

## ODREĐIVANJE DNEVNIH VARIJACIJA INFLUENTA ZA PRIMJENU DINAMIČKE SIMULACIJE UREĐAJA ZA PRERADU OTPADNIH VODA

Alma DŽUBUR<sup>1</sup>, Manfred SCHÜTZE<sup>2</sup>, Amra SERDAREVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu

<sup>2</sup>Ifak, Institut f. Automation und Kommunikation, Magdeburg, Germany

### REZIME

Preciznije definiranje projektnih parametara postrojenja za preradu otpadnih voda (PPOV) sa aktivnim muljem primjenom dinamičke simulacije, zahtijeva dnevne varijacije influenta i tipične vrijednosti koncentracija parametara, kao što su HPK, TKN, TP itd. U tu svrhu, obično su dostupni samo preporučeni literaturni podaci, bez detaljnih mjerenih podataka na uređaju. U radu je prikazana metoda za generisanje dnevnih varijacija dotoka i koncentracija zahtijevanih parametara kvaliteta u otpadnoj vodi, na primjeru postojećeg PPOV Butila, Sarajevo, Bosna i Hercegovina (BiH). Prikazani su rezultati generisanja ulaznih podataka, uz primjenu dosadašnjih mjerenih srednjih vrijednosti (proticaji i parametri kvaliteta otpadne vode) na uređaju i rezultati, koji su dobiveni korištenjem preuzetih parametara iz raspoloživih projekata uređaja. Cilj metode je generisati realne ulazne podatke postrojenja, u smislu dotoka i koncentracija parametara HPK, TKN i TP, bez prethodnih opsežnih istraživanja i mjerenja na licu mjesta. U radu su izloženi rezultati i metode, koje postiže grupacija „Hochschulgruppe Simulation“, koju čini skupina istraživača iz Njemačke, Austrije, Švicarske, Luksemburga Nizozemske i Poljske (<http://www.hsgsim.org>). Metoda se često naziva prema grupaciji HSG-Sim „Hochschulgruppe Simulation“, odnosno metoda Langergraber, nazvana prema glavnom autoru publikacije, u kojoj je detaljno opisana [1, 2].

**Ključne riječi:** podaci o influentu, dnevne varijacije, dinamička simulacija, modeliranje

### UVOD

Projektne smjernice za postrojenja za preradu otpadnih voda (PPOV), koje se temelje na statičkim modelima, kao što je njemački DWA A131 (2000) [3] uobičajeno

se koriste u praksi u mnogim evropskim zemljama. Za razliku od evropskog tržišta, na području Sjeverne Amerike, većim dijelom je u praksi i projektovanju prisutna primjena dinamičkog modeliranja. O pristupima, kao i razlikama između statičkog i dinamičkog modeliranja, detaljno je dato u publikacijama [4, 5].

U Evropi postoji, dakle, dodatni potencijal za primjenu dinamičkog modeliranja, za uspješnije projektovanje uređaja za preradu otpadnih voda, a u svrhu poboljšanja i preciznijeg određivanja projektnih parametara [6, 7].

Tokom posljednjih godina, numerički modeli aktivnog mulja [8] postaju sve popularniji i koriste se kao pomoćni alat za povećanje detaljnih znanja o procesu i ponašanju sistema, za optimizaciju (npr. optimizacija rada uređaja), za osposobljavanje i edukaciju, te za kontrolu procesa na temelju modela [9, 10]. Dinamička simulacija uređaja za preradu otpadnih voda, generalno, predstavlja stanje tehnike u svijetu, a u tu svrhu se testiraju različite metode za primjenu i odgovarajući modeli. Za primjer se navode inovirane smjernice DWA-A 131, iz 2016. godine [11], u kojima je statički pristup modeliranja uređaja uvezan sa dinamičkim modelom ASM3 [8, 12]. Pokazano je da se uz pomoć dinamičke simulacije, može pratiti proračun prema DWA-A 131, pri čemu se dobiju približno isti rezultati [13, 7].

Za optimiziranje projekta uređaja testiranjem različitih upravljačkih strategija, potrebna je optimizacija dnevnih varijacija utjecajnih parametara. Kada se radi o dinamičkom modeliranju i potrebnim ulaznim parametrima, onda se mjereni parametri pogonskog laboratorija (mjerenja koja su obavezujuća - propisana pravnom legislativom) smatraju samo djelimičnim mjerenjima, nedovoljnim za njegovu primjenu.

Realni uzorak podataka o protocima i koncentracijama (za slučaj da nisu dostupni detaljni mjereni podaci), može se proizvesti simulacijama.

Za dobivanje dinamičke raspodjele influenta postoji više metoda (IWA Task Group on Good Modelling Practice, 2013) [14]:

- (i) Plan monitoringa sa 2-satnim kompozitnim samplerom, tokom 2-10 dana (ukoliko je dinamika influenta esencijalna za ulaz simulacijske studije);
- (ii) Kontinuirani monitoring (postojeće instalacije ili instalacije koje se ciljano planiraju tokom kraćeg perioda);
- (iii) Generisanje parametara influenta PPOV (npr. primjenom „Hochschulgruppe Simulation“ odnosno metode Langergraber) [1, 15].

Prve dvije metode (i, ii) zahtijevaju dodatna mjerenja količina otpadnih voda i parametara kvaliteta, a samim tim i dodatna novčana sredstva za njihovu realizaciju, dok je metoda (iii) bazirana na vrijednostima parametara influenta, koji se mjere zbog same kontrole i održavanja uređaja (obavezujuće srednje mjerene vrijednosti protoka i parametara kvaliteta sa PPOV) uz dodatnu primjenu parametara modela, u zavisnosti od kapaciteta uređaja.

Dakle, za slučaj nedostatka mjenjenih dnevnih oscilacija u dotoku, po pitanju količina i kvaliteta otpadnih voda (koncentracija utičućih parametara), može se koristiti program za generisanje ulaznih podataka, prema metodi „Hochschulgruppe Simulation“ [1, 2, 16]. Metoda generisanja ulaznih podataka razvijena u programu Excel, primjenjiva je na PPOV, uz prethodno provođenje analiza o kvalitetu podataka.

U radu je prestavljen primjer, u kojem se postupak modela primjenjuje, uz poređenje dva različita scenarija, po pitanju dotičućih količina i koncentracija uticajnih parametara. Prvi scenarij je rađen za mjerene podatke uređaja za period puštanja u pogon do danas (2016./2017. god.), a drugi scenarij predstavlja rezultate dobivene na bazi parametara, preuzetih iz projekta uređaja.

Cilj nije proizvesti tačne dnevne varijacije, koje se mogu očekivati u stvarnosti, već stvoriti ulazne podatke za dinamičke simulacije s realnim uzorkom za protok i koncentracije, u slučaju da nisu dostupni izmjereni podaci.

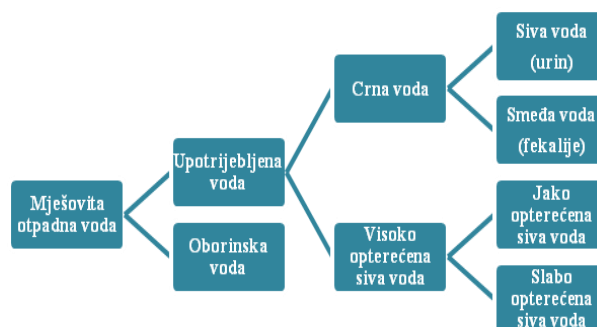
**METODA**

Metoda generisanja potrebnih ulaznih parametara kvaliteta za primjenu dinamičke simulacije uređaja, zasnovana je na mjenjenim podacima postojećih postrojenja iz Austrije i Njemačke (ukupno 41 postrojenje), na osnovu kojih su dobivene vrijednosti parametara oblika za različite kapacitete postrojenja (kapacitet izražen u ES - ekvivalent stanovnik) [1, 2, 16].

Ulazne varijable za proračun dnevnih varijacija su podaci koji se dobivaju iz projekta postrojenja sa aktivnim muljem, tj. dnevni prosjek dotoka u suho vrijeme i prosječne koncentracije hemijske potrošnje kisika (HPK), ukupni Kjeldalov nitrogen (TKN) i ukupni fosfor (TP). Pretpostavka je, da se dnevni protok suhog vremena  $Q_m$  i koncentracije parametara kvaliteta HPK, TKN i TP ( $C_{COD, m}$ ,  $C_{TKN, m}$  i  $C_{TP, m}$ , respektivno) temelje na 24 satnim kompozitnim uzorcima [1].

Za definiranje opterećenja koja se javljaju od dotičuće otpadne vode na postrojenju, prihvaćena je metoda koja se temelji na opterećenju zagađujućih materija od svake osobe u slivu. Ovu metodu je predstavio Gerney et al. (2006) [15], a metoda razmatra i izgled kanalizacijske mreže.

Ukupni dotok i koncentracija parametara zagađenja otpadnih voda modeliraju se kao zbir različitih vrsta otpadnih voda (infiltraciona voda  $Q_{inf}$ , otpadna voda sa visokim sadržajem azota  $Q_u$  tzv. žuta voda (urin sa vodom za ispiranje) i visoko opterećena siva voda (siva voda sa otpadnom vodom iz kuhinja)  $Q_d$ ) (slika 1). Pretpostavlja se, da različite vrste otpadnih voda imaju konstantne koncentracije zagađenja i varijabilne dotoke.



Slika 2. Podjela upotrijebljenih otpadnih voda iz domaćinstava

Metoda, koja se primjenjuje ne uzima u obzir oborinsku vodu jer se optimizacija projekta provodi samo za suhe vremenske uvjete.

Za opisivanje periodičnosti protoka, uzeta su u obzir četiri parametra: minimalni i maksimalni protok,  $Q_{\min}$  i  $Q_{\max}$  (opisani parametrima formata  $f_{Q,\min}$  i  $f_{Q,\max}$ ) i vremena kada se pojavljuju,  $t_{\min}$  i  $t_{\max}$ .

Da bi se opisala dinamika promjene koncentracije azota, primjenjeni su sljedeći parametri:

- $f_{N,\max}$  – omjer  $C_{TKN,\max}/C_{TKN,\text{srednja}}$
- $f_{\min,U}$  - % frakcije minimalne brzine protoka žute vode na prosječnu brzinu protoka žute vode,  $a$
- $\Delta t_{N1}$  i  $\Delta t_{N2}$  – promjena TKN, minimalna i maksimalna, relativno u odnosu na minimalni i maksimalni protok.

Za matematičku formulaciju periodičnosti, koriste se Fourier-ovi redovi drugog reda. Za protoke otpadnih voda vrijede sljedeće jednačine:

$$Q_{\text{inf}}(t) = Q_{\text{inf}} = \text{const} \quad (1)$$

$$Q_u(t) = Q_u + a_1 * \sin(\omega t) + a_2 * \cos(\omega t) + a_3 * \sin(2\omega t) + a_4 * \cos(2\omega t) \quad (2)$$

$$Q_d(t) = Q_d + b_1 * \sin(\omega t) + b_2 * \cos(\omega t) + b_3 * \sin(2\omega t) + b_4 * \cos(2\omega t) \quad (3)$$

Gdje je  $\omega = 2 \pi / T$ ;  $T = 1$  dan,  $a_1 \dots a_4$ ,  $b_1 \dots b_4$  su konstantni parametri. Za određivanje 8 konstantnih parametara ( $a_1 \dots a_4$ ,  $b_1 \dots b_4$ ) potrebno je 8 jednačina. Po dvije jednačine mogu se izvesti iz svakog od sljedećih graničnih uvjeta:

- (i) minimalni protok  $Q_{\min}$  nastaje na  $t_{\min}$ ,
- (ii) maksimalni protok  $Q_{\max}$  pojavljuje se u  $t_{\max}$ ,
- (iii) minimalni protok urina pri  $t_{\min} - \Delta t_{N1}$  i
- (iv) maksimalna TKN koncentracija u  $t_{\max} - \Delta t_{N2}$ .

U prvom koraku postupka, proticaji i koncentracije su prilagođeni izmjerenim podacima, radi dobivanja općih parametara oblika. Prikupljeni podaci (dotok, HPK, TKN i TP) iz dvosatnih kompozitnih uzoraka na ulazu u bioaeracione bazene (od ukupno 41 postrojenja) iz Austrije (17) i Njemačke (24), su kapaciteta postrojenja između 4.000 i 650.000 ES. Ulazni podaci (dnevni proticaji pri suhom vremenu, dnevne srednje vrijednosti koncentracija HPK, TKN i TP, te protok i koncentracije infiltracijske vode i žute vode) i parametri oblika, korišteni su za generisanje podataka dnevnih varijacija.

## PRIMJENA MODELA „HOCHSCHULGRUPPE SIMULATION“ – PRIMJER

Primjer generisanja dnevnih varijacija protoka i parametara kvaliteta, postrojenja sa aktivnim muljem, dat je za realne mjerene podatke PPOV Butila, Sarajevo (BiH) (slika 2), projektnog kapaciteta 600.000 ES, za prvu fazu izgradnje uređaja. Paralelno sa tim rezultatima, metoda je primjenjena i na ulazne podatke preuzete iz projekta, koji se značajno razlikuju od mjerenih ulaznih vrijednosti koncentracija uticajnih parametara kvaliteta otpadnih voda za period od puštanja u rad uređaja (proljeće, 2016.g.) do danas.



Slika 2. Satelitski snimak uređaja PPOV Butila, Sarajevo (BiH), preuzeto 15.11.2017

## Rezultati primjene modela sa realnim/mjerenim podacima

Ulazni podaci korišteni za primjenu modela su: srednji dnevni dotok pri suhom vremenu (131.500 m<sup>3</sup>/d), sa dnevnim prosječnim koncentracijama parametara HPK, TKN i TP (222; 21,7; 4,3) u mg/L, proticaj i koncentracija parametara kvaliteta izdvojenih i zasebno analiziranih infiltracionih voda ( $F_{Q,\text{inf}} = 0,6$ ); 25; 5 i 0,5 mg/L za HPK, TKN i TP, respektivno) i izdvojene i zasebno analiziranje žute vode ( $f_{Q,\text{inf}} = 0,1$ ); 300; 400 i 30 mg/L za HPK, TKN i TP, respektivno) i parametri oblika prema tabeli 1. Parametri oblika su preuzeti iz literature [2].

Za dati kapacitet uređaja, usvojeni su parametri modela, koji odgovaraju kapacitetu od 500.000 ES (predstavlja maksimalni kapacitet seta parametara). Ovaj set parametara je moguće usvojiti jer je maksimalni kapacitet uređaja iz cjelokupne razmatrane mreže, od ukupno 41 postrojenje, iznosio 650.000 ES.

Analizom podataka za PPOV Sarajevo, koji su dostupni, a mjereni su u pogonskom laboratoriju, za period 2016/2017 god., uočena je značajno smanjena srednja dnevna koncentracija mjerenih parametara (HPK, TKN, TP) otpadne vode (za cca. 60%) u odnosu na koncentracije parametara u otpadnoj vodi uobičajenog kvaliteta [15], odnosno parametre korištene u modelu [1, 2] i u odnosu na vrijednosti iz projekta.

Tabela 1. Set parametara modela za PPOV, veličine 500.000 ES (podaci preuzeti iz [2])

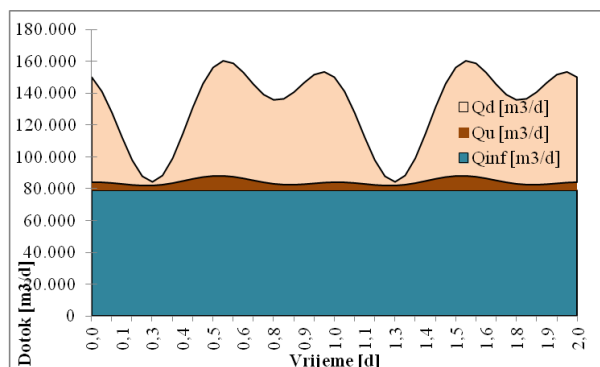
Parametar	Vrijednost	Jedinica
$f_{Q,min}$	0,64	[-]
$t_{min}$	0,25	[d]
$f_{Q,max}$	1,22	[-]
$t_{max}$	0,55	[d]
$f_{N,max}$	1,60	[-]
$f_{min,U}$	0,55	[-]
$D_{tN}$	0,02	[d]
$t_{plug}$	0,07	[d]

Smanjena koncentracija zagađujućih materija u otpadnoj vodi ukazuje na razblaženje otpadne vode. Razblaženje otpadne vode, kada se izuzme period javljanja oborina, javlja se prije svega zbog problema na kanalizacionoj mreži, odnosno dotrajalosti pojedinih dijelova mreže, što se odražava na povećanu infiltraciju podzemnih voda u sistem kanalizacije, koji je kombinovanog tipa (mješoviti + razdjelni sistem kanalizacije).

Stoga je, kod primjene modela, vrijednost procentualnog učešća infiltracionih voda uvećana sa vrijednosti 0,25 na vrijednost 0,6. Na taj način su usklađene vrijednosti koncentracija mjerenih parametara i parametara korištenih u modelu, za uobičajeni kvalitet upotrijebljenih voda (kućna kanlizacija).

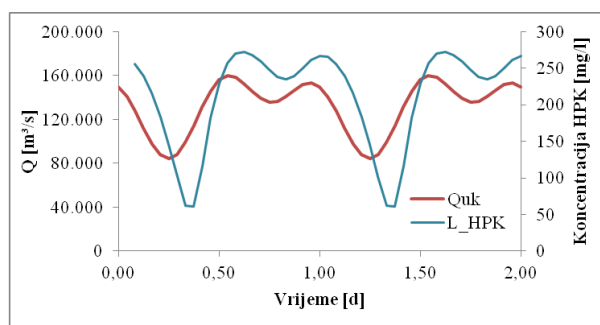
Varijacije u dotoku pojedinačnih vrijednosti količina različitih vrsta otpadne vode (visoko opterećena siva voda, crna voda i infiltraciona voda) u vremenu, koje čine ukupnu količinu dotoka prikazane su na slici 2.

Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka (za  $t=2$  dana) i srednje vrijednosti koncentracija parametra HPK prikazane su na slici 3.

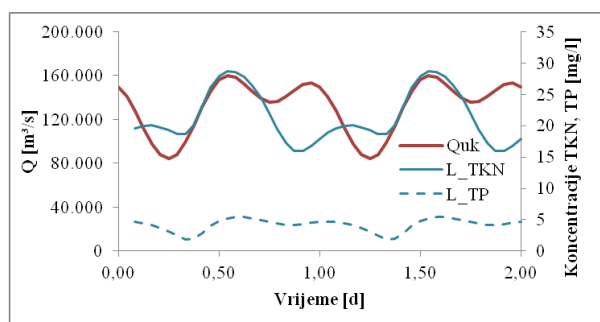


Slika 2. Modelirane srednje vrijednosti varijacija dotoka za PPOV Sarajevo, sa modifikovanim učešćem infiltracione vode, prema mjerenim vrijednostima na uređaju

$Q_d$  – udio i varijacije visoko opterećene sive vode  
 $Q_u$  – udio i varijacije crne vode  
 $Q_{inf}$  – udio infiltracione vode



Slika 3. Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka i koncentracije HPK, za mjerene vrijednosti parametara, sa modifikovanim učešćem infiltracione vode



Slika 4. Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka i koncentracija TKN i TP, za mjerene vrijednosti parametara, sa modifikovanim učešćem infiltracione vode

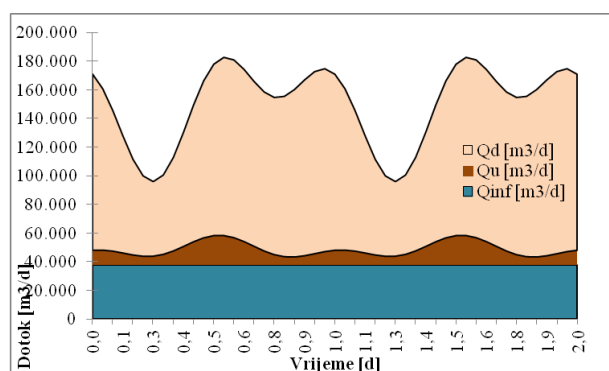
Radi poređenja i sveobuhvatnog prikaza varijacija dotoka i uticajnih koncentracija parametara TKN i TP, na slici 4. su prikazane modelirane vrijednosti.

Dobiveni rezultati se mogu koristiti kao ulazni podaci dinamičkih simulacija u različitim postupcima optimizacije uređaja, prognoze, poboljšanja i sl. Pojedini programi, koji su razvijeni za dinamičke simulacije na uređajima, kao što je programski paket SIMBA# (ifak, Magdeburg; <https://simba.ifak.eu/>), primjenjuju upravo ovu metodu za definiranje varijacija ulaznih količina otpadnih voda i zahtjevanih parametara kvaliteta otpadnih voda, za slučaj nepostojanja mjerenih vrijednosti.

### Rezultati primjene modela sa podacima iz projekta

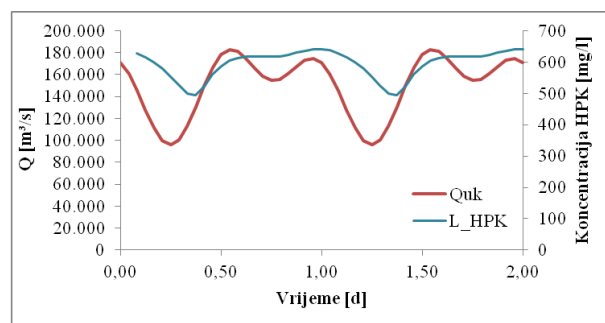
Ulazni podaci prema projektu, koji su korišteni za primjenu metode generisanja „detaljnih“ ulaznih podataka za dinamičke simulacije su: dnevni dotok pri suhom vremenu ( $150.000 \text{ m}^3/\text{d}$ ) sa dnevnim prosječnim koncentracijama parametara HPK, TKN i TP ( $600; 50; 10$ ) u  $\text{mg/L}$ , proticaj i koncentracija izdvojenih i zasebno analiziranih infiltracionih voda ( $(F_{Q,\text{inf}} = 0,25); 25; 5$  i  $0,5 \text{ mg/L}$  za HPK, TKN i TP, respektivno) i izdvojene i zasebno analizirane žute vode ( $(f_{Q,\text{inf}} = 0,1); 300; 400$  i  $30 \text{ mg/L}$  za HPK, TKN i TP, respektivno) i parametri oblika prema tabeli 1 [1].

Pojedinačne vrijednosti različitih vrsta otpadne vode (visoko opterećena siva voda, crna voda i infiltraciona voda) u vremenu, koje čine ukupnu količinu dotoka prikazane su na slici 5.

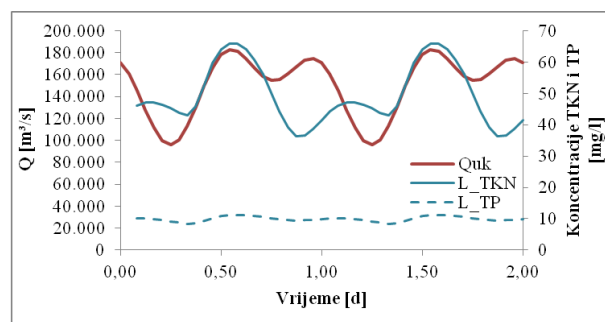


Slika 5. Modelirane srednje vrijednosti varijacija dotoka za PPOV Sarajevo, prema projektnim parametrima

Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka (za  $t=2$  dana) i srednje vrijednosti koncentracija parametara HPK, TKN i TP, za preuzete podatke iz projekta, prikazane su na slikama 6 i 7.



Slika 6. Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka i koncentracije HPK, prema projektnim parametrima



Slika 7. Modelirane srednje vrijednosti varijacija ukupnog dotoka i koncentracija TKN i TP, prema projektnim parametrima

Primjenom metode za generisanje dnevnih varijacija ulaznih podataka za dinamičke simulacije, za dva različita scenarija (prvi scenarij – sa poznatim mjerenim podacima uređaja kapaciteta  $600.000 \text{ ES}$  i drugi scenarij – sa projektnim parametrima), dobiveni su različiti rezultati. Obzirom na značajne razlike (poređenje grafikona: slika 2 – slika 5, slika 3 – slika 6, slika 4 – slika 7), koje se javljaju kod prvog i drugog scenarija, preporuka je da se u narednom koraku urade kontrolna mjerenja varijacija dotoka i uticajnih parametara, sa 2-časovnim uzorcima, za najmanje dva dana.

### ZAKLJUČAK

Prikazana je jednostavna metoda za generisanje dnevnih varijacija ulaznih podataka za dinamičke simulacije, za

slučaj da nisu dostupni mjereni podaci, za uređaj kapaciteta 600.000 ES (osim srednjih dnevnih vrijednosti proticaja i koncentracija uticajnih parametara). Primjenom ovog modela moguće je ostvariti realne dnevne varijacije za podatke o utjecaju za dinamičke simulacije.

Korišteni podaci u modelu, dijelom su preuzeti, a dijelom modifikovani prema dostupnim vrijednostima iz procesa kontrole i održavanja uređaja. Dobiveni su rezultati za dva različita scenarija. Prvi scenarij se odnosi na primjenu modela uz korištenje mjerenih obavezujućih srednjih vrijednosti proticaja i zahtijevanih parametara kvaliteta na uređaju, uz modifikaciju učešća infiltracionih voda u dotoku. Drugi scenarij je rađen za vrijednosti parametara dotoka i utičućih parametara prema projektnim parametrima uređaja.

Podaci modela za dva provedena scenarija (za mjerene odnosno projektne vrijednosti) su:

- dnevni proticaj pri suhom vremenu i prosječne koncentracije parametara HPK, TKN i TP;
- proticaj i koncentracije infiltracijske vode, visoko opterećene sive vode i crne vode;
- parametri oblika modela [2].

Realno je za očekivati, da će se intenziviranjem rekonstrukcije kanalizacione mreže (izmjena problematičnih dijelova mreže, spajanje/uvezivanje kompletne kanalizacione mreže na glavne kolektore prema postrojenju (trenutno se dio otpadna voda direktno ispušta u recipijent), postepenom rekonstrukcijom i prelaskom sa mješovitog na separativni tip kanalizacije određenih područja sistema i sl.) obuhvatnog područja PPOV Sarajevo, povećati dotičuće količine upotrijebljenih otpadnih voda ( $Q_d$  i  $Q_w$ ) na uređaj, a smanjiti količina infiltracionih voda, kao i količina oborinskih voda. Samim tim će doći do povećanja koncentracija uticajnih parametara (HPK, TKN i TP). Varijacije dotoka i koncentracije parametara će se mijenjati od onih prikazanih kroz rezultate sa primjenom mjerenih vrijednosti (slika 2) do rezultata dobivenih primjenom podataka iz projekta (slika 5).

Metoda generisanja ulaznih parametara kvaliteta otpadnih voda, potrebnih za primjenu dinamičke simulacije, bazirana je na mjerenim podacima postrojećih postrojenja (ukupno 41 postrojenje). Metoda je integrisana u programskom paketu SIMBA# (program za simulaciju i kontrolu), i ista se može

primjeniti za slučaj nepostojanja odgovarajućih ulaznih podataka o količinama i kvalitetu otpadne vode.

Dobiveni podaci za PPOV Sarajevo, prema primjenjenoj metodi, mogu se koristiti dalje u postupku numeričkih simulacija uređaja.

Moguće je u narednom koraku uraditi kontrolna mjerenja varijacija dotoka i uticajnih parametara, sa 2-časovnim uzorcima, za najmanje dva dana. Na taj način bi se provelo poređenje mjerenih vrijednosti proticaja i parametara kvaliteta sa dobivenim rezultatima, primjenom metode za generisanje varijacija influenta. Istraživanja bi se dalje mogla provesti i na drugim postojećim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda sa ovih prostora, što bi u konačnici moglo dati zaključke za primjenu metode i definiranje oscilacija ulaznih parametara kvaliteta otpadne vode tek planiranih postrojenja.

Potrebno je pomenuti, da se paralelno sa razvojem dinamičkog modeliranja, koje predstavlja stanje tehnike u svijetu za modeliranje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda, i dalje razvijaju statički pristupi. Najveći razlog je što statički pristupi modeliranja imaju jednostavniju primjenu u praksi i zahtijevaju značajno manji utrošak vremena. Kao primjer se navodi metoda za primjenu rezultata simulacije, koji su u skladu sa rezultatima stacionarnih modela projekata postrojenja sa aktivnim muljem [13]. Metoda je prikazana u inoviranom standardu DWA ATV-A 131 (2016) [11], a detaljno je opisana i u publikaciji [17].

## ZAHVALA

Korišteni mjereni podaci srednjih vrijednosti proticaja i parametara kvaliteta, koji su izmjereni i zabilježeni na PPOV Butila, Sarajevo, dobiveni su od KJKP „Vodovod i kanalizacija“ d.o.o. Sarajevo, na čijoj se saradnji autori rada zahvaljuju. Posebnu zahvalu za dobru međusobnu saradnju, upućuju uposlenicima uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u Butilama, koji rade na kontroli i održavanju.

## LITERATURA

- [1] Langergraber, G., Alex, J., Weissenbacher, N., Woerner, D., Ahnert, M., Frehmann, T., Half, N., Hobus, I., Plattes, M., Spering, V., Winkler, S. (2007). Generation of diurnal variation for influent data for dynamic simulation. *Water Science and Technology* 57(9), 1483-1486.



- [2] Langergraber, G., Spering, V., Alex, J., Ahnert, M., Cernochoca, L., Dürrenmatt, D.J., Frehmann, T., Hobus, I., Weissenbacher, N., Winkler, S., Yücesoy, E. (2009). Using numerical simulation to optimize control strategies during activated sludge plant design. Proceedings 10th IWA Conference on Instrumentation, Control and Automation (ICA), June 14-17 2009, Cairns, Australia.
- [3] DWA A131 (2000): ATV-DVWK Arbeitsblatt A131: Bemessungen von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 EW. DWA, Hennef, Germany [in english].
- [4] Serdarević, A., Džubur, A.: Wastewater Process Modeling; Coupled Systems Mechanics-International Journal of Interactions of Coupled Systems, Vol. 5, No. 1 (2016) 21-39, ISSN 2234-21928 (online); DOI:<http://dx.doi.org/10.12989/csm.2016.5.1.021>
- [5] Džubur, A., Serdarević, A.: Primjena modela u procesu prečišćavanja otpadnih voda, Prvi kongres o vodama, UKI BiH, Sarajevo, 27-28. oktobar, 2016.
- [6] Hauduc, H., Gillot, S., Rieger, L., Ohtsuki, T., Shaw, A., Takacs, I., Winkler, S.: Activated sludge modelling in practice: an international survey, *Water Sci. Technol.* 2009, 60 (8), 1943–1951
- [7] Alex, J., Ahnert, M., Dürrenmatt, D.J., Langergraber, G., Hobus, I., Schmuck, S., Spering, V.: Voraussetzungen für eine dynamische Simulation als Bestandteil einer statischen Kläranlagenbemessung nach DWA-A 131, *Korrespondenz Abwasser* 2015, 62 (5), 436–446
- [8] Henze M., Gujer W., Mino T. and van Loosdrecht M. (2000): Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2D and ASM3. IWA Scientific and Technical Report No.9. IWA Publishing, London, UK.
- [9] Gernaey, K.V., van Loosdrecht, M.C.M., Henze, M., Lind, M., Jørgensen, S.B. (2004): Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art. *Environ Modell Softw* 19(9) 763-783.
- [10] Langergraber, G., Rieger L., Winkler, S., Alex, J., Wiese, J., Owerdieck, C., Ahnert, M., Simon, J., Maurer, M. (2004): A guideline for simulation studies of wastewater treatment plants. *Water SciTechnol* 50(7), 131-138.
- [11] DWA - A131 (2016): DWA Regelwerk: Bemessungen von einstufigen Belebungsanlagen. DWA, Hennef, Germany [in german].
- [12] Ahnert, M., Alex, J., Dürrenmatt, D.J., Langergraber, G., Hobus, I., Schmuck, S., Spering, V.: Dynamische Simulation als Bestandteil einer Kläranlagenbemessung nach DWA-A 131 – Praxisanwendung des ASM3A131 und Fallbeispiele, *Korrespondenz Abwasser* 2015, 62, NR. 7.
- [13] Alex, J., Wichern, M., Halft, N., Spering, V., Ahnert, M., Frehmann, T., Hobus, I., Langergraber, G., Plattes, M., Winkler, S., Woerner, D. (2007): A method to use dynamic simulation in compliance to stationary design rules to refine WWTP planning. Poster presentation at the 10th IWA Specialised Conference on "Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants", 10-13 September 2007, Vienna, Austria, this conference.
- [14] IWA Task Group on Good Modelling Practice, Guidelines for Using Activated Sludge Models, IWA Publishing, London, UK (2013).
- [15] Gernaey, K.V., Rosen, C., Jeppsson, U. (2006): WWTP dynamic disturbance modelling – an essential module for long-term benchmarking development. *Water Sci Technol* 53(4-5), 225-234.
- [16] Spering, V., Alex, J., Langergraber, G., Ahnert, M., Halft, N., Hobus, I., Weissenbacher, N., Winkler, S., Yücesoy, E. (2008): Using dynamic simulation for design of activated sludge plants. In: Proceedings "International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering - SIDISA.08", 24-27 June 2008, Florence, Italy. (CD-ROM, paper 307).
- [17] Teichgräber et al., 2016: Burkhard Teichgräber und Martin Hetschel (Essen), Bemessung der einstufigen biologischen Abwasserreinigung nach DWA-A 131, *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall* 2016 (63) Nr.2.

## GENERATION OF DAILY VARIATION FOR INFLUENT DATA FOR USING DYNAMIC SIMULATION FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT

by

Alma DŽUBUR<sup>1</sup>, Manfred SCHÜTZE<sup>2</sup>, Amra SERDAREVIĆ<sup>1</sup><sup>1</sup>Faculty of Civil Engineering, University Sarajevo<sup>2</sup>ifak, Institut f. Automation und Kommunikation, Magdeburg, Germany

## Summary

Dynamic simulation of the main project parameters of the wastewater treatment plant (WWTP) requires reliable data base of daily fluctuation of the inflow and typical concentrations of the parameters such as COD, TKN, TP, etc. Usually, such detailed data are not available and only data from the literature is possible to use instead of real values. The paper presents model for generating daily variations of the inflow and concentration of the wastewater quality parameters, applied on the existing PPOV Butila, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (BiH). For generation of the WWTP input values measured data have been used as mean values of the daily inflow and concentrations of the wastewater quality parameters (scenario 1). The same method was applied to the project parameters (scenario 2). The main goal of applied method is to generate

realistic influent data of the plant, in terms of flow and concentrations of COD, TKN and TP, without any prior comprehensive survey and measurements at the site. The paper presents the results and methods achieved by the "Hochschulgruppe Simulation" group, which has been developed by group of researchers from Germany, Austria, Switzerland, Luxembourg, Netherlands and Poland (<http://www.hsgsim.org>). The method is often named as „HSG-Sim“ (Hochschulgruppe Simulation), or „Method Langergraber“, according to the main author of the large number of the published publications. [1,2]

Key words: influent data, daily inflow variation, dynamic simulation, modelling

Redigovano 4.11.2018.