

PRIMENA SBR SISTEMA U PREČIŠĆAVANJU KOMUNALNIH OTPADNIH VODA SA PARAMETARSKIM MODELOM POSTROJENJA

Dragan CVETKOVIĆ dipl.maš.inž, prof. dr. Milan DESPOTOVIĆ
Mašinski fakultet u Kragujevcu
Email: dragan_cw8202@yahoo.com

REZIME

Osnovni cilj ovog rada je da nas upozna sa tehnologijom korišćenja SBR (Sequencing Batch Reactor) sistema za prečišćavanje otpadnih voda. Pojavom savremenih PLC kontrolera ovi sistemi su otklonili ranije nedostatke i postali jedno od najefikasnijih rešenja za prečišćavanje otpadnih voda srednjih kapaciteta. U ovoj studiji je prezentovan parametarski modeliran sistem u programskom paketu Catia V5.

Ključne reči: SBR (Sequencing Batch Reactor), prečišćavanje otpadnih voda, AM (aktivni mulj)

UVOD

Pre ispuštanja otpadnih voda u prirodne prijemnike, posebno u mora, dugo godina verovalo se da će se, razređivanjem otpadnih voda u velikoj masi vode prijemnika, problem rešiti sam od sebe. Tako su otpadne vode iz naselja i industrijskih pogona, decenijama, bez ikakvog ili uz minimalno prečišćavanje, ispuštane u vodotokove i obalno more. Nakon određenog vremena počele su se uočavati posledice takve politike upravljanja vodom. Uočeno je da je prirodna ravnoteža pojedinih delova vodenih sistema poremećena, najpre zato što su nestali pojedini pripadnici životne zajednice, a pojavili su se neki drugi koji su se prilagodili promenjenim uslovima [1].

SBR tehnologija se razlikuje na razne načine od konvencionalnih tehnologija koje se koriste pri biološkim prečišćavanjima otpadnih voda. Najočitija razlika je u tome što zapremina ispunjenosti reaktora varira s vremenom, za razliku od tradicionalnih sistema sa kontinualnim protokom. Uspeh SBR tehnologije zavisi od veličine potencijala koji pruža mogućnosti uticaja na mikroorganizme u SBR sistemu i takođe na

činjenicu da su SBR sistemi relativno jednostavni za upotrebu i isplativi [2,3].

SBR sistem kombinuje i aerobnu i anaerobnu fazu u jednom reaktoru. Tako da je široko rasprostranjena njegova upotreba u procesima uklanjanja hranljivih materija iz otpadnih voda [4,5].

Stečena iskustva ukazuju da su SBR sistemi kvalitetna alternativa kontinualnim sistemima za tretman otpadnih voda kao i za uklanjanje organskih materija i azota [6,7].

Principi sistemskog pristupa za projektovanje i modelovanje SBR sistema za uklanjanje azota, nedavno su definisani korišćenjem osnova stehiometrije, na način koji omogućava komparativnu procenu sa kontinualnim protokom aktivnog mulja [8,9].

NITRIFIKACIJA I DENITRIFIKACIJA

Azotovi spojevi, kao i fosforni spojevi, uvek su prisutni u otpadnim vodama. Budući da su oni glavni činioči rasta vodenih biljki u vodotocima, propisima se uvode ograničenja ispuštanja (tabela 1.)

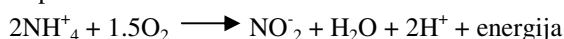
Azot se u otpadnim vodama većinom nalazi u obliku amonijaka, a u manjoj meri u obliku nitrita i nitrata. Ta zavisi i od stanja sistema odvođenja otpadnih voda. Biološko uklanjanje azota iz otpadnih voda odvija se procesom oksidacije amonijaka (nitrifikacijom) do nitritne forme, a nakon toga procesom redukcije nitrata (denitrifikacijom) do gasovitog azota, koji se iz sistema može ispuštati u atmosferu.

Nitrifikacija i denitrifikacija su dva biološka procesa koji jedan iz drugog teku takođe pod delovanjem mikroorganizama koji iz vode uklanjaju azotove spojeve.

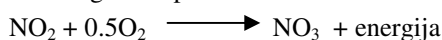
Tabela 1. Koncentracije parametara otpadnih voda

POKAZATELJ		KONCENTRACIJA (mg/l)	
		RASPON	UOBIČAJNA VREDNOST
FIZIČKI			
ČVRSTE MATERIJE	Ukupne	300 – 1 200	700
	Taložne	50 – 200	100
	Suspendovane	100 – 500	220
	Raspršene	250 - 850	500
HEMIJSKI			
ORGANSKE MATERIJE	BPK ₅	100 – 400	250
	HPK	200 – 1 000	500
	UOC	100 - 400	250
AZOT	Ukupni (N)	15 – 90	40
	Organski	5 – 40	25
	Amonijak	10 – 50	25
	Nitriti		
	Nitrati		
FOSFOR	Ukupno (P)	5 – 20	12
	Organski	1 – 5	2
	anorganski	5 – 15	10
pH		7 - 7,5	7
KALCIJUM		30 – 50	40
HLORIDI		30 – 85	50
SULFATI		20 – 60	15

Pri nitrifikaciji, amonijak se do nitrata oksiduje u dva stepena:



A u drugom stepenu:



Mikroorganizmi koji učestvuju u nitrifikacionom procesu su autotrofne, strogo aerobne bakterije. U prvom stepenu to su *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis* i *Nitrosopira*, a u drugom stepenu i *Nitrobacter*.

Glavni činioci procesa biološke nitrifikacije su:

- Niska koncentracija organskih materija
- Dovoljna koncentracija kiseonika (barem 2 mg/l)
- Temperatura (optimalna 20°C)
- pH-vrednost (optimalna 8-9)
- prisutnost CO₂
- odustnost otrovnih materija

Nitrifikacija počinje onda kada se otpadne vode u sistemu zadrže barem tri dana ili više. Preporučuje se da se u aktivacijskim bazenima koncentracija kiseonika bude od 2 mg/l do 3 mg/l, a nitrifikacijske bakterije najbolje rastu pri pH-vrednostima 8-9. Kada je pH-vrednost 7 ili manje, tada se smanjuje aktivnost nitrifikacijskih bakterija. Sniženje temperature takođe snižava brzinu reakcije.

Pri denitrifikaciji nitrati se redukuju u gasoviti azot koji odlazi u atmosferu. Denitrifikaciju omogućavaju heterotrofne, strogo ili fakultativno anaerobne bakterije

kao što su *Pseudomonas*, *Achromobacter* i *Bacillus*. Te bakterije zahtevaju prisutnost ugljenika u lako raspadljivom obliku a odsutnost kiseonika.

Proces je veoma osetljiv na temperaturu. Optimalna temperatura je 25°C a minimalna 5°C. Takođe je veliki uticaj pH-vrednosti. Konačani produkt je gasoviti azot. Prisutnost molekularnog kiseonika smanjuje denitrifikacijski proces. Nitrifikacija i denitrifikacija mogu se odvijati samostalno ili u kombinaciji.

Pri konvencionalnim procesima prečišćavanja uz pomoć aktivnog mulja iz otpadne vode moguće je ukloniti od 30 do 50 posto ukupnog azota, a pri dodatnoj jedinici za biološku nitrifikaciju, za koju sledi denitrifikacija, može se dostignuti i 90 postotni učinak smanjenja azotovih veza.

UKLANJANJE FOSFORA

Postoji više procesa uklanjanja fosfata iz otpadne vode. Svi oni zavise od nastanka anaerobnih uslova uz potpunu odsutnost kiseonika i nitrata rastvorenih u suspenziji aktivnog mulja i otpadne vode. Pritom su i fermentacijski proizvodi bitni, naročito masne kiseline sa kratkim lancem ugljenikovih atoma kojima se podstiče rast i odabir određene vrste bakterija koje ih u staničnoj strukturi mogu akumulirati kao rezervnu hranu. Taj se proces odvija u anaerobnoj fazi, a kao izvor energije služi akumulirani polifosfat koji se razgrađuje u toj fazi. Pri tom se u znatnoj meri povećava koncentracija ortofosfata u otpadnoj vodi (suspenciji).

Tokom aerobne faze u kojoj se aerobnim procesima razgrađuju akumulirane masti, polifosfati se sintezuju ponovo, ali u većoj meri nego u ranijim procesima. Taj se proces popularno naziva *luxury uptake*. Uklanjanjem viška mulja uklanjaju se i fosfati s biomasom [10].

TEHNOLOGIJA PROCESA PREČIŠĆAVANJA SBR SISTEMIMA

Taj tehnološki postupak naizmeničnog punjenja i pražnjenja reaktora, tj diskontinualni postupak biološke obrade otpadnih voda poslednjih se godina koristi sve više. Tokom takvog postupka voda se povremeno dovodi u biološki reaktor, iz koga se nakon ciklusa prečišćavanja u potpunosti prazni. U istom se bazenu naizmenično odvija ukupni proces prečišćavanja sledećim redosledom (slika 1):

- punjenje
- aerobne reakcije
- anoksične reakcije
- anaerobne reakcije
- taloženje
- odvođenje prečišćene vode

Šaržni bioreaktori mogu da se projektuju tako da se njihov rad zasniva na ujednačenom dotoku ili na neprekidnom radnom ciklusu. Rešenje zasnovano na neprekidnom radnom ciklusu ima široku primenu u praksi jer omogućava transparentnost u toku rada.

Potrebna muljna masa koja je odlučujuća za zapreminu bioreaktora se izračunava na osnovu bioloških procesa koji su slični konvencionalnom procesu u postrojenjima sa AM.

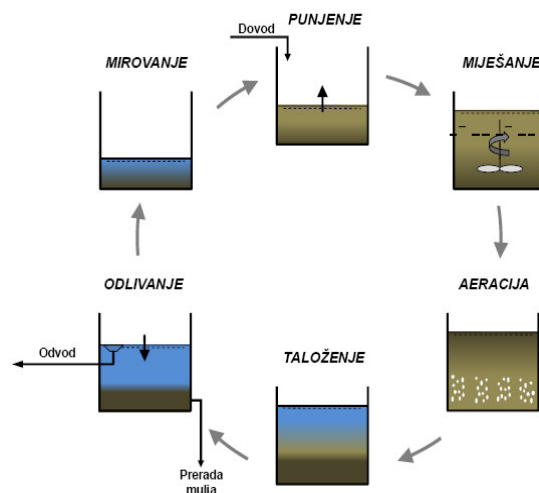
Kao drugi uslov se postavlja to da zapremina postrojenja mora da zadovolji hidrauličke uslove koji su od ključne važnosti za potrebno vreme reakcije za tečni mulj sa sadržajem suspendovanih materija.

Maksimalna veličina bazena se određuje ili na osnovu zapremine potrebne za biološku reakciju, ili na osnovu potrebne hidrauličke zapremine, u zavisnosti od toga koja od njih je veća. Hidraulička zapremina je obično od odlučujućeg značaja za slivne površine sa visokim vrednostima dotoka. U tom slučaju SBR postrojenja nemaju nikakvih prednosti u odnosu na konvencionalni proces sa AM zbog činjenice da će potrebna veličina SBR reaktora prevazići zapreminu bioreaktora i sekundarnog taložnika konvencionalnog procesa sa AM.

U slučaju da je konstruisan samo jedan SBR bazen, potreban je i bazen za ujednačavanje dotoka koji će

primiti i zadržati dolazeće otpadne vode u toku perioda taloženja, odlivanja i mirovanja. Kao alternativa ovom rešenju bilo bi potrebno da dva bazena rade u isto vrijeme sa različitim intervalima. U svakom slučaju poželjno je predvideti retenzioni bazen ispred šaržnih bioreaktora da bi se pomogla izmena faza u toku ciklusa i omogućilo izjednačavanje dotoka.

Reaktor je obično opremljen sistemom za aeraciju, uređajem za mešanje, pomagalicima za evakuaciju prečišćene vode, uređajem za odvođenje viška mulja, kao i sistemom za upravljanje i kontrolu procesa. Prečišćavanje otpadnih voda se obavlja u serijama faza procesa (punjenje, reakcija, taloženje, odlivanje) (pogledajte sliku 1). kao i kod konvencionalnog procesa prečišćavanja sa AM, SBR proces omogućava uklanjanje ugljenika. Upravljanje SBR procesom zahteva veći nivo obučenosti osoblja nego procesa kontaktne stabilizacije. Linija mulja je slična onoj kod postrojenja sa kontaktnom stabilizacijom.



Slika 1. Ciklus SBR procesa

KONTROLA I UPRAVLJANJE CIKLUSIMA U SBR SISTEMIMA

Jedan od nedostataka rane SBR tehnologije bio je nedostatak pouzdanih i jednostavnih sistema za automatsko upravljanje. Kroz korišćenje savremenih PLC sistema i razvoj pouzdanijih digitalnih merača koji mogu utvrditi količinu slobodnog kiseonika u vodi, uređaja za kontrolu nivoa i suspendovane materije situacija se promenila[11].

Otpadne vode karakterišu promenljive veličine protoka i opterećenja. Opterećenje tretmana odnosno složenost

procesa zavisi od dve komplementarne osobine, prva kvantitativna komponenta je mera protoka otpadnih voda, a druga kvalitativna komponenta je mera veličine nečistoće otpadnih voda, obe ove veličine mogu značajno da variraju u toku procesa prečišćavanja [12].

Proces projektovanja SBR sistema je funkcija ulaznog opterećenja, zapremine reaktora, instalisanih aeracionih sistema, i broja ukupnih ciklusa.

Kao osnova biološkog procesa uzima se jedan ciklus, međutim sledeća faza pri projektovanju je da se proveriti da li ova hidraulička zapremina ispunjava zahteve ostalih ciklusa. Zapremina između najnižeg i najvišeg nivoa reprezentuje kapacitet svakog reaktora. Svaki reaktor mora da ima dovoljan hidraulički kapacitet serija za tretman punog opterećenja [13].

Hidraulički proces punjenja i pražnjenja SBR reaktora sa diskontinualnim radom se kontroliše na sledeće načine:

Kontrola punjenja: *Odozgo na dole kontrola punjenja i odozdo na gore kontrola punjenja.*

Kontrola trajanja ciklusa: *fiksno vreme trajanja ciklusa i trajanje ciklusa proporcionalno protoku*

Odozgo na dole kontrola punjenja, povećava kapacitet tretmana tokom faze reakcije. Cilj je da se uvek postigne maksimalni nivo vode u SBR reaktoru kako bi se povećao kapacitet tretmana na najviši nivo. To se postiže variranjem kote dna vode u zavisnosti od protoka ulazne vode. Tako da je operativni nivo vode kontrolisan od vrha na dole. Kod ovih sistema imamo fiksni nivo maksimalnog nivoa vode. Ovakva kontrola se može koristiti samo kod postrojenja sa najmanje dva reaktora. Mana ovih sistema kontrole je da ne mogu da rade sa brzim promenama protoka [14].

Odozdo na gore kontrola punjenja, prevazilazi nedostatke prethodne kontrole. Ovde je kontrola punjenja odozdo na gore. Kod ovih sistema fiksiran je normalan kapacitet dna vode, a varira normalni kapacitet vrha vode. Kod ovih sistema je rešen problem čestih promena veličine protoka, međutim ovi sistemi imaju problem rada sa nižim hidrauličkim opterećenjima [14].

Kontrola trajanja vremena ciklusa. Nije moguće upravljati procesom sa aktivnim muljom pod zadatim uslovima bez automatske kontrole sistema. Potrebno je da takvi sistemi kontrole budu pouzdani, jednostavni i lako razumljivi operateru [15].

Fiksno trajanje vremena ciklusa. Najjednostavniji sistemi imaju fiksno trajanje vremena ciklusa i reaktor se puni samo pri maksimalnom protoku [16]. Broj reaktora utiče na vreme trajanja ciklusa i diktira da li je potreban rezervoar za uravnotežavanje. Sistem sa jednim reaktorom zahtevaju postojanje rezervoara za uravnotežavanje. Sistem sa dva reaktora može da radi i bez balansnog rezervoara ukoliko je proces punjenja polovina ukupnog procesa. Povećanjem broja reaktora srazmerno smanjujemo dužinu punjenja. Kada se koristi ovaj sistem kontrole, treba da se koristi kontrola rastvorenog kiseonika kako bi se izbegao višak trajanja perioda aeracije tokom niskog organskog i hidrauličkog opterećenja.

Trajanje ciklusa proporcionalno veličini protoka. Udaljavanje od fiksnog trajanja ciklusa usložnjava se automatizovanost kontrole. Sa promenljivim vremenom ciklusa sistem kontrole treba da bude savremen i da obezbedi bazen za prihvat viška opterećenja, ovo obično podrazumeva skraćen postupak vremena trajanja aeracije kao povećanje protoka [16].

Redukovanje trajanja ciklusa obrnuto je proporcionalno veličini ulaznog protoka. Raspoloživa zapremina za tretman se efikasnije koristi u odnosu na sistema sa fiksnim trajanjem ciklusa jer je punjenje bazena pri svim veličinama protoka pri maksimalnim vrednostima.

Sistem upravljanja se može zasnovati na identifikaciji krajnje tačke nakon biološke reakcije. Prebacivanje sledeće faze nakon detekcije krajnje tačke obezbeđuje optimalno rešenje za performanse oba procesa i ekonomičnost postrojenja [17]. Ovaj sistem kontrole će dovesti do srazmernosti između veličine protoka i opterećenja sa vremenom trajanja ciklusa.

VREME TRAJANJA FAZA I CIKLUSA

SBR sistemi funkcionišu po principu uzastopnih ponavljanja ciklusa. Ciklus je grupa operacija ili faza koje su obuhvaćene između početka (punjenje sistema) i kraja (odvođenje prečišćene vode) u procesu prečišćavanja otpadnih voda. Ovi ciklusi se definišu uz pomoć pet faza: *punjenje, reakcija, taloženje, ispumpavanje i mirovanje*. Ukupno vreme trajanja ciklusa je zbir svih ovih faza prikazanih sledećom jednačinom [18]:

$$t_C = t_P + t_R + t_T + t_I + t_M \quad (1)$$

gde je:

t_C – ukupno vreme trajanja ciklusa, t_P – vreme trajanja punjenja, t_R – vreme trajanja reakcije, t_T – vreme trajanja

taloženja, t_I – vreme trajanja ispumpavanja, t_M - vreme trajanja mirovanja.

Važno je napomenuti da ponekad nije potrebno predstaviti poslednju fazu mirovanja.

Osim toga, primenjeni uslovi tokom faze reakcije mogu biti različiti zavisno od željenog učinka (organske materije, eliminacije azota ili fosfora). Dakle, aerobno, anoksično ili anaerobno vreme reakcije se može predstaviti preko vremena trajanja reakcije t_R , sledećom jednačinom [18]:

$$t_R = t_{AE} + t_{AX} + t_{AN} \quad (2)$$

gde je:

t_{AE} – ukupno vreme trajanja aerobne reakcije, t_{AX} – vreme trajanja anoksične reakcije, t_{AN} – vreme trajanja anaerobne reakcije.

Takođe, važno je napomenuti da pojedinačni ciklusi imaju različitu vremensku efikasnost u odnosu na ukupno vreme trajanja ciklusa. Ova činjenica je posledica neispravnosti faze ili fizičkog funkcionisanja kao što je taloženje (tečno – čvrsta separacija) i pražnjenje (ceđenje), gde nema biološke konverzije za koju se pretpostavlja da se dogodila. Vremenska efikasnost se može definisati sledećom jednačinom [18]:

$$t_E = t_C - (t_T + t_P + t_M) \quad (3)$$

gde je:

t_C – ukupno vreme trajanja ciklusa, t_T – vreme trajanja taloženja, t_P – vreme trajanja pražnjenja, t_M – vreme trajanja mirovanja.

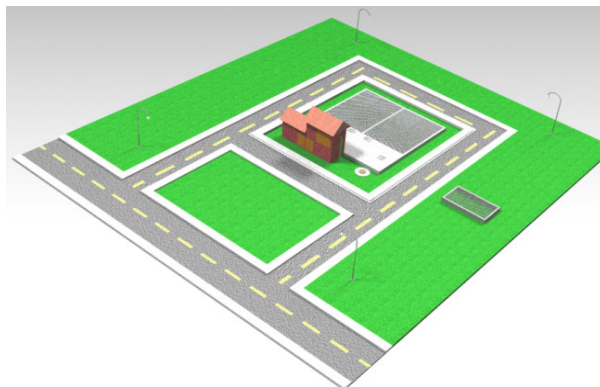
Broj ciklusa na dan je definisan preko ukupnog vremena trajanja ciklusa t_C , kao što je prikazano na jednačini ispod [18]:

$$N_C = 24/t_C \quad (4)$$

PARAMETARSKI MODEL

U nastavku je dat primer jednog postrojenja kapaciteta 5000 ES (ekvivalent stanovnika) koji je parametarski izmodelovan u programskom paketu CATIA V5.

Osnovna karakteristika ovog sistema je da se sve tehnološke faze odvijaju sukcesivno, dakle slede jedna drugu po unapred definisanim vremenskim intervalima. U toku jednog dana može biti nekoliko potpuno zaokruženih ciklusa, najčešći broj ciklusa je 3.

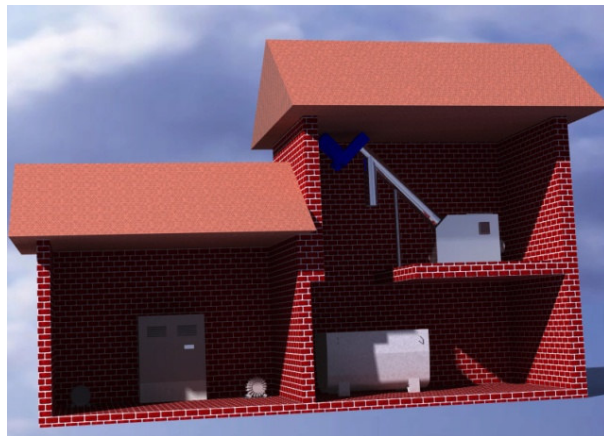


Slika 2. Izometrijski prikaz postrojenja

Zahvaljujući sekvencionalnom odvijanju procesa, osim biološke razgradnje ugljeničnih organskih jedinjenja odvija se i razgradnja i amonijaka i njegovih jedinjenja u postupku nitrifikacije i denitrifikacije.

Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda (slika 2.) sastoji se od:

- pumpne stanice za dovod vode na postrojenje (slika 6. i slika 4);
- „komandne kućice“ za smeštaj upravljačkog sistema i spiralnog sita (slika 3.);
- bazena predobrade (slika 5.);
- dva SBR reaktora (slika 5.);
- bazena za mulj (slika 5.);
- komore za taloženje i isušivanje mulja



Slika 3. Komandna kućica sa opremom

Na postrojenju se uočavaju dve celine:

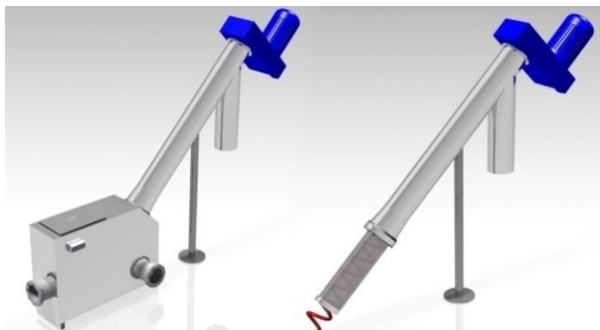
- linije vode i
- linije mulja.

Linija vode

Kanalizacione otpadne vode se preko pumpne stanice odvoje do spiralnog sita (slika 4) na kome se vrši izdvajanje otpada krupnijeg od 3mm.

Otpadni materijal, koji se procedi na situ, izvlači se pužnim transporterom, sabija zahvaljujući različitim korakom pužnog transportera, i ubacuje u kontejner odakle se odvozi na deponiju (odlagalište otpada).

Na ovaj način se štiti rad pumpe i aeracionog sistema od začepljenja i oštećenja od krupnijeg otpada. Otpadna voda, posle sita, slobodnim padom ulazi u bazen predobrade (slika.5).



Slika 4. Sklop spiralnog sita sa rezervoarom za prijem vode

Otpadna voda, oslobođena otpada, prikuplja se u bazen predobrade u kojem se meša sa „aktivnim muljem“. Odatle se pumpama prebacuje u SBR reaktore u kojima se odvija proces prečišćavanja u pet faza.

Faze prečišćavanja se odvijaju po sledećem redosledu:

1. PUNJENJE:

- SBR reaktor se puni vodom iz bazena predobrade.

2. AERACIJA (Proces intenzivne biološke obrade otpadnih voda):

- Pomoću kompresora i membranskih cevi uduvava se vazduh (kiseonik) u SBR reaktor. Rad duvaljke se kontroliše uz pomoć modula koji je smešten u komandnoj zgradi.
- Usled povećanog prisustva kiseonika u vodi dolazi do nastanka "aktivnog mulja", sastavljenog od aerobnih bakterija.
- Bakterije „aktivnog mulja“ omogućuju biološku razgradnju organskih materija iz otpadne vode.

Specifična potrošnja kiseonika je definisana sledećom jednačinom:

$$O = \frac{C_s}{(C_s - C_x)} (O_c k_c - O_N k_N) \quad (5)$$

gde je:

C_s – zasićenje vode kiseonikom; C_x - Sadržaj kiseonika u aeracionom bazenu; O_c - Potrošnja kiseonika za oksidaciju ugljenikovih veza; O_N - Potrošnja kiseonika za oksidaciju amonijaka; k_c - Koefficient udarnog opterećenja ugljenika; k_N - koefficient udarnog opterećenja azota

3. FAZA TALOŽENJA:

- Tokom ove faze aeracija se prekida tj. duvaljka prestaje sa radom. Smanjenje kretanja vode prouzrokuje da se biološki „aktivni mulj“, usled povećane težine, taloži na dnu bazena.
- Tako se novonastali „aktivni mulj“ istaložava na dno SBR reaktora, a u gornjem delu ostaje prečišćena voda izuzetno dobrog kvaliteta.

4. PUMPANJE ČISTE VODE:

- U ovoj fazi se prečišćena otpadna voda prepumpava iz SBR reaktora u šikanu za dezinfekciju na čijem izlazu se nalazi element za merenje protoka (ultrazvučni merač protoka) a odatle dalje u ricipient.

5. IZVLAČENJE VIŠKA MULJA:

- S'obzirom da tokom procesa aeracije dolazi do prirasta mikroorganizama (nastaje nova količina biološkog „aktivnog mulja“ tzv. „višak mulja“), u ovoj fazi se dalji prirast mikroorganizama smanjuje odstranjivanjem viška mulja. Mulj se odstranjuje prepumpavanjem u bazen za mulj, tako da u reaktoru imamo optimalnu - „radnu količinu aktivnog mulja“.

Količina povratnog mulja je definisana sledećom jednačinom:

$$q_r = q_h \frac{x}{\frac{1200}{SVI} - x} \quad (6)$$

gde je:

q_h – merodavni satni dotok otpadne vode na uređaj [l/s];
SVI – indeks mulja [ml/g]

Kompletan proces se prati automatski pomoću softvera (procesorske jedinice) smeštenog u komandnoj zgradi.

Linija mulja

Višak mulja koji je prepumpan iz SBR- bazena u bazen za mulj, a prema stanju zasićenja, prazni se iz bazena za mulj na dva načina:

1. Cisternama za odvoz mulja, biološki stabilizovan i zgusnut mulj, se odvozi na poljoprivredno zemljište (jer je izuzetno kvalitetno đubrivo);
2. Cevovodom se transportuje u komoru za taloženje i sušenje mulja

Dobijeni mulj je u većem delu aerobno stabilizovan, neškodljiv je po životnu sredinu te se kao takav može koristiti za dalje namene, recimo kao đubrivo na poljoprivrednim površinama.

Mulj se u komorama proceduje (odnosno isušuje) pri čemu se povećava sadržaj suvih materija. Po završetku procesa isušivanja, odnosno kada je komora puna, skida se prednji zid od drvenih talpi, prilazi utovarnom kašikom (utovarivačem) i utovaruje u transportna sredstva i odvozi na poljoprivredno zemljište.

Uvođenje nitrifikacije i denitrifikacije kao među-koraka omogućava prabacivanje procesa na proces sa nitrifikacijom bez denitrifikacije uz pomoć kontrole koncentracije kiseonika u bazenima.

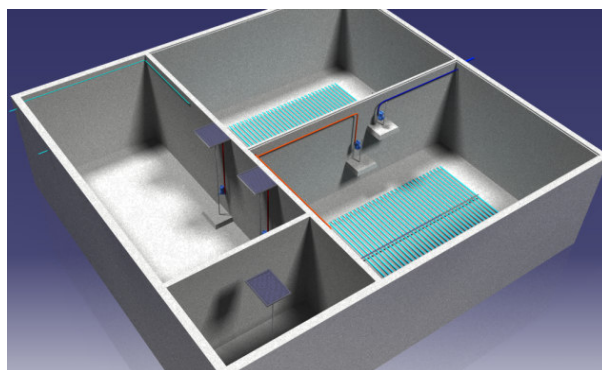
Vazduh se uvodi u proces putem potopljenih aeratora. Snabdevanje procesa vazduhom se obavlja duvaljkama. Vazduh se ravnomerno raspoređuje u bazenu korišćenjem npr. aparata za proizvodnju finih mehurića vazduha koji su raspoređeni po dnu bazena.

Nakon uvodnog uklanjanja ugljeničnih materija i nitrifikacije otpadne vode pretvaranjem amonijaka iz otpadne vode u nitrate, uređaji za aeraciju se isključuju i tako se stvara anoksična sredina (nema dostupnog slobodnog kiseonika) i uslovi u kojima je omogućena denitrifikacija.

U anoksičnoj sredini aerobni mikroorganizmi osiguravaju uklanjanje azota tako što koriste kiseonik vezan u molekulima nitrata. Taj kiseonik mikroorganizmi koriste za disanje, a oslobođeni azot se u vidu mehurića ispušta iz bazena u atmosferu.

Rast biološkog mulja će biti kompenzovan-kontrolisan stalnom evakuacijom mulja iz sistema (suvišni aktivni mulj). Koncentracije muljne tečnosti sa sadržajem suspendovanih materija će se održavati na nivou koji

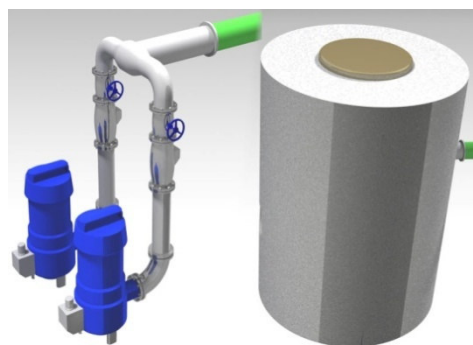
odgovara postavljenim zahtevima (karakteristikama mulja, temperaturi, itd.) za proces nitrifikacije i denitrifikacije, da bi se izbegle male koncentracije nitrata ili visoke koncentracije kiseonika. Proces je dimenzionisan tako da će se omogućiti regulacija kod slučajeva varijacija parametara protoka. Na taj način će se biološka obrada u svim opisanim procesima obavljati u procesu produžene aeracije aktivnog mulja, što omogućava smanjenje sadržaja organskih materija u otpadnoj vodi, kao i istovremenu stabilizaciju mulja. Stoga nije potrebna dodatna stabilizacija suvišnog mulja.



Slika 5. Prikaz bazena sa opremom

U pogledu jednostavnosti načina rada i namere da se postigne mala površina osnove bioreaktora, preporučuju se reaktori za nitrifikaciju i denitrifikaciju opremljeni uređajima za proizvodnju finih mehurića.

Prečišćena otpadna voda se od muljne tečnosti odvaja tako što se u toku faze taloženja klasteri mulja spuštaju na dno samog bioreaktora.



Slika 6. Pumpna stanica

Muljna tečnost sa aktivnim muljem koja je izdvojena iz biološki prečišćene otpadne vode (taloženjem) može ili da ostane u procesu, ili da se preradi kao suvišni mulj.

Višak mulja će se periodično transportovati u rezervoar za aktivni mulj. Pumpe za povratni i suvišni mulj se nalaze unutar stanica za pumpanje povratnog i suvišnog mulja koje će biti postavljene za svaki bioreaktor i opremljene potopljenim pumpama na motorni pogon u vodenim komorama.

ZAKLJUČAK

SBR proces predstavlja vrlo prilagodljiv proces. Naime, vreme trajanja, koncentracija kiseonika i vreme mešanja se može prilagođavati potreba postrojenja. Prerada i odvajanje čvrste biomase unutar jednog bazena može predstavljati povoljnost ovog procesa. Kao rezultat svega navedenog, ako su ispunjeni određeni okvirni uslovi ovaj proces podrazumeva manje troškove izgradnje u poređenju sa konvencionalnim procesom sa AM.

SBR proces ima veoma visok stepen prečišćavanja i do 99% a naročito je efikasan pri uklanjanju azota. Proces prečišćavanja se automatski prilagođava na stvarni dotok otpadne vode. Potpuno automatski vođenje i kontrola procesa.

U suštini izuzetno je pogodan za postrojenja srednjih kapaciteta. Gde se vrlo jednostavno može povećati kapacitet postojećeg sistema dodavanjem novih reaktora. A po svojim gabaritima u poređenju sa drugim sistemima zauzima znatno manje prostora.

Nedostatak može predstavljati složenost procesa gde je prisutna znatna automatizovanost sistema. Takođe, mora se voditi računa o odgovarajućoj aeraciji i pretakanju povratnog mulja, što se postiže automatizovanom praćenju parametara ciklusa.

LITERATURA

- [1] Božena Tušar: Pročišćavanje otpadnih voda, 2009
- [2] De Sousa, J.T. and E. Foresti: Domestic sewage treatment in an upflow anaerobic sludge blanket-Sequencing Batch Reactor system. *Wat. Sci. Tec.*, 33: 73-84., 1996
- [3] Mace, S. and J.R. Mata-Alvarez: Utilization of SBR technology for wastewater treatment: an overview. *Ind. Eng. Chem. Rem. Res.*, 41: 5539-5553., 2002.
- [4] F. Kargi, A. Uygur: Hydraulic residence time effects in biological nutrient removal using five-step sequencing batch reactor, *Enzyme Microb. Technol.* 35 (2004) 167–172.
- [5] D. Obaja, S. Mac'é, J. Costa, C. Sans, J. Mata-Alvarez: Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing batch reactor, *Bioresour. Technol.* 87 (2003) 103–111.
- [6] Carucci, A.; Chiavola, A.; Majone, M.; Rolle, E.: Treatment of tannery wastewater in a sequencing batch reactor. *Water Sci. Technol.* 1999, 40 (1).
- [7] Artan, N.; Özgü r Yag˘, N.; Artan, S.R.; Orhon, D.: Design of sequencing batch reactors for biological nitrogen removal from high strength wastewaters. *J. Environ. Sci. Health—Part A* 2003, In press.
- [8] Artan, N.; Wilderer, P.; Orhon, D.; Morgenroth: The mechanism and design of sequencing batch reactor systems for nutrient removal—the state of the art. *Water Sci. Technol.* 2001, 43 (3), 53–60.
- [9] Artan, N.; Orhon, D.: Design of SBR systems for nutrient removal from wastewaters subject to seasonal fluctuations. *Water Sci. Technol.* 2002, 46 (8), 91–98.
- [10] Opšte preporuke za planiranje projekata zaštite voda, Evropska agencija za životnu sredinu, Vodoprivredno-projektni biro d.d. Zagreb 1998.
- [11] Stig Morling: Sbr technology use and potential applications for treatment of cold wastewater, June 2009
- [12] Nicoll, E.H. *Small Water Pollution Control Works: Design and Practice.* Ellis Horwood Limited. 1988.
- [13] Kirkwood, S. Experiences With Cass, SBRs In The British Isles. In: *Sequencing Batch Reactor III – Client and Contractor Experiences.* Seminar Proceedings. *Aqua Enviro Technology Transfer.* 2001.
- [14] S. Bungay, BSc (Hons), MSc (Cranfield), MSc (Westminster), MIBiol, CBiol (Member), M. Humphries, BSc, (Member), T. Stephenson, BSc (Hons), PhD, FICHEM (Fellow): Operating strategies for variable flow sequencing batch reactors
- [15] Chambers, B.: Batch Operated Activated Sludge Plant for Production of High Effluent Quality at Small Works. *Wat. Sci. Tech.* 28 (10), 1993.
- [16] Newbert, C.: Sequencing Batch Reactors in Yorkshire Water. In *Activated Sludge – The Lessons of the Last Decade.* The Chartered Institution of Water and Environmental Management. Conference Proceedings. 2000.

[17] Yoo, C.K., Lee, D.S., Vanrolleghem, P.: Application of mutliway ICA for on-line process monitoring of a sequencing batch reactor. *Wat. Res.* 38, p. 1715-1732. 2004.

[18] M. Teresa, Vives Fabregas: Sbr tecnology for wastewater treatment: suitable operational conditions for a nutrient removal, Girona, September 2004

APPLICATION OF SBR SYSTEMS FOR THE TREATMENT OF MUNICIPAL WASTEWATER WITH PARAMETRIC MODEL OF PLANT

by

Dragan CVETKOVIĆ dipl.maš.inž, prof. dr. Milan DESPOTOVIĆ
Faculty of Mechanical Engineering, Kragujevac
Email:dragan_cw8202@yahoo.com

Summary

The main objective of this paper is to introduce us to the use of SBR technology (Sequencing Batch Reactor) systems for municipal wastewater treatment. With the advent of modern PLC controller, these systems removed earlier shortcomings and become one of the most effective solutions for medium-sized wastewater

treatment capacity. In this study, we are represented parametric system, modeled in Catia V5 software package.

Key words: SBR (Sequencing Batch Reactor), wastewater treatment, AM (active sludge)

Redigovano 19.07.2011.