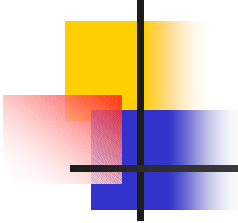


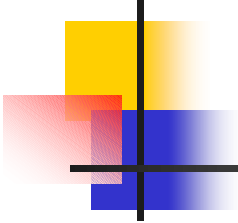
Prečišćavanje otpadne vode

- n Prečišćavanje otpadne vode je proces za smanjenje zagađenja do onih količina ili koncentracija s kojima prečišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju neopasne za život i ljudsko zdravlje i ne uzrokuju neželjene promjene u okolini.
- n Kod analize problema prečišćavanja otpadnih voda od osnovne važnosti su:
 - n Količina i svojstva otpadnih materija
 - n Svojstva prijemnika
 - n Uslovi ispuštanja otpadnih voda
 - n Procesi prečišćavanja otpadnih voda i obrade mulja



Svojstva otpadnih voda

- n S obzirom da otpadne vode predstavljaju mješavinu raznih vodom nošenih zagađenja (otpadaka), svojstva ovih voda ovise o njihovom porijeklu (kućanske, industrijske i oborinske).
- n Glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda jesu:
 - n Krupni (površinski otpaci; papir, krpe, kore od voća i povrća i ostali krupniji organski (za razgradnju troše kisik) i sintetički otpaci)
 - n Čvrste materije (u otopljenom, koloidnom ili lebdećem stanju (1 nm-1 μ m))
 - n Mikroorganizmi
 - n Hranjive soli
 - n Postojane materije
 - n Otrovne materije
 - n Radioaktivne materije
 - n Otopljeni gasovi
 - n Povišena temperatura vode



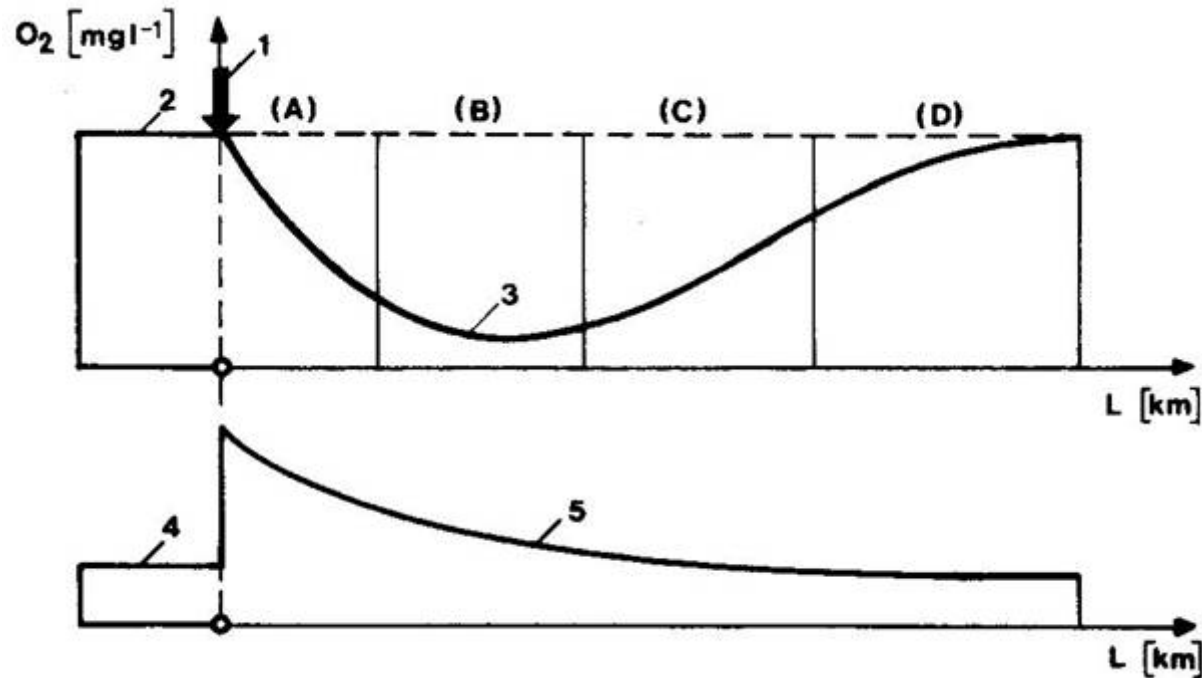
Svojstva prijemnika

- n Za ispuštanje otpadnih voda koriste se kao prijemnici:
 - n Prirodni vodni sustavi (vodotoci, jezera i mora)
 - n Umjetni vodni sustavi (kanali i akumulacije)
 - n Zemljište
- n Za ispuštanje otpadne vode u vodne sustave važne voditi računa o njihovim osobinama:
 - n Hidrološkim i hidrauličkim (količina vode, razina vode, pronos nanosa i pojava leda)
 - n Fizikalnim, kemijskim, biološkim i bakteriološkim osobinama (boja, miris, mutnoća, temperatura, koncentracija vodikovih iona, elektroprovodljivosti, ukupnom suhom ostatku, ukupnoj tvrdoći, otopljenim plinovima, otopljenim, koloidnim i lebdećim organskim i anorganskim tvarima, mikroorganizmima, biljnim i životinjskim zajednicama)

- n Razgradnja organskih tvari, život flore i faune i mikroorganizama troši kisik. Obnavljanje kisika umanjeno je u otpadnim vodama zbog prisutstva plivajućih masti i detergenata te povišene temperature otpadne vode.
- n Za vodu se kaže da je **zasićena** kisikom ako sadrži maksimalnu količinu otopljenog kisika koju može primiti pri danoj temperaturi i tlaku.
- n Dok u vodi ima dovoljno kisika za odvijanje aerobnih procesa zadržati će se osobine prijemnika, u suprotnom doći se postupno do smanjenja kisika i do anaerobnih procesa truljenja te pojave neugodnih mirisa.
- n Stoga količina otopljenog kisika predstavlja temeljni kriterij čistoće (zagađenja) prijemnika.
- n Prijemnici imaju mogućnost obnavljanja kisika. Iz navedenog slijedi da svaki prijemnik ima sposobnost razgradnje organske tvari, što nazivamo sposobnošću **samopročišćavanja (autopurifikacije) prijemnika.**

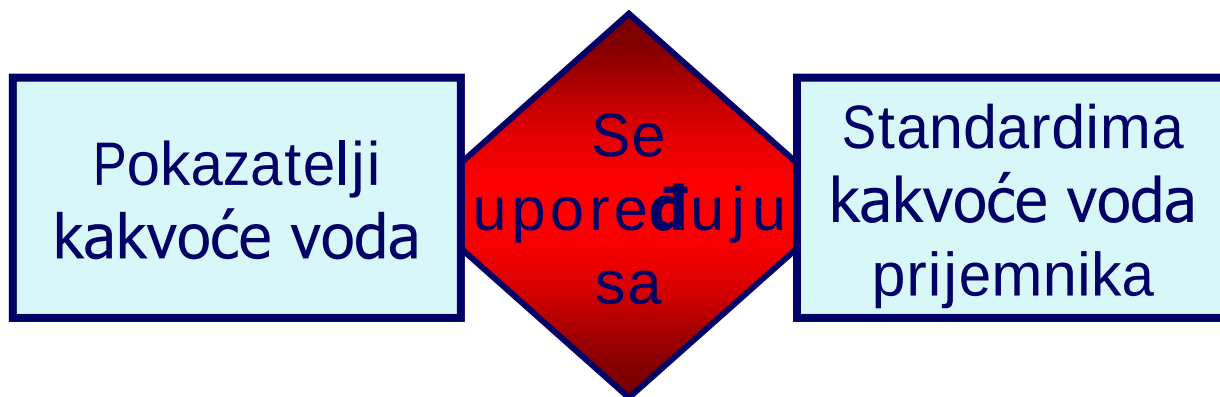
n Proces samopročišćavanja u prijemniku (vodotoku) odvija se u četiri područja:

- n Područje onečišćenja (zona degradacije) - A
- n Područje razgradnje (zona dekompozicije) - B
- n Područje oporavka (zona regeneracije) - C
- n Područje čiste vode - D

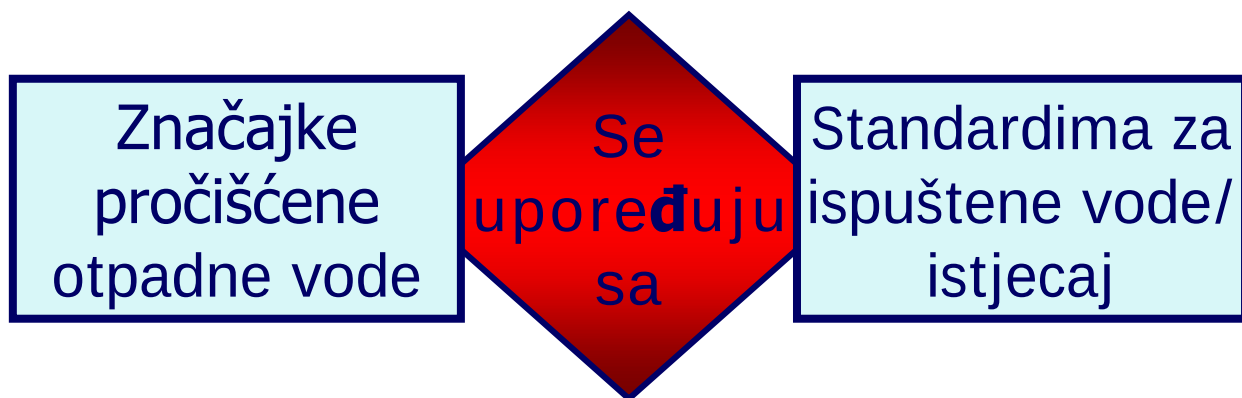


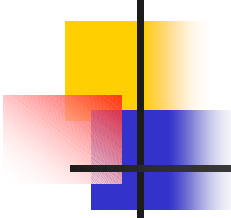
Područja samopročišćavanja prijemnika

- 1 – ispušt otpadnih voda
- 2 – početno stanje otopljenog kisika
- 3 – krivulja otopljenog kisika
- 4 – početno stanje BPK
- 5 – BPK



ili





Vrste pročišćavanja otpadnih voda

- n Zavisno od svojstava otpadnih voda i potrebnog stupnja njihovog pročišćavanja razlikujemo:
 - n Mehaničko ili prethodno (primarno) pročišćavanje
 - n Biološko ili naknadno (sekundarno) pročišćavanje
 - n Fizikalno-kemijsko (tercijarno) pročišćavanje} konvencionalno pročišćavanje
- n Mehaničko pročišćavanje je prethodna faza biološkog i fizikalno-kemijskog pročišćavanja jer se njime uklanjaju tvari koje bi mogle oštetiti uređaje biološkog i fizikalno-kemijskog pročišćavanja.
- n Neke faze mehaničkog pročišćavanja imaju i osobine fizikalno-kemijskih procesa pa je možda bolje umjesto naziva mehaničko pročišćavanje koristiti termin primarno pročišćavanje.
- n Pročišćavanje otpadne vode provodi se u objektima s odgovarajućom elektrostrojarskom opremom – uređaji za pročišćavanje otpadne vode.



Mehaničko (primarno) pročišćavanje

n Obuhvaća faze:

- n Rešetanje i/ili usitnjavanje
 - n Taloženje (pjeskolov) i isplivavanje (mastolov)
 - n Izjednačavanje (egalizaciju) i/ili neutralizaciju – industrijske otp.v.
- } kućanske otp.v.

n **REŠETANJE** je proces uklanjanja krupne tvari (lišća, krpe, staklo, komadići drveća, plastike,...) iz otpadnih voda radi zaštite crpki i drugih dijelova uređaja za pročišćavanje pomoću rešetki (grube, srednje i fine rešetke) i sita. (vidi prošla predavanja "Zaštitni uređaji")

n **USITNJAVANJE** je proces koji ili potpuno zamjenjuje rešetanje ili se primjenjuje nakon grube rešetke. Krupne tvari se usitne i isijeku na čestice 3 – 8 mm, pomoću usitnjivača (kominutora), i odvođe na daljne pročišćavanje bez opasnosti začepljenja i oštećenja crpki i drugih dijelova uređaja. (vidi prošla predavanja "Zaštitni uređaji")



Mehaničko pročiščavanje – rešetka
(pivovara Buzet)



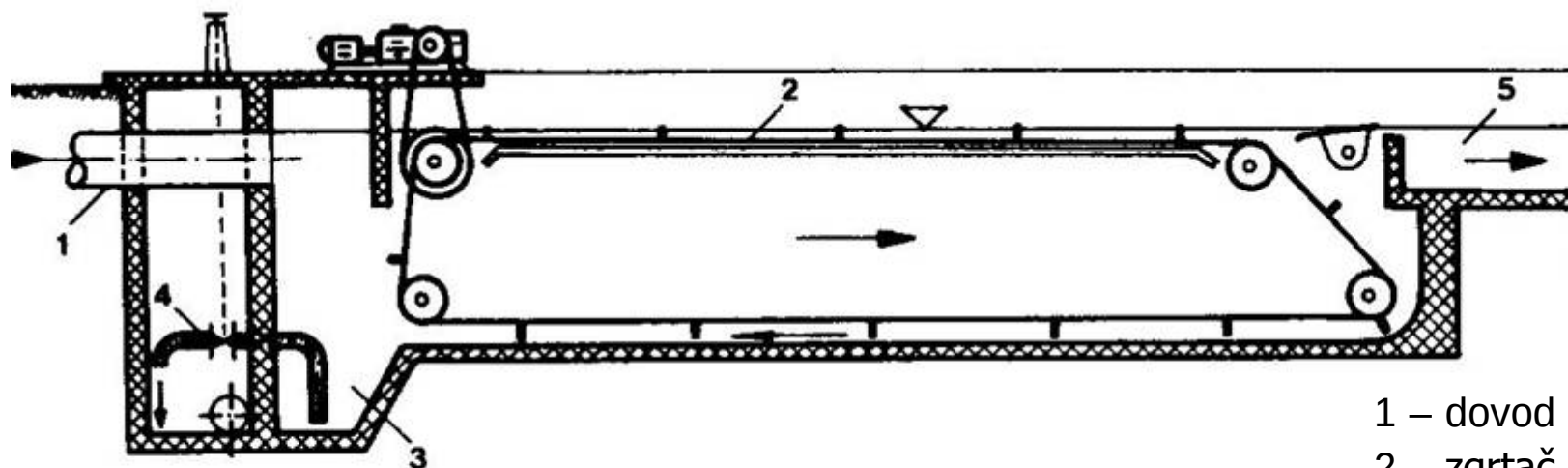
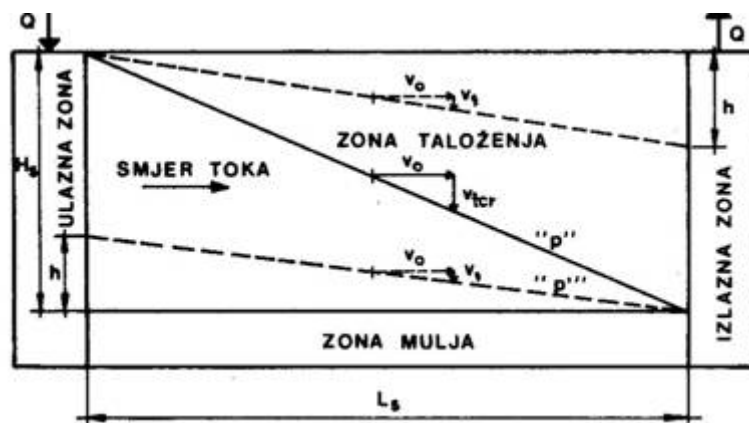
Mehaničko pročiščavanje – rešetka (Delta)



Mehaničko pročišćavanje – rešetke
Otpadne vode Varaždina



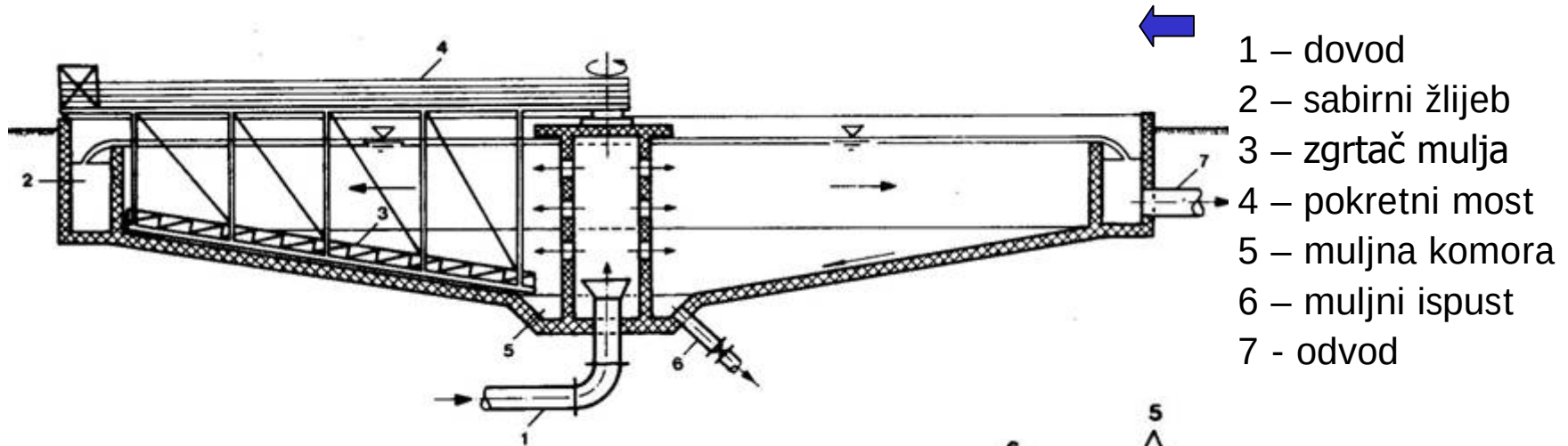
- n **TALOŽENJE** je proces izdvajanja pijeska i ostalih krupnijih čestica mineralnog porijekla iz otpadnih tvari (kod mehaničkog čišćenja), radi zaštite rotora crpki, abrazije stijenki cjevovoda i ostalih uređaja. Taloženje se odvija u taložnicima (pjeskolovima). (vidi prošla predavanja "Zaštitni uređaji")



- 1 – dovod
- 2 – zgrtač mulja
- 3 – muljna komora
- 4 – muljni ispust
- 5 – odvod

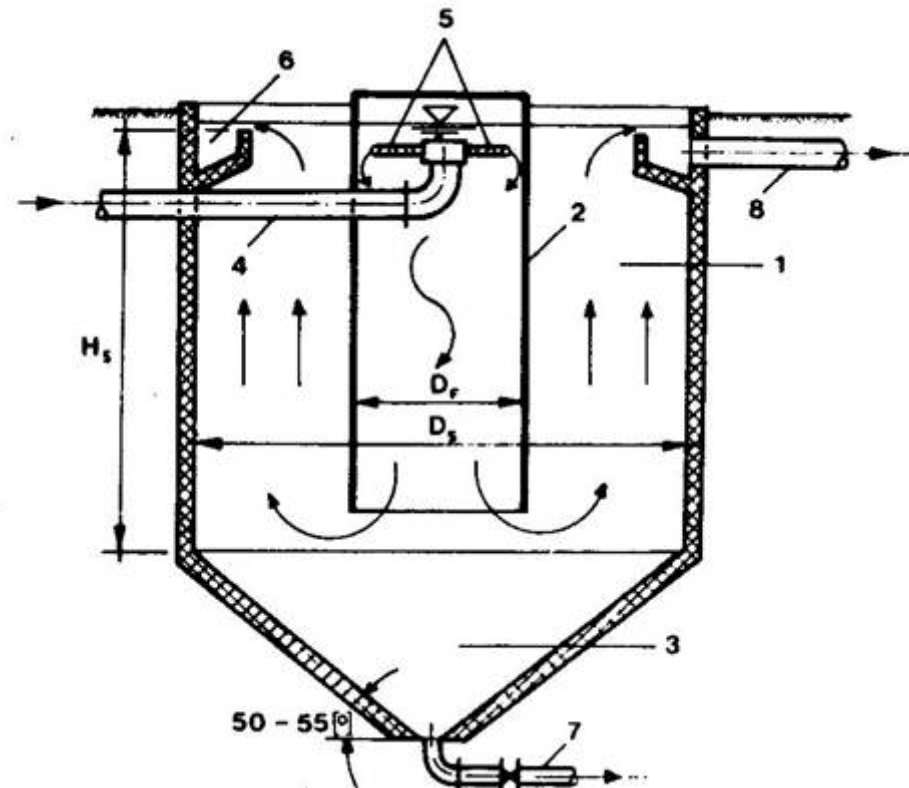
Taloženje čestica u horizontalnom pravokutnom taložniku

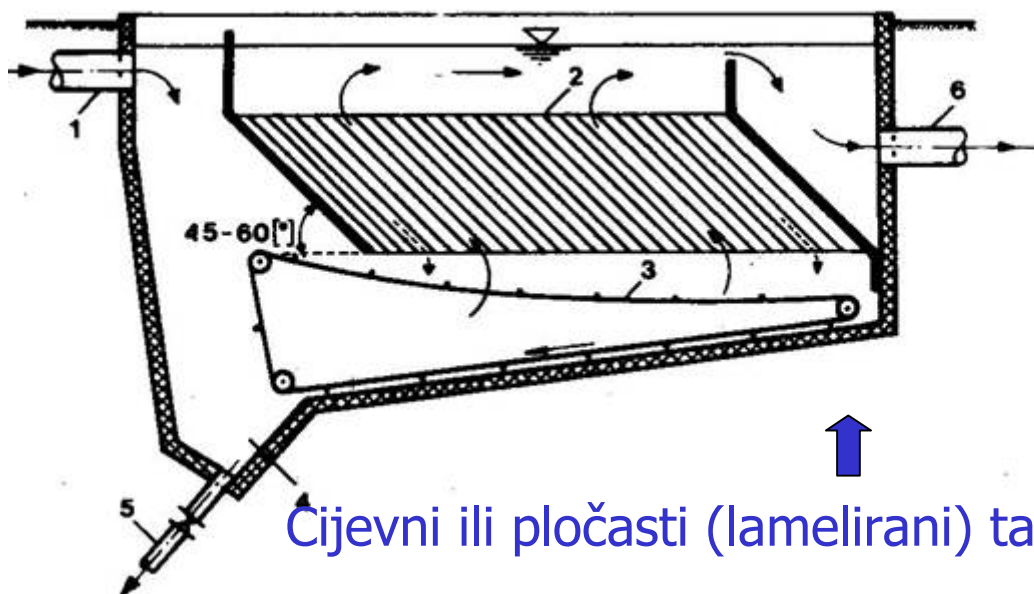
Horizontalni okrugli taložnik



Vertikalni taložnik

- 1 – zona taloženja
- 2 – flokulator
- 3 – zona mulja
- 4 – dovod
- 5 – mlaznice
- 6 – sabirni žlijeb
- 7 – muljni ispust
- 8 – odvod



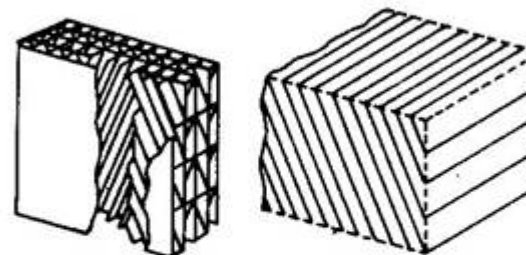


↑
Cijevni ili pločasti (lamelirani) taložnik

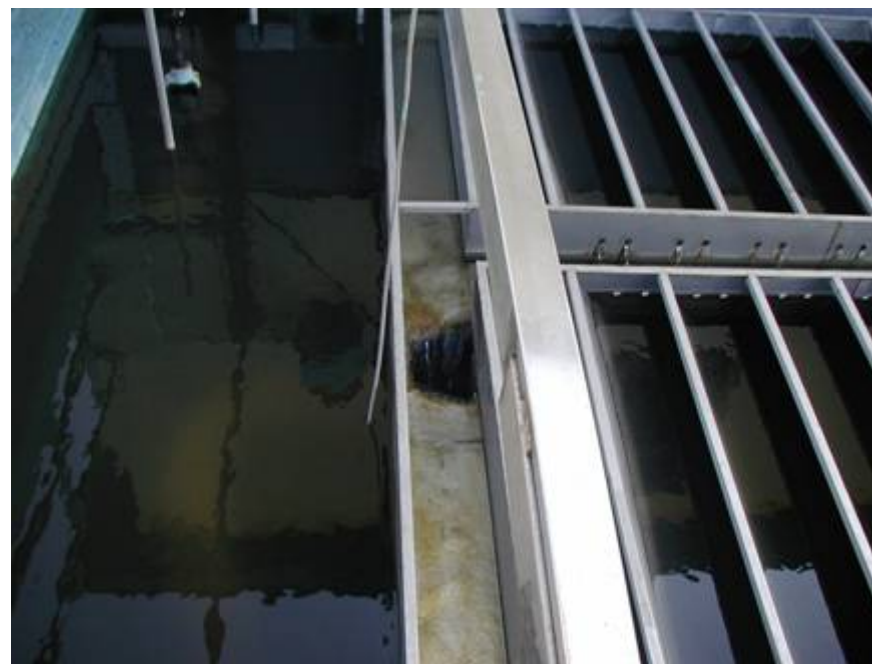
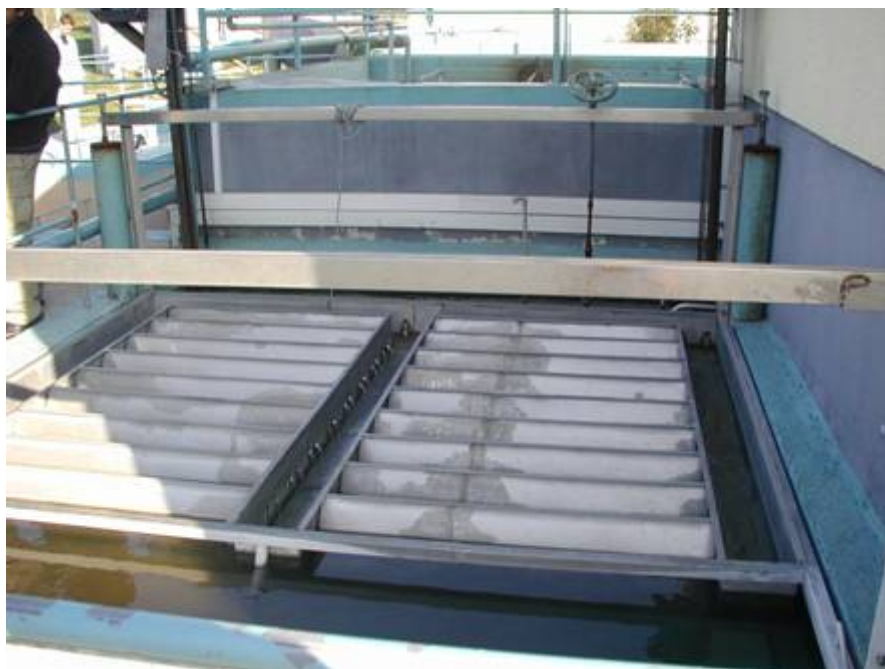
Detalj:

sustava cijevi

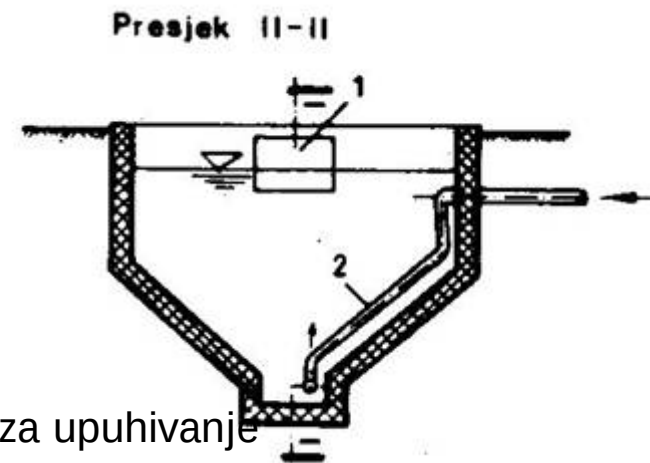
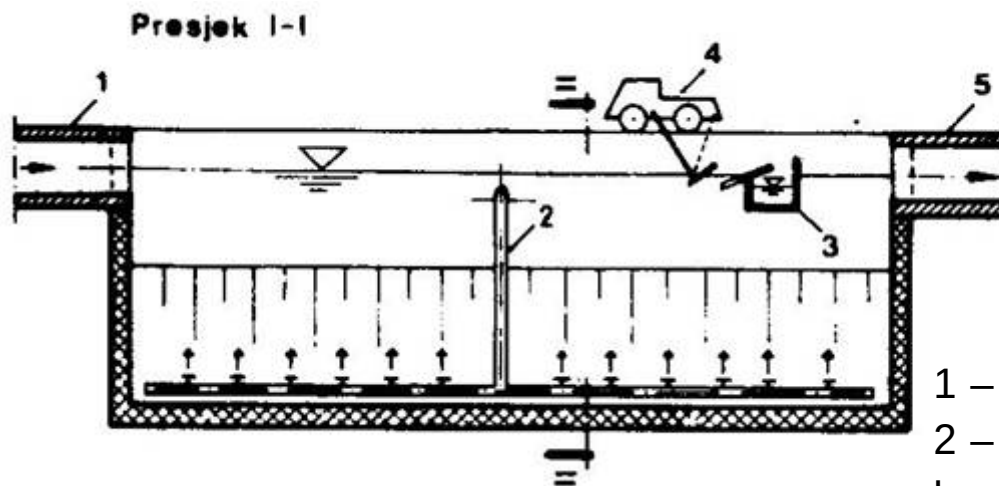
sustava ploča



- 1 – dovod
- 2 – sustav cijevi ili ploča
- 3 – zgrtač mulja
- 4 – muljna komora
- 5 – muljni ispust
- 6 – odvod



- n ISPLIVAVANJE (FLOTACIJA) je proces uzlaznog kretanja čestica raspršenih u vodi kojima je gustoća manja od gustoće vode, a to su ulja i masti pa se takvi uređaji tzv. **flotatori** još nazivaju **mastolovi**.
- n Isplivavanje može biti:
 - n Prirodno (gustoća tvari manja od gustoće vode) - **flotatori**
 - n Stimulirano (upuhivanjem komprimiranog zraka, areacijom, u sitnim mjehurićima, koji se lijepe za čestice gustoće veće od gustoće vode, koje potom izdižu na površinu) – **aerirani flotatori**
- n Voda se u flotatorima zadržava 3 – 5 min, a brzina protjecanja iznosi 0,015 m/s.



Aerirani jednokomorni flotator

- 1 – dovod
- 2 – sustav za upuhivanje komp. zraka
- 3 – pregrada za sakupljanje plivajućih tvari
- 4 – zgričak plivajućih tvari
- 5 – odvod



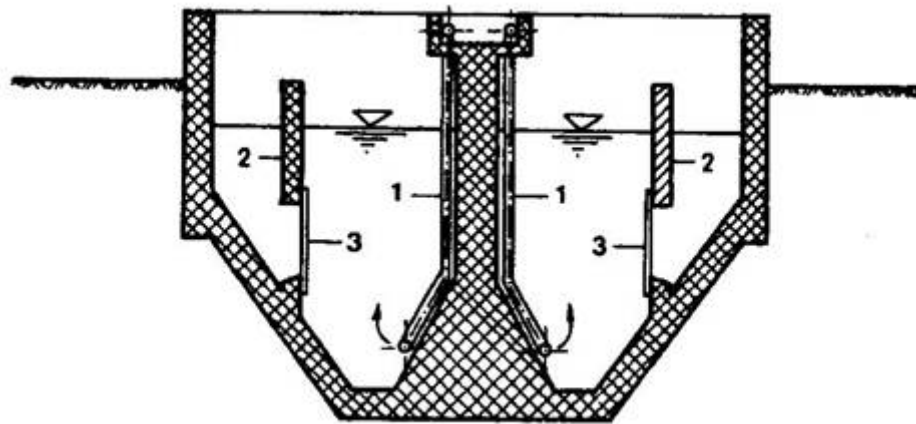
Aerirani flotator





Aerirani flotator (kondicioniranje vode za piće iz Botonege)

- n Za kućanske otpadne vode može se zajedno provoditi taloženje pijeska u isplivavanje ulja i masti u jednom objektu.



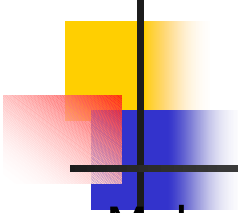
- 1 - sustav za upuhivanje komp. zraka
- 2 – uzdužne pregrade
- 3 – hrastove platice

Aerirani dvokomorni pjeskolov i flotator

- n **IZJEDNAČAVANJE (EGALIZACIJA)** je proces zadržavanja otpadnih voda u spremniku da se izjednače temeljna svojstva vode (koncentracija vodikovih iona, boja, mutnoća, BPK itd), uz dodatne učinke zbog fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena tokom zadržavanja, za pospješivanje ovog procesa koriste se miješalice i aeracija. Ovaj proces se u načelu primjenjuje za industrijske otpadne vode.
- n **NEUTRALIZACIJA** je proces za promjenu koncentracije vodikovih iona, pH vrijednosti, u industrijskim otpadnim vodama (koje često sadrže kisele i bazične sastojke). Dozvoljeno je ispuštane otpadnih voda s pH vrijednostima od 6 do 9. Neutralizacija se provodi mješanjem kiselih i bazičnih otpadnih voda ili dodavanjem reagenasa (natrijeve lužine u kisele vode, sumporne kiseline bazične vode).



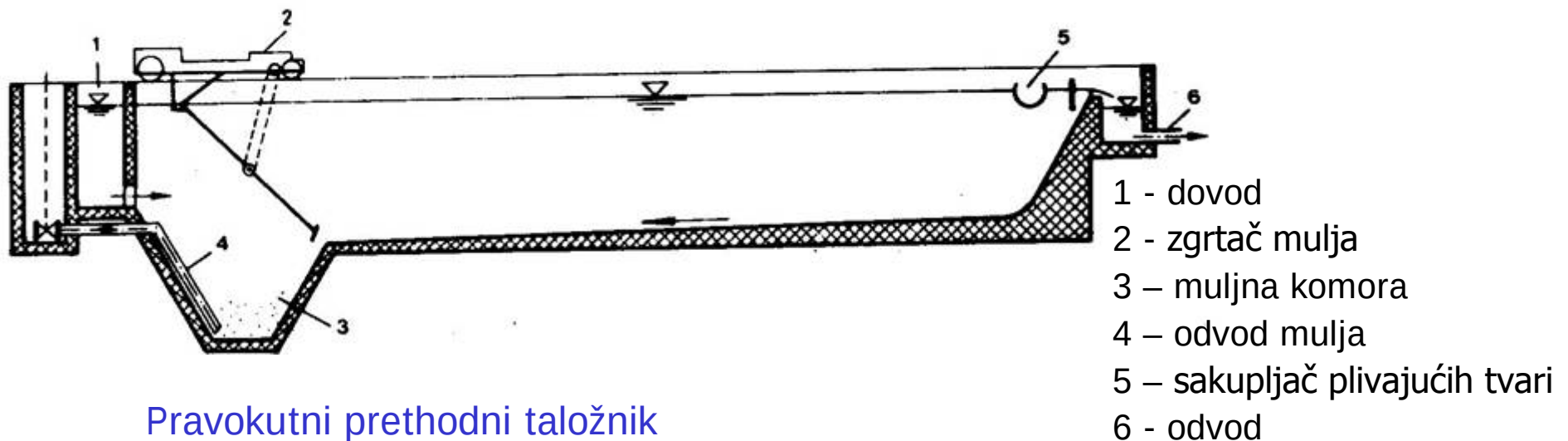
Rezervoar za egalizaciju



Biološko (sekundarno) pročišćavanje

- n Mehaničkim pročišćavanjem uklanja se manji dio onečišćenja (krupni otpaci, brzo taložive krutine, ulja i masti), dok veći dio onečišćenja ostaje u otpadnim vodama (organske i anorganske krutine u otopljenom i koloidnom stanju, mikroorganizmi, hranjive soli, pesticidi, detergentski, otrovne i radioaktivne tvari), koje se onda uklanja biološkim ili fizikalno-kemijskim pročišćavanjem.
- n Biološko pročišćavanje obuhvaća slijedeće faze:
 - n Mehaničko pročišćavanje (rešetanje i/ili ustinjavanje, taloženje u pjeskolovima i isplivavanje, izjednačavanje i/ili neutralizacija)
 - n Taloženje (u prethodnim taložnicima) i isplivavanje
 - n Biološke procese (u aeriranim spremnicima s aktivnim muljem, lagunama, prokapnicima, okretnim biološkim nosačima, anaerobnim digestorima)
 - n Taloženje u naknadnim taložnicima, isplivavanje i procjeđivanje
 - n Dezinfekciju

- n **TALOŽENJE** se kod sekundarnog (i tercijarnog) pročišćavanja otpadnih voda primjenjuje za smanjenje anorganske i dijela organske lebdeće tvari.
- n **Taloženje u prethodnim taložnicima** se primjenjuje za uklanjanje suspenzija koje se u otpadnim vodama nalaze u obliku zrna i pahuljica, prije odvođenja vode na biološke procese pročišćavanja.



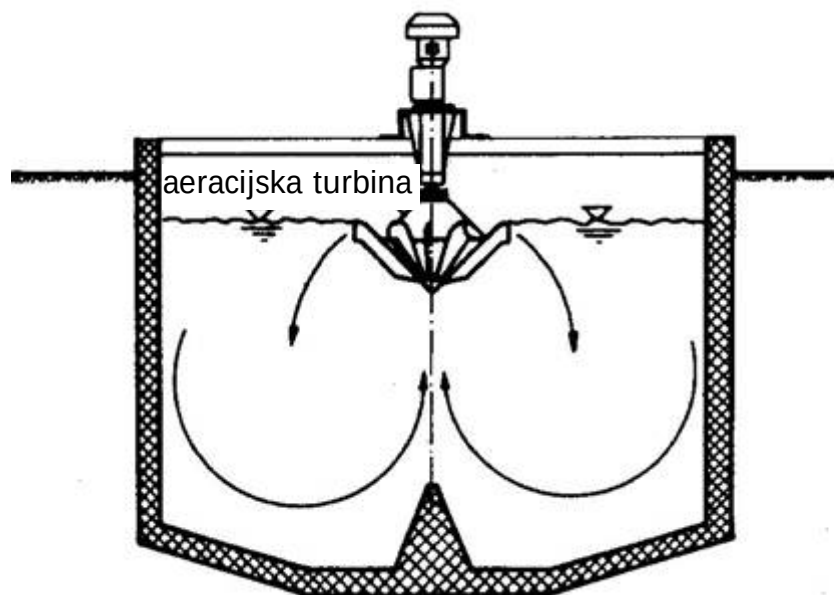
Pravokutni prethodni taložnik

- n **Taloženje u naknadnim taložnicima** se primjenjuje za bistrenje vode pročišćene biološkim procesima u kojoj se još nalazi pahuljičastog mulja. Najčešće su kružnog tlocrta. Kod ovih taložnika kao i kod svih navedenih taložnika količina istaloženih čestica ovisi o vremenu zadržavanja vode u taložniku.

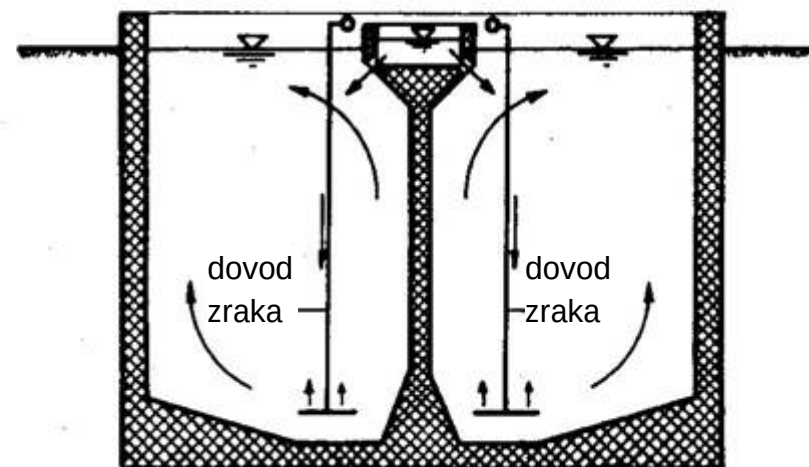
- n **BIOLOŠKI PROCESI** se primjenjuju za pročišćavanje kućanskih i industrijskih otpadnih voda s pretežnim udjelom organske (biološki razgradive) tvari i sa sadržajem opasnih tvari ispod kritičnih koncentracija.
- n Biološko pročišćavanje se temelji na aktivnosti mikroorganizama koji razgrađuju mrtvu organsku tvar upotrebljavajući je kao hranu za gradnju novih stanica, uz stvaranje plinova i nerazgradivog ostatka.
- n Prema količini otopljenog kisika u otpadnoj vodi mogući su slijedeći procesi:
 - n **Aerobna gradnja i razgradnja stanica** – nastaju kada u vodi ima dovoljno otopljenog kisika, koji se troši pri razgradnji organske tvari te razgradnji vlastitih stanica
 - n **Anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja** – nastaju kada u vodi nema otopljenog kisika, bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku tvar do organskih kiselina koje su hrana za metanske bakterije
 - n **Bakteriološka oksidacija i redukcija** – oksidacija željeza, mangana i sumpornih spojeva, te redukcija i oksidacija dušikovih spojeva

Način održavanja mikroorganizama	Objekti	
	Aerobni procesi	Anaerobni procesi
Mikroorganizmi suspendirani u vodi	1. Aerirani spremnici s aktivnim muljem (bioaeracijski bazeni) 2. Lagune (aerobne i aerirane)	1. Digestori (anaerobni) 2. Lagune (anaerobne)
Mikroorganizmi pričvršćeni na podlozi (u obliku biološke opne)	1. Prokapnici (biološki filtri) 2. Okretni biološki nosači (biodiskovi)	1. Lagune (anaerobne) 2. Procjeđivači (anaerobni)

Najčešći objekti za odvijanje bioloških procesa prema načinu održavanja mikroorganizama



Površinska aeracija



Dubinska aeracija

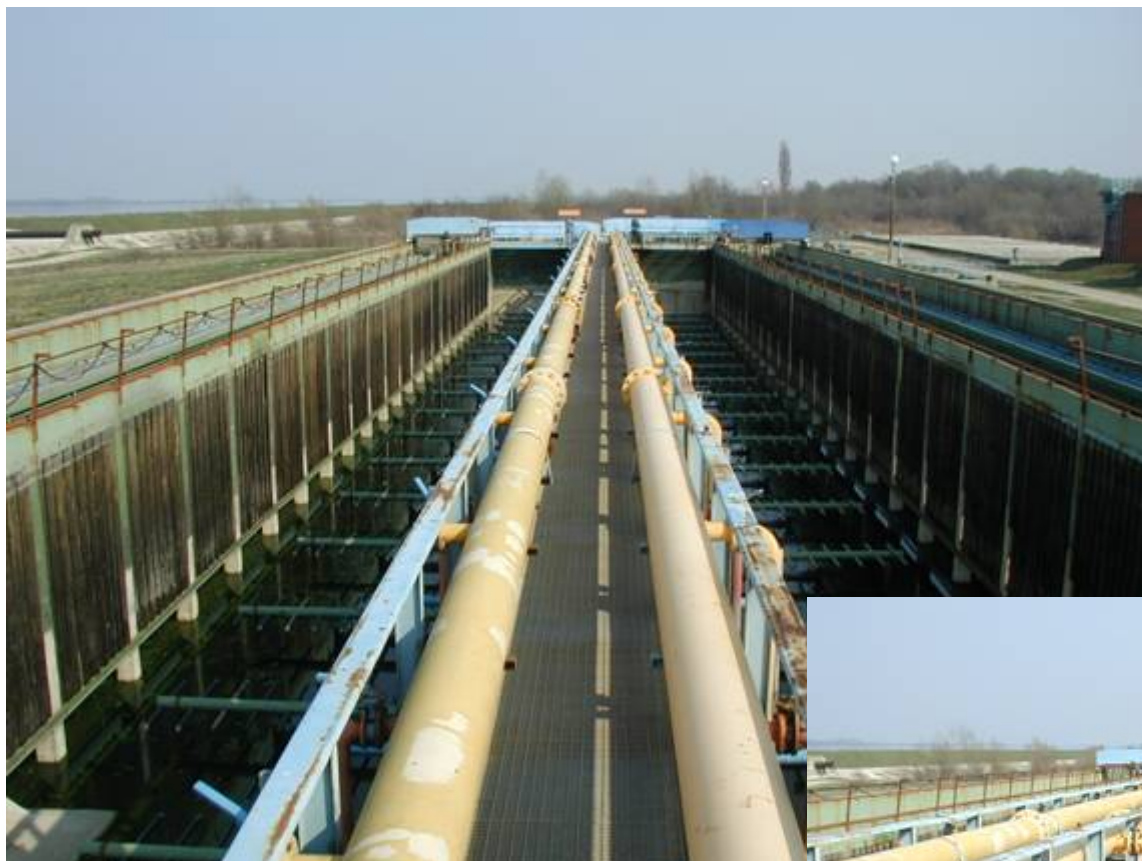
Aerirani spremnici s aktivnim muljem



Aerirani spremnici s
aktivnim muljem

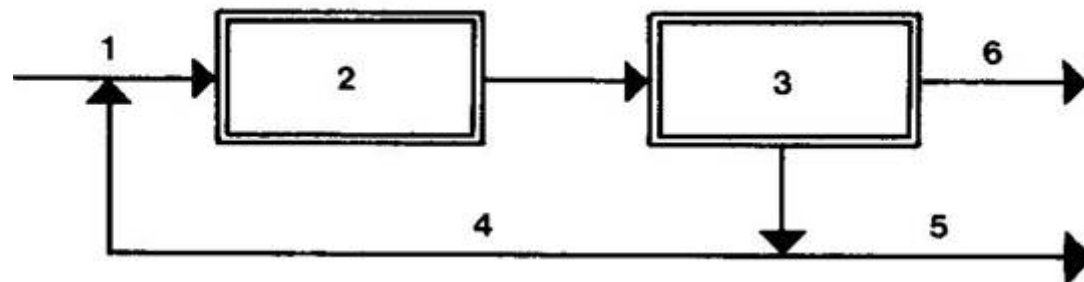
*Pročiščavanje odpadnih voda
pivovare Buzet*





Aerirani spremnici
*Pročišćavanje otpadnih voda
grada Varaždina*

- n Aktivni mulj je masa mikroorganizama raspršenih u spremniku koji u aerobnim prilikama mogu razgrađivati organsku tvar.

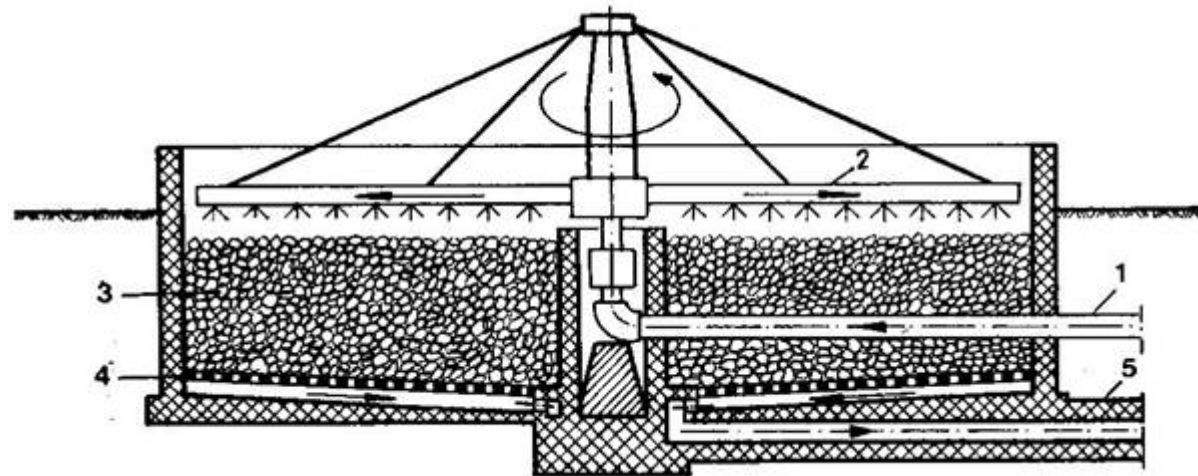


- 1 - dovod
- 2 - aerirani spremnik s aktivnim muljem
- 3 – naknadni taložnik
- 4 – povrat mulja
- 5 – odvod viška mulja
- 6 - odvod

Tipična pogonska shema uređaja s aktivnim muljem

- n **LAGUNE** su relativno plitki, prostrani, zemljani spremnici u kojima se razgrađuju organske tvari. Pročišćavanje otpadnih voda analogno je samopročišćavanju voda u vodnim sustavima. Dio organizama raspršen je u vodi, a dio na dnu. Ekonomski su prihvatljive pa se često koriste za manja naselja i pročišćavanje industrijskih otpadnih voda koje su biološki razgradive.
- n Lagune mogu biti:
 - n Aerobne
 - n Anaerobne
 - n Fakultativne (aerobno-anaerobne)
 - n Aerirane

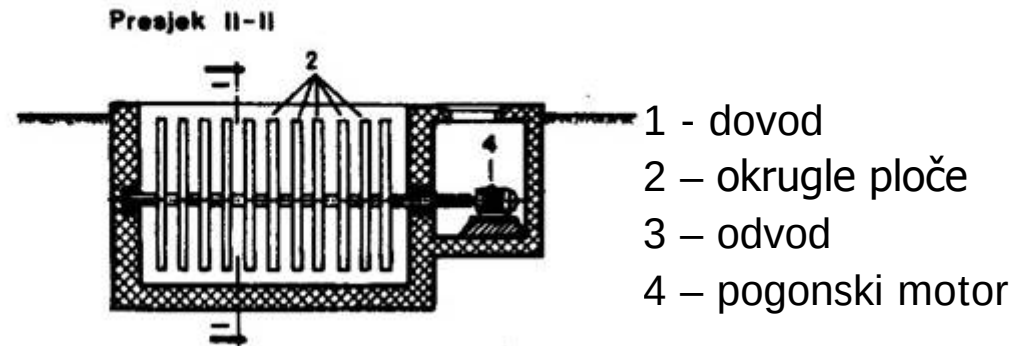
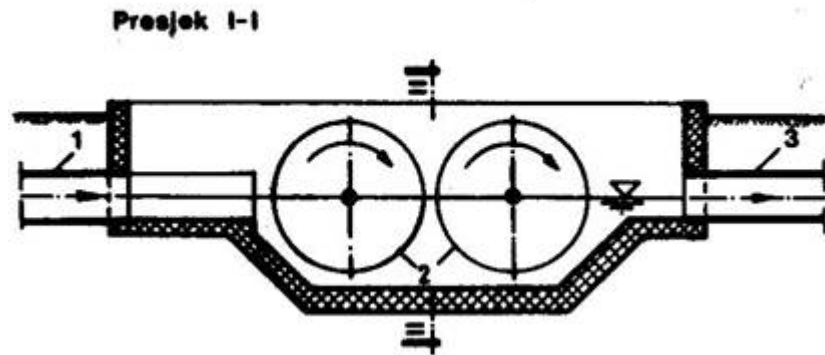
- n **PROKAPNICI** su spremnici ispunjeni čvrstim tijelima (kamenom, troskom, lomljenom opekom i crijepom, plastičnim komadima), na kojima je opna od mikroorganizama, koji razgrađuju otpadnu tvar. Voda se prokapljuje kroz ispunu, a u suprotnom smjeru struju zrak.



Prokapnik

- 1 - dovod
- 2 – prskalice (fiksne ili pokretne)
- 3 – ispuna
- 4 – drenaža
- 5 – odvod

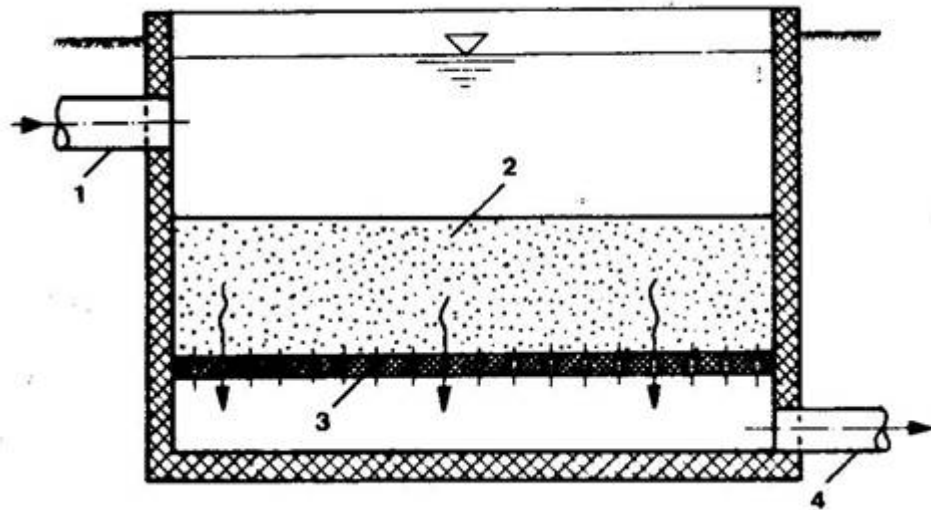
- n **OKRETNi BIOLOŠKI NOSAČI** se sastoje od okruglih ploča (diskova) nanizanih s malim međuprostorom na (jednu ili više) horizontalnu osovinu i uronjenih do polovice promjera u spremnik s otpadnom vodom. Biološka opna se prozračuje laganim okretanjem osovine tako da je uvijek jedna polovica diska u vodi. Nakon prokapsnika i okretnih bioloških nosača voda se odvodi u naknadne taložnike.



Okretni biološki nosač

- n **ANAEROBNI DIGESTORI** primjenjuju se za pročišćavanje otpadnih voda s vrlo visokim organskim opterećenjem (otpadne vode prehrambene industrije).
- n Anaerobna razgradnja organske tvari se odvija u zatvorenim spremnicima (bez pristupa zraka) uz kiselo i metansko vrenje. Kao proizvod nastaje metan koji se može koristiti kao gorivo.

- n **PROCJEĐIVANJE** se koristi radi zadržavanja krutina prisutnih u otpadnoj vodi.
- n Procjeđivanje može biti:
 - n Površinskim procjeđivačima (tlačni, vakumski, trakasti, mikrosita), gdje voda procjeđuje kroz prorupčanu podlogu
 - n Dubinskim procjeđivačima (gravitacijski, tlačni, vakumski), gdje voda procjeđuje kroz granulirani materijal, češće se koriste



Shema gravitacijskog procjeđivača

- 1 – dovod vode
nakon taloženja
- 2 – filtarski sloj
- 3 – drenaža
- 4 – odvod filtrirane vode

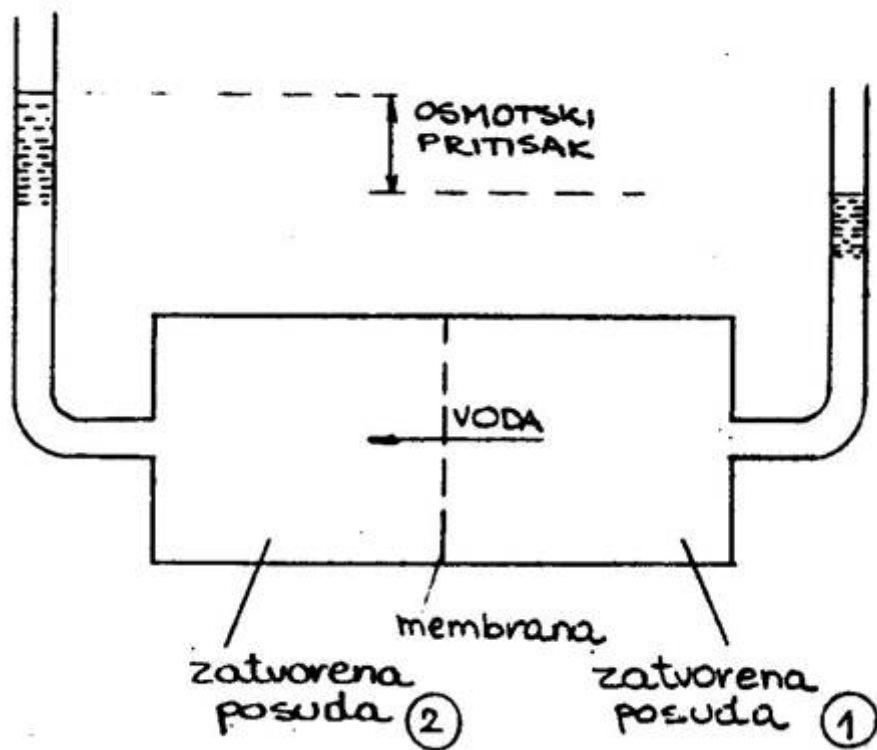
- n **DEZINFEKCIJA** se postiže primjenom klora, klorni spojevi, ozon, brom, jod, ultraljubičaste zrake, dezinfekcija toplinom (mulj) i zračenjem.



Fizikalno-hemijsko (tercijarno) pročišćavanje

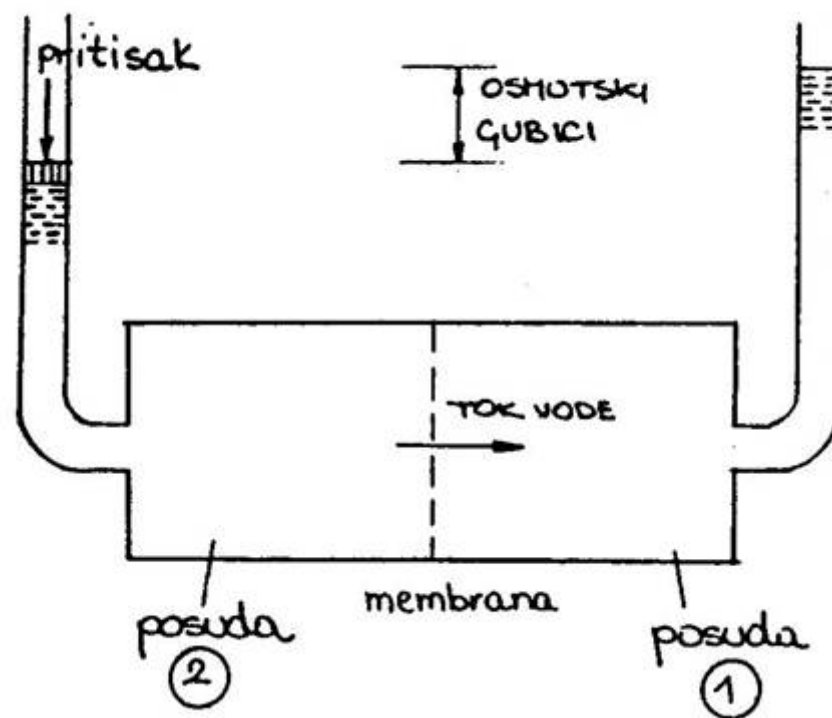
- n Fizikalno-hemijsko pročišćavanje obuhvaća slijedeće faze:
 - n Mehaničko pročišćavanje (rešetanje i/ili ustinjavanje, taloženje u pjeskolovima i isplivavanje, izjednačavanje i/ili neutralizaciju)
 - n Zgrušavanje (koagulacija), pahuljičenje (flokulacija) i kemijsko obaranje (percipitacija)
 - n Talozenje, isplivavanje i procjeđivanje
 - n Adsorpcija, ionska zamjena i membranski procesi
 - n Dezinfekcija
- n **Zgrušavanje** (koagulacija) je proces destabilizacije koloida i fosfata. Ovim se procesom smanjuje količina pjene i masnoća u otpadnim vodama iz rafinerija i čeličana. Dodaju se koagulanti, a nakon koagulacije slijedi proces miješanja i stvaranja flokula (pahuljica, a on se naziva flokulacija (pahuljičenje)).
- n **hemijsko obaranje** je proces kojim se uklanjaju nepoželjne otopljene tvari iz otpadnih voda dodavanjem reagensa, pri čemu se kemijskim reakcijama stvaraju neotopivi spojevi koji se talože na dno spremnika, a može se odvijati istovremeno sa zgrušavanjem. Ovim se procesom mogu ukloniti i neki teški metali.

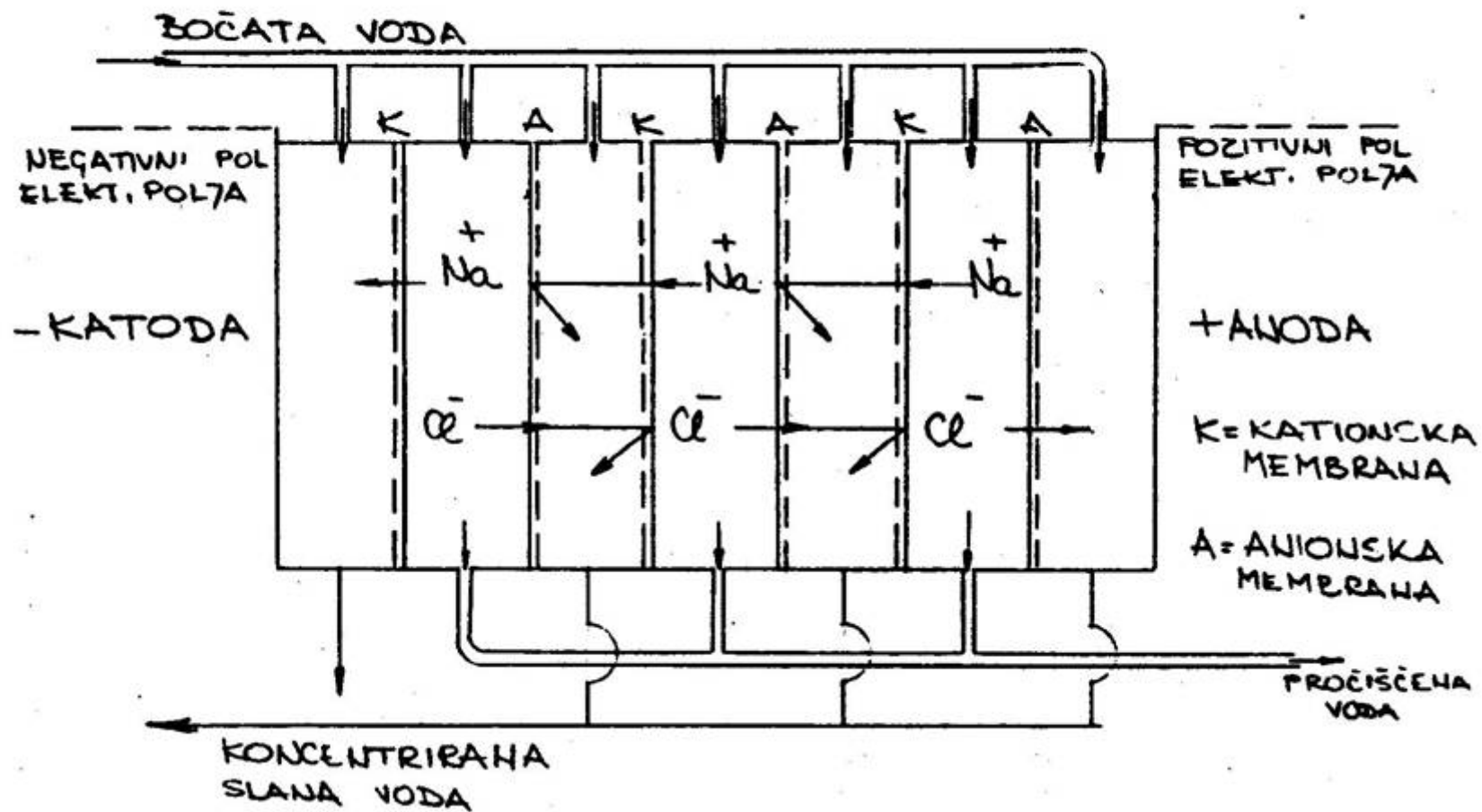
- n **Adsorpcijom** se iz otpadnih tvari uklanjaju nerazgradivi spojevi, mirisi i boje. Kao asorbenti koriste se fina ilovača, silicij, aktivna glina i aktivni ugljen. Služe kao filtarski materijal dubinskih procjeđivača.
- n **Ionska zamjena** je proces zamjene iona između krutine (ionskog zamjenjivača) i vode (otopine elektrolita). Provodi se u ionskim izmjenjivačima koji se izvode kao zatvoreni dubinski procjeđivači, a najčešće se primjenjuju za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda koje sadrže teške metale, fosfate i dušik.
- n **Membranski procesi** su procesi kojima se kroz polupropusne membrane propušta voda i neke otopljene tvari, a zadržavaju tvari koje treba ukloniti iz vode. Tu spadaju slijedeći procesi:
 - n Inverzna osmoza (u spremniku s većom koncentracijom zagađenja povećá se tlak na veći od osmotskog, te voda otječe iz njega u spremnik s manjom koncentracijom prolazeći kroz membranu)
 - n Elektrodijaliza (uklanjanje iz vode iona koji prolaze kroz polupropusne membrane zbog djelovanja električnog polja)
 - n Ultraprocjeđivanje (procjeđuje se kroz membrane voda, a na membrani zadržavanu makromolekule veće od pora membrane)



← Osmotski pritisak

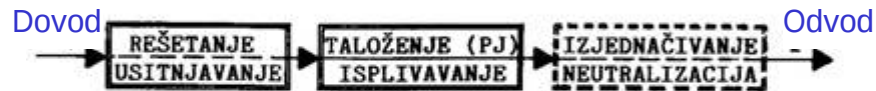
Inverzna osmoza →





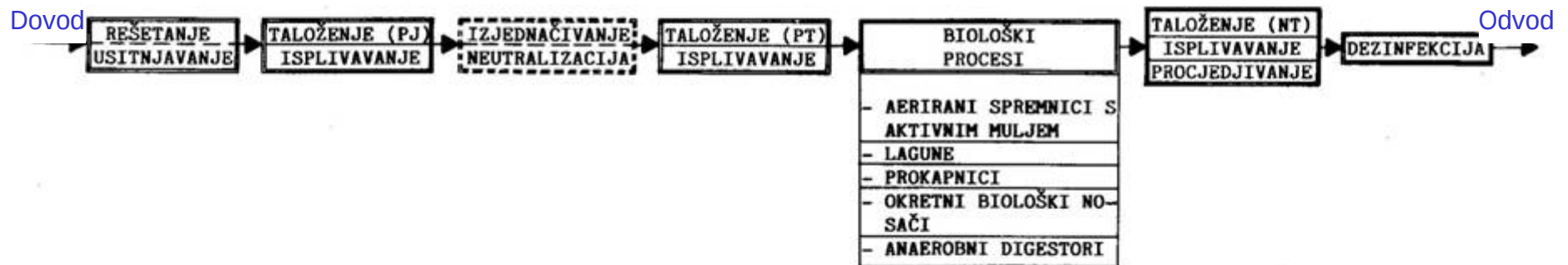
Shema postupka elektrolize vode

Mehaničko (primarno) pročišćavanje



Vrste pročišćavanja otpadnih voda

Biološko (sekundarno) pročišćavanje



Fizikalno-hemijsko (tercijalno) pročišćavanje

