

PREČIŠĆAVANJE VODA

Karakteristike zagađenih (otpadnih) voda

Zagadjivači vode

Zagadjivači vode mogu biti:

- (1) **hemijski** (kisljine, alkalije, razne soli, pesticidi, deterdženti, fenoli i dr.),
- (2) **biološki** (bakterije, virusi, alge, fekalije, lignini i dr.) i
- (3) **fizički** (toplota, boja, miris, radioaktivnost, suspendovane čvrste materije, pesak, mulj i sl.).

Zagadjenje vode može biti **mineralnog, organskog ili mešovitoq porekla**. U **mineralna zagadjjenja** spadaju pesak, glina, rastvorene mineralne soli, kisljine, baze i dr. **Organska zagadjjenja** mogu biti biljnog, ljudskog ili životinjskog porekla. **Zagadjjenja u vodi se javljaju u obliku rastvora, koloida i suspenzija**. **Sadržaj pojedinih materija u zagadjenoj vodi najčešće se izražava u mg/l**.

Rastvoreni gasovi

Zagadjena voda sadrži različite gasove: kiseonik, ugljen-dioksid, azot, sumporvodoniq i dr.

Kiseonik koji se nalazi rastvoren u vodi za piće tako dospeva u kanalizaciju, a jedan deo kiseonika se dobija kontaktom vazduha i površine zagadjene vode kao i procesom fotosinteze. Zagadjena voda često sadrži i ugljendioksid koji nastaje u procesu dekompozicije organskih materija, zatim azot iz atmosfere, sumpordioksid koji nastaje dekompozicijom organskih i nekih neorganskih sumpornih jedinjenja.

Ovi gasovi, mada se nalaze u malim količinama, imaju važnu ulogu u dekompoziciji i tretiranju čvrstih materija.

Pokazatelji koncentracije organskih komponenata u otpadnim vodama

Otpadne vode obično predstavljaju složenu mešavinu organskih i neorganskih komponenata. **Elementarnu analizu komponenata i stehiometrijsku potrošnju O₂ je teško odrediti.** Zbog toga se potrošnja O₂ određuje laboratorijskim putem.

Koncentracija komponenata može biti merena jedinicama specifičnih jedinjenja, jedinicama klase jedinjenja ili jedinicama potencijala. U slučaju organskih komponenata može se meriti ukupan sadržaj organskog ugljenika koji učestvuje u ciklusima ugljenika i kiseonika i uzrokuje trošenje kiseonika. Mogu se neposredno meriti potencijalne mogućnosti organskih komponenata da apsorbuju kiseonik putem aerobne razgradnje.

Hemijski potrebna količina kiseonika (*HPK*)

Hemijski potrebna količina kiseonika (*HPK*) i ukupno potrebna količina kiseonika (*UPK*) su takodje pokazatelji koncentracije organskih komponenata (slika 7.7).

***HPK* je hemijski potrebna količina kiseonika za oksidaciju organskih komponenata i neorganskih soli, i predstavlja pokazatelj zagađenosti otpadnih voda.**

***HPK* se najčešće izražava potrošnjom O₂ u mg/l.**

Najbolji pokazatelj koncentracije organskih komponenata je teorijska vrednost *HPK*, koja odgovara količini kiseonika potrebnoj za oksidaciju organskog ugljenika. Određuje se na osnovu stehiometrijskih jednačina reakcija oksidacije. *HPK* karakteriše oksidacija komponenata samo u CO₂, H₂O i NH₃.

Laboratorijsko određivanje *HPK* vrši se bihromatnom oksidacijom u jako kiselom rastvoru. Izmerene vrednosti su obično manje od teorijskih.

Ako je poznat hemijski sastav organskih komponenata teorijska potrebna količina kiseonika može se odrediti na osnovu stehiometrijskih jednačina.

Sva organska jedinjenja koja se nalaze u komunalnim otpadnim vodama mogu se zbirno reprezentovati hemijskom formulom C₁₀H₁₉O₃N [2, 6],

Hemijski potrebna količina kiseonika (*HPK*) može se odrediti na osnovu reakcije potpune oksidacije C₁₀H₁₉O₃N:



Masa O₂ potrebna za oksidaciju 1 kg C₁₀H₁₉O₃N je:

$$m_{O_2} = \frac{n_{O_2} \cdot M_{O_2}}{n_{C_{10}H_{19}O_3N} \cdot M_{C_{10}H_{19}O_3N}} = \frac{25 \cdot 32}{2 \cdot 201} = 1,99 \quad , \frac{\text{kg } O_2}{\text{kg } C_{10}H_{19}O_3N} ,$$

gde su:

n_i ,kmol, - broj molova komponenata iz stehiometrijske jednačine,

M_i ,kg/kmol, - molarna masa komponenata.

Hemijski potrebna količina kiseonika HPK je:

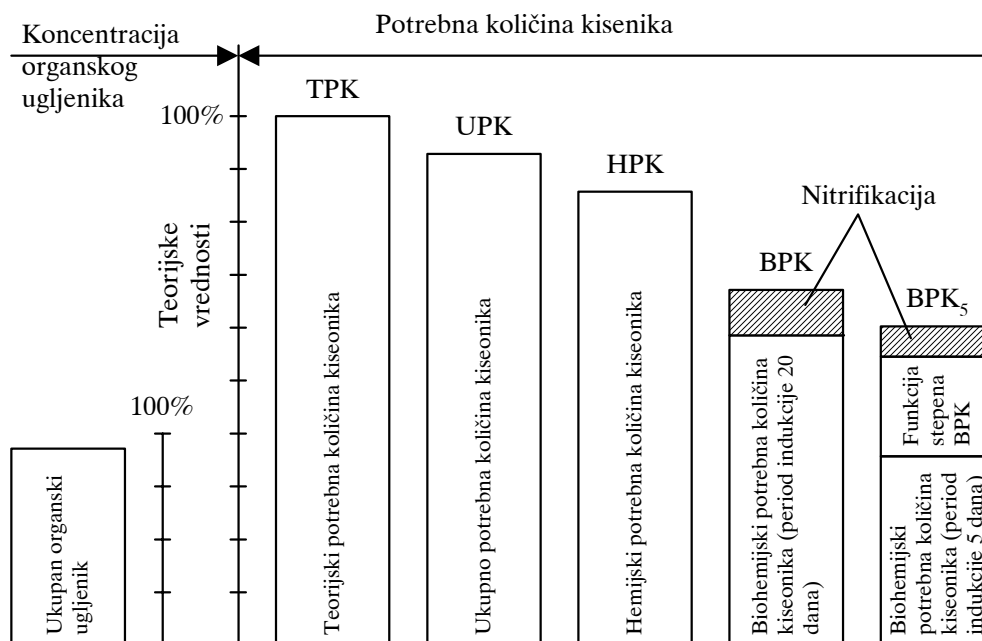
$$HPK = c \cdot m_{O_2} \quad , \frac{\text{kg } O_2}{\text{m}^3 \text{ OV}} ,$$

gde je:

c , kg $C_{10}H_{19}O_3N/m^3$ OV, - koncentracija organskog zaprljanja u vodi.

Poslednja jednačina se koristi za određivanje koncentracije organskog zaprljanja u vodi preko podatka o HPK:

$$c = \frac{HPK}{m_{O_2}} \quad , \frac{\text{kg } C_{10}H_{19}O_3N}{\text{m}^3 \text{ OV}} .$$



Slika 7.7 Prikaz metoda merenja koncentracije organskih komponenata u otpadnim vodama

Biohemijska potrošnja kiseonika (*BPK*)

BPK karakteriše biološku aktivnost otpadnih voda i predstavlja glavni pokazatelj zagadjenosti otpadnih voda.

Pojedine komponente ne oksidišu do CO_2 pri biološkoj reakciji, pa je potrebna manja masa kiseonika u odnosu na vrednost određenu stehiometrijskim proračunima veličine *HPK*. Na primer, biološka reakcija oksidacije glikoze završava se nakon potrošnje 150 g O_2 po molu glikoze, dok *HPK* vrednost iznosi 192 g O_2 po molu glikoze.

Prisutnost biološki nerazgradivih materija u otpadnoj vodi manifestuje se većom vrednošću *HPK* u odnosu na *BPK*. U biološki nerazgradive organske materije spadaju: celuloza, ugljena prašina, lignin, tanin i većina od niza sintetičkih organskih jedinjenja. Odnos *HPK/BPK*₅ karakteristika je pojedine otpadne vode, i u zavisnosti od sastava može biti različit i utvrđuje se laboratorijskim postupcima.

Stepen zagadjenosti vode organskim jedinjenjima definisan je količinom kiseonika koji je potreban za oksidaciju koju vrše aerobni mikroorganizmi. Ta količina kiseonika naziva se biohemijska potrošnja kiseonika (*BPK*). Potrebna količina kiseonika proporcionalna je prisutnoj količini organskih materija.

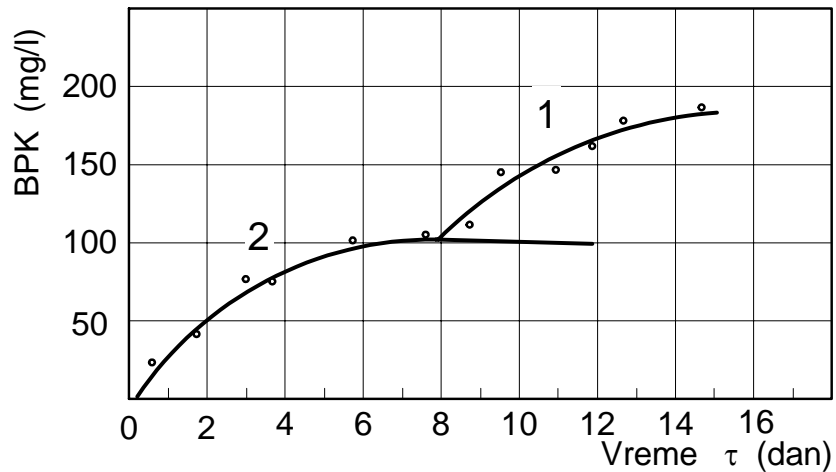
Laboratorijski postupak određivanja *BPK* sastoji se u definisanju biohemijske potrošnje O_2 za razgradnju organskih komponenata u otpadnim vodama pomoću heterotrofnih mikroorganizama, (u tami i na 20 °C) u datom vremenskom periodu. Za ispitivanja se najčešće koristi prilagodjena bakterijska osnova. Mešavina ne sme sadržati toksične komponente.

Najčešće se određuje *BPK*₅ koji pokazuje potrošnju kiseonika u prvih pet dana. Vrednost *BPK*₅ iznosi približno 70 – 80 % od *BPK*.

Pri određivanju *BPK* neophodno je znati potrošnju kiseonika za transformaciju ugljenika i azota. Obično u otpadnim vodama postoje organizmi koji troše O_2 za transformaciju NH_3 u NO_3 (reakcija nitrifikacije). Uticaj ovih organizama je neznatan prvih nekoliko dana (Slika 7.8) ako broj organizama nije veliki i ako im je rast usporen.

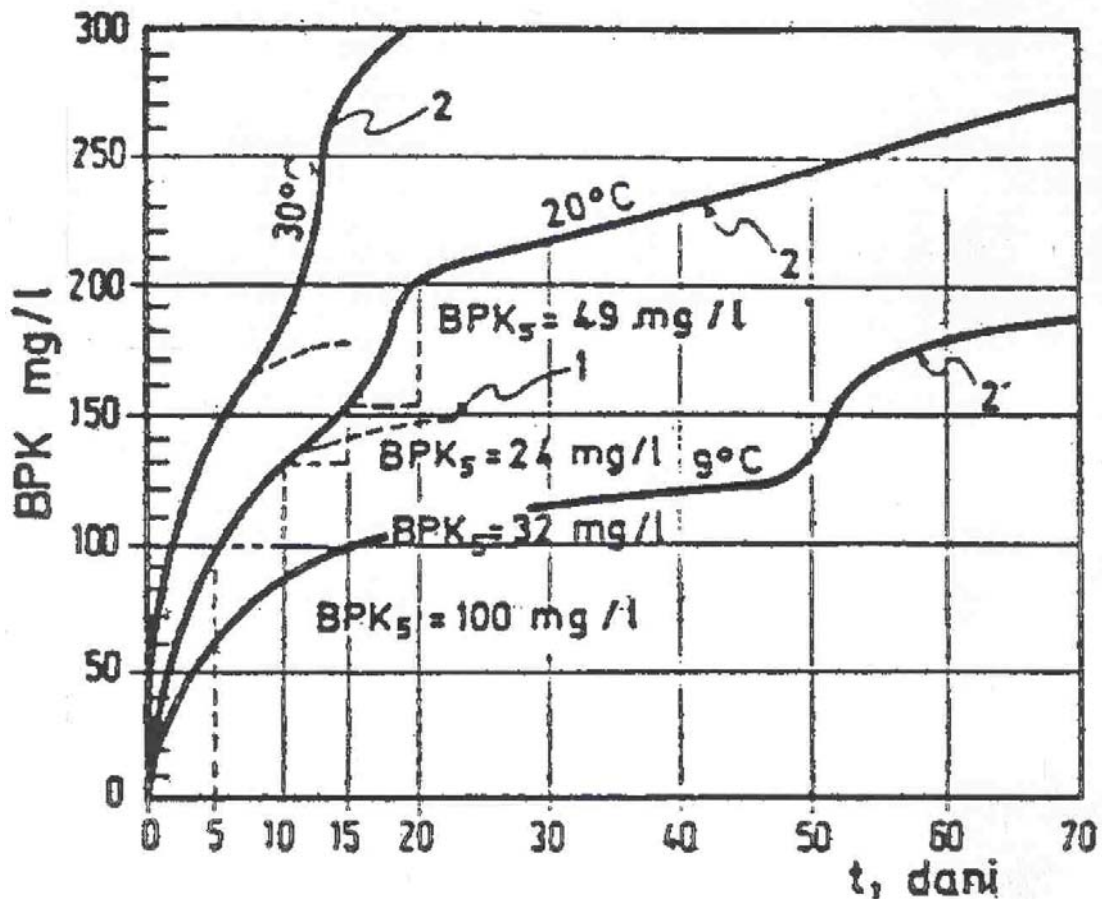
Prva faza u kojoj dolazi do oksidacije ugljenika do CO_2 i vodonika do vode traje relativno kratko vreme 7 - 10 dana.

Druga faza u kojoj azot oksidira do nitrita, a zatim do nitrata - nitrifikacija, traje znatno duže vreme.



Slika 7.8 Krive BPK za azot (1) i ugljenik (2)

Sa porastom temperature vode raste i brzina potrošnje kiseonika, odnosno biohemijska oksidacija (slika ..).



Slika .. : Biohemijska potrošnja kiseonika u zavisnosti od vremena za tri različite temperature, 1 - prva faza, 2 - druga faza.

Količina kiseonika koju mikroorganizmi troše za potpunu oksidaciju ugljenika i vodonika do ugljendioksida i vode zove se potpuna biohemijska potrošnja kiseonika (BPK_{pot}). U opštem slučaju vrednost BPK proporcionalna je količini ugljenika i vodonika u organskoj materiji, odnosno koncentraciji organske materije.

BPK je osnovni pokazatelj koji služi i kao indikator pretpostavljenog uticaja zagađenih voda na vodu prijemnika u kome dolazi do sniženja sadržaja rastvorenog kiseonika. Kao pravilo važi da se kod određivanja stepena prečišćavanja zagađenih voda na postrojenjima u efluentu postigne takva BPK vrednost koja neće smanjiti sadržaj rastvorenog kiseonika nizvodno u vodotoku (recipijentu).

BPK se izražava u mg/l , g/m^3 , $g/(st \cdot d)$, g/d .

Vrednosti BPK za otpadne vode iz različitih procesa su navedene u tabeli 7.4.

Tabela 7.4 Vrednosti BPK za neke neprečišćene otpadne vode

Otpadna voda	BPK , mg/l
Iz domaćinstva	350
Sulfitna lužina iz proizvodnje papira	20000 ÷ 45000
Iz proizvodnje piva:	
- posle izdvajanja ostatka ječma	15000
- posle izdvajanja ostatka hmelja	7430
- od pranja boca	550
Džibra iz proizvodnje alkoholnih pića	10000 ÷ 25000
Džibra iz proizvodnje etanola	10000 ÷ 25000
Iz proizvodnje kvasca	3000 ÷ 14000
Iz proizvodnje penicilina:	
- vlažan micelijum posle filtriranja	4000 ÷ 40000
- filtrat	2150 ÷ 10000
- posle ispiranja	210 ÷ 13800
Iz proizvodnje streptomicina	2450 ÷ 5900

Za gradske kanalizacione vode vrednost BPK_5 izražena po stanovniku i danu iznosi oko 60 $g/(st \cdot dan)$. Deo BPK_5 od učešća rastvorenih materija iznosi 40 $g/(st \cdot dan)$, a od učešća suspendovanih iznosi 20 $g/(st \cdot dan)$.

Za specifičnu potrošnju vode izraženu po stanovniku i danu $q_{sp} = 200 l/(st \cdot dan)$ dobija se vrednost za ukupno opterećenje gradskih kanalizacionih voda koje izraženo preko BPK_5 iznosi 300 g/m^3 .

Pokazatelji sastava zagadjenih sanitarnih voda

Sastav sanitarnih voda prikazan je u tabeli 1.1.

Tabela 1.1 Pokazatelji sastava zagadjenih sanitarnih voda (g/stanovnik/dan)

	Jedinica	Brojna vrednost
<i>BPK</i> ₅ neizbistrenih voda (influent)	g/(st·dan)	60
<i>BPK</i> ₅ izbistrenih voda (efluent)	g/(st·dan)	35
Azot amonijačnih soli	g/(st·dan)	8
Fosfati (ukupno)	g/(st·dan)	3,3
Hloridi	g/(st·dan)	9

Ekvivalentni broj stanovnika

Zagadjenje otpadnih voda neke industrije izražava se pored analize sastava i brojem ekvivalentnih stanovnika (*ES*).

Kod zajedničkog odvodjenja i prečišćavanja komunalnih i industrijskih otpadnih voda postavlja se problem raspodele troškova prečišćavanja i procene uticaja industrijskih otpadnih voda na postrojenje za prečišćavanje ili na prirodne prijemnike otpadnih voda.

Zbog toga se u praksi koristi pojam ekvivalentni broj stanovnika (*ES*). Opterećenja industrijskih otpadnih voda se izražavaju odgovarajućim ekvivalentnim brojem stanovnika čime se pojednostavljaju tehnoekonomski i tehnički proračuni.

Ekvivalentni broj stanovnika najčešće se definiše tako što se svojstva neke otpadne vode u pogledu sadržaja *BPK*₅ uporede sa uobičajenim vrednostima za komunalne otpadne vode.

Usvajajući da svaki stanovnik priključen na kanalizacionu mrežu unosi za jedan dan 60 g *BPK*₅ u otpadnu vodu, ekvivalentni broj stanovnika može se definisati:

$$ES = \frac{\sum BPK_5}{BPK_5}, \frac{\text{g/d}}{\text{g/(st} \cdot \text{d)}}$$

gde su:

$\sum BPK_5$,g/dan, - ukupno opterećenje zagadjenja neke industrijske

BPK_5 ,g/(st-dan), - opterećenje zagadjenja kanalizacionih voda po stanovniku za jedan dan; kod odvojenog sistema kanalizacije je 60 g/(st-dan), a kod mešovitog 65 - 75 g/(st-dan).
 otpadne vode, ili $(BPK_5)_d$

U tabeli 1.2 dat je prikaz svodjenja nekih industrijskih otpadnih voda na ES na bazi BPK_5 od 60 g/(st-dan).

Tabela 1.2 Neke industrijske otpadne vode svedene na broj ES na bazi BPK_5 od 60 g/(st-dan)

Industrija	Jedinica proizvodnje	ES
Mlekara sa sirenjem	na 1000 L mleka	50 ÷ 250
Klanica	za jednog vola ili 2,5 svinje	70 ÷ 200
Pivara	na 1000 L piva	300 ÷ 2000
Pekara	na 1000 t žita	1500 ÷ 2000
Fabrika celuloze	na 1 t celuloze	3000 ÷ 4000
Perionica vune	na 1 t vune	2000 ÷ 3000

Srednji dotok otpadne vode (u toku dana)

Dotok otpadne vode na postrojenje za prečišćavanje varira po količini i sastavu pa se za dimenzionisanje postrojenja primenjuju prosečne vrednosti opterećenja, a za dotok se uzima srednji dotok u toku dana (6 ÷ 18 h) pri suvom vremenu

$$\dot{Q}_{sv} = \frac{ES \cdot q_{sp}}{\tau \cdot 1000} \quad , \frac{m^3}{h} ,$$

gde su:

ES , - , - ekvivalentni broj stanovnika,
 q_{sp} ,l/(st-dan), - specifična potrošnja vode i
 τ ,h/dan, - redukovani broj sati.

U tabeli .. date su preporuke za određivanje srednjeg dotoka u toku dana prema broju ekvivalentnih stanovnika odnosno redukovanom broju sati.

Tabela .. Odredjivanje srednjeg dotoka prema broju ekvivalentnih stanovnika

\dot{Q}_{sv} (m ³ /h)	τ (h)	ES (-)
$\dot{Q}_{sv,10}$	10	do 1000
$\dot{Q}_{sv,12}$	12	1000 ÷ 5000
$\dot{Q}_{sv,14}$	14	5000 ÷ 10000
$\dot{Q}_{sv,16}$	16	10000 ÷ 20000
$\dot{Q}_{sv,18}$	18	20000 ÷ 100000

Primer

Za grad od 20000 ekvivalentnih stanovnika odrediti srednji dotok u toku dana.

$$\dot{Q}_{sv} = \dot{Q}_{sv,18} = \frac{ES \cdot q_{sp}}{\tau \cdot 1000} \quad , \frac{\text{m}^3}{\text{h}} ,$$

$$ES = 20000 ,$$

$$\tau = 18 \text{ ,h/dan} ,$$

$$q_{sp} = 200 \text{ ,l/(st·dan)} ,$$

$$\dot{Q}_{sv,18} = \frac{20000 \cdot 200}{18 \cdot 10^3} = 222 \quad , \frac{\text{m}^3}{\text{h}} , .$$

Pojave usled ispuštanja OV

Gradovi i veća naselja

Veliki problem predstavljaju stara infrastrukturna rješenja po kojima su izvedeni zajednički kanalizacioni odvodi za komunalne i atmosferske vode. Problemi se odnose na nužnu predimenzioniranost kanala, poteškoće oko zajedničke obrade (razređenost i veliki kapacitet) kao i zaprljanje komunalnih voda teškim metalima i nizom teško razgradivih jedinjenja sa javnih površina.

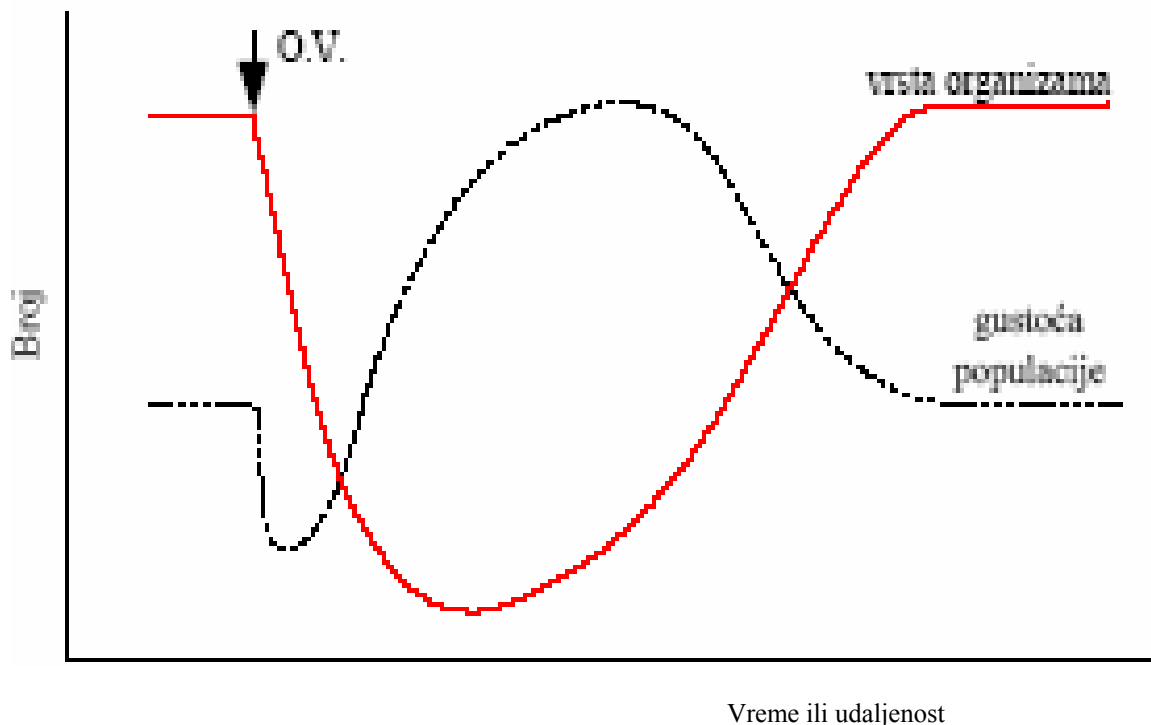
Za obradu komunalnih voda postoji niz rešenja, koja doživljavaju **kontinuirana poboljšanja**.

Zajednička obrada industrijskih i komunalnih OV u jednom uređaju moguća je samo nakon neophodne **prethodne obrade industrijskih OV**. Na temelju kvaliteta, odnosno sastava industrijskih OV definiše se potreban tehnološki proces obrade do kvaliteta za ispuštanje u gradsku kanalizaciju ili u recipijent.

Poseban problem je obrada i deponovanje mulja. Mogućnost njegovog korišćenja kao đubriva otežana je čestom prisutnošću teških metala.

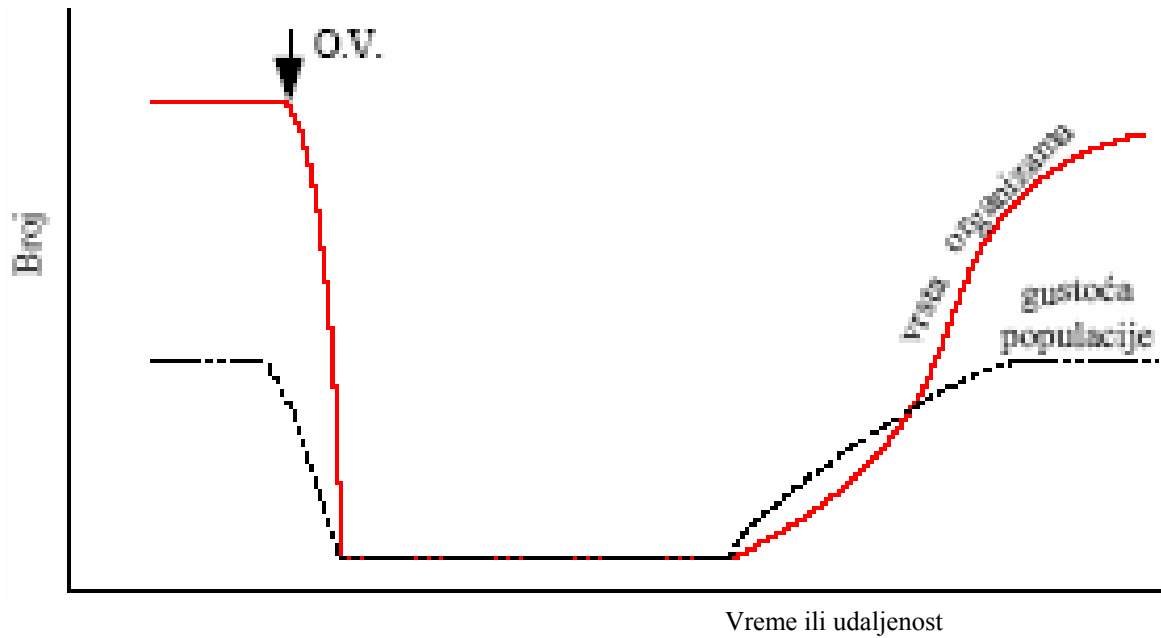
Rezultat ispuštanja OV u prirodnu sredinu (recipijente) dat je na slikama 1, 2 i 3.

Usled ispuštanja OV dolazi do pada brojnosti vrsta organizama i broja jedinki pojedinih vrsta koji su prvobitno činile ekosastav (slika 1.). Budući da su OV **netoksične**, gustina populacije nižih životnih oblika (mikroorganizmi) se nakon kratkotrajnog pada višestruko povećava. Proces obnove po pitanju vrste organizama ide postupno.



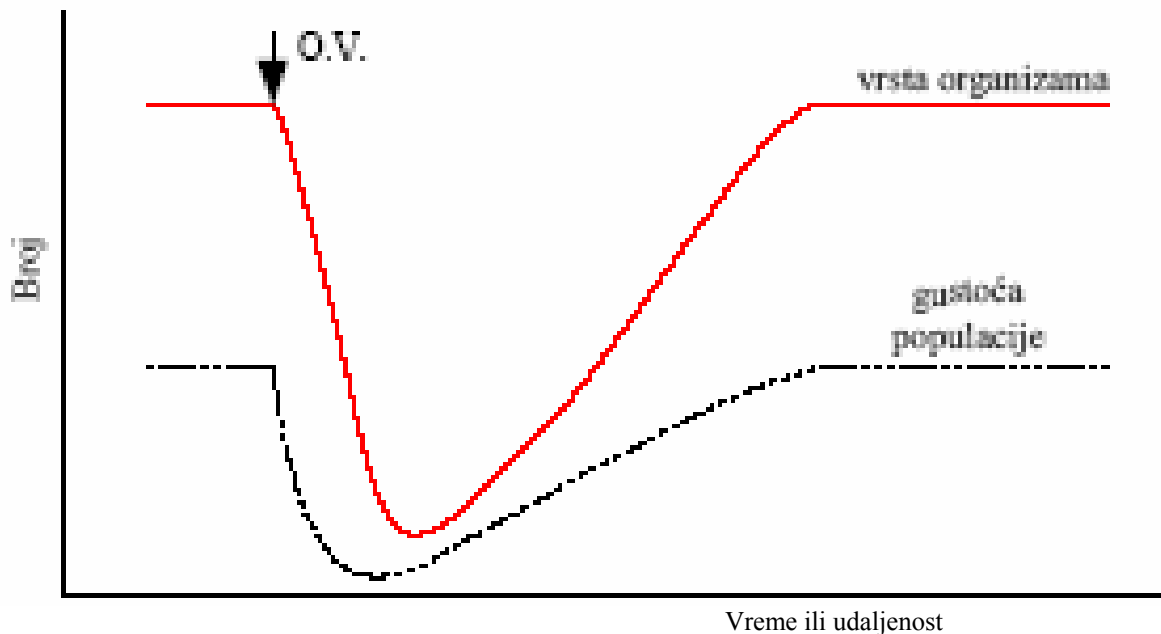
Slika 1. Ispuštanje **netoksičnih OV, bogatih organskim sastojcima**

Ispuštanjem **toksičnih** OV dolazi do vrlo brzog pada brojnosti jedinki i vrsta pojedinih organizama (slika 2.). Proces obnove ekosastava može trajati dosta dugo.

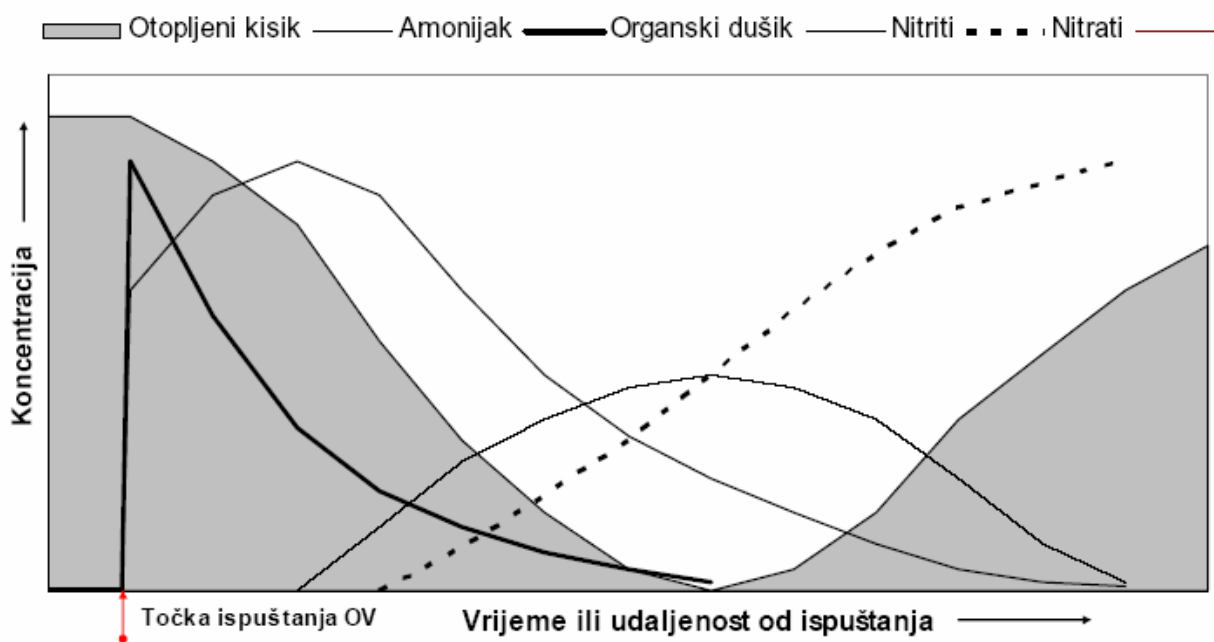


Slika 2. Ispust **toksičnih** OV

Velika količina suspendovanih sastojaka smanjuju podjednako životne uslove za više i niže životne vrste (slika 3.).



Slika 3 Ispuštanje OV **bogatih suspendovanim sastojcima**



Točka ispuštanja OV

Vreme ili udaljenost od ispuštanja

Slika 4. Promena koncentracije karakterističnih sastojaka posle unosa zagadjujućih materija

Tipičan sastav neprečišćenih komunalnih otpadnih voda

Skripta: I. Stanković, Proizvodnja čiste vode i prečišćavanje otpadnih voda, st 191.

Prečišćavanje i odlaganje komunalnih i industrijskih otpadnih voda
Municipal and Industrial Wastewater Treatment and Disposal

Tabela 1. Tipičan sastav neprečišćenih komunalnih otpadnih voda

		Koncentracija, mg/L	
		Opseg	Srednja vrednost
Ukupne čvrste materije		350 ÷ 1200	720
- rastvorene		250 ÷ 850	500
- suspendovane		100 ÷ 350	220
Biohemijska potrošnja kiseonika,	<i>BPK₅</i>	110 ÷ 400	220
Ukupan organski ugljenik,	<i>TOC</i>	80 ÷ 290	160
Hemijska potrošnja kiseonika	<i>HPK</i>	250 ÷ 1000	500
Ukupni azot		20 ÷ 85	40
Organski azot		8 ÷ 35	15
Slobodan amonijak		12 ÷ 50	25
Nitriti		0	0
Nitrati		0	0
Ukupni organski fosfor		1 ÷ 5	3
Ukupni neorganski fosfor		3 ÷ 10	5
Hloridi		30 ÷ 100	50
Alkalitet	CaCO_3	50 ÷ 200	100
Ulja i masti		50 ÷ 150	100

Klasifikacija voda

Tabela 2. Neki pokazatelji kvaliteta u odnosu na klasu

Pokazatelj	Klasa I	II	III	IV
Rastvoreni O ₂ (mg/l)	8	6	4	3
<i>BPK₅</i>	2	4	7	20
<i>HPK</i>	10	12	20	40
Suspendovane materije	10	30	80	100
<i>pH</i> vrednost	6,8-8,5	6,8-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0
Najverovatniji broj koliformnih klica u 1 L vode	200	100000	200000	-

Tabela 3. Važeći standardi za ispuštanje otpadnih voda u gradsku kanalizaciju i vodotoke I i II klase

Parametar	Jedinica	MDK - kanalizacija	MDK - Vodotok I i II klase
<i>pH</i>	-	6 ÷ 9	6,8 ÷ 8,5
<i>BPK₅</i>	mg/L	300	max. povećanje za 2 mg/L
<i>SM</i>	mg/L	500	max. povećanje za 0,25 mg/L
<i>HPK</i>	mg/L	450	10/12
Rastvoreni kiseonik	mg/L	-	Smanjenje do 5 mg/L
Hloridi, Cl ⁻	mg/L	500	-
Sulfati, SO ₄ ²⁻	mg/L	350	
Sulfidi, S ²⁻	mg/L	1	-
Nitrati, N	mg/L	50	10
Nitriti, N	mg/L	30	0,005
Cijanidi, CN	mg/L	0,5 (pH > 8)	0
	mg/L	0 (pH < 8)	
Ni	mg/L	3	
Zn	mg/L	3	0,2
Cr ⁶⁻ (Cr ³⁻)	mg/L	0,1 (2)	0,1 (0)
Cd	mg/L	2	0,005
Cu	mg/L	2	0,1
Pb	mg/L	2	0,05
Hg	mg/L	0,01	0,001
Fe	mg/L	5	0,03
Ag	mg/L		0,01
Fenoli	mg/L	40	0,001
Deterdženti	mg/L	10	
Masti i ulja	mg/L	40	
Pesticidi	mg/L	0,2	

Sadržaj

Sistemi obrade otpadnih voda

Objekti i uređaji za mehaničko prečišćavanje otpadnih voda

Primarno taloženje

Koagulacija i flokulacija

PROCESI I OPREMA ZA BIOLOŠKO PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Proces sa aktivnim muljem

Sistemi obrade otpadnih voda

Nema jedinstvenog sistema obrade otpadnih voda (OV) jer svaka OV ima posebne karakteristike, što se posebno odnosi na industrijske OV.

Koriste se sledeći osnovni postupci:

- mehanička prethodna obrada,
- fizičko-hemijska obrada i
- biološka obrada.

NL-8, st. 83,

Objekti i uređaji za mehaničko prečišćavanje otpadnih voda

Mehaničkim (ili fizičkim) prečišćavanjem uklanjaju se:

grube primese, inertan materijal i jedan deo biološki razgradljivih sastojaka iz otpadne vode.

Mehaničko prečišćavanje se vrši pomoću:

rešetki, sita, taložnika za pesak, hvatača masti, primarnih (prethodnih) taložnika i bazena za izjednačavanje protoka i sastava otpadne vode (kada se ovi bitno menjaju u toku dana).

U sklopu ovog dela postrojenja koriste se i uređaji za aeraciju otpadne vode, kojom se postiže bolje izdvajanje inertnih čestica, flotacija masti i ulja, unos određene količine kiseonika u vodu, kao i desorpcija nekih gasova iz vode.

Mehaničko prečišćavanje se primenjuje za:

- prethodno prečišćavanje otpadnih voda na postrojenju za prečišćavanje,
- delimično prečišćavanje kišnice (pre isuštanja u recipijent), i
- prethodno prečišćavanje nekih industrijskih otpadnih voda pre ispuštanja u gradsku kanalizaciju (ponekad u kombinaciji sa hemijskim, fizičko-hemijskim ili biološkim postupcima).

Rešetke

Pomoću rešetki se uklanjaju krupnije, nerastvorene i plivajuće materije iz otpadnih voda.

Njihova funkcija je da štite uređaje i cevovode od oštećenja i zagušenja i da olakšaju dalji tretman otpadne vode.

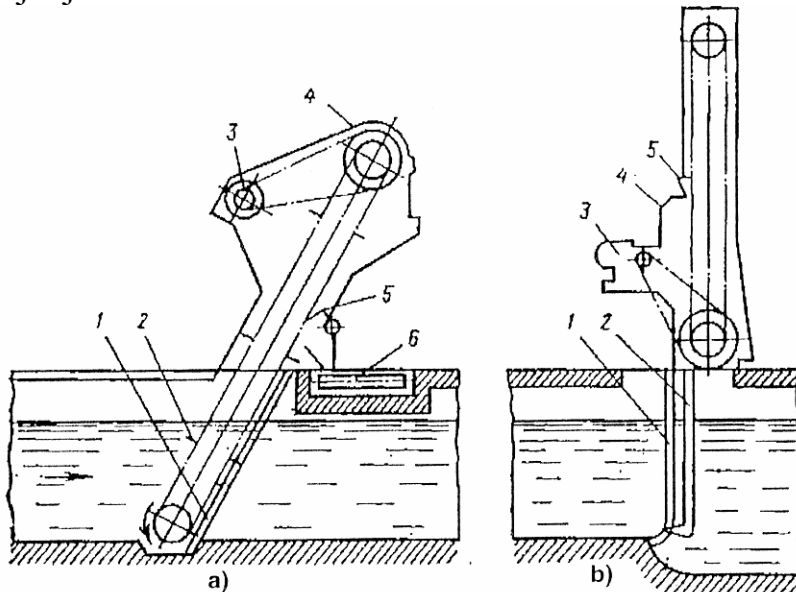
Rešetke pregrađuju dovodni kanal i postavljaju se vertikalno ili pod nagibom, najčešće od 40-70°. Izrađuju se od čeličnih šipki, pravougaonog ili kružnog poprečnog preseka koje se postavljaju u kanal na jednakom međusobnom razmaku sa veličinom otvora od 3 do 100 mm.

U odnosu na veličinu otvora rešetke se dele na:

- grube rešetke, sa širinom otvora od 50 do 100 mm,
- srednje fine rešetke, sa širinom otvora od 10 do 25 mm, i
- fine rešetke, sa širinom otvora od 3 do 10 mm.

U odnosu na konstrukciona rešenja rešetke mogu biti:

- kose i vertikalne (slika ...),
- pokretne i nepokretne,
- sa ručnim ili mehaničkim (automatskim) čišćenjem,
- sa drobljenjem nanosa i dr.



Slika ... Šema: a) kosa i b) vertikalna rešetka

1 - rešetka; 2 - lanac; 3, 4 - pogonski mehanizam; 5 - grabulje; 6 - transportna traka [2]

Peskolovi

Odvajanje šljunka, peska i mineralnih čestica iz vode.

U zavisnosti od vrste efikasno uklanjaju čestice srednjeg prečnika $> 200 \mu\text{m}$.

Princip rada: slobodno taloženje, sedimentacija.

Bazeni dubine oko 1m, opterećenje $15-30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$

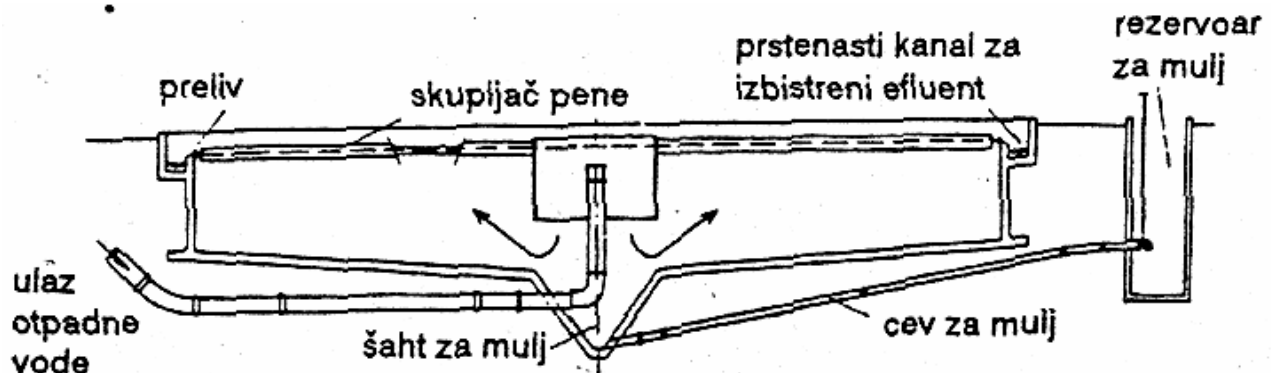
Hvatači masti i ulja

Služe za uklanjanje ulja i masti, uljni separatori

Ulja i masti imaju gustinu manju od vode

2.5 Primarno taloženje

Primarnom sedimentacijom se omogućava taloženje **diskretnih** organskih i neorganskih suspendovanih čestica koje se iz sistema izdvajaju u obliku mulja. **Efluent primarnih taložnika (slika 2.4.) karakteriše smanjena koncentracija suspendovanih materija oko 50-70%, BPK opterećenja oko 25-40%** i nepromenjena ili neznatno povećana koncentracija amonijačnog azota čime se olakšava dalje prečišćavanje i smanjuje opterećenje uređaja. Konstrukcija primarnih taložnika treba da stvori uslove za usporeno i ravnomerno kretanje vode, kao i dovoljno dugo zadržavanje otpadne vode da obezbedi gravitaciono taloženje suspendovanih čestica. Performanse primarnih taložnika baziraju se na veličini taložne površine ili vremenu zadržavanja otpadne vode.



Slika 2.4. Kružni taložnik sa centralnim uvođenjem i radijalnim tokom vode
/3/

Za komunalne otpadne vode najčešće se primenjuje kružni tip taložnika sa mehaničkim skreperom za kontinualno uklanjanje mulja i površinskim zgrtačem plivajućih materija (masnoća) i pene. Otpadna voda se uvodi kroz centralnu, ulaznu zonu koja obezbeđuje ravnomernu raspodelu i radijalan tok fluida. Prelivni kanali locirani su po obodu taložnika i omogućuju ujednačeno uklanjanje izbistrene vode iz bazena. Pena koja se formira na površini vode mehanički se sakuplja i posebnim kanalom odvodi u šaht. Istaloženi mulj se grebačima povlači sa dna u centralnu komoru odakle se pumpama prebacuje u prihvatni šaht i odvozi na liniju tretmana mulja (zgušnjivač mulja).

Stabilnost i taloživost primarnog mulja povećava se uvođenjem mulja iz sekundarnih taložnika i njihovom flokulacijom i istovremenim taloženjem.

Na efikasnost taloženja utiču poremećaji koji mogu nastati u ulaznoj i izlaznoj zoni taložnika usled neuniformnog toka otpadne vode, zatim kao posledica kretanja uređaja za uklanjanje taloga sa dna i nečistoća sa površine i resuspendovanja istaloženih čestica, kretanja vode usled razlike u temperaturi ili delovanja vetra. Ključni elementi za uspešno funkcionisanje taložnika su povremena evakuacija istaloženog mulja, konfiguracija muljnih pumpi, priroda i gustina mulja.

Zapremina istaloženog mulja zavisi od niza faktora kao što su karakteristike otpadne vode, trajanja taloženja, stepena prečišćavanja, karakteristika suspendovanih čestica, dubine taložnika, primenjenog načina uklanjanja mulja i vremena zadržavanja mulja u taložniku. Kriterijumi koji se koriste za dimenzionisanje su hidrauličko opterećenje, dubina taložnika po obodu, vreme zadržavanja otpadne vode i prelivna brzina otpadne vode.

Za hidrauličko opterećenje se uzima srednja dnevna količina otpadne vode kojom se opterećuje površina taložnika.

Vrednosti koje se primenjuju za površinsko opterećenje u projektovanju kreću se od $16-48 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$, najčešće $30 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$. Opterećenja pri maksimalnim protocima mogu biti i do $70 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dan}^{-1}$.

Prelivne brzine moraju biti tako podešene da obezbede zadovoljavajuće performanse i pri maksimalnom protoku. Vrednosti za opterećenje preliva koje se primenjuju variraju od $124 - 496 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{dan}^{-1}$ (obično $248 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{dan}^{-1}$).

Dubina po obodu taložnika je između $2-4,5 \text{ m}$, sa nagibom dna 10% (kreće se od $7-15\%$).

Prečnik kružnih taložnika je između $10-40 \text{ m}$ ali može biti i do 60 m sa vremenom zadržavanja pri srednjem protoku od $1,5-2,5 \text{ h}$.

Brzine kretanja vode se kreću od $0,45-0,75 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Kružni taložnici veći od $10,5 \text{ m}$ u prečniku imaju centralni most sa mehanizmom za sakupljanje mulja sa dna, koji može imati dve ili četiri "ruke" sa grebačima. Brzine kretanja skrepera za mulj je obično $0,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Količina izdvojenog mulja koja se najčešće primenjuje iznosi $70-74 \text{ g SM/ES}$ i to u vidu $2,4\%$ suspenzije.

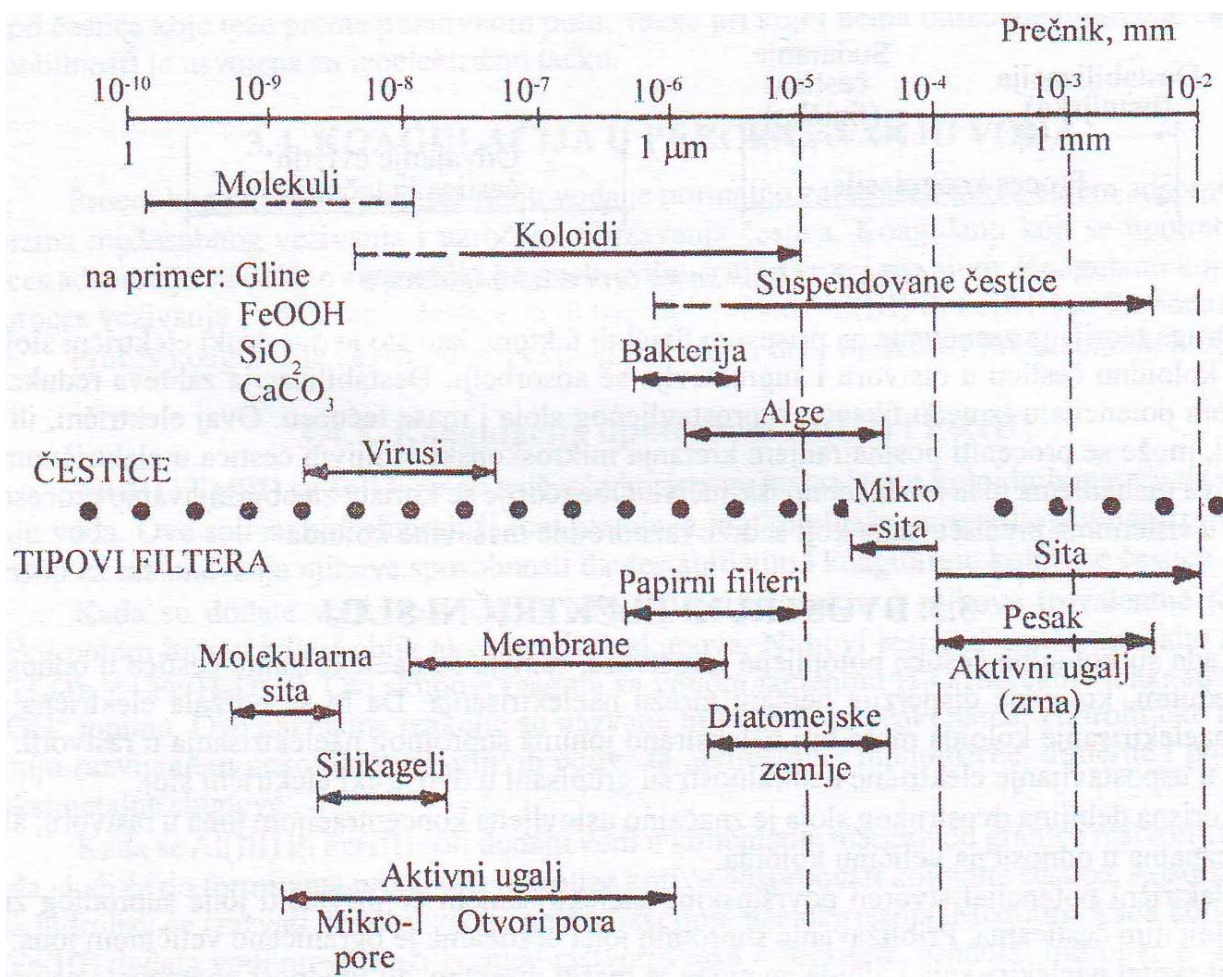
3. KOAGULACIJA I FLOKULACIJA

Nečistoće u vodi često izazivaju pojavu mutnoće i obojenosti. Ove nečistoće sadrže suspendovane i koloidne materije, kao i rastvorljive supstance. Skala veličine takvih čestica je prikazana na sl. 3.1.

Gustina mnogih od ovih čestica je samo neznatno veća od gustine vode, tako da je sakupljanje i spajanje čestica u veće flokule neophodan korak za njihovo odstranjivanje taloženjem.

Proces koji vezuje čestice u krupnije flokule nazvan je KOAGULACIJA.

Nečistoće koje se mogu ukloniti koagulacijom podrazumevaju mutnoću, bakterije, alge, boju, organska jedinjenja, oksidisano gvožđe i mangan, kalcijum karbonat i čestice gline.

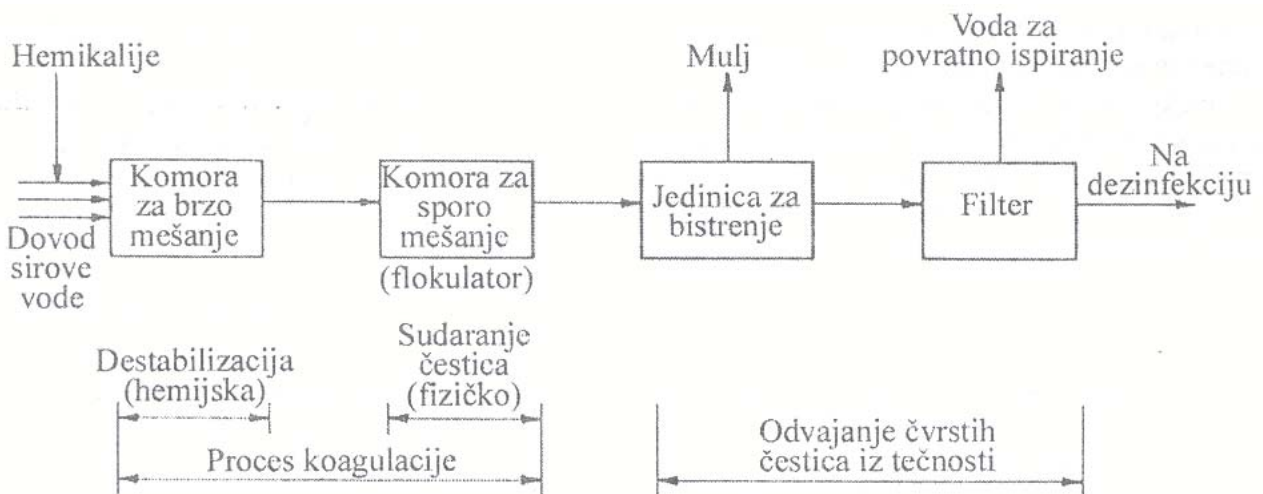


Slika 3.1 Spektar veličina čestica koje se nalaze u vodi i veličina filtarskih pora

3.2. KOAGULACIJA

Udruživanje koloidnih čestica se odigrava u dve odvojene i očigledne faze. Prva u kojoj napon odbijanja između čestica mora biti savladan, u meri koja je potrebna da one postanu destabilizovane, i druga u kojoj se mora ostvariti kontakt između tako destabilizovanih čestica kako bi došlo do njihovog udruživanja (aglomeracije).

Destabilizacija se postiže dodavanjem hemikalija, uz brzo mešanje u odgovarajućim komorama. Agregacija (sakupljanje) čestica se izvodi sporim mešanjem u flokulacionim komorama. Blok šema tipičnog koagulacionog procesa prikazana je na slici 3.2.



Slika 3.2 Blok šema procesa koagulacije

Koagulacija se odvija korišćenjem koagulanata (sintetičkih organskih polimera ili aktivnog silicijuma) za proces adsorpcije i koagulanata (metalhidroksida Al(III) ili Fe(III) ili karbonata) za proces vezivanja i ubrzavanja čestica.

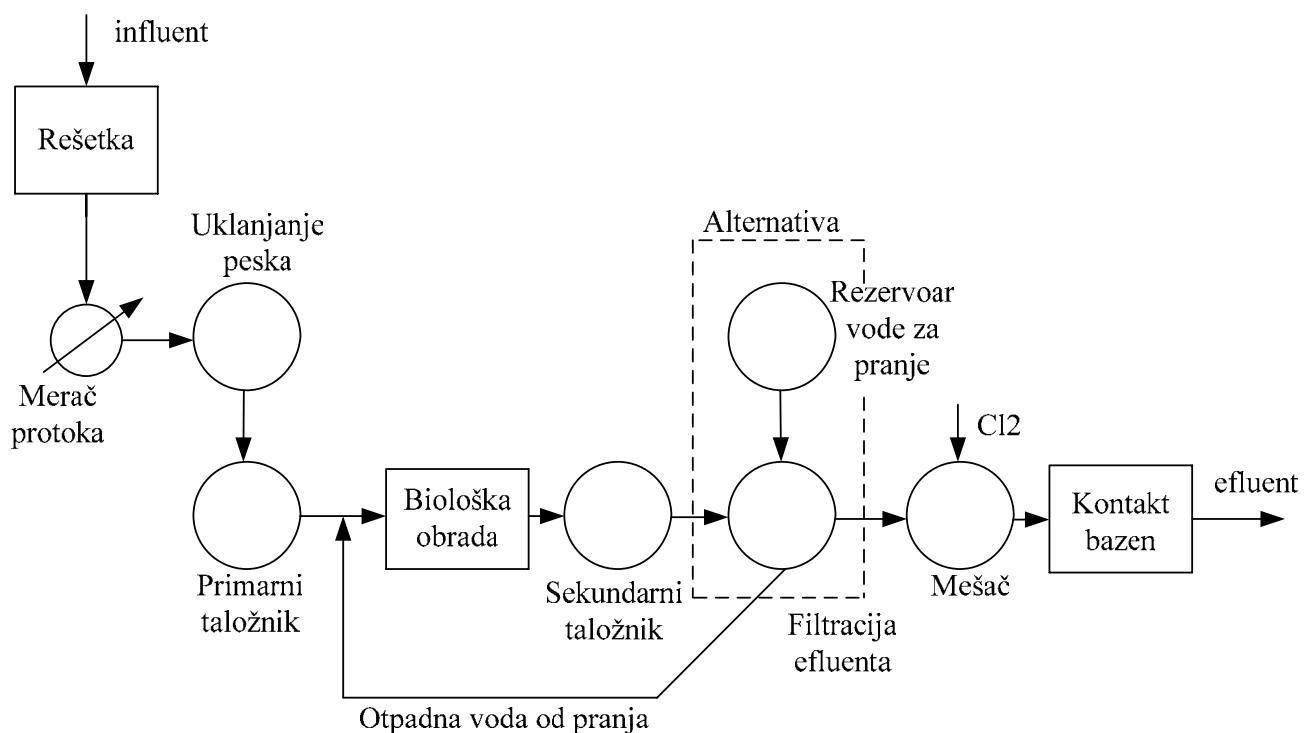
Al(III) i Fe(III) su soli koje se najčešće koriste za koagulaciju koloidnih materija u prečišćavanju voda.

PROCESI I OPREMA ZA BIOLOŠKO PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

(Ljubisavljević), (Gaćeša)

Biološko prečišćavanje otpadnih voda obuhvata uklanjanje rastvorenih organskih materija i netaloživih koloidnih čestica.

U sistemu prečišćavanja otpadnih voda biološka obrada odvija se kao **sekundarno prečišćavanje**, a **posle mehaničkog**, odnosno **primarnog** prečišćavanja (slika 10.9). Biološko prečišćavanje može se pojaviti i kao nezavistan postupak.



Slika 10.9. Tipična tehnološka šema biološke obrade gradskih otpadnih voda

U toku biološke obrade **nastaje stabilizovani mulj** koji se iz vode **odstranjuje u sekundarnom taložniku**.

Biološko prečišćavanje otpadnih voda u odnosu na druge industrijske biotehnološke postupke razlikuje se u sledećem:

1. Mikroorganizmi (mikroflora) potiču iz prirodne sredine; njen rast i razvoj se ne odvijaju u optimalnim fiziološkim uslovima.
2. Koncentracija supstrata je obično preniska.
3. Cilj procesa je razgradnja organskih materija, a ne stvaranje biomase ili produkata metabolizma.

Biološko prečišćavanje se primenjuje za:

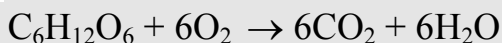
- uklanjanje organskih materija;
- uklanjanje azota (kao biogenog elementa) pomoću postupaka nitrifikacije i denitrifikacije;
- razgradnja primarnog mulja iz procesa primarne obrade otpadnih voda;
- razgradnja sekundarnog mulja iz procesa biološke obrade otpadnih voda pomoću postupka stabilizacije muljeva ili digestije.

Biološki procesi prečišćavanja voda mogu se odvijati kao aerobni i anaerobni, uz pomoć aerobnih ili anaerobnih mikroorganizama.

Razlika je u putevima biološke oksidacije organskih materija.

Primer oksidacije glukoze za ova dva procesa je:

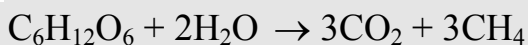
1. Aerobni



sa nastajanjem velike količine slobodne energije $\Delta G_0 = -2880 \text{ kJ/mol}$,

i sa brzim i intenzivnim rastom biomase mikroorganizama, tj. brzim prečišćavanjem.

2. Anaerobni



sa nastajanjem male količine slobodne energije $\Delta G = -405 \text{ kJ/mol}$

i sa sporim rastom mikroorganizama, tj. sporim prečišćavanjem.

Aerobni procesi se koriste za obradu voda sa malom i srednjom koncentracijom organskih materija, a anaerobni za vode sa velikim organskim opterećenjem.

Aerobni procesi su daleko više zastupljeni kod obrade otpadnih voda.

Aerobni postupci se mogu odvijati na dva načina:

- sa suspendovanom mikroflorom (sa aktivnim muljem), i
- sa imobilisanom mikroflorom na inertnom nosaču (biološka filtracija).

Aerobni postupci sa suspendovanom mikroflorom dele se na:

- postupke sa aktivnim muljem u bioaeracionim bazenima,
- postupke u aerisanim lagunama (biološkim lagunama), i
- postupke u aerobnim (plitkim) jezerima (biološkim veštačkim jezerima).

Postupci sa suspendovanom mikroflorom za obradu velikih količina slabo i srednje opterećenih otpadnih voda (npr. komunalnih voda), odnosno postupci sa aktivnim muljem koji se odvijaju u bioaeracionim bazenima su najviše u primeni.

Kod aerobnog biološkog prečišćavanja potrebno je obezbediti dovoljnu količinu kiseonika (ostvariti veliku površinu kontakta voda-vazduh).

Lagune i plitki bazeni imaju veliku površinu, čime je obezbeđeno unošenje kiseonika. U bazenima sa aktivnim muljem unošenje kiseonika vrši se uduvavanjem vazduha ili mešanjem pomoću mehaničkih aeratora, čime se povećava površina kontakta. Kod biofilitara je velika površina kontakta obezbeđena filtarskom ispunom preko koje se otpadna voda sliva, a dovod kiseonika se ostvaruje promajom ili uduvavanjem vazduha.

Prema konstrukciji biofiltri mogu biti:

- sa ispunom od grubog zrnastog materijala (kamena, uglja, šljake, plastičnih elemenata) koji se nazivaju kapajućim ili prokapnim filteri, i
- sa površinama u obliku diskova koji rotiraju (biodiskovi, rotacioni biološki kontaktori - RBK).

Proces biofiltracije je stariji postupak od procesa sa aktivnim muljem čijim uvođenjem u primenu su bili potisnuti. Uvođenjem plastičnih inertnih ispuna (nosača) obnavlja se i raste primena biofilitara.

PROCES SA AKTIVNIM MULJEM

Proces sa aktivnim muljem danas predstavlja najrasprostranjeniji biološki postupak za prečišćavanje otpadnih voda. Prvi put je primenjen u Hjustonu (SAD) 1916. godine i to za prečišćavanje sanitarnih otpadnih voda. Zatim je počela njegoa primena u Engleskoj, a potom i u drugim evropskim zemljama.

Prvi sistemi aerobne obrade voda bili su takozvana biološka veštačka jezera, ili biološke lagune. Slični sistemi se danas dosta koriste u oblastima sa umerenom klimom, pod uslovom da zemljište nije suviše skupo.

U početku su se koristila postrojenja sa klipnim strujanjem vode u aeracionom bazenu. Medjutim, ova postrojenja su bila osetljiva na varijacije u opterećenjima, a posebno na toksične materije tako da ovaj sistem nije bio pogodan za tretman industrijskih otpadnih voda.

U poslednjih tridesetak godina proces prečišćavanja sa aktivnim muljem je doživeo mnoge modifikacije i poboljšanja koja se uglavnom razlikuju u tehnološkim a često samo u mehaničkim rešenjima.

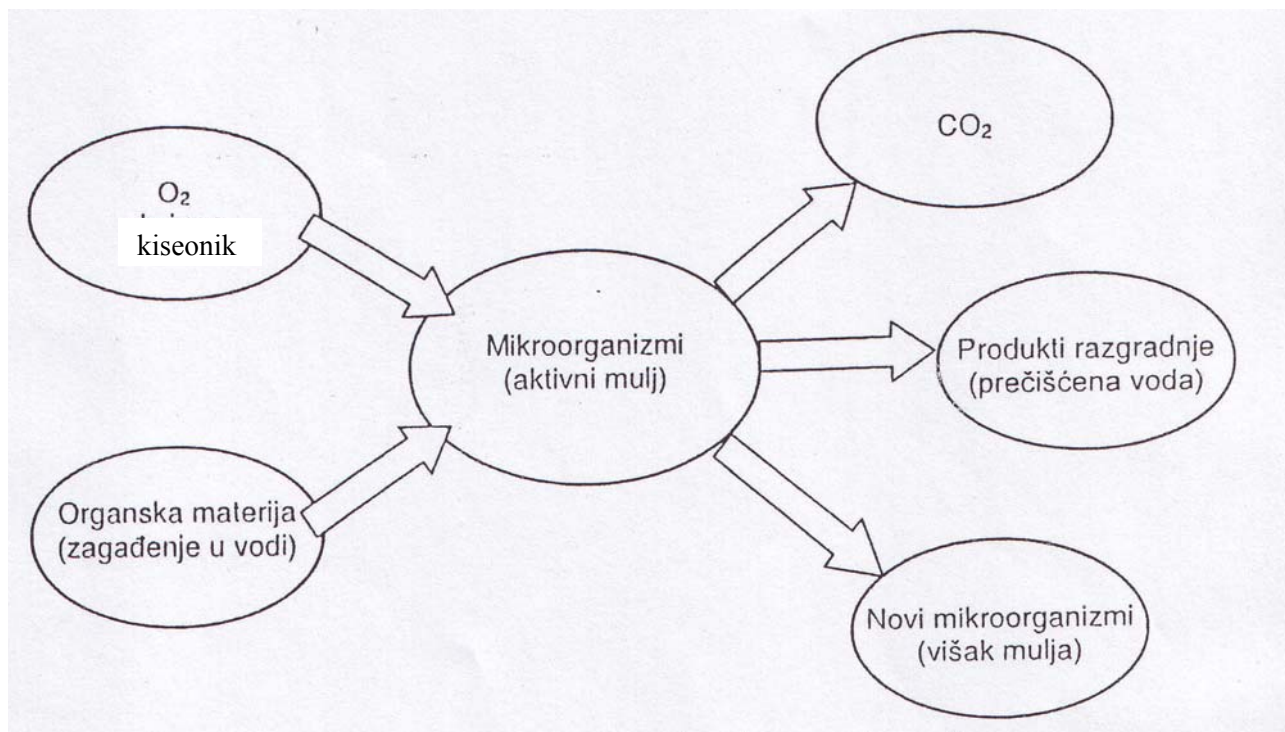
Proces sa aktivnim muljem spada u aerobne procese biološkog prečišćavanja otpadnih voda jer se odvija pomoću aerobne mikrobiološke populacije. Savremeni postupci sa aktivnim muljem se mogu primeniti i za uklanjanje azotnih materija iz otpadne vode.

U sistemu sa aktivnim muljem mikroorganizmi se nalaze u lebdećem stanju, tj. ne obrazuju sloj na zidovima radnih površina (kao što je slučaj pri primeni filtara).

Mikroorganizmi uglavnom bakterije, protozoe i metozoe nalaze se na želatinoznim pahuljicama mulja u bazenu za aeraciju, gde se uz pomoć kiseonika u procesu metabolizma mikroorganizama obezbedjuje razgradnja supstrata (organskog zagadjenja).

U osnovi mikroorganizmi oksidiraju rastvorene i suspendovane organske materije u ugljendioksid i vodu u prisustvu kiseonika.

Deo organskih materija se sintetiše u nove ćelije ili se koristi za rast postojećih ćelija, a ostatak se sastoji od otpada i viška mulja (sl.10.3).



Slika 10.3 Princip **biološkog postupka sa primenom aktivnog mulja** za obradu otpadnih voda

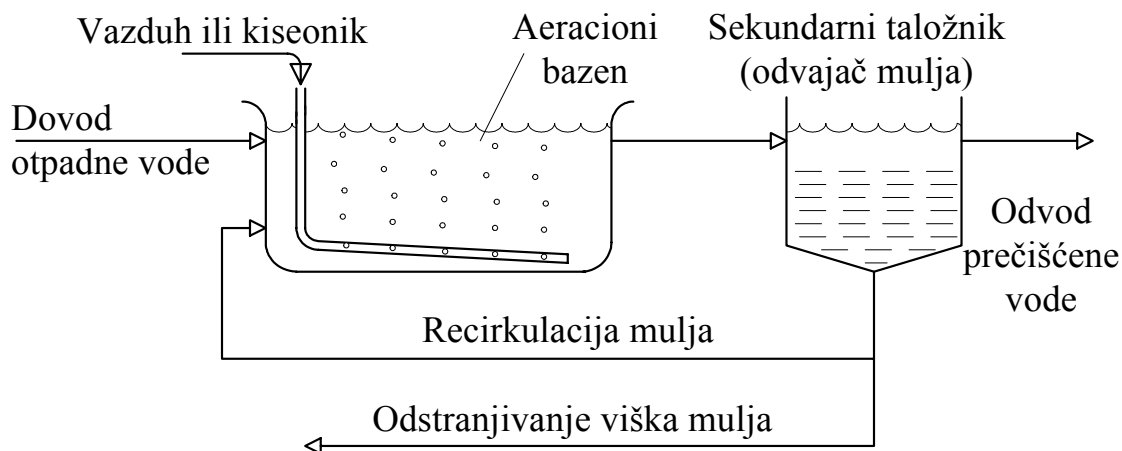
Tehnološki proces uključuje primarni tretman otpadne vode.

Otpadne vode se aerišu u bioaeracionom bazenu stvarajući uslove pogodne za intenzivni proces biorazgradnje (redukcija sadržaja organskih materija oko 95%).

Nakon aeracije, sledi taloženje gde se odvaja biomasa – mikrobiološki mulj od efluenta), kako je prikazano na slici 7.2. Deo mulja se vodi natrag u proces (aktivni mulj) gde služi kao aktivator biološkog procesa. Ostatak mulja se odvodi u uređaj za obradu mulja odnosno odlaže na odgovarajući način. Bistra prečišćena voda (efluent) se ispušta u prijemnik (recipijent), ili po potrebi vodi na dodatnu obradu (dezinfekciju, filtriranje i sl.).

Postupak se zasniva na velikoj mikrobiološkoj gustoći uz intenzivno mešanje u suspenziji s otpadnom vodom pri aerobnim uslovima.

Organske materije mogu biti transformisane oksidacijom u krajnje produkte oksidacije kao CO₂, NO₃, SO₄ i PO₄ ili biosintezom u biomasu.



Slika 7.2 Šema postupka sa aktivnim muljem

Važni segmenti ovog postupka su:

- a. Reaktor za aeraciju (bioaeracioni bazen),
- b. Uređaji za aeraciju i mešanje,
- c. Taložnik,
- d. Aktivni mulj,
- e. Povratni mulj.

Osnovna reakcija pri biohemijskom prečišćavanju, koja se ostvaruje pri aktivnosti populacije bakterija, gljivica i drugih mikroorganizama, jeste:



U prečišćavanju otpadnih voda obično učestvuju prosti organizmi kao Vorticella, Operculari, Epistylis i dr. U tabeli 7.1 prikazane su karakteristike postupaka prerade otpadnih voda.

Tabela 7.1. Efikasnost postupaka obrade otpadnih voda

Metod obrade	Stepen izdvajanja , %			Zapreminski udeo aktivnog mulja, %
	Lebdeće čvrste čestice	BPK ₅	Bakterije	
Primarna obrada				
Taloženje	40-95	30-65	40-75	0,1-0,5

Hemijsko taloženje	75-95	60-80	80-90	0,5-1,0
Tok prečišćenih voda	35-80	25-65	40-75	0,025-0,05
Sekundarna obrada				
Kapljičasta filtracija	20-80	60-90	70-85	0,1-0,5
Obrada aktivnim muljem	70-97	70-96	95-99	1-3

Studija: Primena kiseonika u biološkom prečišćavanju otpadnih voda, Baras, TMF, 1987.

Mehanizam uklanjanja organskog zagađenja

U procesu sa aktivnim muljem mehanizam uklanjanja organskog zagađenja sastoji se u sledećem:

- jedinjenja prostije strukture lako prolaze kroz strukturu pahuljice i ćelijske membrane,
- složena jedinjenja (skrob, belančevine, celuloza, hemiceluloza, lipidi i dr.) prvo se procesom **biosorpcije** vezuju za pahuljicu, a zatim se delovanjem ekstracelularnih (vanćelijskih) enzima razlažu do jednostavnijih jedinjenja (monomera) koja se transportuju u unutrašnjost ćelije i mineralizuju.

Prema tome, složena jedinjenja se iz otpadne vode uklanjaju dejstvom dva mehanizma: **biosorpcijom** koja je veoma brza i **biodegradacijom** koja je **znatno sporija**.

Koncentracija kiseonika mora biti uskladjena sa dimenzijama pahuljica aktivnog mulja. Tako na primer za koncentraciju kiseonika izmedju 1,5 i 2,5 mg/l prečnik pahuljica mulja ne sme biti veći od 400 do 500 μm da bi snabdevanje kiseonikom u unutrašnjosti pahuljice bilo dovoljno.

Karakteristike aktivnog mulja

Osnovne karakteristike aktivnog mulja su **fizička struktura i hemijski sastav**.

Po fizičkoj strukturi aktivni mulj je sličan pahuljicama feri-hidroksida i aluminijum-hidroksida, koje se sastoje od velikog broja i više slojeva bakterija. Struktura pahuljica je **spužvasta**, pa im je površina velika, tj. za 1 g suve materije iznosi 100 m^2 . Mulj sadrži oko 80% vode. Aktivni mulj se sastoji od mikroorganizama i različitih organskih i neorganskih materija.

Biomasa - mikroorganizmi **aktivnog mulja** imaju ujednačen sastav za koji su utvrđene **bruto formule**:

$C_5 H_7 NO_2$ (prema **Hooveru i Porgesu**) i

$C_7 H_{11} NO_3$ (prema **Halmersu** i dr.).

Suva materija aktivnog mulja sastoji se od kompleksa mineralnih (10 do 30%) i organskih komponenata (70 do 90%). Organske materije sadrže najviše belančevina (70%), lipida, ugljenih hidrata i dr. Mineralni deo se uglavnom sastoji od kalcijuma i fosfora.

U procesu prečišćavanja pomoću **aktivnog mulja**, manje ili više intenzivno deluju različiti faktori i to: temperatura, vrednost pH, koncentracija kiseonika, intenzitet mešanja aktivnog mulja i stvaranje pahuljica.

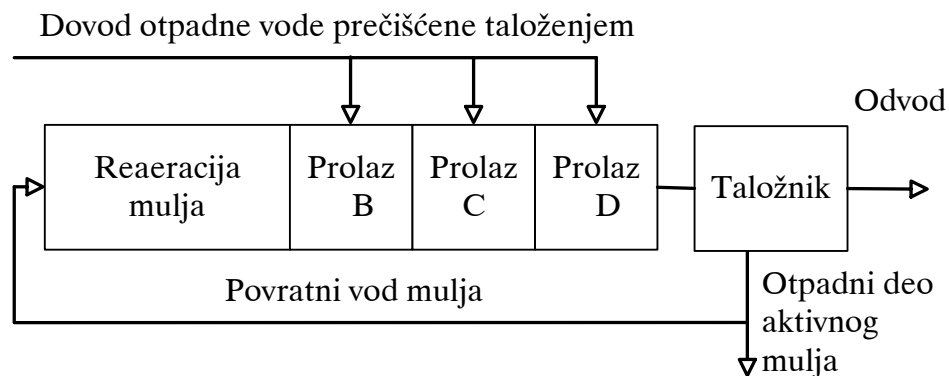
Vrste procesa sa aktivnim muljem

Vrste procesa aktivnog mulja mogu biti:

1. prema **načinu uvođenja** otpadne vode:
 - sa klipnim strujanjem ili **podužnim tokom**,
 - sa potpunim mešanjem,
2. prema **opterećenju aktivnog mulja**:
 - viskoopterećeni,
 - konvencionalni,
 - **niskoopterećeni** (produžena aeracija),
3. prema načinu **vođenja toka** otpadne vode i mulja:
 - aeracija i recirkulacija,
 - kontaktna stabilizacija,
 - stepenasta aeracija i recirkulacija,
4. prema **mногоstrukosti prečišćavanja**:
 - jednostepeni,
 - dvo i višestepeni sistem,
5. prema **načinu aeracije**:
 - aeracija sa uvođenjem vazduha,
 - mehanička aeracija,
 - **kombinovana aeracija**,

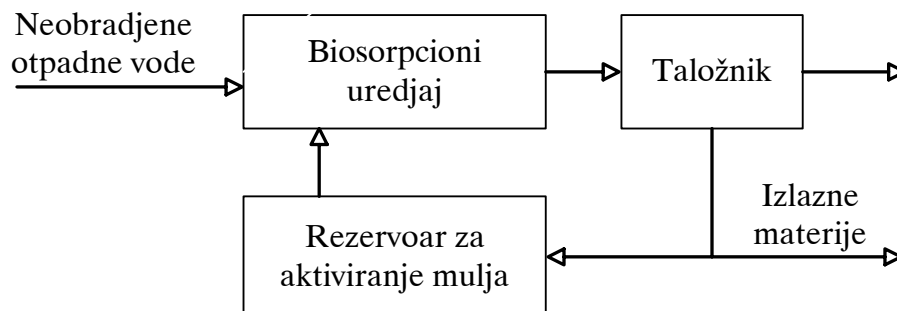
Za početni stadijum procesa potrebna je najveća količina kiseonika, jer tada ima najviše organskih komponenata u sredini, dok se u nastavku procesa potreba za kiseonikom brzo smanjuje. Ovo saznanje omogućilo je da se izvrši racionalizacija u potrošnji vazduha i ostvari bolje iskorišćenje vazduha.

Sistem sa postepenim (po stupnjevima) zasićenjem kiseonikom prikazan je na slici 7.3. U ovom sistemu aktivni mulj se ponovo vraća u aerator. Povratni aktivni mulj se zasićuje kiseonikom, a zatim mu se postepeno dodaje otpadna voda. Na ovaj način se dodavanjem otpadne vode ostvaruje osvežavanje mulja, ravnomernija raspodela kiseonika i smanjenje zapremina rezervoara (potrebnih za odvijanje procesa).



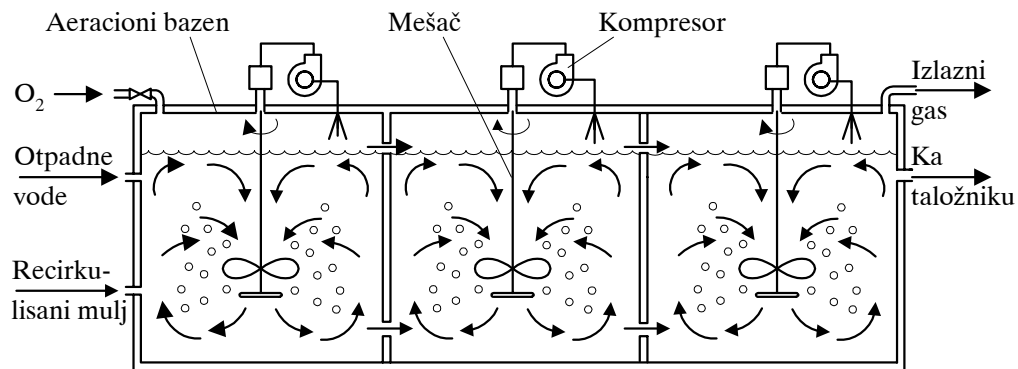
Slika 7.3. Sistem aeracije u više stupnjeva [21]

Novi sistem prečišćavnja otpadnih voda (uveden 1951. god.) nazvan je biosorpcija, ili kontaktna stabilizacija (slika 7.4). Otpaci se dovode u kontakt sa dobro pripremljenim aktivnim muljem (u trajanju od 30 minuta) pri intenzivnoj aeraciji u biosorpcionom uređaju. Formirani mulj se odvaja u običnom rezervoaru - taložniku, posle čega se vrši aktiviranje i obnavljanje mulja.



Slika 7.4. Šema biosorpcionog procesa prerade vode [21]

U cilju daljeg usavršavanja procesa prečišćavanja aktivnim muljem, firma "Union Carbide" (SAD) razvila je postupak "unox" u kome se umesto vazduha koristi tehnički kiseonik, koji se sa recirkulisanim aktivnim muljem u otpadnim vodama uvodi u zatvoreni rezervoar (slika 7.5). Sistem se primenjuje za preradu komunalnih otpadnih voda i otpadnih voda iz farmaceutske industrije, iz proizvodnje hartije, alkohola, mleka.



Slika 7.5. Višestepeni sistem prerade otpadnih voda primenom tehničkog kiseonika [21]

Bioški procesi prerade otpadnih voda u lagunama

Bioški procesi prerade otpadnih voda u lagunama primenjuju se u područjima sa pogodnim klimatskim uslovima. Mogu se u potpunosti ostvariti aerobni uslovi. Kiseonik se stvara u procesu fotosinteze. U dubljim lagunama primenjuje se mehanička aeracija. U tabeli 7.2 prikazani su uslovi odvijanja bioških reakcija u lagunama.

Tabela 7.2. Uslovi za bioške reakcije u lagunama

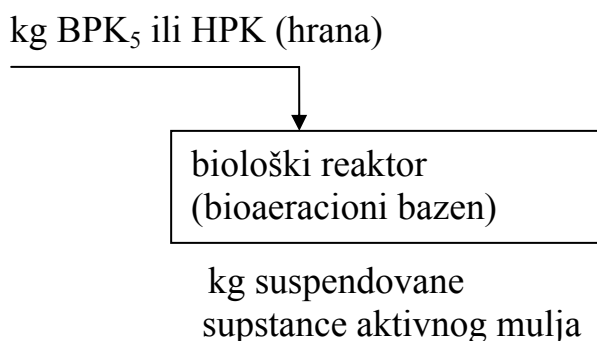
Uslovi sredine	Aerobna oksidacija	Fotosinteza algi	Stvaranje organskih kiselina	Fermentacija metana
Populacija 1/ml	10^{10} aerobnih bakterija	10^7 algi	10^{10} fakultativno heterotrofnih	mezofilne bakterije
Hranljiva sredina	masti, proteini, ugljeni hidrati	CO ₂ , NH ₃ , P, S	ugljeni hidrati, proteini, masti	organske kiseline, alkoholi
Prethodne reakcije	fotosinteza	oksidacija	organska sinteza	stvaranje organskih kiselina
Reakcije	taloženje, fermentacija metana	auto-flokulacija	oksidacija	oksidacija
Izvor energije	hranljiva sredina	svetlost	hranljiva sredina	hranljiva sredina
Kiseonik, u mg/l	1-10	nepoznato	0	0
Vreme, u danima	5-50	30-60	5-10	40-120
Temperatura, u °C	15-40	4-40	4-40	15-40
pH	6,5-10,0	7,0-10,0	4,3-7,5	6,8-7,2
Alkalnost (CaCO ₃), u mg/l	200	300	nepoznato	nepoznato
Toksične komponente	soli, teški metali	bakar, hrom	soli, teški metali	kiseonik, bakar, soli, hrom, teški metali

Opterećenje aktivnog mulja

Opterećenje aktivnog mulja se definiše kao odnos hrane prema biomasi.

U literaturi se se najčešće izražava kao F/M (food/mass).

Opterećenje aktivnog mulja predstavlja odnos između hrane koja ulazi u biološki reaktor (izraženo preko HPK ili, češće BPK vrednosti) i mase mikroorganizama u bioreaktoru izražene kao masa suspendovane supstance aktivnog mulja (MLSS – mihed liquor suspended solids). MLSS se sastoji uglavnom od mikroorganizama, nerazgradljivih suspendovanih organskih supstanci i drugih inertnih suspendovanih supstanci. Mikroorganizmi koji čine MLSS su izgradjeni od 70 – 90 % organske supstance i 10 – 30 % neorganske supstance (Okun, 1949; WEF i ASCE, 1996a). Opterećenje aktivnog mulja je šematski prikazano na slici 2.1.



Slika 2.1 Šematski prikaz parametra F/M

Mada je BPK bolja mera za hranu koja ulazi u biološki reaktor (bioaeracioni bazen), često se u proračunu opterećenja aktivnog mulja koristi parametar HPK zbog toga što se može brže odrediti.

Ukoliko se prati i pravovremeno koriguje odnos hrana/biomasa može se sprečiti pojava složenih problema u procesu aktivnog mulja.

Vrednost opterećenja aktivnog mulja se može izračunati na sledeći način:

$$F/M = \frac{(BPK_5)_d}{MLSS \text{ ili } MLVSS} \quad (2.1)$$

gde su:

F/M,	odnos hrane prema mikroorganizmima, kg BPK ₅ po danu po kg MLSS,
(BPK ₅) _d ,kg/d,	dnevna biološka potreba za kiseonikom,
MLSS ,kg,	suspendovana supstanca aktivnog mulja u bioaeracionom bazenu,
MLVSS ,kg,	volatilna suspendovana supstanca aktivnog mulja u bioaeracionom bazenu.

Umesto $(BPK_5)_d$ u jednačini (2.1) može figurisati parametar HPK kao mera zagađenja. Neki autori u jednačini (2.1) predlažu korišćenje parametra volatilne suspendovane supstance aktivnog mulja MLVSS umesto MLSS. MLVSS je volatilna frakcija MLSS i kreće se između 0,75 i 0,85 vrednosti MLSS, a obično se grubo izračunava kao $MLVSS = 0,80 \times MLSS$. Parametar MLVSS preciznije aproksimira ukupnu biološku masu mikroorganizama u procesu.

Opterećenje aktivnog mulja varira u zavisnosti od tipa postrojenja.

Prema opterećenju, proces sa aktivnim muljem se može klasifikovati u sledeće kategorije:

- konvencionalni,
- visokopterećeni,
- niskopterećeni (produžena aeracija i stabilizacija mulja i potpuno prečišćavanje).

Parametri opterećenja ovih postupaka sa aktivnim muljem su prikazani u tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Parametri dozvoljenih opterećenja bioaeracionog bazena za različite postupke sa aktivnim muljem, (Lin, 1999.)

Proces	HPK kg 'kg mulja · dan'	BPK kg 'kg mulja · dan'	MLSS ,mg/L,	Vreme zadržavanja ,h,
Konvencionalni	0,5 - 1	0,25-0,5	1000-3000	4-8
Visokopterećeni	1	$\geq 0,5$	1000-3000	1-3
niskopterećeni (produžena aeracija)	$\leq 0,2$	0,05-0,1	3000-5000	20-30

Važni parametri za proces sa aktivnim muljem

SRT – Vreme boravka mulja (Sludge residence time or Sludge age)

$$SRT = \frac{\text{Ukupna količina mulja u postrojenju (kg M)}}{\text{Brzina izdvajanja mulja iz postrojenja (kg M/dan)}}, \text{ dan.}$$

HRT – Hidrauličko vreme zadržavanja (Hydraulic retention time)

$$HRT = \frac{V}{Q}, \text{ h}$$

gde su:

V , m³, – radna zapremina reaktora za aeraciju (bioaeracionog bazena),

Q , m³/h, – protok ulazne otpadne vode,

r – udeo recirkulisnog mulja (Recycle ratio)

$$r = \frac{Q_r}{Q},$$

gde je:

Q_r – protok povratnog mulja, m³/h

OL – Organsko opterećenje – organski unos (Organic loading)

$$OL = \frac{Q \cdot BPK \cdot 24}{V \cdot 1000}, \text{ kg BPK} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{dan}^{-1},$$

gde je:

BPK biohemijska potrošnja kiseonika, g BPK /m³.

$\frac{f}{m}$ - odnos hranljivih materija i biomase (food - f to microorganism - m ratio)

$$\frac{f}{m} = \frac{\text{unos organskih materija}}{\text{zapremina biomase}} = \frac{Q \cdot BPK}{V \cdot BSS}, \frac{\text{kg BPK}}{\text{kg BM} \cdot \text{dan}},$$

gde su:

Q , m³/dan, – protok ulazne otpadne vode,

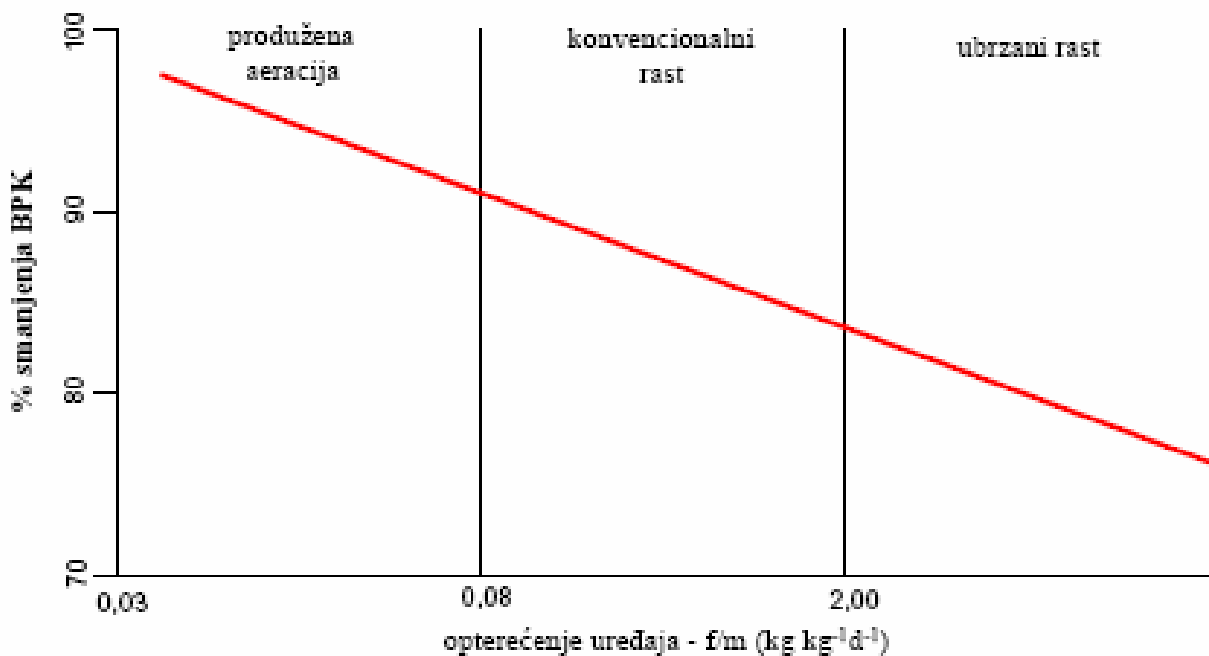
BPK , kgBPK/m³, – biohemijska potrošnja kiseonika,

V , m³, – radna zapremina reaktora za aeraciju,

BSS , kg BM/m³, – ukupna koncentracija biomase BM u reaktoru za aeraciju.

niskoopterećeni

viskoopterećeni



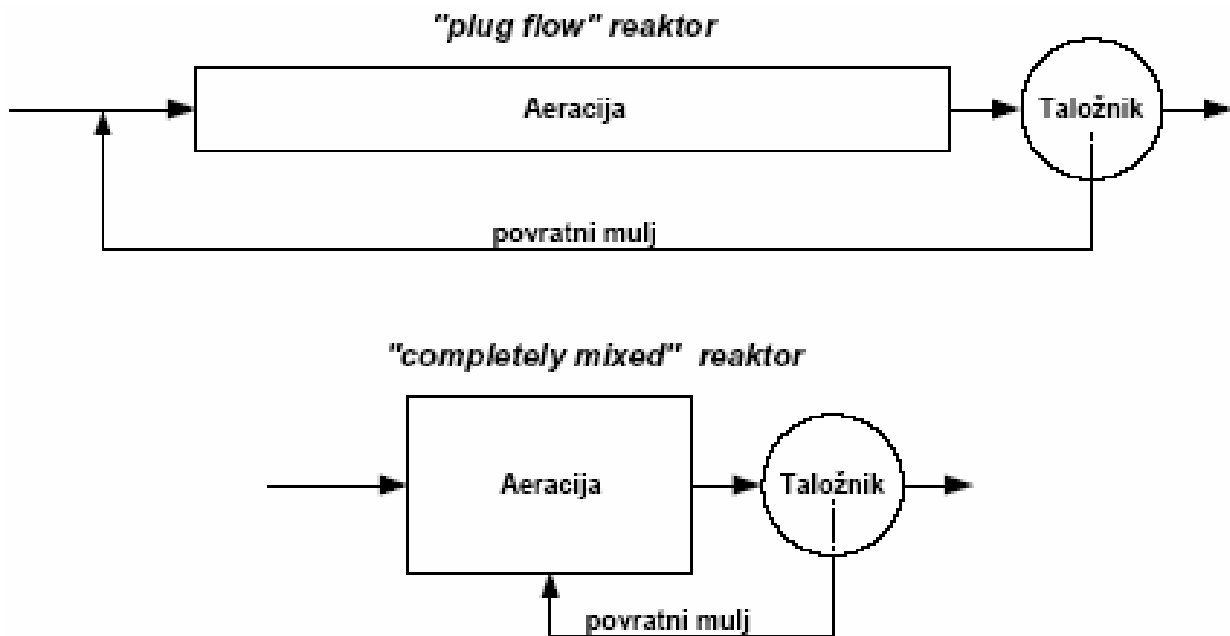
Slika .. Veza izmedju odnosa f/m i mikrobiološkog rasta

Tabela ..Postupak s aktivnim muljem – rasponi tehnoloških parametara

PARAMETAR			MOGUĆE VREDNOSTI
<i>SRT</i>	dan	< 0,5	kao predtretman, stvara se velika količina mulja
		3 - 4	konvencionalni uređaji, dobra taloživost mulja
		> 6	produžena aeracija, visok kvalitet efluenta, slaba taloživost mulja
<i>HRT</i>	h	5	suvo vreme
		1-5	kišno vreme
r	-	0,25-0,5	konvencionalni uređaji
		0,75-1,5	produžena aeracija
<i>OL</i>	kgBPK/m ³ ·dan	0,4-1,2	konvencionalni uređaji
		> 2,5	visoko opterećenje
		< 0,3	produžena aeracija
f/m	-	0,08-2,0	konvencionalni uređaji
		> 2,0	visoko opterećenje
		< 0,08	produžena aeracija

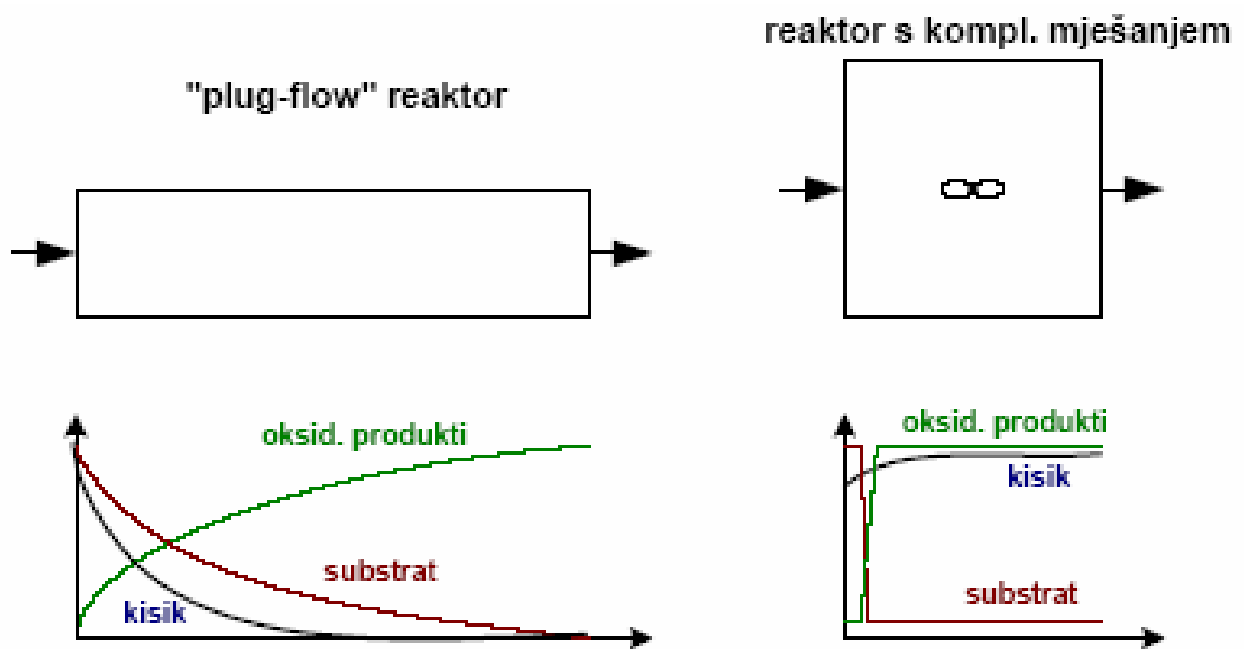
Reaktori za aeraciju mogu biti koncipirani kao:

- reaktori sa klipnim proticanjem (plug flow), ili
- reaktori sa potpunim mešanjem (completely mixed).



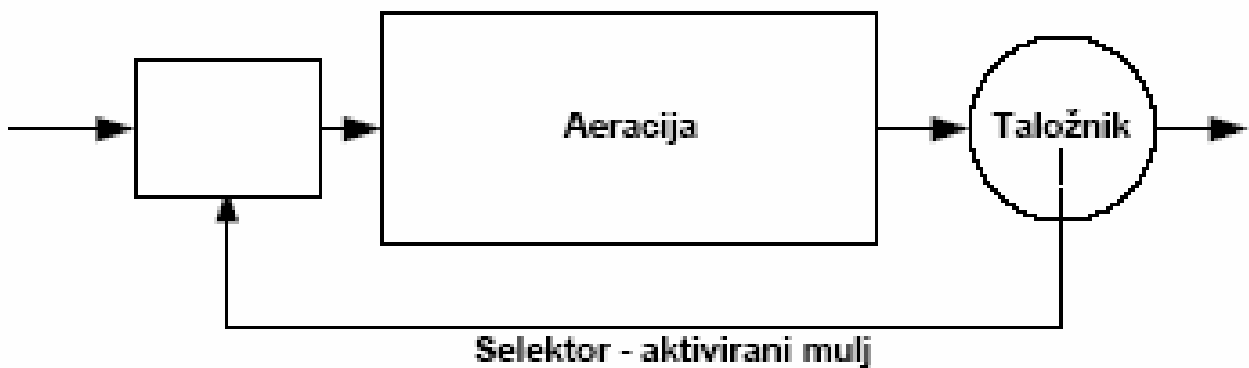
Slika .. Osnovne šeme sistema sa aktivnim muljem – reaktor za aeraciju (sa klipnim proticanjem i sa potpunim mešanjem)

Razlike izmedju ova dva sistema prikazane su na slici..



Slika .. Razlike izmedju sistema sa klipnim proticanjem i sa potpunim mešanjem

Postoji varijanta i sa predreaktorom za mešanje otpadne vode sa povratnim aktivnim muljem.



Slika .. Sistem sa predreaktorom za mešanje otpadne vode sa povratnim aktivnim muljem.