

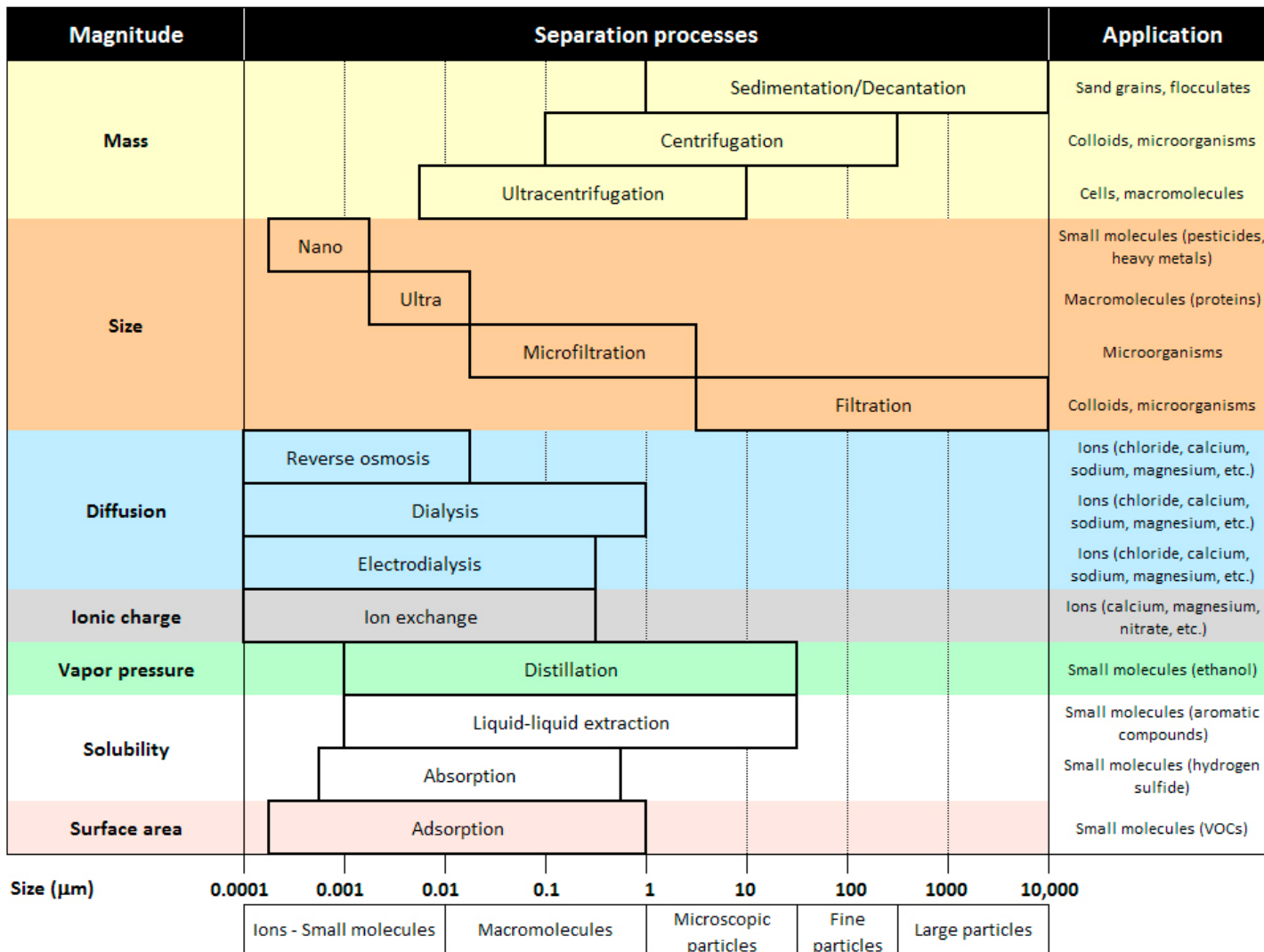


DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU

dr Maja Turk Sekulić, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

KONCENCIONALNI SEPARACIONI PROCESI U TRETMANU VODE

PREGLED KONVENCIONALNIH SEPARACIONIH METODA



KONVENCIONALNI SEPARACIONI PROCESI U TRETMANU VODA

KVALITET OTPADNIH VODA

Pod otpadnim vodama smatramo mešavinu raznih voda, gde svaka komponenta ima svoj sastav, odnosno izmenjen prvobitni hemijski sastav i fizička svojstva.

Kategorije otpadnih voda:

- upotrebljene vode iz domaćinstva (fekalne -sanitarne)
- upotrebljene vode iz industrije
- atmosferske vode

Analiza kanalskih voda je vrlo složena, a uobičajeno obuhvata sledeće: fizičke, hemijske i biohemijske parametre.

- **Fizički parametri** su: temperatura, mutnoća, boja, miris, sadržaj čvrstih materija (rastvorljivih i ne-rastvorljivih-suspendovanih taložljivih i netaložljivih).
- **Hemijski parametri** su: kiselost i alkalnost, pH vrednost, sadržaj azotnih jedinjenja, sadržaj hlorida, sulfata i sulfida i masti i ulja.
- **Biohemijski parametri** su: biohemijska potreba kiseonika, sadržaj kiseonika, relativna stabilnost. U slučaju potrebe utvrđuje se koncentracija i mnogih drugih sastojaka. Za oksidacione procese važna je količina kiseonika potrebna za biohemijske procese i naziva se biohemijska potreba kiseonika (BPK) - to je stepen zagađenosti vode organskim jedinjenjima. Ona predstavlja onu količinu kiseonika koju mikroorganizmi (aerobne bakterije) utroše na oksidaciju organskih materija u biohemijskim procesima.



KANALISANJE NASELJA I ZAŠTITA VODA

Parametar kvaliteta vode	Jedinica	Koncentracija	
		opseg	prosečno
Ukupne suspendovane materije	mg/l	390 - 1230	720
Rastvorene materije	mg/l	270 - 860	500
Suspendovane materije	mg/l	120 - 400	210
Taložne materije	mg/l	5 - 20	10
pH	-	6-9	8
Biohemijska potrošnja kiseonika, BPK ₅	mg/l	110 - 350	190
Ukupni organski ugljenik, TOC	mg/l	80 - 260	140
Hemijska potrošnja kiseonika, HPK	mg/l	250 - 800	430
Azot ukupni (kao N)	mg/l	20 - 70	40
Azot organski (kao N)	mg/l	8 - 25	15
Slobodni amonijak (kao N)	mg/l	12 - 45	25
Nitriti (kao N)	mg/l	0	0
Nitrati (kao N)	mg/l	0	0
Fosfor ukupni (kao P)	mg/l	4 - 12	7
Fosfor organski (kao P)	mg/l	1 - 4	2
Fosfor neorganski (kao P)	mg/l	3 - 8	5
Hloridi	mg/l	30 - 90	50
Sulfati	mg/l	20 - 50	30
Masti i ulja	mg/l	50 - 100	90
Isparljiva organska jedinjenja	µg/l	< 100 - > 400	100 - 400
Ukupne koliformne bakterije	N ⁰ /100 ml	10 ⁶ - 10 ¹⁰	10 ⁸
Fekalni koliformi	N ⁰ /100 ml	10 ³ - 10 ⁸	10 ⁶
Criptosporidium oocysts	N ⁰ /100 ml	10 ⁻¹ - 10 ²	10 ⁰
Giardia lamblia cysts	N ⁰ /100 ml	10 ⁻¹ - 10 ³	10 ¹

KANALISANJE NASELJA I ZAŠTITA VODA

Parametar kvaliteta vode	Jedinica	Koncentracija	
		opseg	prosečno
Ukupne suspendovane materije	mg/l	390 - 1230	720
Rastvorene materije	mg/l	270 - 860	500
Suspendovane materije	mg/l	120 - 400	210
Taložne materije	mg/l	5 - 20	10
pH	-	6-9	8
Biohemijska potrošnja kiseonika, BPK ₅	mg/l	110 - 350	190
Ukupni organski ugljenik, TOC	mg/l	80 - 260	140
Hemijska potrošnja kiseonika, HPK	mg/l	250 - 800	430
Azot ukupni (kao N)	mg/l	20 - 70	40
Azot organski (kao N)	mg/l	8 - 25	15
Slobodni amonijak (kao N)	mg/l	12 - 45	25
Nitriti (kao N)	mg/l	0	0
Nitrati (kao N)	mg/l	0	0
Fosfor ukupni (kao P)	mg/l	4 - 12	7
Fosfor organski (kao P)	mg/l	1 - 4	2
Fosfor neorganski (kao P)	mg/l	3 - 8	5
Hloridi	mg/l	30 - 90	50
Sulfati	mg/l	20 - 50	30
Masti i ulja	mg/l	50 - 100	90
Isparljiva organska jedinjenja	µg/l	< 100 - > 400	100 - 400
Ukupne koliformne bakterije	N ^o /100 ml	10 ⁶ - 10 ¹⁰	10 ⁸
Fekalni koliformi	N ^o /100 ml	10 ³ - 10 ⁸	10 ⁶
Criptosporidium oocysts	N ^o /100 ml	10 ⁻¹ - 10 ²	10 ⁰
Giardia lamblia cysts	N ^o /100 ml	10 ⁻¹ - 10 ³	10 ¹

PRIMARNA SEDIMENTACIJA – TALOŽENJE



- Bez hemijskih reagensa, (od 0,5 do 1 m/h).
 - Sa neorganskim koagulantima
- Brzina taloženja gvožđe-hlorida (od 1,5 do 3 m/h) je često veća od alumunijum-sulfata (oko 1 do 2 m/h), pored toga soli aluminijuma proizvode velike količine mulja.
- Sa organskim flokulantima, brzina taloženja je znatno povećana
- produkt flokulacije veoma kompaktan, a mulj veoma koncentrisan (više od 100 g/l). Za stopu tretmana od 1 g/m³ aktivnog produkta, primenjene brzine mogu dostići sledeće:
- 3 do 5 m/h za sirovu vodu sa 30 g/l suspendovane materije,
 - 8 do 10 m/h za sirovu vodu sa 10g/l suspendovane materije.

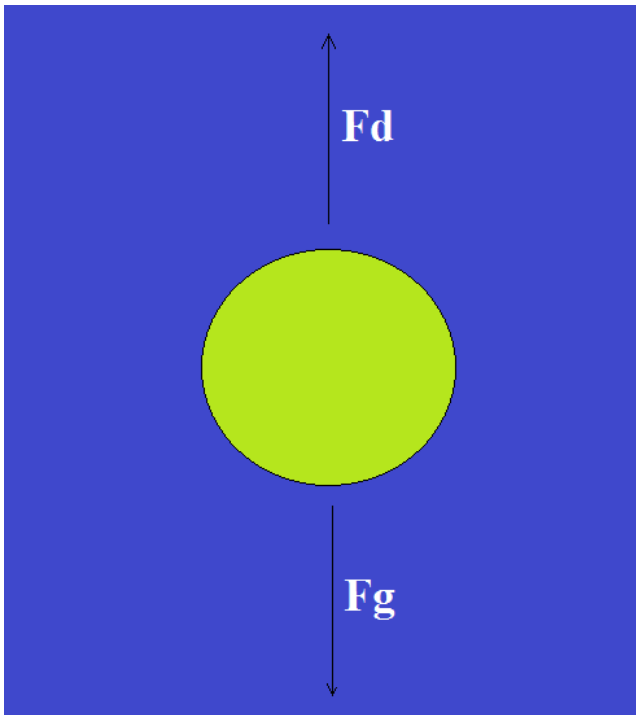
TALOŽENJE

Postoje tri režima taloženja:

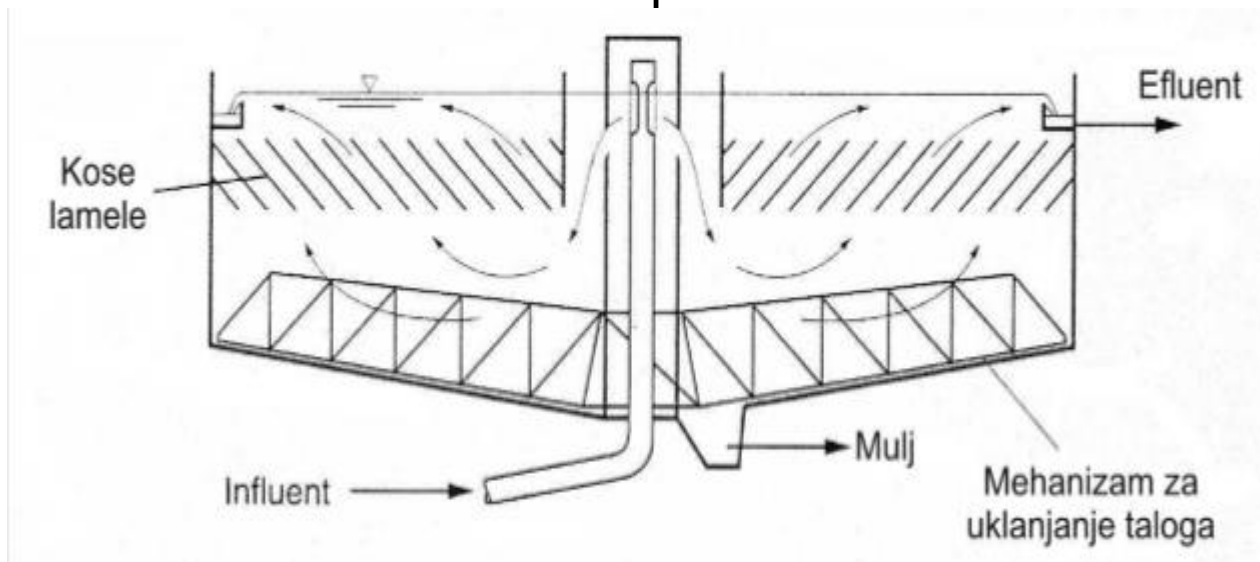
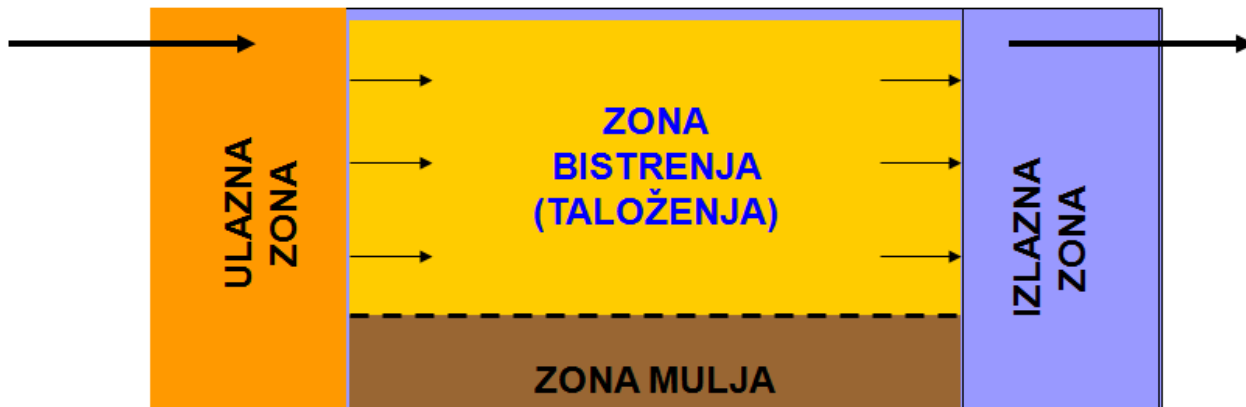
- Laminarni,
- Prelazni,
- Turbulentni.

Taloženje je jedna od najčešće korišćenih operacijau postupcima obrade otpadnih voda i primenjuje se za:

- uklanjanje peska i zrnastog materijala,
- uklanjanje suspendovanih čestica u tzv. primarnim taložnicima,
- uklanjanje biomase, nastale pri biološkim tretmanima otpadnih voda u tzv. sekundarnim taložnicima,
- uklanjanje hemijskog taloga nastalog procesom koagulacije,
- koncentrisanje otpadnog mulja.

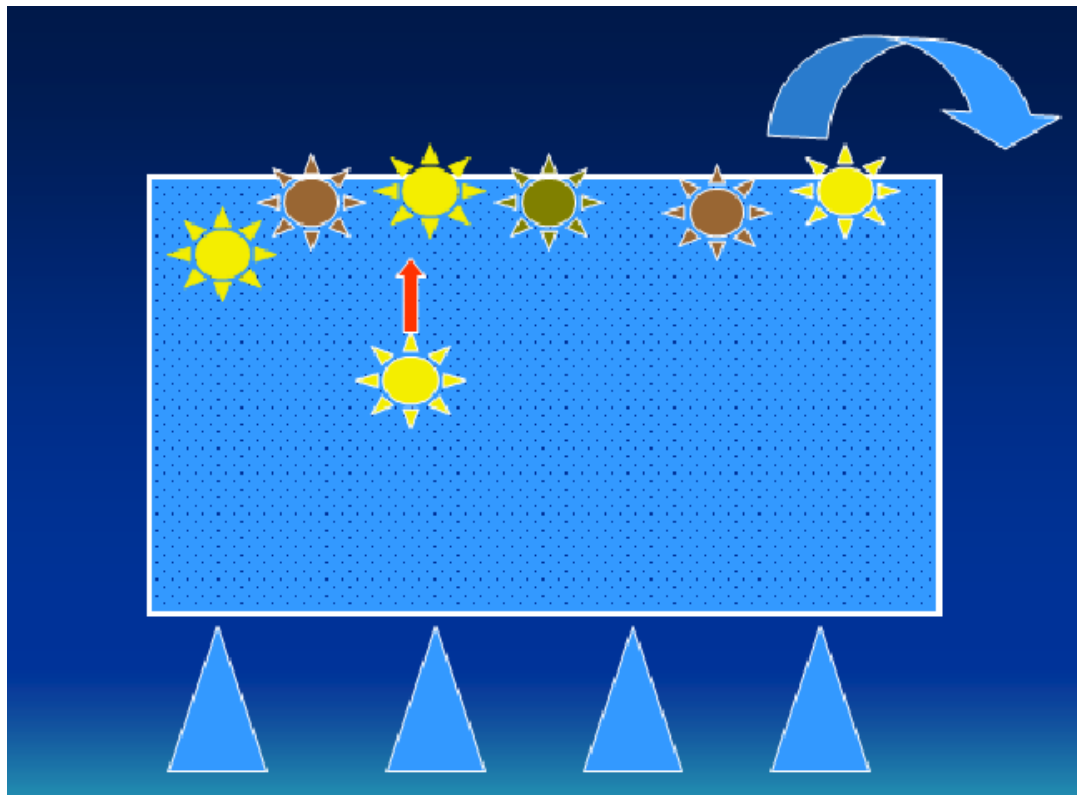


TALOŽENJE



FLOTACIJA

Flotacija predstavlja process suprotan procesu taloženja. Naime, kod ovog procesa, čestice ne padaju na dno kao što je slučaj kod taloženja, nego se izdvajaju na vrh uređaja i na taj način otklanjaju.



Kretanje čestica pri flotaciji

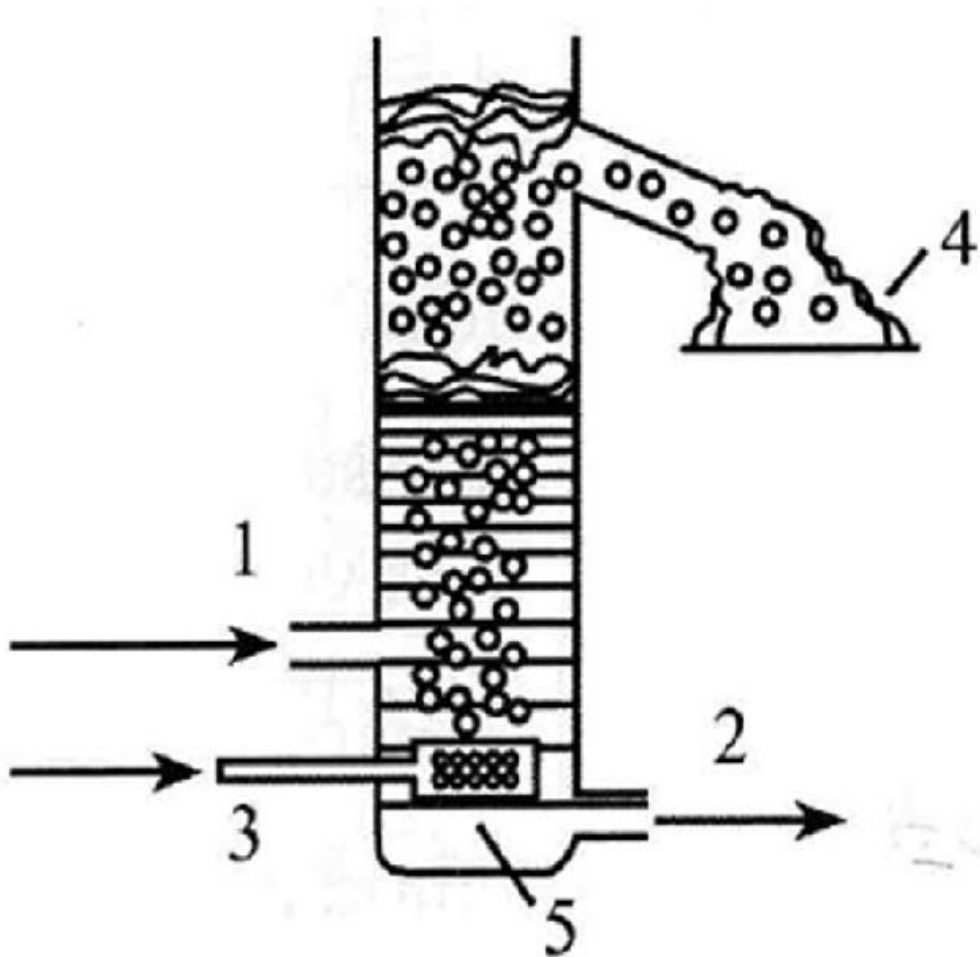
U tehnologiji prerade otpadnih voda, flotacija se primenjuje za:

- uklanjanje suspendovanih čestica i emulgovanih sastojaka.
- koncentrisanje bioloških muljeva.

Flotacija se može podeliti na:

- prirodnu flotaciju,
- stimulisanu flotaciju.

FLOTACIJA



Gde je:

1 Ulaz sirove vode

2 Izlaz prečišćene vode(efluenta)

3 Ulaz komprimovanog vazduha

4 Izlaz pene sa suspendovanim česticama

5 Rezervoar

FILTRACIJA

U upotrebi su sledeći filtri:

- spori peščani filtri,
- brzi peščani filtri (otvoreni),
- brzi peščani filtri (zatvoreni),
- dijatomejski filtri,
- membranski filtri,
- drugi filtri.



Šematski prikaz sporog peščanog filtra

Zatvoreni brzi peščani filtri

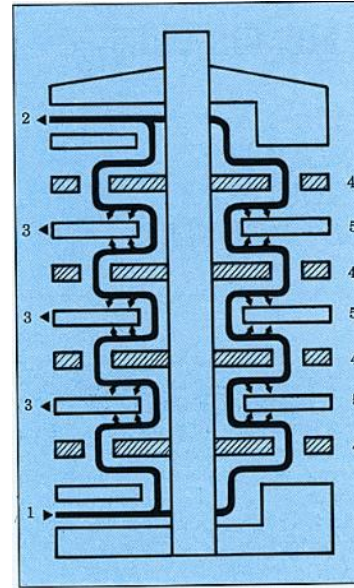
FIZIČKI PROCESI

Membranski procesi,

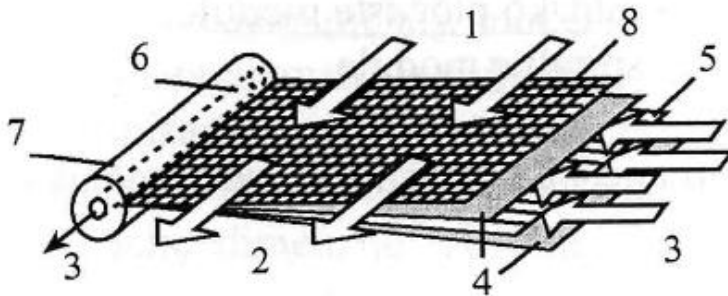
- mikrofiltraciju (MF),
- ultrafiltraciju (UF),
- reversnu osmozu (RO).

Prema opsegu veličine čestica koje se separišu, membranski procesi se klasifikuj na:

- mikrofiltracija,
- ultrafiltracija,
- dijaliza,
- reversna osmoza



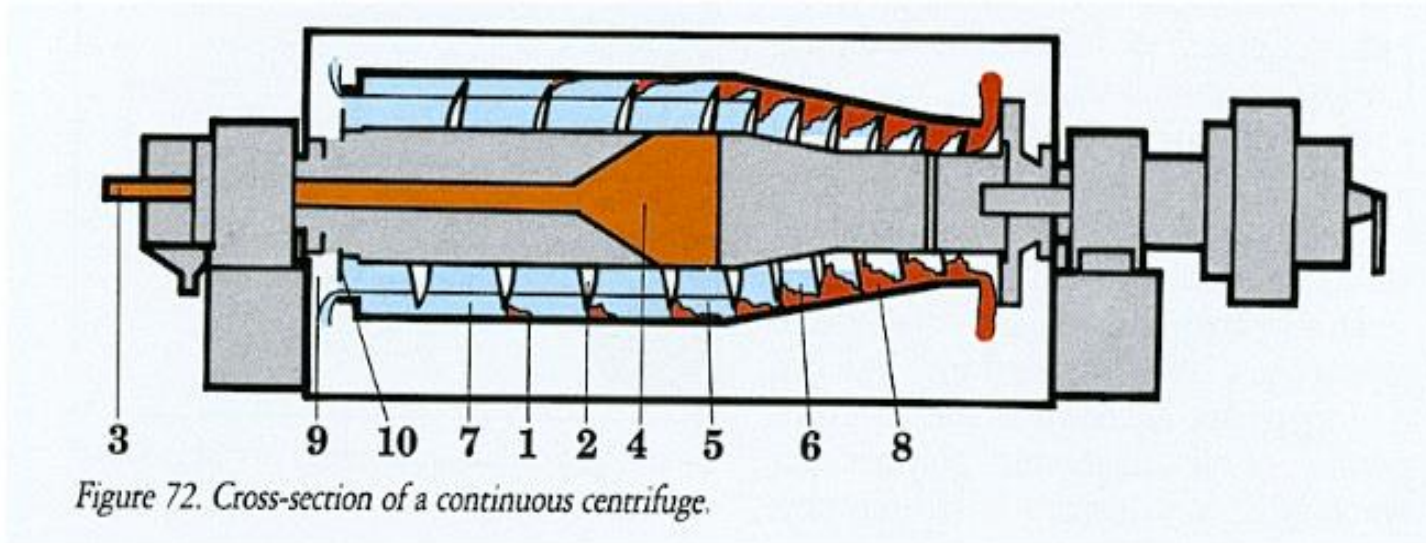
Pločasti modul, 1) Ulaz sirove vode, 2) Koncentracioni ispust, 3) Izlaz permeata, 4) Središnja ploča, 5) Membrana



Spiralni modul, 1) Sirovina, 2) Retentat, 3) Permeat, 4) Membrana, 5) Razdelnik, 6) Sabirni kanal, 7) Kućište, 8) Razdelnik.

CENTRIFUGISANJE

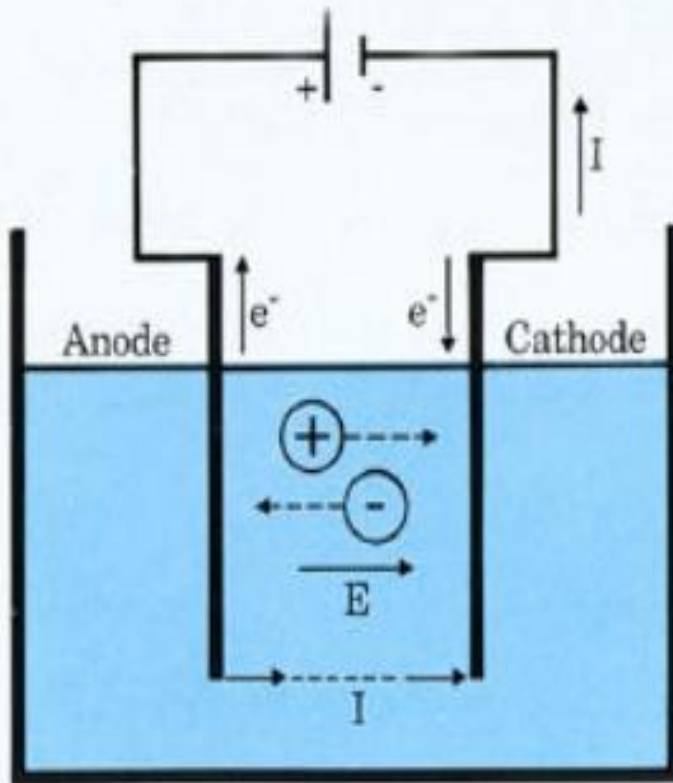
Centrifugiranje predstavlja proces odvajanja čestica pod uticajem centrifugalne sile, kojim se ubrzava taloženje čestica i upotrebljava se za odvajanje vrlo finih suspenzija (tečno-čvrstih mesavina).



ELEKTROLIZA

U anodi: oksidacija sa gubitkom elektrona: $A^- \rightarrow A + e^-$

U katodi: smanjenje sa dobitkom elektrona: $C^+ + e^- \rightarrow C$

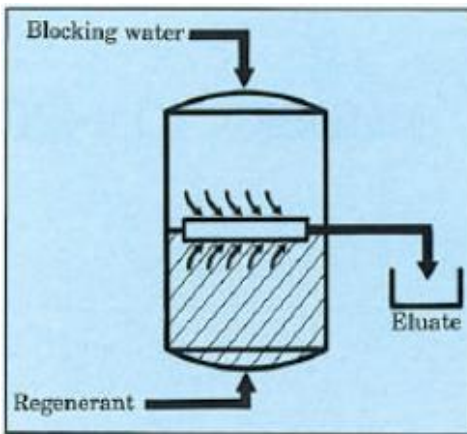


- Elektrohlorizacija
- Elektrokoagulacija

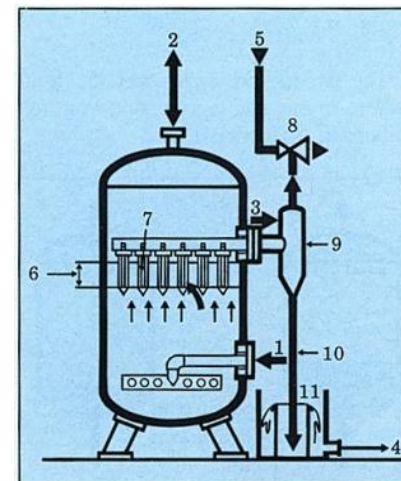
JONSKA IZMENA

PROTIVSTRUJNA REGENERACIJA

- Regeneracija može biti istostrujna ili protivstrujna u zavisnosti od smera strujanja sredstava za regeneraciju u odnosu na smer strujanja vode pri radu mase. Protivstrujna regeneracija se sprovodi pumpom ili injektorom, samo se voda uvodi suprotnim smerom od smera strujanja u procesu. Protivstrujna regeneracija je efikasnija i jeftinija od istosmerne, pa se u praksi najčešće projektuju uređaji za jonsku primenu sa protivstrujnom regeneracijom.



Blokiranje vodom



Blokiranje vazduhom. 1) Ulaz regeneranta; 2) Ventil; 3) Istrošen regenerant i izlaz vazduha; 4) izlaz; 5) Ubrizgivač vode; 6) Drenažni sloj; 7) Rasprskivač; 8) Ubrizgivač; 9) Separator; 10) Sifonska cev; 11) Zaptivač vode.

JONSKA IZMENA

CIE KONTINUALNI JONOIZMENJIVAČ (CONTINUOUS ION EXCHANGER)

Sve gore navedene metode koriste fiksirane slojeve smole, koje se izvode u šaržnom ciklusu: sadržane u vertikalnim cilindričnim sudovima. U ovim sudovima, svaka jedinica je okarakterisana od strane servisa slabljenjem, obnavljanjem kao i ciklusom pranja, nakon čega se jonoizmenjivač vraća u prvobitno stanje, spreman da započne novi ciklus.

Ovaj sistem ima nekoliko nedostataka:

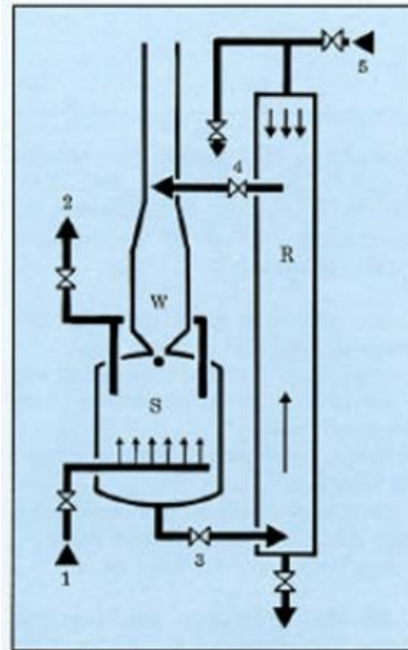
- • Upotreba količine smole koja se obično procenjuje ne u pogledu protoka po satu, već na osnovu autonomnog rada između regeneracija, što znači da su kod visokih nivoa saliniteta potrebne veoma velike količine smole;
- • Prekid izlaza tretirane vode kada je regeneracija u toku, što zahteva obezbeđivanje duplih komora za tretman ili prostranih objekata za skladištenje tretirane tečnosti;
- • Složenost postupka regeneracije;
- • Visoka potrošnja otpuštene i vode za ispiranje.

JONSKA IZMENA

CIE UPOTREBA JEDNOG IZMENJIVAČA

Najjednostavniji dijagram toka, obuhvata nekoliko jedinica:

Servisna kolona C za tretman proizvodnje vode, regenerativna kolona R, pranje i fino uklanjanje u koloni W, uklanjanje fine smole i suspendovanih čestica.



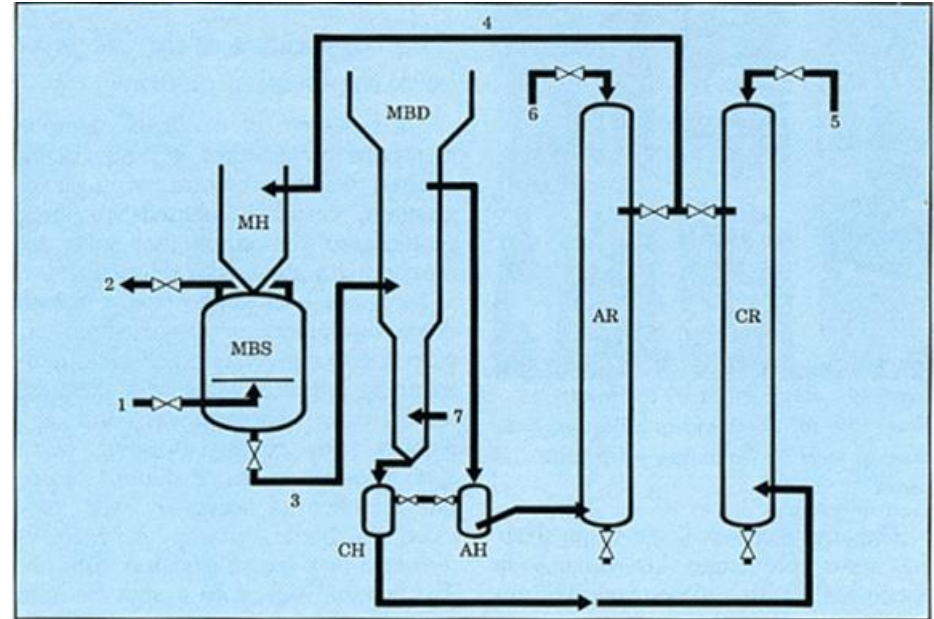
. Dijagram toka; 1) Ulaz sirove vode, 2) Izlaz tretirane vode, 3) Izlaz istrošene smole, 4) Transfer smole, 5) Regenerant.

JONSKA IZMENA

CIE UPOTREBA MEŠOVITOG SLOJA

Postavka se sastoji od (Slika 10.):

- servisne kolone sa mešovitim slojem (MBS);
- kolone za podelu smole tipa fluidizovanog slojem (MBD);
- dva merna levka (CH i AH) za transfer kolone za podelu pod pritiskom ka kolonama za katjonsku i anjonsku regeneraciju;
- dve kolone za regeneraciju, jedna za katjonski izmenjivač (CR) i jedna za anjonski izmenjivač (AR).



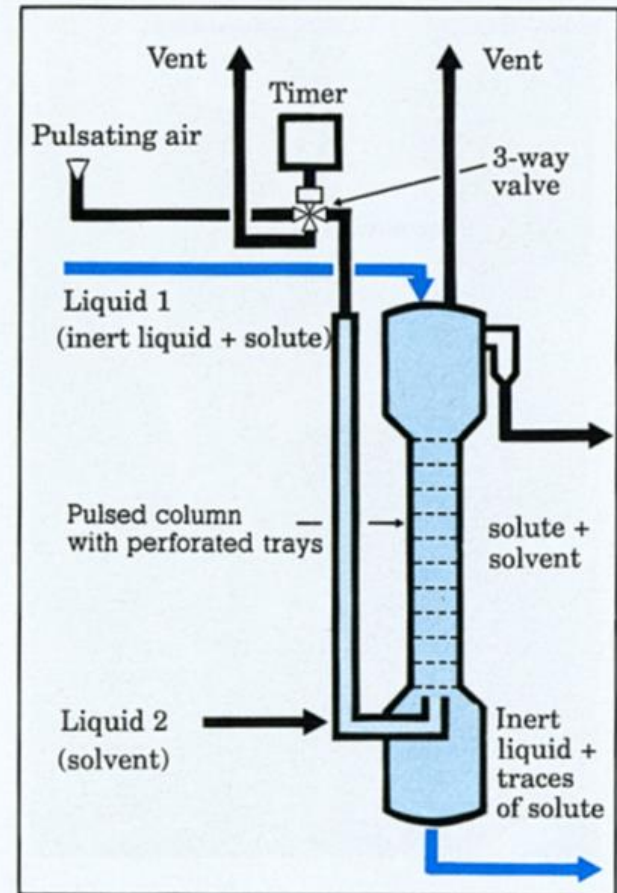
- . CIE upotreba mešovitog sloja: 1) Ulaz sirove vode, 2) Izlaz tretirane vode, 3) Transfer istrošene smole, 4) Regeneraciona smola, 5) Regeneraciona kiselina, 6) Regeneraciona baza, 7) Fluidizovana voda.

TEČNOST/TEČNOST EKSTRAKCIJA

Ovaj proces je osnovna operacija koja dozvoljava komponenti (rastvorku) da bude ekstrahovana iz inertne tečnosti od strane druge tečnosti kao rastvarača

Postoje dva glavna tipa industrijske opreme zadužene za proces tečnost/tečnost ekstrakcije:

- Izvođači sa nekoliko odvojenih faza u serijama. U svakoj fazi, funkcije disperzije praćene razdvajanjem od dve faze, vrše se u dve uzastopne jedinice: cisterna mešanja-rešavanja, i rezervoar hidrociklon-izmirenja.
- Diferencijalni izvođači u kojima jedna faza disperguje u drugu na suprotnoj osnovi. Nakon toga, faze su razdvojene u dva kraja stalka



Šematski prikaz tečnost/tečnost ekstrakcije

SORPCIJA

Definicija:

Sorpcija u akviferu je vezivanje materije rastvorene u vodi za čestice materijala tla.

Sorpcija podrazumeva efekte **adsorpcije** i **apsorpcije**.

Adsorpcija predstavlja vezivanje za površinu čestica tla, dok apsorpcija predstavlja vezivanje sorbata unutar zapremine čvrste faze.

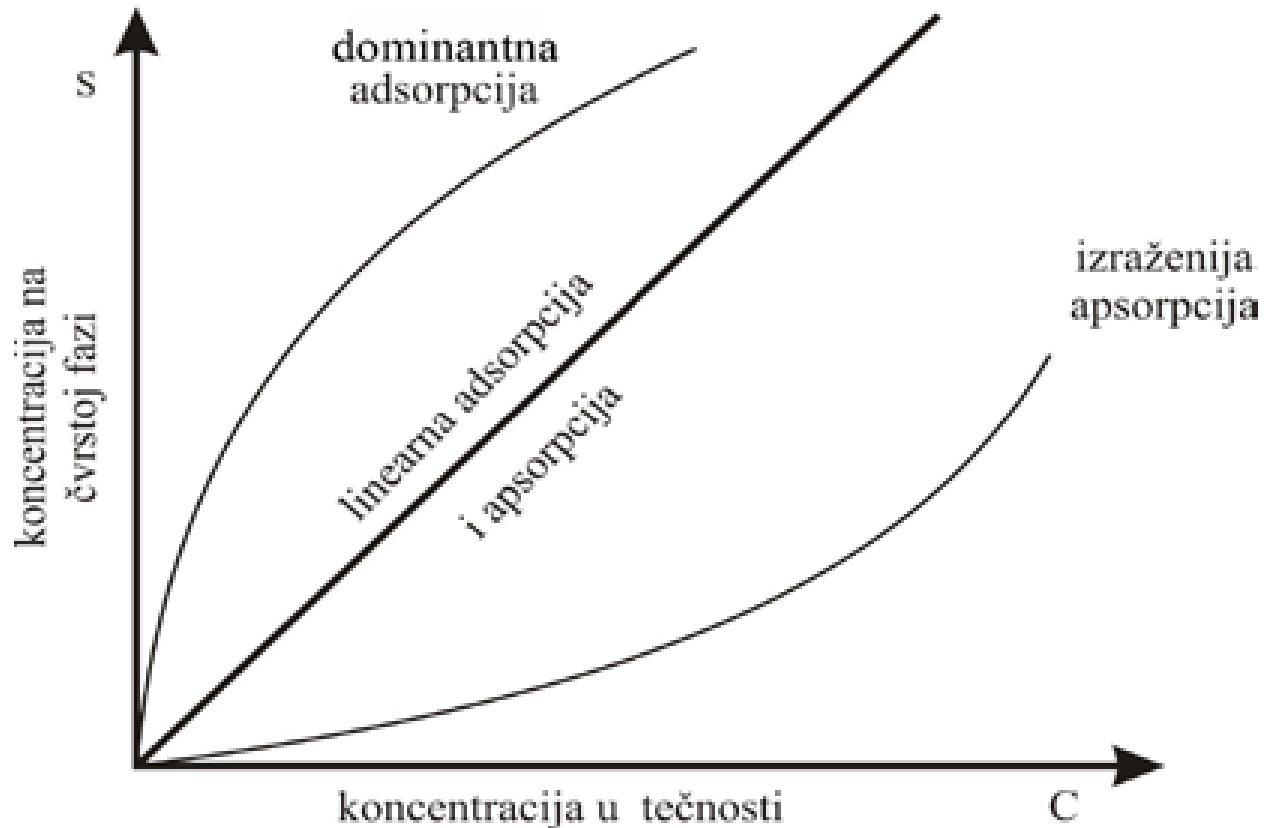
Sorbiranje se dešava usled različitih uzroka i na više načina:

- Van der Waalove
- Privlačne sile,
- Vodonične veze, jonske izmene ili hemisorpcija.

Sorbiranje dakle zavisi od:

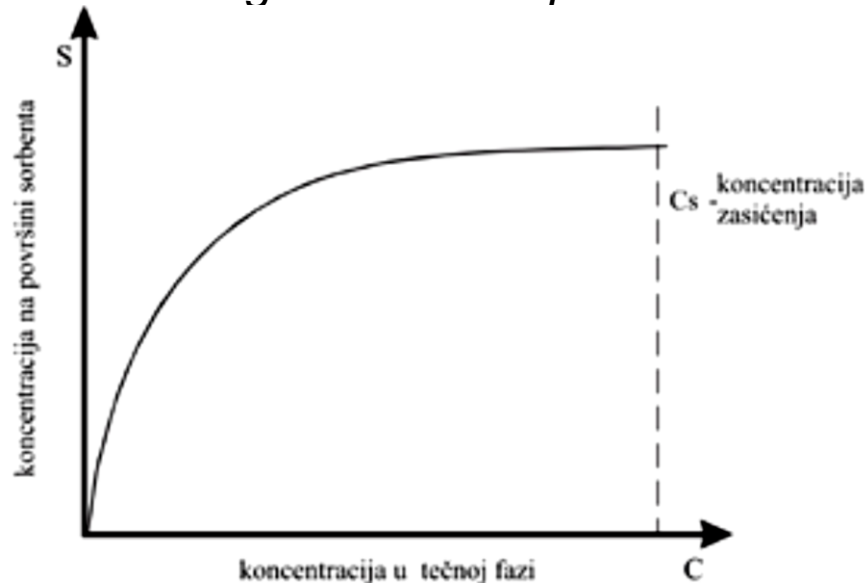
- Prirode sorbenta,
- Prirode sorbata i
- Hidrofilnosti (ili hidrofobnosti) rastvora.

SORPCIJA



Fenomenološka razlika između adsorpcije i apsorpcije

Langmuirov adsorpcioni model



Tipična izoterma adsorpcije na Langmuirovom modelu (Weber, 1972)

Langmuirova obrada zasnovana je na pretpostavkama da maksimalna adsorpcija odgovara zasićenom sloju molekula rastvorene materije na površini adsorbenta, da je adsorpciona energija konstantna i da ne dolazi do migracije adsorbata u ravni površine.

Langmuirova jednačina izoterme je:

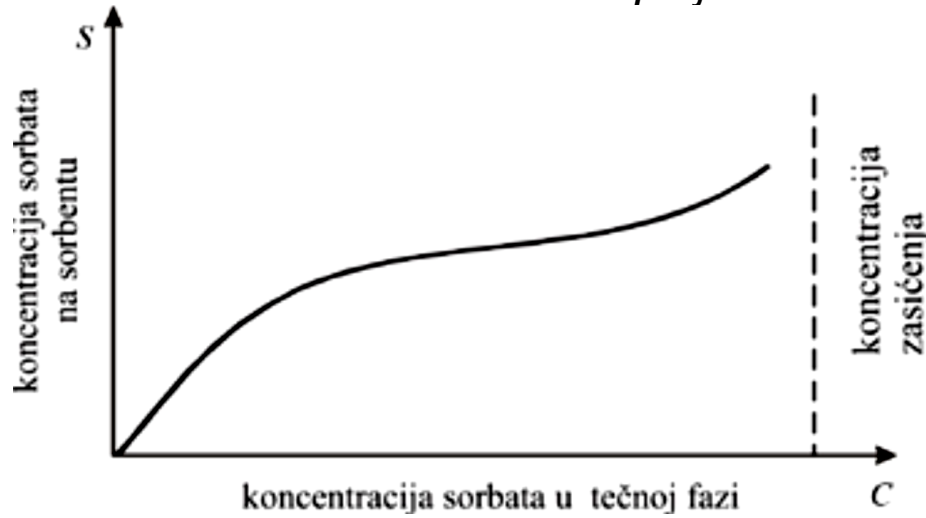
$$S = \frac{S_0 \cdot b \cdot C}{1 + b \cdot C}$$

$$\frac{C}{S} = \frac{1}{b \cdot S_0} + \frac{C}{S_0}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{S_0} + \left(\frac{1}{b \cdot S_0} \right) \frac{1}{C}$$

Gde je: S koncentracija sorbata na čvrstoj fazi, pri koncentraciji sorbata na čvrstoj fazi, C , S_0 je koncentracija na čvrstoj fazi, kada se formira celokupan sloj sorbirane materije, C je koncentracija sorbata u tečnoj fazi, a b je koeficijent sorbiranja.

BET model adsorpcije



Model BET pretpostavlja da se na površini materijala formira određeni broj slojeva molekula adsorbata i da se Langmuirova jednačina odnosi na svaki od slojeva. Dalja pretpostavka modela BET je da formiranje datog sloja ne mora da se završi pre nego što se inicira formiranje sledećih slojeva; shodno tome, stanje ravnoteže podrazumeva nekoliko vrsta površina, u smislu broja slojeva molekula na svakom mestu.

Za adsorpciju iz rastvora, sa dodatnom pretpostavkom da slojeve posle prvog odlikuje jednaka adsorpciona energija, jednačina BET poprima jednostavniji oblik:

$$S = \frac{B \cdot C \cdot S_0}{(C_s - C) \left[1 + (B - 1) \frac{C}{C_s} \right]}$$

Gde je C_s koncentracija zasićenja rastvorene materije, C je izmerena koncentracija u rastvoru u ravnotežnom stanju, S_0 je broj mola materije adsorbovane po jedinici težine adsorbenta prilikom formiranja celog monosloja na površini, S je broj mola materije adsorbovane po jedinici težine pri koncentraciji C , a B je konstanta koja odražava energiju interakcije sa površinom.



DEPARTMAN ZA
INŽENJERSTVO
ZAŠTITE ŽIVOTNE
SREDINE I
ZAŠTITE NA RADU

dr Maja Turk Sekulić, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

ALTERNATIVNI SEPARACIONI PROCESI U TRETMANU VODE

Membranski procesi (separacija)

- Efikasna tehnika izdvajanja rastvorenih supstanci u vodi.
- Obuhvata sve procese koji se odvijaju na membrani ili njenim posredstvom.
- Tu spadaju:
 1. Postupci fizičke separacije (zasnovani na selektivnoj propustljivosti membrane)
 2. Biološki postupci (mikrobni ili enzimski)
 3. Adsorpcija na membrani...

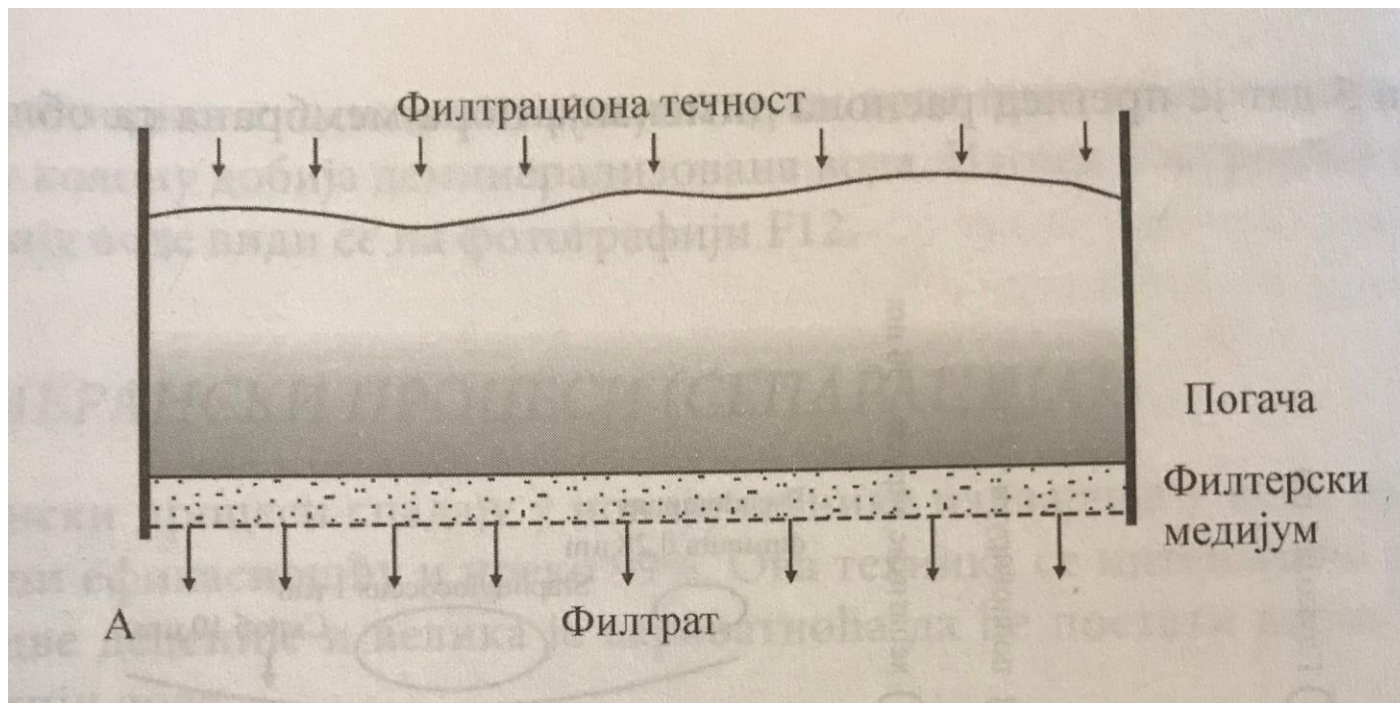
- Svi membranski postupci zahtevaju pokretačku energiju za obavljanje separacije.
- To je energija nadpritiska (kod mikrofiltracije, ultrafiltracije i reverzne osmoze) i električna energija (kod elektrodijalize).
- Podela membranskih postupaka zavisno od propustljivosti membrane:
 1. Mikrofiltracija-membrana zadržava suspendovane i koloidne čestice veličine od 100 nm do 100 μ m; koristi se za bistrenje i dezinfekciju vode; radni pritisak 1-4 bara;
 2. Ultrafiltracija-membrana zadržava veće molekule rastvorenih supstanci veličine od 100-5 nm; koristi se za uklanjanje organskih molekula, nepotpunu demineralizaciju i dezinfekciju vode; radni pritisak od 1-7 bara

3. Nanofiltracija-membrana zadržava čestice veličine od 1-5 nm; koristi se za uklanjanje organskih molekula, delimično uklanjanje jona viševalentnih metala i dezinfekciju vode; radni pritisak 5-15 bara
4. Reverzna osmoza-membrana zadržava čestice veličine manje od 1 nm; koristi se za demineralizaciju i potpunu dezinfekciju vode; radni pritisak 7-70 bara
5. Elektrodijaliza-poseban tip membranskog procesa; po efikasnosti na nivou nanofiltracija

- Supstanca koju membrana propušta (u ovom slučaju voda) naziva se **PERMEAT**, a koncentrovani rastvor izdvojenih supstanci koje membrana ne propušta je **KONCENTRAT** ili **RETENTAT**.
- Prečišćena voda (permeat) gubi pritisak nakon prolaska kroz membranski sistem i slobodno ističe do rezervoara, odakle se odvodi do potrošača.
- Koncentrat se odstranjuje sa membrane odstranjuje u pravcu oticanja, uz kontinualno povećanje zagađenja i sa pritiskom koji je približno jednak ulaznom.

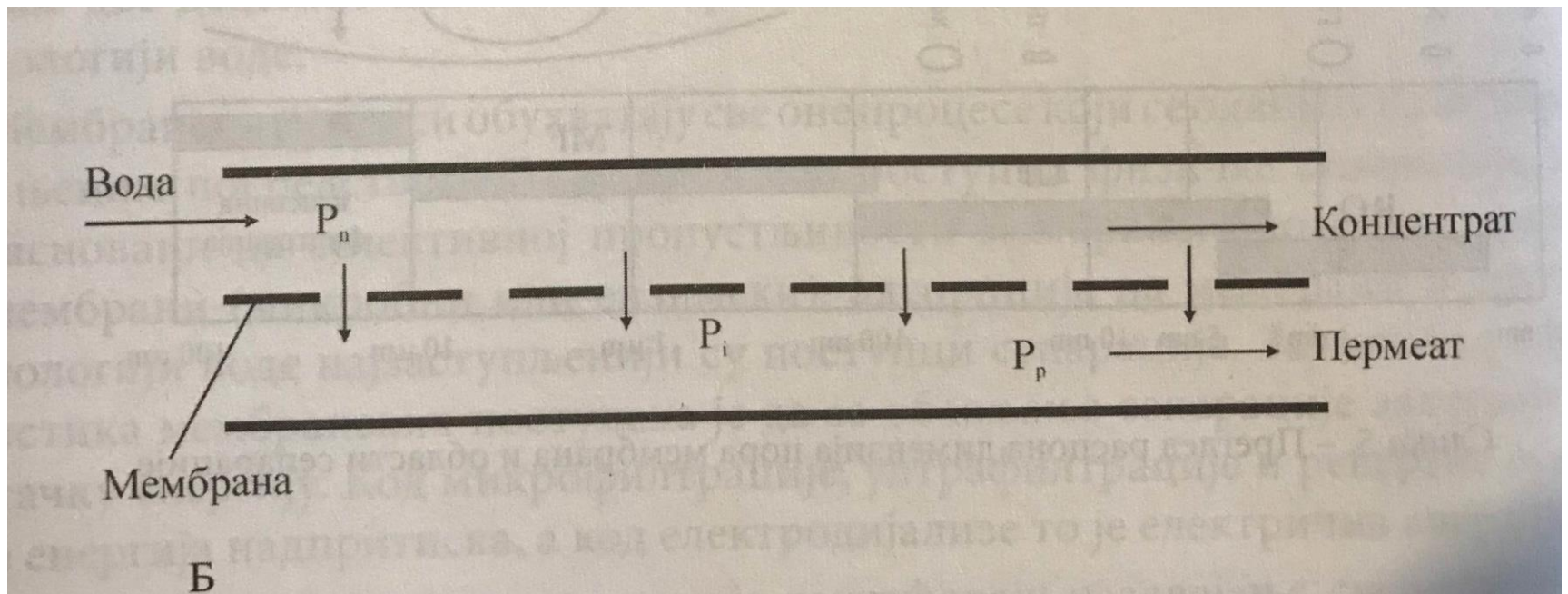
- Razlikujemo sledeće membranske separacije, zavisno od načina izvođenja:
 1. Statička-upravna separacija
 2. Dinamička unakrsna separacija

Statička membranska separacija



- Voda prolazi kroz membranu upravnim tokom, tj. membrana pregrađuje tok vode.
- Čestice koje se izdvajaju na membrani formiraju sloj tokom filtracije, koji postaje sve deblji.
- Pri tome brzina filtracije opada i na kraju se zaustavlja.
- Membrana se čisti od taloga, ali vremenom se deo čestica zadržava u membrani i ona se oštećuje, zbog čega se mora zameniti.

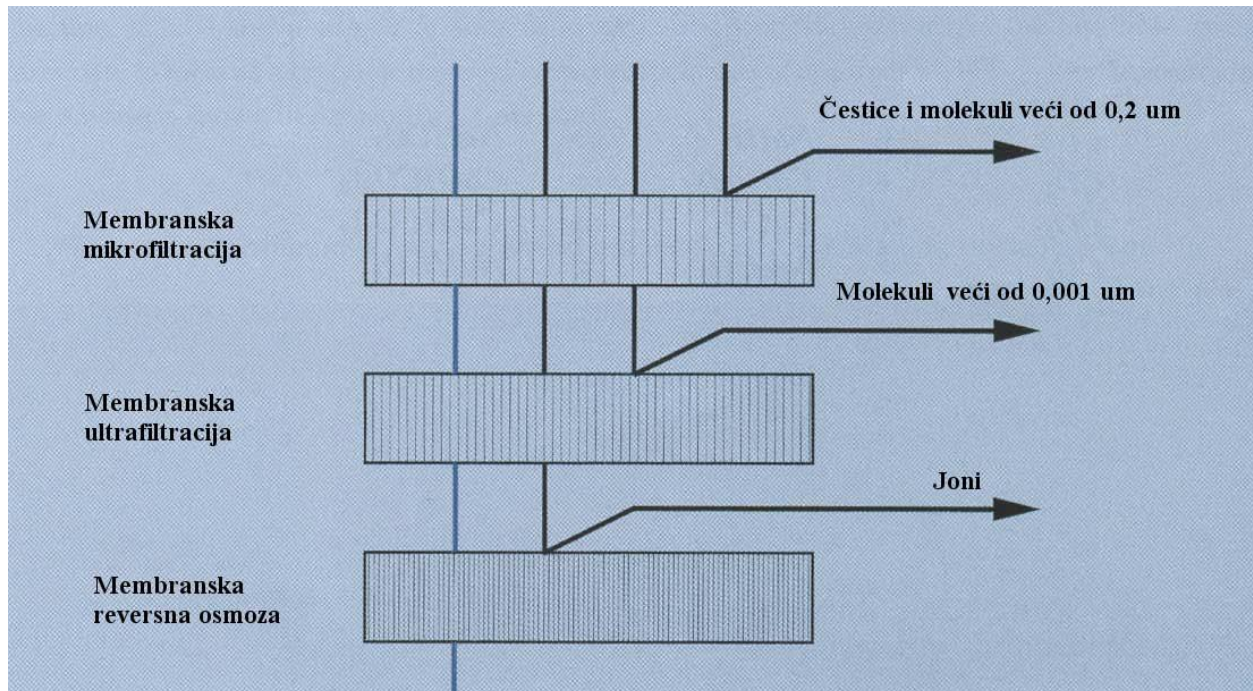
Dinamička membranska separacija



- Tok vode je paralelan sa membranom.
- Kroz membranu prolazi profiltrirana voda, a na njoj se zadržavaju izdvojene čestice.
- Struja sirove vode sa sobom odnosi izdvojene čestice ka izlaznoj zoni iz filtera. Na ovaj način se membrana stalno čisti.
- Pored ovoga, može se stvoriti sloj nakupljenih čestica (gel sloj), nakon čega se membrana ispira vodom u suprotnom smjeru od smjera filtracije.

REVERSNA OSMOZA

Reversna osmoza koristi membrane sa najmanjom propustljivošću. Membrane ovog tipa imaju "granicu propustljivosti" manju od 500, što znači da zahtevaju veći pritisak, obično između 2 i 8 MPa. Membrane kod reversne osmoze imaju sposobnost razdvajanja jona i molekula manjih od 0.001 μm . Koriste se za desalinizaciju morske vode i rekuperaciju metalnih jona. Poslednjih godina su razvijene metode reversne osmoze pod visokim pritiskom od 20 do 25 MPa, koje se koriste kod izlučivanja iz zemljišta.



ALTERNATIVNA KOAGULACIJA I FLOKULACIJA

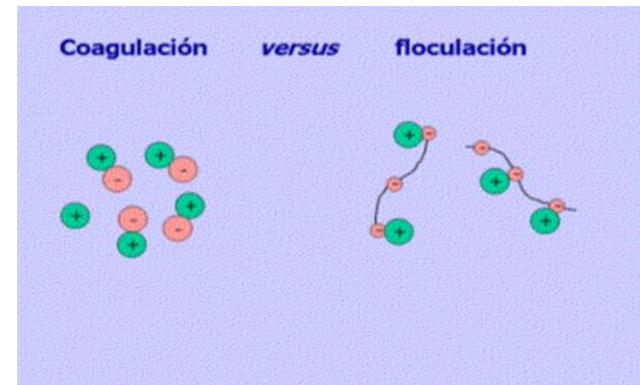
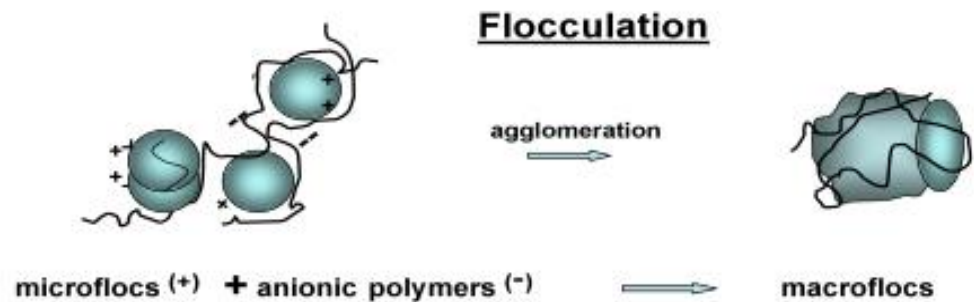
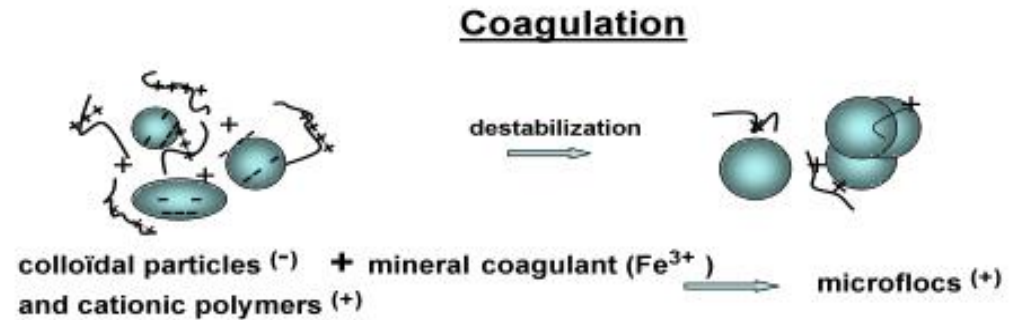
Kao koagulant najčešće se koriste:

- soli alumijuma,
- soli gvožđa (sulfati i hloridi),
- kreč,
- katjonski polimeri,
- anjonski i nejonski polimeri.

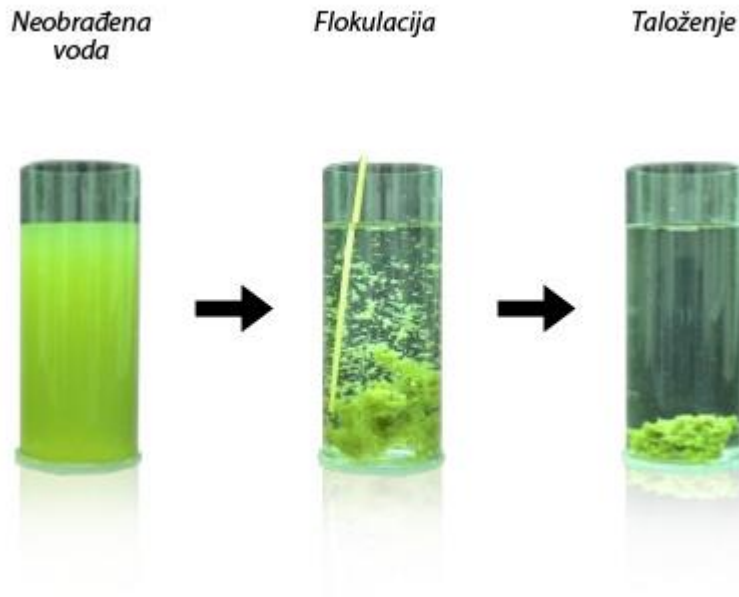
Soli alumijuma i gvožđa:

- $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ili $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$,
- $FeCl_3$,
- $FeCl_3$ (sa krečom),
- $Fe_2(SO_4)_3$ (sa krečom),
- $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (zelena galica) (sa krečom).

KORIŠĆENJE ALTERNATIVNIH KOAGULANATA



ALTERNATIVNA KOAGULACIJA I FLOKULACIJA



Prema naelektrisanju, flokulanti se dele na:

- katjonske (sa pozitivnim naelektrisanjem),
- anjonske (sa negativnim naelektrisanjem),
- nejonske (sa jednakim brojem pozitivno i negativno naelektrisanih čestica).

Flokulanti se u rastvor dodaju u malim količinama i to na dva načina :

- istovremeno sa koagulantom,
- u malom vremenskom zakašnjenju u odnosu na koagulant (2-5 minuta).

Dodavanje flokulanta zavisi od:

- kvaliteta i prirode vode
- prirode vode
- međusobne interakcije vode, koagulanta i flokulanta
- način mešanja i doziranja.

Najčešće upotrebljavani flokulanti su :

- neorganski (aktivna silicijumova kiselina)
- flokulanti mineralnog porekla (bentonit, krečnjak, dijatomejske zemlje).

NAPREDNI OKSIDACIONI PROCESI

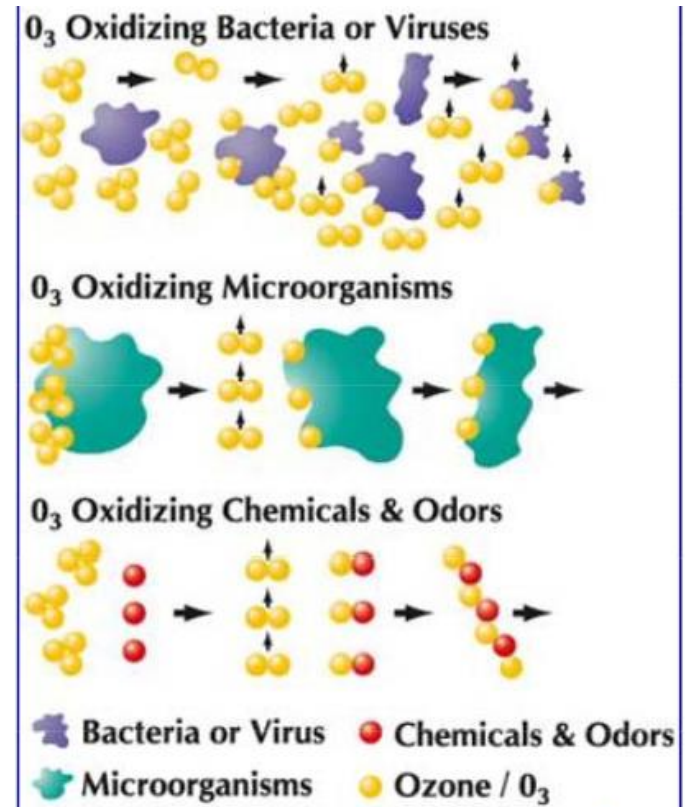
- Princip: generisanje visoko reaktivnih intermedijera kao što su $\bullet\text{OH}$ radikali.
- Primena: u tretmanu otpadnih voda, u tretmanu vode za piće.
- U tretmanu vode za piće AOP se najčešće primenjuju za degradaciju:
 - prirodnih komponenti koje daju miris hlorovanih ugljovodonika
 - Prirodnih organskih materija (POM)
- U zavisnosti od prirode organske komponente postoje dva tipa inicijalnog napada:
 - hidroksil radikal može da preuzme atom vodonika (npr
 - može se adirati na molekule

NAPREDNI OKSIDACIONI PROCESI

Ozonizacija u baznoj sredini (pH>8,5)

Ozon se primenjuje za:

1. dezinfekciju,
2. oksidaciju gvožđa i mangana,
3. Oksidaciju sulfida,
4. oksidaciju jedinjenja koja daju miris i ukus,
5. oksidaciju mikropolutanata,
6. uklanjanje boje, primarno kroz oksidaciju,
7. kontrolu dezinfekcionih nusproizvoda,
8. Redukciju potrebe za hlorom kroz oksidaciju i dr.



ELEKTROKOAUGLACIJA

- Ovaj elektrohemijski proces korišćen na nekim otpadnim vodama u osnovi rezultira flokulacijom po sledećim procesima.
- Kreiranje električnog polja između elektroda koje izazivaju sudar između punjača prisutnih u otpadnim vodama.
- Oslobođanje metalnih jona (Fe, Al) kada se glavna anoda rastvori; ovi joni stvaraju hidrokside koji omogućavaju da se ekvivalentni hlor formira. Energija koja se koristi u ovom procesu varira od aplikacije do aplikacije ali često dostiže od 2 do 4 kWh po m³ tretirane površine.

FITOREMEDIJACIJA

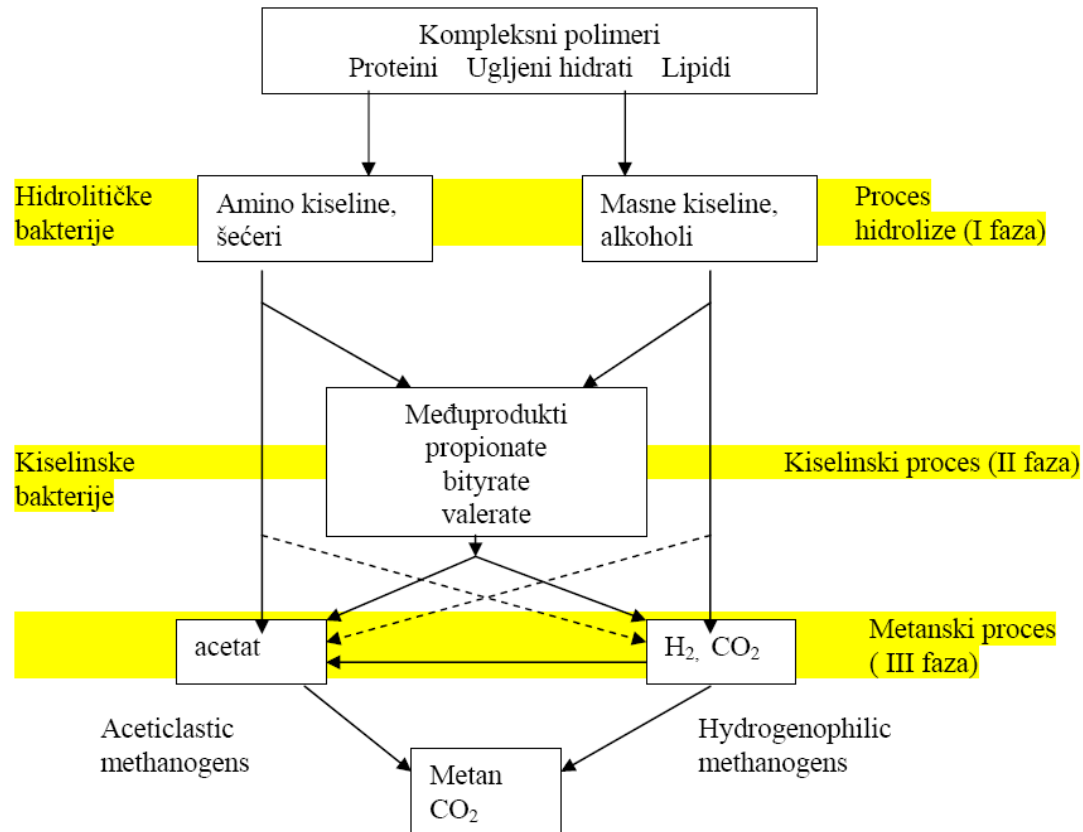
- Fitoremedijacija se definiše kao učinkovito korištenje biljki za uklanjanje, detoksikaciju ili imobilizaciju zagađenja u području rasta (tlo, voda, sedimenti) putem bioloških, hemijskih ili fizičkih procesa koji se pojavljuju prirodno u biljkama.
- To uključuje biljke koje brzo rastu iz zagađenog medija tokom određenog razdoblja rasta, kako bi se uklonili kontaminanti iz reakcijske smeše, ili se olakšala imobilizacija (vezivanje/zaustavljanje) ili degradacija (detoksikaciju) zagađivača. Najveći problem su anorganski zagađivači koji za razliku od organskih nisu biorazgradivi na manje ili netoksične spojeve.

FOTOKATALITIČKA DEGRADACIJA

- Fotokataliza je proces aktivacije supstanci koje modifikuju brzinu hemijskih reakcija pod dejstvom svetlosti, pri čemu one same u tim reakcijama ne učestvuju. Izlaganjem fotokatalizatora svetlosti odgovarajuće talasne dužine (pri čemu je energija fotona veća od energije zabranjene zone poluprovodnika), dolazi do pobuđivanja elektrona iz valentne zone u provodnu zonu, tako da u valentnoj zoni nastaje elektronska praznina, a elektron prolazi u provodnu zonu.
- Dakle, pod uticajem svetlosti u poluprovodniku se stvara par elektron-elektronska šupljina. Formirani sloboni elektroni i elektronske praznine mogu da redukuju, odnosno oksiduju određene hemijske vrste, koje se nalaze adsorbovane na površini poluprovodnika ili može doći do njihove rekombinacije pri čemu se u tom slučaju oslobađa toplota

NAPREDNI BIOLOŠKI PROCESI U TRETMANU VODA

Biološka obrada upotrebljenih voda anaerobnim postupcima



Slika 1 Faze anaerobne prerade organskog otpada

NAPREDNI BIOLOŠKI PROCESI U TRETMANU VODA

Biološka obrada upotrebljenih voda anaerobnim postupcima

Osnovni tehnološki uslovi za proces anaerobnog vrenja su:

- Krupnoća i vrsta materijala,
- Temperatura u toku procesa,
- Vrednost pH,
- Bez kiseonična atmosfera digestora,
- Vreme zadržavanja supstrata u digestiru,
- Odnos ugljenika i azota u supstratu (C/N),
- Mešanje supstrata u digestoru,
- Odnos suve organske materije i vode u supstratu.

NAPREDNI BIOLOŠKI PROCESI U TRETMANU VODA

Postupci prečišćavanja upotrebljenih voda primenom aktivnog mulja:

Vrste procesa aktivnog mulja mogu biti:

1. prema načinu uvođenja upotrebene 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 upotrebene 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 uvodjenjem vazduha,
- mehanička aeracija,
- kombinovana aeracija,

NAPREDNI BIOLOŠKI PROCESI U TRETMANU VODA

Postupci prečišćavanja upotrebljenih voda primenom aktivnog mulja:

Vrste procesa aktivnog mulja mogu biti:

1. prema načinu uvođenja upotrebene 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 upotrebene 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 uvodjenjem vazduha,
- mehanička aeracija,
- kombinovana aeracija,