

ANALIZA POVEZANOSTI POKAZATELJA KAKVOĆE OTPADNE VODE S TEMPERATUROM I OBORINAMA POMOĆU RAPS METODE

doc. dr. sc. Bojan Đurin

Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin
bojan.djurin@gfv.hr

doc. dr. sc. Anita Ptiček Širočić

Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin

Anamarija Muhar, univ. bacc. ing. amb.

Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Hallerova aleja 7, 42000 Varaždin

Metodom RAPS (eng. *Rescaled Adjusted Partial Sums*) provedena je analiza ulaznih i izlaznih pokazatelja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda u Čakovcu tijekom lipnja, srpnja i kolovoza 2015. godine. Cilj rada je bio ustanoviti povezanost količina oborina i srednje dnevne temperature zraka te vrijednosti ulaznih i izlaznih vremenskih nizova veličina kemijske potrošnje kisika (KPK), biološke potrošnje kisika unutar pet dana (BPK₅) i suspendiranih tvari na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda. RAPS metoda primijenjena je na vremenski niz količina oborina, no nije imala veliku učinkovitost zbog velikih oscilacija količina oborina u promatranom razdoblju. Daljnja analiza temeljena je isključivo na usporedbi ulaznih i izlaznih vrijednosti KPK, BPK₅ te suspendiranih tvari sa srednjom dnevnom temperaturom zraka. Iz rezultata je vidljivo da ulazni nizovi sadrže izraženije podnizove s obzirom na njihove srednje vrijednosti i trendove povećanja, odnosno smanjenja vrijednosti. U usporedbi s ulaznim podnizovima, izlazni podnizovi ne osciliraju u tolikoj mjeri s obzirom da izražavaju izlaznu kakvoću otpadne vode. Vidljivo smanjenje izlaznih vrijednosti pokazatelja potvrđuje kvalitetnu obradu ulazne otpadne vode.

Ključne riječi: uređaj za pročišćavanje otpadnih voda, RAPS, oborine, temperatura zraka, pokazatelji, kakvoća otpadne vode

1. UVOD

Antropogeni i klimatski utjecaji na procese pročišćavanja otpadnih voda su raznoliki, počevši od broja i navika življenja stanovništva, vrste i veličine industrijskih postrojenja, utjecaja oborina, temperature i ostalih meteoroloških pokazatelja. U konačnici, sam rad uređaja bitno utječe na kakvoću izlazne otpadne vode. Uobičajene i već pomalo ponavljajuće poruke upućene od strane svih raspoloživih medija, političara pa i ljudi iz struke, u većini slučajeva odnose se na kakvoću vode za piće i nastojanja da se voda za piće zaštiti od svih onečišćenja, što je u potpunosti i opravdano. Međutim, vrlo je važno dati pozornost otpadnoj vodi, s obzirom da ona sudjeluje u procesu kruženja vode u prirodi, odnosno

u izgrađenom urbanom vodnom sustavu (Margeta, 2010.). U pravilu, na uređajima za pročišćavanje otpadnih voda ispituje se ulazna i izlazna količina te kakvoća otpadne vode, odnosno određuju se vrijednosti čitavog niza pokazatelja kao što su temperatura, pH, KPK, BPK₅, suspendirane tvari, suha tvar, kisik, fosfor, dušik i dr. Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV) Čakovec (slika 1) predviđen je za drugi stupanj pročišćavanja otpadnih voda, gdje je, Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (Narodne novine, 80/13, 43/15, 27/15, 3/16) propisano određivanje KPK, BPK₅ i suspendiranih tvari. S druge strane, na UPOV-u Čakovec predviđena je rekonstrukcija i modernizacija s kapacitetom 75000 ekvivalent stanovnika (ES) do najviše razine pročišćavanja, odnosno

trećeg stupnja pročišćavanja. Vrijednosti navedenih pokazatelja nisu konstantne, jer ovise o antropogenim aktivnostima i klimatskim uvjetima te se razlikuju kod svakog pojedinog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Tijekom postupka pročišćavanja moguće su iznenadne i neuobičajene situacije s obzirom na kakvoću i količinu ulazne, odnosno izlazne količine otpadne vode, kao i pročišćene otpadne vode. Pri tome se misli na odstupanja (najčešće povećanja) vrijednosti izlaznih pokazatelja kakvoće vode, poremećaje u radu uređaja za pročišćavanje otpadne vode (puknuća cjevovoda, kvarovi na pojedinim dijelovima i sl.). Navedeni se problemi mogu riješiti neprestanim praćenjem rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, analizom svih ulaznih i izlaznih pokazatelja kakvoće i količine otpadne vode, kao i korištenjem metodologija koje mogu dati objašnjenja određenih poremećaja u radu sustava. Najčešće se postupci analize promjena pokazatelja kakvoće vode svode na izračunavanje trendova u vremenskom nizu tih pokazatelja. Budući da pokazatelji kakvoće otpadne vode ovise o antropogenim i klimatskim uvjetima, koji su u većini slučajeva stohastičke naravi, trendovi nisu pouzdani te mogu dovesti do pogrešnih zaključaka o radu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Analizom vremenskog niza moguće je, osim postojanja općeg trenda (trend unutar cijelog vremenskog niza), odrediti i detaljnije fluktuacije unutar ispitivanog niza (Bonacci, 2010.). U ovom je radu za tu svrhu korištena RAPS metoda (Garbrecht i Fernandez, 1994.; Bonacci et al., 2008.). Ukoliko se unutar analiziranih vremenskih nizova KPK, BPK₅ i suspendiranih tvari utvrdi postojanje podnizova, tada je lakše usredotočiti se na određeni dio originalnog (zadanog) niza i nastojati utvrditi moguće razloge nastanka tih podnizova. Navedeno je vrlo teško utvrditi konvencionalnim postupcima te je iz tog razloga u radu primijenjena inovativna metodologija, odnosno RAPS metoda. Osnovni je cilj provedenih analiza bio utvrditi povezanost i/ili nepovezanost između vrijednosti pojedinih pokazatelja kakvoće otpadnih voda sa srednjim dnevnim temperaturama zraka kao i količinama oborina koje također utječu na ulaznu i izlaznu količinu te kakvoću

otpadne vode. Nadalje, pokušalo se definirati vrijeme nastanka i trajanja podnizova tijekom promatranog razdoblja s ciljem utvrđivanja eventualnih odstupanja kao i njihovih uzroka.

2. EKSPERIMENTALNI DIO

2.1. Uzorkovanje i određivanje pokazatelja

Za provedbu analize fizikalno – kemijskih pokazatelja kvalitete vode uzeti su uzorci otpadne vode na ulazu i izlazu iz UPOV-a Čakovec. Aparat za automatsko uzimanje uzoraka postavljen je uz mjerni žlijeb u vodotijesni ormarić u kojem je automatski uzorkivač otpadne vode s 12 posuda za čuvanje 24-satnog kompozitnog uzorka otpadne vode i dozirna crpka koja crpi uzorke otpadne vode iz mjernog žlijeba.

Vrijednosti KPK-a određene su pomoću HACH DR 4000 U spektrofotometra u koncentracijskom području 0,0 – 1000 mg l⁻¹ O₂, a BPK₅ pomoću Oxitop uređaja. Mase suspendiranih tvari proračunate su nakon filtriranja i žarenja prema jednadžbama (1-4):

$$G_1 = \frac{(a \times 1000)}{b} \quad (1)$$

$$a = a_2 - a_1 \quad (2)$$

$$G_2 = \frac{(c \times 1000)}{b} \quad (3)$$

$$c = a_2 - a_3 \quad (4)$$

gdje je G_1 – masa ostatka nakon sušenja (mg l⁻¹), G_2 – masa ostatka nakon žarenja (mg l⁻¹), a – masa neto ostatka nakon sušenja (mg), a_1 – masa osušenog i u eksikatoru ohlađenog filter papira (g), a_2 – masa osušenog i u eksikatoru ohlađenog filter papira s uzorkom (g), a_3 – masa žarenog i u eksikatoru ohlađenog filter papira s uzorkom (g), b – volumen uzorka uzet za analizu (l), c – masa neto ostatka nakon žarenja (mg).

2.2. RAPS metoda

Metoda RAPS zasnovana je na analizi vremenske raspodjele promatranih veličina metodom sumarne krivulje odstupanja. Vizualni grafički prikaz zasnovan na RAPS transformaciji pogodan je jer omogućava prevladavanje malih sustavnih i slučajnih promjena, grešaka i varijabilnosti u analiziranom vremenskom nizu. Grafički prikaz RAPS-a upućuje na postojanje više podrazdoblja sa sličnim karakteristikama, većeg broja trendova, naglih skokova ili padova vrijednosti, neregularnih fluktuacija, postojanje periodičnosti u analiziranom vremenskom nizu, itd. Izraz za proračun



Slika 1: UPOV Čakovec (Međimurske vode, 2017.)

RAPS-a definiran je pomoću jednadžbe (5):

$$RAPS_k = \sum_t^k \frac{Y_t - \bar{Y}}{S_y} \quad (5)$$

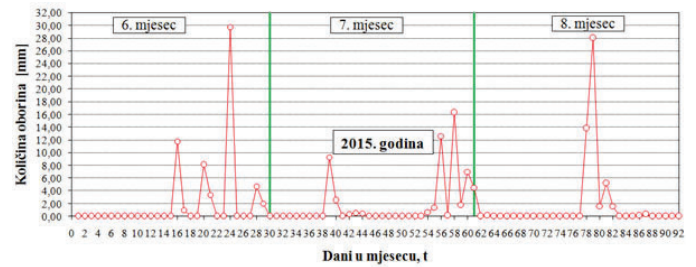
pri čemu je Y_t prosječna vrijednost cijeloga razmatranog vremenskog niza, S_y – standardna devijacija istog niza, n – broj podataka u vremenskom nizu, $k = 1, 2, \dots, n$ predstavlja brojač tijekom sumiranja (Bonacci, 2010.). Grafički prikaz $RAPS_k$ vrijednosti tijekom vremena očito i nedvosmisleno ukazuje na postojanje pravilnosti u fluktuacijama analiziranog parametra Y_t . Nakon utvrđivanja postojanja (ili nepostojanja) podnizova unutar zadanog niza, daljnji postupak je određivanje linearnog trenda tog podniza i po potrebi uobičajena statistička obrada, odnosno izračun statističkih parametara. Metoda RAPS dosad je većinom korištena kod analize nizova povezanosti hidroloških i meteoroloških pokazatelja, odnosno kod određivanja hidroloških režima vodotoka (Bonacci et al., 2009.; Lojen et al., 2009.; Bonacci, 2010., Tadić, 2012.).

3. REZULTATI I RASPRAVA

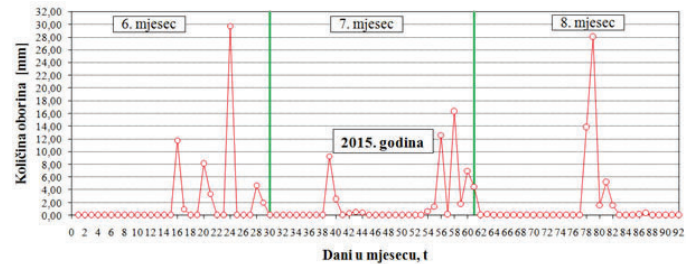
RAPS metodom analizirane su ulazne i izlazne vrijednosti pokazatelja kakvoće otpadne vode (KPK, BPK₅, suspendirane tvari) za lipanj, srpanj i kolovoz 2015. godine te se nastojala utvrditi njihova povezanost s oborinama i srednjim dnevnim temperaturama zraka. Ljetni period godine odabran je jer se radi o karakterističnom dijelu godine gdje su u posljednje vrijeme prisutne ili suše ili povećane količine oborina, kao i sezonske migracije stanovništva (godišnji odmori). Time su eventualna odstupanja, koja bi se mogla pojaviti, još istaknutija i olakšavaju provedbu analize, budući da ovakva analiza iziskuje obradu velikog broja podataka, odnosno međusobnu usporedbu većeg broja podnizova nastalih primjenom RAPS-a na zadani vremenski niz. RAPS metoda svodi se na određivanje točke (točaka) najveće, odnosno najmanje vrijednosti te se između početka vremenskog niza i vertikalne linije, odnosno između vertikalnih linija na prikazu RAPS-a definiraju novi podnizovi.

Na slikama 2 i 3 prikazane su dnevne količine oborina i dnevne srednje temperature za grad Čakovec (DHMZ, 2017.) tijekom ljetnih mjeseci 2015. godine.

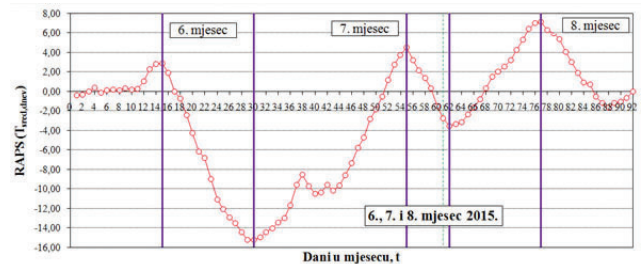
Iz slike 2 je vidljivo da primjena RAPS-a ne bi imala svrhu, budući da su zbog nedostatka oborina zadani nizovi kratki. Budući da je na području grada Čakovca i prigradskih naselja izveden mješoviti sustav odvodnje (Međimurske vode, 2002.), odnosno sustav odvodnje kod kojega se istom kanalskom mrežom prikupljaju otpadne vode iz kućanstava i industrije, kao i oborinske vode, nedvojbeno je da oborine imaju utjecaj na dotok otpadne vode na UPOV. Nadalje, na slici 3 su prikazane dnevne srednje temperature zraka tijekom ljetnih mjeseci 2015. godine. Općenito, porast temperature zraka u prirodnim



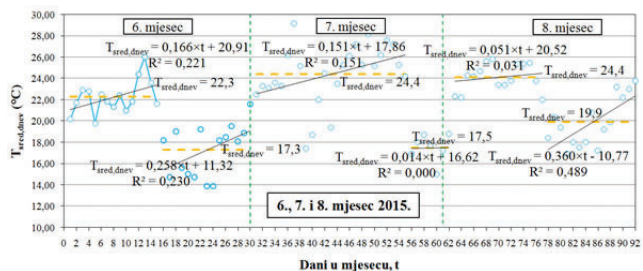
Slika 2: Dnevne količine oborina za grad Čakovec; lipanj, srpanj i kolovoz 2015. godine



Slika 3: Dnevne srednje temperature zraka za grad Čakovec; lipanj, srpanj i kolovoz 2015. godine

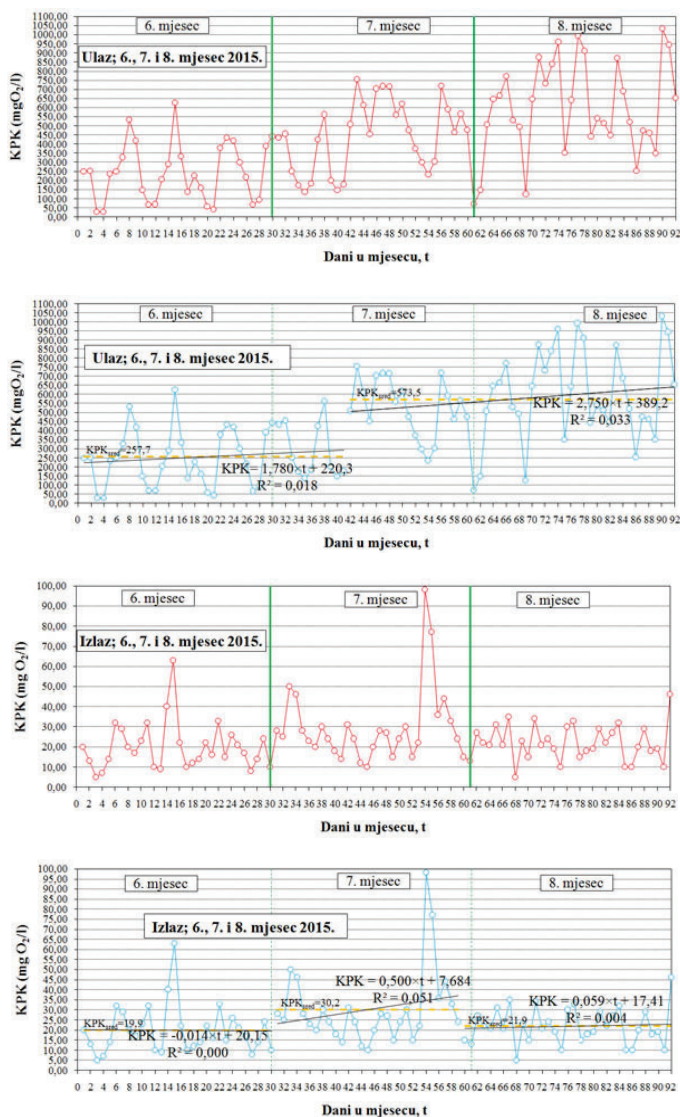


Slika 4: Prikaz RAPS-a za vrijednosti dnevnih srednjih temperatura



Slika 5: Prikaz podnizova definiranih RAPS metodom za srednje dnevne temperature

vodama predstavlja značajan čimbenik jer dovodi do povećanja brzine reakcija, odnosno do povećanja brzine metabolizma različitih organizama što znači da im je potrebno više kisika. Povećanjem temperature smanjivat će se topljivost kisika u vodi te će takva voda sadržavati manju koncentraciju kisika. S jedne strane, povećanjem temperature postoji veća potreba za kisikom, a s druge strane, manja koncentracija kisika u vodi uzrokovat će ugibanje organizama (ili napuštanje tog dijela vodnog tijela) osjetljivih na fluktuacije kisika.



Slika 6: KPK: a) ulazne vrijednosti KPK; b) podnizovi za ulazne vrijednosti KPK; c) izlazne vrijednosti KPK; d) podnizovi za izlazne vrijednosti KPK

Na slici 4 prikazan je RAPS srednjih dnevnih temperatura zraka za ljetne mjesece tijekom 2015. godine u Čakovcu. Vidljivo je da u raspoloživom vremenskom razdoblju postoji šest podrazdoblja znatno različitih svojstava. Na slici 5 prikazani su spomenuti podnizovi srednjih dnevnih temperatura zraka definirani primjenom RAPS metode s vrijednostima prosječnih temperatura zraka, pravcima linearnih trendova te koeficijentima determinacije svakog podniza. U slučaju niza srednjih dnevnih temperatura zraka, vidljivo je da su vrijednosti u prvom, trećem i petom podnizu gotovo identične (22,3, 24,4 i 24,4 °C). Isto ponašanje vidljivo je i za drugi, četvrti i šesti podniz gdje vrijednosti temperature iznose 17,3, 17,5 i 19,9 °C. Može se zaključiti da nema značajnijeg linearnog trenda porasta vrijednosti srednjih dnevnih temperatura, nego da dolazi do fluktuacija u određenim mjesecima, što je posljedica varijacije klime (Bonacci, 2010.).

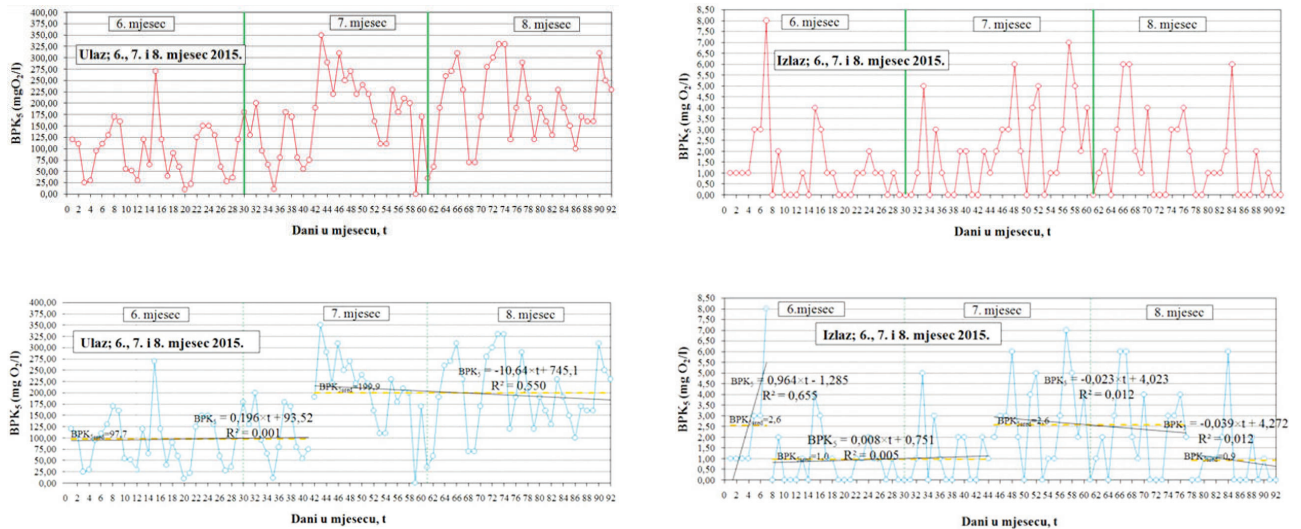
Prikazi ulaznih i izlaznih vrijednosti ispitivanih pokazatelja, kao i provedenog RAPS-a, odnosno prikazi dobivenih podnizova nalaze se na slikama 6–8.

Iz dobivenih rezultata analize RAPS-a, provedene na ulaznim i izlaznim vremenskim nizovima pokazatelja kakvoće otpadnih voda, vidljivo je da ulazni nizovi svih ispitivanih pokazatelja sadrže izraženije podnizove s obzirom na srednje vrijednosti i trendove povećanja, odnosno smanjenja vrijednosti. U tri podniza dobivena za izlazne KPK-a srednje vrijednosti, vrijednosti variraju 19,9 do 30,2 mg O₂/l (slika 6 c), dok su srednje BPK₅ vrijednosti kod četiri izlazna podniza (slika 7 c) gotovo identične u dva pojedinačna podniza (prvi i treći podniz BPK_{SSR} iznosi 2,6 mg O₂/l, a drugi i četvrti podniz 1,0 te 0,9 mg O₂/l). Slično ponašanje primijećeno je za izlazne srednje vrijednosti suspendiranih tvari, odnosno prvi i treći podniz daje jednake vrijednosti (8,6 mg l⁻¹, a u drugom podnizu dobivena je srednja vrijednost od 14,4 mg l⁻¹). Vrijednosti koeficijenta determinacije, R^2 nisu statistički značajne, naročito kod ulaznih podnizova, dok su kod izlaznih podnizova vrijednosti nešto veće. Ako je koeficijent determinacije u intervalu od 0,25–0,64, veza između pojedinih parametara definira vezu srednje jakosti, dok se predviđa da će parametri biti u velikoj međuovisnosti, odnosno čvrstoj vezi, ako je koeficijent determinacije veći od 0,64 (Chaddock, 1925.).

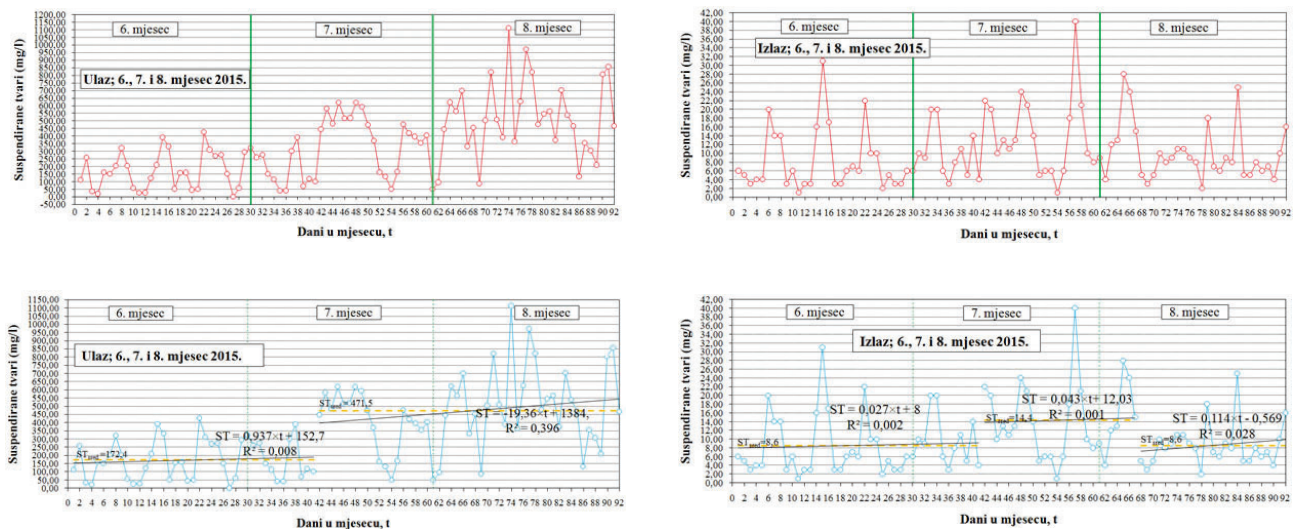
Budući da su dobivene vrijednosti koeficijenta determinacije R^2 znatno ispod vrijednosti koje ukazuju na jaču (ili barem srednju) povezanost između pojedinih parametara, za pretpostaviti je da bi za definiranje linearnih trendova dobivenih podnizova bilo potrebno provesti dodatne analize u dužem periodu. U usporedbi s ulaznim podnizovima, izlazni podnizovi značajnije ne osciliraju, što je i za očekivati s obzirom da izražavaju izlaznu kakvoću otpadne vode. Drugim riječima, može se zaključiti da je postupak pročišćavanja otpadnih voda kvalitetno proveden, što potvrđuju i znatno smanjene izlazne vrijednosti ispitivanih pokazatelja koje se nalaze unutar maksimalno dozvoljenih koncentracija prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (Narodne novine 80/13, 43/15, 27/15, 3/16).

4. ZAKLJUČCI

Kod korištenja konvencionalnih postupaka analiza vremenskih nizova određenih prirodnih i antropogenih pokazatelja, koji su u velikom broju slučajeva stohastički, najčešće se analiziraju opažene ekstremne vrijednosti kao i vrijednosti uz ekstreme. Na primjeru analiziranih nizova vrijednosti, odnosno trendova KPK-a, BPK₅ i suspendiranih tvari te prirodnih pokazatelja (temperatura zraka i oborine), bilo je vidljivo da se samo definiranjem, a nakon toga i analizom trenda, ne može utvrditi vremenski niz, odnosno podnizovi koji obuhvaćaju upravo te ekstremne vrijednosti. U svrhu otklanjanja tog problema primijenjena je metoda RAPS,



Slika 7: BPK₃: a) ulazne vrijednosti BPK₃; b) podnizovi za ulazne vrijednosti BPK₃; c) izlazne vrijednosti BPK₃; d) podnizovi za izlazne vrijednosti BPK₃



Slika 8: Suspendirane tvari: a) ulazne vrijednosti suspendiranih tvari; b) podnizovi ulazne vrijednosti suspendiranih tvari; c) izlazne vrijednosti suspendiranih tvari; d) podnizovi za izlazne vrijednosti suspendiranih tvari

koja je pogodna za definiranje postojanja određenih podnizova sličnih karakteristika, različitih trendova korelacije te odstupanja ili poklapanja vrijednosti ispitivanih parametara tijekom određenog vremenskog perioda, no ona nikad nije primijenjena na problem kakvoće otpadne vode. Otegotna okolnost ove analize su bili prekratki vremenski nizovi, što utječe na donošenje pouzdanih zaključaka. U pravilu, stohastičke veličine, čime se u ovom slučaju, uz temperaturu zraka i oborine, mogu okarakterizirati i promatrani pokazatelji kakvoće otpadne vode, iziskuju što dulji vremenski niz. Provedenom analizom dobiveni su podnizovi ulaznih i izlaznih vrijednosti pokazatelja kakvoće otpadne vode, što ukazuje na fluktuacije pojedinih pokazatelja tijekom

ljetnih mjeseci. Svaki prekid zadanog niza pokazatelja ukazuje na moguću nepravilnost, odnosno poremećaj rada uređaja za pročišćavanje, naročito ako su izlazne vrijednosti iznad maksimalno dozvoljenih koncentracija. Daljnja bi analiza svakako trebala obuhvatiti duži vremenski period i analizu ostalih pokazatelja kakvoće otpadne vode (ukupni dušik i fosfor, sumpor, nitrati...). Nadalje, prikazana analiza provela bi se na gradskim uređajima za pročišćavanje otpadnih voda, kao i na industrijskim uređajima, čime bi se dobili kvalitetniji i pouzdaniji zaključci koji bi pridonijeli boljem razumijevanju i/ili predviđanju određenih zakonitosti na UPOV-ima s ciljem kvalitetnijeg upravljanja istima i održivoj zaštiti vodnih sustava. ■

LITERATURA

- Bonacci, O. (2010.). Analiza nizova srednje godišnje temperature zraka u Hrvatskoj. *Građevinar*. 62 (9), 781–791.
- Bonacci, O.; Pekárová, P.; Miklánek, P. (2009.). Analiza dugih vremenskih nizova protoka i temperatura vode Dunava kod Bratislave (Slovačka). *Hrvatske vode* 68, 103–112.
- Bonacci, O.; Trninić, D.; Roje-Bonacci, T. (2008). Analysis of the water temperature regime of the Danube and its tributaries in Croatia. *Hydrological Processes* 22(7), 1014–1021.
- Chaddock, R. E. (1925.). *Principles and Methods of Statistics*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt.
- DHMZ (2017). *Količine oborina za 2013., 2014. i 2015. godinu, meteorološka postaja Čakovec*. Čakovec: DHMZ (Državni hidrometeorološki zavod).
- Garbrecht, J.; Fernandez, G. P. (1994.). Visualization of trends and fluctuations in climatic records. *Water Resources Bulletin*, 30(2), 297–306.
- Lojen, S.; Trkov, A.; Ščančar, J.; Vázquez-Navarro, J.A.; Cukrov, N. (2009.). Continuous 60-year stable isotopic and earth-alkali element records in a modern laminated tufa (Jaruga, river Krka, Croatia): Implications for climate reconstruction. *Chemical Geology*. 258, 242–250.
- Margeta, J. (2010). *Vodoopskrba naselja: Planiranje, projektiranje, upravljanje, obrada vode*. Split: Građevinsko-arhitektonski fakultet.
- Međimurske vode (2002.). *Studija odvodnje Međimurja*. Zagreb/Osijek: Hidroprojekt-ing, Hidroing. Osijek (nepublicirani elaborat).
- Međimurske vode (2016.). *Ulazni i izlazni pokazatelji kakvoće otpadne vode za 2013., 2014. i 2015. godinu na uređaju za pročišćavanje otpadnih voda Čakovec*. Čakovec: Međimurske vode.
- Međimurske vode (2017.). *Galerija slika*. [Online]. Dostupno na: <http://medjimurske-vode.hr/galerija/> [15.03.2017.]
- NN (2013.). Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda. *Narodne novine*, 80/13, 43/15/, 27/15, 3/16, Zagreb.
- Tadić, L. (2012.). Criteria for Evaluation of Agricultural Land Suitability for Irrigation in Osijek County Croatia. *Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management*. Rijeka: Interchopen, 1–23.

Analysis of wastewater quality indicators in relation to wastewater temperature and precipitation by means of the RAPS method

Abstract. The RAPS method (Rescaled Adjusted Partial Sums) was implemented to analysing input and output indicators of the Čakovec wastewater treatment plant during June, July and August 2015. The paper's aim was to establish a relation of the precipitation volume and daily mean air temperature with the values of input and output time series related to chemical oxygen demand (COD), 5-day biological oxygen demand (BOD₅) and suspended solids at the WWTP. The RAPS method was applied to precipitation volume time series, but was not highly efficient due to large oscillations of precipitation volumes in the observed period. A further analysis was based exclusively on the comparison of the input and output values of COD, BOD₅ and suspended solids with daily mean air temperature. The results show that the input series contain more pronounced subseries in terms of their mean value and the trends of increasing or decreasing values. In comparison with the input subseries, the output subseries do not oscillate in such measure since they are related to wastewater output quality. A visible decrease in indicator outlet values confirms a high quality treatment of input wastewater.

Key words: wastewater treatment plant, RAPS, precipitation, air temperature, indicators, wastewater quality

Analyse der Verbindung zwischen den Indikatoren der Abwasserqualität und Temperatur und Niederschlag anhand der RAPS-Methode

Zusammenfassung. Unter Anwendung der summarischen Abweichungskurve (Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) method) wurde eine Analyse von Eingangs- und Ausgangsindikatoren an der Abwasseraufbereitungsanlage in Čakovec im Juni, Juli und August 2015 durchgeführt. Das Ziel der Studie war eine Verbindung zwischen Niederschlagsmenge, Tagesmitteltemperatur der Luft und den Werten der Eingangs- und Ausgangszeitreihen der Parameter chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), biochemischer Sauerstoffbedarf nach fünf Tagen (BSB₅) und Schwebstoffe an der Abwasseraufbereitungsanlage festzustellen. Die summarische Abweichungskurve wurde an die Zeitreihe für Niederschlag angewandt, hatte aber keine große Wirkung wegen großer Schwankungen der Niederschlagsmenge im beobachteten Zeitraum. Eine weitere Analyse basierte ausschließlich auf dem Vergleich zwischen den Eingangs- und Ausgangswerten von CSB, BSB₅ und Schwebstoffen und den Tagesmittelwerten der Lufttemperatur. Die Ergebnisse zeigen, dass die Eingangszeitreihen ausgeprägte Unterzeitreihen in Bezug auf ihre Mittelwerte und Wertsteigerungs- bzw. Wertsenkungstrends enthalten. Im Vergleich zu den Eingangsunterzeitreihen schwenken die Ausgangsunterzeitreihen nicht in solchem Ausmaß, weil sie die Ausgangsqualität des Abwassers ausdrücken. Eine sichtbare Senkung der Ausgangswerte der Indikatoren bestätigt, dass die Abwasseraufbereitungsanlage gut funktioniert.

Schlüsselwörter: Abwasseraufbereitungsanlage, RAPS-Methode, Niederschlag, Lufttemperatur, Indikatoren, Abwasserqualität