

FIZIKA EKOLOGIJE

ENVIRONMENTAL PHYSICS

Prof. dr Dragoljub Belić, Fizički fakultet, Beograd

II

ZAGAĐIVANJE I ZAŠTITA VODA

- Prema proceni, na zemlji ima oko 1,4 milijarde km^3 vode, od čega 97,2% otpada na slanu vodu mora i okeana. Dalje, na polovima i planinama nalazi se oko 2% vode stalno zamrznute u led. Na zemlji nalazimo samo oko 0,8% od ukupne količine rezervi slatke vode, kao površinske i podzemne, koje su u stalnom pokretu - od isparavanja, do padavina i rečnih tokova, jezera i mora. Ovo kruženje je ujedno efikasan način za “prečišćavanje voda”.
- Danas se potrošnja vode kreće od 10 do 1500 l/dan po stanovniku dok u slučajevima visokog standarda potrošnja dostiže i 3000 l/dan po stanovniku. U mnogim sredinama suočeni smo sa nedostatkom kvalitetne vode.

Granične vrednosti imisije - GVI

- Da bi voda (vazduh) bila upotrebljiva za piće (disanje) i uopšte za ljudsku upotrebu, mora imati određene osobine, tj. određene sastojke, a ne sme imati neke druge sastojke preko određene granice. Granica koja određuje maksimalno dozvoljenu količinu neke štetne materije u jedinici zapremine posmatrane sredine naziva se Granična vrednost imisije **GVI** (ranije MDK). Očigledno je da je GVI po svojoj suštini **NORMA KVALITETA**, granica tolerisanja. Najčešće se primenjuje na vodu, vazduh u atmosferi i radnim prostorijama, na životne namirnice, radioaktivno zračenje i drugo.
- Osnovna prednost ove norme je što može lako i neprekidno da se meri. Jedinice su: mg/l, mg/m³, ml/m³ ili ppm, Ci/m³, itd.

Zakonska regulativa o zagadjenju voda

- **Pravilnik o opasnim materijama u vodama, *Sl. Glasnik SRS*, 31/82**
- **Pravilnik o tehničkim i sanitarnim uslovima za upu{tanje otpadnih voda u gradsku kanalizaciju, *Sl. List Grada Beograda* 5-224/98**
- **Pravilnik o higijenskoj ispranosti vode za piće, *Sl. List SRJ* 42/98.**

MDK štetnih materija za vodu

SUPSTANCA	MDK (mg/l)	POKAZATELJ ŠTETNOSTI
• Živa	0.005	sanitarno-toksični
• olovo	0.05	"
• cijanidi	0.01	"
• arsen	0.01	
• bakar	0.1	opšte-sanitarni
• cink	1.0	"
• hrom	0.05	"
• deterdženti (kao ABS)	0.5	"
• trinitrorezorcin	nije normiran	“

Prema zvaničnom tumačenju pravilnika, MDK se odnose na koncentraciju zagadjivača u prijemnom vodotoku u tački potpunog mešanja.

Što se tiče kanalizacije kao recipijenta, Pravilnikom se postavljaju zahtevi da otpadne vode iz naselja, industrije, kao i ostale koje se puštaju u kanalizaciju, ne smeju sadržati:

- Štetne gasove (sumporvodonik, sumpor-dioksid, vodonične okside, cijanovodonik, hlor i slične supstance),
- Zapaljive i eksplozivne supstance,
- Čvrste i viskozne supstance, kao: pepeo, slamu, otpatke metala, plastiku, drvo, staklo, dlake, meso, taloge od prečišćavanja vode,
- Kisele, alkalne i agresivne materije,
- Ostale štetne materije.

U javnu kanalizaciju ne smeju se puštati otpadne vode iz bolnica, klanica, veterinarskih stanica, kafilerija i sličnih ustanova, ako nisu prethodno dezinfikovane, kao i otpadne vode koje mogu štetno uticati na instalacije, gradjevine i uređjaje javne kanalizacije. Odredjene su granične vrednosti štetnih materija koje mogu imati otpadne vode prilikom puštanja u javnu kanalizaciju, i to u sledećim količinama:

- organske materija i lako isparljivi derivati nafte	u tragovima
- ulja i masti	100 mg/l
- fenol	0,5 "
- hrom	2 "
- bakar	2 "
- cink	2 "
- nikal	3 "
- gvoždje	15 "
- olovo	2 "
- cijanid	2 "
- detedženti	
anjon aktivni	10 "
nejonogeni	10 "
katjon aktivni	5 "
- radioaktivni materijal sa zračenjem	do 4×10^{-12} Ci/l

Potrošnja vode

Elektroindustrija

- hladjenje velikih kondenzatora, na 1000 kW 280-350 m³
- električni hladnjaci za vazduh, na 1000 kW 350-450

Hemijska industrija

- proizvodnja koksa, na 1 t 8-10
- proizvodnja koncentr. sumporne kiseline 10-15
- natrijva šalitra 20-75
- azotna kiselina 170-270

Prehrambena industrija

- proizvodnja 1 t šećera iz repe 25-35
- klanica na 1 t mesa 4-6
- za 1 t sira 28-32

Industrija masti, sapuna itd.

- za 1 t masti 4
- za 1 t glicerina 30
- za 1 t želatina 1800-2200
- za 1 t lepila od kostiju 300-400

Ispitivanje zagadjenosti voda

- **Fizički pokazatelji** obuhvataju temperaturu, miris i ukus, boju, mutnoću, rezidualne čvrste materije, transparentnost i provodljivost vode.
- **Hemijski pokazatelji** obuhvataju kiselost i baznost, tvrdoću, redoks-potencijal (BPK5, BPK20, HPK) i specifične hemijske analize.
- **Biološki pokazatelji** obuhvataju bakteriološko ispitivanje vode, saprobiološke metode i kompleksne toksikološke metode.

Rastvoreni kiseonik-HPK, BPK

U čistoj vodi rastvoreno je 10 mg/l O₂

BPK5	(mg/l)
- proizvodnja špiritusa	260-300
- " konzervi mesa	do 750
- " kože	900
- " platna	1500
- " vune	2000
- " koksa	4000
- plinogeneratorske stanice	20000

Biološki pokazatelji

Katarobne vode se ne dele u podgrupe.

Limnosaprobne se dele na:

1. ksenosaprobne (x)
2. oligosaprobne (o)
3. betamezosaprobne(β)
4. alfamezosaprobne (α) i
5. polisaprobne vode (p).

Eusaprobne vode se takodje dele na podgrupe:

6. izosaprobne (i)
7. metasaprobne (m)
8. hipersaprobne (h) i
9. ultrasaprobne vode (u).

Transsaprobne vode se dele u tri podgrupe:

- 10.antisaprobne (a)
- 11.radiosaprobne (r) i
- 12.kriptosaprobne (c).

Klasifikacija voda

Vode I klase su najčistije prirodne vode, izvorišta reka i njihovi gornji tokovi. Upotrebljavaju se za piće ili u prehrambenoj industriji. Naseljavaju ih plemenite vrste riba (salmonidi). Nemaju miris, vidljivu boju niti otpadne materije.

Vode II klase su još uvek relativno čiste. Mogu se koristiti za rekreaciju i uz određeno prečišćavanje za snabdevanje gradova vodom. Ne smeju imati miris ni boju, a ostali pokazatelji su navedeni u priloženoj tabeli.

Vode III klase su zagađene prolaskom kroz gusto naseljene i industrijske oblasti. Imaju miris i vidljivu boju, ali se još uvek mogu koristiti u poljoprivredi i nekim granama industrije. Pokazatelji za ove vode imaju znatno više granične vrednosti.

Vode IV klase su sve one vode koje ne spadaju u prethodne tri klase. Vrlo su zagađene i moraju se prečišćavati ako se hoće upotrebljavati u određene svrhe.

<u>Pokazatelj kvaliteta vode</u>	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>IV</u>	<u>Klasa</u>
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	>8	>6	>4	>3	
Zasićenost sa O ₂					
-saturacija	90-105	75-90	50-75	30-50	
-supersaturacija	105-115	115-125	125-130		
BPK ₅ (mg O ₂ /l)	<2	>4	<7	<20	
HPK iz utroška KMnO ₄	<10	<12	<20	<40	
Nefiltrirajući ostatak (mg/l)	<10	<30	<80	<100	
Ukupni rezid ostatak (mg/l)	<350	<1000	<1500	-	
pH vrednost	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0	
Najverovatniji broj kolimorfnih klica	<2000	<100000	<200000	-	
-u vodi za kupanje	20000	-	-		
Stepen biol.produktivnosti (samo za jezera)	oligo-trofni	umereno eutrofni	-	-	

-/

<u>Pokazatelj kvaliteta</u>	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>IV</u>	<u>Klasa</u>
Stepen saprobnosti po Libmannu (samo za površinske vode)	oligo-	mezo.	mezosap.	-	
Toksične materije	Ne smeju se nalaziti ni u jednoj klasi iznad propisane granice				
Stepen radioaktivnosti:	Ukupna radioaktivnost tečnih otpadnih tvari koje se u toku jedne godine mogu izliti u reku izračunavaju se po sledećem obrascu:				

$$(F \times A_i) / (Q \times (MDK)_i) < 1$$

gde je: F-faktor sigurnosti (neimenovan broj) koji zavisi od radioloških i hidrololoških osobina reke; Q-prosečan godišnji protok reke (m³); A_i-ukupna radioaktivnost i-tog radionuklida u Ci (MDK)_i-dozvoljena koncentracija i-tog radionuklida u vodi za piće u Ci/m³.

EUTROFIKACIJA

Mogućnosti prečišćavanja otpadnih voda

- MEHANIČKE METODE PREČIŠĆAVANJA VODE sastoje se u uklanjanju mikro i makrosuspendiranih čestica iz vode, organskog i anorganskog porekla. U tu svrhu služe razne vrste taložnica: peskolovi, flotatori ulja, itd. Princip rada ovih uređaja zasniva se na različitim specifičnim težinama suspendiranih čestica i vode. Pre nego što voda dodje u te uređaje, iz nje se uklanjaju sve plivajuće makrotvari, kao papir, ostaci drveta, plastike, itd., i to na sistemu grubih i finih usitnjavanja makrotvari u napravama koje se nazivaju kominutori. Njihova primena je vrlo široka. Flotatori uglavnom služe za odvajanje materija lakših od vode, kao što su sve vrste ulja i masti. Razne vrste flotatora primenjuju se u tehnici pročišćavanja otpadnih voda u naseljima, kao i specifičnim industrijskim granama.

- **HEMIJSKI NAČIN KONDICIONIRANJA** se koristi pri flokulaciji i neutralizaciji. Flokulacijom se naziva proces stvaranja pahuljica-flokula, dodavanjem vodi izvesnih hemikalija, oko kojih se hvataju suspendovane čestice koje lebde u vodi. Kako se optimalna vrednost pH vode kreće od 6 do 8, prethodno se mora izvršiti neutralizacija, bilo sa alkalnog ili kiselog područja, na optimalnu vrednost. Ovde se mogu primeniti i razne druge hemijske reakcije koje imaju zadatak da grade nerastvorne i rastvorljive spojeve (jedinjenja). Neke od hemijskih reakcija su dobro poznate, te se primenjuju u standardnim metodama, dok se mnoge specifične reakcije moraju prethodno laboratorijski ispitati. Postoje različite hemijske metode i uglavnom su patentirane.

- **BIOLOŠKI POSTUPCI PREČIŠĆAVANJA.** U prva dva postupka se radi na selekciji, tj. odstranjivanju nepoželjne organske, odnosno pretežno anorganske materije, suspendovane ili rastvorene u otpadnoj vodi. Time se postiže to da se u trećoj fazi, tj. u biološkom pročišćavanju, obradi, u principu samo organska materija, odnosno jedinjenja. Kako je već ranije istaknuto razlaganje organskih jedinjenja događa se pod uticajem bakterija. U aerobnom postupku se biodekompozicija organske materije događa uz prisustvo kiseonika, u anaerobnom bez prisustva kiseonika u vodi. Sve dok u nekom vodotoku ima i najmanja količina kiseonika biološki procesi su aerobni. Kada se sav kiseonik utroši, tada su procesi biorazgradnje anaerobni.

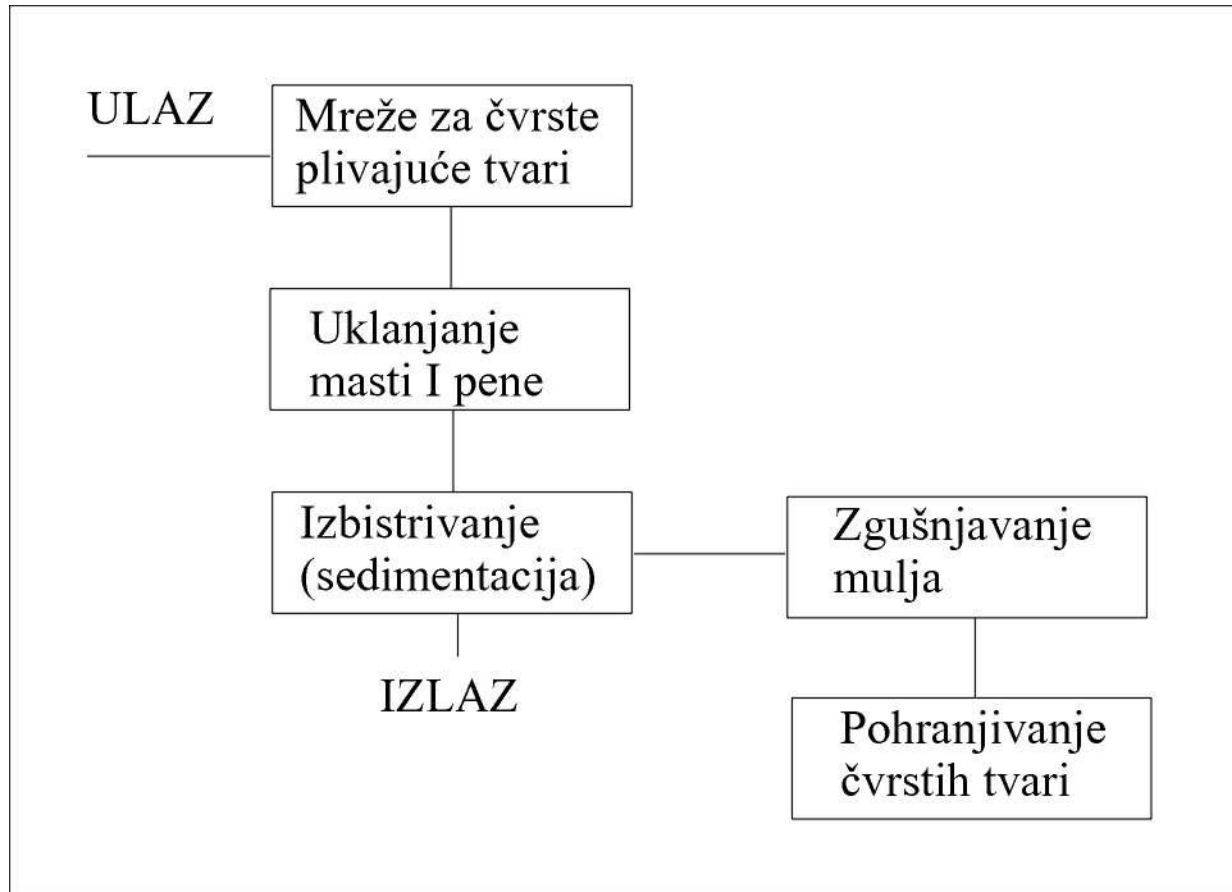
U svrhu biološke razgradnje, otpadnoj vodi se na veštački način može dovesti veća količina kiseonika u kraćem ili dužem periodu: to dovodjenje kiseonika, pomoću vazduha iz atmosfere može se postići na sledeće načine:

1. Doziranjem vazduha pomoću kompresora niskog pritiska kroz sistem cevi položen uz dno bazena
2. Horizontalni rotori, odnosno valjci, imaju radijalne nastavke poput ježevih igala
3. Vertikalne turbine
4. Prokapnici rade na principu prokapavanja vode preko tela od lomljenog kamena.

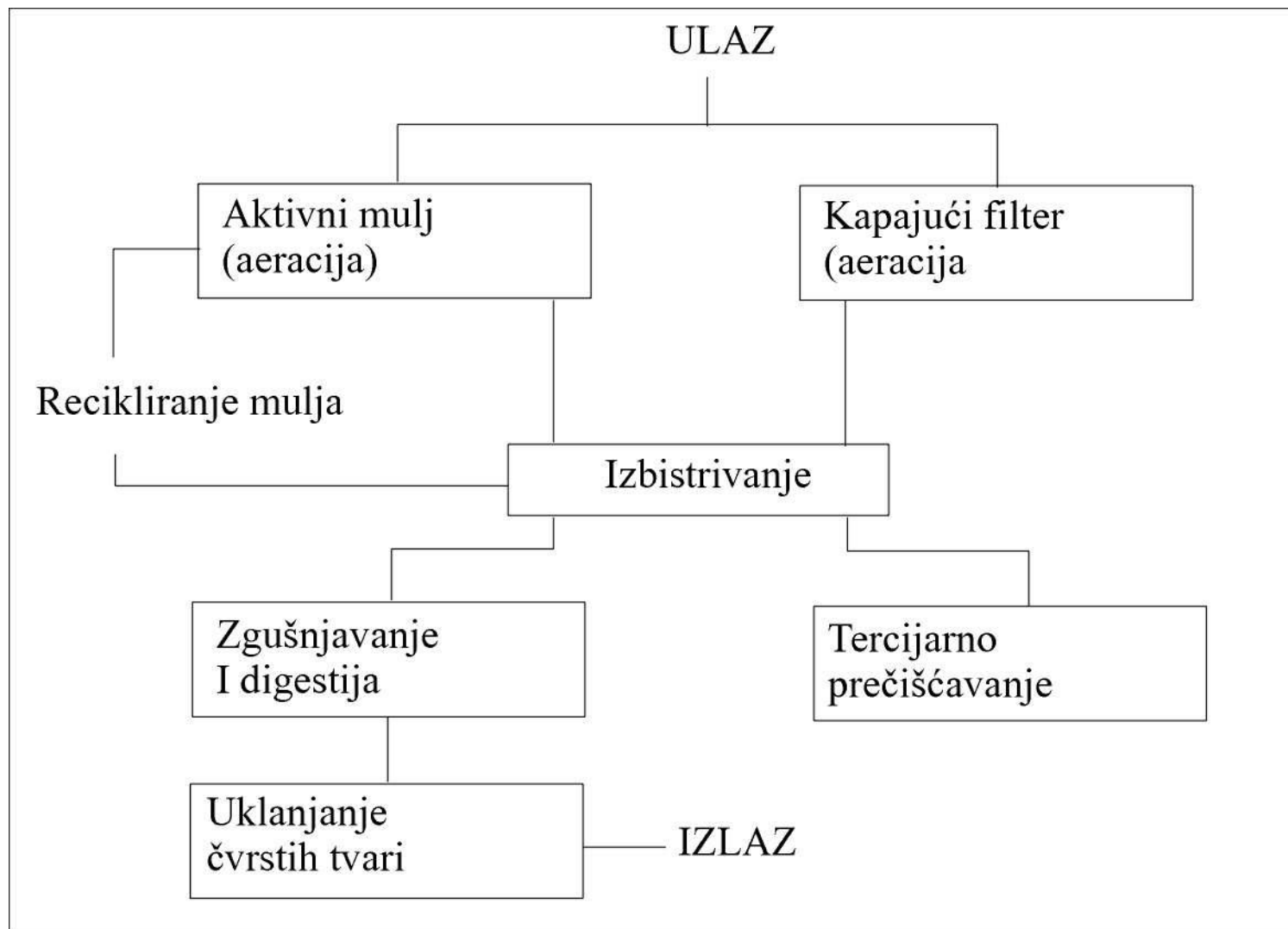
Paradoksalno je opšteprihvaćeno mišljenje da su vrela i vodopadi "zdravi" i da se kada pada kiša najlepše spava i odmara. Iz gornjeg izlaganja je jasno da se u takvim slučajevima kiseonik iz vazduha intenzivno apsorbuje, a san je posledica zamora organizma usled njegovog nedostatka. Ovu hipotezu treba proveriti.

Prečišćavanje gradskih otpadnih voda

PRIMARNO PREČIŠĆAVANJE



SEKUNDARNO PREČIŠĆAVANJE



TERCIJARNO PREČIŠĆAVANJE

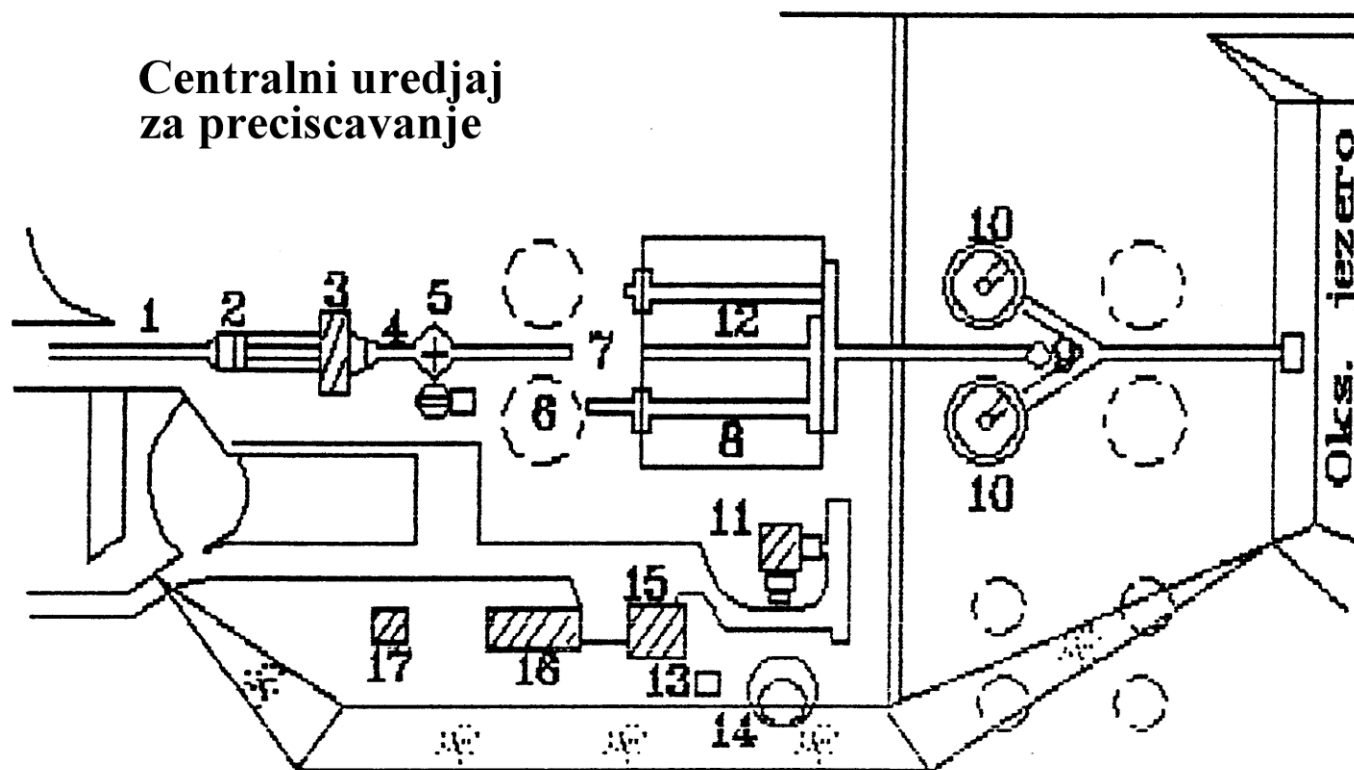
TEHNIKE PREČIŠĆAVANJA:

- Adsorpcija na aktivnom uglju
- Ultrafiltracija
- Uklanjanje rastvorenih jonskih materija
- Elektrodijaliza
- Jonska izmena
- Uklanjanje bakterija i virusa
- Uklanjanje azota i fosfora

Prečiščavanje industrijskih odpadnih voda

- Neutralizacija
- Hemijska oksidacija i redukcija
- Sedimentacija
- Izbistrivanje
- Filtracija
- Flotacija
- Jonska izmena
- Laguniranje
- Adsorpcija
- Incineracija ili sagorevanje
- Tornjevi za hladjenje
- Izdvajanje teških metala

Primer sanacije Palićkog jezera



1. Glavni kolektor, 2. Gruba rešetka, 3. Crpna stanica, 4. Fina rešetka, 5. Peskolov, 6. Vodomer, 7. Razdelna gradjevina, 8. Aeracioni bazen, 9. Razdelna gradjevina, 10. Naknadni taložnik, 12. Stabilizacioni bazen, 13. Crpka za višak mulja, 14. Zgušnjivač mulja, 15. Izvod vode, 16. Komandna zgrada.

Neke nove tendencije u zaštiti i ekonomiji voda.

- **Podizanje šuma u slivovima rezervisanim za akumuliranaje površinske pitke vode**
- **Recirkulacija vode kao mera unapredjenja životne sredine**

Učitelj zen-budizma pita učenika - da li si se jutros umio. Jesam. Šta si sa vodom uradio? Prolio sam je. Nisi dobro postupio, trebao si njome da opereš pod, a zatim da zaliješ cveće!
- **Korišćenja otpadnih materijala iz zagadjene vode – primer Kombinata aluminijuma u Mostaru:**

Sastav crvenog mulja-Mostar	(%)	1 t mulja sadrži (kg)	cena din/toni	vrednost u dinarima (?)
Al ₂ O ₃	10,54	105,4	1.253	132
Fe ₂ O ₃	53,76	537,6		
sirovo gvoždje	37,58		1.665	626
SiO ₂	5,56	55,6		
TiO ₂	7,13	71,3	10.100	720
ZnO ₂	0,14	1,4	18.930	26
Na ₂ O	3,06	30,6	2.580	79
Ukupno	100%	1.000	-	1.583

Crveni mulj je otpad koji se nakon proizvodnje aluminijuma iz rude boksita odlagao na deponije i odatle je delom spiran u reku Neretvu. Analize su pokazivale da se preradom mulja i korišćenjem navedenih sirovina može sprečiti zagađenje a takođe ostvariti i ekstra profit!