

TOPLOTNI POSTUPCI PRERADE OTPADNIH VODA

Slavko Đurić, e-mail: slavko.djuric@sf.ues.rs.ba

Milan Milotić, e-mail: milanmilotic@yahoo.com

Zdravko Božićković e-mail: zdravko.bozickovic@gmail.com

Dragiša Đorđić, e-mail: zastitad@mail.com

Internacionanli univerzitet Travnik

Sažetak: Otpadne vode predstavljaju opasnost za životnu sredinu. Najviše su ugroženi prirodni recipijenti (rijeke, jezera i mora) zbog fizičko-hemijskog, biološkog i toksičnog sadržaja otpadnih voda. Prečišćavanje otpadnih voda znači smanjivanje onečišćenja do onih koncentracija s kojima pročišćene otpadne vode ispuštene u prijemnike postaju neopasne za život i ljudsko zdravlje. Metode koje se koriste pri prečišćavanju otpadnih voda mogu se podijeliti na: mehaničke, toplotne, hemijske i biološke. U radu su prikazani toplotni postupci (uparivači, isparivači, kristalizatori i flotacija).

Ključne riječi: *otpadna voda, prerada (prečišćavanje), toplotni postupci, uređaji za prečišćavanje otpadnih voda*

HEAT PROCEDURES OF WASTEWATER TREATMENT

Abstract: Wastewater is a danger to the environment. Natural recipients (rivers, lakes and the sea) are most endangered due to the physico-chemical, biological and toxic content of wastewater. Wastewater treatment means the reduction of pollution to those concentrations with which treated wastewater discharged into recipients becomes non-hazardous to environment and human health. The methods used in wastewater treatment can be divided into: mechanical, thermal, chemical and biological. The paper presents thermal processes (evaporators, evaporators, crystallizers and flotation).

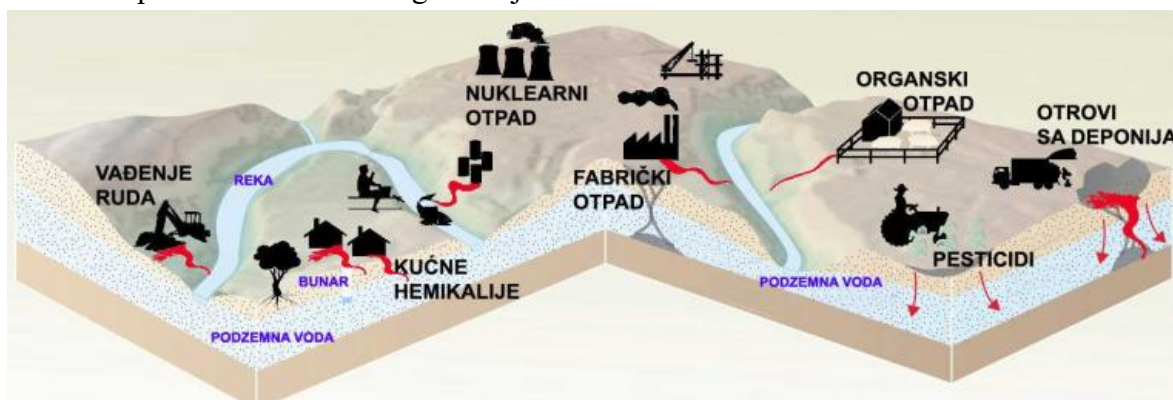
Key words: *wastewater, processing (purification), thermal processes, purification devices*
Waste water

1. UVOD

Voda je najraspostranjenija tečnost i zemljina površina je pokrivena sa oko 70 % vodom. Većina vode nalazi se u morima, jezerima i rijekama. Procjenjuje se da ukupna količina vode na Zemlji iznosi $1386 \cdot 10^3 \text{ km}^3$. 97,5 % čine mora i okeani a 2,5 % slatke vode. Odnos vode i ljudskih aktivnosti je bitan pa se voda može smatrati osnovnim elementom za ekonomski i tehnički razvoj ljudske zajednice. Veike količine vode kriste se u raznim granam industrije koje je bitno prečišćavati prije ispuštanja u recepijent. Otpadne vode predstavljaju potencijalnu opasnost za životnu sredinu, Uvođenje otpadnih voda u recepijent je moguće ako su vrijednosti karakterističnih veličina manje od dozvoljenih vrijednosti koje su definisane zakonskim propisima. Zagađujuće komponente u vodi mogu se podijeliti na:

- komponente koje se u ne razgrađuju i ostaju u vodi (neorganske komponente: razne soli i razna jedinjenja),
- komponente koje kroz proces razgradnje postepeno iščezavaju iz vode.

Na slici 1 prikazani su izvori zagađivanja voda.



Slika 1. Zagađivanje voda [1]

Za procjenu stanja upotrebljivosti voda postoji niz različitih postupaka:

fizički (određivanje: temperature, pH vrijednosti, boje, mirisa, gustine itd.),

- hemijski (određivanje udjela koncentracije čvrstih, tečnih i gasovitih komponenti),
- biološki (određivanje koncentracije organskih komponenti) i
- ekološki (procjena stanja vode kao životnog prostora).

2. UREĐAJI I POSTROJENJA ZA PRERADU (PREČIŠĆAVANJE) OTPADNIH VODA

U zavisnosti od fizičko-hemijskih i bioloških osobina otpadne vode kao i od karakteristika proizvodnog procesa metode pričišćavanja otpadnih voda mogu se podijeliti na:

- mehaničke,
- toplotne,
- hemijske i
- biološke.

U mehaničke postupke prerade otpadnih voda spadaju:

- rešetke,
- sita,
- taloženje,
- flotacija,
- filtriranje,
- centrifugiranje.

U grupu toplotnih postupaka prečišćavanja otpadnih voda spadaju:

- uparivači,
- isparivači,
- kristalizatori i
- flotacija.

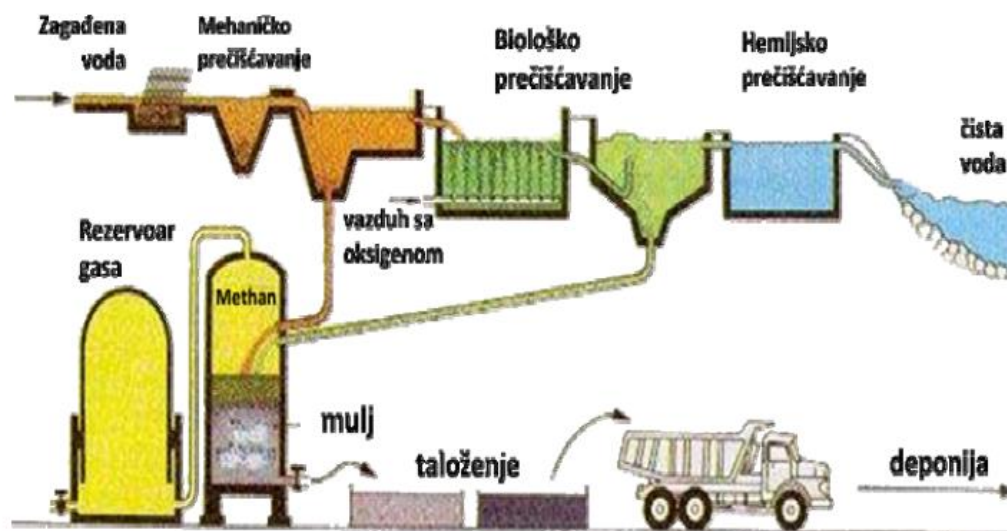
Hemijski postupci su:

- taliženje,
- flokulacija,
- neutralizacija,
- dezinfekcija,
- oksidacija.

U biološke postupke spadaju:

- aeracija,
- aerobna i
- anaerobna fermentacija.

Šema prečišćavanja otpadnih voda prikazana je na slici 2.



Slika 2. Prečišćavanje otpadnih voda [2]

2.1. TOPLOTNI POSTUPCI PRERADE (PREČIŠĆAVANJE) OTPADNIH VODA

U grupu toplotnih postupaka prečišćavanja otpadnih voda spadaju:

- uparivači,
- isparivači,
- kristalizatori i
- flotacija.

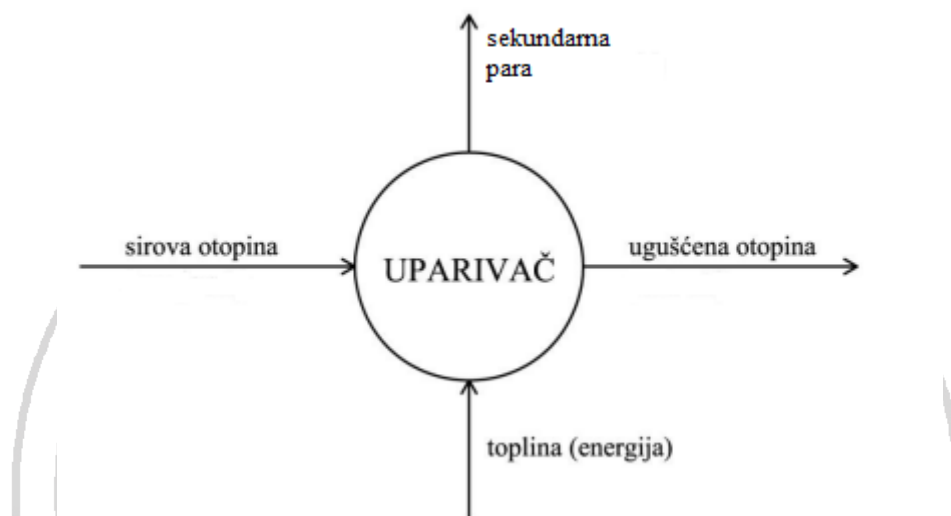
2.1.1. UPARIVAČI I ISPARIVAČI

Uparavanje otpadnih voda obavlja se u toplotnim uređajima koji se zovu uparivači. Primjenjuju se radi povećanja koncentracije soli u njima. Uparavanje se upotrebljava za obradu visokokoncentriranih voda malih protoka.

Uparavanje se može izvesti kao:

- jednostepeno (slika 4),
- višestepeno (slika 5) i
- pod vakuumom.

Tokovi mase i energije kroz uparivač prikazan je na slici 3.



Slika 3. Tokovi mase i energije u uparivaču

Za razliku od uparavanja koje se obavlja na temperaturi ključanja otpadne vode, isparavanje tečnosti (otpadne vode) odvija se pri bilo kojoj temperaturi.

Jednačina materijalnog bilansa procesa uparavanja može se prikazati jednačinom [3]:

$$\dot{m}_{pr} = \dot{m}_{ur} + \dot{m}_{sp}, \text{ kg/s}$$

(1)

gdje su:

$\dot{m}_{pr}$ - maseni protok ulaznog rastvora (otpadne vode koja ulazi u uparivač), kg/s,

$\dot{m}_{ur}$ - maseni protok ugušćenog rastvora (otpadne vode koja se koncentrovala u uparivač), kg/s,

$\dot{m}_{sp}$ - maseni protok sekundarne pare (otpadna voda koja ispari u uparivaču), kg/s.

Maseni protok sekundarne pare (otpadne vode koja ispari uparavanjem) određuje se pomoću izraza:

$$\dot{m}_{sp} = \dot{m}_{pr} \cdot \left(1 - \frac{\tilde{X}_{pr}}{\tilde{X}_{ur}}\right), \text{ kg/s} \quad (2)$$

gdje su:

$\tilde{X}_{pr}$ - maseni udio komponente (soli) u ulaznom rastvoru, kg/kg,

$\tilde{X}_{ur}$ - maseni udio komponente (soli) u ugušćenom rastvoru, kg/kg.

Jednačina toplotnog bilansa uparivača određuje se pomoću izraza:

$$Q_{pr} + Q_{gp} = Q_{sp} + Q_{ur} + Q_{gub}, \text{ W} \quad (3)$$

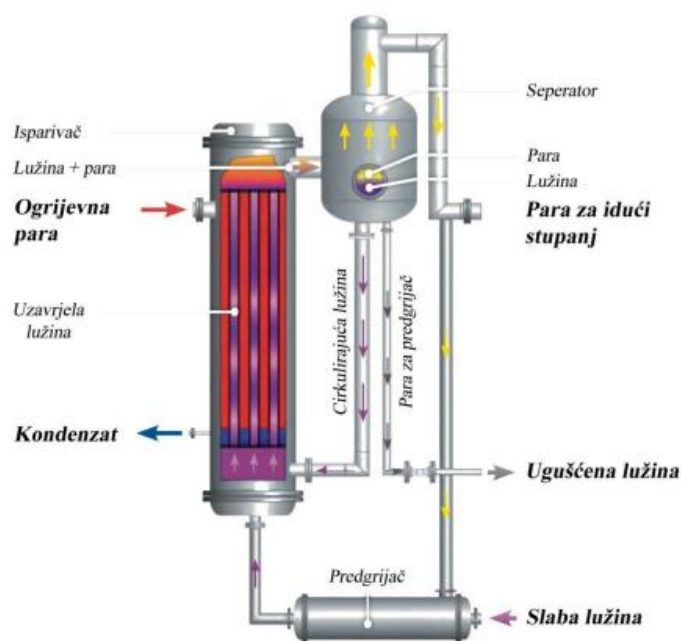
gdje su:

Q_{pr} - energija ulaznog rastvora (energija otpadne vode na ulazu u uparivač), W,

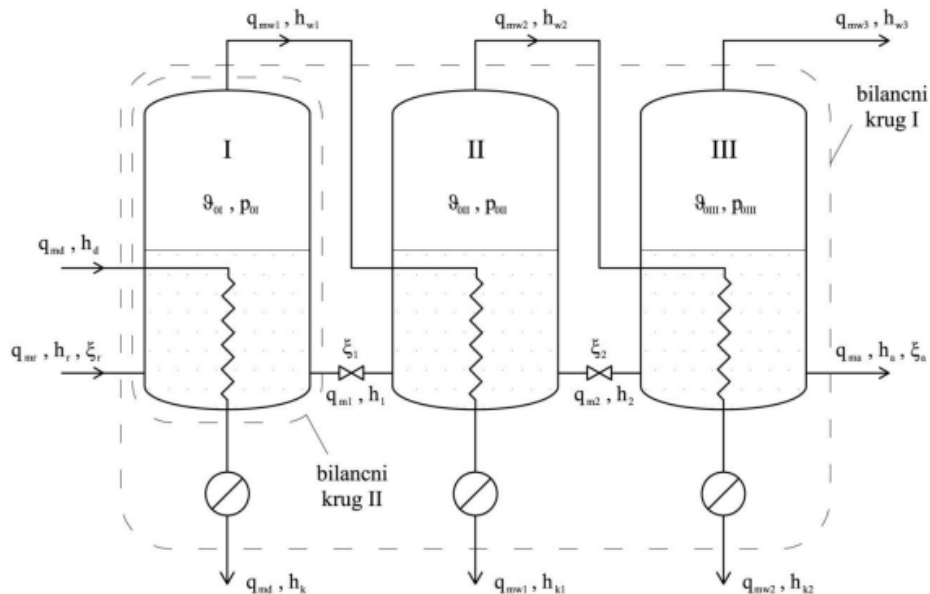
Q_{gp} - energija grejne pare (energija pare potrebna za uparavanje otpadne vode u uparivaču), W,

Q_{sp} - energija sekundarne pare (energija pare nastale isparavanjem otpadne vode), W,

Q_{ur} - toplotni gubici uparivača, W.



Slika 4. Jednostepeni uparivač [4,5]

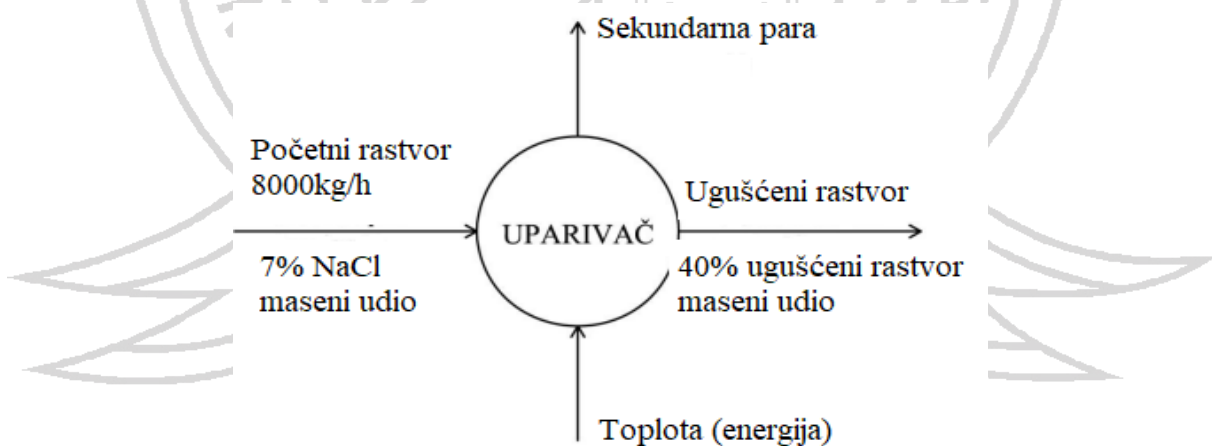


Slika 5. Višestepeni uparivač [4,5]

PRIMJER

U uparivač se uvodi 8000 kg/h 7%-tnog rastvora NaCl (maseni udio) koji se mora koncentrirati tako da iz uparivača izlazi 40%-tni rastvor. Izračunati maseni protok ugušćenog (koncentrovanog) rastvora i odnos masenog protoka sekundarne pare i masenog protoka početnog rastvora.

Na slici 6 prikazana je šema uparivača sa zadanim ulaznim podacima.



Slika 6. Šema uparivača

Prema slici 6 materijalni bilans za NaCl u rastvoru može se prikazati pomoću jednačine:

$$\tilde{x}_{NaCl,pr} \cdot \dot{m}_{pr} = \tilde{x}_{NaCl,ur} \cdot \dot{m}_{ur}$$

odakle slijedi da je:

$$\dot{m}_{ur} = \frac{\tilde{X}_{NaCl,pr}}{\tilde{X}_{NaCl,ur}} \cdot \dot{m}_{pr} = \frac{0,07}{0,40} \cdot 8000 = 1400 \text{ kg / h} = 0,3889 \text{ kg / s}$$

gdje su:

$\tilde{X}_{NaCl,pr} = 0,07 \text{ kg / kg}$ - maseni udio NaCl u početnom rastvoru,

$\tilde{X}_{NaCl,ur} = 0,40 \text{ kg / kg}$ - maseni udio NaCl u gušćenom rastvoru,

$\dot{m}_{pr} = 8000 \text{ kg / h}$ - maseni protok početnog rastvora.

Iz bilansa materije u uparivaču slijedi da je maseni protok sekundarne pare:

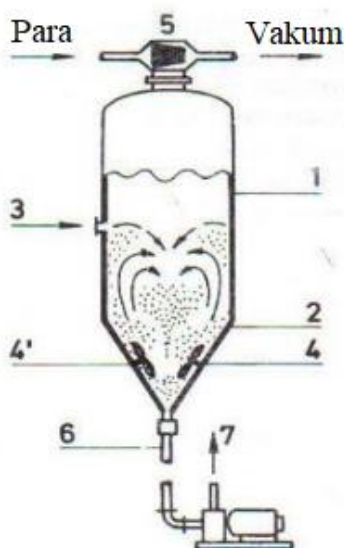
$$\dot{m}_{sp} = \dot{m}_{pr} - \dot{m}_{ur} = 8000 - 1400 = 6600 \text{ kg / h} = 1,8333 \text{ kg / s}.$$

Odnos masenog protoka sekundarne pare i masenog protoka početnog rastvora iznosi:

$$\tilde{X} = \frac{\dot{m}_{sp}}{\dot{m}_{pr}} = \frac{6600}{8000} = 0,825 \text{ kg / kg}.$$

2.1.2. KRISTALIZATORI

Kristalizacija započinje kada se dosegne prezasićeno stanje, to jest kada koncentracija komponente postane veća od ravnotežne, što se najčešće postiže hlađenjem rastvora, pare ili gasa. Na tom principu zasnovan je metod izdvajanja kristala zagađujućih komponenti iz otpadnih voda. Krsitalizacija se primjenjuje za manje protoke otpadnih voda sa većim koncentracijama zagađujućih komponenti. Na slici 7 prikazana je šema kristalizatora.

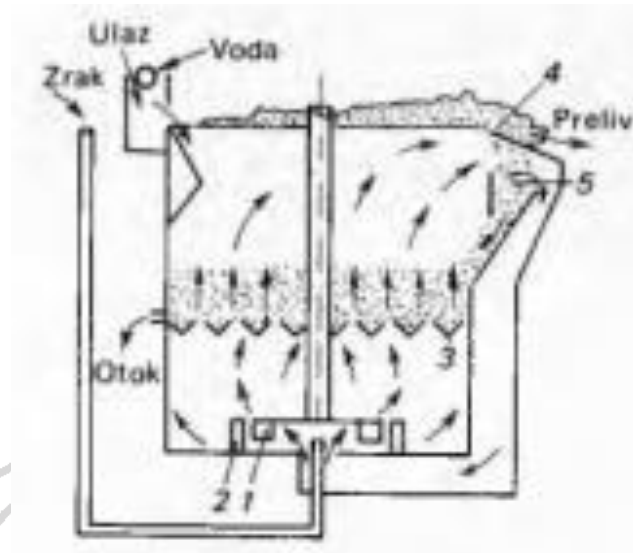


Slika 7. Kristalizator [5]

- 1- Cilindar, 2- Konusno dno cilindra, 3- otvor za uvođenje otpadne vode (rastvora),
- 4- Propeleri, 5- Parni ejector, 6- Barometarska cijev, 7- Centrifugalna pumpa

2.1.3. FLOTATORI

Kod flotacije se koristi proces isplivavanja čestica na površinu vode zajedno sa mjehurovima vazduha. (slika 8).



Slika 8. Flotator [5]

1- Turbina, 2- Stator, 3- Rešetka, 4- Prelivni prag, 5 Mirna zona

Pri kontaktu flotirajućih čestica i mjehurova vazduha dolazi do promjene slobodne površinske energije koja se određuje pomoću izrazu [3]:

$$\omega = \sigma_{12} \cdot (1 - \cos \phi) \quad (4)$$

gdje su:

σ_{12} - koeficijent površinskog napona na granici između vode i vazduha,

ϕ - ugao kvašenja.

Veličina $1 - \cos \phi = F$ naziva se mjera flotacije. Pri uglu kvašenja bliskom nuli čestice koje se dobro kvase mjera flotacije teže nuli. Kod loše kvašenih čestica ugao kvašenja teži uglu od 180° pa mjera flotacije teži maksimumu $2 \cdot \sigma_{12}$.

Najbolji efekat flotacije postiže se pri aeraciji mjehurova malog prečnika. Dimenzija mjehurova vazduha zavisi od površinskog napona na granici voda-vazduh:

$$r = \frac{2 \cdot \sigma_{12}}{p} \quad (5)$$

gdje je:

p - kapilarni pritisak u unutrašnjosti mjehurova.

Flotator je uglavnom kvadratnog poprečnog presjeka dužine stranica [3]:

$$a = 6 \cdot d, \text{m}$$

(6)

gdje je:

d - prečnik kola turbine, m.

Radna zapremina flotatora (fotacionog rezervoara) je:

$$V = h \cdot a^2, \text{m}^3 \quad (7)$$

gdje je:

h - radna visina sloja smješe vode i vazduha, m.

Pneumatsko uvođenje vazduha u flotator uvodi se cijevima na rastojanju 250-300 mm. Na cijevima se nalaze mlaznice prečnika 1-1,2 mm. Pritisak vazduha ispred mlaznice je 3-5 bara. Brzina vazdušne struje na izlazu iz mlaznica je 100-200 m/s. Danas se flotacija primenjuje u mnogim oblastima industrije: u obogaćivanju rastvora, u izdvajanju vrednih komponenti iz rastvora, dok se u obradi otpadnih voda primjenjuje za: uklanjanje suspendovanih i emulgovanih zagađivača, koncentracije bioloških muljeva.

3. ZAKLJUČAK

Industrijske otpadne vode nastaju u raznim granama industrije: hemijska, metalurška, procesna itd. kao i u fabrikama nakon upotrebe vode u procesu proizvodnje. Karakteristike takvih voda su različite, različitog sastava i kao takve moraju se prečistiti prije ipuštanja u recepijente (rijeke, jezera, mora). Postupci prerade (prečišćavanja) otpadnih voda su u tijesnoj vezi sa karakteristikama proizvodnog procesa. U radu su razmatrani toplotni postupci prerade otpadnih voda (industrijskih voda) različitih koncentracija zagađujućih komponenata kao što su: uparivači, isparivači, kristalizatori i flotacija. Koji će se od navedenih toplotnih postupaka konkretno u praksi primijeniti zavisi od proizvodnog procesa, fizičko-hemijskih osobina otpadne vode i koncentracije zagađujućih komponenti u otpadnim vodama.

LITERATURA

- [1] Prelec Z., (2018), Inženjerstvo zaštite okoliša, Obrada otpadnih voda, http://www.riteh.uniri.hr/zav_katd_sluz/zvd_teh_term_energ/katedra4/Inzenjerstvozastite_okolisa/8.pdf.
- [2] Ljubosavljević, D., Đukić, A., Babić, B. (2004), Prečišćavanje otpadnih voda, Građevinska knjiga, Beograd.
- [3] Kuburović, M., Petrov A. (1994), Zaštita životne sredine, SMEITS i Mašinski Fakultet, Beograd.
- [4] <https://www.koerting.de>
- [5] Đurić, S., Đaković, D. (2013), Procesni aparati za zaštitu okoline - kroz računarske problem, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.