo je u Jugoslaviji, s ponosom konstatiramo, do golemog razvoja industrijske proizvodnje. Mnogi problemi, koji u predratnoj Jugoslaviji nisu postojali odnosno tek u maloj mjeri, postali su sada odjednom kritični i traže da ih stanemo smjesta rješavati. Jedan od takvih problema, koji su od naročito značenja i traže što skorije rješenje, jesu otpadne vode.

Jako povećanje industrije i gradskog stanovništva uvjetovali su i stvaranje velikih količina otpadnih voda. Vode, često agresivne i toksične upuštaju se prema već naslijeđenoj praksi, bez pretrodnog pročišćavanja u vodene tokove rijeka, jezera i u more. Štete nastale od nepročišćenih otpadnih voda iz godine u godinu sve su veće i prijetite da će poprimiti kritične razmjere. Vodeni tokovi naših rijeka, naročito neposredno nizvodno velikih industrijskih centara, zagađeni su već u toj mjeri, da su djelomično ili potpuno opustjeli. Ne samo da radi zagađenja vodenih tokova dolazi do uništavanja biološkog fonda u samoj vodi, nego je zagađena voda latentna opasnost i za ljude i životinje, koji u pomanjkanju drugih izvora voda upotrebljavaju tu vodu za piće odnosno za pripravu hrane. Naša sveukupna zajednica stavljena je već danas pred odgovoran zadatak: pristupiti što prije pročišćavanju otpadnih voda, prije nego učinjene štete ne budu ireparabilne.

Velika zdravstvena i privredna vrijednost naših vodenih tokova traži od nas da im posvetimo našu punu pažnju. Na ovom nije zainteresirana samo javnost. U sve većoj mjeri zainteresirana je i privreda. Mnogostrana je upotreba vodenih tokova. I kao pijača voda, i kao voda za natapanje, kupanje šport., ribogojstvo, te kao vodeni tok kojim se uklanjaju otpadne vode, kojim se dobiva električna energija i t. d. i t. d. Nije ni čudo, da radi te raznolikosti u upotrebi dolazi često do razlike gledanja na probleme otpadnih voda, koji se i teško koordiniraju. Međutim, kod svih tih razmimoilaženja treba imati na umu, da je voda najvažnije hranivo i osnov zdravlja ljudi.

Problem otpadnih voda nije samo specifični problem naše jugoslavenske, privrede. Taj problem, mogli bismo kazati, jest to veći, što je veći industrijski potencijal pojedinih zemalja. No u inozemstvu se čine već golemi napor, da bi se uklonila ili barem znatno umanjila šteta, koja nastaje od nepročišćenih otpadnih voda.

Kako je problem onečišćenja voda kompleksan i opsežan smatrali smo zgodnim da čitavu tematiku podijelimo:

1. na metodiku određivanja i značenje stepena zagađenja;

2. na problematiku pročišćavanja otpadnih voda;
3. na iznošenje dosadašnjih iskustava o otpadnim vodama u NRH.

U ovom dakle članku prikazat ćemo, kako je u ostalom i u naslovu navedeno, principe analitičkih metoda u ispitivanju zagađenih otpadnih voda.

#### Značenje i važnost pojedinih testova

Ispitivanje otpadnih voda vrši se čitavim nizom fizikalnih fizikalno-kemijskih, kemijskih i bioloških metoda.

Fizikalnim, fizikalno-kemijskim i kemijskim metodama određujemo:

- temperaturu, mutež, miris i boju;
- ostatak nakon uparavanja, otoplenu supstancu, koloidalnu supstancu, supstancu koja sedimentira, organsku supstancu i mineralne tvari;
- otopljeni kisik (OK), biokemijsku potrebu kisika (BPK);
- dušik (sveukupni), amonijačni, nitritni i nitratni; utrošak kalijeva permanganata, odnosno bikromata, što nazivamo još i kemijskom potrebom kisika (KPK);
- aciditet, alkalinitet i ph vrijednost;
- kloride i sulfide, te slobodni klor.

Biološkim ispitivanjem, mikroskopskim i bakteriološkim pregledom otpadnih voda određujemo stepen mikrobiološkog onečišćenja.

Na osnovu izvršenih testova dobivamo sliku, koja nam govori:

1. o jakosti i karakteru otpadnih voda;
2. o veličini i vrsti postrojenja za prečišćavanje
3. o ponašanju vodenog toka nakon primanja u sebe takvih otpadnih voda.

Rezultati testova daju se ponajčešće u mg/l. Zamućenje je izraženo u mg/l, komparirano sa standardom, u kojem je zamućenje dobiveno fulerovom zemljom. Test za miris je relativno vrlo teško definirati, no mogao bi se dati ili kao recipročna vrijednost takvog razređenja sa svježom vodom bez mirisa, kod koje se miris jedva osjeća, ili pak sa slijedećom shemom: a) bez mirisa, b) miris na zemlju, c) aromatičan miris (sa oznakom kakav), d) miris na trulež. Intenzitet mirisa se u tom slučaju izražava:  $\alpha$ ) jak  $\beta$ ) slab  $\gamma$ ) neprimjetan. Koncentracija vodikovih iona označuje se kao ph vrijednost odnosno kao negativni logaritam broja molova ioniziranog vodika na 1 litar otopine. Bakteriološki rezultati dati su brojem bakterija u 1 ml, odnosno 100 ml ili 1 litar.

#### Boja, mutež, miris i temperatura.

Ovi testovi traže tek vrlo malo razjašnjenja. Svaki od njih daje svoj karakteristiku otpadnim vodama. Intenzitet boje je katkada vrlo karakterističan za otpadne vode (septička otpadna voda je crna). Mutež je tek gruba procjena suspendirane materije. Miris često puta daje vrijednu procjenu

kvaliteta. Na osnovu mirisa može se katkada procijeniti, da li je otpadna voda svježija, stara ili septička. Što je temperatura veća, to se fizikalni i kemijski procesi u otpadnim vodama brže odigravaju. Kod većih temperatura je sadržaj na kisiku manji, kod nižih veći.

#### Suha tvar, gubitak žarenjem, mineralna tvar.

Sadržaj na suhoj tvari pokazuje, koliko u otpadnim vodama ima anorganskih i organskih materija. Ove posljednje su u vodi pretežno u koloidalnom odnosno suspendiranom stanju. Žarenjem suhog ostatka na temperaturu od 600—700°C dobiva se mineralna tvar, a gubitak žarenjem je organska supstanca. Važan podatak kod procjene otpadnih voda čini njihov sadržaj suspendiranih čestica. Suspendirane čestice su manje od koloidalnih. Koloidalne čestice ne sedimentiraju zbog svoga Brownova gibanja.

#### Otopljeni kisik (OK)

Kisik se nalazi u vodi u otopljenom stanju. Dolazi u vodu iz atmosfere, a djelomično i fotosintezom, koja se vrši na biljkama, koje imaju klorofila. Količina kisika u vodi je funkcija temperature i tlaka, ili drugačije rečeno, sadržaj vode na kisiku direktno je proporcionalan s tlakom, a obrnuto proporcionalan s temperaturom. Što je dakle barometarski tlak veći, to će biti veći i sadržaj kisika u vodi. Možemo kazati, da približno tačno vrijedi jednadžba:

$$x = n \frac{B}{760}$$

gdje je B barometarski tlak izražen u mm stupca žive, n je stupanj zasićenja, a 760 normalni tlak u mm stupca žive.

Količina otopljenog kisika u vodi kod tlaka od 760 mm Hg i varijabilne temperature prikazana je na tabeli 1.

Tabela 1. Sadržaj otopljenog kisika u mg/lit. kod različitih temperatura.

Temperatura	mg O <sub>2</sub> /l vode	Temperatura	mg O <sub>2</sub> /l vode
0	14,64	16	9,97
1	14,24	17	9,76
2	13,85	18	9,56
3	13,49	19	9,37
4	13,14	20	9,19
5	12,81	21	9,02
6	12,48	22	8,85
7	12,18	23	8,68
8	11,89	24	8,52
9	11,62	25	8,37
10	11,35	26	8,22
11	11,10	27	8,08
12	10,86	28	7,94
13	10,62	29	7,80
14	10,39	30	7,67
15	10,18		

U svakoj vodi, koja nije septička, a sadrži organske supstance, dolazi do mikrobiološke razgradnje fermentabilnih tvari, te u vezi s time do trošenja kisika, odnosno oksidacije organske tvari.

Ako se apsorbira kisik iz zraka u vodi obavlja sporo, polaganije nego što dolazi do trošenja kisika, kao što je to često puta slučaj u zagađenim vodama stajačicama, tada dolazi do nestašice kisika u vodi i do djelomičnog ili potpunog uništenja života u vodi.

#### Biokemijska potreba kisika (BPK)

Test BPK pokazuje procjenu gubitka otopljenog kisika (OK), koji nastaje zbog mikrobiološkog rada mikroorganizama u vodi. BPK je prema tome indirektna mjera sadržaja fermentabilne pretežno organske tvari u vodi. U prirodi se razgradnja vrši to brže, što je temperatura veća, no kod mikrobiološkog rada postoji optimalna temperatura, koja se kreće već prema vrsti mikroorganizama između 20—40°C. Osim temperature na sam proces bilo kemijski bilo biokemijski utječe i vrijeme, pa je dakako i tekst BPK ovisan o tim veličinama. Obično se test BPK određuje kod 20°C (konstantna temperatura) u trajanju od 5 dana, pa se takav biokemijski potrebni kisik označuje sa BPK5-20. BPK je bez sumnje analitički rezultat, koji nam daje najinformativnije podatke o stepenu zagađenja otpadnih voda.

Kolikogod je test BPK informativan, isto toliko je teško i reproduktivan. Mislimo time reći, da je vrlo osjetljiv u izvođenju te da mu je rasipanje srednje vrijednosti dosta veliko.

Kod normalnog određivanja testa BPK otpadne se vode razrede dovoljnom količinom čiste vode, zasićene kisikom, i nakon 5 dana kod neke konstantne temperature, ponajčešće 20°C, odredi se preostali slobodni otopljeni kisik. Razlika između sadržaja otopljenog kisika na početku izvođenja i ovoga nakon 5 dana, pomnožena sa stepenom razređenja daje BPK5-20.

Razređenje otpadnih voda svježom saturiranom vodom sa kisikom obično iznose:

za jako zagađenje vode	0.1—1 ‰;
za manje zagađene vode	1—5 ‰;
za biološko pročišćenje vode	5—25‰;
za onečišćenje vodene tokove rijeka	25—100‰.

Primjer 1. Ako je 2.5 ml uzorka otpadne vode razređeno na 250 ml (faktor dilucije 250/2.5=100) a OK razređenog uzorka je kod početka testa 9.0 mg/l, a samo 6.0 mg/l nakon 5 dana inkubacije kod 20°C, tada BPK5-20 iznosi:

$$\text{BPK } 5-20 = (9.0 - 6.0) 100 = 300 \text{ mg/l}$$

Točnije se BPK može izraziti sljedećom jednadžbom:

$$\text{BPK } 5-20 = S + \frac{(d - c)I}{m} - d$$

gdje je:

S=sadržaj kisika u mg/l kod uzimanja uzorka,

c = sadržaj kisika u mg/ l nakon 5 dana,  
 I = sadržaj volumena boce u kojem je uzet uzorak u ml,  
 d = sadržaj kisika u mg/1 razređenog uzorka nakon 5 dana,  
 m = broj ml uzorka otpadne vode.

Prema gornjem primjeru test BPK iznosi:

$$\text{BPK } 5-20 = 9.0 + \frac{(9.0 - 6.0) 250}{2.5} - 5 = 304 \text{ mg/1}$$

Razlika u veličini testa BPK iznosi tek 4 mg/1, što pokazuje, da se i gornja a skraćena metoda može uzeti za izračunavanje.

Razgradnja organske tvari u otpadnim vodama ne ide jednakomjerno. Treba naglasiti da potrošnja kisika ne prestaje nakon 5 dana, ali da je nakon 5 dana potrošak kisika znatno manji. Na slici 1. prikazan je tok potrošnje kisika u mg/1 kod temperatura 9, 20 i 30°C. Relativna potrošnja kisika je dakako najveća kod optimalne temperature u ovom slučaju kod 30°C.

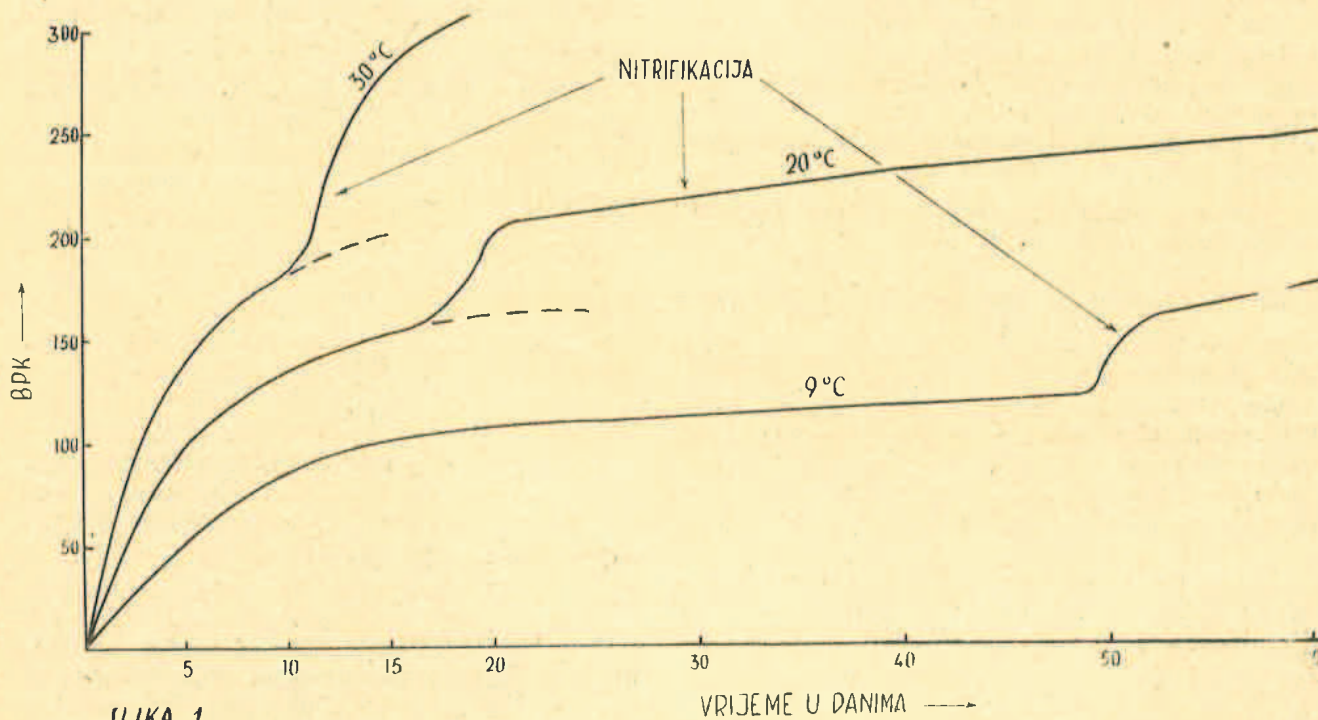
Na slici se vidi, da krivulje utroška kisika do stepena nitrifikacije teku slično procesima, koji su karakteristični za monomolekularne reakcije u kemiji, pa ako sa y označimo biokemijski potrošak kisika, sa t vrijeme u danima, sa L maksimalni mogući potrošak kisika do stupnja nitrifikacije, sa e bazu prirodnih logaritama, a sa k konstantu funkciju temperature, tada prema navedenom, biokemijski potrošak kisika nakon bilo kojeg vremena može se izraziti jednadžbom:

$$y = L(1 - e^{-kt})$$

za  $t=0$  dobivamo da je  $y=0$ , odnosno da nema biokemijskog potroška kisika,

za  $t = \infty$  dobivamo teoretsku vrijednost da je  $y = L$  odnosno jednak maksimalno mogućem utrošku kisika do stepena nitrifikacije. Sve to uz pretpostavku da ne dolazi do naknadnog utroška kisika za procese nitrifikacije i nitracije.

Trebamo istaknuti još slijedeće. Kako je prikazano na slici 1., razlikuju se dvije faze biokemijskog utroška kisika. U prvoj fazi dolazi do fermentacije



SLIKA 1

## »LITOKARTON« Grafičko poduzeće OSIJEK

ULICA REPUBLIKE BROJ 33 — TELEFONI: 21-15, 21-16, 23-98

IZRAĐUJEMO TISKANICE, BLOKOVE, TE ETIKETE U JEDNO I VIŠEBOJNOM TISKU.

LITOGRAFIJA — OFFSET-TISAK — FOTO-LITO — SPECIJALNI ODIO ZA SLOŽIVE KUTIJE — PRERADA PAPIRA — KNJIGOTISAK — KNJIGOVEŽNICA

**TRAŽITE BEZOBVEZNE PONUDE!**

tabilne razgradnje organske materije mikrobiološkim radom mikroorganizama. Utrošeni kisik upotrebljavaju mikroorganizmi za te dakako aerobne procese. Tek nakon toga procesa dolazi do amonificiranja dušika vezanog na bjelančevinama, njegove oksidacije i prevodenje u nitrite i nitrate, što je vezano uz naknadni potrošak kisika, kako je to uostalom i prikazano na slici 1.

Različite otpadne vode mogu sadržavati različite materije, koje su podvrgnute brznoj ili sporijoj razgradnji, tako da konstanta k nije isključivo funkcija temperature. BPK5-20 kreće se za utrošak kisika prvog stupnja, do nitrifikacije, između 55—90%.

Trajanje određivanja testa BPK od 5 dana može se nešto skratiti. Tako test BPK nakon 1 dana iznosi 0.30, nakon 2 dana 0.54, nakon 3 dana 0.73, nakon 4 dana 0.88, nakon 5 dana 1.00, nakon 6 dana 1.10, nakon 7 dana 1.17, nakon 8 dana 1.23, nakon 9 dana 1.28, nakon 10 dana 1.32, 20 dana 1.45, 25 dana 1.46.

Da bi se moglo računski odrediti potrebno razređenje kod upuštanja otpadnih voda u vodeni tok rijeke ili potrebni stupanj pročišćenja otpadnih voda, moramo poznavati osim veličine utroška kisika BPK, još i sposobnost apsorpcije kisika, koja se za različite vode bitno razlikuje.

Tabela 2 prikazuje apsorpciju vodene površine po jednom m<sup>2</sup> u roku od 24 sata.

Tabela 2. Sposobnost apsorpcije kisika u mg/lit. na 1 m<sup>2</sup>/24 sata.

Mali ribnjak . . . . .	1,5 gr/m <sup>2</sup>
Veliko jezero . . . . .	4,8 "
Rijeka polaganog toka . . . . .	6,7 "
Velika rijeka . . . . .	9,6 "
Voda brzog toka . . . . .	15,5 "
Brzica . . . . .	48,0 "

Dozvoljeno opterećenje voda, obzirom na utrošak otopljenog kisika, otpadnim vodama može se odrediti na osnovu slijedeće formule:

$$B = F \cdot z$$

gdje je:

B = dopuštena potreba na kisiku iza upuštanja otpadnih voda u vodeni tok,

F = dopustivi manjak na kisiku,

z = broj opterećenja.

Broj opterećenja kreće se unutar graničnih vrijednosti već prema tome, da li se radi o vodama koje su siromašne odnosno bogate kisikom.

Tabela 3 prikazuje kretanje broja opterećenja z kod raznih vrsta voda.

Iz ovih brojeva, kao i iz testa BPK, može se približno jednostavno odrediti potrebno razređenje otpadnih voda nakon upuštanja u vodeni tok.

Tabela 3. Kretanje opterećenja z kod raznih vrsta voda.

Vrsta voda	Voda siromašna na kisiku kod 20°C	Voda bogata na kisiku kod 20°C
Mali ribnjak	z = 0,5	z = 1,6
Veliko jezero	0,9	2,1
Rijeka polaganog toka	1,2	2,5
Velika rijeka	1,7	3,2
Voda brzog toka	2,7	4,3
Brzica	17,0	20,0

**Primjer 2.** Koji je BPK5-20 dopustiv u velikoj rijeci, za rijeku pomiješanu sa otpadnom vodom, ako sadržaj na kisiku kod 20°C ne smije pasti ispod G=4 mg/l.

Iz tabele 3 je vidljivo, da se veličina z kreće između 1.7 i 3.2. Vrijednost zasićenja kisikom iznosi kod 20°C 9.2 mg/l, kako je to uostalom vidljivo iz tabele 1. Dopustivi manjak kisika prema tome može iznositi F=9.2—4=5.2 mg/l.

Dopustiva biokemijska potreba na kisiku BPK5-20 prema tabeli 3 ležati će dakle između 1.7 · 5.2=8.8 mg/l i 3.2 · 5.2=16.- mg/l,

**Primjer 3.** Neka otpadna voda je pročišćena u toj mjeri, da joj BPK5-20 iznosi 230 mg/l. Koliko je potrebno razređenje za gornji primjer?

Potrebno razređenje iznosi prema tome za granični slučaj

$$a = \frac{230}{8.8} = 26 \text{ puta}$$

$$b = \frac{230}{16.6} = 14 \text{ puta}$$

Ako sama rijeka ima izvjestan BPK5-20, tada se taj mora najprije odbiti kod određivanja dopustive potrebe na kisiku, i tek onda valja izvršiti operaciju kao u primjeru 2.

#### Dušik.

Proteolitički fermenti, bilo kod aerobne ili anaerobne razgradnje bjelančevina, cijepaju ove na niže razgradne produkte. Dušik kod toga prelazi u niže jednostavnije spojeve. Najprije se stvara amonijak, a iz ovoga nitriti i nitriti. Bakterije koje provode te procese zovu se nitrificirajuće bakterije, i one su izričito aerobne. Kjeldalizacionom određujemo sveukupni dušik, a zasebnim postupcima određuje se dušik vezan na amonijak, odnosno nitrit i nitrat. Sadržaj na nitritima odnosno nitratima pokazuje stepen i brzinu pročišćavanja pojedinih otpadnih voda. Nitriti pa, i nitriti jesu jedan od najvrednijih iskoristivih sastojaka otpadnih voda.

#### Utrošak kalijevog permanganata odnosno bikromata.

Test za utrošak kisika u kiseloj otopini permanganata odnosno bikromata zove se još i ke-

mijska potreba kisika ili test KPK. KPK je približna mjera količine organske materije. Test ne diferencira stabilne i nestabilne organske materije, ali je od neobične važnosti za one sterilne vode, kod kojih se test BPK ne može odrediti, budući da sadrže toksične otpadne materije. U nekim zemljama više se upotrebljava bikromat, a u drugim permanganat. Bikromat se upotrebljava u Americi isključivo.

#### **Mast.**

Masti, voskovi, slobodne masne kiseline, mineralna ulja i druge organske supstance topive u eteru dolaze pod zajedničkim imenom surove maste. Njihovo određivanje u otpadnim vodama od važnosti je samo kod nekih specijalnih industrija, no inače ne dolaze u znatnim i zabrinjavajućim količinama.

#### **Aciditet, alkalitet i Ph vrijednost.**

Aciditet i alkalinitet otpadnih voda kaže nam, koliko je potrebno lužine odnosno kiseline, da bi se te otpadne vode prije upuštanja u vodene tokove neutralizirale. Ph vrijednost ili aktuelni aciditet je mjera intenziteta, za razliku od aciditeta i alkaliniteta, koji su mjere za kapacitet. Određivanje Ph broja potrebno je zato:

1. da se odredi mogućnost života mikroorganizama u toj otpadnoj vodi, koji mogu normalno uspijevati samo u relativno uskim granicama Ph vrijednosti;
2. da bi se moglo provesti pročišćavanje otpadnih voda kemijskim metodama, potrebno je poznavanje Ph broja; kemijske taložne reakcije moguće su jedino kod određenih Ph;
3. kloriranje otpadnih voda može se uspješno provesti samo kod određenih Ph.

#### **Kloridi i sulfidi.**

Ovi testovi su od važnosti u slučaju da se otpadne vode moraju klorirati. Rezidualni klor je onaj neutrošeni a slobodni klor koji je preostao u vodi, a određivan je nakon izvjesnog vremena, ponajviše nakon 30 minuta. Potreba otpadnih voda na kloru je ona količina klora u mg/l, koja se mora dodati otpadnim vodama u svrhu dezinfekcije. Kod toga treba voditi računa o tome, da neki fizikalni faktori, kao na pr. svjetlo, toplina, vrijeme reakcije i mutež utječu često u znatnoj mjeri na potrošak klora. Prvenstvena zadaća dezinfekcijskog djelovanja klora je u tome, da potisne rad mikroorganizama i da na taj način reducira koncentraciju coli bakterija na sanitarno higijenski određeni broj (coli titar). Sulfidi stvaraju vrlo neugodne mirise. Nastaju razgradnjom bilo organske, bilo anorganske materije, no dolaze katkada i u otpadnim industrijskim vodama.

#### **Biološki testovi.**

Mikroskopskim istraživanjima otpadnih voda može se odrediti broj i sadržaj i kvalitet živog or-

ganizma. Bakteriološko istraživanje traži takve rutinske metode, koje se mogu provoditi samo u za to specijalno uređenim mikrobiološkim laboratorijima. Vrsta mikroorganizama može se uspješno identificirati na krutim podlogama, kao što su agar ili želatina, ili pak u tekućim supstratima. Na krutim podlogama nastaju karakterističke kolonije, a mikroskopskim premazom i obojenjem dobivamo sliku pojedinog mikroorganizma. U tekućim supstratima mikroorganizmi proizvode specifične biokemijske produkte, koji su karakteristični za pojedinačne mikroorganizme.

Bakterije, gljive, alge, praživi, larve, puževi i više biljke imaju znatnu ulogu kod veličine i brzine samopročišćavanja vodenih tokova. Neki od tih organizama jesu karakteristični za stepen i vrstu onečišćenja, pa njihovo prisustvo odnosno nepprisustvo rječito govori o stepenu samopročišćavanja.

#### **O analitičkim metodama.**

Svi navedeni analitičke testovi su u zemljama, koje se intenzivno bave problemima pročišćavanja otpadnih voda, standardizirani. Potrebno bi bilo i kod nas u Jugoslaviji, prije nego pristupimo široko zasnovanoj akciji oko pročišćavanja otpadnih voda, da provedemo standardizaciju tih analitičkih metoda. Samo standardiziranim analitičkim metodama, koje se upotrebljavaju po čitavom jednom ispitivanom teritoriju, mogu se dobiti takvi rezultati, koji će nam pružiti realnu sliku o stepenu onečišćenja pojedinih voda, kao i o stepenu pročišćavanja otpadnih voda. To će biti naročito od važnosti u onom momentu, kada počnemo sa izgradnjem neophodno potrebnih postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda. Stepenu pročišćavanja takvog postrojenja pokazat će nam ispravnost poduzetih metoda pročišćavanja kao i vrijednost podignutog postrojenja.

Za bazu naših jugoslavenskih standarda mogli bi nam poslužiti eventualno američki: Standard methods for the examination of water, sewages and industrial wastes. Standardi su izdati po American public health association New York 10 th Ed. Part II 1955. A osim toga djelomično bi se mogli poslužiti i već obrađenim metodama o Sanitarnehemijskom ispitivanju voda koji se nalaze u »Priručniku laboratorijskih (hemijskih) metoda za ispitivanje životnih namirnica. Izdanje Medicinska knjiga Beograd-Zagreb 1954.

— Trebalo bi na kraju podcrtati, da je za kvalitet otpadne vode mjerodavno prije svega vrijeme uzimanja uzorka. Otpadne vode mijenjaju se prema godišnjim dobama, čak i od sata do sata. Da bi se dobila približno srednja vrijednost i procjena onečišćenja, potrebno bi bilo uzeti što veći broj uzoraka. Na terenu se može izvršiti tek manji broj ispitivanja. Ispitivanja koja se ne mogu izvesti na terenu odrede se u laboratorijima na konzerviranim uzorcima koje treba po mogućnosti što prije dostaviti u laboratorij.

Ukoliko postoji više analitičkih metoda za određivanje jedne iste analitičke veličine, treba pret-

postaviti one makar i manje točne, s kojima se unutar zadanog vremena može načiniti znatno veći broj ispitivanja, onima naučnim metodama, koje su naročito precizne, ali se mogu izvesti uz znatan utrošak vremena.

### OTPADNE VODE U RIBLJIM VODAMA

Otpadne vode, koje se upuštaju u riblje vode, za nas su od naročitog interesa. Kod niskih odnosno ekstremno niskih vodostaja čine te otpadne vode najveće štete. Štete ne ovise samo o prirodi i koncentraciji otpadnih voda, nego još više o fizičkim i kemijskim osobinama, kao što su brzina strujanja, temperatura, karbonatna tvrdoća vodenog toka, flora i t. d. Kod toga igra naročitu ulogu sposobnost samopročišćavanja, a to je ona sposobnost koju posjeduju vodeni tok da »probavi« dovedene otpadne vode. Razređenje, koje se vrši sa otpadnim vodama, tek je krajna mjera, koja se provodi, kada su izvršene sve potrebne i moguće mjere prečišćavanja i ne postoje više nikakve druge. Radi nepotpunog miješanja otpadnih voda sa vodenim tokom, predvidljiva je dilucija slabija, a nastala oštećenja vodenog toka veća.

Sa stanovišta ribarstva razlikujemo tri glavne grupe otpadnih voda:

1. otpadne vode koje sadrže pretežno organske fermentabilne materije;
2. otpadne vode koje sadrže pretežno anorganske materije;
3. otpadne vode koje sadrže i organske i anorganske materije.

#### Organske otpadne vode.

Bitna je karakteristika tih voda, da one kod niskih vodostaja prouzrokuju smanjenje koncentracije otopljenog kisika. Nadalje je karakteristično za ove vode, da se nastale štete, ugibanje riba, ne primjećuju po pravilu neposredno na mjestu upuštanja, nego tek često puta, mnogo kilometara nizvodno.

Zahtjev prema kisiku već prema vrsti ribe kreće se između 5.5 do 0.5 mg/l. Samo uz dovoljne količine kisika u vodi ribe se normalno hrane i rastu i normalno se množe. Kisik je naročito potreban za normalni razvitak ikre i ribljeg mlađa. Naročito je kritično po život riba, ako sadržaj kisika naglo padne ispod minimalne količine.

Pokraj manjka na kisiku vrlo su opasni po život riba i produkti proteolitičke razgradnje, među kojima i sumporovodik, koji je jak otrov. Manje je otrovan ili potpuno bezopasan metan, koji nastaje mikrobiološkom razgradnjom celuloze, iako mnogi autori zastupaju posve obratno mišljenje.

Organske supstance u otpadnoj vodi su odlična energetska hraniva za bakterije, gljive i pljesni, pa se u takvim vodama one nalaze u znatnim količinama. Nestane li najednom dovoljnih količina slobodnog kisika ili organske materije, doći će do masovnog ugibanja tih mikroorganizama, njihova

taloženja u mirnijim vodama, te do anaerobne razgradnje, čiji su produkti toksični. Svježa organska otpadna voda manje je štetna od već ustajale, koja se djelomično već nalazi u razgradnji. Od organskih otpadnih voda najnepovoljnije djelovanje vrše otpadne vode tvornica šećera i škroba, naročito zbog njihova kampanjskog rada, što uvjetuje znatne koncentracije fermentabilne organske tvari.

#### Anorganske otpadne vode.

Anorganske otpadne vode djeluju posve drugačije nego organske. One sadrže isključivo takve materije, koje za ribu mogu biti jaki otrovi. Njihovo djelovanje je vidljivo neposredno nakon upuštanja takvih voda u vodeni tok.

**Kisele otpadne vode**, sadrže slobodne kiseline mineralne, rijetko organske: Postoji opasnost, da u koliko količina tih otpadnih voda bude velika, a alkalinitet vodenog toka nedovoljan, dođe do zakiseljenja voda. Vode, u kojima žive ribe, ne smiju biti kisele. Već i najmanje količine slobodnih mineralnih kiselina djeluju toksično. Ph normalnih voda kreće se između 6—8. Granice, u kojima ribe još uvijek mogu uspješno vegetirati, nešto su veće i iznose 5.2—8.8. Kada je sposobnost vode kao pufera malena, tada je opasnost već i od najmanjih količina slobodnih mineralnih kiselina velika. Naročito su opasne vode rudnika smeđeg ugljena, koji sadrži uvijek izvjesne količine željeznog sulfata. Taj se uz prisustvo kisika u vodi oksidira, prelazi u željezni hidroksid i taloži se, a oslobađa se sumporna kiselina.

**Mineralije.** Manje količine željeza su potrebne u vodi. Veće količine djeluju već toksično. Željezo prisutno u većim količinama vrlo se rado obara kao voluminozni željezni hidroksid na alkalnim površinama škruga i riblje ikre.

Djelovanje mangana u većim količinama još je toksičnije.

Otpadne vode, koje sadrže bakar, naročito su štetne. Već kod koncentracije bakrenog sulfata od 0.5 mg/l one su toksične.

Otpadne vode iz postrojenja za galvanizaciju sadrže redovno cijanida. Njihova letalna doza za ribu iznosi 0.1—0.15 mg/l HCN.

Posebnu grupu čine katranske i fenolne otpadne vode, koje su dakako vrlo toksične. Karakteristično je za njih, da ribe koje žive u takvim vodama poprimaju intenzivan miris na fenole, ali ga relativno brzo i gube, koliko budu prebačene u čiste vode.

Otpadne vode rudnika i postrojenja za pranje uglja, osim što štetno djeluju zbog sadržaja željeznog sulfata, vrlo su nepovoljne u vodenim tokovima radi zamućenja i zablacenja voda.

### LITERATURA

- Klut-Olszewski: Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle, Berlin 1943.  
Imhoff-Fair: Sewage treatment, New York 1956.  
—: Priručnik laboratorijskih (hemiskih) metoda za ispitivanje životnih namirnica, Beograd-Zagreb 1954.