

KONTROLA I ODRŽAVANJE PPOV – PRIMJER PPOV BUTILE, SARAJEVO, BIH

CONTROL AND MAINTAINING OF THE WWTP – CASE STUDY OF WWTP BUTILE, SARAJEVO, B&H

Alma Džubur, dipl.inž.grad., viši asistent
Prof.dr. Amra Serdarević, dipl.inž.grad., vanredni profesor
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo

REZIME

Praćenje i kontrola rada postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV), od velikog je značaja za pravilan rad svih elemenata sistema PPOV. U cilju postizanja potrebnog kvaliteta efluenta i stabilnog rada PPOV neophodno je planirati i obezbijediti adekvatnu opremu i laboratorije. Program kontrole rada uključuje dnevna mjerenja dotoka i ispusta postrojenja, kontrolu parametara kvaliteta vode kao i druge, specifične procesne parametre. Praćenje rada uređaja i upravljanje kompletnim sistemom, najčešće je automatizovano putem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) sistema. U radu je prikazan primjer kontrole rada uređaja i monitoring kvaliteta i količina otpadnih voda kao i procesnih parametara PPOV Butile, Sarajevo, sa težištem na opremi postojeće laboratorije i laboratorijskim analizama.

Ključne riječi: PPOV, kontrola, održavanje, SCADA, parametri, oprema

ABSTRACT

Monitoring and control of a wastewater treatment plant (WWTP) is very important for an appropriate operation of all WTPP's facilities. In order to achieve required quality of the effluent and stabile WWTP operation it is necessary to plan and provide an adequate equipment and laboratories. Program of operation control include daily measuring of inflow and outflow, water quality parameters and other specific process' parameters. Monitoring of plant operation and complete system management are usually automatized by a SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) system. Example of control of WWTP's operation and monitoring of wastewater quality and quantity as well as process parameters on WWTP Butile Sarajevo are presented in this paper, with focus on existing equipment of laboratory and laboratory analyses.

Keywords: WWTP, control, maintenance, SCADA, parameters, equipment

1. UVOD

Komunalne otpadne vode (otpadne vode iz domaćinstava, ustanova, bolnica, škola i dr.) te eventualno predtretirane tehnološke vode industrijskih pogona (ukoliko zadovoljavaju uslove ispuštanja otpadnih voda u sisteme javne kanalizacije i imaju saglasnost nadležne institucije za priključak na kanalizacioni sistem) potrebno je do propisanog kvaliteta prečistiti, prije ispuštanja u recipijent). Prečišćavanje se vrši na postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda, koja mogu obuhvatati otpadnu vodu manjih, srednjih ili velikih aglomeracija. U zavisnosti od

tipa kanalizacionog sistema, zastupljenog unutar određene aglomeracije, na PPOV se dovode različite količine otpadnih voda, a njihov sastav također može da oscilira.

Sa aglomeracija, na kojima je zastupljen razdjelni sistem kanalizacije, na postrojenje se dovode upotrijebljene otpadne vode stanovništva, eventualno tehnološke predtretirane otpadne vode industrije (ukoliko je zastupljena industrija) i dio infiltracionih voda. Maseni udio infiltracionih („tuđih“) voda se određuje u zavisnosti od stanja kanalizacione mreže, nivoa podzemnih voda, blizine vodotoka i drugih faktora. Za slučaj kanalizacione mreže mješovitog tipa, na PPOV se zajedno sa upotrijebljenim otpadnim vodama stanovništva, otpadnim vodama industrije, dovode i oborinske vode.

Dovod otpadne vode na uređaj za prečišćavanje koji predstavlja kombinovani tip kanalizacije, gdje je u sklopu kanalizacionog sistema zastupljen dijelom mješoviti, a dijelom razdjelni tip kanalizacije se ustvari najčešće susreće u realnim uvjetima u BiH. Takav slučaj je zastupljen i kod uređaja u Butilama, na koji je spojen mješoviti tip kanalizacije, sa područja grada Sarajeva. Na slici 1 prikazan je satelitski snimak PPOV Butile, Sarajevo, Bosna i Hercegovina.



Slika 1. Satelitski snimak uređaja u Butilama (preuzeto sa interneta, prema Google Earth Pro, dana 9.02.2018)

Pri projektovanju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda potrebno je pridržavati se odgovarajućih standarda, te propisanih parametara kvaliteta otpadnih voda. Također, veliku prednost pri projektovanju postrojenja pružaju i stvarni mjereni podaci o količinama i kvalitetu otpadnih voda, koji su zabilježeni na već postojećim uređajima, koji zahtijevaju rekonstrukciju ili samo nadogradnju u smislu proširenja kapaciteta. Za slučaj područja, koja ranije nisu obuhvatala prečišćavanje otpadnih voda, od velikog značaja su podaci o količinama i kvalitetu otpadnih voda, mjerenih na ispostima glavnih kanalizacionih kolektora.

Pored pravilnog projektovanja i izgradnje postrojenja, potrebno je vršiti pravilan rad i održavanje (kontrola, praćenje i podešavanje rada) uređaja, radi neometanog odvijanja neophodnih procesa tretmana unutar svih segmenata postrojenja. Praćenje, kontrola i podešavanje rada uređaja vrše se uz pomoć hidro-mašinske opreme i opreme za automatizaciju rada instalirane opreme.

Hidro-mašinska oprema se može podijeliti na mjerno-regulacionu opremu (u hidrauličkom smislu) i mjernu opremu tehnoloških parametara (slika 2).



Slika 2. Osnovna podjela hidro-mašinske opreme postrojenja

Mjerno-regulaciona oprema postrojenja služi za mjerenje količina i regulisanje tokova otpadne vode, mulja i by-pass-a na postrojenju, kao i za otvaranje/zatvaranje pojedinih linija sistema. Količina otpadne vode i kvalitet mjere se kontinuirano, na tačno definiranim mjestima uređaja, te se u odnosu na izmjerene vrijednosti mehanički ili automatski vrši regulacija/podešavanje sistema. Mjerna oprema tehnoloških parametara koristi se za mjerenje i dalju analizu kvaliteta otpadne vode, u različitim fazama i procesima tretmana.

2. KONTROLA KVALITETA TEHNOLOŠKOG PROCESA

Za kontrolu kvaliteta tehnološkog procesa i rada postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda planiraju se pogonske laboratorije u krugu postrojenja, u kojima se vrše mjerenja parametara kvaliteta otpadne vode, prema zahtjevima pravne legislativne.

Važeća legislativa, koja je zastupljena na području Bosne i Hercegovine, direktno je vezana za propisanu legislativu Evropske Unije. Stoga su u cilju zaštite recipijenta, u koji se ispuštaju prečišćene vode, doneseni zakonski i podzakonski akti, kojima je određen zahtjevani stepen prečišćavanja, te propisane maksimalno dozvoljene granice pojedinih parametara kvaliteta efluenta. Za područje Federacije Bosne i Hercegovine, na snazi je Uredba o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije [1]. Uredbom su utvrđeni uslovi prikupljanja, prečišćavanja i ispuštanja komunalnih otpadnih voda, uslovi prečišćavanja i ispuštanja industrijskih otpadnih voda u kanalizacione sisteme ili površinske vode i granične vrijednosti emisije otpadnih voda, kod ispuštanja istih u okoliš ili sisteme javne kanalizacije.

U skladu sa pravnom legislativom, efluent postrojenja u Butilama, koji se ispušta u rijeku Bosnu, treba da zadovolji sljedeće kriterijume [1,2,3,4]:

- Biološka potrošnja kiseonika (BPK₅) – 25 mgO₂/L (postotak redukcije 70-90%);
- Hemijska potrošnja kiseonika (HPK) – 125 mgO₂/L (postotak redukcije 75%);
- Ukupne suspendovane materije (SS) – 35 mg/L (postotak redukcije 90%);
- Ukupni azot – 10 mg/L (postotak redukcije 70-80 %);
- Ukupni fosfor – 1- mg/L (postotak redukcije 80%).

Za kontrolu rada uređaja i analizu količina i kvaliteta otpadne vode, u cilju postizanja koncentracija parametara kvaliteta manjih od graničnih vrijednosti emisije, zadužena je pogonska laboratorija, koja svakodnevno vrši mjerenja. Laboratorijska kontrola tehnoloških parametara obuhvata fizičko-hemijske analize influenta, efluenta i uzoraka aktivnog mulja, kao i njegovu analizu primjenom mikroskopa.

Uzorci otpadne vode, se uzimaju tzv. sampler uređajima (slika 3), koji rade na principu zahvatanja manjih količina uzoraka, svaka 2 h. Pojedinačni uzorci se miješaju i kao mješoviti 24-h uzorak analiziraju u laboratoriju (najčešće u prijepodnevnim satima).



Slika 3. Sampler uređaj, za podesivo automatsko uzimanje uzoraka (20.01.2017.)

Laboratorijske analize, koje se rade na PPOV Butile, odnose se na sljedeće parametre kvaliteta: temperatura (°C), taložive materije po Imhoffu, pH vrijednost, električna provodljivost, BPK₅,



HPK, SS, TS, TSS, ISV, TOC, NH₄-N, PO₄-P/TP, NO₂-N, NO₃-N i TN [3].

Mjerni parametri BPK₅ i/ili HPK i SS su parametri kvaliteta otpadne vode, koji su neophodni za mjerenje i analizu. Na osnovu rezultata laboratorijskih analiza, poduzimaju se izvjesne mjere i usklađuju procesi, za optimalno funkcionisanje uređaja.

Slika 4. Pripremljeni uzorci otpadne vode i mulja za analizu na PPOV Butila (20.01.2017.)

Biološka potrošnja kiseonika u toku pet dana (BPK₅) kao parametar kvaliteta otpadne vode, do unazad nekoliko godina, se određivao kao „glavni“ parametar kvaliteta otpadne vode, koji je svakodnevno analiziran i na kojem su bazirani svi dalji tehnološki proračuni postrojenja. U novije vrijeme, sve više se prelazi na analizu parametra HPK (hemijska potrošnja kiseonika), a proračuni koji se provode pri projektovanju su zasnovani upravo na frakcionisanim vrijednostima tog parametra. Kao primjer se navodi inovirani njemački standard DWA-A 131 (2016) [5,6], predviđen za proračun jednostepenih uređaja konvencionalnog tipa sa aktivnim muljem, čiji su proračuni bazirani isključivo na parametru HPK. Prelazak na analizu isključivo parametra HPK, iziskuje određen prelazni period ali je ipak jasno da će se parametar BPK₅ i dalje mjeriti i služiti kao pouzdan parametar kvaliteta otpadne vode.

Na slici 5, prikazana je priprema uzoraka otpadne vode za testiranje vrijednosti BPK₅, u laboratoriju na Butilama. U bočicu od tamnog stakla odmjeri se određena zapremina homogeniziranog uzorka otpadne vode, te se doda određen broj kapi inhibitora nitrifikacije (1 kap na 50 ml uzorka), stavi se magnetič u bočicu, te gumeni nastavak na grlo bočice u koji se stave dvije granule NaOH. Uzorak se drži u prethodno podešenom termostatu na 20±1 °C i nakon pet dana, uz pomoć uređaja Oxitop, očita se rezultat [7].



Slika 5. Priprema uzoraka otpadne vode za testiranje vrijednosti BPK₅, PPOV Butila (20.01.2017.)

Vrijednost parametra HPK se u odnosu na parametar BPK₅ brže određuje - period trajanja analize je cca. 2 h. Za proces analiziranja uzorka i mjerenje vrijednosti HPK neophodna je aparatura sa magnetom, uz pomoć kojeg se vrši konstantno miješanje uzorka i onemogućavanje taloženja tokom procesa analiziranja. Nakon dva sata djelovanja uzorka i dodatog reagensa (kalijev dikromat, živin (II) sulfat i srebrov sulfat) u odgovarajućim uslovima (kivete se kuhaju na temperature od 150°C) i miješanja, uzorak se ispituje [7].

Pored analiziranja bioloških pokazatelja kvaliteta otpadne vode (BPK₅ i HPK) potrebno je svakodnevno vršiti kontrolu parametra suspendovanih materija (SS). Analiza za određivanje parametra SS vrši se filtriranjem uzorka otpadne vode i aktivnog mulja (slika 6). U prvom koraku se vrši vaganje osušenog i u eksikatoru ohlađenog filter-papira. Filter-papir se postavi na vakumsku sisaljku, te se vrši ispiranje manjom količinom destilovane vode. Miješani uzorak (u zavisnosti od količine SS koje se očekuju) profiltrira se preko filter-papira, ispere manjom količinom destilirane vode, te se stavi u sušnicu na 105°C oko 60 min (slika 7). Osušeni filter-papir stavi se u eksikator na hlađenje najmanje 30–60 min, a potom se vaga. Za što veću preciznost i tačnost mjerenja (npr. prilikom ispiranja posuda za uzorke), potrebno je pri laboratorijskim ispitivanjima koristiti destilovanu vodu.



Slika 6. Filtriranje uzorka otpadne vode i spremnik i prateća oprema za destilovanu vodu (20.01.2017.)

Slika 7. Proces sušenja uzorka otpadne vode u sušilici, na 105°C (20.01.2017.)

Osim parametara BPK₅, HPK i SS, na postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda, vrši se analiza i ostalih parametara kvaliteta, na osnovu čijih vrijednosti se, djelujući na proces, mogu postizati značajno bolji efekti prečišćavanja. Jedan od tih parametara je koncentracija ili suha tvar aktivnog mulja (MLSS– engl. Mixed Liquor Suspended Solids), koja se računa nakon taloženja 1000 ml muljne smjese, tokom 30 minuta. Uzorak mulja (obično se uzima 2 g) se potom suši u sušnici na 105°C, tokom jednog sata, nakon čega slijedi vaganje. Nakon procesa taloženja, sušenja i vaganja uzorka mulja, prema izrazu koji slijedi se određuje suha masa mulja (MLSS):

$$MLSS \left(\frac{mg}{l} \right) = \frac{(masa\ zdjele\ s\ muljem, mg - početna\ masa\ zdjele, mg) \cdot 1000}{volumen\ uzorka, mL} \quad (1)$$

Na osnovu taloživosti mulja i parametra MLSS, dobija se slika o količini i gustini mulja, a parametri TS, TSS, TOC i pH vrijednost ukazuju na biohemijske parametre mulja, koji su od važnosti za dalji tretmana mulja i transport u digester. Mulj koji se odvodi na digestiju zahtijeva ujednačenu ravnotežu (alkalna, mezofilna digestija 35-37°C, a pH vrijednost 7-7,5), koja se mora održavati, kako bi tehnološki proces optimalno funkcionisao.

Analiza uzorka otpadne vode iz procesa tretmana moguća je i korištenjem mikroskopa. Na osnovu mikro flore i faune uočene ispod mikroskopa, može se dobiti realna slika o stanju parametara u bioaeracijskom bazenu.

Laboratorijskim ispitivanjem otpadnih voda u Butilama za 2017. godinu, izmjerena je prosječna vrijednost temperature na ulazu u postrojenje od 13,7°C i pH vrijednost 7,6 [8].

U tabeli 1, navedene su prosječne vrijednosti parametara kvaliteta otpadne vode, izmjerene i zabilježene u 2017. godini i efekti prečišćavanja biološke jedinice.

Tabela 1. Prosječne vrijednosti parametara kvaliteta otpadnih voda za PPOV Butile u 2017.g. i efekti prečišćavanja biološke jedinice [7].

Parametar	Mjesto uzorkovanja	Srednja vrijednost parametra (mg/l)	Mjesto uzorkovanja	Srednja vrijednost parametra (mg/l)	Efekat prečišćavanja biološke jedinice
BPK ₅ (mg/L)	Ulaz u Biološku jedinicu	74,96	Izlaz iz biološke jedinice	7,55	89,9%
HPK (mg/L)		275,65		29,99	89,1%
SS (mg/L)		130,60		12,61	90,3%
NH ₄ (mg/L)		12,35		1,89	84,7%
NO ₃ (mg/L)		1,41		8,01	-
PO ₄ -P (mg/L)		3,03		1,24	59,1%

Prema propisanim graničnim vrijednostima emisije iz važeće Uredbe [1], effluent postrojenja u Butilama, za 2017. godinu, zadovoljava, osim vrijednosti propisanih za azot i fosfor. Međutim, I fazi rada uređaja ne obuhvata tercijarno prečišćavanje (predviđeno da se obuhvati II fazom izgradnje uređaja), koje će za cilj imati uklanjanje nutrijenata (azota i fosfora). Prosječne vrijednosti koncentracija analiziranih parametara kvaliteta (BPK₅, HPK, SS) za I fazu izgrađenog uređaja imaju niže vrijednosti od graničnih vrijednosti emisije effluenta.

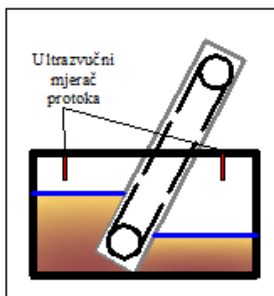
3. MJERNO – REGULACIONA TEHNIKA

Za pravilno funkcionisanje i kontrolu toka otpadne vode, mulja i by-pssa-a postrojenja, potrebno je predvidjeti i instalirati mjerno-regulacionu hidromašinsku opremu. Mjerno-regulaciona hidromašinska oprema služi za praćenje i regulaciju tokova na postrojenju - regulisanje brzine tokova i vrijeme zadržavanja otpadne vode i mulja u pojedinim procesima, kao i otvaranje/zatvaranje pojedinačnih linija sistema (u zavisnosti od dotoka, čišćenja ili remonta pojedinih objekata i opreme). Kao primjer, na slici 8 su prikazane ustave (tablasti zatvarači), instalirani ispred i iza objekta pjeskolova/mastolova (tri linije). U zavisnosti od toga, koja se linija uključuje ili isključuje iz rada, otvaraju/zatvaraju se ustave ispred i iza.



Slika 8. Ustave ispred i iza pjeskolova, sa automatskim pogonom, PPOV Butile (20.01.2017.)

Dodatni primjer regulacije i održavanja objekata/opreme postrojenja su automatske grube rešetke. Ispred i iza rešetki instalirani su ultrazvučni mjerači protoka, koji rade na principu ultrazvučnog mjerenja nivoa vode (slika 9). Dostizanjem određenog nivoa vode ispred rešetke, koji se povećava usljed zaprljanja rešetke, u odnosu na nivo vode iza rešetke, automatski se vrši



zgrtanje nakupljenog otpada, a potom uz pomoć presa dehidracija nakupljenog otpada. Na ovaj način se kontroliše i ograničava nivo vode ispred rešetke i pojava uspora u kanalu, kao i količina nakupljenog otpada na rešetki.

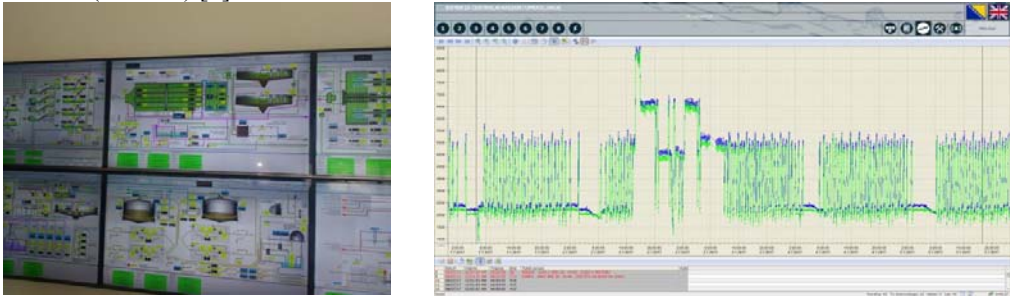
Slika 9. Pozicija ultrazvučnih mjerača protoka ispred i iza grube rešetke

Pored regulacije tokova otpadne vode i mulja, na postrojenjima se uz pomoć hidromašinske opreme vrši kontinuirano mjerenje količina otpadne vode i mulja. U 2017. godini na PPOV Butile izmjeren je srednji dotok otpadne vode od cca. 5.377 m³/h.

4. AUTOMATIZACIJA SISTEMA – SCADA SISTEM

Praćenje i kontrola rada uređaja, uz mogućnost podešavanja i regulacije određenih procesa je za uređaj u Butilama automatsko, uz pomoć SCADA sistema. SCADA sistem je spojen na

osnovni program WinCC Siemens SCADA. Konfiguracija je sastavljena od jedne glavne stanice WinCC servera i nekoliko podstanica. Podstanice funkcionalno pokrivaju kompletan sistem (npr. primarno prečišćavanje, biloško prečišćavanje itd.), a svaka od podstanica sistema ima različitu primjenu, sa različitim prioritetima. SCADA podsistemi su priključeni preko infrastrukture TCP (Transmission Control Protocol) koristeći TCP/IP i PROFINET komunikaciju. PLC oprema je tipa Siemens S7 300 i S7 1200. Svaki od podsistema je opremljen neophodnim brojem digitalnih/analognih ulaza/izlaza kao i profinet/profibus/IP komunikacija. Komunikacija se ostvaruje najvećim dijelom primjenom višemodalnih fiber optičkih kablova, a signalni i komandni kablovi su birani, da uspješno mogu obavljati svoju funkciju. Oprema za instrumentaciju je tipa Endress+Hauser. Sva oprema koja je montirana, opremljena je potrebnim transponderima koji daju 0(4)-20mA signale. Transponderi su priključeni na PLC I/O module (slika 10) [3].



Slika 10. Displej praćenja automatizovanog rada uređaja s mogućnošću prikazivanja varijacija dotoka na postrojenje (06.07.2017.)

5. POGONSKI TROŠKOVI POSTROJENJA

U pogonske troškove postrojenja spadaju svi troškovi koji se javljaju tokom održavanja, a uobičajeno se izražavaju na godišnjem nivou. U pogonske troškove spadaju: troškovi električne energije, troškovi polimera, troškovi uklanjanja otpada sa rešetki, troškovi uklanjanja pijeska iz pjeskolova, troškovi uklanjanja masnoća, troškovi uklanjanja mulja, troškovi hemikalija, troškovi za plate radnika i dr. U nastavku se navode samo pojedini troškovi pogona za PPOV Butile za 2017-tu godinu, koji su bili dostupni.

Jedan od najznačajnijih pogonskih troškova je trošak električne energije. Na postrojenju u Butilama predviđen je tretman mulja anaerobnom razgradnjom organskih materija u digestorima, gdje se stvara biogas. Biogas se koristi za dobijanje električne energije pomoću kogeneracijskog postrojenja.. Iz energije bioplina proizvodi se 85-87% korisne energije (cca. 33% korisne energije i 54% toplotne energije). Toplotni zahtjevi su pokriveni većim dijelom iz proizvodnje bioplina, dok je iz gradske mreže prirodnog gasa potrošeno 122.727,64 m³, odnosno 107.500,00 KM.

Za postizanje većeg sadržaja suhe mase u mulju, odnosno za smanjenje zapremine mulja, koje ima za krajnji cilj efikasnije zbrinjavanje mulja, primjenjuju se tzv. polimeri. Flokulant za zgušnjavanje/dehidraciju mulja na postrojenju u Butilama koristi se kationski polimer/željezni sulfat (FeSO₄). Polimer se isporučuje u vrećama, a potpomaže zgušnjavanje na muljnim presama i centrifugama. Troškovi polimera su iznosili 116.160,00 KM.

Troškovi hemikalija, koje se koriste u pogonskom laboratoriju za vršenje analiza otpadne vode i mulja iznosili su 15.348,92 KM.

Uklanjanje mulja sa postrojenja još uvijek nije riješeno. Dehidrirani mulj se privremeno deponuje na lokaciji postrojenja, u tzv. lagunama, do usvajanja rješenja za korištenje i konačno zbrinjavanje mulja. U svijetu postoji niz primjera, kod kojih se adekvatnim rješavanjem ove problematike, troškovi zbrinjavanja mulja pretvaraju i donose dobit njegovim iskorištenjem. Za

PPOV Butile, rađena je studija izvodljivosti iskorištenja mulja i konačnog zbrinjavanja, na osnovu koje se trenutno rade dodatne analize i testiranje mulja, a sve u svrhu iznalaženja optimalnog rješenja.

6. ZAKLJUČAK

Otpadne vode naseljenih područja i područja na kojima je zastupljena industrija, prije ispuštanja iz kanalizacionih sistema trebaju biti prečišćene do propisanog nivoa. Za efikasno prečišćavanje otpadnih voda potrebno je uz adekvatno projektovano i izgrađeno postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda, vršiti kontinuiranu kontrolu, praćenje i održavanje. Kontrolu, praćenje i održavanje uređaja treba da vrši stručno osoblje. Za usješnu kontrolu, praćenje i održavanje uređaja potrebno je u svim segmentima kontinuirano postizati pozitivne rezultate. Cilj je postići, da izlazni efluent odgovara zahtjevima pravne legislative, a da pogonski troškovi budu svedeni na najmanju moguću mjeru.

Tako se za PPOV Butile (uređaj pušten u pogon sredinom 2016. godine), očekuje da optimalnim funkcionisanjem, uz neizostavnu rekonstrukciju kanalizacione mreže na području grada Sarajeva, rijeke Miljacka i Bosna neposredno nizvodno od postrojenja, zadrže kvalitet vode uzvodnog toka i postanu vodotoci II kategorije. Za postizanje optimalnog rada uređaja potrebno je da svi podsistemi budu međusobno uvezani i da djeluju kao cjelina.

ZAHVALA

Izmjereni i zabilježeni podaci srednjih vrijednosti proticaja i parametara kvaliteta PPOV Butila, dobiveni su od KJKP „Vodovod i kanalizacija“ d.o.o. Sarajevo, na čijoj se saradnji autori rada zahvaljuju. Posebnu zahvalu za dobru saradnju, upućuju uposlenicima kontrole i održavanja uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u Butilama.

7. REFERENCE

- [1] Uredba o uslovima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sisteme javne kanalizacije, (“Službene novine FBiH”, broj 101/15),
- [2] Uredba o dopuni Uredbe o uvjetima ispuštanja otpadnih voda u okoliš i sustav javne kanalizacije (“Službene novine FBiH”, broj 1/16),
- [3] Glavni projekat „Sarajevo PPOV Butila“, IPSA Institut d.o.o. Sarajevo, juli 2014. godine,
- [4] Dizdarević A.: Način rada na Postrojenju za prečišćavanje otpadnih voda u Butilama, Svjetski dan voda, Zenica, mart 2018,
- [5] DWA - A131 (2016): DWA Regelwerk: Bemessungen von einstufigen Belebungsanlagen. DWA, Hennef, Germany [in german],
- [6] Džubur, A., Serdarević, A.: Primjena modela u procesu prečišćavanja otpadnih voda, Prvi kongres o vodama, UKI BiH, Sarajevo, 27-28.oktobar, 2016,
- [7] Ptiček Siročić A., Fujs N., Glumac N.: Ispitivanje fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete voda, Kemija u industriji: Časopis kemičara i tehnologa Hrvatske (0022-9830) 65 (2016), 9-10; 509-514,
- [8] Mjereni podaci sa PPOV Butila, Sarajevo, dobiveni od KJKP ViK Sarajevo, 2016.-2018. godine.