

## PRIOPĆENJE ZA MEDIJE

Petra Buljević Zdjelarević / Ured za odnose s javnošću  
Institut Ruđer Bošković / +385 99 267 9514 / @buljevic@irb.hr

## Od mehanokemije do održive kemije

*Rezultati istraživanja zanimljivi su i industriji, posebno onima koji se bave kemijom i održivim razvojem, bilo da je riječ o razvoju novih materijala za primjenu u elektronici, uređajima za pohranu energije ili farmaceutskoj i kemijskoj industriji.*

**ZAGREB, 5. rujan 2023.** - Znanstvenici Instituta Ruđer Bošković (IRB) udružili su snage s kolegama sa Sveučilišta u Cagliariju kako bi istražili načela kemijskih reakcija potaknutih mehaničkom silom. Rezultati istraživanja rasvijetljavaju intrigantnu vezu između brzine mehanokemijskih reakcija i energije koju kemijski uzorci apsorbiraju tijekom procesa mljevenja. Ovi rezultati ne samo da pružaju dublje razumijevanje mehanokemije, već otvaraju vrata za inovacije u poboljšanju kemijskih reakcija i oblikovanju učinkovitijih postupaka mljevenja u budućnosti.

Iza vrijednih rezultata, koji su nedavno objavljeni u uglednim znanstvenim časopisima [Faraday Discussions](#) i [Angewandte Chemie International Edition](#), stoji tim znanstvenika iz Laboratorija za sintezu i katalizu u čvrstom stanju IRB-a, koji uz doktorandicu **Leonardu Vugrin**, čine dr. sc. **Goran Miletić**, dr. sc. **Marina Juribašić Kulcsár** i dr. sc. **Ivan Halasz**, te kolege s talijanskog Sveučilišta u Cagliariju, doktorandica **Maria Carta**, prof. **Pier Carlo Ricci** i prof. **Francesco Delogu**

### Napredak prema zelenijoj kemiji

Razmišljanje izvan okvira već dobro poznatih kemijskih zakona koji se primjenjuju kod korištenja otapala u kemijskim reakcijama, posebice zbog sve veće brige za okolišem, doprinijelo je eksponencijalnom rastu broja istraživanja kemijskih transformacija izazvanih primjenom mehaničke sile. Posebna grana kemije koja proučava kako se kemijske reakcije događaju kada tvari pod utjecajem mehaničke sile mijenjaju svoje strukture i brže reagiraju zove se mehanokemija.

Upravo je ova grana kemije, od strane Međunarodne unije za čistu i primijenjenu kemiju svrstana među deset tehnologija koje imaju potencijal promijeniti svijet.

Naime, mehanokemijske reakcije su posebne kemijske reakcije koje se odvijaju pod utjecajem mehaničke sile. Uobičajeno, kemijske reakcije se događaju kada se dvije tvari pomiješaju u otopini ili plinu. Međutim, kod mehanokemijskih reakcija, tvari i kuglice za mljevenje stavljaju se u reakcijsku posudu koja vibrira u kugličnom mlinu. Mlin tada stvara mehaničku silu koja stiska i mijenja tvari. Ta mehanička sila mijenja strukturu molekula i pomaže u ubrzavanju reakcija. Tako se, uz pomoć kuglica za mljevenje, kemijske reakcije odvijaju brže nego inače, što otvara nove mogućnosti za stvaranje efikasnijih i ekološki prihvatljivijih kemijskih procesa u različitim industrijama.

Koncepti "zelene kemije" sve više dobivaju na važnosti, pogotovu s obzirom na razvoj alata koji omogućuju provođenje kemijskih reakcija na nove načine, i to od miligramske do kilogramske skale. Istraživanja koje je proveo ovaj tim znanstvenika pridonose dubljem razumijevanju mehanokemije.

"Upravo nam praćenje kemijskih reakcija tijekom mljevenja i istraživanje utjecaja mehaničke energije na kemijske promjene omogućava dublje uvide u ove postupke. Za mehanokemijske reakcije ključan je prijenos energije na sustav koji se melje, a ovisno o količini prenesene energije postižu se nužni uvjeti za kemijsku transformaciju. Ispitivanje kako različit unos mehaničke energije utječe na mehanokemijsku reaktivnost omogućava nam bolje shvaćanje ovih

sve značajnijih procesa," objašnjava **Leonarda Vugrin**, doktorandica Laboratorija za sintezu i katalizu u čvrstom stanju na IRB-u te jedna od prvih autorica.

Nova saznanja omogućavaju znanstvenicima planiranje i optimizaciju mehanokemijskih reakcija, jer, ako znaju kako kontrolirati prijenos energije, znanstvenici mogu poboljšati te reakcije i učiniti ih učinkovitijima.

"Povrh toga, to saznanje može se koristiti za usporedbu različitih vrsta kugličnih mlinova i razumijevanje koji su od njih učinkovitiji za određene reakcije. To je korisno jer različite reakcije mogu zahtijevati različite uvjete mljevenja, a ovo istraživanje pomaže nam shvatiti koji uvjeti najbolje funkcioniraju," ističe **Vugrin**.

"U sklopu dva istraživanja ispitivali smo kako mehanička sila utječe na kemijske reakcije. Reakcije smo u stvarnom vremenu pratili Ramanovom spektroskopijom *in situ*, tehnikom koju smo razvili na IRB-u. Osim toga, koristili smo specifične kinetičke modele razvijene na Sveučilište u Cagliariju kako bismo opisali eksperimentalne rezultate. Rezultati do kojih smo došli otvaraju nov uvid u procese koji leže u osnovi ovakvih kemijskih transformacija te predstavljaju značajan korak prema razumijevanju mehanokemije," objašnjava dr. sc. **Ivan Halasz**, voditelj laboratorija i dopisni autor na radu.

Iako su potrebna dodatna istraživanja za stvaranje potpune mehanističke slike, ovi rezultati otvaraju uzbudljive mogućnosti za proučavanje brzih reakcija i stvaranje inovativnih kemijskih procesa, te utiru put održivijim kemijskim procesima.

Uklanjanjem potrebe za otapalima i smanjenjem reakcijskih temperatura, mehanokemija se pojavljuje kao zelenija i ekološki prihvatljivija alternativa, značajno smanjujući utjecaj kemijske proizvodnje na okoliš.

**Financiranje:** Doktorandica L. Vugrin financirana je sredstvima Hrvatske zaklade za znanost (projekti 2795 i 1419, Sistematika mehanizama u bezotopinskoj ili tekućinski kataliziranoj sintezi u čvrstom stanju (SystForSynt)). Doktorandica M. Carta financirana je sredstvima sa Sveučilišta u Cagliariju, Italija (International PhD in Innovation Sciences and Technologies). Istraživanje je provedeno u sklopu COST akcije (Europska suradnja u znanosti i Tehnologija, CA18112 - Mehanokemija za održivu industriju).

#### Publikacije:

1. L. Vugrin, M. Carta, S. Lukin, E. Meštrović, F. Delogu, I. Halasz, Mechanochemical reaction kinetics scales linearly with impact energy, *Faraday discussions*, 241 (2023) 217-229.

(DOI: 10.1039/D2FD00083 )

2. M. Carta, L. Vugrin, G. Miletić, M. Juribašić Kulcsár, C. Ricci, I. Halasz, F. Delogu, Mechanochemical reactions from individual impacts to global transformation kinetics, *Angewandte Chemie International Edition*, e202308046. (DOI: [10.1002/anie.202308046](https://doi.org/10.1002/anie.202308046))