

# reaktor IDEJA 2

službeno glasilo Studentske Sekcije HDKI-ja | vol 5

prosinac 2020.

Od samoga početka, ljudi su imali razne ideje, filozofije, vjerovanja, provodili su pokuse i istraživanja kako bi mitove približili stvarnosti. Ljudi su kroz znanost proučili kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha koja je privukla njihovu pozornost u svoj posao, pomogli su im različitim izumima, učinivši Aristotel je bio genijalac se biologijom, zoološko znanje u različitim tekstovima sačuvali normu za daljnji tek u zajednici znanstvenika koji su se pobili u teoriji i u praksi. Bavio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim



## STUDENTSKI KONGRES O KARCINOMU

STR. 5

## KIRURŠKE MASKE – SPAS ILI NOVA OPASNOST

STR. 7



## NAJKRAĆE PUTOVANJE FOTONA U POVIJESTI

STR. 10



ISSN 2584-6884  
e-ISSN 2459-9247  
Zagreb



Želite li svaki mjesec znati što se događa  
na području kemijskog inženjerstva i općenito STEM području?

I uz to učiniti našu struku sjajnom?

To i mi želimo, ali smo tek studenti i zato to ne možemo učiniti sami.

Da bismo Vam svaki mjesec približili svježe informacije,  
treba nam velika pomoć!

Podržite rad Studentske sekcije donacijom

Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa,  
Berislavićeva 6/I, 10000 Zagreb.  
OIB: 22189855239  
IBAN: HR5323600001101367680,  
Zagrebačka banka

Molimo da u opisu plaćanja navedete da je donacija namijenjena Studentskoj sekciji.  
Hvala!

*Reaktor ideja – više od studentskog časopisa.*



MINISTARSTVO ZNANOSTI I OBRAZOVANJA

[www.mzo.hr](http://www.mzo.hr)





Urednici *Reaktora ideja*

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam drugi broj *Reaktora ideja* u akademskoj godini 2020./2021. i posljednji broj u ovoj kalendarskoj godini.

U ovome broju pisali smo o raznim temama pa ćete imati priliku čitati o primjeni kemije i inženjerstva od svemira do morskih dubina. Dotaknuli smo se i uvijek očaravajuće kvantne kemije.

Ponosni smo na održani Kongres o karcinomu, kojeg smo zbog epidemiološke situacije organizirali *online* putem, a koji je unatoč tome odlično prošao. Više o Kongresu možete pročitati u rubrici *Kemijska posla*.

Želimo Vam sve najbolje za nadolazeće blagdane te Vam želimo sretnu i uspješnu 2021. godinu.

Dubravka Tavra,  
Glavna urednica

## IMPRESSUM

### Reaktor ideja

#### Uredništvo:

Berislavićeva ul. 6/I,  
10 001 Zagreb  
Tel: +385 95 827 9310  
Faks: +385 1 487 2490  
e-pošta: studenti@hdki.hr

#### Glavni urednik:

Dubravka Tavra  
(dtavra@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Samanta Tomičić  
Ana Vukovinski  
Aleksandra Brenko  
 Hrvoje Tašner

#### Grafička priprema:

Dubravka Tavra  
Samanta Tomičić  
Ana Vukovinski  
Aleksandra Brenko  
 Hrvoje Tašner

#### Lektorice:

Helena Bach-Rojecky  
Sofija Kresić

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 5 Br. 2, Str. 1–24

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)  
Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
prosinac, 2020.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla.....	1
Znanstvenik.....	6
Boje inženjerstva.....	14
Scinfluencer.....	20





# KEMIJSKA POSLA

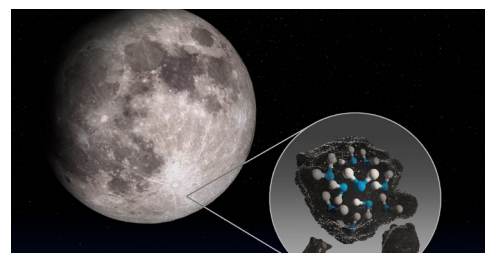
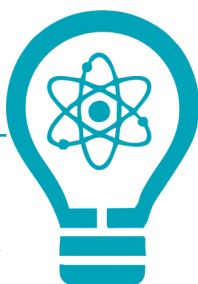
## I Voda na Mjesecu

Jurja Vukovinski (FKIT)

Voda na Mjesecu obilnija je i dostupnija nego što su znanstvenici dosad mislili, a „džepovi“ leda skrivaju se u sjenovitim predjelima od kojih su neki veličine novčića.

Paul Hayne sa Sveučilišta Colorado i njegov tim koristili su slike kamera i mjerenja temperature snimljene NASA-inim Lunar Reconnaissance Orbiter-om za mapiranje hladnih i trajno zasjenjenih područja na Mjesecu, za koja se smatra da su mjesta na kojima će najvjerojatnije biti led zbog nedostatka izlaganja Sunčevoj svjetlosti. Iako postoji mnogo dokaza o prisutnosti vode na Mjesecu, prije se smatralo da su ove „hladne zamke“ ograničene na duboke, kilometrima široke kratere. U tim se „zamkama“ led ponaša poput kamena. Međutim, otkriveno je kako postoje i „mikro-hladne zamke“ čiji promjeri mogu biti do nekoliko centimetara.

Snimke Orbitera pokazale su kako 40 000 četvornih kilometara mjesečeve površine ima sposobnost zadržavanja vode, odnosno 0,1 % cijele Mjesečeve površine. Zanimljivo je kako su ta mjesta toliko hladna da bi tamo voda ili led mogli biti zarobljeni nevjerojatno dugo vremena. Casey Honniball iz NASA-inog centra u Marylandu detektirao je molekule vode na površini Mjeseca zarobljene u prirodnom staklu i u drugim naslagama.



Slika 1 – Mjesečeve „hladne zamke“

Ranija istraživanja nisu mogla točno potvrditi radi li se doista o vodi ( $H_2O$ ) ili o srodnom hidroksilu (OH), no nova metoda je jednoznačno pokazala kako je riječ o vodi. Još uvijek nije jasno koliko je voda u ovom obliku stabilna tijekom dužih razdoblja. Predviđanja tvrde kako bi astronauti mogli imati velikih poteškoća s vađenjem ove vode. Naime, da bi napunili jednu bocu, možda će se trebati odraditi tisuće kilograma kamenja.

Ovo novo otkriće moglo bi se pokazati monumentalnim u planovima čovječanstva da ne samo vrati astronaute na Mjesec, već i da stvori stalne ljudske kampove na Mjesečevoj površini koji bi bili poligon i odskočna daska za putovanje na Mars.

### Literatura

1. <https://www.newscientist.com/article/2258109-nasa-confirms-there-is-water-on-the-moon-that-astronauts-could-use/> (pristup 30.11.2020.)
2. P. O. Hayne, O. Aharonson, N. Schorghofer, Micro cold traps on the Moon, Nature Astronomy (2020)

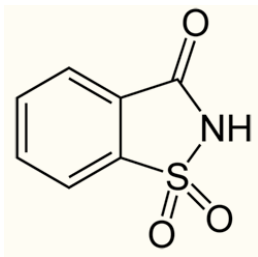
# I Umjetna sladila

Danijela Ivandić (FKIT)

Osjećate li ponekad kao da Vas pakiranja na proizvodima zovu da ih kupite? Pogotovo ako ste slatkoljubac koji pazi na liniju, teško ćete odoljeti „zdravijim“ zamjenama šećera. Na policama se mogu naći različiti natpisi poput: bez dodanog šećera, „zero sugar“, s manje kalorija, reducirana količina šećera i slično. Primjer proizvoda su gazirana pića ili žvakaće gume.<sup>1</sup> Što zapravo znače te oznake na ambalažama?

Prema pravilima FDA proizvodi na kojima je naznačeno kako nemaju šećera sadrže manje od 0.5 grama svih vrsta šećera, dok oznaka „smanjena količina šećera“ označava kako proizvod sadrži barem 25% manje šećera nego njegova regularna verzija. Isto tako svakodnevno vidamo natpis „bez šećera“ što predstavlja proizvod bez dodanog šećera ili sastojka koji sadrži šećer. Isti takvi proizvodi u većini slučajeva sadrže zamjenu za šećer ili niskokalorični zaslađivač. Na taj način mogu sadržavati manje šećera, a održati slatkoću koja se očekuje u hrani i piću. Međutim, znači li to da su takvi proizvodi zdraviji za naš organizam?<sup>2</sup>

Umjetna sladila još se nazivaju i nehranjiva sladila (engl. *non-nutrient sweeteners*, NNS). Iako njihovo djelovanje zvuči obećavajuće, nikada nije potvrđeno u većoj epidemiološkoj studiji.<sup>1</sup> Najčešće korištena sladila su: aspartam (E951), neotam (E961), saharin (E954) te sukraloza (E955).<sup>3</sup> Saharin, koji je 300 puta slađi od šećera, otkriven je 1879. te korišten tijekom Prvog i Drugog svjetskog rata kako bi nadoknadio nestašicu šećera.<sup>4</sup>

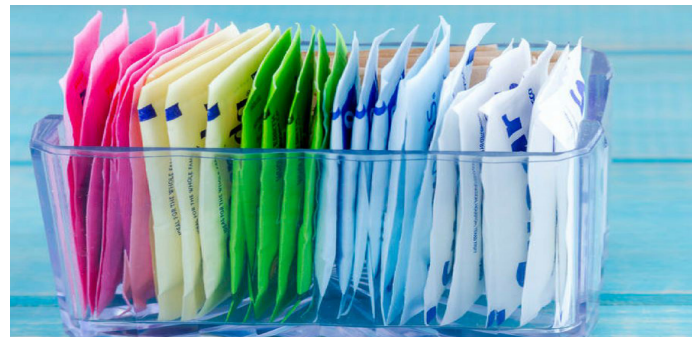


Slika 1 – Kemijska struktura saharina<sup>5</sup>

Većinom ih konzumiraju ljudi koji imaju namjeru smanjiti tjelesnu težinu. S obzirom na to da su slatkog okusa, ali im nedostaje kalorija koje se nalaze u ostaloj hrani s običnim šećerom, zbunjuju mozak i stvaraju osjećaj gladi. Neki znanstvenici smatraju da bismo trebali pojesti više umjetno zaslađene hrane u odnosu na normalno zaslađenu kako bismo se osjećali sitima što na kraju prouzrokuje povećanje apetita i želju za slatkim. Međutim, nedavna istraživanja otkrivaju kako su sudionici imali slabije izraženu glad i konzumirali su manje kalorija zamjenom hrane na bazi običnog šećera alternativnim proizvodima s umjetnim sladilima.<sup>3</sup>

Iako se smanjuje kalorijski unos, alternativni proizvodi sami po sebi neće imati blagotvorne učinke prilikom kontrole dijabetesa. Istraživanja pokazuju ovisnost konzumacije umjetnih sladila i rizika od dijabetesa. Također je vidljiva gradacija rizika ovisno o godišnjoj konzumaciji i količini konzumiranog na dnevnoj bazi.<sup>1</sup>

1970-ih godina započeta je debata ukoliko postoji poveznica između umjetnih sladila i rizika od razvijanja raka. Studija na miševima pokazala je povećani rizik od raka mokraćnog mjehura koji su bili hranjeni izuzetno visokim količinama saharina i ciklamata. Međutim, miševi metaboliziraju saharin drugačije od ljudi. Nakon toga više od 30 istraživanja pokazuju kako nema poveznice između rizika razvijanja raka kod ljudi i unosa umjetnih sladila u preporučenim količinama. Iznimka je ciklamat koji je zabranjen u SAD-u nakon istraživanja 1970. godine.<sup>3</sup>



Slika 2 – Pakiranja umjetnih sladila<sup>6</sup>

Umjetna sladila se općenito smatraju sigurnima za konzumiranje. Pažljivo su ispitivana i regulirana kako bi bila sigurna za jelo i piće. Doduše neki ljudi bi ih trebali izbjegavati. Osobe koje boluju od fenilketonurije (PKU) ne mogu metabolizirati aminokiselinu fenilalanin koja se nalazi u aspartamu. Isto tako pojedinci mogu biti alergični na sulfonamide te zbog toga bi trebali izbjegavati sladilo saharin koji pripada toj skupini.

Možemo zaključiti kako uporaba umjetnih zaslađivača predstavlja malo rizika i može imati koristi u procesu mršavljenja i smanjenog unosa dodatnog šećera u prehrani. Vjerojatnost negativnih učinaka razlikuje se od pojedinca i ovisi o vrsti konzumiranog zaslađivača.<sup>3</sup>

## Literatura

1. Temps, L. V., The truth about artificial sweeteners – Are they good for diabetics?, *Indian Heart Journal* 70 (2018), 197-199
2. <https://www.heart.org/en/healthy-living/healthy-eating/eat-smart/sugar/difference-between-sugar-free-and-no-added-sugar> (pristup 13. prosinca 2020.)
3. <https://www.healthline.com/nutrition/artificial-sweeteners-good-or-bad#types> (pristup 13. prosinca 2020.)
4. <https://www.webmd.com/food-recipes/features/truth-artificial-sweeteners#1> (pristup 13. prosinca 2020.)
5. <http://www.lamba.hr/proizvodi/seceri-i-zaladivaci/saharin-zasladivac/> (pristup 13. prosinca 2020.)
6. <https://gutbliss.com/artificial-sweeteners-prevent-gut-bacteria-from-reproducing/> (pristup 13. prosinca 2020.)



# Podvodna agrokultura

Daniela Vasiljević (FKIT)

Naglim porastom broja stanovnika komercijalna agrikultura se pokazala neučinkovitom i neodrživom metodom za opskrbu hranom. Također, prekomjerno korištenje pesticida i gnojiva utjecalo je na okoliš i ljude. Upotreba pesticida povećava se od 1950. godine i trenutno se koristi 2,5 milijuna tona godišnje u svijetu.<sup>1</sup> Poljoprivreda koristi oko 70 % svjetske potrošnje vode te je upravljanje vodom potrebno u regijama gdje nema dovoljno kiše.

Agrikultura upotrebljava vodu iz vodonosnika i podzemnih voda na neodrživ način. Tu nailazimo na problem jer sve je veća oskudica vode, a potražnja hrane je sve veća zbog naglog porasta broja stanovnika. Također, klimatske promjene utječu na agrikulturu promjenama temperature, količinom oborina, količinom CO<sub>2</sub> u atmosferi, Sunčeva zračenja te interakcijom između tih parametara.<sup>1</sup> Agrikultura je najosjetljivija na klimatske promjene, na primjer opskrba vodom je presudna za poljoprivrednu proizvodnju te osiguravanje povećane proizvodnje hrane potrebne za održavanje sve veće svjetske populacije. Još jedan problem je deforestacija te iskorištavanje jeftine radne snage u zemljama u razvoju.<sup>2</sup> Sukladno tome sve je manje obradive površine i smanjuje se bioraznolikosti zbog krčenja šuma za potrebe novih površina za obradu.<sup>3</sup> (Slika 1)



Slika 1 – Obradiva površina za potrebe agrikulture<sup>5</sup>

Komercijalna agrikultura pokazala se neodrživom na globalnoj razini pa se moralo razmišljati na drugačiji način, čime se došlo do ideje o agrikulturi pod vodom. Uzgajanje hrane pod vodom nije novost budući da se godinama uzgajaju morskih plodovi za potrebe ljudi. Međutim, mogućnost uzgoja i žetve drugih namirnica moglo bi zauvijek promijeniti smjer agrikulture. Do sad su razvijena dva projekta uzgoja hrane pod vodom: GreenWave i Nemo's garden. Tvrtka za održivu poljoprivrednu tehnologiju, GreenWave, razvila je novu tehnologiju uzgajanja hrane nazvanu vertikalni podvodni uzgoj odnosno regenerativna oceanska poljoprivreda koja se sastoji od podmorskih vertikalnih užadi na kojima se uzgajaju različite vrste algi. Školjke i kamenice su u kavezu na morskom dnu i služe kao gnojivo za alge.

To se zasad pokazala kao dobra tehnika jer su školjke i kamenice autonomne i žive od okolne vode i Sunčeve svjetlosti.<sup>2</sup> GreenWave se temelji na uzgajanju polikultura morskih algi i školjki. Njihov model pomaže smanjenju deforestacije, obnavljanju morskih ekosustava i pri hvatanju ugljika kojega apsorbiraju obalne alge.<sup>4</sup>

Podvodne oceanske „farme“ imaju jako mali ugljični otisak i mogu uzgojiti 10–30 tona povrća godišnje.<sup>2</sup> GreenWave je voljan surađivati s bilo kojim vlasnikom brodice s početnim kapitalom od 20 000 do 50 000 dolara da započnu svoju podvodnu „farmu“. Trenutno je 15 različitih podvodnih uzgajališta hrane, tako da se polažu velike nade da bi ovo mogla biti budućnost sigurne i etičke agrikulture.

Drugi projekt, Nemo's garden, nastao je u Italiji i pokrenula ga je grupa Ocean reef 2012. godine.<sup>3,5</sup> Nemo's garden je dom za sedam plastičnih kapsula u kojima može stati 22 posuda za biljke. Kapsule su povezane s morskim dnom (Slika 2). Unutar kapsula raste razno bilje i usjevi poput bosiljka, zelene salate, jagoda... Svaka kapsula napunjena zrakom koristi hidroponsku tehnologiju za uzgoj hrane bez uporabe tla.<sup>3</sup> Hidroponska tehnologija predstavlja uzgoj bilja u hranjivoj otopini, sa ili bez supstrata. Supstrati po svom porijeklu mogu biti organski, anorganski i sintetski.<sup>7</sup> Nemo's garden također koristi tehnologiju koja proizvodi slatku vodu desalinizacijom. Poboljšanje u upravljanju vodama je jedna od ključnih tema ovog projekta. Zahvaljujući razlici temperatura između zraka unutar kapsule i morske vode izvan kapsule, voda na dnu s lakoćom isparava te kondenzira na unutarnjim stijenkama. Kondenzirana voda se spušta kao slatka voda te navodnjava biljke i povrće.<sup>5</sup> Što se tiče potrebe Sunčeve svjetlosti za razvoj biljaka i povrća, neka istraživanja su pokazala da većina biljaka ovise o crvenom spektru u vidljivoj svjetlosti za fiziološki razvoj. Crveni spektar može doseći do 15 m dubine, a kapsule su 5 – 8 m ispod površine.<sup>5</sup>



Slika 2– Kapsule za uzgoj hrane povezane s morskim dnom<sup>4</sup>

Također je bitno stalno provjeravati uvjete unutar kapsule kao što su temperatura, tlak, količina Sunčeve svjetlosti, isparavanje i kondenzacija vode. Svi ti uvjeti utječu na stabilnost ekosustava unutar kapsule. Nemo's garden je idealan za lokacije koje imaju ograničene resurse vode, jer za uzgoj biljaka unutar kapsula, potrebno je samo pri građenju kapsula dovesti slatku vodu.<sup>1</sup>

Možemo zaključiti kako su ovi projekti na tragu nečega što može promijeniti čitavu industriju agrikulture. Podvodna agrikultura ne koristi pesticide pa time ne onečišćuju zrak, vodu i tlo. Također, gnojiva su prirodna (školjke i kamenice) te nemamo potrebu za gnojivima koje proizvode životinje. Uzgoj stoke na komercijalnoj skali je etički upitan. Uz to, komercijalna agrikultura je odgovorna za oko 70 % ukupne svjetske potrošnje vode.<sup>2</sup> Deforestacija je isto velik problem. S druge strane, podvodna agrikultura ne zahtijeva dodatnu potrošnju vode, dodatni prostor i materijale.

Bitno je napomenuti da su i ljudi žrtve komercijalne agrikulture, mnoge farme često svoje radnike premalo plaćaju i radnici prekomjerno rade.

Jedna negativna strana podvodne agrikulture je treniranje ronioca u svrhu provjere kapsula, što je dosta skupo i ima puno rizika za zdravlje i sigurnost.

Postavlja se pitanje: može li podvodna agrikultura zadovoljiti prehrambene potrebe sve većeg broja stanovnika? Nažalost, u ovom trenutku ne, ali ova dva projekta su pioniri u održivoj agrikulturi te daljnjim razvitkom i širenjem na globalnoj razini može promijeniti negativan utjecaj ljudi na okoliš.

#### Literatura

1. <http://www.nemosgarden.com/underwater-vs-standard-agriculture/> (Pristup 13. prosinca 2020.)
2. <https://www.greenmatters.com/p/underwater-farms> (Pristup 13. prosinca 2020.)
3. <https://www.ecoandbeyond.co/articles/underwater-farming/> (Pristup 13. prosinca 2020.)
4. <https://www.greenwave.org> (Pristup 13. prosinca 2020.)
5. <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2015/aug/13/food-growing-underwater-sea-pods-nemos-garden-italy> (Pristup 13. prosinca 2020.)
6. <https://www.investintrebinje.com/odsjek-za-poljoprivredu/> (Pristup 13. prosinca 2020.)
7. Škvorc, Melanija Hidroponska tehnologija uzgoja krastavca, 2012., diplomski rad, preddiplomski, Agronomski fakultet, Zagreb

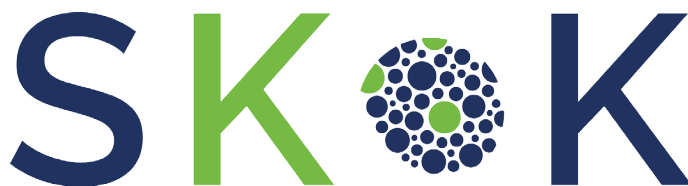
## Studentski kongres o karcinomu

Antonia Škarica (FKIT)

Rak je bolest uzrokovana nekontroliranim rastom stanica koje se šire u okolno tkivo. Ako se klasificira prema tipu stanica od kojih je sastavljen, razlikuju se karcinomi, mijelomi, limfomi, leukemije te sarkomi. Karcinom je najčešći tip raka koji nastaje iz epitelnih stanica koje pokrivaju unutarnje i vanjske površine tijela. U novijim vremenima svjedoci smo sve većeg broja oboljelih od malignih bolesti na svjetskoj razini. Republika Hrvatska je u razdoblju od 2001. do 2017. godine zabilježila porast broja oboljelih od raka u prosjeku za jedan posto godišnje. Iako su maligne bolesti drugi najčešći uzrok smrti, nadu daje činjenica da je standardizirana stopa mortaliteta od raka u padu.

Upravo činjenica da je drugi najčešći uzrok smrti u Republici Hrvatskoj karcinom potaknula je članove Studentske sekcije Hrvatskoga društva kemijskih inženjera i tehnologa na organizaciju prvog Studentskog kongresa o karcinomu. Nakon tri godine postojanja Studentske sekcije odvažili smo se organizirati online kongres koji će biti namijenjen širokoj publici. Tako su među četiristo pedeset troje prijavljenih bili studenti iz Hrvatske, Austrije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Njemačke, Srbije te Turske.

Studentski kongres o karcinomu započeo je u poslijepodnevnim satima 11. prosinca 2020. Nakon



## Studentski kongres o karcinomu

Slika 1 – Logo Studentskog kongresa o karcinomu

uvodnog govora, prvo predavanje održala je prof. dr. sc. Nada Oršolić, redovita profesorica u trajnom zvanju Prirodoslovno matematičkog fakulteta koja je održala predavanje pod naslova „Što jest tumor“ u kojem je svim sudionicima objasnila proces kancerogeneze. Dobro znamo da je kod liječenja karcinoma najvažnija rana dijagnostika, a s načinima radiološke dijagnostike upoznao nas je liječnik Natko Beck. Prof. dr. sc. Silvana Raić-Malić s Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije zaključila je prvi dan predavanja održavši predavanje pod nazivom „Razvoj novih purinskih biozostera s antitumorskim djelovanjem“. Subota, 12. prosinca 2020., započela je izlaganjem „Oksidacijski stres vs antioksidacijska zaštita u borbi protiv rezistencije tumora“ dr. sc. Ane Čipak Gašparović s Instituta Ruđer Bošković koja nas je upoznala s lipidima kao internom barijerom između stanice i njenog okoliša, promjenama na lipidima zbog oksidacijskog stresa te njihovog utjecaja na antioksidacijsku zaštitu. Uslijedila je prof. dr. sc. Karmela Barišić s Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta s predavanjem „Koncept tekuće biopsije u molekularnom profiliranju kolorektalnog tumora“.



## KEMIJSKA POSLA

Znanstvenici s Instituta Ruđer Bošković, doc. dr. sc. Petar Ozretić s „Primjena bioinformatike u otkrivanju genetske podloge raka“ te dr. sc. Marija Matković s predavanjem „Nukleinske kiseline-biomakromolekularne mete u terapiji i dijagnostici karcinoma“ pokazali su interdisciplinarni pristup bolesti karcinoma. Kao zadnji plenarni izlagač, Nenad Bratković, mag. nutr., univ. mag. pharm., zaključio je Kongres s predavanjem „Uloga prehrane pri prevenciji karcinoma“. Uslijedila su usmena izlaganja studenata medicine, nedavno diplomiranih magistara molekularne biologije, eksperimentalne biologije, medicinske biokemije te primijenjene kemije.

Iako još uvijek nismo svjesni veličine događaja, uvjereni smo da je Kongres potaknuo mnoge mlade ljude da svoj znanstveni put usmjere ka nekom području istraživanja karcinoma.

Ovim putem bih se još jednom zahvalila svim predavačima, izlagačima i organizatorima projekta koji su nesebično darovali svoje vrijeme u pisanju priče jednog od najvećeg projekta SSHDKI-ja. Također, veliko



**Slika 2** – S lijeva na desno prof. dr. sc. Ante Jukić, Leonarda Vugrin, Tina Zubović, Antonia Škarica, Ema Podravski te Mislav Matic; dio Organizacijskog odbora

hvala Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Hrvatskom društvu kemijskih inženjera i tehnologa te sponzorima Pliva Hrvatska d.o.o. te Ru-Ve d.o.o. koji su omogućili provođenje ovog projekta.



*Sretan Božić i  
Nova godina!*

Studentska sekcija HDKI





# ZNANSTVENIK

## Kirurške maske – spas ili nova opasnost?

*Dubravka Tavra(FKIT)*

I dok se još uvijek pokušavamo priviknuti na suživot s koronavirusom koji hoda među nama, problemi se gomilaju, a izazovi rastu iz dana u dan. Javnosti su već dobro poznate direktne posljedice novog virusa na zdravlje i gospodarstvo. Jednom prilikom Abraham Lincoln je rekao: „Ne možete pobjeći od odgovornosti sutrašnjice izbjegavajući ju danas.“

Koliko je javnost svjesna indirektnih posljedica i vlastite odgovornosti? Gotovo pa nema čovjeka koji u proteklih par mjeseci nije nosio masku na licu. To je postala obveza i u Hrvatskoj i u većini svijeta u cilju sprječavanja širenja koronavirusa. Neki nose kirurške, neki platnene maske no svakako ih nose.

S jedne strane, one nas štite od ulaska aerosola drugih osoba u naš sustav, mogu podići svijest o fizičkoj udaljenosti i zdravstveno osviještenom ponašanju.<sup>2,3</sup> No s druge strane problemi nastaju kada maske više nisu upotrebljive, posebice kirurške. Maske za lice koje je nosila šira javnost pripadaju sivom području



između komunalnog i medicinskog otpada. U Hrvatskoj je određeno da se kirurške maske nakon upotrebe odlože u komunalni otpad.<sup>3</sup> Maske koje se koriste u tzv. COVID-bolnicama, odnosno koje nose zaraženi pacijenti nikako ne smiju završiti istom košu. Medicinski otpad dijeli se na opasni i neopasni, a podvrsta opasnog je zarazni otpad kojem pripadaju i maske zaraženih pacijenata.<sup>4</sup> U Pravilniku o gospodarenju medicinskim otpadom Republike Hrvatske navedeni su uvjeti za skladištenje medicinskog otpada te način skladištenja na mjestu nastanka kao i propisi za pakiranje, prijevoz i obradu istog.<sup>4</sup>



Slika 1 – Nošenje zaštitnih maski u Zagrebu<sup>1</sup>



U slučaju nepropisnog odlaganja, dvije su potencijalne opasnosti: još veće širenje koronavirusa i onečišćenje okoliša. Polipropilen (PP), jedna od najčešće proizvedenih vrsta plastike u svijetu, sastavni je dio ovih maski. Unatoč širokoj primjeni i velikoj proizvodnji, ne smije se zanemariti činjenica da se teško i dugo razgrađuje u okolišu te ima toksičan učinak na žive organizme u obliku mikroplastike i nanoplastike.<sup>5,6</sup>



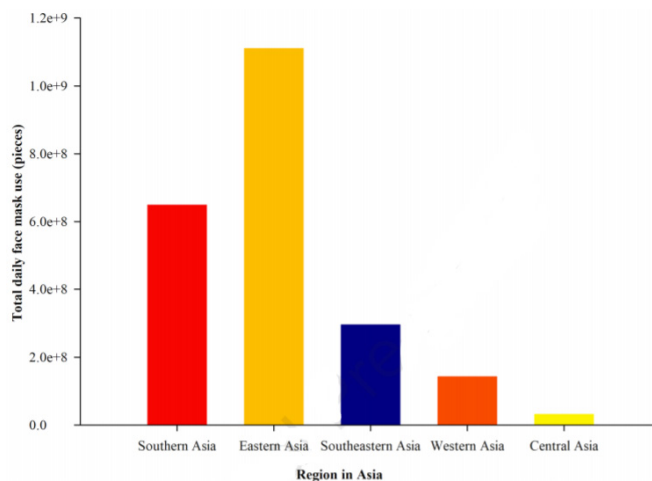
Slika 2 – Slojevi kirurške maske. U 2 od 3 sloja nalazi se polipropilen.<sup>7</sup>

Nedavno objavljenim istraživanjem u časopisu *Journal of Hospital Infection* potvrđeno je kako novi koronavirus može ostati aktivan na neživim čvrstim površinama čak do 9 dana.<sup>8</sup> Ova činjenica upozorenje je za sve države, a vidljivo je da najveće probleme stvara zemljama u razvoju. Otpad od zaštitnih maski za lice uvelike je povećao mogućnost prenošenja patogena.

Milijuni kontaminiranih rukavica, vizira i maski završavaju nepropisno odloženi. Broj upotrebljenih zaštitnih maski drastično je narastao posljednjih 10 mjeseci (slika 3). Tijekom vrhunca pandemije, bolnice u Wuhanu proizvodile su više od 240 tona otpada dnevno u usporedbi s 40 tona proizvedenog otpada ranije normalnim okolnostima.<sup>11</sup> Većinom otpad sadrži plastiku koja će većim dijelom završiti kao već spomenuta toksična mikroplastika ili nanoplastika.

Nedostatak dobre strategije i resursa mogli bi dovesti do katastrofalnih posljedica. U mnogim zemljama u razvoju kruti otpad se odlaže na otvorena i loše upravljana odlagališta otpada na kojima tzv. berači otpada ne nose odgovarajuću zaštitnu opremu.<sup>9</sup> Takva odlagališta također služe kao izvor hrane za stoku kao što su psi i koze.<sup>9</sup>

Ljudi su ljudi pa tako problemi s odlaganjem otpada nisu nestali ni u razvijenim državama. Unatoč većim resursima, a time i puno boljim mogućnostima za pravilno zbrinjavanje, pronađene su velike količine kirurških maski na plažama u Francuskoj na Azurnoj obali kao direktna posljedica ljudske neodgovornosti.<sup>10</sup>



Slika 3 – Broj korištenih maski po danu u općoj populaciji u Aziji<sup>5</sup>

Treba pažljivo razmotriti postupke zbrinjavanja medicinskog otpada kako bi se mogućnost širenja virusa i onečišćenja okoliša svela na najmanji mogući rizik. Odgovornost je na svima nama. Uz pravilno odlaganje maski i ostalog otpada koje svakodnevno koristimo, daljnji postupci zbrinjavanja biti će uvelike olakšani, a ljudi i ostatak okoliša zaštićeni.



Slika 4 – Maska u oceanu<sup>11</sup>

## Literatura

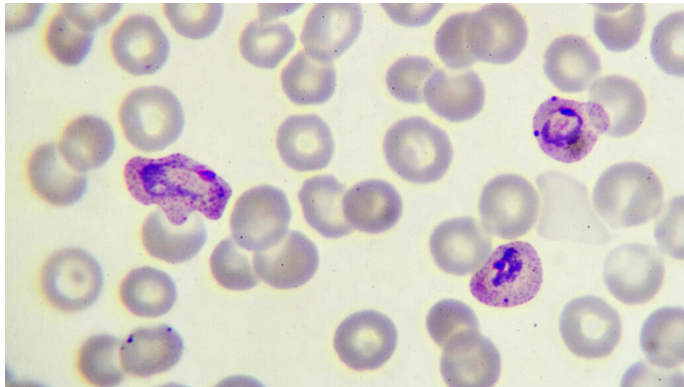
- <https://www.novolist.hr/novosti/hrvatska/nove-mjere-za-zagreb-maske-i-na-otvorenom-ako-nema-distance/> (pristup 12.12.2020.)
- <https://www.adiva.hr/zdravlje/koronavirus/zastita-od-mikroorganizama-od-cega-zapravo-stite-kirurske-maske> (pristup 12.12.2020.)
- Preporuke za korištenje maski za lice, medicinskih i zaštitnih maski HZJZ (koronavirus.hr) (pristup 12.12.2020.)
- Pravilnik o gospodarenju medicinskim otpadom NN 50/2015
- S.Sangham, Face mask and medical waste disposal during the novel COVID-19 pandemic in Asia, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* Vol 2, 2020 (100052)
- <http://m.hr.cnsantongplastic.com/info/what-is-polypropylene-pp-and-what-is-it-use-25907323.html> (pristup 12.12.2020.)
- <https://www.ennisfabrics.com/en/covid-19-products/disposable-face-masks/> (pristup 12.12.2020.)
- G.Kampf,D.Todt,S.Pfaender,E.Steinmann, Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents, *Journal of Hospital Infection*, Vol 104, 2020, 246-251
- C. Nzediegwu, S.X.Chang, Improper solid waste management increases potential for COVID-19 spread in developing countries, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol 161, 2020(10), 104947
- <https://edition.cnn.com/2020/06/24/us/plastic-pollution-ocean-covid-wast> (pristup 12.12.2020.)
- <https://www.nepalitimes.com/banner/the-covid-19-plastic-pandemic/> (pristup 12.12.2020.)

# Igra skrivača s *Plasmodium falciparum*

Katarina Sokač (FKIT)

Pretpostavka je da u Africi svake minute umre jedno dijete zbog malarije, zarazne bolesti čiji je uzročnik parazit *Plasmodium*. Ubod ženke zaraženog komarca iz roda *Anopheles* zaslužan je za prijenos ovog parazita na čovjeka, a obitava i na području Republike Hrvatske. Pet je vrsta plazmodija, a posebice zanimljivim pokazao se *Plasmodium falciparum*, parazit koji pokazuje slabo razumljivo svojstvo skrivanja od ljudskog imunološkog sustava. Naime, iako tijekom sušnog razdoblja ne izaziva bolest, uspješno opstaje u ljudskom organizmu.

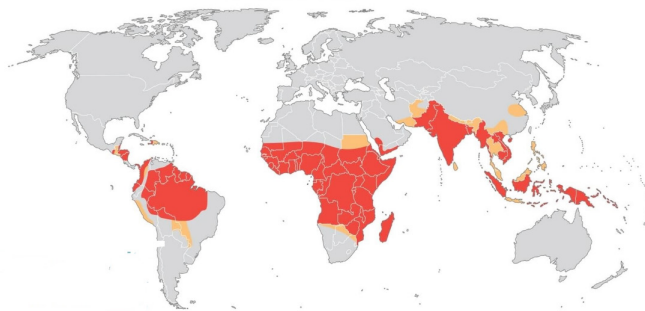
Kad se ubodom komarca prenese na čovjeka, *Plasmodium falciparum* množi se unutar eritrocita, crvenih krvnih stanica. U razdoblju od siječnja do svibnja traje tzv. sušna sezona u Africi, tijekom koje je kod zaraženih ljudi primijećen izostanak simptoma malarije. Smanjena pojava komaraca tijekom tog razdoblja rezultira težim širenjem uzročnika zaraze na nove domaćine. Paraziti se u ljudskom tijelu uspješno skrivaju sprječavanjem prijanjanja zaraženih krvnih stanica uz stijenke krvnih žila. Navedeno rezultira uklanjanjem zaraženih stanica iz cirkulacije. Tako razina parazita u tijelu ostaje niska, a izostanak simptoma malarije omogućuje da *Plasmodium falciparum* ostane neotkriven.<sup>1</sup>



Slika 1 – *Plasmodium falciparum* unutar eritrocita<sup>1</sup>

Sušna sezona predstavlja glavni izazov za ove parazite u mnogim endemskim regijama malarije. Pojava komaraca reducirana je samo na dio godine zbog ograničene dostupnosti vode. Unatoč tome, *Plasmodium falciparum* uspješno preživljava razdoblje između dviju sezona prijenosa u trajanju od nekoliko mjeseci, a da pritom ne biva uklonjen iz ljudskog organizma niti ugrožava život domaćina, minimalno utječe na njegov imunološki odgovor. Paraziti izolirani tijekom sušne sezone transkripcijski se razlikuju od onih kod osoba s malarijom u sezoni prijenosa, što se podudara s dužom cirkulacijom unutar svakog replikacijskog ciklusa zaraženih eritrocita.

Kad jednom dospije u crvene krvne stanice u sezoni prijenosa, ova vrsta plazmodija proizvodi proteine koji se smještaju uz vanjski dio stanice. Proteini pomažu stanici u prijanjanju uz krvne žile. Tako je spriječen transport zaraženih krvnih stanica do slezene, posljedično i njihova razgradnja i uklanjanje iz organizma. Iako je imunitet specifičan za ovaj parazit veći u subkliničkih nositelja parazita u sušnom razdoblju, na sličan način smanjuje se i kod nositelja i nenositelja. Sluteći prema tome, kronično niskom parazitemijom možda se neće održati ili pojačati imunitet protiv malarije. Imunološki odgovori na kliničku malariju poprilično su poznati, međutim učinak na imunitet kod subkliničkih nositelja parazita u sušnoj sezoni nije detaljno proučavan.<sup>2</sup>



Slika 2 – Širenje malarije u svijetu. Crvena područja predstavljaju kontinuirani prijenos malarije, narančasto područje ograničeni prijenos, dok u sivim područjima nema prijenosa malarije.<sup>3</sup>

Skupina stručnjaka s Universitätsklinikum Heidelberg u Njemačkoj bavila se istraživanjem ovog zanimljivog svojstva, međutim iznenadili su se kad se *Plasmodium falciparum* izoliran tijekom sušnog razdoblja u laboratorijskim uvjetima ponašao drugačije. Naime, nije dolazilo do prijanjanja zaraženih krvnih stanica uz stijenke krvnih žila. Identificirali su oko 600 zaraženih ljudi malarijom u Maliju tijekom 2017. i 2018. Prvotno su odbačene ideje o sezonalnosti parazita zbog genetske raznolikosti i suzbijanja rasta parazita od strane imunološkog sustava domaćina. Usporedbom gena u uzorcima uzetim od asimptomatskih pacijenata u sušnom razdoblju i simptomatskih pacijenata u razdoblju prijenosa uočeno je da 1607 gena pokazuje različite sezonske obrasce. Navedeno upućuje na zaključak da završetkom razdoblja prijenosa kod *Plasmodium falciparum* ipak postoji mogućnost promjene genetike kako bi crvene krvne stanice imale manju sposobnost prijanjanja uz krvne žile. Tako se ovaj parazit i dalje replicira i opstaje u organizmu bez upozorenja imunološkom sustavu na borbu protiv zaraze. Smanjena sposobnost prijanjanja moguća je zbog manje količine proizvedenih proteina koji se smještaju uz vanjski dio crvenih krvnih stanica ili zbog toga što su proizvedeni proteini na neki način različiti. Budući da su uspoređivani paraziti iz dvije različite životne faze, potencijalan nastavak istraživanja je usporedba genetske aktivnosti parazita u istoj životnoj fazi kako bi se odredili geni koji mogu utjecati na sposobnost prijanjanja.<sup>1</sup>



Daljnja istraživanja opstanka *Plasmodium falciparum* u ljudskom organizmu bez izazivanja bolesti tijekom sušnog razdoblja, sve do povratka komaraca i njihovog prijenosa parazita sa zaražene na nezaraženu osobu, mogla bi biti od velike koristi za suzbijanje malarije tijekom sušnog razdoblja.

## Literatura

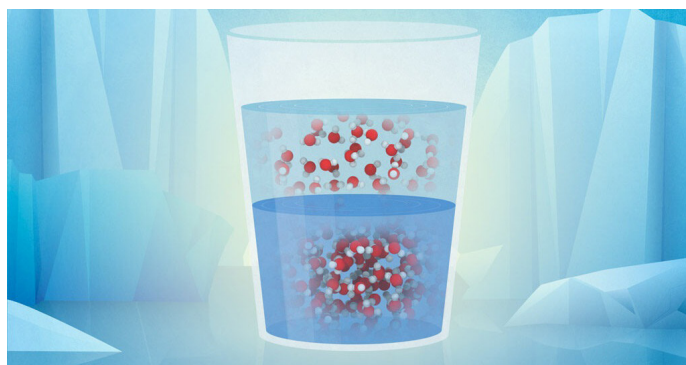
1. <https://www.sciencenews.org/article/malaria-parasite-mosquitoes-genetics-immune-system> (pristup 10.12.2020.)
2. C. M. Andrade, H. Fleckenstein, [...] S. Portugal, Increased circulation time of Plasmodium falciparum underlies persistent asymptomatic infection in the dry season, *Nature medicine* 26, 1929-1940 (2020)
3. <https://www.rewardexpert.com/blog/what-you-need-to-know-about-malaria/> (pristup 13.12.2020.)



## Novootkriveno svojstvo vode

Antonija Bikić (FKIT)

Voda prekriva tri četvrtine Zemlje i znanstvenici i dalje otkrivaju njezina nova svojstva. Voda je veoma intrigantna molekula čija svojstva odstupaju od svojstava idealne tekućine.



Slika 1 – Ilustracija vode s malom gustoćom (gornji dio čaše) i s velikom gustoćom (donji dio čaše)<sup>2</sup>

Još u osnovnim školama uči se o tri agregatna stanja te o činjenici kako voda ispod nule prelazi u čvrsto agregatno stanje. Međutim, to nije u potpunosti točno. Moguće je vodu ohladiti na temperaturu od  $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a da je ona i dalje tekućina.<sup>1</sup>

Novootkriveno svojstvo pojavljuje se na temperaturama ispod temperature smrzavanja. Na tim temperaturama voda se pojavljuje u dva oblika: tekućina velike gustoće koja se pojavljuje pri visokim tlakovima i tekućina male gustoće pri niskim tlakovima. Ultrabrzim mjerenjima znanstvenici su otkrili da voda prelazi iz jednog oblika u drugi.

Da bi razumjeli to novo svojstvo potrebno je razumjeti koncept pothlađene tekućine. Naime, kako se tekućina hladi, molekule usporavaju i zauzimaju određeni položaj. Zauzimanjem određenog položaja tekućina prelazi u kruto stanje ili kristalizira. To je promjena koja se događa kada se voda smrzne u led. Ali, ako su uvjeti dobri, tekućina može krenuti drugim putem, tj. može postati viskozna, sirupasta smjesa, poznata kao pothlađena tekućina.

To se događa jer molekule usporavaju, ali ostaju neorganizirane, ne zauzimaju položaje koji su nužni da bi došlo do promjene agregatnog stanja. Ako temperatura padne još malo, do temperature staklišta, pothlađena tekućina pretvara se u staklasto stanje.<sup>3</sup>

Postavlja se pitanje kako su znanstvenici došli do ovog otkrića? Eksperiment je započeo tako što su napravili led velike gustoće. Zatim su ga ozračili infracrvenom svjetlošću što je dovelo do topljenja leda i stvaranje tekućine pod visokim tlakom. Voda se zatim raširila u prostor i gustoća je naglo opala. Zatim su koristili X-zrake i promatrali svojstva vode na temelju raspršenja X-zraka. Bitno je naglasiti da su pratili promjenu svojstva vode u nanosekundama.

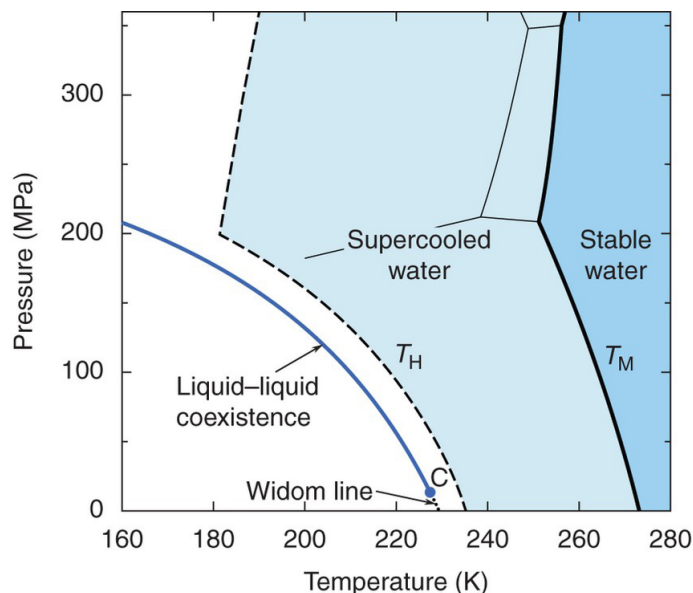


Slika 2 – Prikaz vode kao pothlađene tekućine<sup>4</sup>

Prethodne studije nisu pratile promjenu svojstava u nanosekundama i istraživanja su rađena pri atmosferskom tlaku. U novim istraživanjima znanstvenici su mjerenja provodili pri tlaku 3000 puta nižim od atmosferskog i pri temperaturi od  $-68\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Stoga je riječ o daleko preciznijim i točnijim rezultatima jer se mogla detektirati anomalija vode. Prema rezultatima vidljivo je da pothlađena voda ima kritičnu točku. Odnosno pri određenom tlaku i temperaturi dvije različite faze se stapaju u jednu.<sup>2</sup>

### Literatura

1. <https://phys.org/news/2011-11-supercool-doesnt-.html> (pristup 13.12.2020.)
2. <https://www.sciencenews.org/article/supercooled-water-phase-critical-point-liquid-fluid> (pristup 12.12.2020.)
3. <https://phys.org/news/2012-06-supercooling-liquids-scientists-physics-glasses.html> (pristup 12.11.2020.)
4. [https://i.ytimg.com/vi/ahn46\\_R1b2o/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/ahn46_R1b2o/maxresdefault.jpg) (pristup 12.12.2020.)
5. [https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-phase-diagram-of-cold-water-Supercooled-water-exists-between-the-melting\\_fig3\\_232233485](https://www.researchgate.net/figure/Hypothetical-phase-diagram-of-cold-water-Supercooled-water-exists-between-the-melting_fig3_232233485) (pristup 12.12.2020.)



Slika 3 – Grafički prikaz hipotetske ovisnosti temperature o tlaku za vodu, gdje točka C predstavlja hipotetsko mjesto kritične točke za pothlađenu tekućinu<sup>6</sup>

## Najkraće putovanje fotona u povijesti

Ana Vukovinski (FKIT)

Mnogi bi se složili da je vrijeme relativan pojam. Često bismo rekli da prolaznost vremena ovisi o situaciji u kojoj se nalazimo, pa nam tako sretni trenuci prođu brže, a oni malo manje sretni sporije. Ovisi i o osobi koja vrijeme doživljava iz svoje perspektive. Zamislite dijete u predškolskoj dobi koje svoj dan započinje i završava igrom. Hoće li ono percipirati vrijeme isto kao i odrasla osoba koja u jednom danu napravi niz obveza? Jedno je sigurno, kako god vrijeme definiramo, ono za sve prolazi jednako. Određuju ga sekunde, minute i sati. To su jedinice vremena s kojima smo svi upoznati i koje su danas lako mjerljive. Međutim, što ako vrijeme opisujemo jedinicama koje nije tako lako izmjeriti, koje su toliko male, pa gotovo kao da ne postoje?

U listopadu ove godine znanstvenici iz Njemačke objavili su članak u časopisu *Science*, u kojem navode da su izmjerili najkraće vrijeme ikada zabilježeno. Radi se o vremenu u kojem jedan foton prođe kroz molekulu vodika, a ono iznosi 247 zeptosekundi (za prosječnu duljinu kovalentne veze u  $\text{H}_2$ ). Jedna zeptosekunda (zs) jednaka je  $10^{-21}$  s. Takvo zapažanje fizičarima će omogućiti proučavanje interakcija između atoma i molekula, kao i svjetlosnih interakcija, na potpuno novoj razini.

Prolazak fotona kroz molekulu vodika objašnjen je procesom fotoionizacije. Fotoionizacija jedan je od najvažnijih i najčešćih procesa uzrokovanih interakcijom svjetlosne tvari (fotona) i materije. Materija pri tom procesu apsorbira foton čime dolazi do izlaska elektrona

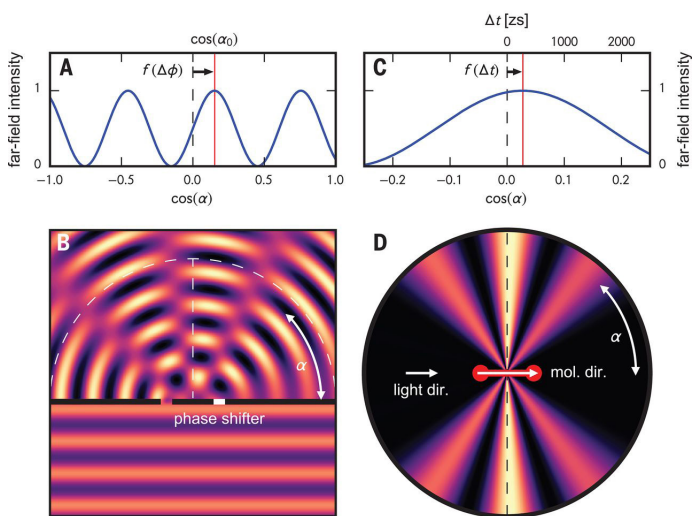


Slika 1 – Za vrijeme često kažemo da je relativan pojam, neki čak vole reći da je riječ o iluziji

(emisije) i stvaranja aniona. Emisija elektrona proces je koji se može pratiti elektronskom interferometrijskom tehnikom, te je njome zapaženo da period između dvije emisije odgovara vremenu od 247 zs. Taj interval se definira kao prolazak fotona kroz molekulu. Iako je za ovaj eksperiment uzeta vrlo jednostavna molekula vodika, znanstvenici tvrde da je metoda primjenjiva i za složenije sustave.

Molekula vodika u plinovitom mediju bila je osvijetljena česticama X-zraka. Foton je apsorbirao potaknuo emisiju elektrona iz jednog atoma vodika te zatim drugog. Obzirom da elektroni imaju dualnu prirodu, odnosno možemo ih definirati kao čestice i valove, dvije emisije elektrona izazvale su promjene

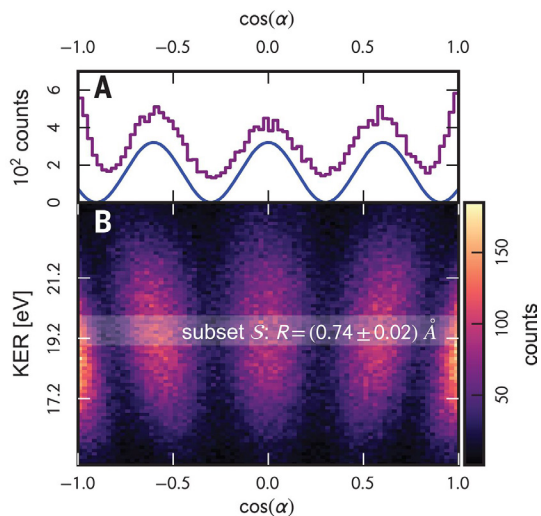
elektronskih valova, odnosno fazni pomak. Grafički prikaz takvog ponašanja prikazan je na Slici 2. Preklapanjem brijegova i dolova tih valova, dobiven je interferencijski obrazac (Slika 3) koji se može primijetiti pomoću COLTRIMS mikroskopa.



**Slika 2** – Grafički prikaz faznog pomaka (A) uzorkovan emisijom (C), prikaz ponašanja ravnog vala prilikom dolaska do zapreke (B, D)

Ovim je eksperimentom utvrđeno da nastajanje fotoelektronskog vala iz molekulske orbitale nije proces koji se događa istovremeno preko cijele molekule, već je vrijeme između pojedine emisije elektrona jednako 247 zs. Elektronskom interferometrijskom tehnikom

zapaženo je kašnjenje vala, koje se matematički predočava faznom razlikom između dijelova vala. Taj novo-opaženi efekt općenit je i ne mijenja samo molekularnu fotoionizaciju, već će dovesti do značajnih promjena u razumijevanju emisije elektrona iz krutina i tekućina, tvrde znanstvenici.



**Slika 3** – Interferencijski uzorak brzih elektrona iz jednofotonske dvostruke ionizacije molekule vodika

## Literatura

1. S. Grundmann i suradnici, Zeptosecond birth time delay in molecular photoionization, Science (2020) Vol. 370, 6514
2. <https://www.sciencenews.org/article/photon-journey-molecule-shortest-event-zeptosecond-physics> (pristup 03.12.2020.)

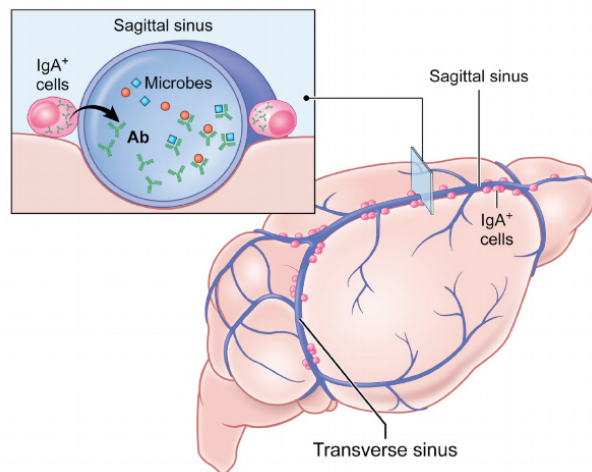
## I Kako crijeva štite mozak?

Lea Raos (FKIT)

Zasigurno se svatko barem jednom zapitao postoji li mogućnost detektiranja virusne ili bakterijske infekcije prije nego što se razviju teži simptomi bolesti u našem organizmu, neovisno o kojem je organu tj. organskom sustavu riječ.

Najnovija istraživanja pokazuju da neke imunosne obrane mozga započinju u crijevima. Mozak se ističe kao središte svijesti, mišljenja i zaključivanja. Valja se prisjetiti kako ovaj organ usklađuje informacije koje prima iz svih dijelova tijela i šalje nazad korespondentni odgovor. Procjenjuje se da je dnevna doza krvi koja prođe kroz mozak u odraslog čovjeka 1100 litara, u svakom tom prolasku krvi kroz mozak otvara se mogućnost zaraze bakterijama, virusima ili drugim patogenima.

Najnovija istraživanja pokazala su da ako se mozak zarazi patogenima, u mehanizam obrane uključuju se crijeva u kojima se nalaze stanice spremne za napad stvaranjem odgovarajućeg antitijela.



**Slika 1** – Shematski prikaz stanica koje imaju ulogu u zaštiti mozga od infekcija uzrokovanih mikrobima prenesenih krvlju

Za vrijeme homeostaze moždane ovojnice sadrže plazma stanice koje luče IgA. One su smještene uz duralne venske sinuse, obložene prostore između periostalnog i meningealnog sloja. Sinusi tvrde moždane ovojnice su kanali koji skupljaju krv iz mozga i lubanjske šupljine. Sekvenciranjem receptora B limfocita potvrđeno je da meningealne stanice IgA+ potiču iz crijeva.

Najčešći slučaj da patogen završi u krvotoku je upravo iz crijeva, što dovodi do logičkog zaključka da se upravo crijeva, odnosno stanice u crijevima aktiviraju za napad patogena tj. proizvodnju antitijela. Postavlja se pitanje povezanosti stanica mozga i crijeva. Upravo na to odgovor pruža istraživanje koje je provedeno na miševima gdje se vidi da germ-free miševi, odnosno oni bez mikroba u crijevima, nisu imali ni plazma stanice u moždanim ovojnicama. Postupkom transplatiranja bakterija iz ljudskog fecesa i fecesa drugih miševa, u crijeva germ-free miševa, vraćeni su im mikrobiomi crijeva te se samim time pojavljuju se i plazma stanice u moždanim ovojnicama. Kada je implantirana patogena gljivica u krvotok miševa (koja se inače nalazi u crijevima), gljivica se pokušala probiti kroz niz krvnih žila moždanih ovojnica do mozga. No, plazma stanice su oko patogena stvorile antitijela IgA te blokirale ulazak u mozak i samim time nastanak infekcije.

Ovakva otkrića izvrstan su putokaz daljnjim istraživanjima, koja vode ka pronalasku rješenja za razne bolesti mozga, što bi uvelike pridonijelo znanosti i čovječanstvu.



Slika 2 – Prikaz plazma stanice koje proizvode antitijela u zaštitnoj barijeri mozga

#### Literatura

1. <https://www.sciencenews.org/article/brain-infection-gut-immune-system> (pristup 6.12. 2020.)
2. Z. Fitzpatrick i suradnici, Gut-educated IgA plasma cells defend the meningeal venous sinuses, Nature (2020), Vol 587.

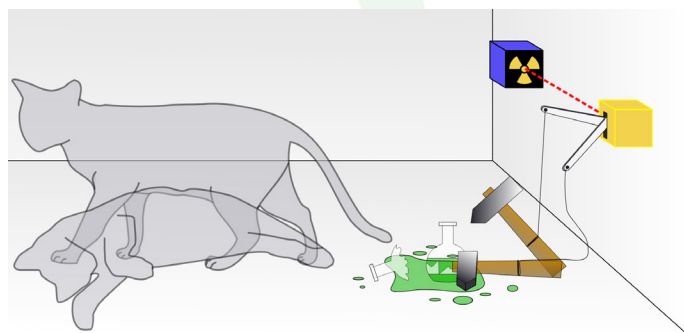
## Kvantna superpozicija

Hrvoje Tašner (FKIT)

Možda najpoznatiji misaoni eksperiment u povijesti je Schrödingerova mačka. Ova mačka ušla je u kolektivnu svijest je čest motiv u brojnim šalama i usporedbama s pojavama situacijama iz svakodnevnog života. No, što zapravo stoji iza ove popularne mačke?

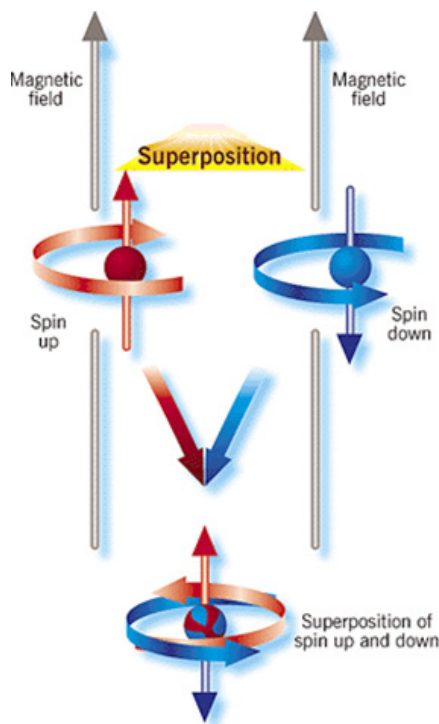
Misaoni eksperiment popularno nazvan Schrödingerova mačka predstavio je Ervin Schrödinger 1935-te godine u radu naziva *Trenutačno stanje kvantne mehanike* (njem. *Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik*). Ovaj rad osvrće se na neobična ponašanja kvantnih objekata poput kvantne superpozicije i zanimljivosti kako čin mjerenja utječe na valnu funkciju čestice. U jednom od odlomaka Schrödinger je opisao kvantnu superpoziciju neobičnim misaonim eksperimentom. Zamišljeni eksperiment postavljen je na sljedeći način: “Možemo postaviti prilično blesave situacije. Mačka je zatvorena u čeličnoj komori s uređajem koji je osiguran da mačka ne može na njega utjecati. U uređaju se nalazi Geigerov brojač i vrlo mala količina radioaktivne tvari. Količina radioaktivne tvari toliko je mala da, primjerice u vremenu od jednog sata, postoji jednaka vjerojatnost od raspada jednog atoma kao i vjerojatnost da ne dođe do raspada atoma. Ako pak dođe do radioaktivnog raspada Geigerov brojač zabilježit će pojavu što će aktivirati mehanizam koji pomoću čekića razbija malu ampulu s cijanidnom kiselinom. Ostavimo li pak ovaj sustav neometanim jedan sat tada možemo reći da je mačka živa ako nije došlo do radioaktivnog raspada atoma. Psi-funkcija sustava izražava ovu situaciju tako da su živa i mrtva mačka (oprostite na izrazu) jednoliko pomiješane ili razmazane u sustavu.”

Ovim misaonim pokusom slikovito je opisan princip kvantne superpozicije. Mačku istovremeno možemo smatrati živom i mrtvom. Ona se nalazi u dva stanja istovremeno. Otvaranjem komore dolazi do kolapsa valne funkcije sustava i mačka poprima samo jedno od dva stanja, ili je živa ili je mrtva. U kojem se stanju mačka nalazi ne možemo znati bez mjerenja. Prema ovom principu se ponašaju kvantno mehanički objekti.<sup>1</sup>



Slika 1 – Prikaz Schrödingerova misaonog pokusa

Za razmatranje superpozicije potrebno je prvo razjasniti pojam stanja. Stanje čestice definirano je njenom valnom funkcijom te se može odnositi na energiju čestice ili na njen položaj, brzinu, polarizaciju, spin ili bilo koje drugo svojstvo čestice koje možemo opisati s određenom vrijednošću. Ako kvantno mehaničko stanje možemo zapisati kao kombinaciju dvaju ili više kvantnih stanja tada je to kvantno stanje superpozicija kvantnih stanja koja smo kombinirali. Čestica u superpoziciji dvaju stanja djelomično se nalazi u oba stanja koja su kombinacijom dala superpoziciju. Svojstva čestice u superpoziciji bit će između svojstava stanja od kojih je superpozicija sastavljena. Koliko će stanje superpozicije “sličiti” nekom od kombiniranih stanja ovisi o doprinosu svakog pojedinog stanja kombiniranog u superpoziciju.<sup>2</sup>



Slika 2 – Prikaz kvantne superpozicije spina

Uzmimo, na primjer, da se sustav može nalaziti u 2 stanja A i B. Mjerenjem stanje A uvijek daje rezultat mjerenja a, dok stanje B uvijek daje rezultat mjerenja b. Ako se sustav nalazi u stanju koje je superpozicija stanja A i B tada će rezultat mjerenja neki puta biti a dok će neki puta biti b. Vjerojatnost da rezultat mjerenja bude a odnosno b ovisi o doprinosu stanja A i B superpoziciji. Ako stanje A doprinosi superpoziciji sa 60 % tada ćemo mjerenjem dobiti rezultata a 60 % puta. Međustanje sustava neće se očitovati time da vrijednost rezultat mjerenja bude vrijednost između vrijednosti stanja a i b, već će rezultata mjerenja biti vrijednost a ili b s vjerojatnošću koja je između vjerojatnosti događaja A i B.<sup>2</sup>

Matematički gledano superpozicioniranje je aditivan proces podrazumijeva da kvantno-mehanička stanja zbrajanjem daju nova stanja. U kvantnoj mehanici stanja se opisuju vektorima. Vektori koji opisuju kvantno-mehanička stanja zovu se ket vektori ili skraćeno ketovi te iz označavamo s oznakom  $|v\rangle$ . Ket vektori se mogu množiti s kompleksnim brojevima te se mogu međusobno zbrajati. Zbrajanjem dvaju ketova  $|A\rangle$  i  $|B\rangle$  dobije se novi ket  $|R\rangle$  s time da su  $c_1$  i  $c_2$  kompleksni brojevi.

$$c_1|A\rangle + c_2|B\rangle = |R\rangle \quad (1)$$

Također, ako imamo ket  $|x\rangle$  ovisan o parametru x koji može poprimiti bilo koju vrijednost u nekom rasponu tada možemo integrirati  $|x\rangle$  po x čime dobivamo novi ket vektor. Set ket vektora je nezavisan ako se niti jedan od njih ne može izraziti kao linearna kombinacija ostalih ket vektora. Međutim ako je vektor  $|R\rangle$  linearna kombinacija vektora  $|A\rangle$  i  $|B\rangle$ , kao što je izraženo u jednadžbi (1), vektor  $|R\rangle$  je superpozicija stanja A i B. No, s obzirom na to da

je zbrajanje komutativno, vektor  $|A\rangle$  možemo izraziti kao linearnu kombinaciju vektora  $|B\rangle$  i  $|R\rangle$ .

To znači da je stanje A superpozicija stanja B i R. Također na isti način slijedi da je stanje B superpozicija stanja A i R. Stoga kažemo da je superpozicija simetrična odnos stanja A, B i R. Ova simetrija vrijedi bez obzira na broj vektora u superpoziciji. Stanje koje je superpozicija drugih stanja ovisi o stanjima koje čine superpoziciju, također ket stanja koje je superpozicija ovisi o ketovima stanja sastavnica superpozicije.<sup>2</sup> Nadalje, za pravilnu matematičku formulaciju principa superpozicije moramo pretpostaviti da superponiranjem nekog stanja A samog na sebe ne možemo dobiti novo stanje, već dobivamo početno stanje A.

$$c_1|A\rangle + c_2|A\rangle = (c_1 + c_2)|A\rangle \quad (2)$$

Koeficijenti  $c_1$  i  $c_2$  su kompleksni brojevi. Kada je  $c_1+c_2=0$  rezultat superpozicije je ničtica, odnosno komponente superpozicije se međusobno poništavaju interferencijom. Za sve ostale slučajeve kada je  $c_1+c_2 \neq 0$  rezultat superpozicije stanja A na samog sebe  $(c_1+c_2)|A\rangle$  mora odgovarati  $|A\rangle$ . Budući da množenjem ket vektor stanja bilo kojim kompleksnim rezultirajući vektor odgovara istom stanju, stanje ne ovisi o smjeru i iznosu vektora. Odnosno, nema razlike između ket vektora  $|A\rangle$  i  $-|A\rangle$  jer se oba odnosne na isto stanje A. Shodno tome, ako koeficijente  $c_1$  i  $c_2$  superponiranih stanja A i B iz jednadžbe (1) pomnožimo s istim faktorom ket vektor rezultatnog stanja  $|R\rangle$  bit će pomnožen s istim faktorom, a stanje superpozicije R neće biti promijenjeno.<sup>2</sup>

Pokusi koji uključuju čestice u superpoziciji izvršeni su na fotonima, elektronima, atomima berilija pa čak i na većim molekulama poput fullerena. Nova istraživanja iz 2019. godine pokazala su superpoziciju skupine molekula oligoporfirina ukupne mase veće od 25 000 Da i sastavljene od preko 2000 atoma. To je do sada najmasivniji sustav koji je pokazao interferenciju de Broglievih valova materije. No, tehnologija s najvećim potencijalom koja koristi princip kvantne superpozicije su kvantna računala koja bi mogla dramatično promijeniti informatički svijet.<sup>3-5</sup>

### Literatura

1. The Present Situation in Quantum Mechanics: A Translation of Schrödinger's "Cat Paradox Paper", Erwin Schrödinger, Translator: John D. Trimmer, Section I.11 of Part I of Quantum Theory and Measurement, J.A. Wheeler and W.H. Zurek, eds., Princeton university Press, New Jersey 1983.
2. P. A. M. Dirac, 1981, The Principales of Quantum Mechanics, Clarendon Press, Oxford
3. Yaakov Y. Fein, Philipp Geyer, Patrick Zwick, Filip Kiařka, Sebastian Pedalino, Marcel Mayor, Stefan Gerlic and Markus Arndt, Quantum superposition of molecules beyond 25 kDa, Nature Physics volume 15, pages1242–1245 (2019)
4. Zeilinger, A. (1999). Experiment and the foundations of quantum physics. Reviews of Modern Physics, 71(2), S288–S29
5. <https://www.ibm.com/quantum-computing/learn/what-is-quantum-computing/> ( pristup 14.12.2020)





# BOJE INŽENJERSTVA

## Na kavi sa stručnjakom: dr. sc. Nenad Raos

*Aleksandra Brenko (FKIT)*



Znanost je fascinantna, no ponekad se mučimo riječima iskazati što nas toliko oduševljava u vezi zakonitosti koje vladaju svemirom. Posebna je i plemenita vještina pobuditi taj osjećaj čuđenja u drugima i motivirati ih za znanost.

Nenad Raos je znanstvenik iz područja kemije koji se kroz čitavu svoju karijeru bavio popularizacijom znanosti. Do odlaska u mirovinu bavio se teorijskom i bioanorganskom kemijom radeći na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI). Napisao je trinaest znanstveno-popularnih knjiga i preko dvije tisuće članaka, uz to *Rječnik kemijskih sinonima*, te nekoliko knjiga eseja i dva sveučilišna udžbenika. Sedam godina je bio urednik časopisa *Priroda*, a danas objavljuje na portalu *Bug online*, kao i u hrvatskom časopisu o astronomiji – *Čovjek i svemir*. Urednik je rubrike *Kemija u nastavi* u časopisu *Kemija u industriji*, koji izdaje Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa.



Slika 1 – dr. sc. Nenad Raos

Osim knjiga i članaka, autor je sedam znanstveno-popularnih izložbi, od kojih se jedna, *Bezbroj lica periodnog sustava elemenata*, nalazi kao stalni postav u Tehničkom muzeju Nikola Tesla. Godine 2003. dobio je Državnu godišnju nagradu za promidžbu i popularizaciju znanosti.

*Napisali ste mnoštvo članaka, znanstveno-popularnih knjiga, udžbenika i zbirki radova. Na koji ste rad najviše ponosni i zašto?*

Teško je na to odgovoriti. Sve što sam pisao, pisao sam najbolje što sam znao, davao sam sve od sebe. No, ipak mislim da sam najviše bio svoj u jednoj knjižici, napisanoj gotovo kao zbirci pjesama u prozi, a zove se *Što je voda? (Kako za koga)*. U njoj sam dao 24 „definicije“ vode iz kojih se može mnogo naučiti o povijesti kemije, o biologiji, no i o značenju koje H<sub>2</sub>O ima u životu čovjeka (voda za ekonomista, krčmara, govornika, Ivana Krstitelja i dr.). No najcjelovitije moje djelo sigurno je posljednja znanstveno-popularna knjiga *The Cookbook of Life – New Theories on The Origin of Life* što ga je izdalo naše Društvo 2018. godine. I ona je, unatoč ozbiljnosti teme, protkana humorom jer sam svaku teoriju o postanku života povezao s nekim jelom i zgodom iz svoga života u vezi tog jela.

*Čime ste se bavili u svojem laboratoriju?*

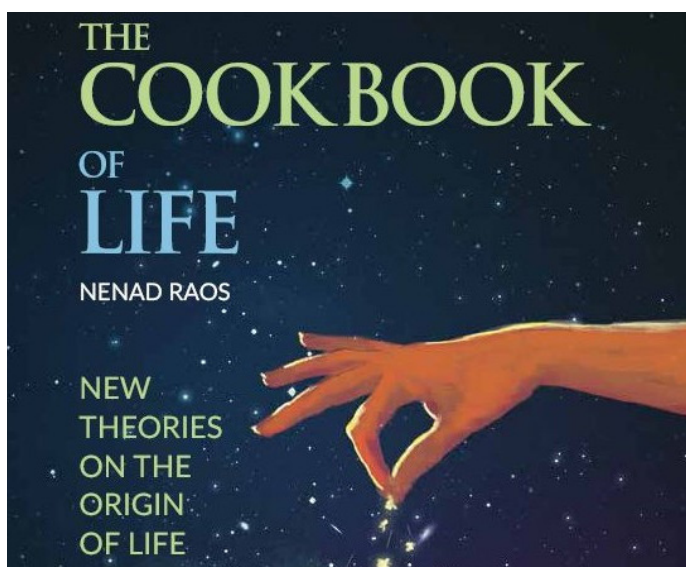
Moja znanstvena karijera na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) rezultirala je sa stotinjak znanstvenih radova iz područja teorijske kemije primijenjene prije svega na kompleksne spojeve. Mislim da sam bio prvi u Hrvatskoj koji se bavio molekulskom mehanikom, izvodeći proračune na prapopotnom kompjutoru UNIVAC 1101, instaliranom na Sveučilišnom računskom centru (SRCE). U to doba, krajem 70-ih godina, još se radilo s bušenim karticama, a izvođenje programa koji danas na PC-u traje sekundu-dvije, trajalo je po dva sata, a, zbog zauzeća memorije, program se mogao izvoditi samo preko noći. Tako je to bilo nekoć, u herojsko doba kompjutera. Poslije sam počeo razvijati metode za predviđanje stabilnosti kompleksnih spojeva metodom molekulskih grafova, upotrebom topoloških indeksa. Dakle, sve se vrtjelo oko kompleksnih spojeva, no kompleksnih spojeva od biološkog interesa (kompleksi aminokiselina, peptida te bioaktivnih spojeva). Stoga je najbolje reći da sam se bavio teorijskom i bioanorganskom kemijom.

*Vodili ste rubriku Mišljenja i komentari u časopisu Kemija u industriji. Jeste li se kada zamjerali kolegama pri iznošenju mišljenja i kako to izbjegavate?*

Još je prije 2500 godina Periklo rekao Atenjanima: „Tajna slobode je u hrabrosti.“ Kad bi čovjek govorio tako da se nikom ne zamjeri, onda bi trebao posve zašutjeti, no i šutnjom bi se mogao nekome zamjeriti. Ono što sam uvijek imao na umu, i zbog čega mi je savjest čista, je da nikad nisam napadao ljude nego pojave. Identitet onoga koga sam kritizirao, da bih konkretizirao pojavu, skrivao sam koliko god sam mogao, no ljudi su se prepoznavali i onda kada nisam na njih mislio. Rekao bih da to ima veze s neurozom, jer neurotičar misli da se sve što se kaže odnosi baš na njega. Zar ti ljudi doista misle da su mi toliko važni u životu da trošim svoje vrijeme i kreativnu energiju samo zato da im napakostim? Prikrijem identitet čovjeka sintagmom „postariji gospodin“, a on se javlja, otkrivajući svoj identitet, i još mi zamjera da ga „diskriminiram po starosti“ jer samo ga tako označio. Pa gdje toga ima? Ima, ima – ima u znanstvenoj zajednici.

*Pri proučavanju literature za knjigu The Cookbook of Life - New Theories on the Origin of Life, koja vas se teorija najviše dojmila?*

Najviše me se dojmila teorija o kemoautotrofnom postanku života njemačkog znanstvenika Güntera Wächtershäusera poznata i kao sumporno-željezna teorija. Po njemu su prvi organizmi (pionijski organizmi) bile čestice željezova sulfida, FeS, koje su služile i kao izvor energije (reakcijom s H<sub>2</sub>S) i kao katalizatori. Mogu čak reći da me ta teorija navela da dublje zađem u temu i da na kraju napišem knjigu, jer ona je najbliža mojem području istraživanja, naime bioanorganskoj kemiji. No u knjizi, razumije se, razmatram i druge teorije. I najvažnije, dolazim do zaključka da jedna teorija ne proturječi drugoj, nego da je život najvjerojatnije nastao simbiozom protostanica nastalih različitim procesima. Nijedna se



**Slika 2** – *The Cookbook of Life – New Theories on The Origin of Life* (hrv. Kuharica života – Nove teorije o porijeklu života), posljednja znanstveno-popularna knjiga dr. sc. Raosa

*Koja je razlika u pisanju znanstveno-popularnih članaka naspram znanstvenih radova?*

Kada se piše za najširu publiku, znači kada se piše znanstveno-popularno, onda treba pisati jasno i zanimljivo. To je najteže, jer lako je navoditi činjenice no povezati činjenice u smislenu i usto zanimljivu, intrigantnu priču mnogo je teže. Znanstveni rad ima svoju formu, pa ako znamo o čemu pišemo neće nam ga biti teško napisati. No kod znanstveno-popularnog djela forma nije unaprijed zadana, nju autor mora sam smisliti i domisliti, a to je najteže. Čime recimo početi članak o kloru? Sigurno ne konstatacijom da je „klor kemijski element protonskog broja 17 iz skupine halogena“. Hoćemo li početi s njegovim otkrićem, s primjenom klora kao bojnog otrova ili Varikinom ovisi o publici kojoj se obraćamo.

jedinka, vrsta, pa čak ni red ili razred živih bića ne može gledati izdvojeno iz cjeline svojeg kako biološkog tako i geološkog okoliša. To jamačno vrijedi i za forme iz kojih je iznikla prva živa stanica.

*Napisali ste i knjigu Mala škola pisanja: za znanstvenike i popularizatore, također u izdanju našega Društva. Što iz nje možemo naučiti?*

Možete naučiti ono što se, nažalost, nigdje ne uči, naime kako jasno i zanimljivo pisati. Danas smo prepuni svakojakih savjetnika, knjiga u kojima nam se serviraju procedure o svemu i svačemu, od toga kako naći dečka (curu), do toga kako biti zabavan u društvu ili postati glumac, direktor ili milijunaš. No nisam pošao tim putem, u knjizi nema gotovih recepata ni za što, no ima primjera dobrog i lošeg pisanja, uz njihovu iscrpnu analizu. Namjera mi je bila da čitatelju pokažem zašto je nešto napisano dobro, a nešto loše, pa da on onda sam može izbjegavati loša, a primjenjivati dobra rješenja. I naučiti raditi na rukopisu.

I tu sam knjigu napisao u ležernom, živahnom i umnogome humorističnom tonu, pa mi se javljaju čitatelji da mi kažu kako su je pročitali u jednom dahu. Knjiga je naime nastala kao zbirka članaka što sam ih objavljivao u *Prirodi*, dok sam bio glavni urednik, kako bih pomogao autorima da pišu bolje, a da uz to dobivam kvalitetnije materijale za časopis. U knjizi je većina primjera baš iz rukopisa pristiglih za *Prirodu*, pa bi joj naslov mogao biti i *Dnevnik jednog urednika*. Upravo je nevjerojatno s kolikom se nepismenošću susrećemo u javnom prostoru. U kakve su škole išli svi ti naši novinari, znanstvenici, političari i ini „intelektualci“?



**Slika 3** – Knjiga Mala škola pisanja za znanstvenike i popularizatore

*Postoji li neka pogreška koju ste ponavljali godinama prije nego što ste shvatili da griješite?*

Tko radi taj i griješi. Još više od toga: tko živi taj i griješi. Latinsku poslovicu „*Errare humanum est*“ ne treba shvatiti kao znak ljudske slabosti nego kao znak ljudske ljudskosti, jer bez pogrešaka ne bismo bili ljudi. Tko to ne shvaća, pa kaže da nikad ne griješi, znači samo da je nekritičan, neiskren ili glup.

Pametan čovjek zna izvuci pouku iz svojih pogrešaka. Čitam svoje stare tekstove, svoje stare knjige, pa mislim: „Mogao sam to i bolje napisati“. No to samo znači da sam napredovao u umijeću pisanja, da još uvijek imam dinamičnu psihu, da sam mlad u duši. Dorađivanje rukopisa, kao uvjet svakog dobrog pisanja, svodi se na uočavanje i ispravljanje vlastitih pogrešaka, vlastitih nesklapnosti. A to nije moguće bez kritičkog odnosa prema sebi i svome radu.

Jesam li jednu pogrešku ponavljao godinama? Mislim da je to bilo moje uvjerenje da u engleskom jeziku postoje drugačija pravila dobrog pisanja nego u hrvatskom. Povodeći se za lošim primjerima pisao sam mnogo u pasivu, gomilao riječi, sve dok mi lektor s mog Instituta nije dao članak o engleskoj stilistici iz kojeg sam naučio ono do čega sam i sâm mogao doći. Ipak ima jedna razlika. U hrvatskom je obilježje dobrog stila lijep i funkcionalan raspored riječi u rečenici, no u engleskom je raspored riječi strogo, gramatički, određen dok se dobar stil vidi u bogatstvu fraza, idioma.

*Kako ste se zainteresirali za svemir i o čemu ste govorili u predavanju Život kao svemirska pojava?*

Astronomija je bila moja prva ljubav, moj put prema znanosti. Odrastao sam naime u pionirsko doba svemirskih letova, pa sam kao dijete sanjao o tome da postanem astronaut. Fascinirao me pogled na Saturnove prstenove kroz dalekozor zagrebačke Zvezdarnice. Slučaj je htio da je Gabrijel Divjanović, direktor Zvezdarnice i doajen naše popularne astronomije, bio moj rođak (praujak), brat moje bake po majci. Kao gimnazijalac često sam dolazio na Zvezdarnicu, a u dvadesetim godinama počeo sam pisati za njihov časopis *Čovjek i svemir*, u kojem i danas surađujem. Možda bih postao astronom, ali ljubav prema kemiji bila je jača, zahvaljujući prije svega entuzijastičnom profesoru kemije u osnovnoj školi. Tek sada shvaćam koliko je važno upravo mlade ljude, štoviše djecu, zainteresirati za znanost i znanstveni rad.

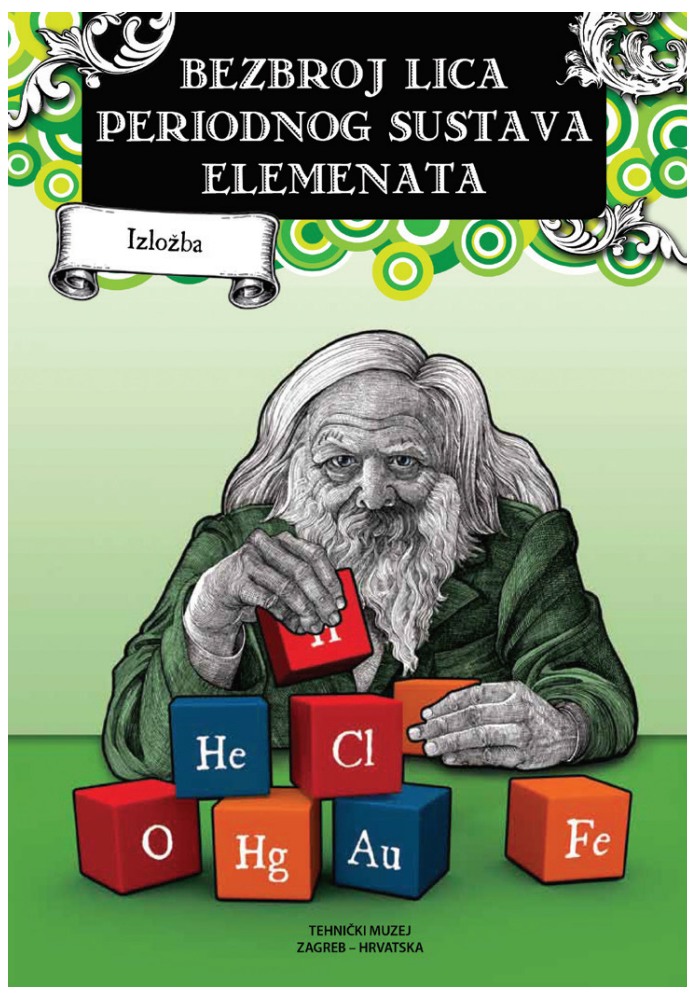
Naslov predavanja *Život kao svemirska pojava* proizlazi s jedne strane iz moje najnovije knjige, *The Cookbook of Life* no još više iz moje prve knjige, *Daleki svjetovi*, u kojoj sam – u dobi od 25 godina – pisao o životu u svemiru. Tako su se ove dvije knjige spojile u jednu temu, u jedno predavanje, nakon gotovo pola stoljeća moga života i rada.

No, da se vratimo pitanju. *Život je svemirska pojava* zato što, jednostavno rečeno, Zemlja nije osamljena u svemiru. Mnogo je organskih spojeva stiglo na Zemlju meteoritima prije postanka života, pa čak postoji teorija da kiralnost bioloških spojeva potječe od organskih spojeva u meteoritima. Još više od toga, najnovija istraživanja pokazuju da sve ono što je potrebno za postanak života (tekuća voda, organski spojevi, katalitički minerali) postoji i na drugim planetima, pa i onima koji kruže oko drugih zvijezda. Iz toga proizlazi zaključak da život nije jedinstvena pojava, rezervirana za naš planet, nego da ga valja tražiti u Sunčevu sustavu, pa i dalje od njega. To je možda najveći znanstveni izazov našega doba.

## Što možemo vidjeti na izložbi Bezbroj lica periodnog sustava elemenata?

Izložba Bezbroj lica periodnog sustava elemenata bila je moja sedma znanstveno-popularna izložba u zagrebačkom Tehničkom muzeju. No zahvaljujući domišljatosti organizatora, dogovoreno je da se svi eksponati naprave u dimenzijama manjima od dva metra te tako da se mogu lako montirati i demontirati. Stoga je nakon završetka izložbe ona dvaput postavljena izvan Zagreba (u Osijeku i Križevcima), no i više puta u Tehničkom muzeju.

Što se može vidjeti na izložbi? Može se prije svega vidjeti povijest kemije, povijest otkrića Periodnog sustava. Jer unatoč uvriježenom mišljenju da je Mendeljejev njegov otkrivač, mnogi su kemičari bili prethodnici Mendeljejeva, pa se čak šestero kemičara može smatrati suotkrivačima Periodnog sustava. Sa strane pak popularizacije znanosti, mislim da smo postigli da se tema Periodnog sustava prikaže kao priča ne samo o otkriću i otkrivačima nego i kao priča o kemijskim elementima. Naročito je dojmljiv animirani film koji pokazuje, prema teoriji Newlandsovih oktava, kemijske simbole i formule u notnom zapisu. Posjetitelji izložbe mogu čuti glazbu kojom se opisuje gorenje etanola! Uz izložbu ide, dakako, i katalog iz kojeg čitatelj može mnogo naučiti o kemiji, a posebice o njezinoj povijesti.



Slika 4 – Plakat za izložbu “Bezbroj lica periodnog sustava elemenata”

## Kada je počela Vaša suradnja s Hrvatskim društvom kemijskih inženjera i tehnologa? Što ste sve postigli zajedno?

Svoj prvi znanstveni rad, istina ne mnogo vrijedan i ne mnogo citiran, objavio sam upravo u časopisu *Kemija u industriji*. Kako mi je pisanje dobro ležalo, počeo sam u tom časopisu objavljivati preglede o temama kojima sam se bavio. Tako sam mogao lakše svladati potrebnu literaturu čije mi je poznavanje bilo potrebno za znanstveno istraživanje. Onda sam počeo pisati komentare, a kad je pisanje postalo učestalo, tadašnji me urednik zapitao bih li mogao pisati prilog za svaki broj. I tako sam postao stalni suradnik.

Prije nekoliko godina sadašnji me je urednik, Nenad Bolf, zamolio da vodim rubriku, po svojem nahođenju. Odmah sam pristao, to više što sam znao kakvu bih novu rubriku volio vidjeti u časopisu, naime rubriku o nastavi kemije. To mi je još lakše leglo jer sam nekoliko godina bio pročelnik Sekcije za izobrazbu Hrvatskog kemijskog društva iz čega je proizišla knjiga, zbirka članaka, većinom na temelju predavanja sa sastanaka Sekcije, *Nove slike iz kemije*. I tako je počelo moje uredništvo. Vrlo sam zadovoljan rubrikom prije svega jer mi pristiže sve više kvalitetnih priloga. U početku sam nažalost morao sâm pisati većinu materijala, no sada funkcioniram kao pretorijanska garda: kad nemam priloga za sljedeći broj, odaberem svoj rukopis iz rezerve.

O časopisu mogu reći sve najbolje. Kvaliteta mu proizlazi iz spoja tradicije, profesionalnog vođenja i prilagodbe novom vremenu. Ono što ga naročito obilježava je to što ne objavljuje samo stručne i znanstvene radove, nego se raznovrsnim i raznolikim priložima približava svim slojevima kemičara, i ne samo njima. Zato časopis može biti svakome zanimljiv. Drago mi je da je zbog moje rubrike, *Kemija u nastavi*, postao zanimljiv i čitateljima u osnovnim i srednjim školama, dakle učenicima i njihovim nastavnicima.

## Koje štivo ili aktivnost biste preporučili studentima za usavršavanje svojih jezičnih vještina?

Znam jednog mladog kolegu, kemičara, koji mi je priznao da nije pročitao niti jednu knjigu na engleskom jeziku. (Koliko ih je pročitao na hrvatskom nisam se usudio pitati.) Tako to ne može biti. Kao što pilot borbenog zrakoplova mora stalno letjeti, tako i intelektualac – ma čim da se bavio – mora stalno čitati. Pri tome ne mislim da „čitati“ znači surfati po internetu, nego znači čitati prave knjige. A prave su knjige one knjige koje su bezvremenske, knjige koje isto govore danas kao su govorile kada su prije ne znam koliko desetljeća ili stoljeća napisane. Tko se hoće baviti popularizacijom znanosti mora imati široku naobrazbu, a široka se naobrazba ne stječe drugačije nego redovitim čitanjem knjiga, i to – kao što rekoh – dobrih knjiga.

No koje su knjige dobre za popularizatora? Prije svega knjige iz povijesti znanosti, a posebice kemije. One mogu biti izvor inspiracije. Potom treba čitati znanstveno-popularna djela, a nadasve dobru, prije svega klasičnu književnost. Bez tog posljednjeg ne može se svladati jezik, pa ni svoj materinski.

# I The Great Bubble Barrier

Dora Ljubičić (FKIT)

Nalazimo se usred pandemije stoga svakodnevno nosimo maske. Najčešće koristimo jednokratne maske rađene su od sintetičkih materijala koji nisu razgradivi i već ih je velik broj završio u morima i rijekama. Alternativa su pamučne, perive maske koje se mogu ponovno koristiti. Kako za maske, tako i za sve ostalo, postoji alternativa bez otpada poput višekratnih vrećica za voće i povrće u trgovinama, šampona za tijelo i kosu bez ambalaže te četkica za zube od bambusa koje su 100 % biorazgradive. Iako je najbolja opcija minimalizirati otpad, potrebno je spriječiti već nastali otpad da uđe u more i oceane.

Oceani čine 72 % Zemljine površine i naši su primarni opskrbljivači kisika.<sup>1</sup> Plastika koja završi u morima nanosi štetu okolišu, primjerice morski organizmi se često zapetljaju u plastične vrećice, a brodove oštećuju veći komadi plastike koji se potom raspadaju u manje komade i ispuštaju toksične tvari. Sve vrste morskih životinja, pa čak i zooplanktoni, zamijene plastiku i mikroplastiku s hranom te ona tako ulazi u prehrambeni lanac ljudskom konzumacijom morskih organizama. Osim toga, plastika

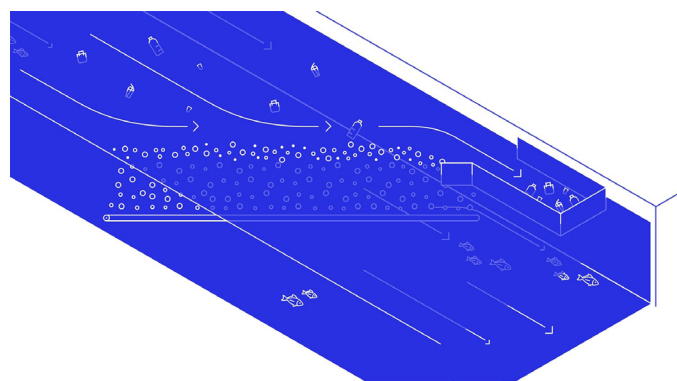


Slika 1 – Barijera u kanalu Westerdok<sup>1</sup>

na svom putu do mora iz naših kućanstava, kroz kanalizacije i onečišćena područja, apsorbira sve vrste toksičnih tvari. Komadi plastike tada postaju takozvane toksične bombe jer se otrovne tvari ispuštaju u organizme koji ju konzumiraju.

Rješenje koje će spriječiti da plastika ulazi u mora i oceane smislile su upravo Francis Zoet, Saskia Studer i Anne Marieke Eveleens. One su mornarke koje su svakodnevno promatrale plastiku kako pluta pored njih i htjele su učiniti nešto u vezi toga. Godine 2016. osnovale su The Great Bubble Barrier te su već nakon tri mjeseca osvojile nagradu na Plastic Free Rivers Marathon, koja im je omogućila da prošire svoj tim i testiraju prototip barijere u svibnju 2017., a prvi je put postavljena u studenom 2019. godine u amsterdamskom kanalu Westerdoku koji predstavlja izlaz na more putem rijeke IJssel.

To je 60 m duga perforirana cijev koja je dijagonalno postavljena na dnu rijeke. Kroz rupice na cijevi potiskuje se zrak u obliku mjehurića koji plastiku i ostali otpad donosi na površinu rijeke. Zbog dijagonalno postavljene cijevi na plovnom putu, barijera koristi prirodnu struju da vodi plastiku do mjesta sakupljanja na obali rijeke. Ribe se kreću neometano kroz mjehuriće, a brodovima nije blokiran put. Dodatna prednost je povećana koncentracija kisika koja sprječava rast toksičnih plavozelenih algi. Mjehurići također apsorbiraju zvukove zbog čega ribe čuju manje buke tijekom odvijanja brodskog prometa.



Slika 2 – Princip rada<sup>1</sup>

Nakon što se plastika skupi na obali rijeke, ona se šalje na daljnju analizu. Plastic Soup Foundation pomaže u analizi plastike skupljene u kanalu. Oni istražuju koliko je plastike skupljeno, koji su sve predmeti uključeni, koji brendovi su najzastupljeniji i može li se otpad pratiti do izvora. Ovo su sve bitne informacije koje mogu spriječiti onečišćenje kanala plastikom u budućnosti, kao i kontaktiranje proizvođača o alternativama za ambalažu od jednokratne plastike.<sup>3</sup>

Ovaj sistem je temeljen na već postojećoj tehnologiji gdje se zračnim mjehurićima sprječava širenje nafte nakon što se izlije u more. Zračni mjehurići sa sobom nose i vodu koja ih okružuje i oni tada tvore horizontalnu struju ili takozvani „zid“ mjehurića koji ne dopušta izlivenoj nafti daljnje širenje u more.<sup>2</sup>

Cilj ovog projekta je postavljanje trajne barijere u različitim rijekama i kanalima diljem svijeta – od gradova, preko industrijskih područja, luka i drugih strateških lokacija gdje se može sakupljati plastika. Ovakvo efikasno sakupljanje otpada u rijekama može znatno smanjiti količinu plastike u njima, ali i spriječiti daljnje onečišćenje podizanjem svijesti ljudi. The Great Bubble Barrier može sakupljati komade plastike veće od 1 mm u ukupnoj širini i dubini rijeke, stoga prikuplja više plastike od ostalih trenutnih rješenja u tekućicama.

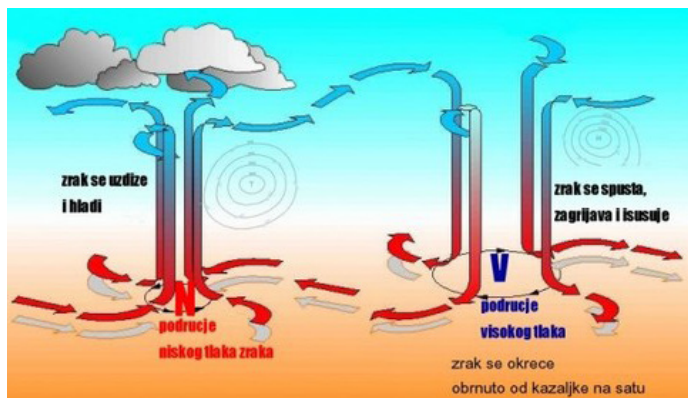
## Izvori

1. <https://thegreatbubblebarrier.com/en/>
2. Lu, Jinshu i dr. 2015. Experimental and numerical investigations on reliability of air barrier on oil containment in flowing water. Marine Pollution Bulletin. 200–206.
3. <https://www.plasticsoupfoundation.org/en/>

# Vjetroelektrane u Hrvatskoj

Monika Petanjko (FKIT)

Vjetar predstavlja horizontalno strujanje zraka i vrlo je dobro poznat kao obnovljivi izvor energije. Upotreba energije vjetra danas ima jednu od najvećih stopa rasta. Najveći razvitak vjetroelektrana zabilježen je u državama EU dok Hrvatska u tome prilično zaostaje.<sup>1</sup>



Slika 1 – Nastajanje vjetra

Općenito, pojam vjetroelektrana podrazumijeva sustav za transformaciju energije vjetra u električnu energiju posredovanjem vjetroturbine i električnog generatora.

U Hrvatskoj je trenutno oko 20 vjetroelektrana koje su u normalnom radu i koje isporučuju električnu energiju u elektroenergetski sustav. Prostiru se na potezu od Senja, na Velebitu te u Dalmatinskoj Zagori. Također, ima ih i uz autocestu prema Splitu te malo dublje u unutrašnjosti. Uz hrvatsku obalu vjetroelektrana nema zbog kolizije s turizmom, dok je na otocima njihova gradnja bila zabranjena na deset godina.



Slika 2 – Vjetroelektrana Ravne

Vjetroelektrana Ravne 1 na Pagu prva je hrvatska vjetroelektrana. Puštena je u pogon 2005. godine i ima snagu 5,75 MW, a nalazi se iznad paške solane.

Jedna od poznatijih vjetroelektrana je Pometeno Brdo, a nalazi se između Splita i Dugopolja. Na tom projektu su po prvi puta korišteni vjetroagregati koji su proizvedeni i dizajnirani u Hrvatskoj. Zaslužan za to je tvrtka Končar koja je 2004. počela s razvojem svojeg vjetroagregata, a nešto kasnije i s razvojem projekta vjetroelektrane na kojoj su ti isti vjetroagregati i primijenjeni.



Slika 3 – Vjetrogenerator VE Pometeno Brdo

Od vjetroelektrana tu su još Jelinak u trogirskom zaleđu, Bruška u blizini Benkovca, Vrataruša u blizini Senja na obroncima Velebita, Crno Brdo, Orlice i Trtar-Krtolin u blizini Šibenika te Velika Popina na području Gračaca.<sup>2</sup>

Vjetroelektrane imaju mnoge prednosti, a neke od njih su: mala potrošnja goriva, nema kemijskog i biološkog zagađenja okoliša, borba protiv globalnog zatopljenja, energetska postrojenja bez štetnih emisija (staklenički plinovi) te smanjenje nacionalne ovisnosti o uvozu fosilnih goriva. Međutim, postoje i nedostaci: nepouzdana dobava energije koja je zavisna o meteorološkim karakteristikama područja primjene, velike promjene u snazi vjetra koje su teško tehnički savladive, skupa tehnička izvedba i troškovi održavanja.<sup>3</sup>

Uz solarne elektrane, vjetroelektrane su najjeftiniji izvor energije te uzimajući u obzir da se u današnje vrijeme sve više teži upotrebi obnovljivih izvora, nema sumnje da će njihov razvoj rasti.

## Izvori

1. <https://obnovljiviizvorienergije.weebly.com/energija-vjetra.html>
2. <https://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-u-regiji>
3. <https://hkm.hr/zeleni-biseri/vjetroelektrane-najperspektivniji-izvor-energije-buducnosti-ali-i-znacajan-izvor-elektricne-energije-sadasnjosti/>



# SCINFLUENCER

## Uvod u (kućno) pivarstvo – 2. dio

*Karlo Sklepić (FKIT)*

Konverzija ječma u pivo predstavlja jedan od najstarijih i najkompleksnijih primjera primijenjene enzimologije. Zanimljivo je spomenuti kako su pojedini bitni napretci u tom polju povezani upravo uz pivarstvo. Kao primjer mogu navesti Eduarda Buchnera koji je proveo ekstrakciju enzima iz pivarskog kvasca ili Adriana Bowna koji je radio kinetičku analizu invertaze. No, kakve veze enzimi imaju sa (kućnim) pivarstvom? Odgovor je jednostavan: enzimi nam omogućuju da uopće uspijemo proizvesti sladovinu adekvatnu za fermentaciju!

U pivarstvu postoje tri primarna „enzimska reaktora“, a to su: zrno ječma, posuda ili kotao za ukomljavanje (jedini pravi reaktor u punom smislu riječi) i stanica kvasca. U prošlom broju su, između ostalog, opisane osnove procesa slađenja, te je spomenuto zašto je bitno drobljenje slada. Dakle, napravljen je uvod u sljedeći po redu proces, a to je ukomljavanje. Ukomljavanje je miješanje slađenih žitarica s vodom. Iako na prvu zvuči vrlo jednostavno, iza navedenog procesa se krije niz problema koji u praksi formiraju finalni produkt.



Močenjem slađenih žitarica s vodom dolazi do aktivacije enzima. Enzimi primarno djeluju na škrob, pri čemu se tijekom ukomljavanja hidrolizira škroba u šećere koje kasnije kvasac može pretvoriti u alkohol i ugljični dioksid. Cilj ukomljavanja je dakle prevođenje što više netopljivih sastojaka u slađenim žitaricama u topljiv oblik, te njihovo ekstrahiranje s vodom.

Bitno je napomenuti da razgradnja škroba nije jedini mehanizam koji se odvija tijekom ukomljavanja. Uz razgradnju škroba pri vrhu prioriteta su još i razgradnja  $\beta$ -glukana, te proteina.<sup>1</sup>



Slika 1 – Sladene žitarice pripremljene za ukomljavanje

Tijekom ukomljavanja događaju se tri stvari vezane uz razgradnju škroba: klajsterizacija (ili želatinizacija), likvefakcija i ošećerenje. Granule škroba sastavljene su od gusto pakiranih lanaca glukoznih prstenova. Voda se mora probiti u granule i između lanaca kako bi ih mogla razdvojiti. Miješanjem slađenih žitarica s vodom procesi razgradnje započinju tek kada je temperatura vode povoljna za početak reakcija. Klajsterizacija je prvi stupanj razgradnje škroba u kojem molekule škroba vežu vodu. Vežanjem vode na sebe, molekula škroba povećava svoj volumen, odnosno bubri pri čemu puca. Pucanjem nastaje ljepljiva i viskozna tekućina koja postaje dostupna enzimima. Nadalje, postoje dva načina kako se cijepaju molekule škroba. Slikovito možemo reći da jedan način uključuje „grickanje“ lanca po sredini, a drugi način „grickanje“ lanca na krajevima. U oba slučaja se radi o kemijskoj reakciji enzimske hidrolize glikozidne veze. Likvefakcija je proces u kojemu  $\alpha$ -amilaza razgrađuje duge lance amiloze i amilopektina pri čemu nastaju dekstrini. Ošećerenje je proces u kojem  $\beta$ -amilaza razgrađuje škrob ili dekstrine na još manje jedinice, odnosno odcjepljuje po dvije glukozne jedinice s nereduksijskog kraja. Pri tome nastaje maltoza, no zbog različite dužine lanca može se dobiti i glukoza i maltotriosa.<sup>2</sup>

nižim temperaturama i nižem pH potiče nastanak maltoze. Maltoza, kao i ostali disaharidi fermentiraju brzo i zadržavaju kvasac duže u suspenziji. Također, ukomljavanje pri tim uvjetima omogućuje bolju atenuaciju, odnosno pretvorbu šećera u alkohol. S druge strane ukomljavanje pri višim temperaturama i višem pH potiče nastanak nefermentabilnih dekstrina koji sporije fermentiraju ali daju gušće i punije tijelo pivu. U svakom slučaju, bitno je da je raspad škroba potpun, što se na kraju ukomljavanja provjerava jednim testom.<sup>3,4</sup>

$\beta$ -glukan se nalazi u staničnoj stijenci i u endospermu ječma (uz pentozan).  $\beta$ -glukan se sastoji od nerazgranatih lanaca sastavljenih od glukoznih jedinica povezanih  $\beta$ -1,4 i  $\beta$ -1,3 vezama. Sadržaj  $\beta$ -glukana u sladovini ne ovisi samo o njegovom sadržaju u zrnju već i o aktivnosti enzima za vrijeme slađenja. Razgradnju  $\beta$ -glukana provode dva enzima iz slada koji imaju različite optimalne temperature i različite proizvode hidrolize. Enzimi koji razgrađuju  $\beta$ -glukan su  $\beta$ -(1,3)- i  $\beta$ -(1,4)-glukanaza i  $\beta$ -glukan-solubilaza. Problemi uzorkovani zaostatkom  $\beta$ -glukana su povećana viskoznost sladovine što dovodi do otežanog cijedenja i filtracije piva uslijed stvaranja  $\beta$ -glukanskog gela. U sladovini se može pronaći tisuće raznih proteina koji se mogu podijeliti u razne grupe ovisno o njihovim specifičnim svojstvima. Ponekad je bitno razmotriti određene proteine koji imaju mogućnost vezanja za određene šećere ili lipide pri čemu mogu narušavati stabilnost pive. Razgradnjom proteina bave se peptidaze, a aktivna je pri temperaturama od 50 do 60 °C.<sup>5,6</sup>



Slika 2 – Ukomljavanje

Glavni parametri koji diktiraju sastav fermentabilnih šećera po završetku ukomljavanja su: temperatura ukomljavanja, trajanje ukomljavanja, pH komine i koncentracija komine. Manipulacijom navedenih parametara dobivamo određeni sastav sladovine. Provođenjem ukomljavanja pri temperaturama između 70 i 74 °C, te pH između 5,6 i 5,8 favorizira  $\alpha$ -amilaze. S druge strane temperatura između 58 i 65 °C, te pH između 5,4 i 5,5 favorizira  $\beta$ -amilozu. Posljedica izbora pri kojim uvjetima smo provodili ukomljavanje je vidljiva tek u gotovom produktu. Ukomljavanje pri



Slika 3 – Trop ostao nakon ukomljavanja



Dvije najčešća tehnike ukomljavanja su infuzija i dekokcija. Ukratko, infuzija je tehnika u kojoj se zagrijava sveukupna sladovina do završne temperature uz određene stanke kako bi pojedini enzimi mogli odraditi svoj posao. Dekokcija je tehnika u kojoj skokovito povisuje temperature na način da se dio sladovine izdvoji i kuha sa strane, te da se nakon toga vrati u početnu otopinu. Primjer iz realnog postrojenja je proizvodnja piva gornjeg vrenja metodom infuzije sa sljedećim temperaturnim rasporedom: pauza za razgradnju proteina od 15 min pri rasponu temperature od 50 do 55 °C, pauza za  $\beta$ -amilazu od 15 min pri rasponu temperature od 60 do 65 °C, pauza za  $\alpha$ -amilazu od 45 min pri temperaturi od 72 do 75 °C i takozvani „mash out“ od 10 min pri temperaturi višoj od 78 °C. *Mash out* je tehnika kojom se inaktiviraju svi enzimi.

Ovim kratkim osvrtom pokušalo se najosnovnije događaje koji se odvijaju tijekom ukomljavanja. Na kraju ukomljavanja dobije se otopina zasićena šećerima koja je sama po sebi već sposobna fermentirati dodatkom kvasca. No, proces izrade piva ovdje nije završen! U sljedećem broju upoznat ćemo se s procesom varenja sladovine za vrijeme kojeg se dodaje sastojak koji pivo čini prepoznatljivim – hmelj!

### Literatura

1. The Chemistry of Beer: The Science in the Suds – Roger Barth
2. Tehnologija piva – predavanja s PBF
3. How to brew – John Palmer
4. Technology: Brewing and malting – Wolfgang Kunze
5. Jin, Y.-L. & Speers, Robert & Paulson, A.T. & Stewart, R.J.. (2004). Barley  $\beta$ -glucans and their degradation during malting and brewing. Tech. Q. Master Brew. Assoc. Am.. 41. 231-240.
6. Brewing Science and Practice - Dennis E. Briggs, Chris A. Boulton, Peter A. Brookes, Roger Stevens

## Maillardova reakcija: Najukusnija reakcija na svijetu

Lucija Volf (FKIT)

Jeste li se ikada zapitali zašto pržimo, pečemo ili kuhamo hranu. Jasno je da time uništavamo bakterije koje mogu izazvati trovanje i ostale zdravstvene probleme, no nama preferirani odgovor je da sirova hrana mijenja okus termičkom obradom, što stvara nove okuse, arome i mirise.

Ovaj fenomen se može objasniti kemijskom reakcijom koju je prvi puta opisao francuski kemičar Louis Camille Maillard 1912. godine. Tretiranjem namirnica na temperaturi višoj od 100 stupnjeva dolazi do reakcije amino kiselina i reducirajućih šećera što vidimo kao zatamnjenje hrane. Maillardova reakcija uzrokuje dvije vrste zatamnjenja hrane: enzimsko i neenzimsko. Neenzimsko zatamnjenje boje hrane opet se može podijeliti u dvije vrste: Maillardova reakcija i karamelizacija koja se odvija u uvjetima kada je niska razina proteina, a veća količina šećera. Idealne temperature za postizanje ove reakcije su od 110 do 170 stupnjeva.

Proteini sadržani u mesu i ostalim prehrambenim proizvodima obično su bogati aminokiselinama argininom i lizinom. Molekule složenih šećera, poput

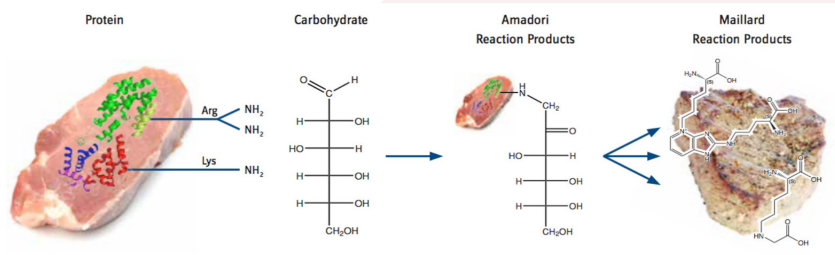
škroba ili stolnih šećera, prevelike su da bi reagirale s proteinima, stoga funkcionalne skupine bočnog lanca Arg i Lys reagiraju s reducirajućim ugljikohidratima kao što su glukoza ili laktoza dajući Amadori reakcijske produkte.<sup>1</sup>

Pirjana ili pečena hrana uvijek nam se čini ukusnija od kuhane. To je zato što voda vrije na 100 stupnjeva pa je gotovo nemoguće postići Maillardovu reakciju (MR). No postoji cijeli niz trikova, koji su otkriveni u gastronomskim laboratorijima, a kojima možemo potaknuti i pojačati MR skraćujući vrijeme termičke obrade. Uglavnom, MR možemo postići na više načina: visokom temperaturom, povećavanjem pH faktora (lužine se nanose na perece kako bi poprimili zlatno-smeđu boju), dodavanjem bjelanjčevina i reducirajućih šećera, smanjivanjem tekućine kod kuhanja i zaključno dužim kuhanjem.

Razvoj Maillardove reakcije (MR) poželjna je u proizvodima gdje se očekuje smeđa boja i posebna aroma, poput kave, kruha i mesa. Suprotno tome, prehrambena industrija je uložila mnogo napora kako bi ograničila proširenje MR u hrani poput mlijeka ili voćnih sokova, gdje smeđa boja podrazumijeva proizvod niske kvalitete.<sup>2</sup>

### Literatura

1. <https://chemistry.stackexchange.com/questions/116767/what-are-examples-of-reducing-sugar-in-maillard-reaction> (14.12.2020.)
2. J.A.Rufián-Henares, S.Pastoriza, Maillard Reaction, Encyclopedia of Food and Health, 2016, str. (593-600), Granada, Spain



Slika 2 – Prikaz MR u odresku mesa, reakcija aminokiselina Arg i Lys s glukozom dajući Amadori reakcijske produkte<sup>1</sup>

# Stop-motion crtić na atomskoj skali

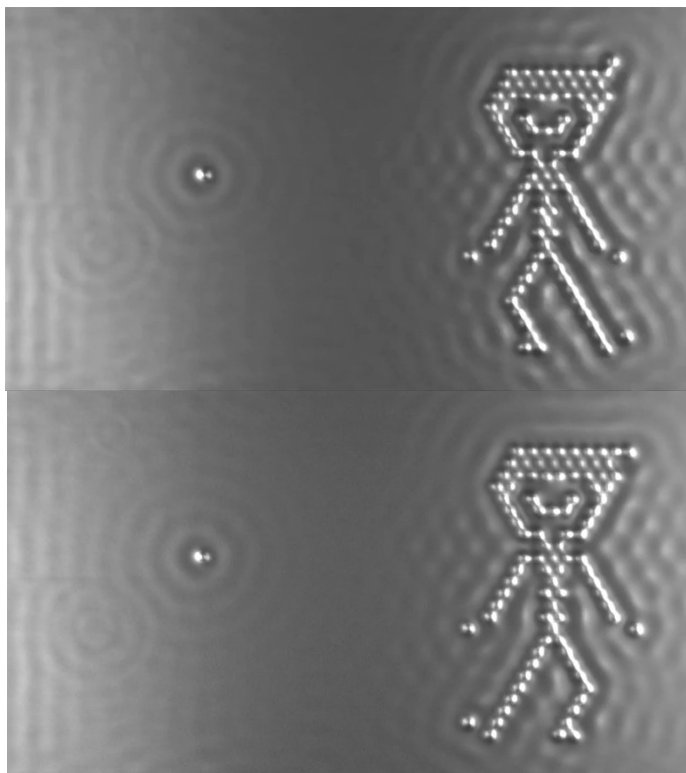
Aleksandra Brenko (FKIT)

Koliko je atoma potrebno za pohraniti jedan bit? Na to pitanje pokušao je odgovoriti tim istraživača koji se bavi razvojem tehnologije za američku megakorporaciju IBM (International Business Machines).

U komercijalnim uređajima potrebno je oko milijun atoma za pohranjivanje jednog bita (8 bitova = 1 bajt) informacije. U IBM-u uspjeli su taj broj spustiti na 12.<sup>1</sup>

U svrhu razvoja tehnologije bilježenja podataka (engl. *data storage*), bavili su se pomicanjem atoma po površini pomoću magneta. Cilj je bio odrediti koliko malen može biti magnet, a da i dalje služi svrsi. Pomicanje atoma po površini je zahtjevan posao koji zahtjeva visoku razinu preciznosti

Da bi pokazali svijetu čime se bave na opušten i zabavan način, istraživači su odlučili biti kreativni. Pomicanjem jednog po jednog atoma napravili su prvi stop-motion crtić na nano-skali – *A Boy and His Atom*.<sup>2</sup>



Slika 1 – Kadrovi iz crtića *A Boy and His Atom* (2013.)

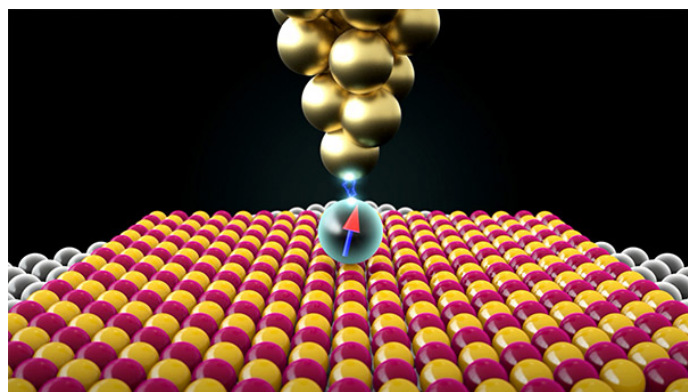
Animirani film je sniman pomoću dva STM (engl. *scanning tunneling microscope*) uređaja koji mogu razlučiti značajke manje od 0.1 nanometra.

STM koristi fenomen kvantnog tuneliranja kako bi dobio informaciju o gustoći elektronskog oblaka na nekoj točki.<sup>3</sup> Zato atome na slici vidimo kao kuglice, iako znamo da ne postoji određena „površina“ atoma.

Ukupno 5000 atoma pomicali su jedan-po-jedan kako bi ispričali priču o prijateljstvu jednog dječaka i njegove loptice. Da se atomi ne bi nasumično pomicali, proces se odvija se u približnom vakuumu na temperaturi od –260 stupnjeva Celzijevih.

Uz pomoć ove data-storage tehnologije mogli bismo na svom mobitelu istodobno skladištiti jako puno filmova. Točnije, sve filmove koji su ikada snimljeni. Tvrtka IBM je postigla svoj cilj – pokazali su svoju nadmoć u polju informacijske tehnologije i postavili znanstvene temelje za tehnologiju pohrane podataka koja nas čeka u budućnosti.

Film *A Boy and his Atom* snimljen je 2013. koristeći atome, to jest molekule, ugljikova monoksida. Od tada je IBM-ov laboratorij razvio postupak „zapisivanja“ informacija u atome holmija (Ho). Holmijevi atomi mogu sadržavati informaciju u obliku spina (0 ili 1). Uz to, mogu biti udaljeni jedni od drugog samo jedan nanometar bez da međusobno interferiraju. To znači da možemo postići još veću gustoću podataka na malom prostoru.<sup>4</sup>



Slika 2 – Istom tehnologijom danas se manipuliraju atomi holmija

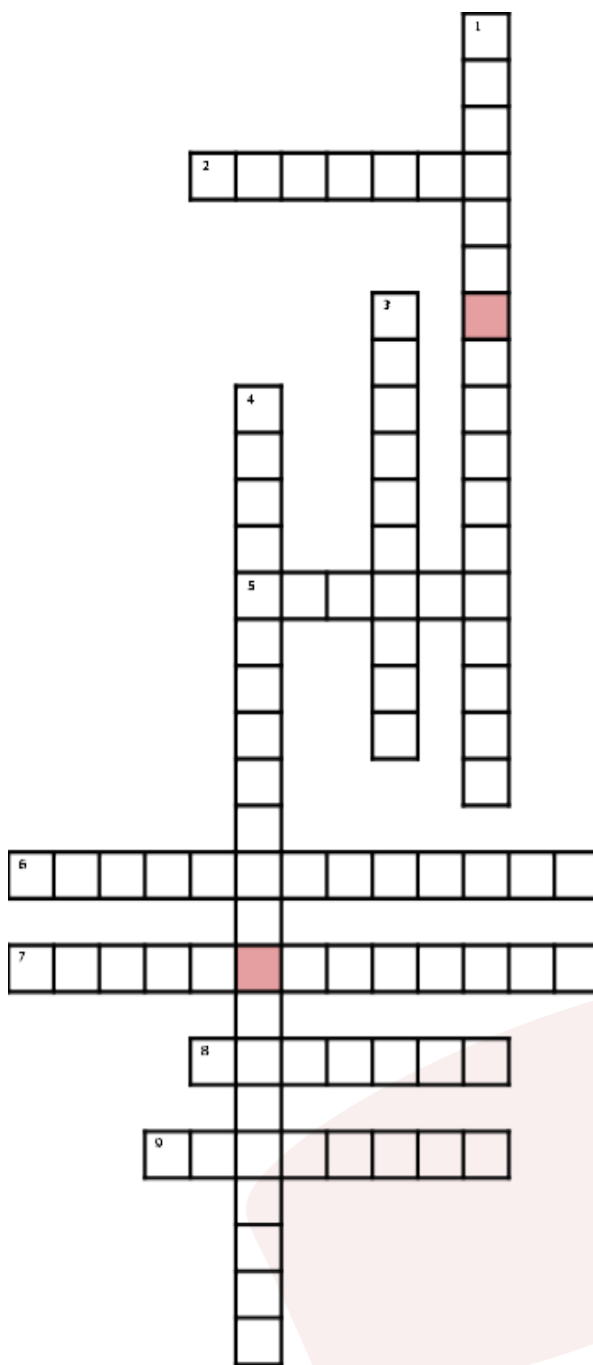
Skladištenjem jednog bita u jedan atom dolazimo do razrješenja Mooreova zakona. Moore je predvidio da će se veličina tranzistora eksponencijalno smanjivati dok ne dođe do kritične, atomske skale. Što dalje? IBM nastavlja prednjačiti u istraživanju i inovaciji pa nam oni možda daju odgovor i na to pitanje.

## Literatura

1. <https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0> (15.12.2020)
2. <https://www.youtube.com/watch?v=xA4QWwaweWA> (15.12.2020)
3. <https://www.britannica.com/technology/scanning-tunneling-microscope> (15.12.2020)
4. [https://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR\\_000000000738/selectBoardArticle.do?nttId=14355](https://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR_000000000738/selectBoardArticle.do?nttId=14355) (15.12.2020).

# Nagradni zadatak

Za osvajanje nagrade potrebno je točno riješiti križaljku.  
Svoje odgovore pošaljite na e-mail adresu: [hrvojetasner@gmail.com](mailto:hrvojetasner@gmail.com)



## Vodoravno

2. Molekula nalik nogometnoj lopti, alotropska modifikacija ugljika.
5. Marketinško ime za poli(etilen-tereftalat)-
6. Molekule koje inhidiraju reakciju oksidacije.
7. Izumitelj žarulje s volframskom žarnom niti.
8. Karcinom kože.
9. Duguljasta staklena posuda za izvođenje kemijskih reakcija.

## Okomito

1. Njemački teoretički fizičar, princip neodređenosti nosi njegovo ime. (
3. Pojava vezanja molekula iz plinovite ili kapljevite faze na čvrstu površinu.
4. Metoda liječenja karcinoma primjenom svjetla i fotoosjetljivih molekula.

SADRŽAJ  
vol. 5, br. 2

KEMIJSKA POSLA

Voda na Mjesecu .....	1
Umjetna sladila .....	2
Podvodna agrokultura .....	3
Studentski kongres o karcinomu .....	4

ZNANSTVENIK

Kirurške maske – spas ili nova opasnost? .....	6
Igra skrivača s Plasmodium falciparum .....	8
Novootkriveno svojstvo vode .....	9
Najkraće putovanje fotona u povijesti .....	10
Kako crijeva štite mozak? .....	11
Kvantna superpozicija .....	12

BOJE INŽENJERSTVA

Na kavi sa stručnjakom: dr. sc. Nenad Raos .....	14
The Great Bubble Barrier .....	18
Vjetroelektrane u Hrvatskoj .....	19

SCINFLUENCER

Uvod u (kućno) pivarstvo – 2. dio .....	20
Maillardova reakcija: Najukusnija reakcija na svijetu .....	22
Stop-motion crtić na atomskoj skali .....	23

