

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



46. MEĐUNARODNA  
KONFERENCIJA

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '25

Borsko jezero

07 - 10. oktobar 2025.



**SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE**

**46. Međunarodna konferencija**  
**VODOVOD I KANALIZACIJA '25**

**Zbornik radova**

**Borsko jezero, Hotel „Jezero“**  
**07 – 10. oktobar 2025.**

**Izdavač:**

Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd

**Za izdavača:**

Mr Bogdan Vlahović, generalni sekretar

**Programski odbor:**

V. prof. dr Aleksandar Đukić (predsednik), prof. dr Slaviša Trajković, prof. dr Srđan Kolaković, prof. dr Srđan Rončević, prof. dr Jovan Despotović, prof. dr Dragan Milićević, prof. dr Rada Petrović, Vladimir Milojević, Dušan Đurić, Miodrag Popović, Branimir Sević, dr Zorica Lopičić, dr Dragana Randelović, prof. dr Goce Taseski, prof. dr Goran Orašanić, prof. dr Darko Vuksanović, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso Novaković, prof. dr Dragica Čamovska, prof. dr Filip Kokalj i dr Olivera Doklešić

**Organizacioni odbor:**

Mr Bogdan Vlahović (predsednik), Dalibor Joknić, Nebojša Jakovljević, Nikica Ivić, Živorad Petrović, mr Zoran Pendić, dr Tatjana Šoštarčić, dr Dušan Milojkov, dr Jelena Petrović, dr Danijela Smiljanić, Aleksandar Jovanović, Mladen Bugarčić, Zoran Nikolić, Milan Đorđević, Olivera Čosović MSc, Marijana Mihajlović, Olja Jovičić i Svetlana Gorievski

**Recenzenti:**

Prof. dr Jovan Despotović, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet  
Prof. dr Dragan Milićević, Univerzitet u Nišu, Građevinsko arhitektonski fakultet  
Prof. dr Rada Petrović, Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet  
Prof. dr Srđan Rončević, Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno matematički fakultet  
V. prof. dr Aleksandar Đukić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

**Glavni i odgovorni urednik:**

V. prof. dr Aleksandar Đukić, Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet, Beograd

**Lektura i korektura:**

Olivera Čosović, mast. filol.

**Tehnički urednik:**

Olja Jovičić, dipl. prav.

**Štampa:**

Akademski izdanja, Zemun

Ova publikacija je otvorenog pristupa koji se distribuira pod uslovima Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

**Naslovna strana:**

Duden vodopadi, Antalija, Turska

**Autor fotografije:**

Olivera Čosović

**ISBN:** 978-86-82563-34-1

**Godina izdavanja:** 2025.

**Tiraž:** 200 primeraka

Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno stavove izdavača i članova Programskog odbora

CIP - Каталогизacija у публикацији Народна библиотека Србије, Београд  
628.1/.3(082)

МЕЂУНАРОДНА конференција Водовод и канализација (46 ; 2025 ;  
Борско  
језеро)

Zbornik radova / 46. Međunarodna konferencija Vodovod i kanalizacija '25,  
Borsko

jezero, 07 – 10. oktobar 2025. ; [organizator] Savez inženjera i tehničara Srbije  
... [et

al.] ; [glavni i odgovorni urednik Aleksandar Đukić]. - Beograd : Savez  
inženjera i

tehničara Srbije, 2025 (Zemun : Akademska izdanja). - 366 str. : ilustr. ; 25 cm

Teskt ćir. i lat. - Tiraž 200. - Napomene uz radove. - Str. 15-16: Predgovor /  
Aleksandar

Đukić. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-82563-34-1

a) Водовод -- Зборници b) Канализација -- Зборници v) Отпадне воде --  
Зборници

COBISS.SR-ID 176161289

*Ivan Milojković*

**Nova varijanta metode za višekriterijumsko odlučivanje FAZI-AHP-VIKOR** .....241

*Željka Ostojić, Strahinja Nikolić, Sanja Marčeta, Nemanja Rak*

**Studija životnog ciklusa sistema za upravljanje kišnim oticajem** .....247

## **Tema 5. Prečišćavanje otpadnih voda**

### **Rad po pozivu**

*Milena Obradović, Danijela Smiljanić, Marija Marković,  
Milica Ožegović, Aleksandra Daković*

**Bentoniti modifikovani surfaktantima u uklanjanju nesteroidnih antiinflamatornih lekova iz voda** .....257

*David Mitrinović, Žarko Sretenović, Predrag Vojt, Marija Popović,  
Miodrag Popović*

**Metodologija određivanja ulaznih parametara hidrauličkog i organskog opterećenja PPOV** .....269

*Darko Vuksanović, Jelena Šćepanović, Dragan Radonjić*

**Analiza uticaja otpadnih voda na površinske vode rijeka Zeta i Morača** .....277

*Dragana Božić, Ljiljana Avramović, Vanja Trifunović, Zoran Stevanović,  
Emina Požega, Vesna Marjanović, Zoran Avramović*

**Neutralizacija otpadnih voda dobijenih nakon procesa cementacije**.....285

*Bojana Vujović*

**Razumevanje mikrobiologije aktivnog mulja – ključ za efikasno upravljanje procesom prečišćavanja otpadnih voda** .....289

*Marija Koprivica, Marija Simić, Jelena Petrović, Marija Ercegović,  
Jelena Dimitrijević, Ivana Mikavica*

**Uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora pomoću ugljeničnih materijala dobijenih iz otpadne biomase** .....297

## PREDGOVOR

Nastavljajući dugogodišnju tradiciju, Savez inženjera i tehničara Srbije (SITS) organizuje četrdeset i šestu po redu, godišnju konferenciju o aktuelnim temama iz oblasti snabdevanja vodom za piće i kanalisanja i prečišćavanja otpadnih voda, pod nazivom „Vodovod i kanalizacija '25“. Suorganizatori Konferencije ove godine su ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina (Beograd), Građevinsko-arhitektonski fakultet (Niš), Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ (Beograd), Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu životne sredine (Novi Sad), Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neorgansku hemijsku tehnologiju (Beograd), Inženjerska akademija Srbije (Beograd), IPIN - Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering (Bijeljina) i JKP „Vodovod“ Bor.

Konferencija se održava pod pokroviteljstvom Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, uz podršku Inženjerske komore Srbije. Cilj Konferencije je razmatranje aktuelnih istraživačkih, razvojnih, tehničko - tehnoloških, ekonomskih, zakonskih i drugih pitanja iz oblasti snabdevanja vodom i kanalizacije, a sve to sa ciljem boljeg informisanja i ubrzanijeg transfera znanja i iskustava u primeni savremenih dostignuća i rešenja, a sve u cilju poboljšanja u sferi usluga vodosnabdevanja i kanalisanja i unapređenja poslovanja komunalnih preduzeća vodovoda i kanalizacije. Pored stručnih i praktičnih aspekata navedene problematike, važnu komponentu ove konferencije čini i prezentacija rezultata naučnoistraživačkog rada u oblasti novih tehnologija i primene novih rešenja u snabdevanju vodom za piće, kanalisanju i prečišćavanju otpadnih voda, kao preduslova za kontinuirani i održivi razvoj ovih delatnosti.

Zbornik radova konferencije „Vodovod i kanalizacija `25“ sadrži ukupno 42 rada, koje je nakon recenzije Programski odbor prihvatio za izlaganje na Konferenciji i štampanje u Zborniku radova. Najveći broj autora radova je iz Srbije a zastupljeni su i radovi autora iz regiona. Radovi su grupisani po sledećim tematskim grupama:

### 1. ORGANIZACIONI I EKONOMSKI ASPEKTI JAVNIH KOMUNALNIH PREDUZEĆA VODOVODA I KANALIZACIJE

2. IZVORIŠTA I PRIPREMA VODE ZA PIĆE
3. UPRAVLJANJE SISTEMIMA VODOVODA
4. UPRAVLJANJE SISTEMIMA KANALIZACIJE
5. PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
6. DIGITALIZACIJA

U temi 2 i temi 5 postoje uvodni radovi po pozivu, kako je naznačeno u ovom Zborniku. Kod preostalih radova, po ustaljenom običaju, autori su se sami opredeljivali za teme o kojima će pisati, tako da radovi u ovom Zborniku odslikavaju trenutno stanje i fokus rada i istraživanja u oblastima snabdevanja vodom za piće, kanalisanja i prečišćavanja otpadnih voda u Srbiji i regionu. Od aktuelnih tema koje su našle svoje mesto u radovima ovog Zbornika posebno ističemo problematiku prava na vodu, razvoj regionalnih vodovoda, monitoring kvaliteta vode za piće, ekonomske i tehničke aspekte planiranja i eksploatacije vodovoda i kanalizacije, odvođenje kišnih voda sa saobraćajnica i naselja, nove tehnologije u pripremi vode za piće i prečišćavanju otpadnih voda, merenja u vodovodnim i kanalizacionim sistemima i primenu digitalnih tehnologija i metoda mašinskog učenja u upravljanju sistemima.

Struktura stručnih profila autora je, kao i uvek, raznolika, što odgovara posebnoj težnji SITS da se problemi snabdevanja naselja vodom i kanalisanja i prečišćavanja otpadnih voda posmatraju multidisciplinarno, čime se doprinosi poboljšanju sagledavanja i rešavanja problema. SITS zahvaljuje ovim putem preduzećima i institucijama koje su pomogle održavanje ove Konferencije, recenzentima, članovima Programskog i Organizacionog odbora, kao i autorima radova na uloženom trudu i njihovom stvaralačkom radu u pripremi radova.

Nadamo se i želimo da ovogodišnja konferencija bude plodonosna i da se svi učesnici vrate u svoju sredinu obogaćeni novim saznanjima i kolegijalnim poznanstvima.

Beograd, septembar 2025.

UREDNIK  
Dr Aleksandar Đukić



Давид Митриновић<sup>1</sup>, Жарко Сретеновић<sup>2</sup>  
Предраг Војт<sup>3</sup>, Марија Поповић<sup>4</sup>  
Миодраг Поповић<sup>5</sup>

Прегледни стручни рад  
DOI: 10.5937/VIK25269M

## МЕТОДОЛОГИЈА ОДРЕЂИВАЊА УЛАЗНИХ ПАРАМЕТАРА ХИДРАУЛИЧКОГ И ОРГАНСКОГ ОПТЕРЕЂЕЊА ППОВ

**Резиме:** На основу анализе прикупљене техничке документације везане за постојећи канализациони систем, статистичких података о броју становника прикључених на канализациони систем, упитника попуњених од стране јавног комуналног предузећа и индустријских привредних субјеката, резултата мерења протока и узорковања отпадних вода и испитивања њених физичко-хемијских карактеристика утврђује се стање постојећег канализационог система, средња вредност и екстремни хидрауличког оптерећења за суво и кишно време, органско оптерећење и кључни параметри квалитета отпадних вода. У зависности од стања канализационог система и планираних реконструкција и доградњи на њему, демографских, као и пројекција привредног развоја бира се алгоритам израчунавања улазних параметара меродавних за димензионисање будућег постројења.

**Кључне речи:** канализација, органско оптерећење, хидрауличко оптерећење, baseline

## METHODOLOGY FOR DETERMINING INPUT PARAMETERS OF HYDRAULIC AND ORGANIC LOAD WWTP

**Abstract:** The condition of the existing sewerage system, the mean value and extremes of hydraulic loads for dry and rainy weather, organic load and key parameters of wastewater quality are determined based on the analysis of the collected technical documentation related to the existing sewerage system, statistical data on the number of inhabitants connected to the sewerage system, questionnaires filled out by the public utility company and industrial enterprises, the results of flow measurements and sampling of wastewater and testing of its physico-chemical characteristics. The algorithm for calculating the input parameters relevant for the dimensioning of the future plant is then selected depending on the

<sup>1</sup> *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, david.mitrinovic@jcerni.rs, ORCID: 0000-0002-8097-2998*

<sup>2</sup> *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, zarko.sretenovic@jcerni.rs, ORCID: 0000-0002-3931-6569*

<sup>3</sup> *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, predrag.vojt@jcerni.rs, ORCID: 0009-0003-9975-3896*

<sup>4</sup> *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, marija.popovic@jcerni.rs*

<sup>5</sup> *Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд, miodrag.popovic@jcerni.rs, ORCID: 0000-0001-7544-4130*



condition of the sewerage system and the planned reconstructions and extensions, demographic, as well as projections of economic development.

**Key Words:** sewage, organic load, hydraulic load, baseline

## 1. Увод

Основни резултат кампање мерења протока, узорковања и лабораторијских анализа отпадне воде је број еквивалентна становника (ЕС) градског канализационог система, одређен на основу израчунатог масеног протока *XPK* или *BPK*<sub>5</sub> и специфичних оптерећења са *XPK* или *BPK*<sub>5</sub> према стандарду ATV DVWK A 131 (120 gO<sub>2</sub>/c/d и 60 g O<sub>2</sub>/c/d, респективно) [1], и процента целокупног јавног канализационог система који захватају сливови мерних места у оквиру њега. Анализу резултата треба започети поређењем са бројем становника сада прикључених на канализациони систем, на основу процента становништва прикљученог на канализациони систем и резултата последњег пописа. Концентрације кључних показатеља састава отпадних вода указују и на степен инфилтрације површинских или подземних вода и да ли су у питању отпадне воде које продукује становништво или њихов значајан део чине и отпадне воде из производних процеса. Анализа резултата мерења протока, узорковања и лабораторијских анализа отпадне воде служи као одлично дијагностичко средство за процену стања канализационог система.

## 2. Метод

### *2.1. Број ЕС значајно мањи од броја становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације*

Велики дотицај површинских вода проузрокује често вишеструко повећање протока отпадних вода које може проузроковати значајно повећање процуривања овако разблажене отпадне воде на оштећеним деловима колектора и спојева, услед већег притиска и оквашене површине цеви. На тај начин велики део протока и масеног биланса оптерећења остаје нерегистрован. Интензивна инфилтрација подземних вода у нижим деловима канализационог система и истовремена ексфилтрација отпадних вода у вишим (узводним) деловима канализационог система, такође могу да узрокују мање регистровано оптерећење и велику разблаженост отпадних вода.

Могуће је такође и да слив мерних места покрива мањи део канализационог система него што је процењено, да има знатно мање канализационих прикључака него што је наведено у документацији, или да је присутно знатно мање становника него што је процењено. Због наведених узрока не може се ослонити на резултате анализа кампање мерења, узорковања и одређивања квалитета отпадних вода у процесу одређивања улазних параметара за пројектовање постројења за пречишћавање отпадних вода (ППОВ), тзв. одређивање baseline-а, већ они могу послужити за одређивање тренутног стања канализационог система. Ако индустријске отпадне воде нису праћене на одвојеном испусту, овакви резултати указују на то да нема значајнијих емitera индустријских отпадних вода.



***2.2. Број ЕС је значајно већи од броја становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације***

Могући узрок знатно већег оптерећења од очекиваног према броју становника је да је на канализациони систем прикључен један или више значајних индустријских емитера отпадних вода који нису регистровани или продукују много веће оптерећење него што је прелиминарно процењено. Могуће је и да слив мерних места покрива већи део канализационог система него што је процењено, као и да је присутно знатно више становника него што је процењено. Ако се индустријско оптерећење накнадно довољно тачно одреди, или величина слива исправно коригује, резултати кампање мерења могу се користити у процесу одређивања улазних параметара за пројектовање ППОВ.

***2.3. Број ЕС је приближно једнак броју становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације***

Када нема већих несагласности између резултата кампање мерења, узорковања и лабораторијских физичко-хемијских анализа отпадних вода са процењеним бројем тренутно прикључених становника то значи да је канализациони систем у довољно добром стању да прикупља скоро све отпадне воде које продукује становништво и спроводи их до испуста, без већих истицања из канализационе мреже. Ако индустријске отпадне воде нису посебно праћене на месту испуштања у јавну канализацију или реципијент потребно је проверити да ли су неке значајније количине укључене у резултате праћења квалитета и квантитета отпадних вода. Резултати кампање мерења се могу делимично користити у процесу дефинисања улазних параметара за пројектовање ППОВ.

***2.4. Канализациони систем је у добром стању и потребни су само радови мањег обима на реконструкцији***

Када нема већих несагласности између резултата кампање мерења, узорковања и лабораторијских физичко-хемијских анализа отпадних вода са процењеним бројем тренутно прикључених становника, удео инфилтрираних вода је мали и канализациона мрежа покрива цело насеље може се очекивати да неће бити даљих значајнијих промена, и резултати кампање мерења се могу директно користити у процесу дефинисања улазних параметара за пројектовање ППОВ. Ако индустријске отпадне воде нису посебно праћене на месту испуштања у јавну канализацију или реципијент потребно је проверити да ли су неке значајније количине укључене у резултате праћења квалитета и квантитета отпадних вода.

### **3. Резултати**

На основу утврђеног стања канализационог система и броја и врсте емитера отпадних вода бира се поступак за одређивање улазних параметара за пројектовање ППОВ.



### 3.1. Број ЕС значајно мањи од броја становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације

На основу специфичних оптерећења загађујућим материјама према ATV DVWK А 131 ( $M_{p,st}$ ) и специфичне продукције отпадних вода (израчунава се нпр. из норме потрошње воде за пиће ( $q_{spec}$ ) од 150 l/st/g и удела отпадних вода ( $x$ ) од 80 до 95% (који треба проценити према типу насеља и амплитуди сезонских промена у потрошњи воде за пиће) израчунати концентрације параметара квалитета ( $p$ ) у неразблаженој отпадној води ( $C_p^0$ ).

$$C_p^0 = \frac{M_{t,st}}{x * q_{spec}} \quad (1)$$

Да би се проценило стање канализационог система треба одредити удео инфилтриране воде, према односу концентрације БПК<sub>5</sub> у прорачунској неразблаженој отпадној води и узоркованој отпадној води ( $c_p$ ).

$$Q_{inf} = Q_{sr}^h \left(1 - \frac{c_p}{c_p^0}\right) \quad (2)$$

Системи који имају проблеме који су описани у подпоглављу 2.1 морају бити реконструисани и дограђени, па је потребно рачунски добити оптерећење отпадним водама у новом систему.

Потребно је прво проценити интензитет инфилтрације ( $Q_{inf}$ ) за канализациони систем након реконструкције, раздвајања кишне и фекалне мреже и доградње (користећи стандарде за линијску, површинску, или специфичну инфилтрацију по прикљученом становнику).

Проток неразблажених отпадних вода  $Q_{sr,god,st}$  треба израчунати на основу будућег броја прикључених становника ( $N_{st}$ ) и специфичне продукције отпадних вода. Број прикључених становника треба проценити на основу демографских пројекција и динамике изградње канализационог система и прикључивања на њу. За израчунавање максималног дневног ( $Q_{max}^{dn}$ ), максималног часовног ( $Q_{max}^h$ ) и минималног часовног протока ( $Q_{min}^h$ ) по сувом времену преузети из стручне литературе вредности часовног коефицијента неравномерности  $k_h$ , коефицијента дневне неравномерности  $k_d$  и коефицијента минималног часовног отицаја у сувом времену  $k_{min}$ . За кишно време могу се на пример користити стандарди за дотицај по шахту ( $q_{kiša,n}$ ) да би се одредио проток кишне воде у фекалној канализацији.

$$Q_{sr,god,st} = N_{st} * x * q_{spec} \quad (3)$$

$$Q_{sr,god} = Q_{sr,god,st} + Q_{inf} \quad (4)$$

$$Q_{max}^{dn} = Q_{max,st}^{dn} + Q_{inf} = Q_{sr,god,st} * k_d + Q_{inf} \quad (5)$$

$$Q_{max}^h = Q_{max,st}^h + Q_{inf} = Q_{sr,god,st} * k_d * k_h + Q_{inf} \quad (6)$$

$$Q_{min}^h = Q_{min,st}^h + Q_{inf} = Q_{sr,god,st} * k_{min} + Q_{inf} \quad (7)$$



$$Q_{kiše} = q_{kiša,n} * n + Q_{sr,god} \quad (8)$$

Из вредности укупног средњег дневног протока отпадне воде, средњег дневног протока неразблажених отпадних вода и концентрације параметара квалитета у неразблаженој отпадној води, израчунати концентрације параметара квалитета комуналних отпадних вода.

$$C_p = \frac{Q_{sr,god,st}}{Q_{sr,god}} C_p^0 \quad (9)$$

### **3.2. Број ЕС значајно већи од броја становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације**

Потребно је установити колико је оптерећење од извора индустријских отпадних вода, и на основу граничних вредности за квалитет индустријских отпадних вода које се евакуишу у систем јавне канализације (Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање [2]) и података о садашњем квалитету ових вода претпоставити квалитет након будућег предтретмана. За вредности параметара изнад граничних претпоставити да ће бити сведене на граничне, за оне испод граничних претпоставити колико би предтретман могао да их промени.

У случају да је могуће да се накнадно спроведе кампања мерења, узорковања и одређивања квалитета индустријских отпадних вода, треба израчунати средње масене протоке ХПК, БПК<sub>5</sub> и осталих параметара квалитета, и средње запреминске протоке отпадне воде становништва одузимањем индустријског оптерећења ( $M_{p,ind}$ ,  $Q_{sr,god,ind}$ ) од вредности добијених на основу теренске кампање ( $M_p'$ ,  $Q'_{sr,god}$ ). У следећем кораку треба проценити средње концентрације параметара квалитета у узорцима на основу у претходном кораку израчунатих средњих масених протока параметара квалитета и средњег запреминског протока комуналне отпадне воде.

$$M_p = M_p' - M_{p,ind} \quad (10)$$

$$Q_{sr,god} = Q'_{sr,god,st} - Q_{sr,god,ind} \quad (11)$$

$$C_p = \frac{M_p}{Q_{sr,god}} \quad (12)$$

У случају да није могуће накнадно спровести кампању мерења, узорковања и одређивања квалитета индустријских отпадних вода, потребно је рачунски издвојити ток индустријских из комуналних отпадних вода. То је могуће учинити ако је теренска кампања спровођена и у другим суседним насељима са сличним канализационим системом, и/или испустима других канализационих сливова истог насеља у којима нема индустријских отпадних вода. Полази се од претпоставке да је специфична продукција домаћих отпадних вода приближно иста за групу насеља или сливова испуста ( $M$  насеља/испушта), као и да су стања канализационих система и удели инфилтрираних вода слични. На основу ових претпоставки, прорачунски часовни процоти домаћих отпадних вода у насељу са значајним уделом индустријских отпадних



вода ( $Q_{st,calc,M+1}^h$ ) се израчунава као производ броја становника према попису ( $N_{M+1}$ ), претпостављеног удела становника прикључених на канализациони систем ( $x_{M+1}$ ) и специфичне продукције отпадних вода (са инфилтрацијом) за суседна насеља/сливове без индустријских отпадних вода. Часовна специфична продукција отпадних вода (са инфилтрацијом) за насеља без индустрије израчунава се дељењем збира измерених часовних протицаја ( $Q_i^h$ ) збиром броја еквивалентних становника за ова насеља ( $N_{ES,i}$ ). Часовни протицаји индустријских отпадних вода ( $Q_{ind,calc}^h$ ) се израчунавају одузимањем израчунатих часовних протицаја отпадних вода становништва од измерених часовних протицаја.

$$Q_{st,calc,M+1}^h = \frac{\sum_{i=1}^M Q_i^h}{\sum_{i=1}^M N_{ES,i}} \cdot N_{M+1} \cdot x_{M+1} \quad (13)$$

$$Q_{ind,calc}^h = Q_i^h - Q_{st,calc,M+1}^h \quad (14)$$

Средње вредности параметара квалитета (за суво време) за групу насеља се израчунавају помоћу масеног биланса – вредности параметра у сваком двадесет-четворочасовном композитном узорку ( $K_i$ ) сваког насеља/слива без индустријских отпадних вода се множе са одговарајућим средњим дневним протоцима и сабирају, а овај збир се дели са збиром свих средњих дневних протока.

$$C_{p,sr} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{K_i} Q_{i,j}^{24h} \cdot C_{p,i,j}}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{K_i} Q_{i,j}^{24h}} \quad (15)$$

Полазећи од средње вредности параметара квалитета домаћих отпадних вода ( $C_{p,sr}$ ) и дневних протока који одговарају периодима узимања композитних узорка ( $Q_{i,j}^{24h}$ ) одређених током кампање мерења, узорковања и анализе отпадних вода, прорачунатог дневног протока домаћих отпадних вода ( $Q_{st,calc,j}^{24h}$ ) и прорачунатог протока индустријских отпадних вода ( $Q_{ind,calc,j}^{24h}$ ) израчуната је преко масеног биланса средња вредност кључних параметара квалитета ( $C_{p,sr,ind}$ ) индустријских отпадних вода.

$$C_{p,sr,ind} = \frac{1}{K_{M+1}} \cdot \sum_{j=1}^{K_{M+1}} \frac{C_{p,j} \cdot Q_{M+1,j}^{24h} - C_{p,sr} \cdot Q_{st,calc,M+1,j}^{24h}}{Q_{ind,calc,j}^{24h}} \quad (16)$$

Након издвајања индустријског оптерећења или установљавања фактора корекције за број прикључака на сливовима испуста може се наставити са прорачуном описаним у потпоглављу 3.3.

### **3.3. Број ЕС је приближно једнак броју становника прикључених на канализациони систем на коме су потребни опсежни радови на реконструкцији, доградњи и раздвајању фекалне и кишне канализације**

У овом случају треба усвојити средње масене протоке ХПК, БПК<sub>5</sub> и осталих кључних параметара, као и број ЕС, добијене на основу теренске кампање као полазну основу за дефинисање пројектних критеријума за изградњу ППОВ, због тога што се они могу сматрати поузданим податком, док ће се концентрације и протоци значајно променити након свих потребних радова на канализационој мрежи. На основу демографских пројекција треба помножити одговарајућим фактором масене протоке и ЕС.



$$C_i^0 = \frac{M_{i,st}}{x * q_{spec}} \quad (17)$$

$$Q_{inf} = Q_{sr,god} \left(1 - \frac{C_i}{C_i^0}\right) \quad (18)$$

Изрaчунати проток неразблaжених отпадних вода,

$$Q_{sr,god,st} = Q_{sr,god} \frac{C_i}{C_i^0} \quad (19)$$

На основу протока неразблaжених отпадних вода и броја ЕС израчунати специфичну продукцију отпадних вода,

$$x * q_{spec} = \frac{Q_{sr,god,st}}{\frac{M_i}{M_{i,st}}} \quad (20)$$

Понављати рачуницу док се претпостављена специфична продукција не поклопи са израчунатом.

Применом једначина од (3) до (8) се даље израчунавају протоци.

Концентрације кључних компонената загађења се добијају дељењем масених протока увећаних пропорционално планираном повећању броја прикључених становника средњим годишњим протоком.

Индустријске отпадне воде у будућности би сходно легислативи [2] требало да буду предтретманом пречишћене до минималног прописаног нивоа квалитета који се захтева за испуштање у јавну канализацију. Може се због тога претпоставити да ће вредности параметара изнад горње границе бити сведене на максимално дозвољену, а за остале треба проценити да ли и колико ће бити смањене. Емисије из садашњих капацитета се умањују пропорционално променама после предтремана. Потребно је проценити и прогнозиране емисије из будућних индустријских погона, на пример за одређени проценат увећавајући постојеће емисије. Вредности  $k_h$ ,  $k_d$  и  $k_{min}$  треба проценити на основу резултата кампање праћења, података о сменском раду и технолошком процесу и предвиђеног броја различитих погона (већи број смањује временску неравномерност емисија).

Протоци се сабирају са протоцима отпадне воде становништва, а концентрације се израчунавају на основу масеног биланса и укупног запремински протока.

### **3.4. Канализациони систем је у добром стању и потребни су само радови мањег обима на реконструкцији**

У овом случају, поред масених протицаја параметара квалитета отпадних вода, поуздан податак за планирање будућег ПШОВ су и концентрације параметара квалитета отпадних вода и протоци отпадних вода.

У овом случају могу се усвојити средње концентрације ХПК, БПК<sub>5</sub> и осталих кључних параметара ( $C_p$ ) установљене током кампање мерења протока, узорковања, и лабораторијских анализа отпадних вода.

Средње дневне запреминске и масене протоке установљене током кампање мерења протока, узорковања, и лабораторијских анализа отпадних вода треба модифи-



ковати сходно планираном повећању броја прикључених становника и демографским пројекцијама,

$$Q_{sr.god.} = Q'_{sr.god.} \frac{N_{st}}{N_{st}^0} \quad (21)$$

$$M_i = M'_i \frac{N_{st}}{N_{st}^0} \quad (22)$$

Максимални дневни, максимални часовни и минимални часовни проток по сувом времену се такође могу одредити из резултата кампање мерења протока, након процене њихове поузданости и репрезентативности. Препоручљиво је израчунати протоке и на основу из стручне литературе преузетих вредности  $k_h$ ,  $k_d$  и  $k_{min}$ . На крају треба усвојити најнеповољније вредности.

Број ЕС се израчунава из масеног протока БПК<sub>5</sub> и специфичног оптерећења загађујућим материјама према ATV DVWK A 131.

$$ES = \frac{M_i}{M_{i,st}} \quad (23)$$

Што се тиче индустријских отпадних вода емисије из садашњих индустријских капацитета се умањују пропорционално променама после предтремана, на шта се додају и прогнозиране емисије из будућих индустријских погона. Вредности  $k_h$ ,  $k_d$  и  $k_{min}$  треба проценити на основу резултата кампање праћења, података о сменском раду и технолошком процесу и предвиђеног броја различитих погона (већи број смањује временску неравномерност емисија).

Протоци се сабирају са протоцима отпадне воде становништва, а концентрације се израчунавају на основу масеног биланса и укупног запреминског протока.

#### 4. Закључак

Добро испланиран и дефинисан програм мерења протока, узорковања и анализе отпадних вода је почетни корак у одређивању улазних параметара меродавних за димензионисање будућег ППОВ. Даљи след прорачуна зависи од стања канализационог система, планова и пројеката за његову доградњу и реконструкцију, пројекција привредног развоја и демографских пројекција.

#### 5. Литература

- [1] <https://kh.aquaenergyexpo.com/wp-content/uploads/2022/11/Dimensioning-of-Single-Stage-Activated-Sludge-Plants.pdf>
- [2] <https://www.paragraf.rs/propisi/uredba-granicnim-vrednostima-emisije-zagadjujucih-materija-uvode.html>