

Sekundarno prečiščavanje





Sekundarni tretman upotrebljenih voda

- ❑ Nakon primarnog prečišćavanja upotrebljena voda, se može prečišćavati primenom postupaka sekundarnog tretmana
 - ❑ Za prečišćavanje upotrebljene vode se kao sekundarni postupak koristi **biološki tretman upotrebljenih voda**
 - ❑ Biološkim tretmanom se iz upotrebljene vode uklanjaju **koloidne i rastvorene organske materije**
-

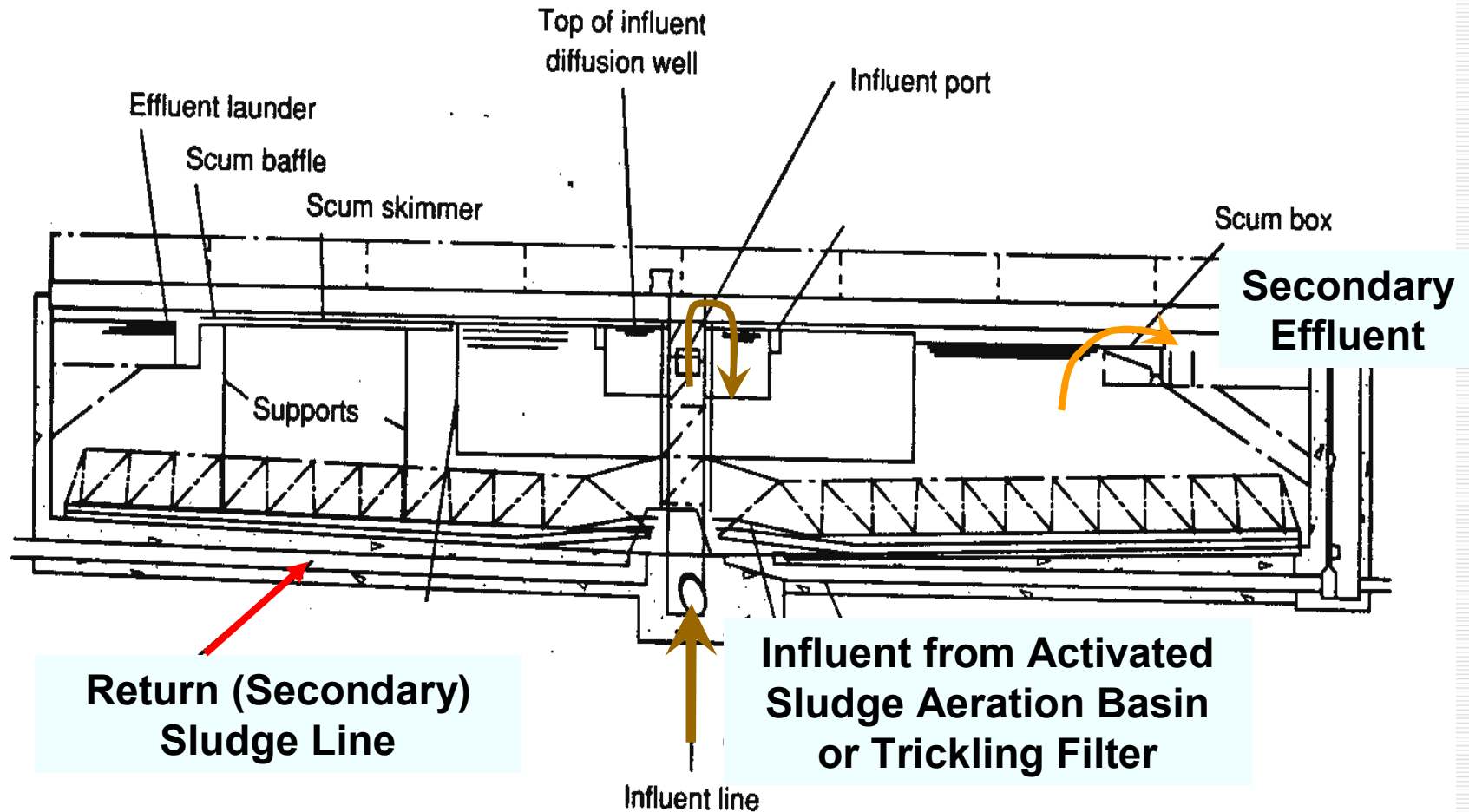
Kod biološkog prečišćavanja se primenjuju dva tipa taložnika:

- Taloženje u primarnim taložnicima iz kojih se voda odvodi na biološke procese
 - Taloženje u prethodnim taložnicima se koristi za uklanjanje suspenzija prisutnih uv., a efikasnost prečišćavanja zavisi od vremena zadržavanja vode
 - Taloženje u naknadnim (sekundarnim) taložnicima u koje se dovodi voda prečišćena biološkim procesima
-

Primarni taložnik



Kružni sekundarni taložnik



Biološki postupci za prečišćavanje uv.

- Biološki procesi prečišćavanja se primenjuju za prečišćavanje uv. iz domaćinstva i industrijskih uv. u čijem sastavu su u najvećoj meri zastupljene organske (biorazgradljive) materije sa sadržajem opasnih materija ispod kritičnih koncentracija
-

-
- Biološki postupci prečišćavanja se temelje na osnovnim biološkim zakonitostima i procesima koji su prisutni u prirodi i u čijoj su osnovi procesi kruženja materije i protok energije u ekosistemu
 - Pri projektovanju i održavanju uređaja za biološko prečišćavanje uv. moraju se poštovati određene zakonitosti, jer su procesi u uređajima za prečišćavanje simulacija procesa koji se odigravaju u prirodi
-

**Aerobni
Postupci
Za
Prečišćavanje
Upotrebljivih
Voda**

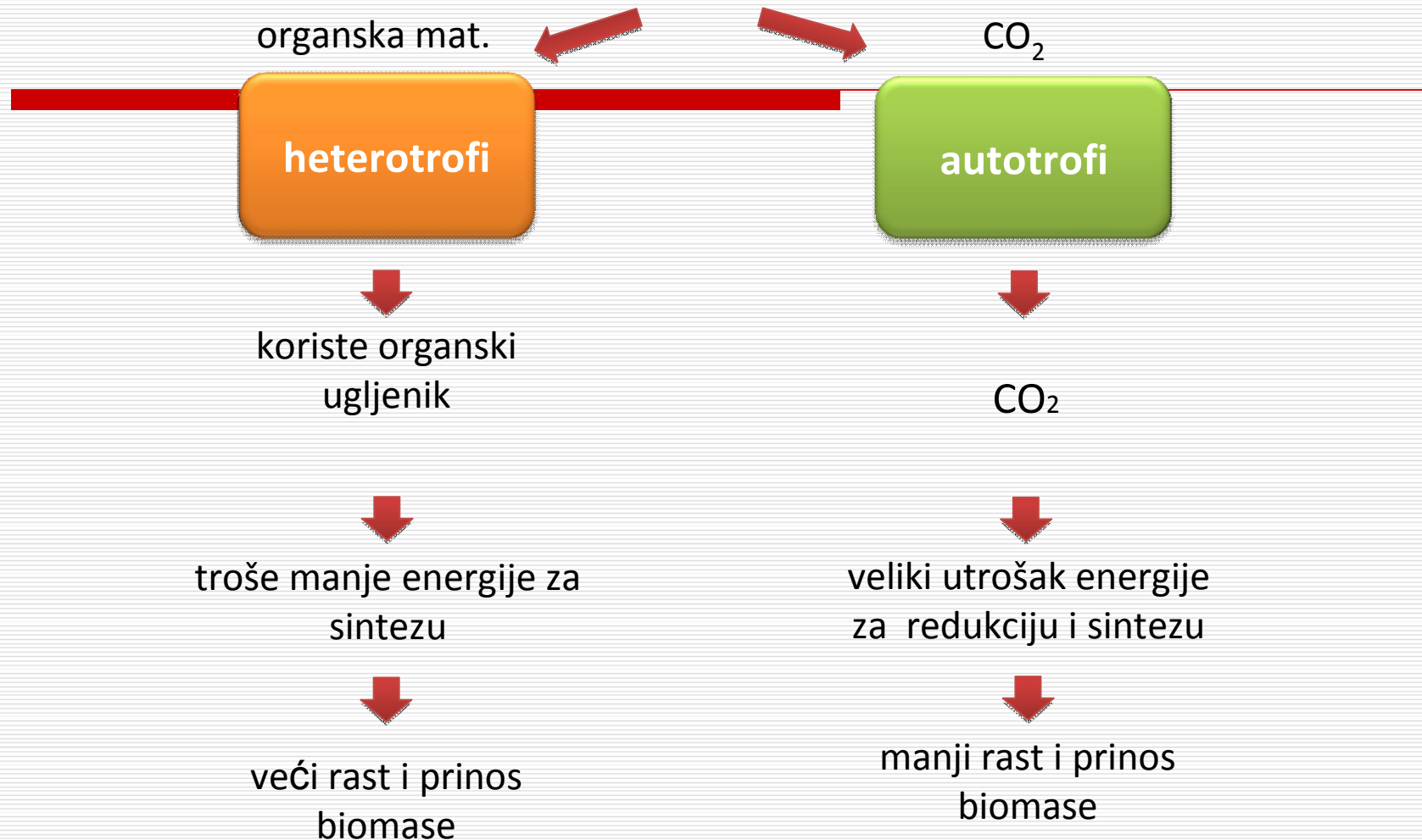
Postupak sa suspendovanom mikroflorom
(aktivni mulj)

Postupci sa imobilisanom mikroflorom
-Kapajući filter
-RBC (Rotacioni biološki kontaktor)

**Anaerobni
Postupci
Za
Prečišćavanje
Upotrebljivih
Voda**

Postupci sa imobilisanom mikroflorom
Tretman mulja

Izvori ugljenika



Bakterijski metabolizam

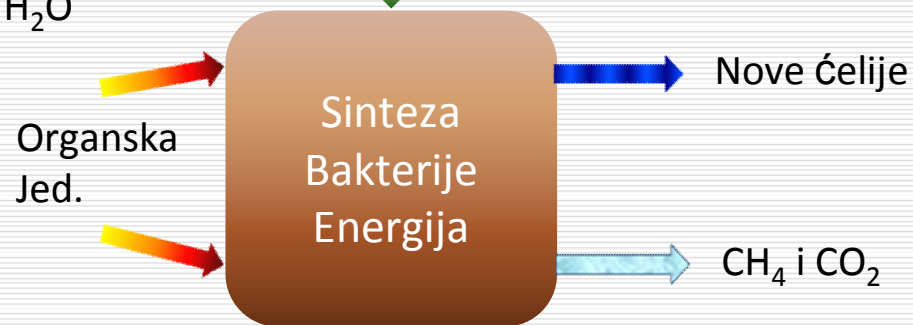
Hranjiva mat.

Aerobni heterotrofni metabolizam



Hranjiva

Anaerobni heterotrofni metabolizam

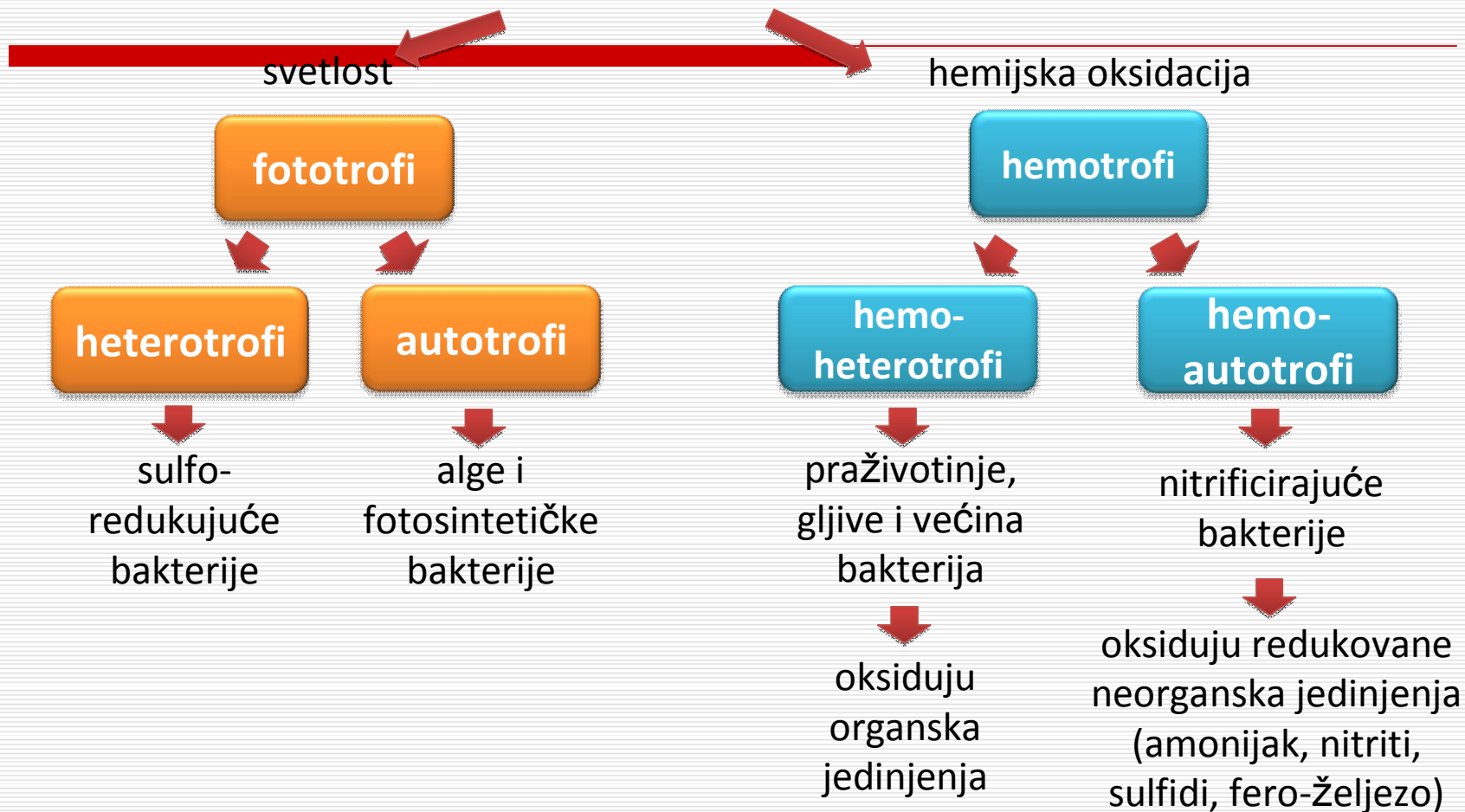


Hranjiva mat. O₂



Aerobni autotrofni metabolizam - sami sintetišu organsku materiju iz neorganskih izvora

Izvori energije za ćelijsku sintezu



Aerobni postupci za prečišćavanje uv.

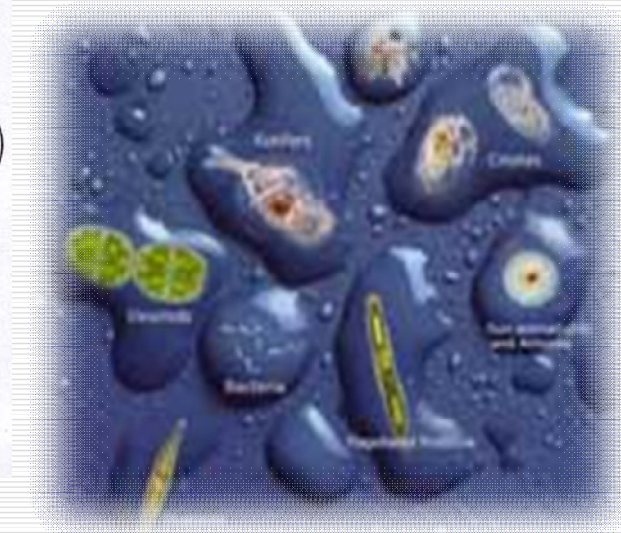
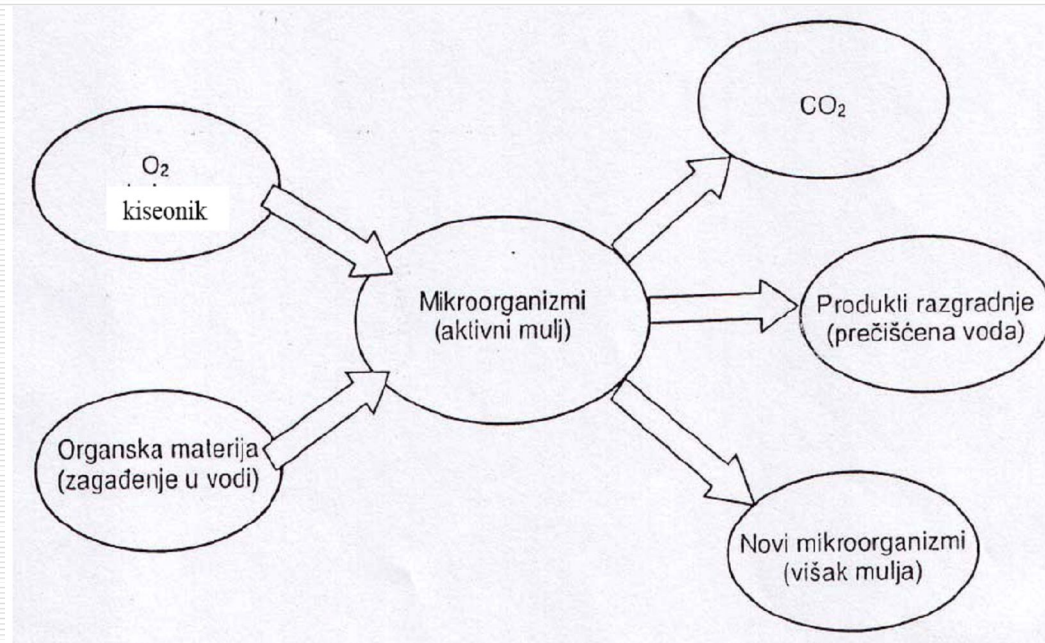
□ Aerobni postupci sa suspendovanom mikroflorom

- Postupak sa aktivnim muljem u bioaeracionim bazenima
 - Postupak u aerisanim lagunama (biološkim lagunama)
 - Postupak u aerobnim (plitkim) jezerima (biološkim veštačkim jezerima)
-

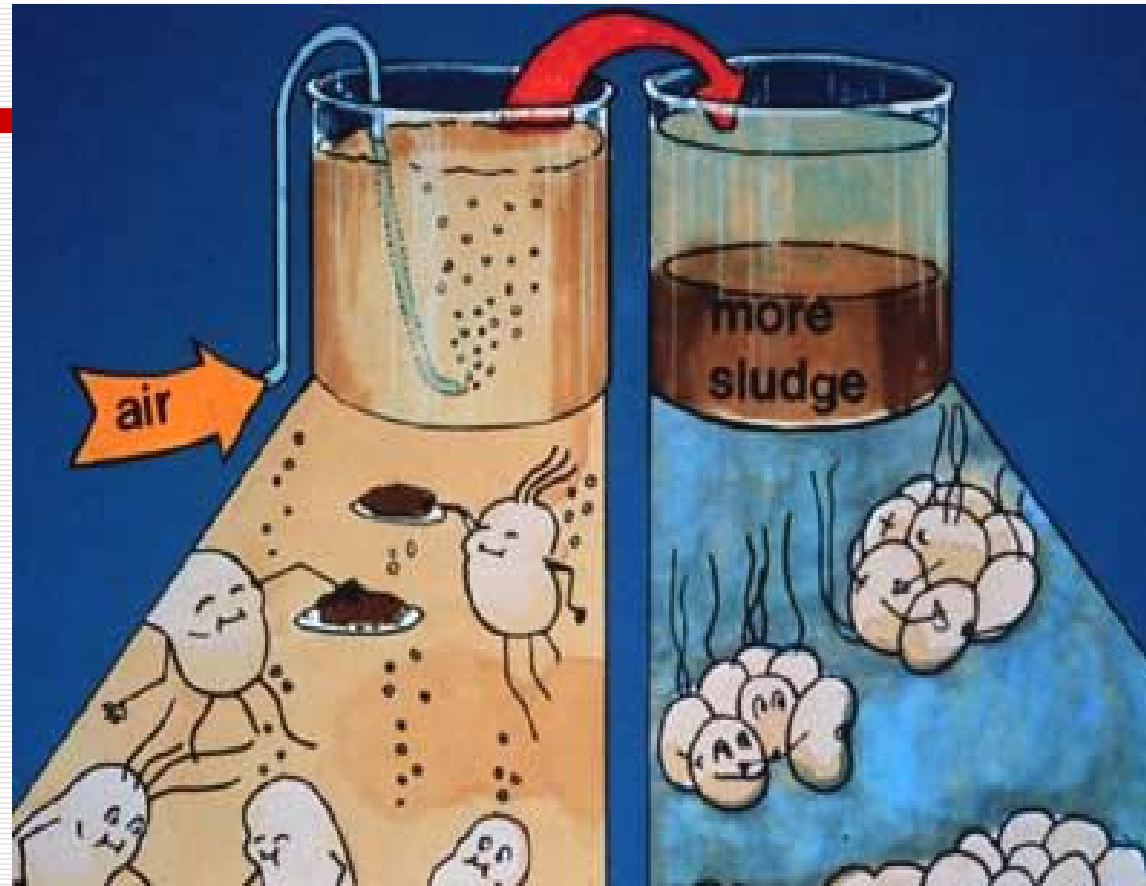
-
- Kod aerobnog biološkog prečišćavanja potrebno je obezbediti dovoljnu količinu kiseonika uz istovremeno mešanje sadržaja bazena
 - Sistem aeracije i mešanje vode u bazenu treba da obezbedi dovoljnu koncentraciju kiseonika od 1-2 mg/l i sprečiti taloženje aktivnog mulja
-

Aktivni mulj

- Prvi put primenjen 1914. god u Engleskoj



Simplified Activated Sludge Description



Aerobic microbes utilize carbon and other nutrients to form a healthy activated sludge (AS) biomass (floc)

The biomass floc is allowed to settle out in the next reactor; some of the AS is recycled

Secondary Treatment

Karakteristike aktivnog mulja

- Flokulantna tvorevina sa karakterističnim svojstvima, fizičkom strukturom i hemijskim svojstvima
 - Najzastupljeniji mikroorganizmi su bakterije
 - Boja zavisi od karakteristika u.v od kojih je formiran
 - U zavisnosti od opterećenje struktura i veličina pahulja aktivnog mulja su različiti
-



Escherichia coli

bakterija



Euglena

protozoa

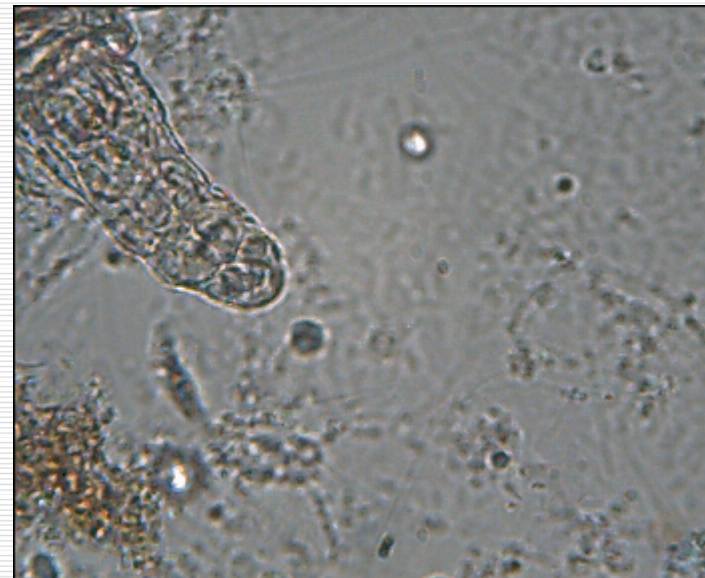


algi (u nekim slučajevima)



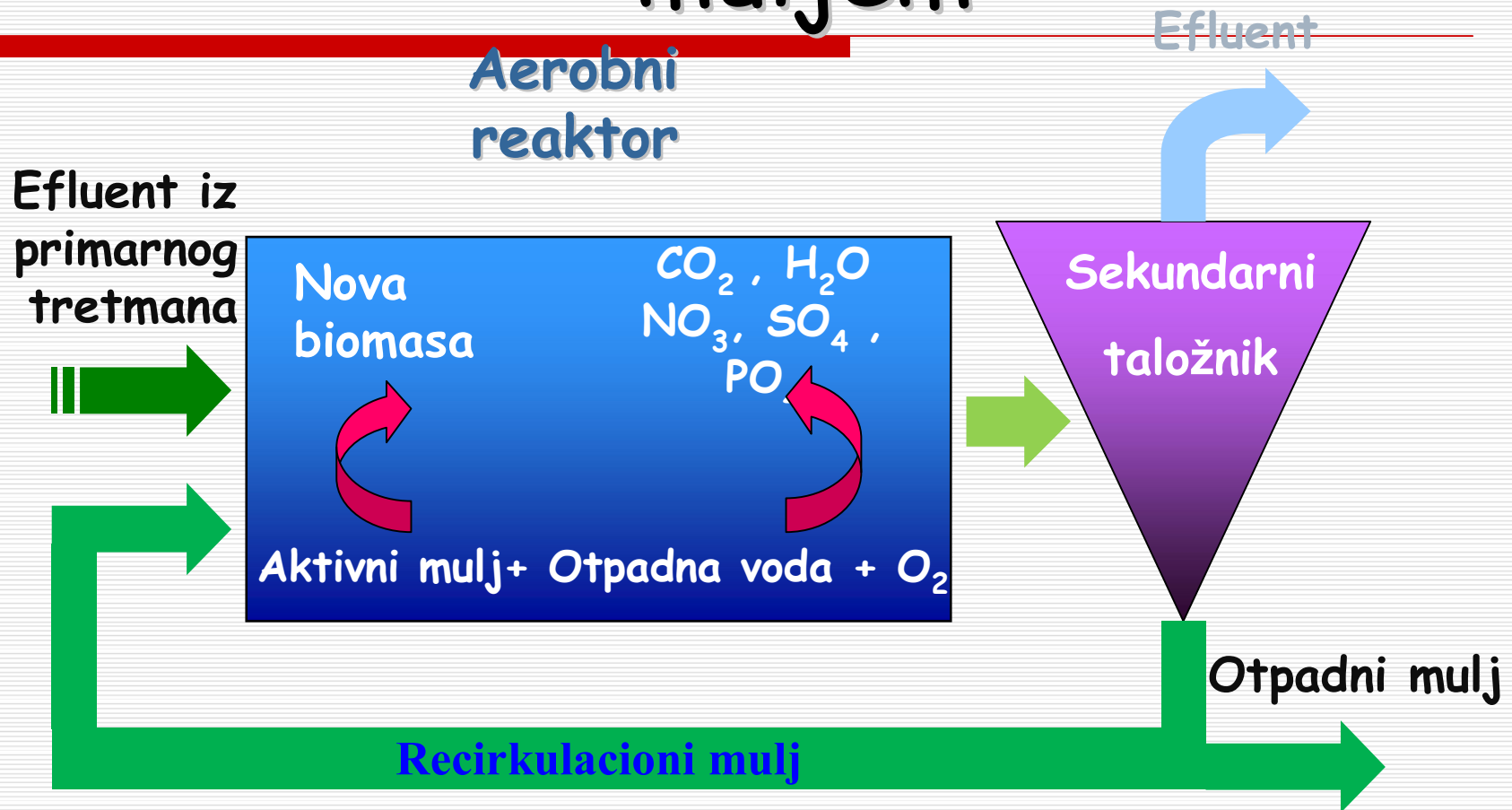
Morchella elata

gljiva (fungi)



rotifera, (Rotatoria)

Postupak sa aktivnim muljem



-
- Osim što razlažu org. mat. mikroorganizmi je ugrađuju u sopstvenu biomasu koja, zajedno sa produktima metabolizma, formira mulj- polučvrstu materiju koja se može odvojiti od prečišćene vode
 - Prečišćena voda se preliva preko rubova sekundarnih taložnika, dok istaloženi mulj odlazi na dalju obradu
 - Deo mulja se vraća u aeracione bazene procesom recirkulacije (20-30% zapremine mulja)
-

Aeracioni bazen



Postupci prečišćavanja sa aktivnim muljem

1. prema načinu uvođenja otpadne vode:

- sa klipnim strujanjem ili podužnim tokom,
- sa potpunim mešanjem

2. prema opterećenju aktivnog mulja:

- viskopterećeni
- konvencionalni
- niskopterećeni (produžena aeracija)

3. prema načinu vođenja toka otpadne vode i mulja:

- aeracija i recirkulacija
 - kontaktna stabilizacija
 - stepenasta aeracija i recirkulacija
-

4. prema mnogostrukosti prečišćavanja:

- jednostepeni,
- dvo i višestepeni sistem

5. Prema načinu aeracije

- aeracija sa uvođenjem vazduha
 - mehanička aeracija
 - kombinovana aeracija
-

Parametri značajni za projektovanje i kontrolu procesa sa aktivnim muljem

- 1** Opterećenje aktivnog mulja
 - 2** Starost mulja
 - 3** Hidrauličko vreme zadržavanja
 - 4** Srednje vreme zadržavanja ćelija
 - 5** Višak mulja koji se izbacuje iz sistema
 - 6** Protok otpadnog i recirkulisanog mulja
-

Opterećenje aktivnog mulja (F/M)

$$F / M = \frac{BPK_5}{MLSS \text{ ili } MLVSS}$$

$$MLVSS = MLSS \times 0.80$$

Parametri dozvoljenih opterećenja aeracionog bazena za različite postupke aktivnog mulja

Proces	HPK, kg/kg mulja d	BPK, kg/kg mulja d	MLSS, mg/l	Vreme zadržavanja, h
Konvencionalni	0.5 – 1	0.25 – 0.5	1000 – 3000	4 – 8
Viskoopterećeni	1	≥0.5	1000 – 3000	1 – 3
Niskoopterećeni (produžena aeracija)	≤0.2 kg	0.05 – 0.1	3000 – 5000	20 – 30

Zapremnsko opterećenje aktivnog mulja

$$\text{Zapremnsko opterećenje} = \frac{Q_{in} \text{ BPK}_{5infl}}{V}$$

Q_{in} - protok influenta, [m³/d]

BPK_{5infl} - BPK_5 influenta

V - zapremina bioaeracionog bazena, [m³]

Starost mulja

- Na osnovu starosti mulja definiše se količina aktivnog mulja koju je potrebno održavati u reaktoru da bi sistem funkcionisao optimalno

$$G = \frac{SS \text{ u aeraciji, kg}}{SS \text{ ulazna, kg / d}}$$

G - starost mulja, [dan]

SS u aeraciji - $MLSS$ ili $MLVSS$, [kg]

SS ulazna - suspendovana supstanca koja dnevno ulazi u sistem, [kg/d]

Hidrauličko vreme zadržavanja (Hidrauličko opterećenje), θ

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

V - zapremina bioaeracionog bazena [m^3]

Q - ulazni protoka [m^3/d]:

Srednje vreme zadržavanja ćelija, θ_c

$$\theta_c = \frac{SS \text{ u aeraciji, kg}}{SS \text{ izlazna, kg / d}} \quad \theta_c = \frac{MLSS \times V}{SS_w \times Q_w + SS_e \times Q_e}$$

θ_c – srednje vreme zadržavanja ćelija, [d]

$MLSS$ – suspendovana supstanca aktivnog mulja, [mg/l]

V – zapremina bioaeracionog bazena, [m³]

SS_w – suspendovana supstanca otpadnog mulja, [kg]

SS_e – suspendovana supstanca u efluentu otpadne vode, [kg]

Q_w – protok otpadnog mulja, $\left[\frac{m^3}{d} \right]$

Q_w – protok efluenta, $\left[\frac{m^3}{d} \right]$

Višak mulja koji se izbacuje iz sistema

- Izbacivanjem mulja iz sistema treba da se održi optimalna količina mikroorganizama u sistemu, a samim tim i optimalni sledeći parametri:
 - F/M odnos (opterećenje aktivnog mulja);
 - θ_c (srednje vreme zadržavnja ćelija) i
 - G (starost mulja).

 - Višak suspendovane supstance se određuje upoređivanjem poželjnih (optimalnih) količina suspendovane supstance sa aktuelnom količinom suspendovane supstance u sistemu
-

Protok otpadnog i recirkulisanog mulja

- Protok otpadnog mulja zavisi od koncentracije suspendovane supstance u mulju
- Koncentracija suspendovane supstance u recirkulisanom *RAS* (*Recirculated activated sludge*) i otpadnom aktivnom mulju *WAS* (*Waste activated aludge*) je ista
- Zapremina recirkulisanog mulja obično iznosi 20-30% ulaznog protoka u postrojenje

$$WAS = c \cdot Q_w$$

$$RAS = c \cdot Q_r$$

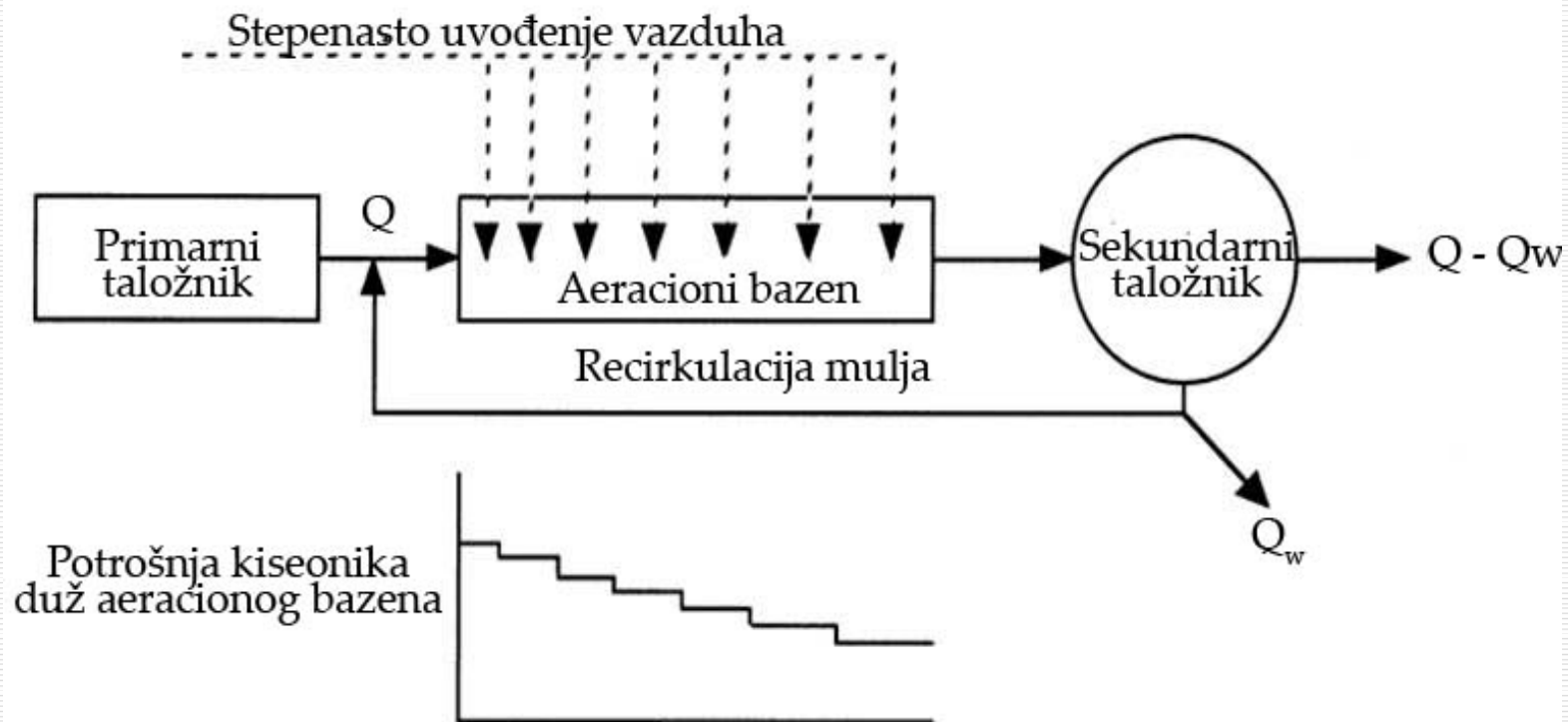
WAS - masa suspendovane supstance aktivnog mulja, kg

RAS - masa suspendovane supstance recirkulisanog mulja, kg

Modifikacije konvencionalnog procesa sa aktivnim muljem

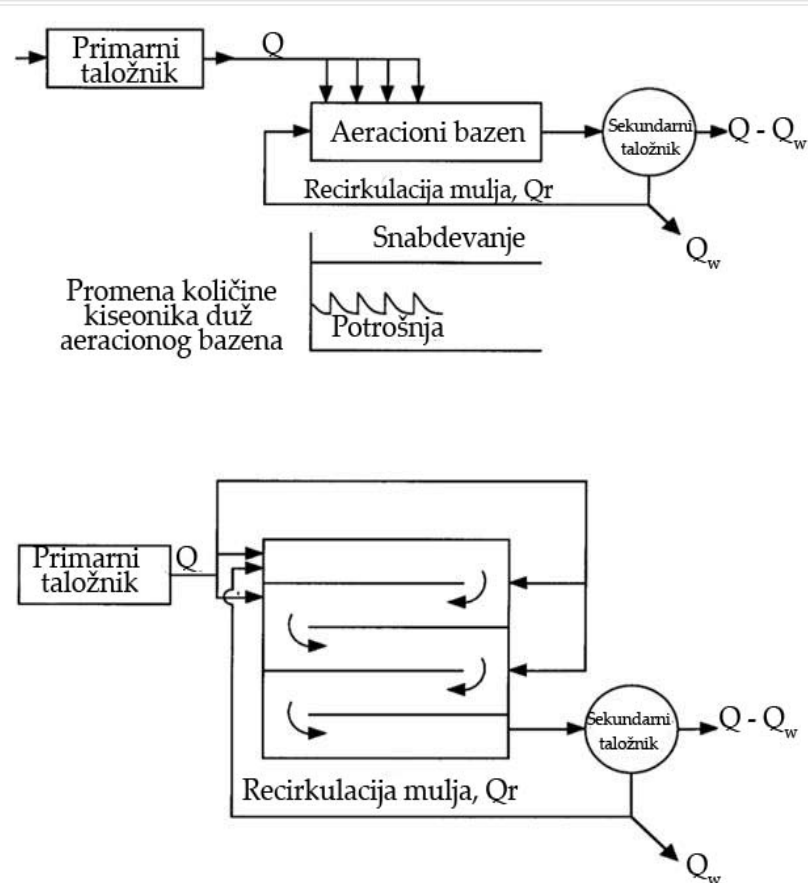
- Postupak sa stepenastom aeracijom
 - Postupak sa stepenastim dodavanjem upotrebljene vode
 - Postupak sa potpunim mešanjem
 - Postupak sa produženom aeracijom
 - Oksidacioni jarak
 - Postupak sa primenom čistog kiseonika
 - Kontaktna stabilizacija
 - Krausov postupak
 - SBR postupak
 - Sistemi sa dubokim šahtom
-

Stepenasto dodavanje vazduha



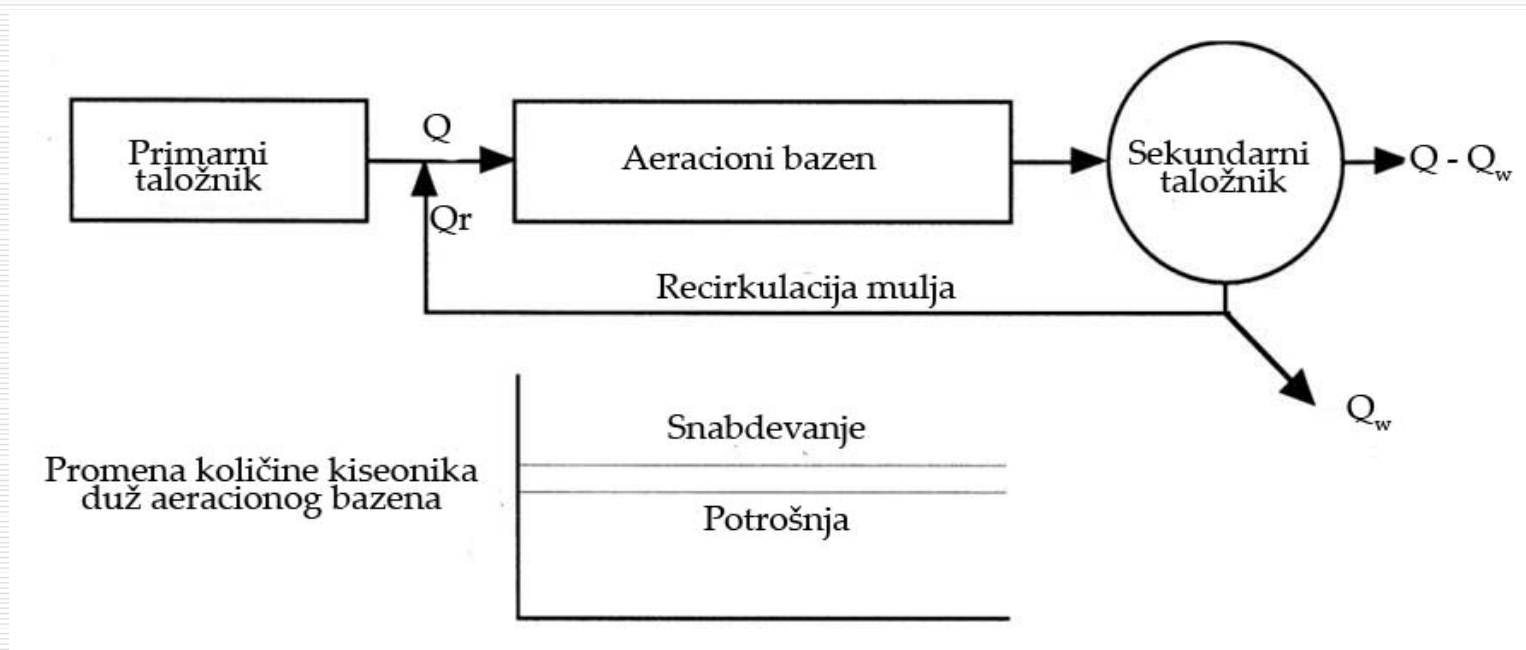
Postupak sa stepenastim dodavanjem upotrebljene vode

Može trajati dvostruko manje vremena u odnosu na konvencionalni postupak, a sa istim stepenom efikasnosti



Postupak sa potpunim mešanjem

- Uniformno raspoređivanje influenta
- Potrošnja kiseonika je uniformna duž bazena

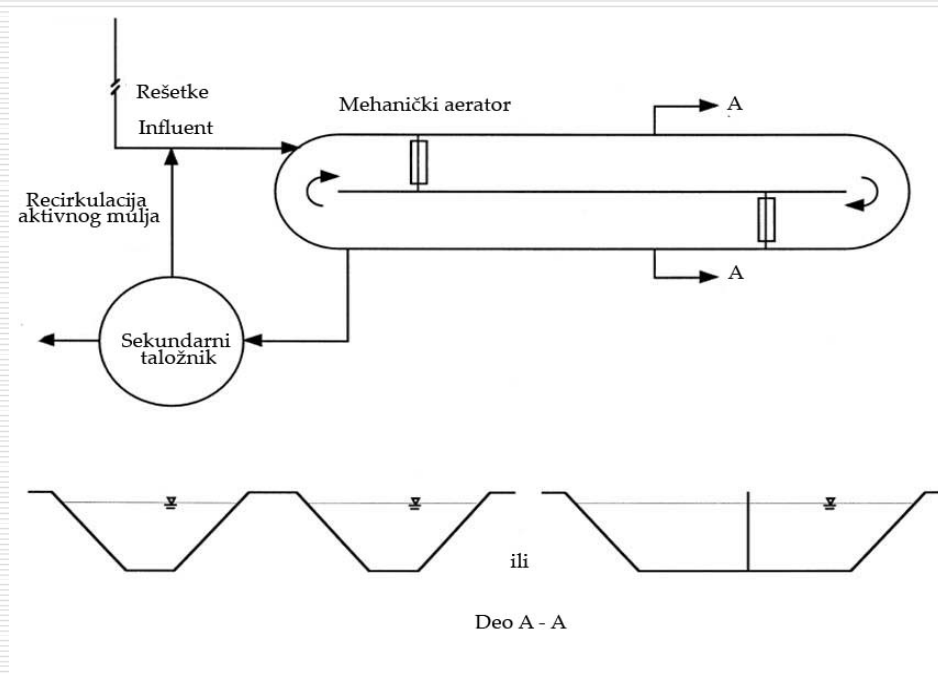


Postupak sa produženom aeracijom

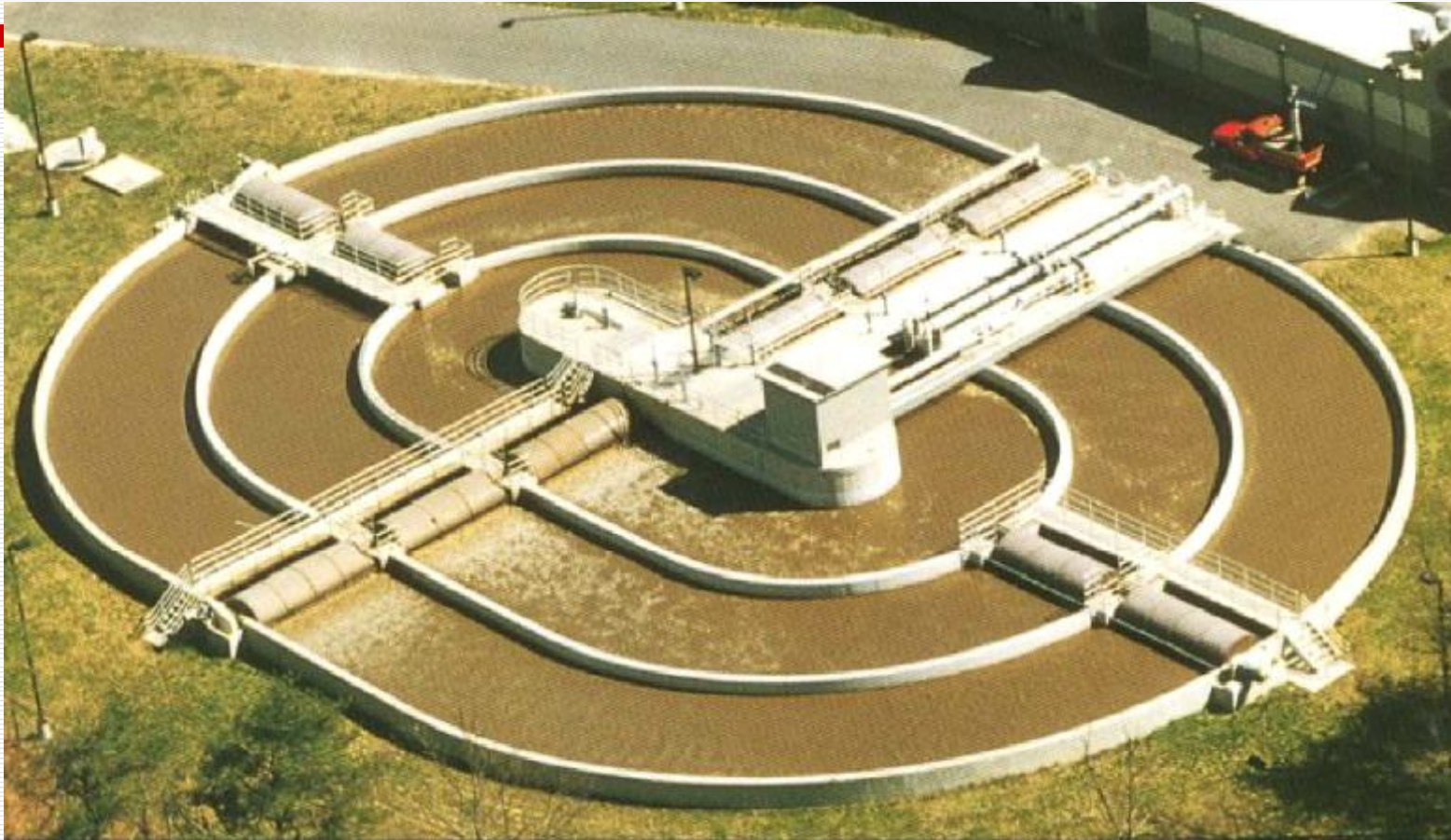
- Produžena aeracija je proces sa aktivnim muljem za koji je karakteristično **potpuno mešanje u aercionom bazenu, dugo hidrauličko vrtime zadržavanja** (HRT se kreće od 16 do 24 h ili do 36 h) **i velikim vremenom zadržavanja ćelija** (starost mulja je 20 - 30 dana)
 - Postupak sa produženom aeracijom je **razvijen da minimizira produkciju otpadnog aktivnog mulja** obezbeđujući intezivne procese endogene respiracije mikroorganizama
-

Oksidacioni jarak

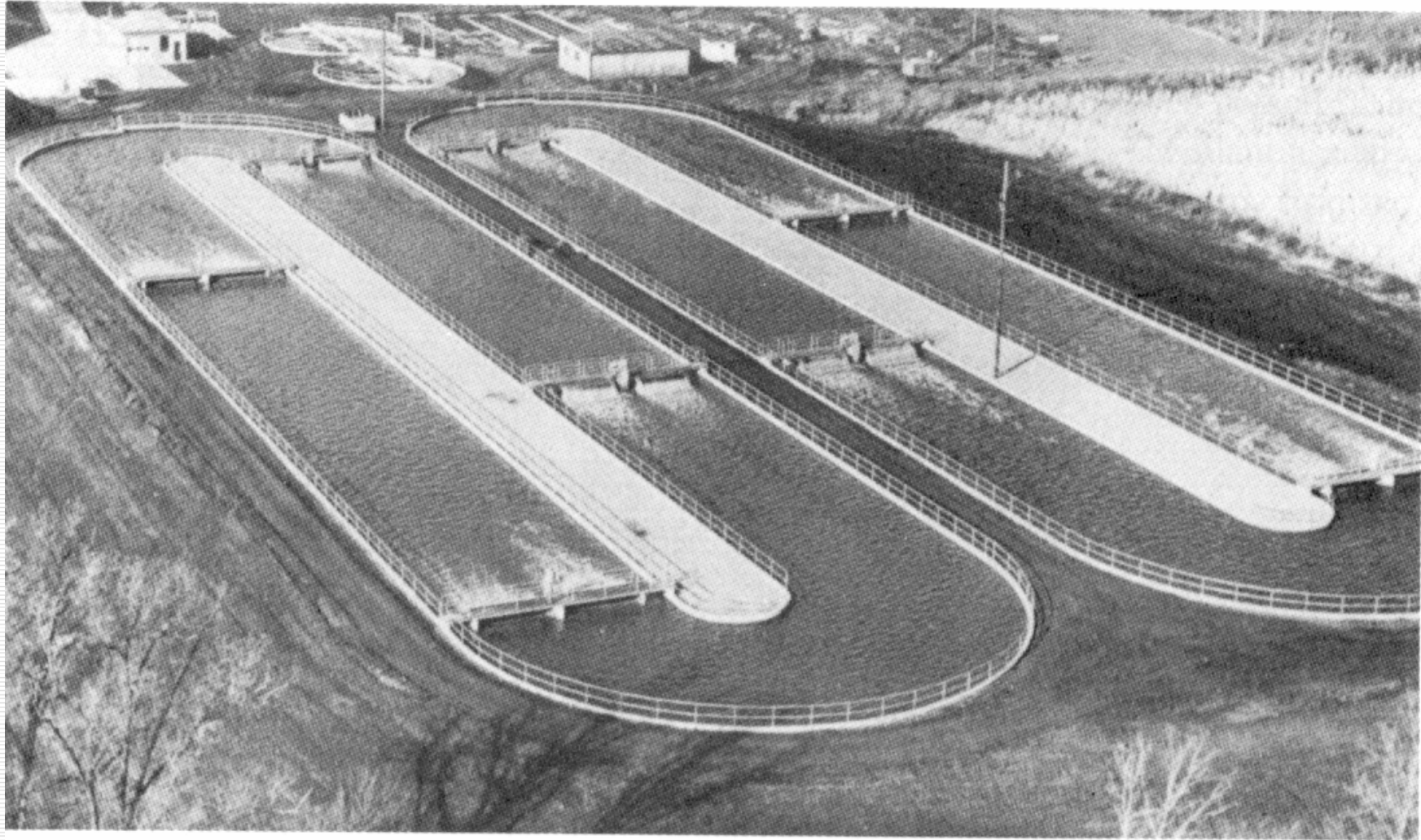
- Modifikacija procesa sa aktivnim muljem, oksidacioni jarak je razvijena u Holandiji 1960. god.



Oksidacioni jarak je pogodan zbog visoke efikasnosti uklanjanja BPK₅ (85-95 %) i jednostavnog rada



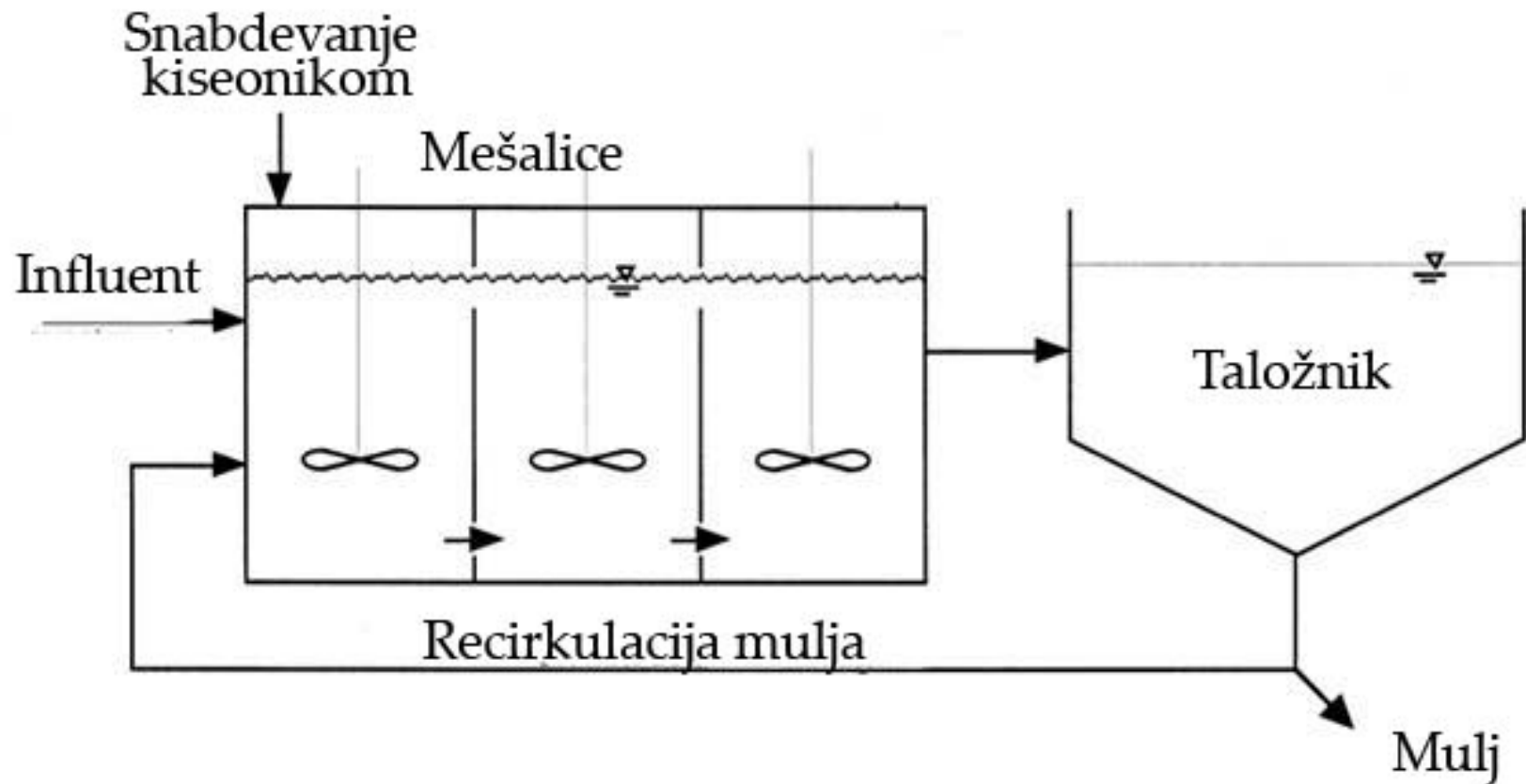
The Oxidation Ditch



Ref: Reynolds & Richards, 1996, Unit Operations and Processes in Environmental Engineering

Secondary Treatment

Primena čistog kiseonika u procesu sa aktivnim muljem



Prednosti:

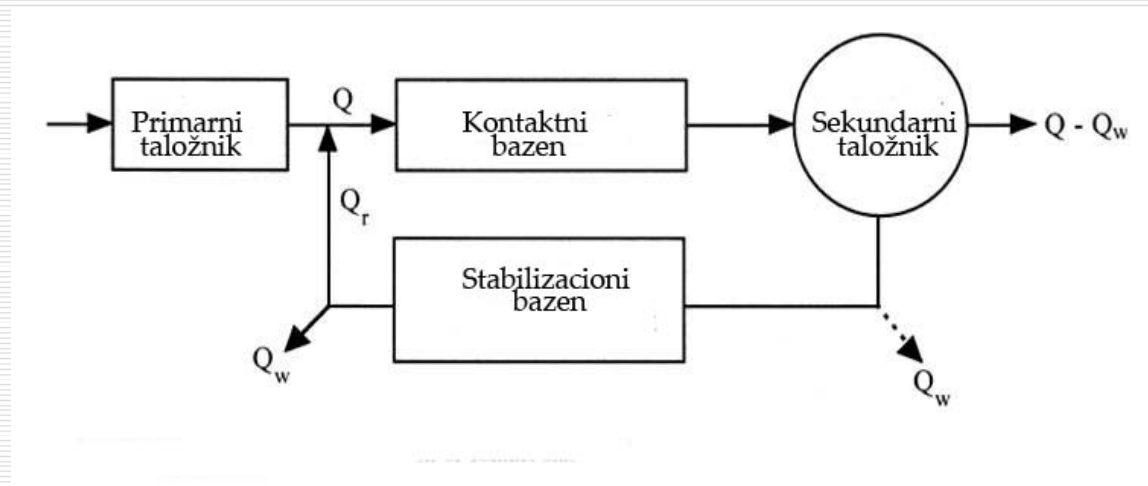
- manja ulaganja u građevinske objekte;
- ušteda u prostoru;
- veća efikasnost transporta kiseonika;
- manji troškovi eksploatacije (ušteda energije);
- mogućnost bolje regulacije i praćenje sistema aeracije;
- bolje taloženje mulja

Nedostaci:

- visoka cena kiseonika;
 - manja površina kontakta gasne i tečne faze;
 - potreba za kvalifikovanim radnom snagom;
 - potreba održavanja dobre zaptivenosti komora i striktnog pridržavanja mera zaštite na radu
-

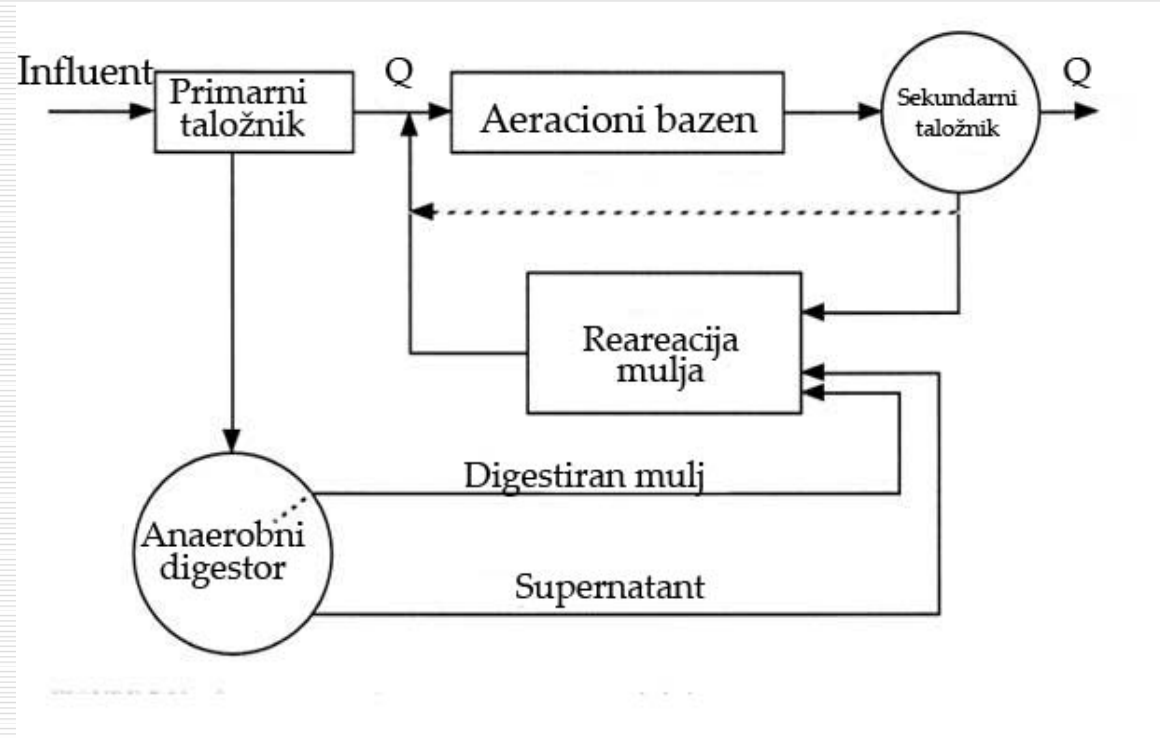
Kontaktna stabilizacija

- Kontaktna stabilizacija ili biosorpcija je razvijena da bi se povećale apsorptivne karakteristike aktivnog mulja



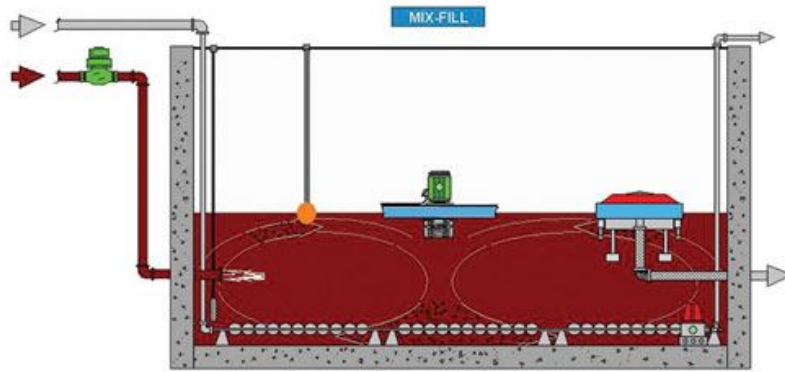
- Kontaktni postupak je veoma efikasan za prečišćavanje komunalnih upotrebljenih voda, sa većim udelom organskog zagađenja u obliku fino suspendovanih i koloidnih čestica

Krausov (Kraus) postupak

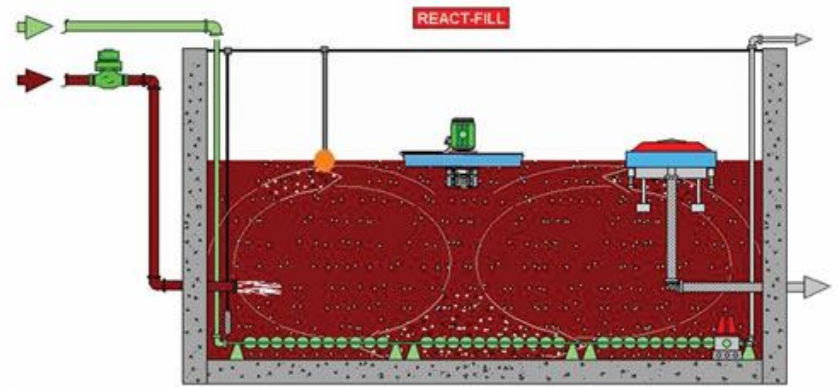


SBR postupak sa aktivnim muljem

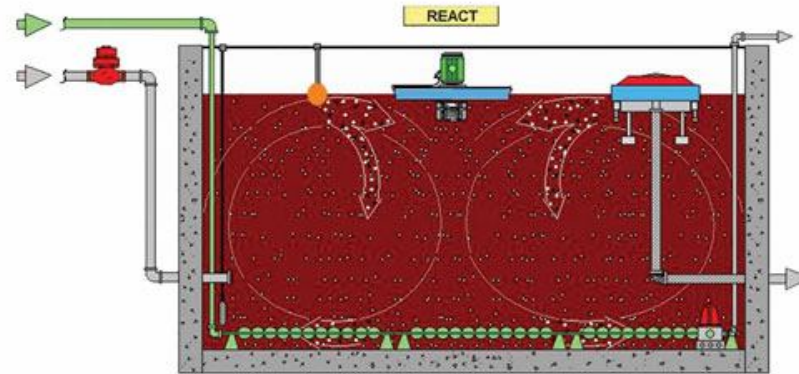
- SBR (*Sequencing Batch Reactor*) je diskontinualni postupak biološke obrade uv.
 - U jednom reaktoru se sekvencijalno odvijaju različiti delovi ukupnog procesa obrade:
 - "Sequencing" ukazuje na stalno ponavljanje delova procesa
 - "Batch" - prečišćavanje uv. Se odigrava šaržno u reaktoru
 - "Reactor" - primena reaktora
-



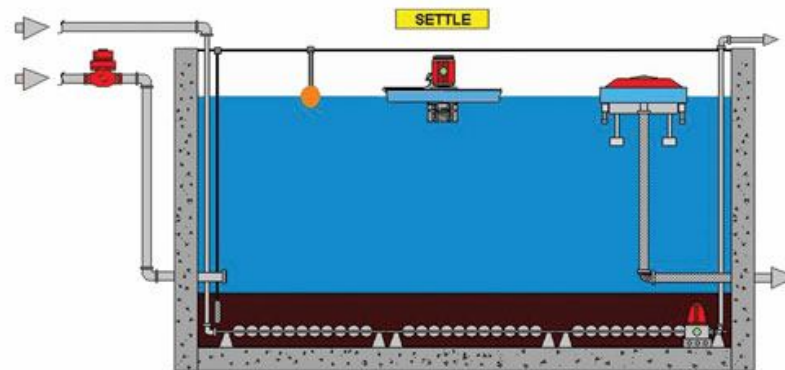
© 2006 Aqua-Aerobic Systems, Inc.



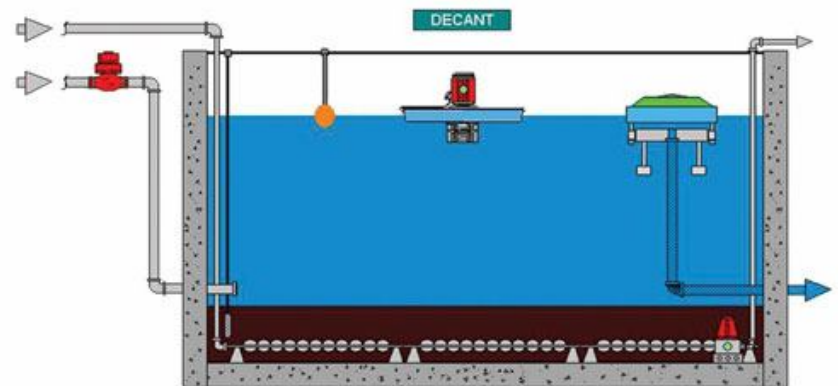
tems, Inc.



stems, Inc.



© 2006 Aqua-Aerobic Systems, Inc.



© 2006 Aqua-Aerobic Systems, Inc.

Prednosti u odnosu na konvencionalni postupak sa aktivnim muljem

- ▶ Niski investicioni troškovi,
 - ▶ Zahteva manju površinu zemljišta,
 - ▶ Visok kvalitet efluenta sa niskim sadržajem nutrijenata,
 - ▶ Uklanjanje nutrijenata bez upotrebe hemikalija,
 - ▶ Toleriše varijacije protoka i organskog opterećenja,
 - ▶ Bolja kontrola filamentoznog rasta i mogućih problema prilikom taloženja,
 - ▶ Postojeće postrojenje može često biti nadograđeno sa SBR modulima,
 - ▶ Manji zahtevi za kontrolom postupka
-

Nedostaci u odnosu na konvencionalni postupak sa aktivnim muljem

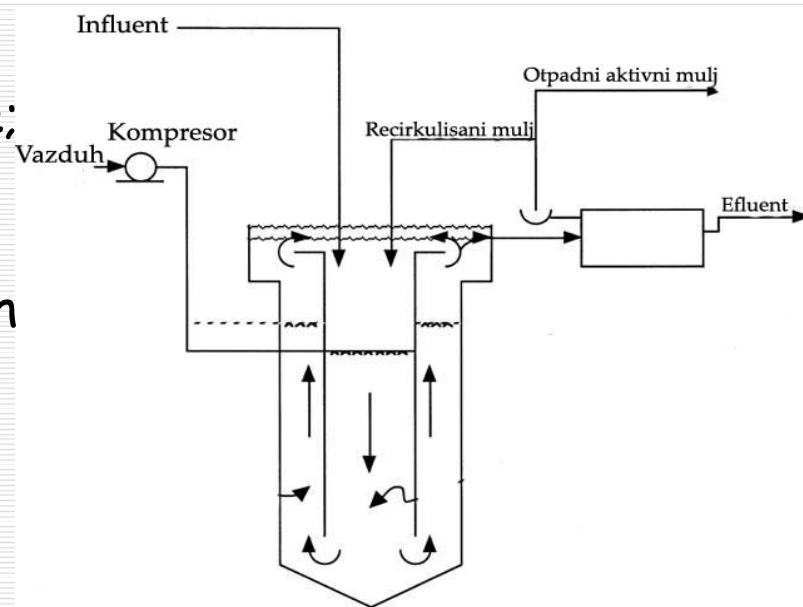
- ❑ Neophodan je **viši nivo sofisticiranosti**, usled postojanja automatizovane opreme za kontrolu procesa
 - ❑ Kompleksan rad, obično zahteva kompjutersko upravljanje
 - ❑ Zahteva poznavanje softvera za podešavanje procesa kada se menjaju karakteristike influenta
-

Sistemi sa dubokim šahtom

- Dubina šahta se kreće od 120 - 150 m, a kao aeracioni sistem se koristi U cev

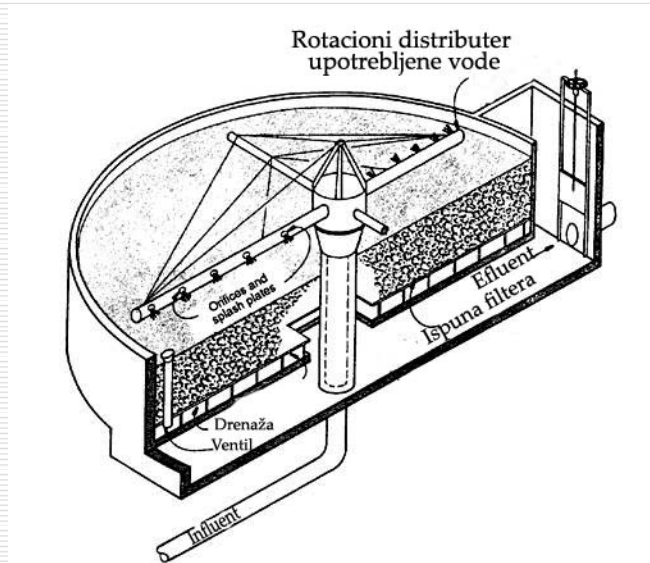
Prednosti su:

- niske pogonske i radne investicije;
- mali zahtevi za zemljišnim prostorom i
- dobro podnošenje visokih organskih opterećenja



Aerobni postupci sa imobilisanom mikroflorom

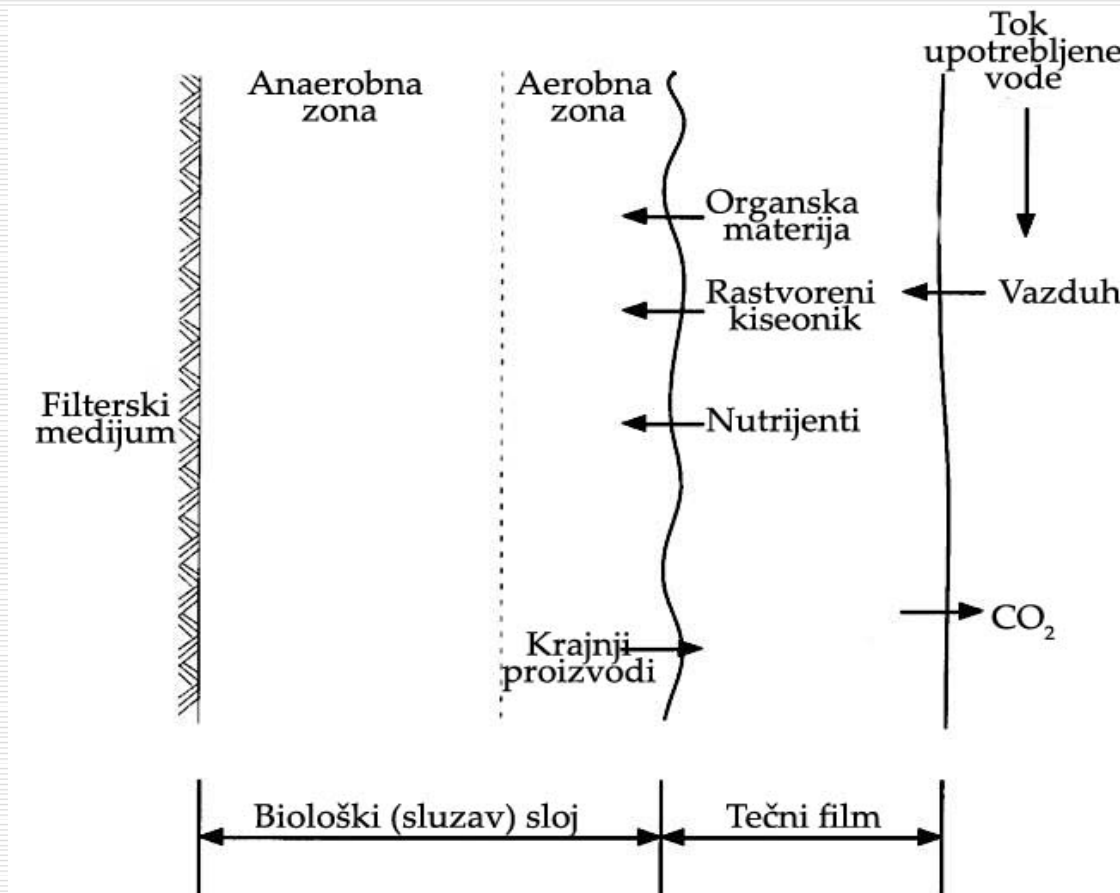
- Kapajući filter i Biodisk postupak
- Prva izvedba kapajućeg filtra je u Engleskoj 1893. godine



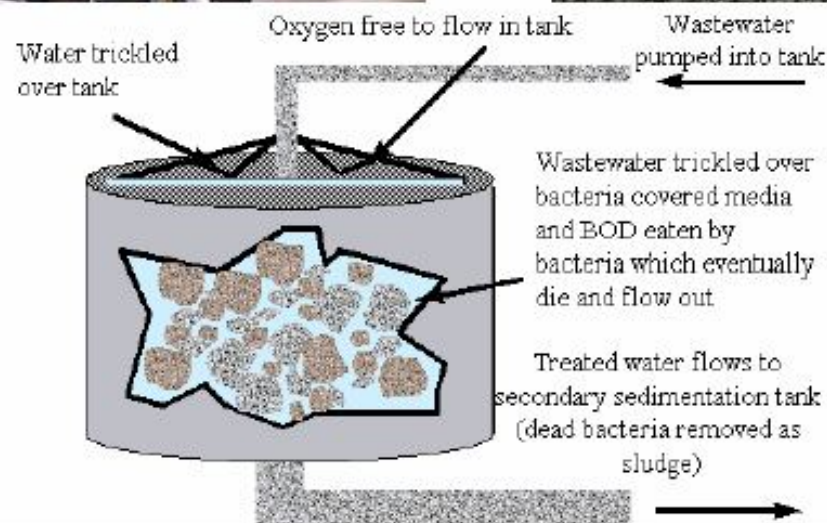
Kapajući filtri su često primenljiva alternativa za manje protoke uv. postupcima sa aktivnim muljem zbog manjih operativnih troškova i jednostavnijeg rada, ali im je manja efikasnost uklanjanja zagađujućih materija

- Kapajući filter se sastoji od:
 - Sloja krupnog materijala kao što su kamen...plastični medij
 - Drenažnog sistema
 - Distributera
-

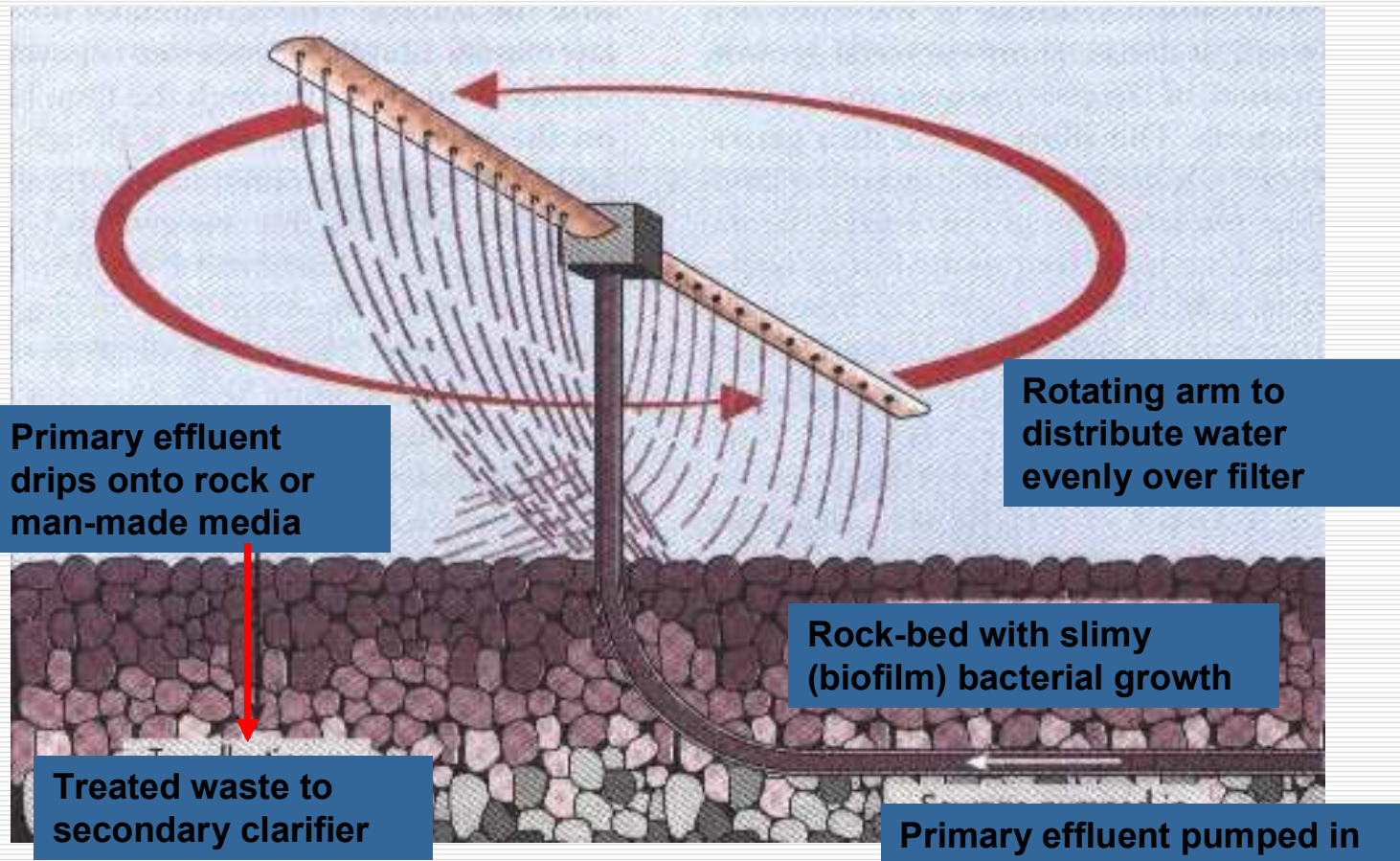
Biofilm se obrazuje na površini ispune, dok se kiseonik obezbeđuje difuzijom kiseonika kroz prazne prostore



Varijacije u populacije biološke zajednice javljaju se duž dubine filtra sa promenom org.opterećenja, hidrauličkog op., sastava influenta, pH, T, dostupnosti O₂.....



Trickling Filter



-
- Kapajući filtri su pogodni za obradu upotrebljenih voda sa HPK opterećenjem do 500 mg/l
 - Pri većim vrednostima HPK proces je limitiran brzinom prenosa kiseonika
 - Obrada upotrebljenih voda sa većim HPK opterećenjem dovodi do stvaranja anaerobnih zona u filtru, što je praćeno emisijom neprijatnih mirisa i padom efikasnosti prečišćavanja
-

Biodisk

- Biodisk je aerobni biofiltr sa rotirajućim plastičnim perforiranim biodiskovima postavljeni na malom rastojanju na horizontalnoj osovini, koji služe kao nosači imobilisane mikroflore
 - U toku rada biodiska mikroflora je 50% vremena izložena vazduhu, što biodisk postupku daje prednost nad kapajućim filterom za obradu zagađenije uv.
-

Biodisk

