

## PREPORUKE ZA PROJEKTOVANJE POSTROJENJA ZA PREČIŠĆANJE OTPADNIH VODA

UDK : 628.32

Dragan Milićević<sup>1</sup>

**Rezime:** Iako je Srbija jedna od prvih zemalja u Evropi koja je pre nešto više od pedeset godina zakonskom regulativom regulisala oblast zaštite voda, do danas u ovoj oblasti nije učinjeno mnogo. Prema raspoloživim podacima može se zaključiti da se u Srbiji tek nekoliko procenata gradskih otpadnih voda prečišćava sa zadovoljavajućom efikasnošću. Da bi ispunila zahteve i zadovoljila standarde EU u oblasti zaštite voda Srbija mora da izgradi veliki broj postrojenja za prečišćavanja otpadnih voda, a da bi ovako složeni zadaci mogli da se realizuju neophodno je da Srbija sprovede niz aktivnosti u oblasti zaštite voda na svim nivoima. Kontrola zagađenja voda je jedan od najkritičnijih izazova za Srbiju, jer bez hitnih i pravilno usmerenih akcija Srbija će se suočavati sa sve većim problemima širenja bolesti, ekološke degradacije i ekonomske stagnacije, a dragoceni resursi vode postajaće sve više i više kontaminirani. U ovom radu je dat kratak prikaz predloga mera za poboljšanje stanja u oblasti zaštite voda u Srbiji i pregled najvažnijih elemenata koji su, prema mišljenju autora od presudnog značaja za uspešno projektovanje efikasnih i ekonomski opravdanih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

**Ključne reči:** zaštita voda, postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda, projektovanje, energetska efikasnost

## RECOMMENDATIONS FOR THE DESIGN OF A WASTEWATER TREATMENT PLANT

**Abstract:** Although Serbia was one of the first countries in Europe to regulate the field of water protection by legislation more than fifty years ago, not much has been done in this area to date. According to the available data, it can be concluded that in Serbia only a small percentage of urban wastewater is treated with satisfactory efficiency. In order to meet the requirements and meet EU standards in the field of water protection, Serbia must build a large number of wastewater treatment plants, and in order for such complex tasks to be realized, it is necessary for Serbia to implement water protection activities on all levels. Water pollution control is one of the most critical challenges for Serbia, because, without urgent and properly targeted actions, Serbia will face growing problems of spreading disease, environmental degradation and economic stagnation, and precious water resources will become more and more contaminated. This paper gives a brief overview of proposed measures to improve the situation in the field of water protection in Serbia and an overview of the most important elements that are, in the opinion of the authors, crucial for the successful design of efficient and economically viable wastewater treatment plants.

**Keywords:** water protection, design of wastewater treatment plant, energy efficiency

### 1. UVOD

Srbija je jedna od prvih zemalja u Evropi koja je pre više od pedeset godina Uredbom o klasifikaciji voda. (Sl. glasnik SRS, br. 5/68) i Uredbom o kategorizaciji vodotoka (Službeni glasnik SRS, br. 5/68) regulisala oblast zaštite voda. Međutim do danas u ovoj oblasti nije učinjeno mnogo.

Prema Vodoprivrednoj osnovi Republike Srbije ukupno opterećenje otpadnim vodama u Srbiji je oko 13.500.000 ES, a oko 40 naselja gradskog tipa ima postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ukupnog kapaciteta oko 1.000.000 ES. Međutim, prema raspoloživim podacima, svega 13% postrojenja radi sa zadovoljavajućim efektima, i vrlo malo doprinosi zaštiti voda. Efikasnost prečišćavanja na postojećim

---

<sup>1</sup> Prof. dr Dragan Milićević, dragan.milicevic@gaf.ni.ac.rs, Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu

postrojenjima u Srbiji varira od 95% pa do ispod 40% (u proseku oko 50 %) zavisno od održavanja postrojenja. Najveći broj postrojenja koja su do sada izgrađena, samo u početnom periodu daje projektovane efekte, a zatim se zapuštaju i čak sasvim napuštaju. Više od 10 naselja ima izgrađene uređaje koji su već davno napušteni i ruinirani do te mere, da je eventualna njihova rekonstrukcija neracionalna. Razlozi zbog kojih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ne funkcionišu, funkcionišu samo delimično i/ili sa nezadovoljavajućim efektima su: zastarela ili neadekvatna tehnologija obrade otpadnih voda, preopterećenje postrojenja, nedostatak prethodnog tretmana industrijskih otpadnih voda, neprofesionalno održavanje i nedostatak odgovarajućeg osoblja, problem rezervnih delova.

Prema raspoloživim podacima može se zaključiti da se u Srbiji tek nekoliko procenata gradskih otpadnih voda prečišćava sa zadovoljavajućom efikasnošću. U tom pogledu Srbija daleko zaostaje ne samo za razvijenim zemljama (gde je procenat prečišćanih otpadnih voda preko 90%) već i za susednim zemljama koje su na sličnom nivou razvoja kao i naša zemlja.

Glavni razlozi zbog kojih je oblast zaštite voda u Srbiji u lošem stanju su: neadekvatna i neusaglašena institucionalna organizacija u ovoj oblasti sa preklapanjem nadležnosti organa državne uprave u oblasti voda, neadekvatna i neusaglašena zakonska regulativa u ovoj oblasti, koja pripada različitim sektorima delatnosti (vodoprivreda, komunalna delatnost, zdravstvo, ekologija, meteorologija, rudarstvo i energetika, ...) i samo delimično pokriva sve aspekte ovog problema, nedostatka mreže koja bi obezbedila kvalitetne podatke o izvorima zagađenja kao i o količinama i sadržaju otpadnih voda, nadekvatan odnos titulara javnih komunalnih i industrijskih objekata prema problematici dispozicije tečnog otpada, nedostatka sredstava za održavanje postojećih sistema i razvoj novih.

Da bi ispunila zahteve i zadovoljila standarde Evropske unije u oblasti zaštite voda Srbija mora da izgradi veliki broj postrojenja za prečišćavanja otpadnih voda. Ukupan broj naselja većih od 2000 stanovnika čije bi otpadne vode prema kriterijumima Evropske unije morale da se podvrgnu sekundarnom biološkom prečišćavanju je 567, od kojih 66 ima od 10.000 do 50.000 stanovnika, a samo 25 više od 50.000 stanovnika. Navedeni broj naselja ne znači istovremeno i ukupan broj postrojenja za prečišćavanje, jer u nekim naseljima zbog veličine zagađenja, uslova kanalsanja ili drugih razloga, neće biti dovoljno jedno postrojenje, a neka

druga naselja mogu biti upućena na regionalna postrojenja za prečišćavanje, ali se svakako radi o nekoliko stotina postrojenja. Da bi ovako složeni zadaci mogli da se realizuju neophodno je da Srbija sprovede niz aktivnosti u oblasti zaštite voda na svim nivoima.

Kontrola zagađenja voda je jedan od najkritičnijih izazova za Srbiju, jer bez hitnih i pravilno usmerenih akcija Srbija će se suočavati sa sve većim problemima širenja bolesti, ekološke degradacije i ekonomske stagnacije, a dragoceni resursi vode postajace sve više i više kontaminirani.

U ovom radu je dat kratak prikaz predloga mera za poboljšanje stanja u oblasti zaštite voda u Srbiji i pregled najvažnijih elemenata koji su, prema mišljenju autora od presudnog značaja za uspešno projektovanje efikasnih i ekonomski opravdanih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

## 2. MERE ZA POBOLJŠANJE STANJA U OBLASTI ZAŠTITE VODA

Da bi Srbija mogla da realizuje složene zadatke koji je očekuju u oblasti zaštite voda neophodno je da sprovede niz aktivnosti na svim nivoima. Program zaštite voda, programske mere i aktivnosti koje su predložene u Vodoprivrednoj osnovi Republike Srbije predstavljaju dobru osnovu za rešavanje problema zaštite voda. Međutim za realizaciju predloženog programa, programskih mera i aktivnosti i za postizanje efikasne kontrole zagađenja voda i osiguranje ekološki održivog razvoja neophodan je dogovorni okvir na svim nivoima vlasti. Odgovornost za upravljanje zaštitom voda je podeljena između države, regionalnih i lokalnih vlasti. Za postizanje efikasne kontrole zagađenja voda neophodna su sva tri segmenta i zato je neophodno da se sva tri segmenta razvijaju uporedo.



Slika 1 – Veze između nacionalne, regionalne i lokalne vizije sanitacije [7]

Na nacionalnom nivou glavni elementi racionalnog sistema za kontrolu kvaliteta voda podrazumevaju:

- podsticajno zakonsko okruženje, kojim se podešava "scena" za kontrolu zagađivača i menadžment vlasti,
- institucionalni okvir koji omogućava blisku interakciju između različitih administrativnih nivoa,
- organizovanje sistematskog praćenja kvaliteta otpadnih voda i recipijenata na mestu ispusta po jedinstvenoj metodologiji, kako bi dobijeni rezultati bili komparativni i poslužili kao osnova za izradu projekata efikasnih sistema za prečišćavanje otpadnih voda,
- planiranje i određivanje prioriteta, što će omogućiti da se donose odluke, o izboru između alternativnih rešenja na osnovu dogovorene politike, raspoloživih resursa, uticaja na životnu sredinu i socijalnih i ekonomskih posledica i da se formira objektivna lista prioriteta zagađivača koje treba sanirati
- obezbeđivanje dugoročnih, stabilnih izvora finansiranja za razvoj komunalne infrastrukture, izgradnju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda,
- edukacija postojećih i zapošljavanje novih stručnih kadrova.

Posebnu pažnju treba posvetiti uspostavljanju podsticajnog zakonskog okruženja, što podrazumeva izmenu i usaglašavanje postojeće zakonske regulative uz prihvatanje i prilagđivanje našim uslovima pozitivnih svetskih iskustava u ovoj oblasti i uz uspostavljanje adekvatne kaznene politike.

Posebnu pažnju treba posvetiti i institucionalnom okviru. Činjenica da sistem u kome je zaštita voda bila razdeljena između nekoliko ministarstava, nije funkcionisao i da je doveo do loših rezultata u ovoj oblasti, ukazuje na to da bi trebalo formirati jedinstveno ministarstvo, koje bi moralo da uloži velike napore na rešavanju nagomilanih problema, čime bi se stvorili uslovi za primenu jedinstvene politike integralnog razrešavanja pitanja zaštite voda.

Na regionalnom i lokalnom nivou, da bi se izbegli problemi u projektovanju, izgradnji, eksploataciji i održavanju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, nadležne institucije bi trebalo da budu svesne složenosti problematike i neophodnosti profesionalnog odnosa prema problemima, naročito u pripremi projektne dokumentacije i investicionih programa.

Komunalna postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda su u nadležnosti lokalnih samouprava, koje

najčešće nemaju odgovarajuće profesionalno osoblje i mogućnosti za upravljanje projektom i investicijama za projektovanje, izgradnju, eksploataciju i održavanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

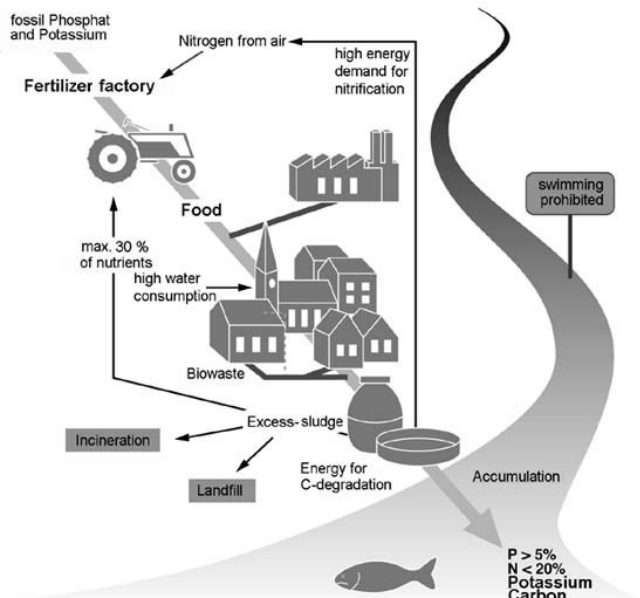
### 3. PROJEKTOVANJE POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Kanalisanje naselja i prečišćavanje upotrebljenih voda se može smatrati najvažnijim urbanim problemom koji zahteva velika finansijska ulaganja. Obzirom na značaj izgradnje i eksploatacije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, ne samo u uskim lokalnim granicama, već i na širem području pre početka izgradnje neophodno je obezbediti kvalitetnu projektnu dokumentaciju i investicioni program kako se ne bi javila razlika između očekivanih rezultata prečišćavanja otpadnih voda i očekivane vrednosti investicije na jednoj strani i stvarnog kvaliteta rada postrojenja za prečišćavanje stvarnih sredstava potrebnih za izgradnju na drugoj strani.

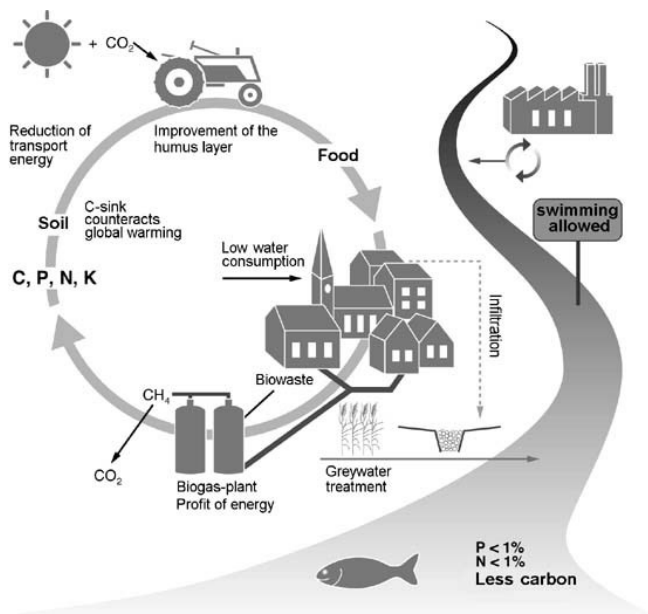
Prvi korak u rešavanju složenih problema kanalisane naselja i prečišćavanje otpadnih voda je izbor koncepta sanitarnog sistema. Izbor koncepta sanitarnog sistema je zadatak koji mora uzeti u obzir mnoge okolnosti, pre svega mora biti higijenski siguran i kulturološki prihvatljiv.

Tradicionalni sanitarni koncept i upravljanje otpadnim vodama u industrijskim zemljama radi sa "End-of-Pipe" tehnologijom (slika 2.). Ovim konceptom rešavaju se akutni, a ne dugoročni problemi, umesto da se oni izbegavaju odgovarajućim sistemskim rešenjima. Centralna postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda efikasno rešavaju probleme akutnog zagađenja i zahtevaju relativno male kapacitete za prečišćavanje po stanovniku. Međutim ovakvi sistemi zahtevaju veliki utrošak energije, velike troškove rada, nefleksibilni su i u mnogim slučajevima neprikladni. Nepromišljena upotreba vode, fosilnih hranljivih sastojaka i energije dovelo je do preispitivanja ovakvog koncepta sanitacije i do zaustavljanja daljeg razvoja ovakvih sistema.

Polazna tačka rasprave o budućem razvoju je izvodljivost sanitarnih sistema koji konačno poštuju odgovornost za budućnost prirode i ljudi (slika 3). Osnovne činjenice održivih sanitarnih sistema su očigledne, ali se u svetu vrše intenzivna istraživanja novih pristupa. Kontrola izvora i ponovna upotreba tretiranih otpadnih voda osnovni su preduslov za sanitarne sisteme koji brinu za opstanak naših potomaka. Savremeni koncepti održive sanitacije trebalo bi da proizvode električnu i toplotnu energiju, bogato organsko đubrivo za poljoprivredu i druge resurse, a ne otpad.



Slika 2 – Šema linearnih masenih tokova u tradicionalnom sanitarnom konceptu industrijskih zemalja [8]



Slika 3 – Šema masenih tokova u konceptu održive sanitacije [8]

Koncepti održive sanitacije koji je fokusiran na smanjenje korišćenja vode i potrošnje, promovisanje ponovne upotrebe, recikliranja, restauracije i oporavka vodnih resursa postaje ključna karika integralnog upravljanja vodnim resursima i održivog razvoja i nema alternativu.

Sa aspekta približavanja konceptu održive sanitacije, ali i sa aspekta definisanja optimalnog kapaciteta postrojenja, a samim tim i optimalnih investicionih troškova za njegovu izgradnju pre nego

što se pristupi samom projektovanju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, veoma je važno da se ispunе prethodni uslovi koji uključuju:

- smanjenje hidrauličkog opterećenja (racionalizacija potrošnje vode, recirkulacija, smanjenje dotoka stranih voda)
- rešavanje problema upravljanja kišnim vodama decentralizovanim sistemima i odvođenje u kanalski sistem samo viškova kišnih voda,
- predtretman toksičnih supstanci i postizanje normi za kvalitet efluenta koji se ispušta u gradsku kanalizaciju,
- uvođenje čistijih tehnologija u proizvodne pogone i poljoprivrednu proizvodnju.

Takođe se skreće pažnja na značaj stanja izgradjenosti kanalizacionog sistema, jer se često zaboravlja da je neophodno dovesti otpadnu vodu na lokaciju postrojenja za prečišćavanje. Ako kanalizacioni sistem nije izgrađen ili nije povezan sa lokacijom postrojenja za prečišćavanje, sredstva za izgradnju kanalizacionih kolektora mogu u pojedinačnim slučajevima, po opsegu da predstavljaju znatan udeo ili čak da premaše investiciju samog postrojenja. Prikupljanje dodatnih sredstava za izgradnju kanalizacionog sistema najčešće je sporo i neefikasno, što može da odlaži početak izgradnje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda daleko u budućnost.

Svakako najznačajniji korak u rešavanju problema kanisanje naselja i prečišćavanje otpadnih voda je izrada projektne dokumentacije. Neki od najznačajnijih elemenata na koje treba obratiti posebnu pažnju pri projektovanju postrojenja za prečišćavanje opadnih voda su:

#### • lokacija postrojenja

Lokacija za izgradnju postrojenja se obično definiše u prostornim komponentama dugoročnih planskih akta opština. Pri tome nužno bi moralo da se uzme u obzir nekoliko temeljnih elemenata:

- izgrađenost kanalizacione mreže,
- udaljenost od stambenih kuća,
- provetrenost lokacije,
- namena zemljišta na lokaciji,
- dostupnost, odnosno pristup lokaciji.

Obzirom na izbor tehnologije prečišćavanja otpadnih voda i potrebnih objekata i konstrukcija, u okviru građevinskog plana potrebno je pronaći optimalni situacioni i visinski raspored objekata, odnosno definisati optimalno iskorišćenje mikracije

Zbog smanjenja uticaja potencijalnih aeropolutanata i nezaželenog vizualnog učinaka na mikrolokaciji je potrebno urediti zelenu barijeru.

- **kvalitetni ulazni podaci**

Osnova za projektovanje i dimenzionisanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda su kvalitetni ulazni podaci. U naseljim, posebno manjim i srednje velikim, sistematska merenja količina i kvaliteta otpadnih voda po pravilu se ne vrše. Zbog toga su, u dosadašnjoj praksi, pri projektovanju postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda kvantitativni i kvalitativni parametri otpadnih voda pretpostavljeni po određenim kriterijumima u odnosu na broj korisnika, industrijskih objekata, ugostiteljskih objekata, različitih ustanova i komunalnih delatnosti. Međutim zbog nepoznavanja stanja kanalizacionog sistema, karakteristika otpadnih voda, pojave tuđih voda pretpostavljeni kvantitativni i kvalitativni parametri otpadnih voda najčešće značajno odstupaju od stvarnih, što izaziva brojne probleme u radu postrojenja i efektima prečišćavanja.

Prečišćavanje otpadnih voda ne može se projektovati na osnovu teorijskih podataka, opštih formula ili koeficijenata, a da se prethodno ne obavi snimanje stanja, analiza količine i sastava otpadnih voda i detaljne analitike otpadnih voda i izvrše fizičko-hemijski i bioinženjerski laboratorijski opiti na osnovu čega se definitivno može odabrati i računati tehnološki proces.

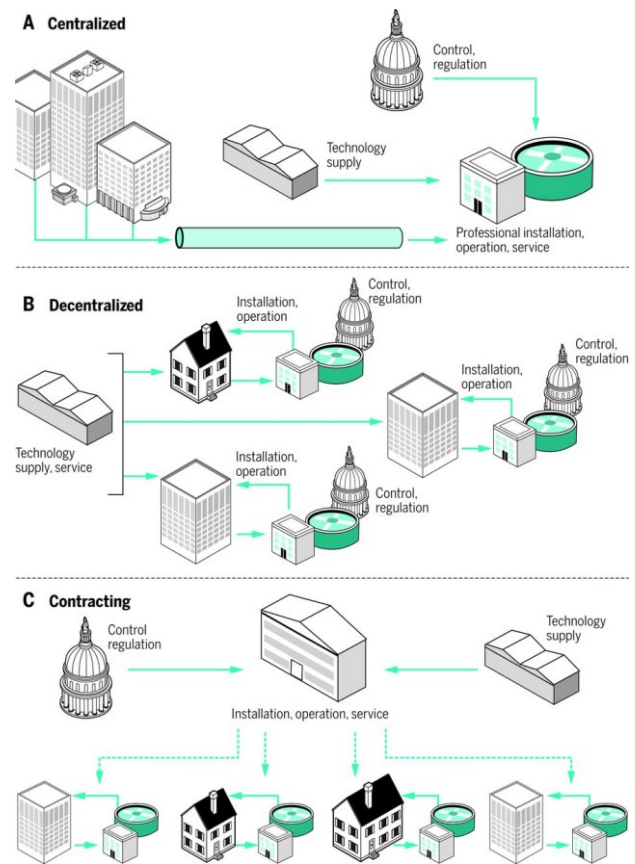
- **konceptije postrojenja**

Različiti pristupi upravljanju otpadnim vodama postoje na različitim nivoima duž lestvice sanitacije (slika 4), geografski od nivoa domaćinstva do nivoa gradske četvrti.



Slika 4 – Sanitaciona lestvica [7]

Na osnovu stanja na terenu i prikupljenih podataka neophodno je izvršiti detaljnu analizu i izbor između alternativnih pristupa: veliko centralno postrojenje i/ili više manjih/decentralizovanih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (slika 5).



Slika 5 – Pristupi upravljanju prečišćavanjem otpadnih voda [9]

Pristup centralizovanom prečišćavanju otpadnih voda (slika 3.A) smatran je najisplativijim organizacionim i regulatornim režimom tokom većeg dela XX veka, pre svega zbog činjenice da kod potpuno decentralizovanog pristupa (slika 3.B), komunalne organizacije moraju da nadgledaju veliki broj pojedinačnih uređaja. Međutim, napredak senzorskih i komunikacionih tehnologija omogućava nove pristupe upravljanju (slika 3.C) kod kojih centralni operatori mogu nadgledati veliki broj pojedinačnih uređaja i na taj način garantovati vrlo dobre performanse u pogledu kvaliteta otpadnih voda i pogodnosti za krajnjeg korisnika.

Mali/decentralizovani sistemi za prečišćavanje otpadnih voda mogu se primenjivati za pojedinačne kuće, manja naselja, grupe malih naselja, retko naseljena područja, specifične industrije, kada zajedničko kanalisanje nije opravdano.

Značaj manjih decentralizovanih postrojenja u planu zaštite vode od zagađivanja u dosadašnjoj praksi je potcjenjen, a kod planiranja i projektovanja takvih sistema nisu uvažavane njihove specifičnosti. Nestručna je i neprihvatljiva teza da nema mesta izgradnji manjih postrojenja, već da, po svaku cenu, treba graditi regionalne odvodne sisteme sa centraliziranim prečišćavanjem otpadnih voda.

Mala/decentralizovana postrojenja za preradu otpadnih voda, kada su u pitanju manja naselja, retko naseljena područja i specifične industrije, daleko su jeftinija varijanta u odnosu na centralizovani sistem, posebno kada je u pitanju cena sistema za prikupljanje otpadnih voda. Mala/decentralizovana postrojenja za preradu otpadnih voda se jednostavnije planiraju, lakše finansiraju, lakše i brže realizuju, jer je svaki projekat daleko manji u odnosu na klasični centralizovani sistem. Veliki procenat troškova može da se pokrije privatnim ulaganjima neposrednih korisnika.

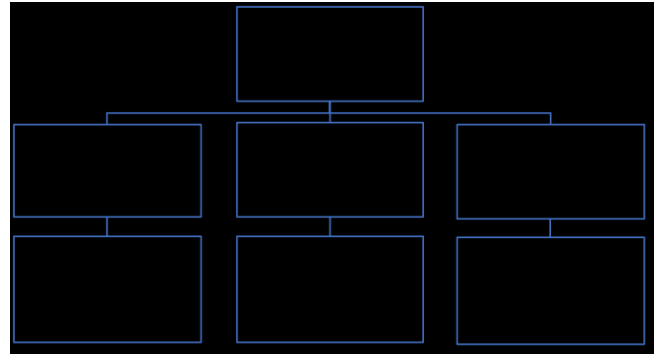
Imajući u vidu navedene prednosti i veliki broj manjih naselja u Srbiji za koja treba obezbediti prečišćavanje otpadnih voda, mala/decentralizovana postrojenja za preradu otpadnih voda predstavljaju rešenje koje u budućnosti treba sve više koristiti.

#### • izbor tehnologije prečišćavanja otpadnih voda

Komunalna postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda "klasično" obuhvataju mehaničko i biološko prečišćavanje otpadnih voda i obradnu mulja. U pojedinim slučajevima potrebno je tercijerno prečišćavanje otpadnih voda za uklanjanje neke od rastvorenih materija, zavisno od analiza otpadnih voda. Izbor tehnologije i postupaka prečišćavanja otpadnih voda svakog stepena prečišćavanja zavisi od analiza otpadnih voda.

Izbor najprikladnije tehnologije prečišćavanja otpadnih voda nije lak zadatak. Dva ključna pitanja u odabiru tehnologije prečišćavanja su pristupačnost i prikladnost. Pristupačnost se odnosi na ekonomske mogućnosti lokalne zajednice, dok se prikladnost odnosi na životnu sredinu i socijalne uslove. Kao takva, najprikladnija tehnologija je ona koja je ekonomski pristupačna, ekološki održiva i društveno prihvatljiva.

Faktori koji utiču na izbor najprikladnije tehnologije prikazani su na slici 6.



*Slika 6 – Faktori koji utiču na izbor najprikladnije tehnologije [7]*

U zavisnosti od kvaliteta otpadnih voda i zahteva prečišćavanja neophodno je pri izboru tehnologije prečišćavanja pažljivo proučiti sledeće elemente:

- pouzdanost operacija i mogućnost prilagođavanja promenama opterećenja,
- koncentraciju suspendovanih i rastvorenih materija na izlazu iz postrojenja,
- emisija buke i gasova,
- životni vek objekata i opreme,
- upotreba energije u drugih pogonskih sredstava i hemikalija,
- mogućnost nabavke opreme i rezervnih delova na domaćem tržištu.

Veoma je važno naglasiti da se tehnološki procesi za prečišćavanje otpadnih voda ne mogu šablonski prenositi i primenjivati na svaku otpadnu vodu.

#### • energetska efikasnost postrojenja

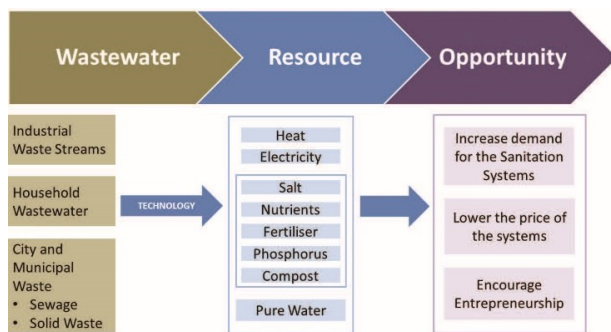
Potrošnja električne energije na postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda ima sve veću važnost u kontekstu sve viših troškova energije, emisije štetnih gasova i promene klime. Postizanje energetski efikasnog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda nikada nije bilo toliko važno. U najboljem interesu okruženja i ekonomije postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda je da se obezbedi efikasnost u korišćenju energije i to u fazi projektovanja izborom adekvatne tehnologije prečišćavanja i niskoenergetske opreme i performansi procesa, a u fazi eksploatacije edukacijom i uključivanjem operatera sistema u iznalaženje najpovoljnijih režima rada sa aspekta uštede energije.

#### • korišćenje otpadne vode kao resursa

Postoji niz mogućnosti za ponovnu upotrebu otpadnih voda i otpadne vode kao resursa (slika 7).

Međutim, iskustva o ponovnoj upotrebi vode su ograničena. Ponovna upotreba hranljivih sastojaka i ponovna upotreba vode nije česta u svetu ali postoje uspešna iskustva koja mogu pružiti lekcije u ovoj oblasti.

Sve šire je zastupljena proizvodnja energije iz otpadnih voda. Pretvaranje mulja iz otpadnih voda u obnovljivi izvor energije uz pomoć anaerobnih digestora može značajno doprineti u povećanju energetske efikasnosti postrojenja. Anaerobni digester proizvodi metan koji se može koristiti u sistemu za snabdevanje energijom objekta postrojenja uz znatno niže troškove.



**Slika 7** Mogućosti korišćenja otpadnih voda kao resursa [7]

- **ekonomska analiza investicija**

Značaj investiranja u postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda se delimično razlikuje od neposrednih motiva za investiranje u proizvodnju osnovnih organizacionih delova. Sa investicijom u postrojenje poboljšavaju se uslovi za opšte povećanje produktivnosti rada, poboljšavaju se uslovi života i rada ljudi, ne samo na području lokalne samouprave, već i šire i na taj način ubrzava razvoj proizvodnih snaga ukupne društvene zajednice. Dohodovni učinci te investicije nisu direktno merljivi niti kod korisnika, još manje kod upravljača tim aktivnostima. Zato je besmisleno vrednovati investiciju koristeći neku od pojedinačnih metoda vrednovanja investicija, što ne znači da su trajanje investicionog objekta i efekti njegovog rada nebitni.

Ulaganje u postrojenje za prečišćavanje nije jednokratna akcija, ali je neophodno imati na umu troškove održavanja objekata i potrebne opreme, kako bi oni u tokovima investicija, zbog porasta inflacije predstavljali ne samo nominalnu, već realno važnu stavku. U tom smislu pored pouzdanosti rada i kvaliteta prečišćavanja otpadnih voda, ocenjuje se tehnologija i izabrani postupci prečišćavanja, kao i način prečišćavanja i performanse potrebne opreme i konstrukcija. Samo na taj način biće moguće opravdati investiciju u užem smislu sa ekonomske tačke gledišta i optimizovati

prosečne operativne troškove po populacionoj jedinici i jedinici prečišćene vode.

Procena investicija koje istovremeno moraju da zadovolje nekoliko kriterijuma ima smisla samo sa međusobnim upoređivanjem varijanti. Varijante treba formirati globalno (npr. varijante nekoliko manjih postrojenja za prečišćavanje, ili jedno veće i slično), kao i za samu tehnologiju i postupke prečišćavanja. Tehnologija i postupci prečišćavanja, kao i njihova ekonomska vrednost, treba da se zasnivaju na unapred postavljenom cilju, odnosno količini i kvalitetu prečišćene otpadne vode. Različita varijantna rešenja mogu značajno doprineti efikasnijem i racionalnijem ekonomsko-tehničkom dizajnu i kvalitetnijem radu postrojenja za prečišćavanje.

Sigurno, redovno i kvalitetno delovanje postrojenja, koje će zadovoljiti zahteve ekonomičnosti, da se sa datim sredstvima ostvare najbolji mogući rezultati, može se dostići samo sa smisleno izabranim kriterijumima za ocenu predloženih varijanti. Predlažu se sledeći kriterijumi za proveru i ocenu alternativnih varijanti:

- kriterijumi za proveru adekvatnosti upotrebljenih metoda i postupaka i savremenosti znanja,
- ekonomski kriterijumi: investicioni troškovi, direktni eksploatacioni troškovi (troškovi energije, amortizacija, bruto dohodak zaposlenih), indirektni troškovi (troškovi rizika, troškovi gubitka imovine),
- dodatni i eliminacioni kriterijumi (potrošnja električne energije, udeo iskorišćenosti kapaciteta nakon konačne investicije, udeo uvozne opreme).

U vezi sa prvim kriterijumom, da bi se sprečila neadekvatna rešenja i neracionalna ulaganja, koja su rezultat upotrebe zastarelih znanja, neophodna je institucija javnog uvida i stručnog pregleda predloženih rešenja. U zavisnosti od važnosti i performansi postrojenja, stručne preglede treba da obavljaju habilitirani stručnjaci i eminentne institucije. Ekonomski kriterijum prema kojem je najpovoljnije tehničko-tehnološko rešenje, koje dugoročno pokazuje najniže troškove po jedinici proizvoda, sam po sebi je dovoljno univerzalan. Međutim, postoji visok rizik da će najniži troškovi biti relativno visoki i stoga neprihvatljivi. S obzirom na ovo, potrebno je uzeti u obzir gore pomenute dodatne kriterijume, koji već unapred sankcionišu pojedine značajne vrste troškova

- **upravljanje i održavanje postrojenja**

Lokalna samouprava nakon izgradnje predaje postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda na upravljanje komunalnoj organizaciji.

Jedan od glavnih uzroka da izgrađena postrojenja uopšte ne funkcionišu ili ne funkcionišu na zadovoljavajući način su neprofesionalni ili neobučeni kadrovi za rad u procesu prečišćavanja otpadnih voda, odnosno za održavanje objekata, uređaja i hidromašinske opreme postrojenja.

Zbog značaja pouzdanog i kvalitetnog rada, kao i zbog odgovornosti cele kompanije za stanje u ovoj oblasti, u fazi projektovanja za izabranu tehnologiju prečišćavanja, objekte i opremu neophodno je definisati detaljna uputstva za kontrolu procesa i upravljanje radom postrojenja, a u fazi eksploatacije osigurati da najvažnije delatnosti i zadatke izvršavaju odgovarajuće stručno osposobljeni radnici sa sposobnošću i spremnošću za izvršenje i usklađeno poslovanje sa definisanim uputstvima za rad i potrebama. Stručni kadar treba da bude sposoban da usvoji i preduzme odgovarajuće mere u redovnim uslovima rada, ali i u slučaju mogućih kvarova i problema na postrojenju. Problemi koji bi rezultirali prekidom procesa prečišćavanja ili nekvalitetnim prečišćavanjem mogu dovesti do neposredne opasnosti za život i zdravlje ljudi i do nastanka značajne materijalne štete.

#### 4. ZAKLJUČAK

Dosadašnja aktivnosti Srbije u gradnju, održavanju i kontroli postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, kao i u ostale mere za smanjenje zagađenja nisu bile dovoljne za stvaranje čvrste osnove i odgovarajuću organizaciju koja bi doprinela lakšem uključivanju naše zemlje u evropske i svetske tokove u oblasti zaštite voda.

Srbija će morati što hitnije, bez obzira na ekonomske poteškoće, odgovorno da definiše i sprovodi nacionalne programe zaštite voda pri čemu oslonac treba da bude evropska politika koja je stvarana tokom čitavog proteklog stoleća. Posledice nedefinisanog statusa voda, normativno-zakonodavne nedorečenosti i prevaziđenosti postojećih zakona i propisa, poduprte nebrigom prema vodi, koje ima sve manje, ukoliko se ne preduzmu hitne i radikalne mere, katastrofalno će uticati na funkcionisanje zaštite vodnih resursa i vodoprivrede u celini i biti limitirajući faktor razvoja čitavog društva.

Svakako najznačajniji korak u rešavanju problema kanalizacije naselja i prečišćavanje otpadnih voda je izrada projektne dokumentacije. Da bi se prekinula dosadašnja praksa pripreme projektne dokumentacije i investicionih programa za izgradnju, upravljanje i održavanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, koja je dala loše rezultate, u ovom radu je predstavljen predlog kako treba postupati pri projektovanju i vrednovanju investicije u postrojenje, uz napomenu da se situacija razlikuje od naselja do naselja i da se ne može dati

univerzalna šema za projektovanje postrojenja i upravljanje investicijama.

#### ZAHVALNOST

Istraživanja prezentovana u ovom radu finansirana su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta "Razvoj sistema podrške odlučivanju za potrebe integralnog upravljanja vodnim resursima na slivu", ev. broj TR37018.

#### LITERATURA

- [1] Popović M., Brković-Popović I.: *Savremena evropska praksa i pristup u zaštiti voda, Međunarodna konferencija "Otpadne vode i komunalni čvrst otpad", Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo Beograd, Budva, 20.-22. septembar 1999., str. 3-20*
- [2] *Statistički godišnjak RS 2017, Republički zavod za statistiku, Beograd 2017*
- [3] *Vodoprivredna osnova Republike Srbije, Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Beograd, 2001. godine*
- [4] Ljubisavljević D., Đukić A.: *Stanje i perspektive zaštite voda od zagađivanja objedinjenim otpadnim vodama naselja i industrije u Republici Srbiji, Konferencija "Voda za 21. vek", Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 22.-24.03.1999., Beograd, str. 177-182*
- [5] Bogdanović B., Ljujić B.: *Stanje i problemi prečišćavanja komunalnih otpadnih voda u Srbiji, Zaštita voda '95, Konferencija o aktuelnim problemima zaštite voda, Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Društvo za zaštitu voda Srbije, Tara, 7.-9. jun 1995. godine, str. 302-305*
- [6] Bogdanović B., Ljubisavljević D., Babić B.: *Pregled rada gradskih uređaja za prečišćavanje otpadnih voda u Republici Srbiji, Zaštita voda '96, Konferencija o aktuelnim problemima zaštite voda, Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Društvo za zaštitu voda Crne Gore, Ulcinj, 4.-7. juni 1996. godine, str. 141-145*
- [7] *United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat) and Asian Institute of Technology (AIT): Policy guidance manual on wastewater management with a special emphasis on decentralized wastewater treatment systems, Bangkok, Thailand, 2015., ISBN: 978-974-8257-87-7*
- [8] Otterpohl R., Albold A., Oldenburg M.: *Differentiating Management of Water Resources and Waste in Urban Areas, <https://www.gdrc.org/uem/waste/oldenburg.html>*
- [9] Larsen T.A., Hoffmann S., Lüthi C., Truffer B., Maurer M.: *Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world, Science Vol. 352, Issue 6288, 2016., pp. 928-933, DOI: 10.1126/science.aad8641*
- [10] Zore J.: *Projektiranje, izgradnja in obratovanje komunalnih čistilnih naprava, Zaštita voda 2001., str. 508-517.*