

# SBR TEHNOLOGIJA PREČIŠĆAVANJA KOMUNALNIH OTPADNIH VODA - EKSPLOATACIJSKA PRAKSA

Sanel Buljubašić

JP Vodovod i kanalizacija "Srebrenik" d.d., ul. 211. Oslobođilačke brigade, bb 75350 Srebrenik, email: sanel\_buljubasic@bih.net.ba

## Rezime

Prečišćavanje komunalnih otpadnih voda je moralna obaveza svakog čovjeka na planeti Zemlji. Ova obaveza je stvorena procesom nastanka planete Zemlje, živjeli su, živimo i živjet će. Zbog opstojnosti osnovnih uslova za život čovjeka - voda za piće, postoji moralna obaveza da se voda koja je uzeta iz prirode za potrebe življenja vrati prirodi u skladu sa njenim zahtjevima. Odabir tehnologije prečišćavanja komunalnih otpadnih voda zavisi od broja ekvivalentnih stanovika područja i prostornog rasporeda naselja za odabrano područje. Studija izvodljivosti treba da ponudi najmanje dvije varijante za izbor tehnologije prečišćavanja uvažavajući i pozitivne zakonske propise za ispuštanje prečišćene vode u okoliš.

Ključne riječi: SBR tehnologija, komunalne otpadne vode, troškovi eksploatacije.

## Opći podaci

Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda Srebrenik, (PPOV Srebrenik), kao i kolektori za odvodnju mješovitog tipa komunalnih otpadnih voda, izgrađeni su u cilju zaštite izvorišta pitke vode. Radi se o zaštiti tri izvorišta ukupnog kapaciteta 42 l/s. PPOV Srebrenik planski obuhvata gradsko slivno područje sa prigradskim naseljima za približno 18000 stanovnika. Projektni ulazni podaci se odnose na odvodnju i prečišćavanje komunalne otpadne vode mješovitog tipa. U ukupnom dijelu prečišćene i fakturisane otpadne vode, stanovništvo učestvuje sa 88%, a razlika 12% se odnosi na ostalu industrijsku potrošnju bez velikih industrijskih zagađivača.

Model izgradnje PPOV Srebrenik je urađen po principu "ključ u ruke", a finansiranje je obezbijedeno kreditnim sredstvima Kuvajtskog fonda (ukupna investicija 2.978.790,00 KM). Pomenuti model izgradnje PPOV podrazumijeva projektovanje, izgradnju, probni rad sa dokazivanjem projektovanih parametara i obuku radnog osoblja. Projekat podrazumijeva dvije faze prečišćavanja za 12000 i 18000 stanovnika, s tim što je izgrađena prva faza, a projektno rješenje omogućava dogradnju druge faze modularnim principom.

Recipijent za prečišćene otpadne vode (efluent), je rijeka Tinja. Projektno rješenje garantuje sljedeće vrijednosti efluenta:

- $BPK_5 < 30$  mg/l,
- ukupne suspendovane materije  $< 30$  mg/l.

Takođe, bilo je potrebno dokazati i druge parametre u skladu sa važećim zakonskim propisima prije završetka probnog roka i konačne primopredaje objekta vlasniku.

## Projektovani parametri

Projektovani parametri se odnose na dvije projektne faze u smislu hidrauličkih i tehnoloških elemenata.

### Faza I

- suho vrijeme:
  - satni protok  $Q_h = 162$  m<sup>3</sup>/h
  - prosječni dnevni protok  $Q_d = 1730$  m<sup>3</sup>/dan
- kišno vrijeme:
  - primarni tretman  $Q_{KV} = 486$  m<sup>3</sup>/h
  - sekundarni (biološki) tretman  $Q_{KV} = 243$  m<sup>3</sup>/h

### Faza II

- suho vrijeme:
  - satni protok  $Q_h = 284,4$  m<sup>3</sup>/h
  - prosječni dnevni protok  $Q_d = 3300$  m<sup>3</sup>/dan
- kišno vrijeme:
  - primarni tretman  $Q_{KV} = 853,2$  m<sup>3</sup>/h
  - sekundarni (biološki) tretman  $Q_{KV} = 426,6$  m<sup>3</sup>/h

Projektno rješenje izgrađenih kanalizacionih kolektora omogućavaju maksimalni dotok vode na PPOV u količini  $Q_{max} = 632,1$  l/s, uključujući oborisku i uličnu otpadnu vodu. Projektovano opterećenje komunalne otpadne vode koja se može prihvatiti i prečistiti na PPOV je prikazana u sljedećoj tabeli.

Tabela 1. Projektne vrijednosti osnovnih parametara ulaznog tereta zagađenja komunalne otpadne vode (influent).

Osnovni parametri	Faza izgradnje	
	I faza [mg/l]	II Faza [mg/l]
BPK <sub>5</sub>	381	300
HKP	867	682
Sadržaj suspendovanih materija	451	355
Ukupni N	83	66
Ukupni P	20,8	16,4

Odabrana tehnologija prečišćavanja uvažavajući max. ulazne parametre tereta zagađenja komunalne otpadne vode treba da postigne efekte prečišćavanja koji su prikazani u sljedećoj tabeli.

Tabela 2. Projektni efekti prečišćavanja.

Osnovni parametri	Projektna vrijednost
BPK <sub>5</sub>	10 mg/l
HKP	20 mg/l
Sadržaj suspendovanih materija	90% otklonjeno
Ukupni N	75% otklonjeno
Ukupni P	60% otklonjeno

Usvojena tehnologija biološkog procesa prečišćavanja (SBR tehnologija), komunalnih otpadnih voda podrazumijeva nekoliko faza:

- mehanički predtretman,
- biološki tretman,
- obrada i dispozicija mulja.

Obzirom da se radi o mješovitom tipu komunalnih otpadnih voda u Srebreniku, proces prečišćavanja počinje na razdjelnoj građevini, (kišni preliv), na ulazu u objekat prve faze mehaničkog predtretmana. U razdjelnoj građevini sistemom preliva se razdvaja količina max. dotoka putem kanalizacionog kolektora u odnosu na max. prijemnu količinu na grubu mehaničku rešetku, te se dalje putem "bajpasa", ispušta u recipijent. Na gruboj mehnačkoj rešetki vrši se odvajanje plivajućih predmeta promjera iznad 6 mm iz otpadne vode, te se dalje centrifugalnim pumpama otpadna voda transportuje na rotosita, gdje se vrši odvajanje plivajućih predmeta promjera do 1 mm. Nakon završenog procesa mehaničkog predtretmana voda koje se ne uspije dalje transportovati u reaktore za biološki tretman, se putem preliva ispušta kroz bajpas u recipijent. Odvojeni plivajući predmeti se nakon određenog procesa cijedenja prikupljaju u kontejner za transport na deponiju komunalnog otpada.

SBR tehnologija prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, (SBR postupak od engl. Sequencing Batch Reactor), instalisana na PPOV Srebrenik podrazumijeva nekoliko faza u procesu prečišćavanja. SBR tehnologija se u principu odnosi na šaržni način punjenja reaktora sa aktivnim muljem. Tehnološki proces se odvija u nekoliko faza: punjenje, aeracija i miješanje, reakcije, taloženje i ispušt prečišćene vode, evakuacija viška mulja. Postupak prečišćavanja je potpuno automatizovan i vođen putem programabilnog logičkog kontrolera, (PLC-a), uvažavajući kontinuirno mjerenje osnovnih fizičkih veličina potrebnih za vođenje procesa, (količina rastvorenog kiseonika u reaktoru, temperatura vode u

reaktoru, količina mulja u reaktoru). Proces prečišćavanja se odvija naizmjenično u dva reaktora. Punjenje reaktora se obavlja prepumpavanjem vode iz sabirnog šahte. Postupak aeracije se odnosi na prinudno upuhivanje zraka putem duvaljki kroz cijevni razvod, dok se miješanje odvija korištenjem plovnog mješača postavljenog u centru reaktora. Nakon procesa reakcije i taloženja ispušt izbistrene vode se vrši putem dekantera.

Proces obrade i dispozicije mulja započinje dislociranjem viška mulja iz reaktora u gravitacioni taložnik. Nakon obavljenog procesa taloženja sa mogućnosti preliva djelimično izbistrene vode, koja se vraća na početak procesa, mulj se dalje dislocira u tank da dodatnu obradu, (proces "starenja"), gdje se prinudnim upuhivanjem zraka mulj dodatno obrađuje prije dehidracije. Proces dehidracije se obavlja korištenjem centrifuge u kojoj se miješa pripremljen mulj sa rastvorom poliakrilamida (polimer), te se nakon procesa dehidracije (postignuća suhoća do 27%), mulja odlaže na deponiju. Procjedna voda nakon procesa dehidracije se vraća na početak procesa prečišćavanja.

Uzimanje uzoraka vode influenta i efluenta je automatizovano, te se u cilju pravilnog vođenja procesa rade osnovne analize u internoj laboratoriji. Mjesečni Elaborati o utvrđivanju kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika rade se od strane ovlaštene laboratorije i dostavljaju se Agenciji za sliv rijeke Save.

#### Eksploatacijska praksa

Implementacija projekata izgradnje PPOV Srebrenik prema odabranom modelu integrisala je zajednički nastup investitora-vlasnika, implementatora-nadzor i upravljača-krajnji korisnik - Tim za implementaciju projekta.

Pozitivna praksa: Direktna uključenost svih zainteresovanih strana od samog početka realizacije projekata stvara uslove za popuno razumijevanja projekta i iznalaženje najboljih rješenja tokom implementacije. Najveći efekat ostvaruje krajnji korisnik.

Model izgradnje PPOV po sistemu "ključ u ruke", pokazao se kao dobro rješenje u smislu interakcije odabrane tehnologije i unifikacije i kvaliteta ugrađene opreme. U postupku dokazivanja parametara takođe ovaj model ima određene prednosti kada se dokazuju projekovani parametri u smislu fizičkih veličina u procesu prečišćavanja, kao i dokazivanje hidrauličkih parametara ugrađene elektro-mašinske opreme.

Pozitivna praksa: Model izgradnje PPOV Srebrenik po sistemu "ključ u ruke" omogućava jednostavniju komunikaciju između izvođača-nadzora-investitora-upravljača, obzirom na istovremenu uključenost svih učesnika od samog početka realizacije projekta, kao i isključivu obaveznu izvođača za dokazivanje funkcionalnosti ponuđene tehnologije prečišćavanja komunalne otpadne vode i kvaliteta ugrađene opreme.

Odabrana tehnologije nije podrazumijevala pjeskolov i mastolov što se u probnoj fazi pokazalo, kao nedostatak odabranom procesu prečišćavanja posebno u dijelu pojave velikih količina pijeska i abrazivnog materijala obzirom na mješoviti tip otpadne vode. Problematika pojave ulja i masti nije izražena obzirom da analize pokazuju da je njihov sadržaj daleko ispod dozvoljenog.

Negativna praksa: Proces prečišćavanja mješovitog tipa komunalnih otpadnih voda obavezno treba da podrazumijeva izgradnju pjeskolova i mastolova. Pojava velike količine plivajućih materija i abrazivnog materijala dodatno bespotrebno opterećuju proces prečišćavanja.



Slika 1. Roto sito sa mehaničkom rešetkom.



Slika 2. Zastoje na mikrositima - uzrok abrazivni materijal.

Problem plivajućih materija u kalizacionim kolektorima, pa dobrim dijelom naša "kultura" ispuštanja otpadnih voda u sistem javne kanalizacije uzrokovao je u probnoj fazi česte zastoje na pumpnoj stanici zbog pojave različitih vrsta plivajućih "materija" u otpadnoj vodi.

Negativna praksa: "Kultura" ispuštanja otpadnih voda u sistem javne kanalizacije je nažalost na jako niskom nivou. Na sljedećoj slici je prikazan samo mali dio onoga što završava u sistemu javne kanalizacije. Negativna praksa se ogleda kroz relativno težak proces donošenja podzakonskih akata na lokalnom nivu, kao malu posvećenost educiranosti stanovnika u važnosti pravilnog funkcionisanja sistema javne kanalizacije i ispuštanja prečišćene vode i recipijent. Edukacija treba kontinuirano da bude prisutna kroz obrazovanje novih generacija, da bi ova "negativna praksa", u dogledno vrijeme prešla u "pozitivnu praksu".



Slika 3. Zastoj na pumpnoj stanici - plivajuće materije u sistemu javne kanalizacije

Mješoviti tip komunalne otpadne vode koji se prečišćava na PPOV Srebrenik, osim abrazivnog materijala i plivajućih materija sa sobom nosi i velike količine onečišćene vode ulične kanalizacije koja se prečišćava bez prisutnosti finansijske obaveze plaćanja.

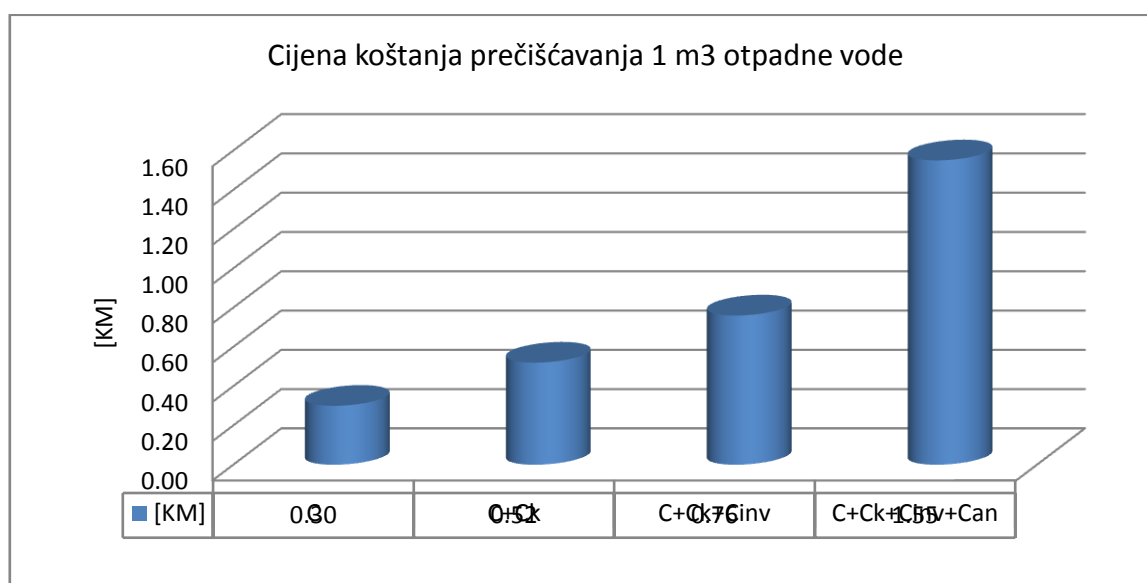
Negativna praksa: Razlika između količina fakturisane i prečišćene otpadne vode se odnosi na otpadne vode ulične kanalizacije. Tarifiranje cijena odvodnje i prečišćavanja komunalnih otpadnih voda mora sadržavati troškovnu komponentu prečišćavanja ulične kanalizacije koja je objektivno prisutna i dokaziva u razlikom fakturisane i prečišćene otpadne vode.

Tabela 3. Analiza količina prečišćene i fakturisane komunalne otpadne vode.

Period eksploatacije	Prečišćeno otpadne vode [m <sup>3</sup> ]	Obračunato opadne vode [m <sup>3</sup> ]	Ostvaren prihod [KM]	Ostvaren trošak [KM]	Važeća cijena [KM]	Cijena na osnovu troškova [KM]	Razlika [KM]
VII-XII 2002.	261091	155267	46580.1	55132.0	0.3	0.36	-0.06
2003.	685848	311495	93448.5	127297.4	0.3	0.41	-0.11
2004.	786847	344648	103394.4	141248.5	0.3	0.41	-0.11
2005.	866735	305241	91572.3	212646.5	0.3	0.70	-0.40
2006.	820481	336320	100896.0	235642.0	0.3	0.70	-0.40
2007.	840480	363104	108931.2	213967.0	0.3	0.59	-0.29
2008.	864824	382370	114711.0	197358.3	0.3	0.52	-0.22
2009.	880411	396185	118855.5	193239.8	0.3	0.49	-0.19
2010.	870410	387088	116126.4	197832.6	0.3	0.51	-0.21
2011.	660000	409584	122875.2	183105.2	0.3	0.45	-0.15
2012.	669600	411962	123588.6	215213.1	0.3	0.52	-0.22
2013.	667100	416283	124884.9	200213.1	0.3	0.48	-0.18
2014.	861029	401683	120504.9	200694.1	0.3	0.50	-0.20
2015.	842680	415814	124744.2	222199.0	0.3	0.53	-0.23
2016.	822700	396857	119057.1	217495.0	0.3	0.55	-0.25
Ukupno:	11400236	5433901	1630170.0	2813283.6	0.3	0.52	-0.22

Model održavanja PPOV Srebrenik je organizovan u skladu sa formiranom cijenom prečišćavanja komunalne otpadne vode 0,30 KM/m<sup>3</sup>. Cijena prečišćavanja omogućava model održavanja po stanju što je u sistemu održavanja osnovni model održavanja. Održavanja po stanju omogućava održavanje pogonske spremnosti PPOV tokom životnog vijeka i ne ostavlja mogućnost produžavanja životnog vijeka sistema. Ovakav način održavanja sa aspekta pouzdanosti sistema tokom životnog vijeka sistema znatno smanjuje eksploatacionu pouzdanost PPOV.

Negativna praksa: Model formiranja cijene prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode ne sadrži komponente koje omogućavaju odgovarajuću pouzdanost PPOV u eksploataciji. Na ovakav način PPOV tokom eksploatacionog vijeka, primjenjujući model održavanja po stanju se znatno smanjuje životni vijek i pouzdanost tokom perioda eksploatacije. Na sljedećoj slici je prikazana analiza cijene koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> komunalne otpadne vode mješovitog sistema javne kanalizacije.



Slika 4. Analiza cijene koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> komunalne otpadne vode.

Gdje je:

- C - važeća cijena koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode,
- C<sub>k</sub> - cijena koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode u uslovima eksploatacije,
- C<sub>inv</sub> - cijena koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode uključujući troškove amortizacije koja obezbjeđuju korištenje modela investicionog održavanja,
- C<sub>an</sub> - cijena koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode uključujući troškove otplate anuiteta.

## Zaključna razmatranja

1. Izbor tehnologije prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, kao i modela finansiranja treba posvetiti pažnju na način formiranja tima za implementaciju projekta (PIT) još u početnoj fazi bilo da se radi o studiji izvodljivosti, idejnom rješenju ili fazi izbora najboljih dostupnih tehnika.
2. Sama struktura formiranja PIT-a, treba da obuhvati sve raspoložive ljudske resurse uvažavajući stručnost za sve oblasti potrebne tokom implementacije projekta posebno uključujući iskustva raspoloživih praksi izgrađenih PPOV-a.
3. Model finansiranja treba da uključi sve raspoložive finansijske institucije u cilju izbora najpovoljnijeg kreditnog aranžmana. Posebno obratiti pažnju na grant sredstva. U praksi grant sredstva uz kreditno zaduženje ne znače uvijek i najpovoljnije kreditno zaduženje.
4. Tokom izvođenja radova potrebno je obezbijediti kontinuiranu komunikaciju između nadzora nad izvođenjem radova i PIT-a.
5. U cilju detaljnog upoznavanja sa projektnim rješenjem izgradnje PPOV-a, krajnji korisnik-upravljач PPOV-a treba da je kontinuirano uključen u svim fazama implementacije.
6. Formiranje cijene prečišćavanja otpadne vode mora obezbijediti: samoodrživi koncept upravljanja PPOV, provođenje predloženog modela upravljanja PPOV-om kroz obračun amortizacije koristeći kombinovani model održavanja (održavanja po stanju + preventivno održavanje), te uključiti troškove anuiteta u cijenu koštanja prečišćavanja 1 m<sup>3</sup> otpadne vode.
7. Stalna edukacija na ukazivanju važnosti prikupljanja i prečišćavanja otpadnih voda mora biti prisutna u svim segmentima društva, a posebno u obrazovnom dijelu.