

SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE



**40. MEĐUNARODNA
KONFERENCIJA**

ZBORNİK RADOVA

VODOVOD I KANALIZACIJA '19

Novi Sad

01 - 04. oktobar 2019.



CLEAN WATER GROUP

FILTRACIJA

DEZINFEKCIJA

FLOKULACIJA I KOAGULACIJA



St firme CWG Balkan doo je proizvodnja i prodaja visokokvalitetnih opreme i materijala koji se koriste u tretmanu voda. U biti smo da ponudimo kompletnu preradu vode do zahtevanog i, počev od peščane filtracije, preko filtera sa aktivnim ugljem do niskih tehnologija, zatim omekšavanje vode, uklanjanje gvožđa, nita i arsena, kao i filtracione materijale, pomoćna sredstva u i hemikalije za kondicioniranje vode.

kaz dobrog poslovanja posedujemo sertifikate OHSAS18001, ISO 14001, Excellent SME i AAA kreditnu ocenu.



SAVEZ INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

**40. Međunarodna konferencija
VODOVOD I KANALIZACIJA '19**

Zbornik radova

Novi Sad, 01 – 04. oktobar 2019.



z inženjera i tehničara Srbije, Beograd

ša:

dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž, generalni sekretar

ki odbor:

dr Časlav Lačnjevac, (predsednik), prof. dr Srđan Kolaković,
dr Srđan Rončević, prof. dr Rada Petrović, prof. dr Slavka Stanković,
Mirjana Stojanović, dr Zorica Lopičić, doc. dr Dragan Milićević,
dr Jovan Despotović, prof. dr Radomir Kapor, Dušan Đurić,
dr Darko Vuksanović, prof. dr Goran Sekulić, prof. dr Vaso
ković, prof. dr Miladin Gligorić, prof. dr Fehim Korać,
dr Dragica Chamovska, prof. dr Todor Anovski, dr Andzrej Kowal,
dr Filip Kokalj

ioni odbor:

ogdan Vlahović (predsednik), mr Zoran Pendić, Gvozden
ović, dr Srđan Stanković, dr Tatjana Šoštarić, Dalibor Joknić,
ca Ivić, Zoran Mitrović, mr Dragan Grujičić, Zoran Nikolić,
n Dimitrijević, Saša Ilić, Milan Đorđević, Nebojša Jakovljević,
jana Mihajlović i Olja Jovičić

lgovorni urednik:

dr Časlav Lačnjevac, dipl. inž.

corektura:

era Čosović

rednik:

Jovičić

lemska izdanja, Zemun

trana:

idva, Crna Gora

Organizator:

Savez inženjera i tehničara Srbije

Suorganizatori:

ITNMS - Institut za tehnologiju nuklearnih

i drugih mineralnih sirovina, Beograd

**Prirodno-matematički fakultet – Departman za hemiju,
biohemiju i zaštitu životne sredine, Novi Sad**

**Tehnološko-metalurški fakultet – Katedra za neogransku
hemijsku tehnologiju, Beograd**

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

Inženjerska akademija Srbije, Beograd

**IPIN Institut za primjenjenu geologiju i vodoinženjering,
Bijeljina**

uz podršku

Inženjerske komore Srbije

Pokrovitelj:

**Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
Republike Srbije**

SADRŽAJ

<i>Božo Dalmacija, Jelena Molnar Jazić</i> Uticaj klimatskih promena na resurse za vodosnabdevanje	13
<i>Jovan Despotović</i> Gradski vodovodni i kanalizacioni sistemi i velike poplave	20
<i>Rada Petrović, Slavica Lazarević, Ivona Janković-Častvan, Marjana Simonić, Đorđe Janačković</i> Uklanjanje fosfata iz vode primenom kompozitnih adsorbenata	26
<i>Jelena Molnar Jazić, Aleksandra Tubić, Srđan Rončević, Jasmina Agbaba</i> Primena unapređenih oksidacionih procesa u tretmanu vode za piće	33
<i>Mladen Popov, Marijana Kragulj Isakovski, Aleksandra Tubić, Miloš Dubovina, Jelena Molnar Jazić, Nikica Ivić, Jasmina Agbaba</i> Monitoring kvaliteta vode u toku hidrološke godine - Fabrika vode za piće u Novom Sadu	40
<i>Vladimir Šaraba, Ivica Dimkić</i> Uloga i značaj biohidrogeologije kao naučne discipline u industriji voda	46
<i>Aleksandar Daničić, Maja Pražić</i> Uključenje kontrarezervoara u rad distribucionog sistema	55
<i>Milica Domanović, Milica Nadeždić, Ljubiša Denić, Tatjana Dopuđa-Glišić, Nebojša Veljković</i> Iskustvo u izradi mišljenja u postupku izdavanja vodnih uslova za izgradnju i rekonstrukciju objekata	72
<i>Aleksandar Tanasković, Sanja Peković</i> Biološka aktivacija konvencionalnih filtera	78
<i>Milivoje Nedović, Ana Brdar, Ljilja Kurćubić, Jovana Stanojlović, Marija Nedić, Marija Nedeljković</i> Mikrobiološko-ekološki kvalitet vode akumulacionog jezera „Grošnica“	87
<i>Dragan Milićević</i> Kružna ekonomija u prečišćavanju otpadnih voda	94

Linda Mitić, Zorica Lopičić

Ispitivanje mogućnosti primene novog sredstva u tretmanu bistrenja procesnih voda..... 101

Aleksandra Tubić, Nataša Cvetković, Marija Ćurčić, Kristiana Zrnić,
Marijana Kragulj Isakovski, Malcolm Watson, Božo Dalmacija

Uklanjanje prirodnih organskih materija i arsena iz vode kombinacijom koagulanata na bazi gvožđa i aluminijuma..... 109

Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović

Prečišćavanje komunalnih otpadnih voda korišćenjem biljnih uređaja 117

Tatjana Šošarić, Marija Petrović, Jelena Milojković, Marija Kojić,
Marija Koprivica, Katarina Pantović Spajić, Zorica Lopičić

Primenjivost procesa biosorpcije u realnim sistemima 130

Milan Kragović, Andrijana Nedeljković, Jelena Gulicovski,
Vladimir Dodevski, Slavica Mihajlović, Marija Stojmenović, Živko Sekulić

Uklanjanje jona teških metala iz kontaminiranih vodenih rastvora upotrebom prirodnih i ekoloških materijala na bazi prirodnih mineralnih sirovina ili otpadne biomase 136

Nikoleta Kukučka Stojanović, Miroslav Kukučka

Reciklaža otpadne vode iz nanofiltracionog postrojenja..... 142

Nenad Konjević, Stefan Stanovčić, Danica Krivokapić Maksović,
Dragana Oniško

Upoređivanje parametara sistema u toku ljetnje i zimske sezone na Postrojenju za preradu otpadnih voda u Meljinama (Herceg Novi) 148

Ivan Bogdanović

Uspostavljanje procesa kogeneracije i efekti njene primene na C.P.P.O.V. „Cvetojevac“ 153

Gordana Perović

Stvarnost i perspektive odlaganja komunalnog otpada u Srbiji – 25 godina posle prve sanitarne deponije 158

Darko Vuksanović, Dragan Radonjić, Jelena Šćepanović

Sanitarne deponije – prvi korak u zaštiti životne sredine 167

Milovan Rakijaš

Kontinualno praćenje kvaliteta podzemnih voda u zoni Regionalne sanitarne deponije Pirot kao potencijalnog zagađivača 181

Matej Čehovin, A
Prečišćava
prakse u R

Zoran Dimitrijević
Načini rešav
naseljima u

Željka Ostojić, Uro
Strahinja Nikolić
Uloga postro
razvoju

Jelena Bekonja-Mil
Monitoring i
voda na CPF

Goran Sekulić
Sakupljanje
voda u Crnoj

Veljko Đukić, Ognje
Ekološka i m

Todor Anović, Elen
Dejan Dimitrijević

Environment
Hydrologica
Origin of V

Svetlana Prokic
Prilaz stanje
statističke m

Katarina Koprivica
Oblasti m
m m m m

Darko Vuksanović
Prilaz stanje
statističke m

Milovan Rakijaš
Prilaz stanje
statističke m

Milovan Rakijaš
Prilaz stanje
statističke m

manu bistrenja	101
Zrnić,	
ode	
uma	109
n biljnih	117
ojić,	
	130
vyko Sekulić	
enih rastvora	
rirodnih	136
ja	142
ić,	
nske sezone	
na (Herceg	148
rimene na	153
la u Srbiji –	158
line	167
oni	
og zagađivača	181

<i>Matej Čehovin, Alojz Medic</i>	
Prečišćavanje vode za piće malih i seoskih vodovoda – primeri iz prakse u Republici Sloveniji	187
<i>Zoran Dimitrijević, Dragan Marinović</i>	
Načini rešavanja održavanja i korišćenja vodovoda u seoskim naseljima u Srbiji	194
<i>Željka Ostojić, Uroš Topalović, Vladana Rajaković-Ognjanović, Strahinja Nikolić</i>	
Uloga postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u održivom razvoju	202
<i>Jelena Bekonja-Milošević, Aleksandra Marinković-Radulović</i>	
Monitoring i dispozicija mulja od procesa prečišćavanja otpadnih voda na CPPOV „Cvetojevac“	212
<i>Goran Sekulić</i>	
Sakupljanje i tretman upotrijebljenih otpadnih i atmosferskih voda u Crnoj Gori, stanje i perspektive	218
<i>Veljko Đukić, Ognjen Đukić</i>	
Ekološko i zdravstveno značenje aluminijuma u vodi za piće	230
<i>Todor Anovski, Elena Anovska-Jovcheva, Kiril Lisichkov, Dejan Dimitrovski, Stefan Kuvendziev, Mirko Marinkovski, Irena Mickova</i>	
Environmental Stable (O,H) Isotope Distribution in Local Hydrological Cycle and its Application in Determination the Origin of Water in the Observed Water Supply Systems	239
<i>Stevan Prohaska</i>	
Prikaz istorijskih poplava duž Dunava sa ocenom njihove statističke značajnosti i uticaja klimatskih promena	246
<i>Vaso Novaković, Nikola Nikolić, Dejan Petrović, Ranko Grujić</i>	
Obavezni izolacioni i sanacioni radovi za bušene bunare i bušotine kao osnov zaštite podzemnih voda	259
<i>Dušan Prodanović, Damjan Ivetić</i>	
Primena ravnih elektromagnetnih sonda za merenje protoka u kanalizaciji	270
<i>Dragica Chamovska, Aleksandra Porjazoska Kujundziski</i>	
Electrochemical Determination of Phenol and/or Total Organics in the River Vardar, Republic of North Macedonia	288
<i>Goran Gavrilović</i>	
Proizvodnja vode na P.P. „Grošnica“ u vanrednim prilikama	296

<i>Nenad Kostić</i>	
Ispitivanje osposobljenosti laboratorija putem međulaboratorijskih poređenja	301
<i>Srđan Stanković, Miroslav Sokić, Branislav Marković, Nela Petronijević</i>	
Trenutno stanje i perspektive razvoja tehnologija za remedijaciju kiselih rudničkih voda	308
<i>Dragan Vlatković, Dejan Miljević</i>	
Četrdeset godina od uvođenja telemetrije u Vodovodu Herceg Novi.....	315
<i>Ivan Milojković</i>	
Usporedna analiza varijantnih rešenja rekonstrukcije KCS „Železnička stanica“ metodama VIKOR i PROMETHEE.....	322
<i>Borko Rangelov</i>	
Neki stavovi o izradi projektno-tehničke dokumentacije za ppov sa konkretnim primerom, te osvrtom na kanalizacionu mrežu	328
<i>Milan Bobušić, Miroljub Krstić</i>	
Metodologija izrade baze podataka objekata u JKP BVK	336
<i>Zdravko Bijelić, Mitar Bijelić</i>	
Upravljanje vodotokovima malih hidroelektrana.....	346
<i>Dušan Stojadinović, Irena Grujić, Dragana Dimitrijević-Adamović</i>	
Potencijalne rezerve podzemnih voda aluvijalnih akvifera-hidrogeološki aspekti	355
<i>Nikola Nikolić, Vaso Novaković, Ranko Grujić, Dejan Petrović</i>	
Povećanje specifičnog i optimalnog kapaciteta bunara primenom odgovarajućih metoda i dužine razrade bunara u neogenim basenima	362
<i>Zoran Pendić, Rajko Pendić, Bojana Jakovljević, Aleksandar Žjak, Časlav Lačnjevac, Ljiljana Jovanović, Željko Marković, Marina Strižak</i>	
Voda, energija i održivi razvoj – predlog za realizaciju jednog strateškog projekta	369

UTICA

T

B

Rezime: Zbog ko
tivnog uticaja na ve
biti najozbiljnije s
odluka. Neizvesno
mena sa lokalnim
promene mogu neg
logija prireme vod
kako bi se ispravno
sa najboljim mogu
Ključne reči: klim
prihranjivanje

Abstract: Due to t
on most sectors of
be the basis and
projections and the
challenges for wat
viding reliable and
optimized relative
drinking water tre
economic performa
Key words: climat

1. Klimatske pro

Klimatske pr
rekltno pripisuju l

¹ Božo Dalmacija
Obradovića 3, N
² Jelena Molnar Ja
siteja Obradović

ПРИМЕЊИВОСТ ПРОЦЕСА БИОСОРПЦИЈЕ У РЕАЛНИМ СИСТЕМИМА

APPLICABILITY OF BIOSORPTION TECHNOLOGY IN REAL SYSTEMS

ТАТЈАНА ШОШТАРИЋ¹, МАРИЈА ПЕТРОВИЋ²,
ЈЕЛЕНА МИЛОЈКОВИЋ³, МАРИЈА КОЈИЋ⁴, МАРИЈА КОПРИВИЦА⁵,
КАТАРИНА ПАНТОВИЋ СПАЈИЋ⁶, ЗОРИЦА ЛОПИЧИЋ⁷

Резиме: Биосорпција је грана биотехнологије која се базира на способности биолошких материјала да физичко хемијским процесима вежу различите органске или неорганске супстанце из водених раствора. Проистекла је из потребе да пружи алтернативна решења за третман отпадних вода, а њене главне предности су ефикасност, једноставност поступка као и распрострањеност и доступност биомасе. До сада су испитивани различити материјали биолошког порекла као био-адсорбенти и њихови биосорпциони капацитети су утврђени од стране великог броја истраживача. Нажалост, иако се биосорпција већ две деценије уназад представља као технологија будућности, у великој већини случајева остала је на нивоу лабораторијских истраживања. Овај рад истражује узроке који процес биосорпције ограничавају да се шире примењује у индустријској пракси и у комерцијалне сврхе.

Кључне речи: биотехнологија, биосорпција, третман отпадних вода

Abstract: Biosorption is a branch of biotechnology emerged in order to provide low cost wastewater treatment and to minimize waste disposal at the same time. It is based on ability of biological materials to bind and to concentrate various pollutants from the aqueous solutions. Main advantages of biosorption process are efficiency, simplicity and availability of biomass. As bio-adsorbents many materials with biological origin have been investigated and their biosorption capacities have been reported in numerous research papers. Although the biosorption is often presented as a promising clean up technology for more than two decades, unfortunately most of the biosorption processes are still at laboratory scale. This

¹ Татјана Шоштарић, Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

² Марија Петровић, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

³ Јелена Милојковић, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

⁴ Марија Којић, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

⁵ Марија Копривица, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

⁶ Катарина Пантовић Спајић, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

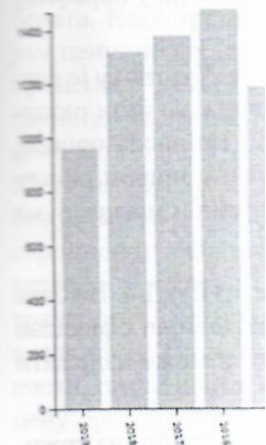
⁷ Зорица Лопичић, ИТНМС, Булевар Франша Д'Еперea 86, Београд

investigates the reason
insorbents.

Key words: biotechnology

1. Увод

Биосорпција је и
идејом да користи је
еколошки бенефит. У
молекула да веже од
Појам „биосорпција
појам сорпција и оз
површину чврсте ф
биосорпционим про
телија) или нежива
процес, који не зах
високи, а при томе
(често и отпадни). С
методе су ниска ул
биолошког муља, ла
гућност издвајања н
дијум [3]. Иако је те
од, истраживања из
јавност је свесна о
и даље заинтересов
научно-истраживач
струким базама под
пција“ је бележио к
две године забележе



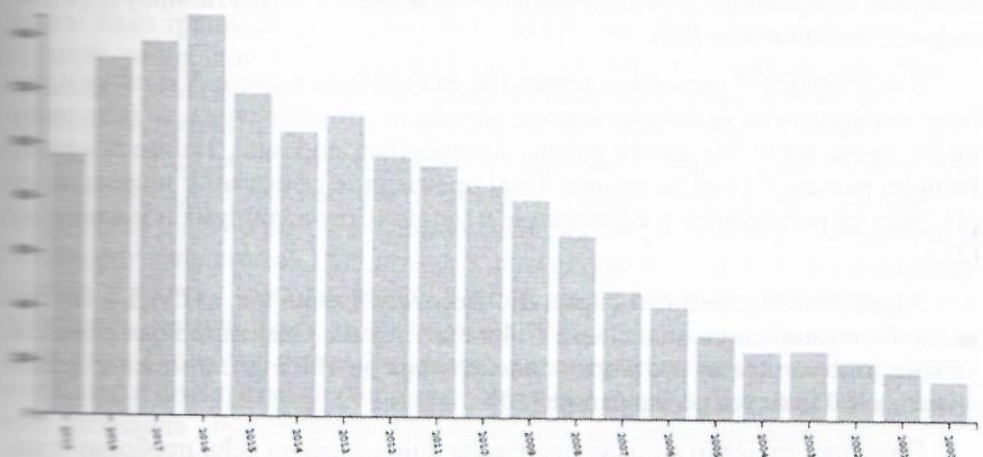
Слика 1. Број објављених радова о биосорпцији од 2005. до 2011. године.

paper investigates the reasons of lack of practical application and commercial success of biosorbents.

Key words: biotechnology, biosorption, wastewater treatment

1. Увод

Биосорпција је интердисциплинарна грана биотехнологије осмишљена са циљем да користи јефтине материјале и методе а да истовремено обезбеди еколошки бенефит. У литератури се најчешће дефинише као способност биомасе да веже одређене јоне (или друге молекуле) из водених раствора [1]. Појам „биосорпција“ је настао додавањем префикса био на физичко-хемијски појам сорпција и означава појаву везивања неког од састојка водене фазе на површину чврсте фазе биолошког материјала [2]. Биомаса која се користи у биосорпционим процесима, као биосорбент, може бити жива (у форми живих ћелија) или нежива. У литератури биосорпција се представља као ефикасан процес, који не захтева висока улагања и чији оперативни трошкови нису високи, а при томе се користе материјали који су лако доступни и јефтине (често и отпадни). Стога, предности биосорпције у односу на конвенционалне методе су ниска улагања, висока ефикасност, минимизација хемијског или биолошког муља, лако одржавање, могућност регенерације биосорбента и могућност издвајања корисних компоненти као што су злато, платина и палладијум [3]. Иако је термин биосорпција научној јавности познат већ дужи период, истраживања из ове области и даље не губе на популарности. Научна јавност је свесна овог феномена пре свега по томе што велики број часописа је и даље заинтересован да објављује радове из ове области. Према подацима научно-истраживачке платформе Web of Science [4] која има приступ вишеструким базама података, број објављених радова везаних за термин „биосорпција“ је бележио константан раст све до 2016. године, да би тек у последње две године забележен врло благи пад (слика 1).



Слика 1. Број објављених радова чија тема је биосорпција по годинама

ИЈЕ У РЕАЛНИМ

LOGY IN REAL

РОВИЋ²,
ИЈА КОПРИВИЦА⁵,
А ЛОПИЧИЋ⁷

ра на способности биоло-
личите органске или неор-
потребе да пружи алтер-
редности су ефикасност,
ност биомасе. До сада су
био-адсорбенти и њихови
броја истраживача. Нажа-
ља као технологија буду-
аторисјких истраживања
вају да се шире примењује

них вода

order to provide low cost
e time. It is based on ability
llutants from the aqueous
simplicity and availability
igin have been investigated
research papers. Although
nology for more than two
at laboratory scale. This

других минералних сире-

Београд
Београд
рад
Београд
Београд 86, Београд
Београд

...која може објаснити
...испитивања, која су до сада би
вљена, су рађена углавном у лабораторијским условима (у шарканима или у мини колонама) и мало тога је успело да се комерцијализује. У дугој историји истраживања ове области деведесетих година појавила су се и прва пилот постројења и пар комерцијалних постројења [5].

Управо ова прва пилот постројења су указала на врло битна ограничења на која комерцијализација процеса биосорпције наилази. Један од највећих и тешко премостивих проблема је свакако потреба да се обезбеди континуалан прилив основног материјала - биомасе који би се користио у индустријске сврхе. У супротном трошкови складиштења или производње потребног материјала би веома поскупели процес.

Такође, у исто време, појавило се и неколико комерцијалних производа који су дизајнирани у сврху уклањања тешких метала из индустријских и рудничких отпадних вода и међу њима најпознатији су: BIO-FIX, AMT-BIOCLAIM™, BV-SORBEX™ и AlgaSORB™ [6].

BIO-FIX је биосорбент који је избацила на тржиште фирма „US Bureau of Mines“. Сорбент је састављен од различитих биолошких материјала (Spirulina sp., Lemna sp., Sphagnum sp.), имобилисаних у порозне грануле [7].

Показало се да је јако ефикасан и користан за третман отпадних вода које садрже тешке метале, да је веома постојан и да може да се регенерише чак и у преко 200 циклуса [8].

AMT-BIOCLAIM™ је развила фирма Advanced Mineral Technologies, Inc (AMT). Биосорбент је на бази бактерије *Bacillus subtilis*, у форми гранула, такође ефикасно уклања јоне тешких метала и може да се користи за издвајање злата из цијанидних раствора [6]. Како су економске анализе утврдиле, овај поступак је јефтинији 50% од хемијског таложења и 25% јефтинији у поређењу са јоноизмењивачима [10].

BV-SORBEX™ развила је фирма BV-SORBEX из Канаде. У питању је сорбент дизајниран за уклањање тешких метала из отпадних вода, на бази различитих врста алги: *Sargassum natans*, *Ascophyllum nodosum*, *Halimeda opuntia*, *Palmyra ramata*, *Chondrus crispus*. Овај производ је ефикасан у ширем опсегу рН, лако се регенерише и ефикасан је и у присуству калцијума и магнезијума (2).

AlgaSORB™ је развила фирма Bio-Recovery System Inc. из САД-а. На бази је имобилисане слатководне алге *Chlorella vulgaris*. Овај материјал ефикасно уклања јоне метала из раствора концентрација до 100 mg/L и може издржати више од 100 циклуса регенерације [10].

Нажалост ни један од ових производа није направио већи пробој на тржишту.

2. Примена процеса биосорпције у индустријске сврхе

2.1. Фактори који ограничавају примену биосорбената у реалним системима и њихово превазилажење

Често се биосорбенти пореде са јоноизмењивачким смолама. Међутим, јоноизмењивачке смоле су дизајниране да буду строго селективне према полутанту од интереса, док употребу биомасе у реалним системима отежава изузетна хемијска комплексност и хетерогеност (више врста функционалних група које су способне да везује различите јоне) као и неселективност према различитим полутантима. Индустријски ефлуенти, за разлику од синтетичких раствора у лабораторијским истраживањима, су комплексног састава и садрже различите полутанте. Да би се превазишао овај проблем потребно је будућа истраживања усмерити ка дизајнирању биосорбената састављених од различитих материјала (композитни биосорбенти) који ће имати афинитет према већем броју различитих полутаната, како би били примењиви у индустријским размерама.

Додатно, практичну примену отежава примена самлевене и спрашене биомасе због: испуштања органских компоненти у раствор (што утиче на повећање ХПК и БПК), лоших механичких карактеристика, губитка масе након регенерације, отежане сепарације ситних честица употребљене биомасе из третираног ефлуента и сл. [11]. Истраживачи су превазишли наведене недостатке употребом различитих третмана модификације (хемијске, физичке или биолошке) као и коришћењем различитих поступака имобилизације, гранулације и пелатизације. У те сврхе коришћени су веома успешно природни или синтетички полимери који су се показали као веома ефикасни за имобилизацију различитих биолошких материјала у ове сврхе.

Један од можда најважнијих фактора који отежавају примену биосорбената у индустријским размерама је економски аспект производње биосорбената. Како трошкови поступка добијања биосорбента утичу на његову крајњу цену, неопходно их је узети у обзир када говоримо о њиховој практичној примени. У литератури трошкови добијања неког биосорбента су углавном потпуно занемарени. Познато је да се цена зеолита креће од 0,03 до 0,12, док се цена активног угља креће од 2,0 до 2,2 америчких долара по килограму [12]. Међутим, јако је тешко направити поређење трошкова добијања биосорбента без узимања у обзир његових перформанси (а посебно његове ефикасности и сорпционог капацитета). Оно што се у литератури назива јефтин биосорбент уствари се односи само на његову почетну цену, без урачунавања трошкова транспорта, складиштења, модификације, регенерације и сл. Евидентно је да ако постоји потреба за побољшањем адсорпционог капацитета и/или селективности, различити третмани (термички, хемијски и др.) ће утицати и на крајњу цену производа - биосорбента. Такође, процес регенерације често захтева велике количине хемијских средстава (најчешће киселина) које не само да поскупују поступак већ и додатно утичу на загађење животне средине. На крају

остаје можда и најважније питање: шта урадити са искоришћеним бисорбентом (потенцијално опасним отпадом).

Када се све ово узме у обзир потребно је избалансирати све параметре (израчунати трошкове животног циклуса добијеног производа) и тек тада са сигурношћу рећи да ли је неки биосорбент јефтин и исплатљив, стога и примењив у индустријске сврхе.

2.2. Пробој на тржиште

Дуг вишегодишњи процес стицања знања о могућностима употребе биосорбената за третман отпадних индустријских вода омогућио је пробој нових идеја које су довеле и до крајњег производа примењивог у индустријским размерама. Једна таква прекретница у истраживању биосорпционих процеса је употреба аеробних гранула која изазива све веће и веће интересовање научне јавности. Аеробне грануле представљају ауто-имобилизирајуће агрегате различитих заједница микроорганизама [13]. Ови микро-екосистеми окупљају велики број различитих врста микроорганизама који имају различите функције у пречишћавању отпадних вода оптерећених нитратима, фосфатима, органским и токсичним супстанцама. Предност употребе аеробних гранула у пречишћавању отпадних вода огледа се у томе што имају компактну структуру, изузетну способност таложња и способност да пречисте веома загађене отпадне воде [14]. Након 20 година упорног истраживања на овом пољу на Delft University of Technology у Холандији развијено је иновативно биолошко решење, под називом Nereda процес који је скројен да одговара комерцијалној употреби. Поступак је базиран на употреби аеробних гранула које се таложу много брже и које су изузетно ефикасне због свог специфичног састава: грануле имају спољашњи аеробни омотач и анаеробно унутрашње језгро. У постројењима за пречишћавање отпадних вода аеробни и анаеробни поступци су временски и локацијски одвојени, док у случају Nereda технологије велика предност је, поред изузетне ефикасности самих гранула, то што се аеробни и анаеробни третман дешава истовремено на једном месту.

Након постављања огледних постројења у Јужној Африци и Португалији, прво постројење које користи ову врсту технологије почело је са радом 2011. године у граду Епе у Холандији (капацитет 59.000 ЕС) и 2013. године у још једном граду у Холандији (капацитет 140.000 ЕС). У међувремену је отворено још 25 Nereda постројења са капацитетима између 15.000 и 95.000 ЕС [15]. Nereda технологија се данас у многим државама користи за третман отпадних вода у различитим индустријама и за третман комуналних отпадних вода.

3. Закључак

Овај прегледни рад укратко описује предности и мане употребе биосорпционих процеса (који су већ неколико деценија у фокусу истраживача) у сврху третмана отпадних вода. Такође, даје приказ и разлоге мање или више успешних покушаја њихове комерцијализације. Посебан фокус у раду дат је

сорпцији аеробних биосорбента и најуспешнијим биосорпционих процеса

4. Литература

- [1] Volesky В, P
- [2] Милојковић Стојановић Крагујевац
- [3] Шоштарих бентом на ција, Пољо
- [4] <https://wcs.w>
- [5] M. Tsezos, I for Technol
- [6] Милојковић *phyllum spic* Универзите
- [7] Michalak I, *process-a*, 1 1416,2013.
- [8] Tsezos M, *metallurgical processes*, 20
- [9] Jeffers, T. H *immobilised* 9461, 1993.
- [10] Eccles H, Int
- [11] Liu Y, Liu Y and Purificat
- [12] Zhou Y, Lu *adsorbents*, a
- [13] Wang L, Liu on biosorptio 253-270, 201
- [14] Крзнар Ката лацје у обр факултет, С
- [15] <http://www.>

шћеним бисор-
и све параметре
а) и тек тада са
ив, стога и при-

а употребе био-
је пробој нових
индустријским
оних процеса је
есовање научне
ће агрегате раз-
стеми окупљају
различите фун-
ма, фосфатима,
обних гранула у
компактну стру-
е веома загађене
а овом пољу на
гивно биолошко
а комерцијалној
а које се таложе
ног састава: гра-
ашње језгро. У
робни поступци
нологије велика
то се аеробни и

и Португалији,
е са радом 2011.
3. године у још
мену је отворено
95.0000 ЕС [15].
етман отпадних
адних вода.

потребе бисор-
истраживача) у
мање или више
ус у раду дат је

сорпцији аеробним гранулама као представника за сада најуспешнијег биосо-
рбента и најуспешније технологије проистекле из предходних истраживања
биосорпционих процеса.

4. Литература

- [1] Volesky В, Biosorption and me. *Water Research*, 41, 4017-4029, 2007.
- [2] Милојковић Ј, Лопичић З, Петровић М, Михајловић М, Петровић Ј, Којић М, Стојановић М, Биосорпција као одржива метода за уклањање полутаната из отпадних вода, *Међународни стручни скуп „Водовод и канализација 2017“*, Крагујевац 10-13 октобра, Савез инжењера и техничара, 175-180, 2017.
- [3] Шоштарић Д.Т, *Уклањање тешких метала из водених раствора биосор-
бендом на бази коштица кајсија као отпадне биомасе*, докторска дисерта-
ција, Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, 2016.
- [4] <https://wcs.webofknowledge.com>
- [5] М. Tsezos, *Biosorption of Metals*, The Experience Accumulated and the Outlook for Technology Development, 2001.
- [6] Милојковић В. Ј, *Биосорпција одабраних тешких метала компостом Myrio-
phyllum spicatum*, Докторска дисертација, Технолошко-металуршки факултет,
Универзитет у Београду, 2015.
- [7] Michalak I, Chojnacka K, Witek-Krowiak A, *State of the art for the biosorption
process-a*, Review, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 170, 1389–
1416, 2013.
- [8] Tsezos M, Hatzikioseyan A, Remoudaki E, *Biofilm reactors in mining and
metallurgical effluent treatment: biosorption, bioprecipitation, bioreduction
processes*, 2012.
- [9] Jeffers, T. H, Bennett P. G, Corwin R. R, *Biosorption of metal contaminats using
immobilised biomass - field studies*, US Bureau of Mines, Report of investigations
9461, 1993.
- [10] Eccles H, *International Biodeterioration and Biodegradation*, 35, 5-16, 1995.
- [11] Liu Y, Liu Y. J, *Biosorption isotherms, kinetics and thermodynamics*, *Separation
and Purification Technology*, 61 (2008) 229-242.
- [12] Zhou Y, Lu Jian, Zhou Y, Liu Y, *Recent advances for dyes removal using novel
adsorbents*, a review, *Environmental Pollution*, 252, 352-365, 2019.
- [13] Wang L, Liu X, Lee D. J, Taz J. H, Zhang Y, Wan C. L, Chen X. F, *Recent advances
on biosorption by aerobic granular sludge*, *Journal of hazardous Materials*, 357,
253-270, 2018.
- [14] Крзнар Катарина, *Карактеристике аеробних гранула и процес аеробне грану-
лације у обради отпадних вода*, Завршни рад, Прехрамбено-биотехнолошки
факултет, Свеучилиште у Загребу, 2015.
- [15] <http://www.hach.com>