

metode brze identifikacije poznatih spojeva. Izgradnjom metagenomske DNA baze te pretraživanjem genoma spužava omogućit će se stjecanje uvida u gene od komercijalnog interesa, kodirajući za enzime/proteine uključene u biosintezu/biotransformaciju molekula s potencijalom terapijske ili biotehnoške primjene. Naposljetku, otkrivanjem trodimenzionalne strukture bioaktivnih peptida, očekuje se uspješno sintetiziranje njihovih analoga, razvoj i optimizacija fermentacijskog proizvodnog procesa te potencijalno uvođenje u prekliničke studije.

Na posljetku, nanotehnologija je značajno prisutna u mnogim industrijskim granama, a primjena nanočestica učestala je u mnoštvu područja: kozmetici, farmaciji, medicini, prehrambenoj tehnologiji i dr. Kao odgovor na rastući trend prisutnosti nanočestica u svakodnevnom životu i okolišu EU je lansirala još jedan projekt SMART-NANO (FP7), u svrhu razvoja tehnološke platforme za mjerenje nanočestica, s krajnjim ciljem praćenja prijenosa nanočestica tijekom njihove primjene. Znanstvenici Centra za istraživanje mora rade na razvoju jeftinih i učinkovitih metoda specifično prilagođenih radu na kompleksnim okolišnim matricama (Stipić i sur., 2015).

Velikom dijelom budućnost razvoja naprednih materijala leži u plavoj biotehnologiji. Odgovori na mnoga pitanja današnjice skriveni su u morima i oceanima, a za njihovo održivo gospodarenje nužno je razumijevanje ekoloških procesa te nove metode identifikacija promjena u ekosustavu mora. Da sinergija između znanstveno-istraživačkih instituta i gospodarskog sektora nudi posebnu dodanu vrijednost, prepoznali su još prije deset godina Institut Ruder Bošković, Sveučilište u Mainzu i mnogi partneri koji su nam se u međuvremenu pridružili. U narednom projektnom razdoblju, osim produbljenja postojećih suradnji, potrebno je i

stvaranje novih modernijih i otvorenijih modela suradnje, posebice vezanih uz razvojne potrebe malih i srednjih poduzetnika u Hrvatskoj i regiji.

Literatura

1. W. E. G. Muller, X. Wang, M. Wiens, U. Schlossmacher, K. P. Jochum, H. C. Schroder, Hardening of bio-silica in sponge spicules involves an aging process after its enzymatic polycondensation: Evidence for an aquaporin-mediated water absorption, *Biochimica Et Biophysica Acta-General Subjects*. **1810** (7) (2011) 713–726, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbagen.2011.04.009>.
2. M. Wiens, H. C. Schröder, M. Korzhev, X. Wang, R. Batel, W. E. G. Müller, Inducible ASABF-Type Antimicrobial Peptide from the Sponge *Suberites domuncula*: Microbicidal and Hemolytic Activity in Vitro and Toxic Effect on Molluscs in Vivo, *Mar. Drugs* **9** (2011) 1969–1994, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/md9101969>.
3. W. E. G. Müller, T. Link, Q. Li, H. C. Schröder, R. Batel, M. Blažina, V. A. Grebenjuk, X. Wang, A novel TiO₂-assisted magnetic nanoparticle separator for treatment and inactivation of bacterial contaminants in aquatic systems, *RSC Adv.* **4** (2014) 48267–48275, doi: <http://dx.doi.org/10.1039/C4RA09055A>.
4. F. Stipić, G. Pletikapić, Ž. Jakšić, L. Frkanec, G. Zgrablić, P. Burić, D. M. Lyons, Application of Functionalized Lanthanide-based Nanoparticles for the Detection of Okadaic Acid-Specific Immunoglobulin G, *J. Phys. Chem. B* **119** (4) (2015) 1259–1264, doi: <http://dx.doi.org/10.1021/jp506382w>.

Znanstveni projekt “Razvoj fotokatalitičkih polimernih nanokompozita za obradu otpadnih voda”

|| Z. Hrnjak Murgjić*

Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Zavod za polimerno inženjerstvo i
organsku kemijsku tehnologiju
Savska c. 16/II, 10 000 Zagreb

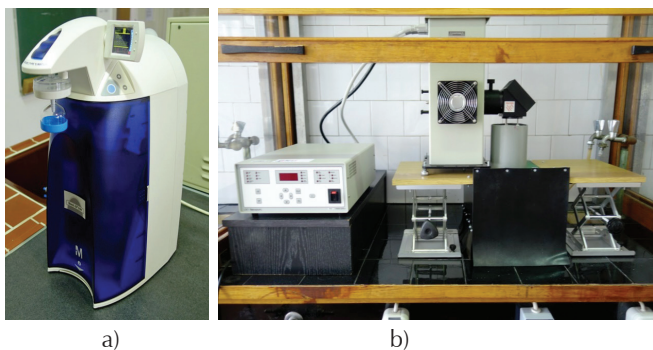
Uvod

Znanstveni projekt “Razvoj fotokatalitičkih polimernih nanokompozita za obradu otpadnih voda” ili na engleskom “*Development of Photocatalytic Polymer Nanocomposites for Wastewater Treatment*” (DePoNPhoto) istraživački je projekt (IP-11-2013-5092) koji financira *Hrvatska zaklada za znanost* za razdoblje od četiri godine (1. rujna 2014. – 31. kolovoza 2018.). Budući da je projekt interdisciplinarni, uključeni su i istraživači, eksperti iz različitih znanstvenih područja i to iz područja sinteze polimera i iz područja pročišćavanja otpadnih voda. Istraživači s Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu su

dr. sc. Ljerka Kratožil Krehula, dr. sc. Zvonimir Katančić, doktorandica Vanja Gilja, mag. ing. oeoing. zaduženi za sintezu polimernog nanokompozita s katalitičkim djelovanjem, zajedno s voditeljom projekta prof. dr. sc. Zlatom Hrnjak-Murgjić. U rad projekta uključena je profesorica dr. sc. Jadranka Travaš-Sejdić sa Sveučilišta u Aucklandu, kao ekspert iz područja vodljivih polimera. Ekspert iz područja pročišćavanja otpadnih voda naprednim oksidacijskom procesima je dr. sc. Igor Peternel s Veleučilišta u Karlovcu te docentica dr. sc. Anita Ptiček Siročić s Geotehničkog fakulteta u Varaždinu Sveučilišta u Zagrebu. Da bi se projekt uspješno realizirao, bilo je nužno nabaviti određenu specifičnu opremu, kao i čitav niz druge nužne laboratorijske opreme. Od značajnije opreme kupljen je simulator sunčevog zračenja te uređaj za dobivanje ultra-čiste vode. Ostali očekivani značajni doprinosi realizacije projekta DePoNPhoto su zapošljavanje jednog doktoranda i jednog postdoktoranda, realizacija doktorskog rada i više diplomskih i završnih radova, čime je omogućeno obrazovanje mladih znanstvenika i studenata. Očekuje se objavljivanje većeg broja znanstvenih radova kojima će se znatno doprinijeti razvoju i modernizaciji znanosti i tehnologije u Hrvatskoj iz navedenih znanstvenih područja.

* Prof. dr. sc. Zlata Hrnjak Murgjić
e-pošta: zhrnjak@fkit.hr

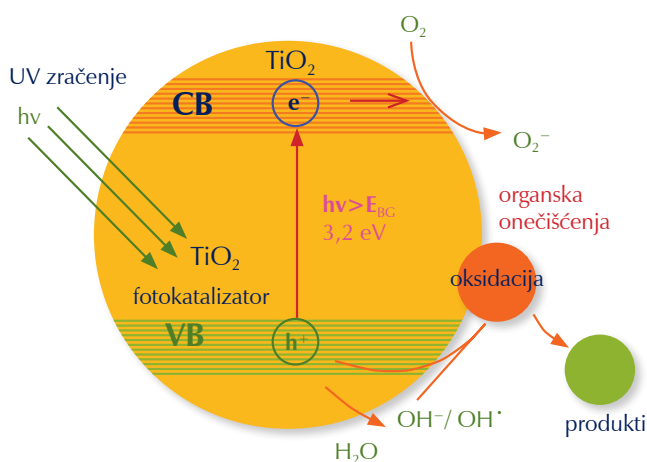




Slika 1 – a) uređaj za ultra-čistu vodu, b) simulator sunčevog zračenja

Pregled istraživanja na projektu

Osnovni cilj projekta je razvoj novih polimernih nanokompozita s proširenim fotokatalitičkim djelovanjem, pomaknutim k vidljivom području UV/VIS spektra sunčeva zračenja, čime se doprinosi razvijanju inovativne tehnologije za pročišćavanje voda. Planirana je sinteza organsko/anorganskog hibridnog materijala budući da on ima za posljedicu sinergističko i komplementarno svojstvo, povećanu fotokatalitičku djelotvornost. Zbog toga je planom projekta predviđena sinteza vodljivih polimera: polianilina (PANI), polipirola (PPy) i poli(3,4-etilen-dioksitiofena) (PEDOT) *in-situ* s nanočesticama metalnih oksida (TiO_2 , ZnO). Predviđa se da će nastali polimerni nanokompozitni fotokatalizator imati povećanu fotokatalitičku aktivnost u vidljivom dijelu spektra. Naime, da bi se fotokatalizator titanov dioksid (TiO_2) aktivirao pod utjecajem svjetla nužno je da apsorbira UV zračenje iz dijela sunčeva svjetla. Kako u sunčevu zračenju svega 5 % predstavlja UV zračenje, to bi značajno unaprijedilo djelovanje TiO_2 fotokatalizatora ukoliko bi za svoju aktivaciju koristio širi dio vidljivog dijela svjetla. Naime, problem je u tome što je energija zračenja vidljivog dijela svjetla nedovoljna da aktivira prijelaz elektrona iz valentne (VB) u vodljivu vrpću (CB) u molekuli TiO_2 , vidi sliku 2.



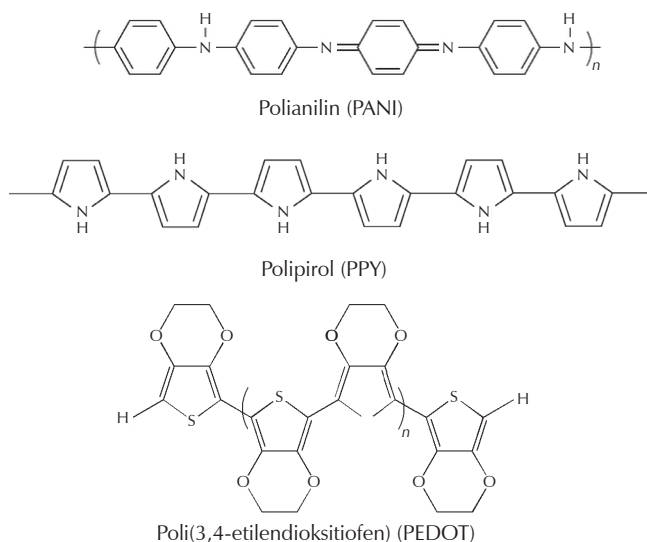
Slika 2 – Shema razgradnje organskog onečišćenja fotokatalizom

Stoga se u projektu planira istražiti sinteza *in-situ* vodljivog polimera i fotokatalizatora (TiO_2 , ZnO) da bi se na taj način omogućila aktivacija fotokatalizatora u vidljivom dijelu spektra sunčeva zračenja.

Vodljivi polimeri su organski polimeri sa svojstvom elektrovodljivosti što je posljedica njihove strukture budući da su oni konjugirani polimeri. Vodljivost nastaje zbog promjene strukture polimera koja se mijenja dopiranjem. Polimer pritom prelazi iz čiste amorfne u amorfno-kristalnu strukturu, dakle nastaje amor-

fna matrica s kristalnim područjima potrebnima da se naboj može gibati. Naboj se giba između "kristaličnih" područja, a kroz amorfno područje samo preskocima po lokaliziranim stanjima na lancu i između lanaca. Čak i kod vrlo niskog stupnja dopiranja (<1 %), električna vodljivost povećava se i za nekoliko puta. No, unatoč intenzivnim istraživanjima, odnos struktura-vodljivost još uvijek je slabo razumljiv. Pretpostavlja se da vodljivost raste s višim stupnjem kristalnosti, no to nije potvrđeno za PANI, već samo za PEDOT koji je uglavnom amorfan. Kako su vodljivi polimeri također fotosenzibilni, aktiviraju se apsorpcijom svjetla i to apsorpcijom vidljivog dijela te pritom dolazi do prelaska elektrona iz vodljivog polimera u vodljivu vrpću TiO_2 injektiranjem. Time započinje proces aktivacije TiO_2 fotokatalizatora, odnosno započinje proces nastajanja hidroksi radikala koji zatim iniciraju razgradnju organskog onečišćenja, slika 2. Tako nastali hidroksi radikali dovoljno su snažni da razgrade i najtvrdokornija organska onečišćenja u vodi.

Prednost vodljivih polimera je u tome što im se mogu prilagoditi kemijska, fizikalna i optička svojstva prema primjeni i stoga je od iznimne važnosti istražiti odgovarajuću strukturu vodljivog polimera za aktivaciju fotokatalizatora. Istraživanje će se provesti s tri različita vodljiva polimera:



Dakle, nužno je postići optimalnu strukturu vodljivih polimera za učinkovitu razgradnju organskih onečišćenja u vodi kako bi ih preveli u biorazgradljive spojeve ili ih u potpunosti mineralizirali. Djelotvornost novih vodljivih polimernih nanokompozitnih fotokatalizatora ispitat će se tijekom fotokatalitičke razgradnje organskih azobojila (Reactive Red 45 i Methyl Orange) koja su izabrana kao ciljane onečišćivača otpadnih voda.

Tijekom pripreme fotokatalitičkih polimernih nanokompozita za obradu otpadnih voda kao nosač nanočestica (TiO_2 , ZnO) upotrijebit će se otpadni materijal, leteći pepeo (FA), kako bi se olakšalo izdvajanje fotokatalizatora nakon procesa fotokatalitičke razgradnje. Kako je leteći pepeo po svom kemijskom sastavu silikat ($\text{SiO}_2 = 42,32 \%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 19,46 \%$, $\text{CaO} = 24,32 \%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,98 \%$, ...) u projektu se pristupilo njegovoj modifikaciji budući da se silikati upotrebljavaju kao nosači katalizatora. U tu svrhu nužno je modificirati leteći pepeo kako bi mu se povećala specifična površina, čime mu se povećava kapacitet, kao nosača TiO_2 i ZnO fotokatalizatora. Leteći pepeo odabran je iz razloga što se tijekom spaljivanja otpada javlja velika količina zalog pepela. Dio ukupno nastalog pepela tijekom spaljivanja je i leteći pepeo koji se izdvaja iz sustava i dobiva se kao homogeni otpadni materijal. Dodatni značaj upotrebe letećeg pepela je u tome što on ovim postupkom modifikacije kao otpadni materijal prelazi u visoko kvalitetni krajnji proizvod.