

TwINSol-CECs perspektive: Kratki retrospektivni osvrti istraživača Tehnološkog fakulteta Novi Sad na teme od značaja za projekat TwINSol-CECs

Zbirka naučno-popularnih članaka (prevoda sa engleskog jezika) objavljenih na profilu TwINSol-CECs projekta na društvenoj mreži LinkedIn, kao deo aktivnosti u okviru projektnog Radnog paketa 6

Napredak u monitoringu nereguliranih zagađujućih supstanci u prirodnim resursima

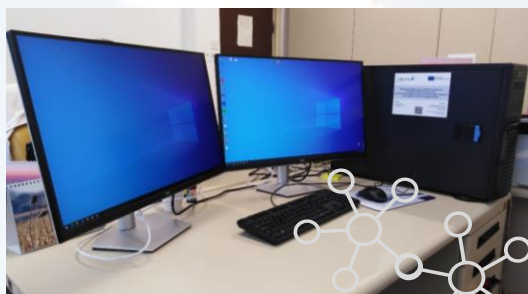
Stotine hiljada supstanci koje se svakodnevno koriste dospevaju u životnu sredinu, najčešće nenamerno, u malim koncentracijama, a da pri tome nisu deo postojećih kontrolnih mehanizama - savremeni analitički instrumenti, moderna softverska rešenja i međunarodna naučna saradnja predstavljaju ključne preduslove za dublje razumevanje hemijskog statusa vodnih resursa, što je neophodno za dalje postavljanje prioriteta u kontroli zagađujućih supstanci, koji u budućnosti moraju postati deo regulatornih okvira.

U svetu se svakodnevno koristi nekoliko stotina hiljada različitih supstanci u raznim sektorima (industriji, poljoprivredi, bolnicama, domaćinstvima i školama), koje često nenamerno i/ili nekontrolisano dospevaju u životnu sredinu. Nasuprot tome, sistemi redovnog monitoringa hemijskog stanja i stepena zagađenosti životne sredine obuhvataju analize samo nekoliko desetina do stotinu supstanci. Poslednjih decenija došlo je do značajnog porasta količine podataka o prisustvu raznih hemijskih supstanci u prirodi. Iako su mnoge od ovih supstanci prisutne u izuzetno malim koncentracijama - milionitima ili milijarditim delovima grama po litri - njihovi efekti na žive organizme variraju od naučno dokazanih do pretpostavljeno štetnih, a za veliki broj njih posledice su i dalje nepoznate, posebno kada se razmatra mogući sinergijski efekat. Dokazi o prisustvu velikog broja tzv. emergentnih zagađujućih supstanci, EZS (*Contaminants of Emerging Concern - CECs*) u površinskim i podzemnim vodama, kao i drugim ekološkim resursima, uključujući farmaceutske proizvode, kozmetiku, pesticide u aktuelnoj upotrebi, per- i polifluoralkil supstance, industrijske hemikalije i dr, postali su dostupni zahvaljujući razvoju savremenih, sve osetljivijih i selektivnijih analitičkih instrumenata koji omogućavaju detekciju izuzetno niskih koncentracija brojnih jedinjenja. Da li ova jedinjenja i njihovi nivoi prisustva u životnoj sredini zaista utiču na živi svet, treba da pokažu ekotoksikološke analize i procene rizika – ali isključivo na osnovu rezultata monitoringa.

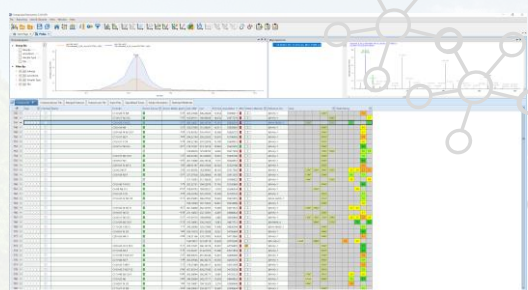


U poslednjih deset godina velika pažnja posvećena je instrumentima koji kombinuju hromatografiju i masenu spektrometriju visoke rezolucije (HRMS), povezanim sa moćnim računarima i specijalizovanim softverima, koji omogućavaju prikupljanje i brzu obradu ogromnih količina digitalnih HRMS podataka. Ovim pristupom se može dobiti uvid u istovremeno prisustvo velikog broja supstanci prisutnih u životnoj sredini. S obzirom da ne postoji način identifikacije svih prisutnih supstanci u jednom uzorku, zbog ograničenja koje nameću pojedinački koraci analitičkog procesa, pristup zasnovan na HRMS podacima omogućava do sada najširi i najdetaljniji uvid u hemijski status uzoraka iz životne sredine. Konvencionalni analitički pristupi zasnivaju se na veoma osetljivim, ali ograničenim metodama koje ciljano ispituju unapred odabrani set hemikalija, obično uz primenu instrumenata na bazi masenih spektrometara manje rezolucije od HRMS, pri čemu sve druge supstance prisutne u uzorku, koje su van tog skupa, ostaju nezabeležene i ne postoji mogućnosti njihove naknadne identifikacije u jednom snimljenim MS podacima. Suprotno tome, kod HRMS instrumenata i pratećih softverskih alata, podaci o supstancama u uzorku se digitalno arhiviraju, što predstavlja i način „čuvanja“ uzoraka vode što inače nije fizički moguće. Jednom snimljeni i arhivirani HRMS podaci mogu biti podvrgnuti naknadnoj obradi i novoj interpretaciji u svetlu savremenih saznanja.

Tako dobijeni digitalni otisak konkretnog uzorka iz određenog vremena i mesta omogućava prostorno i vremensko poređenje hemijskog statusa uzoraka vode i iz drugih delova životne sredine. U skladu sa najnovijim principima Otvorene nauke, koji se posebno promovišu u okviru programa Horizont Evropa, HRMS podaci čuvani u pouzdanim repozitorijumima sa otvorenim pristupom mogu se posmatrati kao dugoročna arhiva dragocenih informacija, značajna za multidisciplinarnu i međunarodnu saradnju u cilju novog znanja o zagađenju životne sredine i s njim povezanim rizicima.



U okviru projekta TwiNSol-CECs, koji koordinira Tehnološki fakultet Novi Sad, Srbija, nabavljen je moćan računar i specijalizovani softver za obradu HRMS podataka, čime je nadograđen postojeći instrument na bazi tečnog hromatografa povezanog sa HRMS. Ova nadogradnja omogućava tzv. široko ciljanu i analizu pretpostavljeno prisustvni (engl. *suspect screening*) jedinjenja i ispitivanje prisustva brojnih EZS u uzorcima vode



Uz podršku kolega iz Instituta za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije (CSIC-IDAEA) iz Barselone, Španija, projekat TwiNSol-CECs donosi nove podatke o hemijskom statusu odabranih uzoraka površinskih voda iz Srbije, uključujući i one dobijene *suspect screening* analizom.

Digitalni HRMS podaci prikupljeni tokom trajanja projekta biće analizirani u saradnji sa kolegama iz CSIC-IDAEA. Repozitorijum tih podataka biće izvor dragocenih analitičkih informacija za naredne projekte i umrežavanje Tehnološkog fakulteta Novi Sad, doprinoseći međunarodnim naporima za unapređenje stanja voda, što je usko povezano sa održivim korišćenjem vodnih resursa i zaštitom biodiverziteta.

Prof. Nataša Đurišić-Mladenović



Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/advances-monitoring-unregulated-contaminants-twinsol-cecs-s9gbf/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

Mikroplastika - makro problem kojim se bavi TwiNSol-CECs

U poslednje vreme, mikroplastika je postala jedan od značajnih globalnih problema zagađenja životne sredine zbog potencijalnog rizika po ljudsko zdravlje i organizme. Ovi rizici još uvek nisu u potpunosti razjašnjeni, ali zbog sveprisutnosti mikroplastike u svakodnevnom životu jasno je da nešto mora da se preduzme. Da bismo mogli da rešimo problem, prvo moramo da znamo koliko i kakve mikroplastike ima i gde se sve nalazi, a to još uvek nije lako utvrditi.

Budimo iskreni, svi volimo da idemo u kupovinu. Koliko odeće imate u svom u ormaru? Da li ste znali da je glavni izvor sitnih čestica plastike, tzv. mikroplastike (MP), u komunalnim otpadnim vodama zapravo pranje veša u mašini? Tokom samo jednog pranja 6 kg odeće od poliestera (PEST) i pamuka oslobađa se više od 100 000 vlakana.

Nažalost, tekstil nije glavni izvor mikroplastike u životnoj sredini. Veća količina mikroplastike se nenamerno ispušta tokom korišćenja boja, guma i peleta (malih komadića sirovog materijala za proizvodnju plastičnih proizvoda).



U Evropskoj uniji se godišnje u životnu sredinu nenamerno ispusti količina mikroplastike koja bi mogla da ispuni 200 do 600 olimpijskih bazena. Prema procenama, globalna količina mikroplastike koja se ispušta godišnje iznosi oko 200 grama po osobi, što je jednako težini od oko 40 plastičnih kesa.

Mikroplastika se ne može u potpunosti ukloniti u konvencionalnim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV), osim one koja se zadržava u mulju iz kanalizacije. Čak i kada se zadrži u mulju, polovina ipak može dospeti u životnu sredinu kroz potencijalnu primenu mulja kao đubriva u poljoprivredi. Mikroplastika koja se nije zadržala u mulju ulazi u vodene sisteme, uglavnom u površinske vode.



Mikroplastika se može detektovati u svim elementima životne sredine, moru, slatkim vodama, zemljištu, kao i u hrani i vodi za piće, što doprinosi trajnom zagađenju naših ekosistema različitim regulisanim i neregulisanim supstancama, poznatim kao emergentna zagađujuća jedinjenja (*Compounds of Emerging Concern, CECs*). Pored toga, neke vrste mikroplastike se mogu razgraditi do perzistentnih, kancerogenih jedinjenja, a akumulacijom u digestivnom traktu vodenih organizama mikroplastika ulazi u lanac ishrane. Međutim, ne predstavlja samo mikroplastika pretnju za ljudsko zdravlje, već i funkcionalni dodaci mikroplastici (npr. ftalatni esteri) i druge organske i neorganske supstance koje se mogu adsorbovati na mikroplastiku.

Trenutno, u Evropskoj Uniji ne postoji sveobuhvatni zakon kojim se reguliše prisustvo mikroplastike u životnoj sredini. Akcioni plan za nultu stopu zagađenja (*Zero Pollution Action Plan*) iz 2021. godine ima za cilj smanjenje emisije mikroplastike u životnu sredinu za 30% do 2030. godine u okviru Evropskog zelenog dogovora. U septembru 2023. godine, Evropska komisija usvojila je Uredbu 2023/2055 o postepenom ukidanju primene mikroplastike koja se namerno dodaje u neke proizvode. Fokus je trenutno na zabrani korišćenja mikroplastike u proizvodima kao što su mikrokuglice u kozmetičkim proizvodima, punila za veštačke travnjake, đubriva, sredstva za zaštitu bilja i slično, što ukupno čini oko 145 000 tona mikroplastike godišnje u EU/EEA.

Za efikasnu borbu protiv zagađenja mikroplastikom potrebno je prikupljanje dodatnih podataka o nivou mikroplastike u životnoj sredini i potencijalnim efektima na ljudsko zdravlje, dok je za praćenje napretka i procenu efikasnosti preduzetih mera vrlo važan pojačan monitoring emisija. Naravno, za rešavanje ovakvog problema neophodna su nova naučna otkrića i primenljiva inovativna rešenja.

Međutim, identifikacija, kvantifikacija i karakterizacija mikroplastike različitog sastava, oblika i veličine predstavlja veliki izazov. Upravo zato se radi na usavršavanju postojećih metoda koje mogu da detektuju još sitnije čestice i istovremeno smanje mogućnost greške u prepoznavanju drugih čestica kao plastike.

Karakterizacija mikroplastike (identifikacija i kvantifikacija) zahteva upotrebu osetljivih analitičkih metoda, a u zavisnosti od ciljeva istraživanja, potrebne informacije mogu uključivati tip polimera, veličinu, oblik, broj čestica i masu mikroplastike.



A. Abreu, M.L. Pedrotti, Microplastics in the oceans: the solutions lie on land, *Field Actions Science Reports* 19, 2019. <http://journals.openedition.org/factsreports/5290>

Zahvaljujući projektu TwiNSol-CECs omogućeno je unapređenje postojećeg instrumenta zasnovanog na gasnoj hromatografiji sa masenom spektrometrijom (GC/MS) na Tehnološkom fakultetu Novi Sad, čime je proširen spektar monitoringa zagađujućih supstanci životne sredine i omogućena kvalitativna analiza mikroplastike pomoću novo instalirane pirolitičke jedinice (Pyr-GC/MS). Uz podršku uglednog projektnog partnera - Instituta za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije (CSIC-IDAEA) iz Barselone, organizovane su obuke u vezi sa uzorkovanjem, pripremom uzoraka i analizom mikroplastike u uzorcima vode korišćenjem Pyr-GC/MS metode. Međutim, to nije kraj mogućnostima koje je otvorilo ovo unapređenje. Pyr-GC/MS predstavlja i vredan alat za karakterizaciju širokog spektra polimera i kompozitnih materijala, uključujući biopolimere, ali i različite materijale bazirane na biomasi, kao što su biougalj i hidrougalj, koji su takođe uključeni u projekat TwiNSol-CECs kroz deo istraživanja posvećen primeni biomaterijala u procesima uklanjanja emergentnih zagađujućih supstanci iz vode.

dr Dragana Lukić, docent
dr Igor Antić, naučni saradnik



Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/microplastics-macro-problem-tackled-twinsol-cecs-twinsol-cecs-pjqoc/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

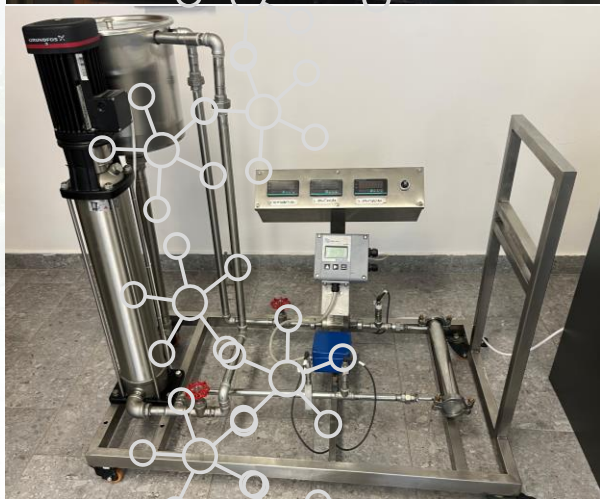
Napredne strategije prečišćavanja voda: Membranski procesi za uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci

Konvencionalne metode prečišćavanja otpadnih voda nisu dovoljno efikasne da uklone različite mikropolutante koji predstavljaju rizik po ljudsko zdravlje. Kao rezultat toga, takve supstance se često detektuju u različitim vodenim sredinama. Toga su napredne tehnologije prečišćavanja voda, poput nanofiltracije, neophodne da bi se eliminisale zagađujuće supstance poput farmaceutskih proizvoda, pesticida, jedinjenja koja ometaju endokrini sistem, mikroplastike i druge.

Tokom proteklih decenija, široka upotreba farmaceutskih proizvoda, proizvoda za ličnu negu, pesticida i sličnih supstanci - često bez adekvatnog tretmana otpadnih tokova i kontrole njihovog prisustva u životnoj sredini - dovela je do povećanja koncentracija takozvanih emergentnih zagađujućih supstanci (*Contaminants of Emerging Concern, CECs*) u životnoj sredini, a posebno u vodama.

Emergentne zagađujuće supstance su privukle značajnu pažnju naučnih krugova i donosioca odluka u razvijenim zemljama širom sveta zbog svojih potencijalnih negativnih efekata na ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Dokazi akumulirani tokom proteklih decenija u vezi sa čestim prisustvom ovih zagađujućih supstanci u otpadnim vodama, efluentima iz pogona za prečišćavanje otpadnih voda, površinskim vodama, podzemnim vodama, pa čak i vodi za piće, naglašavaju ograničenja konvencionalnih metoda prečišćavanja otpadnih voda i potrebu za iznalaženjem naprednijih rešenja.

S obzirom na kritični značaj vode, nanofiltracija i reverzna osmoza pojavile su se kao obećavajuće tehnologije za uklanjanje mikropolutanata i poboljšanje kvaliteta voda. Prečišćavanje voda upotrebom membrana prvenstveno se oslanja na sposobnost membrana da razdvoje molekule na osnovu veličine, ali i drugim molekularnim svojstvima jedinjenja. Pošto većina emergentnih zagađujućih supstanci spada u opseg molekulskih veličina od 200-500 Da, a membrane za nanofiltraciju obično imaju graničnu vrednost molekulske mase između 200 i 1000 Da, nanofiltracija je identifikovana i dokazana kao efikasan pristup za njihovo uklanjanje.



Primena nanofiltracije u procesima prečišćavanja vode već je pokazala obećavajuće rezultate, sa efikasnošću uklanjanja koja prelazi 90% za razne štetne supstance u različitim vodenim uzorcima. Međutim, da bi se omogućila primena u industrijskim razmerama, potrebna su dalja istraživanja, posebno kako bi se utvrdili najefikasniji, isplativiji i održivi radni parametri procesa, uslovi rastvorenih materija i karakteristike membrana za uklanjanje emergentnih zagađujućih jedinjenja.

U okviru projekta TwiNSol-CECs, oprema za membransku filtraciju je kupljena i instalirana na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu. Ova oprema omogućava istraživačima na Fakultetu Sadu da odrede efikasnost različitih procesa filtracije, kao što su nanofiltracija i reverzna osmoza. Poređenje različitih membranskih materijala, graničnih vrednosti molekulske veličine, kao i operativnih parametara i svojstava vodenog rastvora, omogućava određivanje najefikasnijih membrana i uslova za uklanjanje različitih pesticida, farmaceutski aktivnih supstanci i perfluoroalkilnih supstanci. Uz pomoć i podršku kolega sa NOVA Univerziteta u Lisabonu, istraživači sa Tehnološkog fakulteta Novi Sad dodatno proširuju svoje znanje o membranskim filtracijama i tretmanima vode. Takva istraživanja mogu se dalje koristiti za iznalaženje potencijalnih rešenja za tretmane vode u mnogo većim razmerama. Stoga je, pored kupljene laboratorijske opreme za "dead-end" membransku filtraciju, projektni tim na Tehnološkom fakultetu Novi Sad razvio specifičnu nadogradnju postojeće pilot opreme za ultrafiltraciju koja sada radi zajedno sa modulom za nanofiltraciju. Ova nadogradnja omogućava našem timu da testira i obrađuje uzorke vode u relevantnom i operativnom okruženju. Zajedno sa novostečenim znanjem iz svetski poznatog centra izvrsnosti u oblasti membranskih procesa sa NOVA Univerziteta u Lisabonu, projekat TwiNSol-CEC omogućava dalja rešenja za postojeće i buduće izazove u procesima prečišćavanja vode, doprinoseći tako naporima za poboljšanje kvaliteta vode.

Prof. Zita Šereš i doc. dr Nikola Maravić



Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/advanced-water-treatment-strategies-membrane-emerging-twinsol-cecs-rmp8e/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

U borbi protiv zagađenja voda: napredni oksidacioni procesi protiv emergentnih zagađujućih supstanci

Veliki broj štetnih organskih mikropolutanata u ispuštenim otpadnim vodama, čak i nakon njihovog prečišćavanja, predstavlja rizik za ekosisteme i ljudsko zdravlje. Unapređeni oksidacioni procesi (*Advanced Oxidation Processes - AOP*) nude moćno rešenje, koristeći slobodne radikale za razgradnju ovih zagađujućih supstanci. Istraživači iz Srbije i Portugala, kroz projekat TwiNSol-CECs, rade na inovativnim *AOP* tehnologijama kako bi voda bila (hemijski) bezbednija za buduće generacije.

Obezbeđivanje dovoljnih količina zdravstveno bezbedne vode za piće je imperativ u 21. veku. Prisustvo organskih mikropolutanata (kao što su pesticidi, farmaceutski aktivna jedinjenja, proizvodi za ličnu negu, aditivi, plastifikatori itd.) u resursima vode za piće komplikuje njenu pripremu, jer ova jedinjenja uglavnom zaostaju u ispuštenim otpadnim vodama nakon konvencionalnih procesa prečišćavanja.



Dakle, ove zagađujuće supstance često dospevaju u prirodne vode ispuštanjem komunalnih i industrijskih otpadnih tokova, putem gradskih otpadnih voda i procednih voda sa poljoprivrednog zemljišta i deponija itd. Mogu negativno uticati na biodiverzitet, narušavajući život vodenih organizama, dovodeći čak i do promena u genetskim svojstvima organizama usled dugotrajnog izlaganja određenim supstancama. Iako ova jedinjenja često imaju potencijalan negativan uticaj na zdravlje, većina još uvek nije regulisana niti kontrolisana u životnoj sredini, i često se nazivaju emergentne zagađujuće materije (*Contaminants of Emerging Concern - CECs*).

Rešavanje problema prisustva emergentnih zagađujućih supstanci u vodi zahteva integrisane pristupe i sveobuhvatne mere. To uključuje poboljšanje procesa prerade površinskih i prečišćavanja otpadnih voda, kako bi se ove zagađujuće supstance uklonile i sprečile da dospevaju u kontakt sa organizmima, sprovođenje strožijih propisa upravljanja otpadnim tokovima i kontrole nad postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda i industrijom radi smanjenja emisija organskih mikropolutanata, kao i podizanje svesti o štetnosti ovih supstanci.

Napredne tehnologije za prečišćavanje vode, kao što su *AOP* procesi, igraju ključnu ulogu u efikasnom uklanjanju organskih zagađujućih supstanci iz vode. Ovi procesi se zasnivaju na stvaranju slobodnih radikala, visoko reaktivnih i snažnih oksidirajućih vrsta, koje učestvuju u razgradnji organskih polutanata.

AOP procese su prvi precizno definisali Glejz i saradnici (*Ozone: Sci. Eng.* 9 (1987) 335) kao procese prečišćavanja vode koji se izvode na sobnoj temperaturi i normalnom pritisku radi razgradnje organskih i nebiorazgradljivih zagađujućih supstanci. Prvi *AOP* bio je Fentonov proces, koji je razvijen krajem 19. veka, a zasnivao se na upotrebi rastvora Fe^{2+} soli i vodonik-peroksida za uklanjanje postojećih organskih polutanata iz vode.



Od kada su *AOP* prvi put definisani, ova oblast je doživela brz razvoj kako u teoriji tako i u praksi. Utvrđeno je da se stvaranje slobodnih radikala, a samim tim i efikasnost procesa oksidacije, može značajno poboljšati dodavanjem drugih oksidacionih sredstava (na primer, ozona), UV zračenja ili sunčeve svetlosti, ili kombinovanjem Fentonove tehnike sa elektrohemijским reakcijama, što je dovelo do razvoja novih tipova *AOP* procesa.



Do sada su hemijski procesi (zasnovani na Fentonovoj reakciji i perokson procesu), fotohemijski AOP (fotoliza H_2O_2 i O_3 , foto-Fentonov proces ($H_2O_2/Fe^{2+}/UV$) i heterogena fotokataliza (TiO_2/UV)), sonohemijski AOP i elektrohemijski AOP, bili predmet opsežnog istraživanja.

Efikasnost procesa oksidacije zavisi od nekoliko faktora (uključujući dozu oksidacionog sredstva, vrstu fotokatalizatora, koncentraciju organskih zagađujućih supstanci, vreme reakcije, pH vrednost itd.), stoga, optimizacija ovih parametara može značajno poboljšati efikasnost procesa.

Fotohemijski AOP procesi su dobili sve veću pažnju zbog toga što su jednostavni, relativno jeftini i generalno efikasniji od hemijskih AOP procesa. Ovi procesi istovremeno postižu dezinfekciju i uklanjanje zagađujućih supstanci iz vode. S druge strane, zbog relativno visokih troškova primene, AOP nisu komercijalno korišćeni u velikim razmerama čak ni do danas, posebno u zemljama u razvoju.

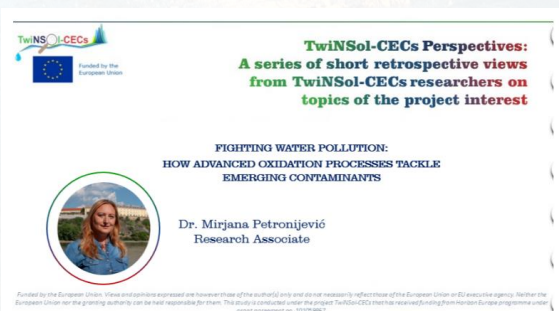
Ipak, njihova visoka efikasnost u uklanjanju zagađujućih supstanci iz vode čini AOP popularnom tehnikom u terciarnom/kvaternom tretmanu vode. Istraživanja usmerena na optimizaciju parametara procesa i razumevanje mehanizama reakcije doprineće daljem napretku u ovoj oblasti, omogućavajući razvoj održivijih metoda za tretman vode zagađene ovim supstancama.

U okviru projekta TwiNSol-CECs, koji koordinira Tehnološki fakultet Novi Sad Univerziteta u Novom Sadu, u saradnji sa NOVA Univerzitetom iz Lisabona, Portugalija, istražuju se inovativni napredni procesi za prečišćavanje otpadne vode, sa posebnim fokusom na uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci. Kao dodatna vrednost projekta, razvija se *suspect screening* analiza u partnerstvu sa Institutom za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije (CSIC-IDAEA), čime se dodatno poboljšava projektni uticaj sagledavanjem transformacionih proizvoda u vodi tretiranoj AOP procesom.

Naime, ova vrsta analize igra ključnu ulogu u određivanju da li procesi oksidacije razgrađuju polutante u bezopasna jedinjenja ili ih transformišu u još toksičnije nusproizvode. Ovo je neophodno za optimizaciju AOP procesa i njihovu bezbednu i efikasnosnu implementaciju u procese prečišćavanja otpadnih voda. Unapređenjem AOP tehnologija i usavršavanjem metoda analiza emergentnih zagađujućih supstanci i njihovih transformacionih proizvoda, projekat TwiNSol-CECs daje značajan doprinos obezbeđivanju vodnih resursa za sadašnje i buduće generacije.



dr Mirjana Petronijević, viši naučni saradnik



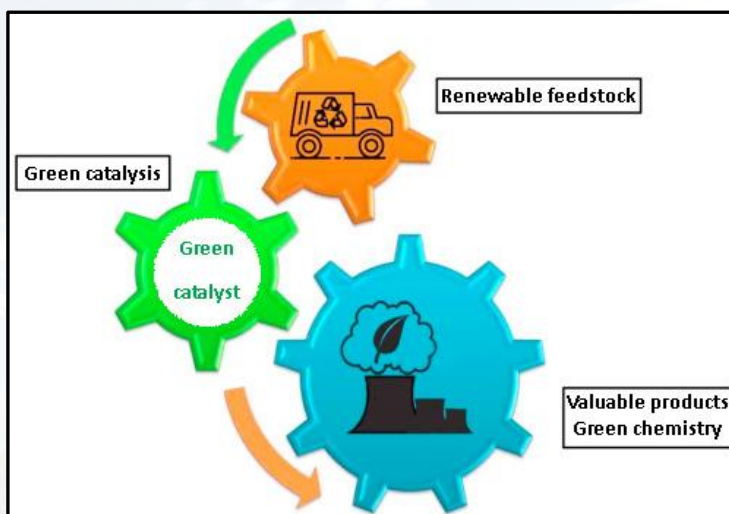
Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:

<https://www.linkedin.com/pulse/fighting-water-pollution-how-advanced-oxidation-tackle-cecs-bbm1c/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

Inovativna katalitička rešenja ka životnoj sredini bez zagađujućih supstanci

U odgovoru na neka od trenutno najvažnijih ekoloških pitanja, savremeni katalizatori su prevazišli svoje tradicionalne okvire koji su se prvenstveno odnosili na prosto ubrzavanje hemijskih reakcija. Inovativna procesna rešenja usmerena ka životnoj sredini bez zagađujućih supstanci u oblasti katalize zahtevaju inteligentno dizajniranje multifunkcionalnih katalizatora uz korišćenje lako dostupnih, jeftinih i obnovljivih resursa. Takođe, primenom „zelenih“ puteva za njihovu proizvodnju, kataliza kao naučna disciplina može zauzeti istaknuto mesto u zelenoj hemiji i tehnologijama na putu ka održivom okruženju.

Kataliza je fenomen poznat još od davnina, a termin „kataliza“ prvi je upotrebio Berzelius 1836. godine kako bi označio novu supstancu sposobnu da ubrza hemijsku reakciju putem „katalitičkog kontakta“. Od tog vremena, katalitički procesi, kako homogeni tako i heterogeni, postali su sastavni deo svakodnevnog života, igrajući ključnu ulogu u proizvodnji većine hemikalija koje koristi naše društvo. Važnost ove naučne oblasti potvrđuje i podatak da se oko 90% hemijskih procesa oslanja na katalizatore u bar jednoj od svojih faza.



U današnje vreme, usled rastuće zabrinutosti za životnu sredinu, kataliza postaje važnija nego ikada ranije, predstavljajući jedan od glavnih izvora napretka u društvu. U tom smislu, istraživači u oblasti katalize suočeni su sa velikim izazovom - da osmisle i sintetišu visokoefikasne katalizatore koji će pomoći u rešavanju ključnih savremenih ekoloških problema: klimatskih promena, zagađenja, degradacije životne sredine i iscrpljivanja resursa.

Stalno smanjenje dostupnosti čiste i sveže vode na planeti ukazuje na hitnu potrebu za naprednim tehnologijama prečišćavanja otpadnih voda. Zagađujuće supstance koje izazivaju posebnu, emergentnu zabrinutost ili kraće emergentne zagađujuće supstance (*Compounds of Emerging Concern, CECs*) su supstance koje se neprekidno ispuštaju u životnu sredinu bez rutinskog praćenja i kontrole emisije, i mogu imati negativan ekološki i/ili zdravstveni uticaj. Zbog svoje postojanosti, do danas ne postoji nijedna tehnologija koja može istovremeno i u potpunosti ukloniti sve ove zagađujuće supstance. Pojedini procesi su pokazali potencijal uklanjanja nekih od njih, ali se primenjuju selektivno, u zavisnosti od slučaja. Napredni oksidacioni procesi (*Advanced Oxidation Processes, AOPs*) prvi put su definisani 1987. godine. Od tada, ove tehnologije doživljavaju brzi razvoj i predstavljaju odličnu alternativu konvencionalnim metodama za tretman vode. Među mnogobrojnim vrstama AOP procesa, heterogeni katalitički napredni oksidacioni procesi su u poslednje vreme privukli veliku pažnju naučne zajednice zbog svoje široke primene, ekološke prihvatljivosti, fleksibilnosti i potencijalne isplativosti. Ipak, veliki izazov i dalje predstavlja dizajniranje i sinteza katalizatora sa odgovarajućim karakteristikama, koji bi mogli efikasno i simultano da razgrađuju što veći broj emergentnih zagađujućih supstanci, a da se pri tome ne formiraju toksični sekundarni proizvodi. Takođe, kako bi se ispunili principi ekološke održivosti, materijali za sintezu novih katalizatora moraju prevazići tradicionalne izvore, odnosno biti prirodni, lako dostupni, jeftini i obnovljivi. U kombinaciji sa razvojem jednostavnih i energetski efikasnih sintetskih procedura, može se ostvariti „ozelenjavanje“ katalize kao naučne discipline.

Pre desetak godina, pojam „karbokataliza“ je uveden kao nova oblast heterogene katalize, iako je drveni uglj (ćumur), kao prvi ugljenični materijal, korišćen u katalizi još 1925. godine. Tokom brzog razvoja karbokatalize, mnogi istraživači su uvideli veliki potencijal karbokatalizatora koji funkcionišu bez prisustva metalnih čestica. Kao posledica toga, uveden je termin „bezetalni“ katalizatori bazirani na ugljeniku, koji predstavljaju novu klasu katalizatora i dalje su veoma aktuelna tema istraživanja u nastojanju da se tradicionalni metalni katalizatori zamene i/ili njihova upotreba smanji u bliskoj budućnosti.

U okviru projekta TwiNSol-CECs, pod rukovodstvom Tehnološkog fakulteta Novi Sad i uz podršku prestižnih evropskih partnera, NOVA Univerzitet u Lisabonu i Institut za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije iz Barselone, naš tim ima priliku da prati savremene trendove razvoja heterogene katalize za zaštitu životne sredine, posebno u oblasti heterogenih AOP procesa za prečišćavanje otpadnih voda. Naš cilj je iznalaženje novih zelenih sintetskih puteva za proizvodnju visokoefikasnih bezmetalnih karbokatalizatora, počevši od otpadne biomase, koji će dalje biti testirani za razgradnju emergentnih zagađujućih supstanci.



U cilju razvoja ovih visokoefikasnih katalizatora, posebna pažnja će biti posvećena savremenim strategijama za generisanje katalitičkih čestica: podešavanju njihovog hemijskog sastava, oblika i veličine, uvođenju defekata, dopiranj heteroatomima i formiranju heterospojeva primenom različitih vrsta ugljeničnih (nano)materijala. Na ovaj način, projekat TwiNSol-CECs će doprineti razvoju inovativnih procesnih rešenja ka životnoj sredini bez zagađujućih supstanci, dok će istovremeno unaprediti znanja i veštine istraživača sa Tehnološkog fakulteta Novi Sad u oblasti istraživanja emergentnih zagađujućih supstanci.

dr Sanja Panić, viši naučni saradnik



Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/twinsol-cecs-perspective-innovative-catalytic-towards-twinsol-cecs-yfdge/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

Projekat TwiNSol-CECs – očima angažovanih doktoranada

Projekti u okviru programa Horizon Europe, kao što je TwiNSol-CECs (101059867), su od velikog značaja za studente doktorskih studija, jer predstavljaju izuzetnu priliku za sticanje profesionalnog iskustva i razvoj karijere u međunarodnom okruženju. Saradnja sa iskusnijim kolegama omogućava mladim istraživačima da unaprede svoje znanje i veštine u oblasti svog interesovanja.



Učešće u međunarodnim projektima pruža brojne mogućnosti za studente doktorskih studija. Zajednička istraživanja koja se sprovode u okviru konzorcijuma sa više partnerskih institucija doprinosi razvoju tzv. transverzalnih („mekih“) veština kod mladih istraživača, poput komunikacije, pregovaranja i timskog rada, koje su ključne za uspešan razvoj karijere u akademskom svetu, a i šire. Pored profesionalnog razvoja, međunarodni projekti nude i značajne mogućnosti za lični razvoj, pružajući studentima dragocene životne veštine koje prevazilaze akademske okvire.

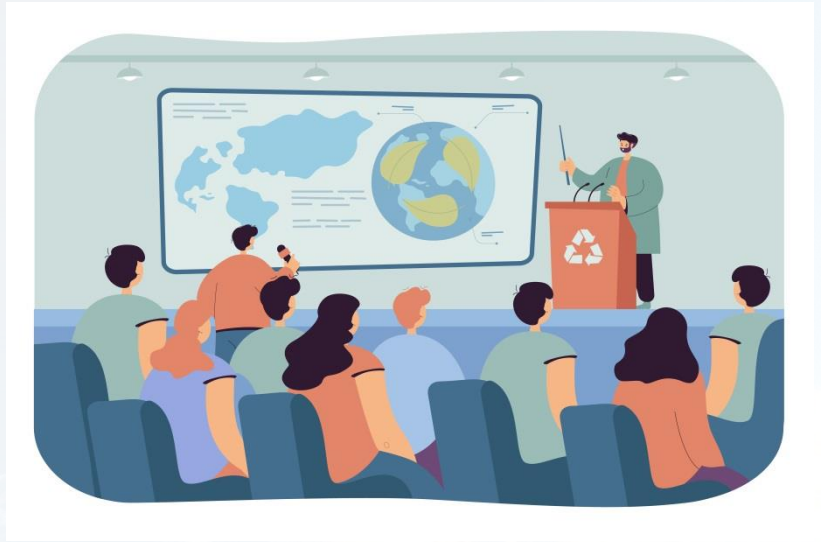
Zaštita životne sredine i rad na smanjenju zagađenja životne sredine, kao glavna tema projekta TwiNSol-CECs, omogućava mladim članovima projektnog tima da rade na jednoj od najaktuelnijih tema na globalnom nivou, dajući doprinos svetskim istraživačkim naporima ka stvaranju bezbednije, čistije i nezagađene planete. Primena najsavremenijih tehnologija sa ciljem smanjenja problema uzrokovanih prisustvom emergentnih zagađujućih supstanci u životnoj sredini i pomeranje granica postojećeg znanja u oblasti tretmana voda pruža jedinstvena znanja i veštine koje su od izuzetnog značaja za profesionalno usavršavanje.

U okviru projekta TwiNSol-CECs, organizovan je veliki broj kurseva i obuka (uživo i *online*) na kojima su naučnici iz evropskih partnerskih institucija sa značajnim naučnim dostignućima i publikacijama u oblasti zaštite životne sredine, prenosili saznanja stečena na drugim prestižnim istraživačkim i inovativnim projektima, što je omogućilo mladim istraživačima Tehnološkog fakulteta Novi Sad da se upoznaju sa najsavremenijim rešenjima razvijenim u nekim od vodećih istraživačkih timova Evrope Unije.

Zahvaljujući finansijskoj podršci projekta TwiNSol-CECs, studenti doktorskih studija su imali priliku da sarađuju sa kolegama sa Instituta za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije (CSIC-IDAEA), Barselona, i NOVA Univerziteta u Lisabonu. Ovaj vid saradnje pruža jedinstvenu priliku mladim istraživačima da uče od vrhunskih naučnika u oblasti analize zagađujućih supstanci u životnoj sredini, primene membranskih procesa i drugih pristupa u uklanjanju mikropolutanata iz vode. Studijske posete mladih istraživača partnerskim institucijama iz EU dodatno omogućavaju njihov rad u savremeno opremljenim laboratorijama, interakciju sa drugim mladim istraživačima i sticanje dragocenih kontakata za buduću naučnu saradnju.

Unapređenje opreme na Tehnološkom fakultetu u Novom Sadu, koje je ostvareno u okviru projekta TwiNSol-CECs, omogućava studentima doktorskih studija i mladim istraživačima da rade u jedinstvenim laboratorijama u Srbiji sa naprednom analitičkom opremom za određivanje novih zagađujućih materija i membranskim sistemima za tretman vode.





Studenti doktorskih studija, članovi TwiNSol-CECs projektnog tima, su u periodu trajanja projekta učestvovali u mnogobrojnim obukama, studijskim posetama partnerskim institucijama, dve letnje škole, kao i na nekoliko konferencija gde su imali usmena i poster izlaganja, od kojih je jedno nagrađeno za najbolju usmenu prezentaciju. Teme četiri doktorske disertacije su definisane u okviru projekta, a prvi rezultati su u fazi evaluacije i pripreme radova za slanje na recenziju u visokorangirane naučne časopise. Uz sve prilike koje nude projekat TwiNSol-CECs, očekuje se pozitivan uticaj na sticanje dragocenog profesionalnog iskustva uključenih mladih istraživača Tehnološkog fakulteta Novi Sad, jačanje veština potrebnih za njihov dalji uspeh, kao i omogućavanje snažnog i uticajnog početka karijere.

*Jelena Šurlan, istraživač saradnik
Dušan Rakić, istraživač saradnik*



TwiNSol-CECs Perspectives:
A series of short retrospective views
from TwiNSol-CECs researchers on
topics of the project interest

TwiNSol-CECs project - through the eyes of engaged PhD students



Jelena Šurlan,
Research Assistant



Dušan Rakić,
Research Assistant

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Commission. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them. This study is conducted under the project TwiNSol-CECs which has received funding from the European Union's Horizon research and innovation programme under grant agreement No. 101019883.

Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/twinsol-cecs-project-through-eyes-engaged-phd-students-cecs-pkwue/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>

Kako analiza životnog ciklusa doprinosi razvoju održivijih pristupa tretmanu otpadnih voda?

Uklanjanje emergentnih zagađujućih supstanci, EZS (*Contaminants of Emerging Concern, CECs*) iz otpadnih voda postaje sve značajniji zadatak u zaštiti životne sredine. Međutim, primena savremenih, naprednih tehnologija za uklanjanje EZS često sa sobom nosi i dodatne negativne uticaje na okolinu. Kako bi se sagledala celokupna slika i izvršila višekriterijumska procena tehnoloških rešenja, uključujući i mogući negativni uticaj, koristi se metoda analiza životnog ciklusa (*Life Cycle Assessment, LCA*). Ona nam pomaže da na naučno zasnovan način uporedimo različite pristupe i izbegnemo situaciju da rešavanjem jednog problema stvorimo neki drugi.

Pri razmatranju uticaja tehnologija za prečišćavanje otpadnih voda, pažnja se često usmerava isključivo na kvalitet efluenta, odnosno na ono što izlazi iz postrojenja. Međutim, kako bi se dobila potpuna slika o održivosti ovih sistema, neophodno je analizirati i uticaje koji potiču iz životnog ciklusa korišćenih resursa, zatim direktne emisije, kao i uticaje sporednih proizvoda i nastalog otpada.

Upravo tu nastupa LCA, metod koji omogućava kvantitativnu procenu ovih uticaja duž celog životnog ciklusa, od izgradnje postrojenja, preko proizvodnje hemikalija i energije, do faza tretmana, reciklaže i zbrinjavanja otpada.

U okviru projekta Horizon Europe TwinSol-CECs, istraživački tim sa Tehnološkog fakulteta Novi Sad sproveo je uporednu LCA analizu više naprednih tehnologija za tercijarni tretman otpadnih voda, kao što su ozonacija, adsorpcija na aktivnom uglju, nanofiltracija i reverzna osmoza, UV i solarni tretmani, kao i procesi zasnovani na Fentonovoj reakciji, sa fokusom na uklanjanje EZS, uključujući farmaceutske aktivna jedinjenja, pesticide i mikroplastiku, supstance koje konvencionalni tretmani otpadnih voda ne uspevaju efikasno da uklone.

LCA OMOGUĆAVA SAGLEDAVANJE ŠIRE SLIKE



Rezultati pokazuju da adsorpcija na aktivnom uglju ima generalno povoljnije ekološke karakteristike u odnosu na ozonaciju, dok ozonacija ostvaruje niži uticaj od reverzne osmoze u većini kategorija uticaja. Nanofiltracija je takođe identifikovana kao obećavajuća tehnologija. Međutim, važno je napomenuti da kod adsorpcije i membranskih tehnologija polutanti ne podležu potpunoj razgradnji (mineralizaciji), već su samo izdvojeni iz vodenog toka, što implicira potrebu za dodatnim fazama tretmana. Te faze često nisu obuhvaćene LCA analizama, što dovodi do nepotpune slike o stvarnom uticaju. Pored toga, ozonacija i drugi oksidativni tretmani mogu dovesti do stvaranja toksičnih transformacionih produkata, čiji efekti po životnu sredinu i zdravlje ljudi nisu uvek dovoljno istraženi niti integrisani u standardne metode karakterizacije uticaja.

Paradoksalno, u mnogim slučajevima *LCA* pokazuje kako se lokalni pozitivni efekti, poput smanjenja toksičnosti u recipijentima, mogu anulirati povećanim uticajem na regionalnom ili globalnom nivou. Ovi širi uticaji proističu iz indirektnih emisija koje potiču od proizvodnje energije i hemikalija, kao i od stvaranja štetnih nusprodukata.

Drugim rečima, prečišćeniji („čistiji“) efluent ne znači uvek i manji uticaj na životnu sredinu.

Rezultati ukazuju na značaj sistemskog pristupa i uvođenja *LCA* metodologije kao standardnog instrumenta u procesima donošenja odluka o izboru tehnologija u oblasti upravljanja otpadnim vodama. Bez ovakvog pristupa postoji rizik od premeštanja uticaja između različitih komponenti životne sredine (na primer, voda–vazduh–zemljište) ili iz lokalnog u globalni kontekst.

Poseban izazov predstavljaju metodološki nedostaci postojećih *LCA* studija u domenu procene uticaja EZS uključujući i transformacione produkte i otpada koji nastaju u tercijalnim tretmanima. Kako bi se ovi problemi prevazišli, u nastavku rada planirane su sledeće aktivnosti:

- prikupljanje empirijskih podataka o emisijama iz postrojenja koja rade u stvarnim operativnim uslovima;
- razvoj unapređenih metoda karakterizacije za specifične klase EZS;
- ispitivanje cirkularnih rešenja, poput valorizacije mulja u svrhu dobijanja energije ili đubriva;
- produbljivanje razumevanja transformacionih produkata i potencijalne toksičnosti otpadnih tokova nastalih primenom naprednih tehnologija.

ČISTIJI EFLUENT NE GARANTUJE I MANJI UTICAJ NA ŽIVOTNU SREDINU



Bez obzira na tehničke izazove i metodološke nedostatke, poruka je jasna:

Ako želimo da sagledamo koliko je tretman otpadnih voda zaista održiv, moramo posmatrati ceo njegov životni ciklus – od eksploatacije resursa do krajnjih emisija.

LCA upravo to omogućava: da biramo rešenja koja nisu samo efikasna u uklanjanju zagađujućih materija iz efluenta, već i prihvatljiva sa stanovišta ukupnog uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

TwINSol-CECs doprinosi razvoju takvih rešenja, u skladu sa evropskim ciljem nulte zagađenosti i održivog upravljanja vodama.



dr Ferenc Kiš, viši naučni saradnik

Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:

https://www.linkedin.com/pulse/how-life-cycle-assessment-helps-us-make-better-choices-cecs-9pmt?utm_source=share&utm_medium=member_android&utm_campaign=share_via

Oснаživanje upravljanja istraživanjima i jačanje institucionalnih kapaciteta

Efikasno upravljanje istraživanjima i snažni institucionalni kapaciteti ključni su za naučnu izvrsnost i međunarodnu naučnu saradnju. U okviru projekta TwiNSol-CECs, Tehnološki fakultet Novi Sad unapređuje svoj istraživački potencijal kroz razvoj održivog okvira za upravljanje istraživačkim inicijativama putem razmene znanja sa vodećim istraživačkim institucijama kao što su NOVA Univerzitet u Lisabonu i Institut za procenu stanja životne sredine i istraživanje voda Nacionalnog istraživačkog saveta Španije (CSIC-IDAEA).

Unapređenje metoda analize i uvođenje novih tehnologija za uklanjanje zagađujućih supstanci prvenstveno iz vode od ključnog su značaja za zaštitu ljudskog zdravlja i prirodnih resursa. Ove aktivnosti usklađene su sa ciljevima Evropskog zelenog dogovora u okviru tranzicije Evropske unije (EU) ka sredini bez zagađenja i toksičnih supstanci. Očuvanje kvaliteta vode, vazduha i zemljišta, zaštita izvorišta pijaće vode, promocija očuvanja voda i smanjenje zagađenja od "izvora do slavine", predstavljaju prioritetne aktivnosti Strategije EU za Dunavski region. Zakon o vodama Republike Srbije usklađen je sa relevantnim direktivama EU, naglašavajući značaj zaštite životne sredine na izvoru i praćenja emisija.



Primarni cilj projekta TwiNSol-CECs jeste integracija Tehnološkog fakulteta Novi Sad u mreže izvrsnosti sa vodećim evropskim institucijama u oblasti istraživanja životne sredine – prvenstveno kroz analizu i uklanjanje emrgentnih zagađujućih supstanci (*Contaminants of Emerging Concern - CECs*) iz vode. Ova integracija ima za cilj da Tehnološki fakultet Novi Sad, iz nacionalno priznate institucije, preraste u instituciju od međunarodnog značaja za tranziciju ka nultom zagađenju.

Jedan od ključnih ciljeva projekta jeste unapređenje naučnih i istraživačkih kapaciteta Tehnološkog fakulteta Novi Sad, do nivoa koji mogu značajno da doprinosu globalnim istraživačkim naporima, ali i napredak u individualnim karijerama istraživača Fakulteta. Ključni korak ka ovom cilju jeste formiranje posebne jedinice za upravljanje i administraciju istraživačkih projekata na Tehnološkom fakultetu Novi Sad, sa primarnim fokusom na učešću institucije u programu Horizont Evropa, najvećem evropskom programu za podršku istraživanju i inovacijama u državama članicama EU i pridruženim zemljama. Ova jedinica će igrati ključnu ulogu u povezivanju istraživača i institucije sa međunarodnim mrežama izvrsnosti, pružajući ključnu podršku u pripremi i sprovođenju projekata u okviru programa Horizont Evropa. Kroz razmenu znanja i kontinuiranu izgradnju kapaciteta, očekuje se da će jedinica ojačati poziciju Fakulteta na nacionalnoj i međunarodnoj istraživačkoj sceni.

Konkretni doprinos projekta TwiNSol-CECs u ovom pogledu jeste prenos znanja i ekspertize sa prestižnih partnerskih institucija – NOVA Univerziteta iz Lisabona i CSIC-IDAEA iz Barselone – na Tehnološki fakultet Novi Sad. Kancelarije za međunarodnu saradnju u ovim institucijama imale su značajnu ulogu u njihovim prestižnim naučnim postignućima. Posebno, kroz više sastanaka sa kancelarijom IRIS (*Innovation Research and Impact Strategy*) na Fakultetu za nauku i tehnologiju NOVA Univerziteta u Lisabonu, članovi tima TwiNSol-CECs sa Tehnološkog fakulteta Novi Sad stekli su dragocena saznanja o funkcionisanju takvih kancelarija.



Osoblje IRIS kancelarije ih je upoznao sa širokim spektrom usluga podrške koje su dostupne istraživačima na NOVA Fakultetu za nauku i tehnologiju, uključujući obuke za razvoj transverzalnih ("mekih") veština, konsultacije u vezi sa zaštitom intelektualne svojine i patentima, informacije o nacionalnim i međunarodnim izvorima finansiranja, otvorene baze podataka o naučnim dostignućima i drugo.

Saradnja sa kancelarijom IRIS kroz projekat TwiNSol-CECs doprinela je oblikovanju vizije za strukturiranje jedinice za upravljanje i administraciju istraživačkih projekata na Tehnološkom fakultetu Novi Sad. Dugoročni cilj jeste kreiranje kancelarije koja će pružati sveobuhvatnu podršku istraživačkim aktivnostima na Tehnološkom fakultetu Novi Sad, dodatno jačajući poziciju fakulteta kao konkurentnog aktera u globalnim naučnim naporima i podstičući napredak ka održivoj i životnoj sredini bez zagađenja.

Prof. Biljana Pajin i prof. Nataša Đurišić-Mladenović



Tekst predstavlja prilagođeni prevod članka dostupnog na:
<https://www.linkedin.com/pulse/empowering-research-management-strengthening-twinsol-cecs-fpo9f/?trackingId=15DwZjvoTxyslxxRzC5s0A%3D%3D>