Obrada otpadnih voda tehnologijom sekvencionog šaržnog reaktora

Ostojčić, Marta

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:172392

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Marta Ostojčić

Obrada otpadnih voda tehnologijom sekvencionog šaržnog reaktora

završni rad

Osijek, 2016.

SVEUČILIŠTE J. J. STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJPREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Završni rad

Obrada otpadnih voda tehnologijom sekvencionog šaržnog reaktora

Tehnologija vode i obrada otpadnih voda
Predmetni nastavnik: doc. dr. sc. Mirna Habuda - Stanić

Studentica: Marta Ostojčić (MB: 3782/13)

Mentor: doc. dr. sc. Mirna Habuda - Stanić

Predano (datum):

Pregledano (datum):

Ocjena: Potpis mentora:

Obrada otpadnih voda tehnologijom sekvencionog šaržnog reaktora

Sažetak: Otpadne vode su otpadne tvari u tekućem obliku, a onečišćenje voda predstavlja promjenu kakvoće voda koja nastaje unošenjem, ispuštanjem ili odlaganjem različitih tvari u vodu. Razlikuju se kućanske, industrijske, oborinske i rashladne otpadne vode. Njihovo se pročišćavanje može provesti na mehanički, biološki, ili fizikalno – kemijski način, ovisno o potrebi stupnja pročišćavanja. Nakon što su pročišćene, otpadne vode se preko ispusta ispuštaju u prijemnike. Jedna od mogućih tehnologija pročišćavanja otpadnih voda je i primjena tehnologije sekvencionog šaržnog reaktora (SBR). SBR je sustav aktivnog mulja koji se upotrebljava za pročišćavanje različitih tipova otpadnih voda od organskog biorazgradivog otpada. Postupak pročišćavanja se sastoji od faze dotoka otpadne vode, aeracije, taloženja i odvoda pročišćene otpadne vode. Svi se koraci pročišćavanja odvijaju u jednom bazenu te su odvojeni vremenski. Otpadna voda je nakon obrade SBR tehnologijom visoke kakvoće, a pri njenom ispuštanju neškodljiva za okoliš.

Ključne riječi: otpadne vode, pročišćavanje, SBR tehnologija, aktivni mulj, pročišćena voda

Sequencing batch reactor for wastewatertreatment

Abstract: Wastewaters are substances in liquid form and water pollution represents a change in water quality resulting from entering, discharging or delaying of various substances in water. There are domestic, industrial, wastewaters from precipitation and wastewaters that were used for cooling. Their purification can be done in a mechanical, biological or physico – chemical way, depending on the necessary of degree of purification. After they are purified, they can be discharged through the outfall into the receivers. One of the possible technologies in wastewatertreatment is sequencing batch reactor (SBR). SBR is system of activated sludge that is used for purification of various types of wastewaters from organic biodegradable pollution. The purification stage consists of inflow of wastewater, aeration, sedimentation and drainage of purified water. All this steps of purification are performed in one pool and are separated in time. Wastewater has high quality after SBR technology and is harmless to the environment in its discharge.

Keywords: wastewater, purification, SBR technology, activated sludge, purified water

Sadržaj

1.UVOD 1
2.OTPADNE VODE 2
2.1.Vrste otpadnih voda 2
2.2.Svojstva otpadnih voda 4
2.3.Prijemnici otpadnih voda 6
2.4.Uvjeti ispuštanja otpadnih voda 7
3.PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA 8
3.1.Vrste pročišćavanja otpadnih voda 8
3.1.1.Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda 8
3.1.2.Biološko pročišćavanje otpadnih voda 10
3.1.3.SBR tehnologija 12
3.1.4.Oprema 12
3.1.5.Linija vode 13
3.1.6.Linija mulja i plina 17
3.1.7.Zbrinjavanje mulja 18
3.1.8.Kakvoća otpadne vode nakon provedbe SBR tehnologije 18
3.1.9.Fizikalno – kemijsko pročišćavanje otpadnih voda 19
3.2.Obrada i odlaganje mulja 20
3.2.1.Obrada mulja 20
3.2.2.Odlaganje mulja 21
4.ISPUSTI 23
5.ZAKLJUČAK 24
6.LITERATURA 25

1.UVOD

Sveukupna voda na Zemlji zauzima 70,8 % površine, od čega je gotovo 97,5 % vode slana voda koja nije pogodna za piće, a samo oko 2,5 % vode otpada na slatku vodu od čega je dio nedostupan za ljudske potrebe jer se nalazi u tlu, atmosferi ili organizmima. Zalihe slatke vode se na Zemlji, pomoću hidrološkog ciklusa, stalno obnavljaju.

Kako iz dana u dan potrošnja vode raste, što u poljoprivredi što u industriji te domaćinstvima, a uz to se i populacija ljudi na Zemlji ekstremno povećava, smatra se da će kroz nekoliko godina više od polovice ljudske populacije biti „žedno“. Voda se naime, svakodnevnim korištenjem iz vodoopskrbnih sustava, mijenja fizikalno, kemijski i biološki. Sve navedeno dovodi do činjenice da nastaju vrlo velike količine otpadnih voda čije bi ispuštanje u ekološki sustav bez bilo kakve obrade bilo ekološki katastrofalno. Prije ispuštanja otpadnih voda u prirodne vodoprijemnike dugo godina se vjerovalo da će se razrjeđivanjem otpadnih voda u velikoj masi vode prijemnika problem riješiti sam od sebe. Tako su otpadne vode iz naselja i industrija, bez ili uz minimalno pročišćavanje, ispuštane u okolne vodotokove i mora. Tek nakon nekog vremena počele su se uočavati posljedice takvog gospodarenja otpadnom vodom. Uočeno je da je prirodna ravnoteža pojedinih dijelova vodenih sistema poremećena, najprije jer su nestajali pojedini pripadnici životne zajednice, a uz to su se i pojavili neki novi oblici koji su se prilagodili promijenjenim uvjetima.

Odgovarajuća obrada otpadnih voda znači obradu bilo kojim procesom, fizikalnim, kemijskim ili biološkim, koji nakon ispuštanja ne narušavaju dobro stanje vodoprijemnika. Danas se koriste mnoge metode obrade otpadnih voda, među kojima su i one sa aktivnim muljem od kojih je jedna i SBR tehnologija. Navedena tehnologija radi na principu sekvencionog načina pročišćavanja, rastapanja krutog otpada i u kombinaciji sa aktivnim muljem i sedimentacijskom zonom rezervoara. Upotrebljava se za pročišćavanje različitih tipova otpadnih voda od organskog biorazgradivog otpada. Sam proces čine četiri faze koje se ciklusno ponavljaju. Reaktori ovog tipa komercijalno su dostupni od dvadesetih godina prošlog stoljeća i upotrebljavaju se u cijelom svijetu. Zahvaljujući takvom uređaju, pročišćena otpadna voda koja se ispušta u određeni prijemnik ne ugrožava prirodno stanje okoliša, a veći dio istaloženog mulja (koji nastaje procesom) zadržava se u taložnici za sljedeći ciklus, što otklanja potrebu za crpkama za povrat mulja.

Današnje vrijeme je obilježeno brigom o okolišu i zaštitom vodenih sustava. Ovakvim sustavima obrade otpadnih voda čovjek pokušava vodu koju je uzeo iz prirode vratiti ondje pročišćenu, kako ne bi narušio kvalitetu okoliša.

U ovom radu opisan je proces pročišćavanja otpadnih voda SBR tehnologijom (engl. *Sequencing batch reactor*) pri čemu su definirani osnovni pojmovi za razumijevanje problematike otpadnih voda, njihova definicija, vrste i načini pročišćavanja, svojstva i vrste ispusta te prijemnika otpadnih voda te je objašnjena sama obrada otpadnih voda SBR tehnologijom, od osnovnih pojmova do samog procesa kroz liniju vode te liniju mulja i plina.

2.OTPADNE VODE

Otpadne vode su otpadne tvari u tekućem obliku. To su sve vode čije su prvotne fizikalne, kemijske, biološke i radioaktivne osobine promijenjene zbog upotrebe vode za čovjekove svakodnevne potrebe i industrijske procese. U otpadne vode ubrajamo i oborinske vode koje ispiru prometnice, poljoprivredne i ostale površine te na taj način otapaju i zasićuju se različitim kontaminantima. Dakle, općenito, onečišćenje voda predstavlja promjenu kakvoće voda koja nastaje unošenjem, ispuštanjem ili odlaganjem različitih tvari u vodu. Kada je to onečišćenje veće od dopuštenoga govori se o zagađenju voda.

2.1.Vrste otpadnih voda

S obzirom na podrijetlo i kvalitetu razlikuju se :

Kućanske otpadne vode

Kućanske otpadne vode su vode koje nastaju u seoskim i gradskim naseljima kao posljedica ljudske svakodnevne potrebe kroz osobnu i higijenu odjeće te objekata pa im sastav ovisi o načinu života i klimi. Temeljna svojstva takvih voda su biološka razgradivost te sadržaj velikih količina organske tvari. Prosječna temperatura kućanskih otpadnih voda je između 16 i 20 °C.

U ovisnosti o zagađenju i sadržaju kisika koje sadrže, kućanske otpadne vode se dijele na :

- svježe koje sadrže O_2,
- odstajale koje ne sadrže O_2 te
- trule (septičke) u kojima se odvija anaerobna razgradnja.

Upotrijebljene vode iz kućanskih uređaja i izljevnih mjesta otječu prvo kućnom kanalizacijom, a zatim se ispuštaju u komunalnu kanalizacijsku mrežu kojom otječu do uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Industrijske otpadne vode

Industrijske otpadne vode su vode koje nastaju pri različitim tehnološkim postupcima u tvornicama te su karakteristične za svaki pojedini tehnološki proces. Temeljno svojstvo industrijskih otpadnih voda je sadržaj različitih toksičnih tvari organskog ili anorganskog porijekla.

Industrijske otpadne vode se prema biološkoj razgradivosti dijele na :

- biološki razgradive industrijske otpadne vode koje su spojive s kućnim otpadnim vodama (npr. prehrambena industrija) te
- biološki nerazgradive industrijske otpadne vode koje su nespojive s kućnim otpadnim vodama (npr. metalna industrija).

Ovakve vode karakterizira povećanje KPK te povećana koncentracija metala u vodi, dok im pH vrijednost varira.

Oborinske otpadne vode

Oborinske otpadne vode se nazivaju i uvjetno „otpadnim“ jer je njihovo onečišćenje uglavnom prouzročeno vrstom i kontaminacijom površine na koju oborine padaju te prirodnim onečišćenjem sliva. Međutim, utvrđeno je da i uslijed sve većeg onečišćenja atmosfere i onečišćenja urbanih sredina, a naročito u industrijskim područjima i područjima u blizini prometnica, oborinske vode sadrže sve više onečišćenja uslijed njihova ispiranja prometnica i ostalih manipulativnih površina. Kod oborinskih voda može doći do promjene u sastavu i uslijed zagađenja atmosfere i otapanja plinova u vodi koja se u vidu aerosola nalazi u atmosferi pa nastaju tzv. „kisele kiše“. Nagla urbanizacija, s druge strane, također značajno remeti hidrološki ciklus jer je smanjeno prirodno procjeđivanje i neutralizacija oborinskih voda. Oborinske vode ispiru i poljoprivredna zemljišta što može uzrokovati povećanje koncentracije hranjivih tvari i pesticida u oborinskim vodama, a zatim i u vodnim recipijentima oborinskih voda. Karakteristike oborinskih otpadnih voda su povremenost i neravnomjernost.

Prema stupnju zagađenosti, oborinske vode dijelimo na :

- krovne oborinske vode koje predstavljaju najčišće oborinske otpadne vode, a onečišćenje ovih voda direktno ovisi o stupnju aerozagađenosti na konkretnoj mikrolokaciji,
- oborinske otpadne vode prikupljene s prometnica i parkirališta te sličnih površina koje predstavljaju srednje zagađene oborinske otpadne vode

najčešće onečišćene uljima, mastima i ostalim ugljikovodicima te krutim tvarima te

- oborinske otpadne vode prikupljene s uređenih platoa u industriji i obrtima na kojima se odvija dio ili neka od faza proizvodnje, internog prometa i skladištenja sirovina i poluproizvoda, kao i oborinske vode prikupljene s površina na kojima se odvija manipulacija opasnim materijalima koje posjeduju visoki stupanj onečišćenja, a uvjetno se mogu okarakterizirati kao tehnološke oborinske otpadne vode.

Rashladne vode

Rashladne vode su one vode koje odvode višak topline u industrijskim i energetskim postrojenjima, odnosno „onečišćene“ su toplinom. Karakterizira ih promijenjena prirodna temperatura i fizikalno - kemijska svojstva te utjecaj na ekološke prilike vodnog sustava. Sadrže smanjenu količinu otopljenog kisika, a veću količinu taloživih čestica te veći stupanj otrovnosti.

Sve navedene otpadne vode, pročišćene i nepročišćene, u konačnici završavaju u vodnim sustavima putem takozvanih „točkastih“ ispusta koje je moguće nadzirati ili „raspršenih“ ispusta koje nije moguće nadzirati (ispusti oborinskih voda).

2.2.Svojstva otpadnih voda

Svojstva otpadnih voda ovise ponajviše o njihovom porijeklu, a glavni pokazatelji svojstava otpadnih voda su :

- krupni površinski otpad,
- krutine,
- mikroorganizmi,
- hranjive soli,
- postojane tvari,
- otrovne tvari,
- radioaktivne tvari,
- otopljeni plinovi te
- povišena temperatura vode.

1)Krupni površinski otpad predstavljaju papir, krpe te krupni organski i sintetski otpaci za čiju se razgradnju troši kisik što dovodi do smanjene količine otopljenog kisika u vodi.

2)Krutine su tvari organskog i mineralnog podrijetla koje imaju veliki negativni ekološki značaj.

3)Mikroorganizmi (virusi, bakterije, plijesni, kvasci, alge, praživotinje) su jednostanični i višestanični organizmi koji se nalaze u svim otpadnim vodama (Vuković, 1994.). Razlikuju se mikroorganizmi razlagači koji razlažu organsku tvar do anorganske i pritom troše kisik te mikroorganizmi iz probavnog trakta ljudi i životinja od kojih su najštetniji patogeni jer prenose mnoge bolesti poput tifusa, hepatitisa, tuberkuloze te dezinterije.

4)Hranjive soli nastaju kao produkti razgradnje organske tvari te tako potiču prekomjeran rast planktona te cvjetanje otrovnih crvenih algi što dovodi do eutrofikacije sustava.

5)Postojane tvari čine mineralna ulja, pesticidi, deterdženti i plastične tvari. Mineralna ulja se nalaze u kućanskim i industrijskim otpadnim vodama gdje stvaraju tanku prevlaku preko površine čemu je posljedica smanjena količina otopljenog kisika u vodi. Inače, mineralna su ulja otrovna za žive organizme u vodi i kod koncentracije ispod 1 mg/L (Vuković, 1994.). Pesticidi u otpadne vode dolaze ispiranjem poljoprivrednih površina, a oni najopasniji za onečišćenje vode su klorirani ugljikovodici koji se gomilaju u masnim tkivima. Deterdženti uzrokuju eutrofikaciju jer se njima u vodne sustave unosi velika količina fosfata. Plastične tvari se nalaze u kućanskim i industrijskim otpadnim vodama u obliku konca, mrežica i vrećica (Vuković, 1994.).

6)Otrovne tvari su tvari koje prema svojim svojstvima i količinama uzrokuju bolesti živih organizama, kancerogene i genetičke promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije i smrt (Vuković, 1994.). U ovu skupinu se ubrajaju teški metali i otrovni spojevi.

7)Radioaktivne tvari mogu biti prirodnog podrijetla od zračenja litosfere i svemirskih zračenja ili umjetnog podrijetla od nuklearnih elektrana i industrija u kojima se koriste radionukleidi.

8)Otopljeni plinovi se u otpadnim vodama mogu pojaviti u različitim koncentracijama. Među najbitnije plinove ubraja se kisik koji je važan za veliki broj živih organizama u vodi. Uz kisik, otpadne vode vrlo često sadrže i ugljikov dioksid te sumporovodik.

9)Povišena temperatura vode posljedica je ispuštanja rashladnih voda iz industrijskih postrojenja, posebice termoelektrana i nuklearnih elektrana. Toplija voda sadrži manju količinu otopljenog kisika, a ubrzava metabolizam živih organizama te se kisik brže troši pa se pojavljuje sve veći manjak kisika (Vuković, 1994.).

U standardnim prilikama, glavninu onečišćenja otpadnih voda (prvenstveno kućanskih) predstavljaju organske tvari za čiju se razgradnju troši otopljeni kisik iz vode. Prema tome, stupanj zagađenja otpadnih voda organskom tvari u izravnoj je vezi s količinom kisika potrebnom za oksidaciju, odnosno razgradnju te tvari (Vuković, 1994.).

Biokemijska potrošnja kisika (BPK) je količina kisika potrebna da se razgradi biološki razgradiva organska tvar u vodi posredstvom aerobnih mikroorganizama. Ukupna biokemijska potrošnja kisika (BPK_{uk}) je količina kisika potrebna za potpunu razgradnju

organske tvari. Radi kvantificiranja opterećenja otpadnih voda organskom tvari za praktične je potrebe uveden pokazatelj petodnevne biokemijske potrošnje kisika (BPK_5). Kod ispitivanja svojstava otpadnih voda, naročito industrijskih, uobičajeno je određivanje i kemijske potrošnje kisika (KPK) što predstavlja ukupnu količinu kisika koja se potroši na razgradnju organske tvari, a ekvivalentna je koncentraciji oksidansa, kalijevog bikromata ili kalijevog permanganata.

2.3.Prijemnici otpadnih voda

Kao prijemnici pročišćenih i nepročišćenih otpadnih voda koriste se :

- prirodni vodni sustavi (vodotoci, jezera, mora) i umjetni vodni sustavi (kanali, akumulacije) te
- zemljišta.

Najčešće se otpadne vode ispuštaju u prirodne vodne sustave čije najbitnije osobine čine hidrološke, hidrauličke te fizikalne, kemijske, biološke i bakteriološke osobine.

- Hidrološke i hidrauličke osobine vodnih sustava se izražavaju sljedećim pokazateljima :
    - protok i uvjeti tečenja,
    - razina vode,
    - pronos nanosa te
    - pojava leda.

- Fizikalne, kemijske, biološke i bakteriološke osobine vodnih sustava se izražavaju sljedećim pokazateljima :
    - boja, miris i okus,
    - mutnoća,
    - temperatura,
    - koncentracija H^+ iona (pH),
    - vodljivost,
    - ukupni suhi ostatak,
    - ukupna tvrdoća,
    - otopljeni plinovi (kisik),
    - otopljene, koloidne i lebdeće organske i anorganske tvari,
    - mikroorganizmi te
    - životne zajednice, biljne i životinjske.

Kada se voda ispušta u prijemnike, navedeni parametri se mijenjaju, odnosno mijenjaju se svojstva prijemnika. Promjena je toliko izražena koliko je niži stupanj pročišćavanja otpadnih voda (Vuković, 1994.). Količina otopljenog kisika predstavlja temeljni kriterij čistoće, odnosno zagađenja prijemnika (Vuković, 1994.). Glavni problem kod ispuštanja otpadnih voda u prijemnike je to što se s otpadnim vodama ispuštaju velike količine razgradljivih organskih tvari pa se povećava potreba za otopljenim kisikom koji dodatno troše životne zajednice u vodi. U ekstremnim situacijama može se dogoditi da otopljeni kisik potpuno nestane pa dolazi do odumiranja akvatičnog života. Zato se u prijemnicima javlja potreba za oksigenacijom, odnosno obnavljanjem kisika iz zraka i fotosintezom, koju usporava prisutnost plivajućih mineralnih tvari i tvrdih deterdženata te koloidne i lebdeće tvari kao i povišena temperatura budući da se kisik slabije otapa u toplijoj nego u hladnijoj vodi.

2.4.Uvjeti ispuštanja otpadnih voda

Ispuštanje otpadnih voda predstavlja posljednju fazu upravljanja kanalizacijskim sustavima. Pri ispuštanju otpadne vode moraju se poštivati standardi zaštite voda, kako bi se vodni sustavi zaštitili od neželjenih utjecaja, odnosno od onečišćenja. Kako bi se smanjile ili spriječile neželjene promjene ekosustava, treba tijekom ispuštanja kontrolirati stanje vodnog sustava u koje se voda ispušta. Negativne promjene koje mogu nastati u ekosustavima su dugotrajne, a često se posljedice po ekosustav uočavaju i s višegodišnjim zakašnjenjem. Budući da uvjeti ispuštanja otpadnih voda ovise i o svojstvima otpadnih voda i o svojstvima prijemnika, standardi za zaštitu ekosustava mogu se svrstati u dvije skupine :

- standardi prijemnika, koji određuju namjenu ili način iskorištavanja prijemnika i granične vrijednosti pojedinih pokazatelja kvalitete prijemnika,
- standardi ispuštene vode odnosno efluenta, koji određuju potrebni stupanj pročišćavanja otpadnih voda.

Primjena standarda ispuštene vode utjecat će na smanjenje unošenja u vodotoke prekomjernog opterećenja otpadnim tvarima (Tušar, 2004.).

3.PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Pročišćavanje otpadnih voda je proces smanjenja onečišćenja otpadnih voda do onih količina ili koncentracija s kojima pročišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju neopasne za život i ljudsko zdravlje te ne uzrokuju neželjene promjene u okolišu (Vuković, 1994.). Otpadne vode je, prije ispuštanja u prijemnike, neophodno pročistiti. Kod analize problema pročišćavanja otpadnih voda od temeljne važnosti su količina i svojstva otpadnih voda te svojstva prijemnika, uvjeti ispuštanja otpadnih voda te sami procesi pročišćavanja. Potreba pročišćavanja otpadne vode ovisi o samoj prirodnoj vodnoj sredini u koju će se voda ispustiti (Tušar, 2004.).

3.1.Vrste pročišćavanja otpadnih voda

Ovisno o svojstvima otpadnih voda i potrebnog stupnja njihovog pročišćavanja razlikuju se :

- mehaničko ili prethodno (primarno) pročišćavanje,
- biološko ili naknadno (sekundarno) pročišćavanje te
- fizikalno – kemijsko ili tercijarno pročišćavanje.

Mehaničko i biološko pročišćavanje se ponekad naziva i konvencionalno pročišćavanje (Vuković, 1994.). Iako je ova podjela vrlo uvriježena u praksi, treba ju prihvatiti uvjetno jer se mehaničko pročišćavanje provodi radi poboljšanja kvalitete otpadnih voda (smanjuje se količina krupnih plivajućih, lebdećih i masnih tvari) kako bi se uklonile tvari za koje postoji mogućnost da oštete uređaje za biološko i fizikalno – kemijsko pročišćavanje. Prema tome, mehaničko pročišćavanje je prethodna faza biološkog i fizikalno – kemijskog, kao dviju osnovnih vrsta pročišćavanje otpadnih voda. Između ostalog, neke faze mehaničkog pročišćavanja imaju i osobine fizikalno – kemijskih procesa. Navedeni stupnjevi pročišćavanja otpadnih voda provode se na objektu s pripadnom elektrostrojarskom opremom, koji nazivamo uređaj za pročišćavanje (Vuković, 1994.).

3.1.1.Mehaničko pročišćavanje otpadnih voda

Mehaničko pročišćavanje obuhvaća sljedeće faze :

- rešetanje i/ili usitnjavanje odnosno dezintegraciju,
- taloženje i isplivavanje te
- izjednačavanje odnosno egalizaciju i/ili neutralizaciju.

Prva i druga faza se najčešće primjenjuju kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, a treća se primjenjuje kod pročišćavanja industrijskih otpadnih voda.

1)Rešetanje je proces uklanjanja krupnih tvari (lišća, krpa, stakla, komada drveta, plastike) iz otpadnih voda radi zaštite crpki i drugih dijelova uređaja za pročišćavanje (Vuković, 1994.).

Rešetanje se odvija na rešetkama, čiji učinak ovisi o otvorima među šipkama rešetke.
S obzirom na konstrukciju, rešetke dijelimo na:

- ravne i
- lučne,

a s obzirom na slobodni otvor rešetke mogu biti:

- grube, 50 – 100 mm;
- srednje, 10 – 25 mm te
- fine, 3 – 10 mm.

Najveći učinak daju fine rešetke na kojima se zna zaustaviti i dio lebdećih tvari. Učinak pročišćavanja na finim rešetkama iznosi :

- smanjenje BPK_5 za 3 – 10 %,
- smanjenje lebdećih tvari za 2 – 20 %,
- smanjenje bakterija za 10 – 20 %,
- smanjenje KPK za 5 – 10 % (Vuković, 1994.).

Ponekad se koriste makrosita od nehrđajućih žica, s otvorom do 3 mm koje imaju sposobnost zadržavanja lebdećih tvari i do 35 %. Čišćenje rešetki se provodi ručno, na manjim uređajima i grubim rešetkama te na većim uređajima radi zaštite srednjih i finih rešetki, ili mehanički. Brzina vode u kanalu se kreće od 1,0 do 1,5 m/s, a da bi se izbjeglo taloženje organskih tvari brzina ne bi smjela biti manja od 0,6 m/s.
2)Usitnjavanje otpadnih tvari je proces koji ili potpuno zamjenjuje rešetanje ili se primjenjuje nakon prolaska otpadnih voda kroz grubu rešetku (Vuković, 1994.). Krupne otpadne tvari se usitne do veličine od 3 do 8 mm te se odvode na daljnje pročišćavanje bez opasnosti od začepljenja crpki i drugih dijelova uređaja. Usitnjavanje se provodi na uređajima koji se zovu usitnjivači. U praksi se najčešće upotrebljavaju usitnjivači sa slobodnim prolazom vode.
3)Taloženje se primjenjuje za izdvajanje pijeska i ostalih krupnijih čestica mineralnog podrijetla. Provodi se radi zaštite rotora crpki i cjevovoda od abrazije. Građevine u kojima se odvija taloženje zovu se pjeskolovi koji se u pravilu postavljaju kod mješovitih kanalskih sustava i na oborinskoj kanalizaciji. Pjeskolovi se izvode kao taložnici odnosno spremnici u kojima se smanjuje brzina protoka vode i tako omogućuje taloženje zrnatih čestica. Kako bi se spriječilo istovremeno taloženje i čestica organskih tvari nastoji se postići minimalna horizontalna brzina protjecanja vode od oko 0,3 m/s. Pri toj se brzini praktički istalože sve čestice pijeska promjera većeg od 0,25 mm. Vrijeme protjecanja vode kroz pjeskolov je najčešće 60 s.
4)Isplivavanje je proces uzlaznog kretanja čestica raspršenih u vodi kojima je gustoća manja od gustoće vode (Vuković, 1994.). Ovaj se proces pretežno koristi za uklanjanje masti i ulja. Razlikuje se :

- prirodno isplivavanje kod čestica kojima je gustoća manja od gustoće vode te
- stimulirano isplivavanje, najčešće uz upuhivanje komprimiranog zraka u sitnim mjehurićima koji se lijepe na čestice koje imaju gustoću veću od gustoće vode koje se potom dižu na površinu.

Isplivavanje se provodi u flotatorima. To su jednokomorni ili višekomorni spremnici slični taložnicima, koji ispred odvoda odnosno izlaznog preljeva imaju manju pregradu za sakupljanje plivajućih tvari, a aerirani flotator posjeduje i sustav za upuhivanje komprimiranog zraka od tlakom od 0,6 bara. Učinak flotacije ovisi o :

- vremenu zadržavanja vode u spremniku,
- gustoći čestica,
- veličini i masenom protoku čestica te
- brzini protjecanja i temperaturi vode.

Kod pročišćavanja kućanskih otpadnih voda, u kojima je prosječna količina plivajućih tvari, odnosno masti i ulja, 1 do 5 L/stanovniku i godini, ne izvode se posebno flotatori, već se uklanjanje masti i ulja obavlja u pjeskolovu.

5)Izjednačavanje je proces zadržavanja otpadnih voda u spremniku kako bi se izjednačila temeljna svojstva vode (pH, boja, mutnoća, BPK, KPK i dr.) uz dodatne učinke zbog fizikalnih, kemijskih i bioloških promjena tokom zadržavanja (Vuković, 1994.). Budući da je ovaj proces u načelu primjeren za pročišćavanje industrijskih otpadnih voda, vrijeme zadržavanja ovisi o industrijskim tehnološkim procesima.

6)Neutralizacija je proces promjene pH vrijednosti u industrijskim otpadnim vodama. Industrijske otpadne vode često sadrže kisele i bazične sastojke u količinama koje se ne smiju ispuštati u prirodne vodne sustave, a gdje se dozvoljava ispuštanje otpadnih voda sa pH u rasponu od 6 do 9. Neutralizacija je jedan od temeljnih procesa pročišćavanja industrijskih otpadnih voda (Vuković, 1994.), a najjednostavnije se provodi miješanjem otpadnih voda iz različitih pogona, odnosno miješanje kiselih s bazičnim otpadnim vodama. Druga je mogućnost dodatak reagensa čiji se izbor i količina određuju eksperimentalno.

3.1.2.Biološko pročišćavanje otpadnih voda

Mehaničkim se pročišćavanjem iz otpadnih voda ukloni manji dio onečišćenja, dok zaostaje veći dio poput organskih i anorganskih krutina, mikroorganizama, hranjivih soli, pesticida, deterdženata, otrovnih i radioaktivnih tvari te je za pojedine skupine potrebno primijeniti viši stupanj pročišćavanja.

Uređaj, koji radi prema načelu biološkog pročišćavanja, u općem slučaju obuhvaća sljedeće korake:

- rešetanje i/ili usitnjavanje,

- taloženje i/ili isplivavanje,
- izjednačavanje i/ili neutralizaciju,
- taloženje u prethodnim taložnicima i isplivavanje,
- biološke procese,
- taloženje u naknadnim taložnicima, isplivavanje i procjeđivanje te
- dezinfekciju.

Prve tri navedene faze čine mehaničko pročišćavanje. Biološki procesi se primjenjuju za pročišćavanje kućanskih otpadnih voda i industrijskih otpadnih voda s pretežnim udjelom organskih biološki razgradivih tvari i sa sadržajem opasnih tvari ispod kritične koncentracije (Vuković, 1994.). Ovi se procesi temelje na aktivnosti mikroorganizama koji razgrađuju organsku tvar upotrebljavajući je kao hranu za svoje umnožavanje. Uz razvoj mikroorganizama, kao produkt bioloških procesa nastaju plinovi i nerazgradivi ostatak. Prema količini otopljenog kisika u otpadnim vodama i prema prilikama u staništu mogući su sljedeći procesi:

- aerobna gradnja i razgradnja stanica,
- anaerobno kiselo vrenje i metanska razgradnja te
- bakteriološka oksidacija i redukcija.

Aerobni procesi se odvijaju u otpadnim vodama kada u vodi ima dovoljno otopljenog kisika koji se troši za razgradnju lebdećih i koloidnih organskih tvari. Ovim se procesima proizvodi višak žive i mrtve organske i anorganske tvari koja se naziva viškom mulja. Anaerobni procesi se odvijaju u otpadnim vodama kada u vodi nema otopljenog kisika. U prvoj „kiseloj“ fazi bakterije kiselog vrenja razgrađuju organsku tvar do organskih kiselina koje su hrana za metanske bakterije u „metanskoj“ fazi razgradnje. Ovim procesima nastaje mnogo manje mikroorganizama. Bakteriološka oksidacija i redukcija omogućuje oksidaciju željeza, mangana i sumpornih spojeva te redukciju i oksidaciju dušičnih spojeva. S obzirom na način održavanja mikroorganizama u uređajima za biološko pročišćavanje otpadnih voda, u praksi se najčešće primjenjuju aerirani spremnici s aktivnim muljem odnosno bioaeracijski bazeni, aerobne i aerirane lagune, prokapnici odnosno biološki filtre te okretni biološki nosači odnosno biodiskovi za aerobne procese, a za anaerobne procese anaerobni digestori, anaerobne lagune i anaerobni procjeđivači.

Procjeđivanje je proces koji se provodi radi zadržavanja krutina prisutnih u otpadnim vodama, a provodi se :

- površinskim procjeđivanjem, gdje voda prolazi kroz poroznu podlogu ili
- dubinskim procjeđivanjem, gdje voda silazno, uzlazno ili dvosmjerno prolazi kroz filtarski sloj od granuliranog materijala.

U praksi se češće provodi dubinski način procjeđivanja.

Dezinfekcija je proces koji se kod pročišćavanja otpadnih voda najčešće provodi primjenom klora. Uobičajene doze klora kod dezinfekcije otpadnih voda iznose od 5 do 20 mg/L (Vuković, 1994.).

Jedan od mogućih načina biološkog pročišćavanja otpadnih voda je i primjena sekvencionog šaržnog reaktora (SBR).

3.1.3.SBR tehnologija

Sekvencioni šaržni reaktor je sustav aktivnog mulja koji se upotrebljava za pročišćavanje različitih tipova otpadnih voda od organskog biorazgradivog otpada. Osnovna razlika između konvencionalnih sustava s kontinuiranim protokom i SBR–a je u činjenici da se u SBR sustavu svi koraci pročišćavanja odvijaju u jednom bazenu, te su odvojeni vremenski. U sustavu s kontinuiranim protokom upotrebljavaju se različiti bazeni za prostorno razdvajanje različitih koraka procesa pročišćavanja. Taj tehnološki postupak naizmjeničnog punjenja i pražnjenja posljednjih se godina koristi sve više. Činjenica da SBR zauzima manje prostora jedna je od njegovih brojnih prednosti. Nadalje, SBR sustav može učinkovito tretirati velike fluktuacije u protoku i kvaliteti otpadne vode. Što se tiče kvalitete efluenta, SBR sustav je učinkovitiji u uklanjanju nutrijenata, biorazgradnji organskih spojeva i snižavanju koncentracije dušika i fosfora do ispod dozvoljene razine. Dodatna prednost je što se različite faze ciklusa pročišćavanja lako prilagođavaju potrebama korisnika. Šaržni bioreaktori mogu se projektirati tako da se njihov rad zasniva na ujednačenom dotoku ili na neprekidnom radnom ciklusu. Rješenje zasnovano na neprekidnom radnom ciklusu ima široku primjenu u praksi jer omogućuje transparentnost u toku rada.

3.1.4.Oprema

SBR sustav općenito uključuje sljedeću opremu :

- bazen izgrađen od čelika ili betona,
- oprema za miješanje i aeraciju gdje se dio opreme koji dovodi zrak u bazen naziva puhalo, a dio koji omogućuje miješanje sadržaja bazena aerator,
- dekanter za ispuštanje čistog efluenta nakon procesa biorazgradnje,
- oprema za mjerenje pH, koncentracije kisika, razine pjene, razine biološke faze odnosno bakterija i ukupne razine sadržaja u reaktoru,
- oprema za doziranje koja omogućuje prilagodnu pH vrijednosti te koncentracije dušika i fosfora te
- sustav kontrole koji omogućuje aktivaciju alarma, odgovora, kontrole i prikupljanja podataka u svrhu praćenja i prilagodbe procesa pročišćavanja.

3.1.5.Linija vode

Tijekom postupka obrade vodu je prvo potrebno podvrgnuti mehaničkoj obradi nakon čega se dovodi u biološki reaktor iz kojega se nakon ciklusa pročišćavanja u potpunosti prazni.

Mehanički predtretman

Mehanički predtretman otpadne vode, prije dolaska u SBR bazen, sastoji se od :

- sustava rešetki,
- aeriranog pjeskolova i mastolova te
- primarnog taložnika.

Neobrađena voda se prije samog odlaska u SBR bazen mora obraditi mehanički da bi se otklonile veće i manje plutajuće tvari koje bi daljnjim prolaskom kroz proces mogle oštetiti crpke i ostale uređaje.

1)Sustav rešetki

Prvi korak ovog mehaničkog predtretmana je prosijavanje otpadne vode kroz sustav rešetki kojim se voda pušta preko dvije vrste rešetki i tako štiti sljedeće strojeve od velikih predmeta. Prve, grube rešetke sa slobodnim otvorom od oko 22 mm, uklanjaju iz vode grubi otpad koji se pomoću pužnog transportera ispire i transportira u kontejner. Druge, fine rešetke sa slobodnim otvorom od oko 6 mm, čine najčešće dvije rešetke ugrađene u odvojene kanale pa se otpad, kojeg čine nešto sitnije plutajuće tvari, s finih rešetki uklanja pomoću zajedničkog pužnog transportera te se dehidrira i transportira u kontejner. Iza finih rešetki je smješten spremnik mulja. Ovdje se prikuplja nužničko gnojivo iz jama i dozira se do postrojenja influenta.

2)Aerirani pjeskolov i mastolov

Nakon finih rešetki slijedi aerirani pjeskolov. Krupne i sitne čestice pijeska se talože uslijed gravitacijske sile dok otpadna voda prolazi uzdužnom komorom. Nataloženi pijesak se skuplja zgrtačima s noževima na pokretnom mostu te se crpi i odvodi u klasirer pijeska, a zatim u kontejner. Pjeskolovi su uzdužno podijeljeni da bi se omogućilo odvajanje masti. Mast pluta na površini vode radi manje specifične gustoće naspram vode. Proces plutanja se održava aeracijom, a mast se odvaja zgrtačima na kraj bazena odakle se odvodi u kontejnere te se propisno odlaže dalje od uređaja za pročišćavanje otpadne vode. Na kraju pjeskolova i mastolova, voda protiče u okno i odatle do bazena primarnog taložnika. Okno je izravno spojeno s dijelom biološke obrade.

3)Primarni taložnik

Primarni taložnik nije obavezan ukoliko voda nije preopterećena organskog tvari, ali se koristi za veću učinkovitost odstranjivanja primarnog mulja pri čemu se omjer BPK i dušika smanjuje. U primarnim taložnicima postoje dvije linije primarnog mulja. Mulj se taloži u bazenima i transportira lančanim zgrtačem do lijevaka odakle se dalje crpi u zgušnjivač. Ako

primarni taložnik nije potreban, otpadna voda izravno putem bypass-a odlazi na biološku obradu (SBR) pomoću ručnih zaštitnih vrata.

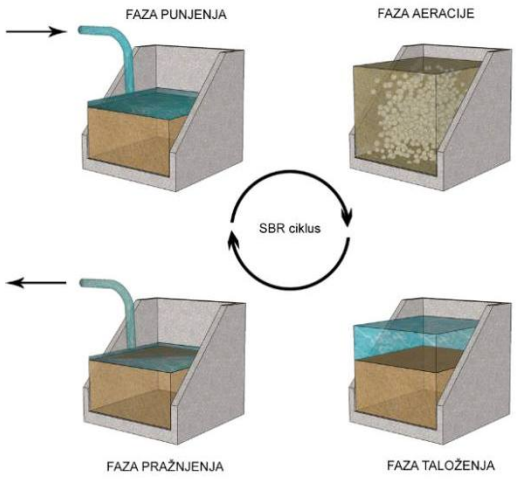
Biološka obrada (SBR)

Prije koraka biološke obrade mehanički obrađene otpadne vode moraju se podići u odvojenu posrednu podiznu stanicu koja je opremljena sa uronjivim crpkama. Ako nije moguće izgraditi bazen u zemlji zbog visoke razine vode, potrebno je ugraditi posrednu crpnu stanicu uzvodno od bazena. Ukoliko je razina podzemnih voda visoka, SBR reaktori imaju mogućnost podizanja. Podizna stanica je najčešće opremljena sa 5 uronjivih crpki (4 radne, 1 standby). Sve crpke su opremljene sa inverterom frekvencije pa posjeduju mogućnost prilagodbe kapaciteta crpki prema stvarnom dolaznom protoku. U biološkoj obradi najznačajnije je odstranjivanje nutrijenata poput dušika, ugljika i fosfora. Biološka oksidacija i redukcija organskih i neorganskih zagađivača se izvršava mikroorganizmima koji se nalaze u vodi, a predstavljaju aktivni mulj koji je bez mirisa, bezopasan po zdravlje radnika ili po okoliš ako se upravlja u skladu sa standardnim propisima i uputama za rad te koji se tijekom tretmana otpadnih voda generira. Potrebna muljna masa, koja je odlučujuća za zapremninu bioreaktora, se izračunava na temelju bioloških procesa koji su slični konvencionalnom procesu u postrojenjima sa aktivnim muljem. Zapremnina postrojenja mora zadovoljiti hidrauličke uvjete koji su od ključne važnosti za potrebno vrijeme reakcije za mulj sa sadržajem suspendiranih tvari. Biološki selektor dopušta upotrebu sustava u različitim tipovima otpadnih voda i to da mogu biti izgrađeni u manjem obliku i sa manje troška bez smanjivanja radnih uvjeta. Svi ciklusi se odvijaju u jednom bazenu, ali su vremenski odvojeni. Maksimalna veličina bazena se određuje ili na osnovu zapremnine potrebne za biološku reakciju ili na osnovu potrebne hidrauličke zapremnine, u zavisnosti od toga koja je od njih veća. U slučaju jednog bazena potreban je i bazen za ujednačavanje dotoka koji će primiti i zadržati dolazeće otpadne vode u toku perioda taloženja, odlijevanja i mirovanja. Alternativa ovom rješenju je postojanje više bazena koji rade u isto vrijeme sa različitim intervalima. Ako u sustavu postoji više bazena, npr. 4, u svakom se naizmjence odvija faza po faza, određenim redoslijedom, s tim da se faze ne preklapaju, odnosno ako se u prvom bazenu provodi aeracija, u drugom je već počelo taloženje, u trećem je pročišćena voda ispuštena, a četvrti se tek puni.

Glavne faze ciklusa biološkog procesa pročišćavanja u SBR uređaju jesu:

- punjenje uređaja,
- miješanje,
- ozračivanje,
- taloženje,

- pražnjenje uređaja,
- ispuštanje mulja te
- priprema za novi ciklus.



Slika 1 Prikaz faza ciklusa tipičnog SBR sustava

Punjenje uređaja započinje kada se iz podizne stanice voda crpi u kanal iz kojeg se raspodjeljuje do pojedinih bazena. Distribucija se obavlja automatskim vratima koja su smještena uzvodno do svakog bazena. Miješanje se vrši mehaničkom miješalicom koja sakupljeni i nataloženi aktivni mulj s dna rektora, od prethodnog ciklusa, počinje miješati sa ulaznom otpadnom vodom. Aeracija započinje nakon određenog vremena, uz miješanje, tijekom punjenja. Tijekom ovog perioda razina slobodnog kisika polako se povećava. Sustav rešetki montiran na podu membranskih difuzora opskrbljuje proces potrebnim kisikom. Miješanje i transfer kisika se postižu simultano. Zrak za potrebe aeracije proizvodi se pomoću puhala koja su smještena u posebnoj građevini u kojoj se nalazi i glavni elektro razvod. Dva bazena mogu u isto vrijeme biti opskrbljena s 2+1 zajednička puhala (ukupno 4+1 puhala). Jedan od ovih puhala služi kao glavno puhalo, drugo puhalo služi kao pomoćno puhalo. U slučaju kvara glavnog puhala, pomoćno puhalo automatski postaje glavno puhalo. Iz ovih puhala, komprimirani zrak se ispušta pomoću 2 odvojene tlačne cijevi do SBR bazena. Aeracijom će doći do oksidacije organske tvari i poboljšavanja rasta heterotrofnih bakterija u reaktoru. Nakon toga će započeti nitrifikacija i na kraju perioda punjenja reaktora, pod utjecajem autotrofa, dominirati će potrošnja kisika. Nakon što je bazen napunjen u reaktoru se nastavljaju procesi miješanja i aeracije. Ova faza je bitna kako bi se postigla potpuna nitrifikacija i zahtijevana kvaliteta vode nakon pročišćavanja. Vrijeme aeracije na

uređaju za pročišćavanje vođeno je vremenom trajanja ciklusa i razinom slobodnog kisika u reaktoru. Taloženje nastupa nakon što se u reaktoru zaustavljaju procesi miješanja i aeracije da bi se dopustilo da biomasa flokulira i da se nataloži pod mirnim uvjetima čime se reaktor pretvara u idealan sedimentacijski bazen. Pražnjenje uređaja, odnosno ispuštanje pročišćene vode započinje nakon završetka procesa taloženja. Biološki tretirana voda odvodi se na kraj bazena pomoću dekantera. Svaki dekanter sastoji se najčešće od 2 spojena dijela i obuhvaća jednostavni preljev spojen serijom cijevi za transport efluenta do pričvršćene rotirajuće cijevi za odvod. Ispuštanje vode odvija se dok nivo vode u reaktoru ne dosegne unaprijed utvrđenu granicu. Obrađena voda se odvodi gravitacijom, putem određenog kolektora, do predviđenog ispusta. U slučaju visokih voda, kada razina vode u prijemniku naraste, automatski se zatvaraju zaštitna vrata kanala kako bi se izbjegao povrat vode iz prijemnika. Ispuštanje mulja je sljedeća faza koja je bitna jer se tijekom procesa tretmana mulj generira. Ovaj mulj se ili recirkulira ili povlači, a da bi se ovo omogućilo, svaki bazen je najčešće opremljen sa dvije crpke, odnosno jednom recirkulacijskom crpkom za povratak mulja i jednom centrifugalnom crpkom za višak mulja. Ispuštanje suvišnog aktivnog mulja odvija se nakon ispuštanja pročišćene vode. Izvršavanjem opisanih sekvenci ciklus se ponavlja. Tijekom perioda ciklusa, obujam tekućine unutar bojlera se povećava od postavljenog minimalnog dna radne razine vode u odnosu na varirajuću ratu protoka influenta. Kao najznačajnije uklanjanje iz otpadnih voda ovim procesom potrebno je napomenuti uklanjanje dušika i fosfora. Dušični, kao i fosforni spojevi, uvijek su prisutni u otpadnim vodama. Budući da su oni glavni uzročnici rasta vodenih biljaka propisima se uvode ograničenja ispuštanja.

1)Nitrifikacija i denitrifikacija

Dušik se u otpadnim vodama većinom nalazi u obliku amonijaka, a u manjoj mjeri u obliku nitrita i nitrata. To zavisi i od stanja sistema odvođenja otpadnih voda. Njihovo se biološko uklanjanje iz otpadnih voda odvija procesom oksidacije amonijaka odnosno nitrifikacijom do nitritne forme, a nakon toga procesom redukcije nitrata odnosno denitrifikacijom do plinovitog dušika koji se iz sistema može ispuštati u atmosferu. Nitrifikacija i denitrifikacija su dva biološka procesa koji jedan iz drugog teku djelovanjem mikroorganizama koji iz vode uklanjaju dušične spojeve. Pri nitrifikaciji, amonijak se do nitrita oksidira u dva stupnja. Mikroorganizmi koji sudjeluju u nitrifikaciji su autotrofne, strogo aerobne bakterije. U prvom stupnju su to *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis* i *Nitrosopira*, a u drugom stupnju i *Nitrobacter*. Glavni čimbenici procesa biološke nitrifikacije su niska koncentracija organskih tvari, a odsutnost otrovnih tvari, koncentracija kisika bi trebala biti 2 mg/L, optimalna temperatura 20 °C te pH vrijednost od 8 do 9. Denitrifikaciju omogućuju heterotrofne, strogo ili fakultativno anaerobne bakterije *Pseudomonas*, *Achromobacter* i *Bacillus*. Te bakterije zahtijevaju prisutnost ugljika u lako raspadljivom obliku te odsutnost kisika. Proces je vrlo osjetljiv na

temperaturu pa je optimalna 25 °C, a minimalna 5 °C, a također je veliki utjecaj pH vrijednosti. Iz otpadnih voda, uz pomoć aktivnog mulja, moguće je ukloniti od 30 do 50 % ukupnog dušika.

2)Uklanjanje fosfora

Postoji više procesa uklanjanja fosfata iz otpadne vode, a svi oni zavise od nastanka anaerobnih uvjeta uz potpunu odsutnost kisika i nitrata rastvorenih u suspenziji aktivnog mulja i vode. Pri tom su bitni i fermentacijski proizvodi, a naročito masne kiseline kratkih ugljikovodičnih lanaca, koje potiču rast i odabir određenih vrsta bakterija koje ih u staničnoj strukturi mogu akumulirati kao rezervnu hranu. To se odvija u anaerobnoj fazi, a kao izvor energije služi akumulirani polifosfat koji se razgrađuje u toj fazi. Pri tome se, u znatnoj mjeri, povećava koncentracija ortofosfata u otpadnoj vodi. Tijekom aerobne faze, u kojoj se aerobnim procesima razgrađuju akumulirane masti, polifosfati se ponovno sintetiziraju, ali u većoj mjeri nego u ranijim procesima. Uklanjanjem viška mulja uklanjaju se i fosfati s biomasom.

3.1.6.Linija mulja i plina

U liniji mulja upravlja se s primarnim muljem koji je nataložen u primarnom taložniku te viškom mulja iz biološkog tretmana. Primarni mulj se zgušnjava u gravitacijskom zgušnjivaču gdje se višak mulja mehanički preddehidrira. U zgušnjivaču, opremljenom sa zgrtačem u obliku rešetke, primarni mulj se povlači crpkama iz lijevka mulja primarnog taložnika i izravno odvodi u zgušnjivač. Plutajući mulj u zgušnjivaču je istisnut dolaznim muljem i protiče, putem dovodnog kanala koji je smješten na unutrašnjem rubu kružnog zgušnjivača, nazad prema crpnoj stanici. Zgusnuti primarni mulj i preddehidrirani višak mulja se miješaju u spremniku odakle se crpe do digestora uvijek u jednakoj dosljednosti. Na taj način izbjegavaju se udarna opterećenja, a kapacitet opreme digestora može biti optimiziran. Mulj prelazi kroz dva izmjenjivača topline kako bi se ugrijali na temperaturu od 36 do 37 °C potrebnu za pravilan rad digestora te da bi se obnovili gubici radijacije digestora pomoću recirkulacije crpki. Kako bi se smanjili gubici topline, digestori bi trebali biti opremljeni kvalitetnom izolacijom. U digestorima mulj ostaje najčešće 3 tjedna, odnosno 21 dan, pri temperaturi do najviše 36 °C. Unutar digestora mulj se miješa pomoću vertikalnih mješača gdje organske tvari bivaju razgrađene te se stvara bioplin koji uglavnom sadrži metan i ugljikov dioksid. Digestirani mulj se povlači tijekom opskrbe sirovog mulja do spremnika i onda se dehidrira, ali prije toga treba biti tretiran polielektrolitom. Dehidracija se obavlja pomoću dvije centrifuge.

Bioplin, proizveden u digestorima, pomoću bakterija se skuplja na vrhu digestora odakle protiče prema spremniku plina. Spremnik plina predstavlja tip membranskog spremnika i koristi se kao spremnik prije nego što se plin koristi za zagrijavanje digestora. Zbog te svrhe koriste se grijaće posude s dvostrukim plamenikom. Uslijed slučajnog nedostatka bioplina,

sustav grijanja koristi prirodni plin kao drugi oblik izvora energije. Linija plina treba biti opremljena sa svim potrebitim sigurnosnim uređajima za rad odnosno hvatačem plamena i tlačnim ventilom, kao i sa de-ovlaživačima odnosno filtrima šljunka i mjeračima. U slučaju da se u sustavu grijanja ne može koristiti cijeli plin koji je proizveden u digestorima, on bude sagoren pomoću plinske baklje.

3.1.7.Zbrinjavanje mulja

Dehidrirani mulj se može ili privremeno odlagati na deponiju u sklopu kompleksa za pročišćavanje otpadnih voda ili se može koristiti u poljoprivredi kao organsko gnojivo ili se odvoziti na deponiju komunalnog otpada.

3.1.8.Kakvoća otpadne vode nakon provedbe SBR tehnologije

Za osiguranje pouzdanosti u kakvoću postupka SBR tehnologije u pročišćavanju otpadnih voda, potrebno je konstantno provoditi analizu fizikalno-kemijskih parametara pokazatelja kakvoće ulazne otpadne i izlazne pročišćene vode. Analize se provode na dva uzorka odnosno ulaznom i izlaznom, a sami uzorci mogu biti ili kompozitni koji predstavljaju mješavinu uzoraka uzetih u određenom vremenskom intervalu od najčešće 24 h ili trenutni koji su uzeti u datom trenutku, a oba se uzimaju s automatskog uzorkivača. Nakon toga se provode analize od interesa, najčešće pH vrijednost, temperatura, taloživa i suspendirana tvar od fizikalnih pokazatelja te KPK, BPK_5, amonijak, nitrati, nitriti, ukupni dušik i fosfor od kemijskih pokazatelja kakvoće pročišćene vode. Temperatura i pH vrijednost se određuju pomoću pH-metra, taloživa tvar taloženjem u Imhoffovom stošcu, a suspendirana tvar filtriranjem preko Büchnerovog lijevka. Uzorci za mjerenje KPK , amonijaka, nitrita, nitrata, ukupnog dušika te ukupnog fosfora se pripremaju prema uputama te se vrijednost određuje sprektrofotometrijski, dok se BPK_5 određuje respirometrijskim uređajem s kojeg se očitava vrijednost nakon pet dana. Ako je kanalizacijski sustav mješovitog tipa, oborine mogu uvjetovati vrijednosti fizikalnih i kemijskih parametara, a osobito pH vrijednosti, stoga se mogu očekivati povećane vrijednosti fizikalnih i kemijskih parametara u mjesecima kada nema većih količina oborina. Kao najznačajnije, potrebno je naglasiti da primjenom SBR tehnologije uvelike dolazi do smanjena parametara KPK i BPK_5. Dolazi do razgradnje organske tvari pa tako pročišćena voda svojim ispuštanjem u, ponajprije, prirodne vodne sustave ne narušava prirodnu ravnotežu niti onečišćuje okoliš. Kod SBR-a postoji i sustav kontrole, odnosno SCADA (engl. *Supervisory Control And Data Acquisition*) koji predstavlja računalni sustav za nadzor postrojenja koji omogućuje aktivaciju alarma, odgovora, kontrole i prikupljanja podataka u svrhu praćenja i prilagodbe procesa pročišćavanja.

3.1.9.Fizikalno – kemijsko pročišćavanje otpadnih voda

Uređaj, koji radi prema načelu fizikalno – kemijskog pročišćavanja otpadnih voda, u općem slučaju obuhvaća sljedeće korake :

- rešetanje, taloženje, isplivavanje, neutralizacija (mehaničko pročišćavanje),
- zgrušnjavanje, pahuljičenje i kemijsko obaranje odnosno precipitaciju,
- taloženje, isplivavanje i procjeđivanje,
- adsorpciju, ionsku izmjenu i membranske procese te
- dezinfekciju.

1)Zgrušnjavanje je proces za stabilizaciju koloida i fosfata u kućanskim otpadnim vodama te koloida u otpadnim vodama iz industrije papira i čeličana, ali i smanjenje pjene i masnoća iz otpadnih voda rafinerije i čeličana. U ovoj fazi pročišćavanja otpadnih voda dolazi do remećenja agregatne stabilnosti koloidnih čestica u otpadnoj vodi pomoću koagulanata poput mineralnih soli ili polielektrolita. Vrsta i doziranje sredstava za zgrušavanje određuje se ispitivanjem otpadnih voda

2)Pahuljičenje je proces spajanja koloidnih čestica, prethodno destabiliziranih procesom zgrušavanja, u veće pahuljice odnosno flokule koje se znatno brže talože (Vuković, 1994.).

3)Kemijsko obaranje je uklanjanje nepoželjnih otopljenih tvari dodatkom reagensa pri čemu nastaju netopljivi spojevi koji se zatim talože na dno spremnika, a najčešće se primjenjuje za uklanjanje teških metala.

4)Adsorpcija je proces uklanjanja nerazgradivih spojeva, mirisa i boje. Kao adsrobenti se koriste fina ilovača, silicij, aktivna glina i aktivni ugljen.

5)Ionska izmjena je proces zamjene iona između krutine odnosno ionskih izmjenjivača i vode odnosno otopljenog elektrolita, a koristi se za uklanjanje teških metala, fosfata i dušika.

6)Membranski procesi su procesi pročišćavanja otpadnih voda pomoću polupropusnih membrana koje propuštaju vodu i neke otopljene tvari, ali ne propuštaju tvari koje se iz takvih voda trebaju ukloniti. U tehnologiji pročišćavanja otpadnih voda od membranskih procesa se primjenjuju:

- inverzna osmoza,
- elektrodijaliza te
- ultraprocjeđivanje.

Inverzna osmoza se temelji na procesu osmoze. Kod elektrodijalize je moguće uklanjanje iona iz vode jer jedne membrane propuštaju katione, druge anione, a u međuprostor prolazi pročišćena voda. Ultraprocjeđivanjem ili ultrafiltracijom je moguće zadržavanje makromolekula većih od pora membrane.

3.2.Obrada i odlaganje mulja

3.2.1.Obrada mulja

Uklanjanjem lebdećih, koloidnih i otopljenih tvari iz otpadnih voda dobiva se koncentrirani otpad koji se zove mulj. Volumen mulja može doseći do 1% volumena pročišćenih otpadnih voda. Mulj sadrži vodu do preko 90 % te organsku i anorgansku tvar (Vuković, 1994.). Količina mulja prvenstveno ovisi o kakvoći vode koja se pročišćava, ali i o samom postupku pročišćavanja, jer što je postupak pročišćavanja vode potpuniji, to su i količine mulja veće (Tušar, 2004.). Neobrađeni mulj ima neugodni izgled i miris te zbog sadržaja štetnih i opasnih tvari, ali i patogenih mikroorganizama, predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje i okoliš te se ne smije odlagati prije prethodne obrade.

Takav mulj se obrađuje biološkim, fizikalno – kemijskim i toplinskim procesima, a obrada najčešće obuhvaća sljedeće faze :

- stabilizaciju,
- zgušnjavanje,
- kondicioniranje,
- procjeđivanje ili centrifugiranje,
- pasterizaciju odnosno kompostiranje ili sušenje kod korištenja mulja u poljoprivredne svrhe te
- sušenje, spaljivanje ili pirolizu kod energetskog korištenja mulja.

1)Stabilizacija je proces obrade mulja kojim se u mulju smanjuje sadržaj organske tvari kako bi se spriječilo daljnje truljenje i gnjiljenje.

Razlikuju se :

- kemijska stabilizacija, najčešće vapnom ili klorom,
- toplinska stabilizacija, pri 250 °C te
- biološka stabilizacija, aerobna ili anaerobna.

Biološka aerobna stabilizacija je proces koji se provodi pomoću aerobnih mikroorganizama raspršenih u spremniku kojima se unosi zrak ili kisik uz miješanje sadržaja spremnika. Učinak razgradnje organske tvari u digestoru, na temperaturi od 20 °C, ako proces traje 10 do 12 dana, najčešće iznosi od 35 do 45 %.

Biološka anaerobna stabilizacija je proces koji se provodi u zatvorenim spremnicima bez pristupa zraka uz istodobno kiselo i metansko vrenje.

2)Zgušnjavanje je postupak povećanja koncentracije krutina u mulju, odnosno smanjenja vode, a time i smanjenje ukupnog volumena. Zgušnjavanje mulja se najčešće provodi u zgušnjivačima postupcima taloženja, ispiranja ili isplivavanja.

3)Kondicioniranje je proces kojim se poboljšavaju uvjeti za odstranjivanje vode iz mulja, s tim da se uklanjanje vode provodi prirodnim procjeđivanjem i sušenjem odnosno isparavanjem na poljima za sušenje mulja, mehaničkim cijeđenjem na vakumskim cjediljkama ili cjediljkama pod tlakom i centrifugiranjem na centrifugama za mulj. U praksi je najčešća primjena :

- kemijskog kondicioniranja uz dodatak kemijskog reagensa te
- termičkog kondicioniranja pri temperaturi od 160 do 210 °C.

4)Centrifugiranje je proces kojim se, djelovanjem centrifugalne sile, od vode odvajaju krutine. Prije samog procesa mulj je potrebno zgusnuti dodavanjem polielektrolita. Prednost centrifugiranja prema procjeđivanju je u tome što je potreban manji prostor za smještaj uređaja istog kapaciteta i što nema opasnosti od začepljenja. Centrifugiranjem se postiže koncentracija suhe tvari u preostalom kolaču od 15 do 25 % kad je mulj organskog podrijetla, odnosno od 20 do 60 % kad je mulj anorganskog podrijetla (Vuković, 1994.).

5)Kompostiranje je proces kojim se organska tvar iz mulja razlaže do anorganske, a razgradnja može biti aerobna i anaerobna. Konačni proizvod sliči humusu, a udio vode u njemu je od 40 do 50 % te se može koristiti u poljoprivredi kao poboljšivač tla ukoliko ne sadrži teške metale.

6)Pasterizacija je proces dezinfekcije mulja, a provodi se 20 min na 70 °C. Pasterizirati se može svježi i stabilizirani mulj.

7)Sušenje je proces isparavanja vode iz mulja pri temperaturama od 200 do 400 °C te tako osušeni mulj odnosno granulat sadrži oko 90 % suhe tvari te se može koristiti u poljoprivredne svrhe ukoliko ne sadrži teške metale.

8)Spaljivanje je proces izgaranja ukupne organske tvari u mulju te isparavanja ostatka vode pri temperaturama od 600 do 800 °C. Konačni produkt je anorganska tvar odnosno pepeo. Nakon spaljivanja teški metali, ukoliko su bili prisutni u mulju, ostaju u pepelu na što treba paziti prilikom biranja mjesta za odlaganje pepela, tj. deponije.

9)Piroliza je proces razgradnje organske tvari na visokim temperaturama bez pristupa kisika. Konačni produkti pirolize su plinovi metan, vodik, ugljikov monoksid te pougljena kruta tvar, ulja, katran i pepeo, od kojih se većina može iskoristiti kao gorivo (Vuković, 1994.).

3.2.2.Odlaganje mulja

Mulj, nakon što je obrađen, može se odlagati na:

- nadziranim odlagalištima te
- poljoprivrednim tlima.

Važno je za istaknuti da je jedan od mogućih, ali i jednostavnijih načina za odlaganje mulja njegovo ispuštanje u more, ali i u ostale vodne sustave. Međutim, u zakonskoj regulativi

Republike Hrvatske, kao i ostalih zemalja Europske Unije, to nije dopušteno. (čl. 69. *Zakona o vodama*, NN 153/09, 130/11, 56/13 i 14/14).

4.ISPUSTI

Ispusti predstavljaju građevine kojima se nepročišćene ili pročišćene otpadne vode ispuštaju u prijemnik. Prema vrsti prijemnika mogući su:

- ispusti kojima se otpadne vode ispuštaju u prirodne vodne sustave (vodotoci, jezera, more) i umjetne vodne sustave (kanali, akumulacije) te
- ispusti kojima se otpadne vode ispuštaju u tlo odnosno u podzemne vode.

U praksi se otpadne vode najčešće ispuštanje u vodne sustave, a oni se mogu klasificirati na:

- površinske ili podvodne,
- obalne, priobalne ili izvanobalne te
- ispuste kojima se otpadne vode ispuštaju u stajaćice, odnosno u tekućice.

Od nabrojenih vrsta ispusta moguće su neke kombinacije. Tako npr. ispusti kojima se otpadne vode ispuštaju u stajaćice i tekućice mogu biti površinski i podvodni te obalni, priobalni i izvanobalni, prvenstveno morski i jezerski. Obalni ispusti mogu biti površinski i podvodni, dok su priobalni i izvanobalni ispusti, naravno, podvodni. Iz sanitarnih razloga i što intenzivnijeg miješanja otpadnih voda s vodama prijemnika uvijek se preporuča izvedba podvodnih ispusta. Na kraju kopnene dionice ispusta često se izvodi ispusno okno koje služi za reviziju ispusta, a kod obalnih ispusta i za smještaj zaštitnih armatura i uređaja poput zasuna, žabljih poklopaca, rešetki i dr. Svaki od prethodno navedenih ispusta ima svoje specifične osobine sukladno količini i kvaliteti otpadnih voda, te osobinama prijemnika (Vuković, 1994.).

Kod analize svakog ispusta se provodi:

- hidraulički proračun odnosno brzine, dimenzije i visinski položaj ispusta u odnosu na razinu vode u prijemniku,
- ekološki proračun odnosno položaj ispusta u prijemniku te potreban stupanj pročišćavanja otpadnih voda te
- proračun mehaničke otpornosti i stabilnosti odnosno naprezanja u ispusnom cjevovodu i njegova stabilnost u odnosu na pretpostavljena djelovanja kojima će biti izložen tokom izvedbe i eksploatacije.

5.ZAKLJUČAK

Otpadne vode zagađuju rijeke, mora, jezera i podzemne vode, a samim time ugrožavaju i opstanak života na Zemlji. U ovom radu opisano je pročišćavanje otpadnih voda tehnologijom sekvencionog šaržnog reaktora (SBR). SBR tehnologija predstavlja izuzetno prilagodljiv proces. Vrijeme trajanja, koncentracija kisika, vrijeme miješanja, rad određenog broja bazena, mogućnost pročišćavanja raznih vrsta otpadnih voda i ostalo može se prilagođavati potrebama i mogućnostima postrojenja. Odvijanje svih ciklusa u jednom bazenu predstavlja njegovu veliku prednost koja uključuje i ekonomičnost samog procesa radi manjih troškova izgradnje te manjeg zauzimanja prostora u usporedbi sa konvencionalnim procesom s aktivnim muljem. SBR tehnologija ima vrlo visok stupanj pročišćavanja otpadnih voda, pri čemu je najznačajnije napomenuti uklanjanje dušika i fosfora iz otpadnih voda. Proces se može automatski prilagoditi stvarnom dotoku te kontrolirati nadzornim sustavom SCADA. Jedini nedostatak može predstavljati složenost procesa gdje je prisutna automatiziranost sistema.

6.LITERATURA

1. Vuković Ž. 1994. Osnove hidrotehnike, Prvi dio, Druga knjiga, Aquamarin, Zagreb
2. Tušar B. 2004. Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode, Croatia knjiga, Zagreb
3. Frank R. Spellman 2014. HandbookofWaterandWastewaterTreatmentPlantOperations, Taylor &Francis Group, Boca, Raton, London, New York
4. Tedeschi S. 1997. Zaštita voda, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera i Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
5. Slavonski Brod_General Operation Manual
6. Zorica Kuveždić 2016. Specijalistički rad, Utjecaj godišnjih doba na učinkovitost biološke obrade otpadnih voda grada Vinkovaca, Osijek
7. Zakon o vodama (NN 153/09, 63/11, 130/11, 56/13 i 14/14)
8. http://www.vodovod-sb.hr
9. http://otpadnevode-kisnica.com.hr
10. http://www.ips-konzalting.hr