

# reaktor IDEJA 3

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja | vol 7

listopad | siječanj 2023.

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 i razumjeli kako i kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha i neuspjeha, ali i interesa. Ljudi su u svojoj povijesti, pomogli su imati i razvijati različite izumima, učineći svijet boljim. Aristotel je bio genijalac koji se bavio se biologijom, zoologijom i astronomijom. Njegovo znanje u različitim područjima je tekstu sačuvalo i prenosilo na druge generacije. Ljudi su normu za daljnji razvoj postavili tek u zajedničkim naporima. Znanstvenici koji su se pobili u teoriji i u praksi. Batio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim područjima. Ljudi su otkrili zakone poluge, zakone gibanja, zakone podizanja te su se bavili polemikar vičan i ostro kritizirali. Galileo je bio instrumentalni astronom i otkrio kratera na Mjesecu. Njegova ideja principa astronomije i optike je jedna od najvažnijih otkrića. Njegova najveća otkrića su samo neke. Izumio je



## SKRIVENE PODVODNE ŠUME

STR. 21

Značajan napredak u nuklearnoj fizici. Otkrio je da mijenjanjem magnetskog polja dobijemo električno polje (Faradayev zakon). Konstruirao je prvi električni dinamo, što je preteča modernog generatora. Njemu u čast, fizička jedinica za kapacitet nazvana je Farad. Njegov izumitelj i tehničar. Tesla na usavršavanju telegrafski aparat, kvadratni izum je i žarulja s niti od životnog vijeka američkom bila je poljska kemičarka, po svojom marljivošću i radnjom zajedničkom radu sa svojim zvali i majkom atomske bombe ratištu tijekom Prvog svjetskog je od trovanja radijacijom. Lo kao znanost i dokazao je da riješio problem koji je zbunjivao vinskog talogu, dolazi do čudnog el Ovo je otkriće impresioniralo utjecajne znanstvenike, a Pasteuru donijelo reputaciju da identificira promjene koje se događaju određenih mikroorganizama. Ovo je bilo kulture pravih organizama za dobro pivo. pretoči u boce. Danas je taj proces poznat kao zaradne infekcije koja pogađa središnji živčan

## ZNAČAJAN NAPREDAK U NUKLEARNOJ FUZIJI

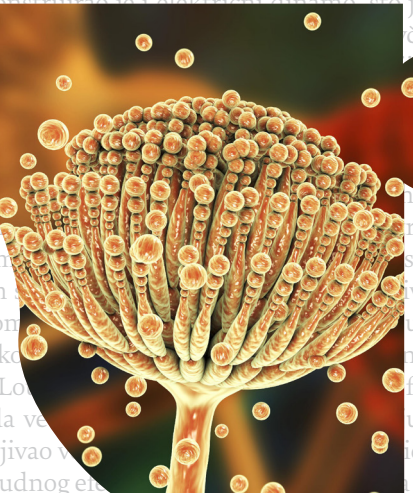
STR. 24



Genetski modificirani mikroorganizmi za sanaciju okoliša. Njegov izumitelj i tehničar. Tesla na usavršavanju telegrafski aparat, kvadratni izum je i žarulja s niti od životnog vijeka američkom bila je poljska kemičarka, po svojom marljivošću i radnjom zajedničkom radu sa svojim zvali i majkom atomske bombe ratištu tijekom Prvog svjetskog je od trovanja radijacijom. Lo kao znanost i dokazao je da riješio problem koji je zbunjivao vinskog talogu, dolazi do čudnog el Ovo je otkriće impresioniralo utjecajne znanstvenike, a Pasteuru donijelo reputaciju da identificira promjene koje se događaju određenih mikroorganizama. Ovo je bilo kulture pravih organizama za dobro pivo. pretoči u boce. Danas je taj proces poznat kao zaradne infekcije koja pogađa središnji živčan

## GENETSKI MODIFICIRANI MIKROORGANIZMI ZA SANACIJU OKOLIŠA

STR. 31



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)



STUDENT  
SKI ZBOR  
SVEUČILIŠTA  
U ZAGREBU



Uredništvo Reaktora ideja

Dragi čitatelji,

predstavljamo Vam treći broj Reaktora ideja u ovoj akademskoj godini.

Cilj časopisa je popularizacija znanosti i približavanje struke studentima pa smo uvijek iznimno ponosni kada za naš časopis odluči pisati netko od profesora ili asistenata te im ovim putem zahvaljujem.

Iskoristila bih ovu priliku i za najavu nadolazećeg projekta Sekcije – *Nanotehnologija, danas i sutra!* o čemu više možete saznati na Instagram profilu: @studentskasekcijahdki.

Časopis je rezultat velikog truda studenata koji, uz brojne fakultetske obveze, uspijevaju biti dio ovog projekta i svaki mjesec istražuju nove, zanimljive teme pa ne sumnjam da ćete pronaći nešto iz područja Vašeg interesa.

Uživajte u čitanju!

Samanta Tomičić,  
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

#### Glavna urednica:

Samanta Tomičić  
(stomicic@fkit.hr)

#### Urednici rubrika:

Jurja Vukovinski  
Jelena Barač  
Dora Ljubičić  
Lea Raos

#### Grafička priprema:

Samanta Tomičić  
Jurja Vukovinski  
Jelena Barač  
Dora Ljubičić  
Lea Raos

ISSN 2584-6884

e-ISSN 2459-9247

Vol. 7 Br. 3, str. 1–34

Izlazi mjesečno (kroz akademsku godinu)

Časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Republike Hrvatske, Zagreb

Zagreb,  
siječanj, 2023.

#### SADRŽAJ

Kemijska posla.....	1
Znanstvenik.....	11
Boje inženjerstva.....	17
Scinfluencer.....	28





# KEMIJSKA POSLA

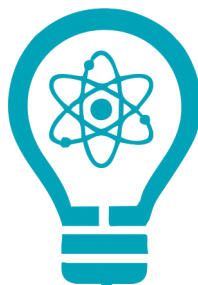
## Druga ljetna škola kemije

Lea Raos (FKIT)

Druga ljetna škola kemije održala se u Rijeci na Sveučilišnom Kampusu na Trsatu u periodu od 24. do 28. kolovoza. Školu je organizirao i predvodio jedan od ponajboljih znanstvenika i popularizatora kemije diljem lijepe naše, izv. prof. dr. sc. Tomislav Portada.

Školu su pohađali studenti sa zagrebačkog PMF-a (kemijski odsjek), Odjela za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci, Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta u Zagrebu te s Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu.

Škola je započela s uvodnom riječju domaćina i organizatora. Potom su uslijedila dva iznimno zanimljiva predavanja pod naslovom: „Računalna studija mehanizmom temeljenih ireverzibilnih inhibitora monoamin-oksidge B“ koje je održala Lucija Vrban (SOB), a iduće predavanje bilo je Stjepana Dolića (PMF) pod naslovom: „Litijske baterije“.



Iduća četiri dana održano je niz zanimljivih predavanja i vježbi u praktikumu. Docent Đani Škalamera sa zagrebačkog PMF-a održao je predavanje o fotokiselinama koje je zaista bilo zanimljivo i korisno čuti.

Tomislav Portada (izv. prof. dr. sc., IRB Zg), pokazao je reakciju Belousova i Žabotinskog. Potom je uslijedilo predavanje znanstvenika Roberta Vianella (dr. sc) s instituta Rudera Boškovića. Marko Babić (mag. med. chem., SOB) je održao predavanje pod naslovom: „Pametni peptidi“. Dan je završen sa setom od tri predavanja, a to su: „Le Chatelier-Braunov princip“ koje je održao Jakov Borovec (PMF), „Kemija aroma“ održano od strane Marcele Finek (SOB) i „Adamantan“ koje je održao Antonio Jularić (PMF).

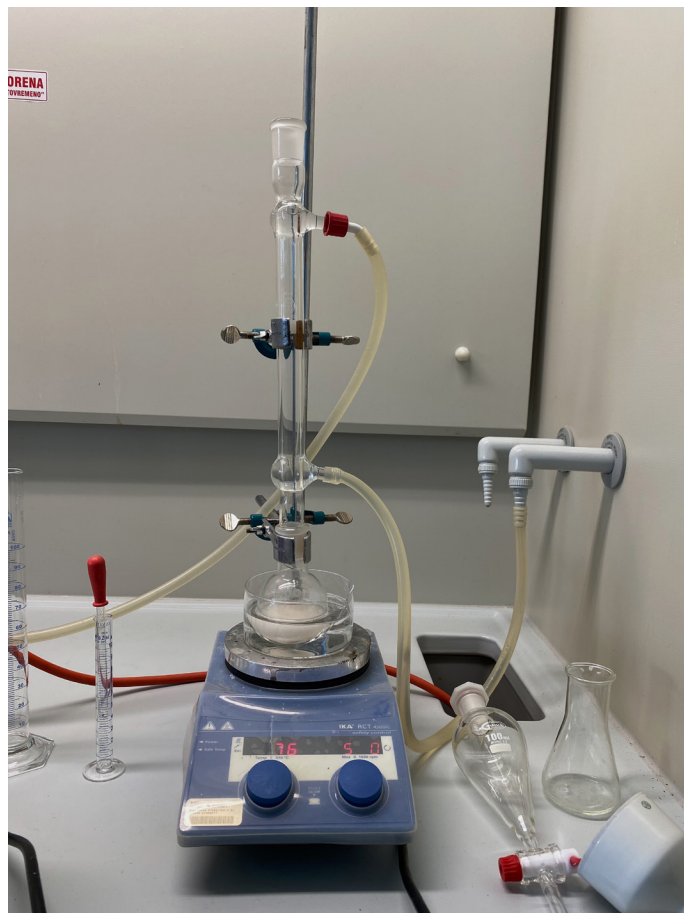
Sutradan školu smo započeli sa setom od četiri predavanja pod naslovima: „Riječ kemija u kolokvijalnom govoru“ koje je prezentirao Antonio Močinić (PMF), „Otrovi u gljivama“ održano od strane Jelene Pavić (PMF), „Kemijske modifikacije CRISPR RNA“ prezentirala je Lea Raos (FKIT) i posljednje, ali ne manje zanimljivo predavanje za taj dan održao je Leon Lenuzzi Šuper (PMF) pod naslovom, „Thomas Midgley“. Nakon predavanja uslijedile su vježbe u praktikumu. Laboratorijsku vježbu pod nazivom: „Analiza vodenih otopina anorganskih soli“ predvodio je Tomislav Portada (izv. prof. dr. sc., IRB

Zg), Sintezu lidokaina predvodili su Tomislav Portada (izv. prof. dr. sc., IRB Zg) i Luka Raić (PMF), Kinetiku obezbojenja fenolftaleina predvodili su Luka List (PMF) i Leon Lenuzzi, Šuper (PMF). Dan smo završili posjetom muzeju farmacije.

Idući dan započeo je laboratorijskim vježbama koje su ranije spomenute. Docent Đani Škalamera (PMF) održao je predavanje pod naslovom: „Burns Woodward – jedan od najeminentnijih organskih kemičara 20. stoljeća“. Nadalje, gosti predavači bili su Zvonimir Mlinarić, asistent s Farmaceutsko-biokemijskog fakulteta u Zagrebu te Dora Belec (mag. pharm) koji su održali zanimljiva predavanja.

Posljednji dan škole započeo je predavanjima od strane dva nova gosta predavača. Alen Bjelopetrović (dr. sc., IRB Zg) prezentirao je predavanje pod naslovom: „Kratka povijest kristalografije“ dok je Ivana Brekalo (dr. sc., IRB Zg) prezentirala svoj put do SAD-a pod naslovom: „Preko mehanokemije i molekulskih spužvi do doktorata u SAD-u“. Škola je završena s predavanjem Martine Lugarić (FBF) pod naslovom: „Od polja do stola – kemija proizvodnje i klasifikacije piva“.

Prije svega željela bih se zahvaliti izv. prof. dr. sc. Tomislavu Portadi na danoj prilici sudjelovanja i neizmjernom trudu koji je uložio kako bi ovaj projekt zaživio. Također, ovim putem želim pohvaliti skupinu kolega s PMF-a (koji su tada završili prvu godinu studija) koji su odlično prezentirali svoja predavanja i izveli vježbe u praktikumu. Nadalje, veliko hvala svim gostima predavačima i ostalim kolegama koji su mi uljepšali boravak u Rijeci. Smatram da ovakvi projekti uvelike pridonose stjecanju iskustva i novih vještina u laboratoriju koja se mogu primijeniti u daljnjem obrazovanju i karijeri.



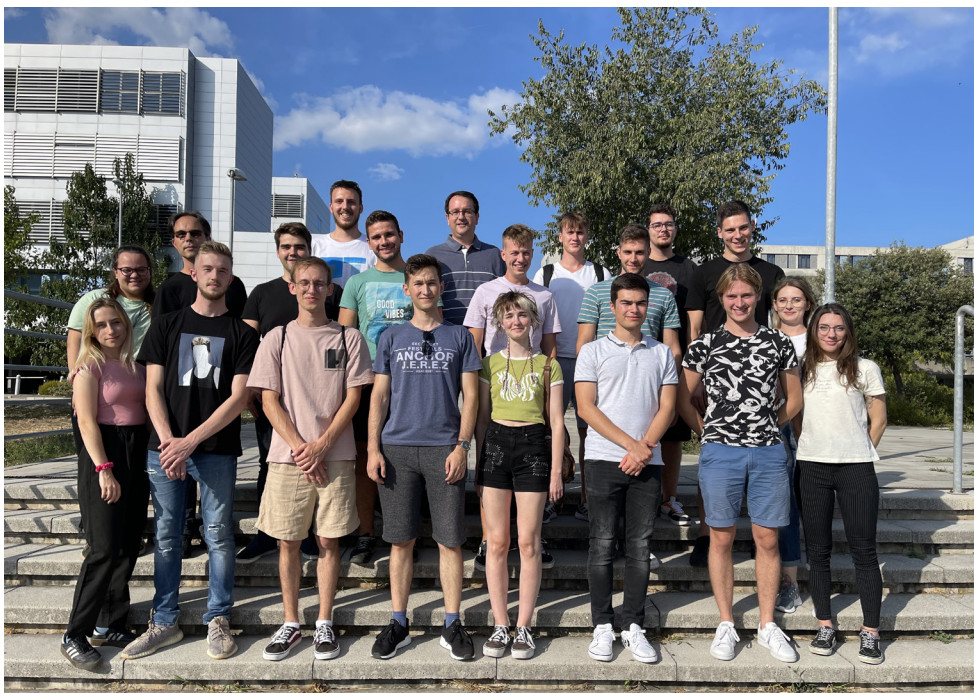
Slika 2 – Sinteza lidokaina



Slika 3 – Muzej farmacije



Slika 1 – Reakcija Belousova i Žabotinskog



Slika 4 – Sudionici Druge ljetne škole kemije



## 6. Noć znanosti na PTF-u

*Prof. dr. sc. Stela Jokić*

Već šestu godinu zaredom projekt „Noć znanosti na PTF-u“ oduševljava brojne posjetitelje a posebno učenike brojnih srednjih škola. I ove godine je prekrasnu baroknu tvrđu u kojoj je smješten Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek (PTF) osvijetlilo znanje.

### 1. Tajni svijet u kapljici vode

Radionica na kojoj je prikazan mikrobiološki sastav vode te razlike koje dobivamo različitim tehnološkim postupcima prerade vode, a sudionici su bili u prilici saznati znanstveno dokazane činjenice o utjecaju mikrobiološkog sastava vode na zdravlje ljudi te uočiti razliku mikrobiološkog sastava površinske vode, podzemne vode i vode za piće.



Slika 1 – Voditeljica Noći znanosti prof. dr. sc. Stela Jokić (u sredini) sa svojim suradnicama

Kako tradicija Noći znanosti i nalaže, profesori i asistenti, zajedno sa studentima, osmislili su i ove godine niz zanimljivih i poučnih radionica koje su ponajprije bile namijenjene učenicima srednjih škola, mogućim budućim studentima PTF-a i mladim znanstvenicima, a i široj javnosti. Ukupno je održano deset različitih radionica među kojima su:



Slika 2 – Radionica Tajni svijet u kapljici vode

## 2. Znanost u kuhinji

Radionica u sklopu koje je sudionicima omogućena izrada šarenih voćnih špageta te upoznavanje sa širokom primjenom agar-agara i želatine u prehrambenoj industriji.



Slika 3 – Radionica Znanost u kuhinji

## 3. 50 nijansi pive

Radionica na kojoj je prikazan kratak uvod u sensoriku piva. Također, uz upoznavanje sirovina i procesa proizvodnje piva te kuhanja piva na Breumeister uređaju, u sklopu radionice mogle su se probati različite vrste gotovih piva, ali i okusiti različite vrste slada te pomirisati različite vrste hmelja.



Slika 4 – Radionica 50 nijansi pive

## 4. Forenzika meda

Radionica koja je donijela odgovore na pitanja kako se određuje vrsta meda, koje su razlike između pojedinih vrsta meda te kakvih sve boja i okusa med može biti.



Slika 5 – Radionica Forenzika meda

## 5. Čarobna noćna BIOAZA

Radionica koja je bila namijenjena svima kojima je dosta užurbanog tempa i gužvi koje nam donosi svakodnevica, zamišljena je kao prirodni lijek za potpuno opuštanje pa otud i naziv „Čarobna noćna BIOAZA“. U sklopu radionice prikazano je kako napraviti prirodne kozmetičke pripravke koji hrane našu kožu, a cijeli ambijent radionice bio je „obučen“ u čarobno božićno ruho i mirisao je na klinčiće i cimet čime je postignuto predblagdansko opuštajuće ozračje pa su mnogi sudionici radionice odlučili stvoriti fotografije za pamćenje.



Slika 6 – Radionica Čarobna noćna BIOAZA



## 6. Njegovo veličanstvo – sladoled

Radionica koja je prikazala zanimljive činjenice o bezvremenskoj poslastici: što je to što sladoled čini tako ukusnim, a zdravim, koji je prvi sladoled proizveden u Republici Hrvatskoj, a koji su najčudniji okusi sladoleda i može li konzumiranje te slastice prouzrokovati glavobolju ili ipak možemo u njoj neograničeno uživati. A uz sve to sudionici su mogli uživati u okusima sladoleda koji do tada nisu imali prilike isprobati.



Slika 7 – Radionica Njegovo veličanstvo – sladoled

## 7. Koja je tvoja porcija?

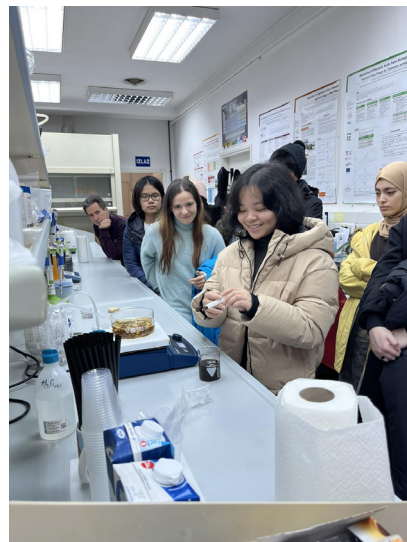
Budući da smo već iz iskustva naučili da u svemu trebamo biti umjereni, pa tako i u uživanju u hrani i da, pritom, treba jesti raznoliko i u jednom danu sve skupine namirnica trebaju biti zastupljene u našim obrocima, ostalo nam je odgovoriti na pitanje koliki ti obroci trebaju biti. Sudionici radionice naučili su koja je njihova porcija i kako ju odrediti te kako se služiti informacijama koje se nalaze na deklaraciji proizvoda dostupnih u trgovinama živežnih namirnica.



Slika 8 – Radionica Koja je tvoja porcija?

## 8. Inkapsulacija

Radionica koja je omogućila sudionicima saznati nešto više o inkapsuliranim proizvodima koji se nalaze svugdje oko nas u raznim oblicima – od lijekova do dodataka prehrani. Sudionicima je otkriveno što je inkapsulacija te kako se provodi, kako izgledaju uređaji za inkapsulaciju, kakva svojstva imaju inkapsulirani proizvodi te što se sve može inkapsulirati.



Slika 9 – Radionica Inkapsulacija

## 9. Razgradnja organskog otpada pomoću šarenih gljiva

Gljive doprinose brojnosti i raznolikosti živih organizama na Zemlji i sudjeluju u razgradnji organskih tvari pa, bez njih, prirodna ravnoteža nije ostvariva. Posjetitelji ove radionice mogli su saznati na koji način gljive razgrađuju organski otpad, što sve može nastati kada se (nekorisni) organski otpad obradi pomoću šarenih gljiva te kako se proizvodi nastali tim procesom mogu koristiti u svakodnevnom životu.



Slika 10 – Radionica Razgradnja organskog otpada pomoću šarenih gljiva



## 10. Ledeno doba u kemijskom laboratoriju

Na radionici je prikazana je čudesna moć rashladnog sredstva, tekućeg dušika, pri iznimno brzom hlađenju određenih tvari. Sudionici radionice imali su priliku vidjeti kako dobiti tekući zrak, kruti CO<sub>2</sub> (suhi led), kako brzo zamrznuti različiti biljni materijal te kako izgledaju fazni prijelazi: isparavanje, sublimacija i kristalizacija.

U sklopu 6. Noći znanosti, osim uživanja u predblagdanskim ozračju, te mnoštvu degustacija različitih proizvoda, sudionici su bili u prilici dobiti na poklon prirodne božične sapunčice te pilinge za kožu, mini pakiranja medova te ukrasne jastučice lavande za što bolji san i kao mali znak pažnje te iskorak prema zdravijem, ljepšem, prirodnijem i čarobnijem življenju.

I ove godine navedena aktivnost je dobila financijsku potporu Ministarstva znanosti i obrazovanja kroz Program popularizacije znanosti.



Slika 11 – Radionica Ledeno doba u kemijskom laboratoriju



## Studenti na terenu: Etnografski muzej

*Petra Vukovinski (FKIT)*

Dana 23. studenoga, studenti prve i druge godine diplomskih studija Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije, pod vodstvom profesorice Danijele Ašperger, nositeljicom izbornog kolegija Nedestruktivne metode kemijske analize u umjetnosti i arheologiji, posjetili su Etnografski muzej grada Zagreba.

Etnografski je muzej osnovan davne 1919. godine od strane Salamona Bergera, trgovca i tvorničara koji je sakupljao narodne nošnje i razne rukotvorine iz raznih krajeva poput Konavla, Samobora te Bosne i Hercegovine. Zgrada muzeja projektirana je upravo u svrhu muzejskog prostora, što ju kao takvom čini veoma rijetkom u gradu Zagrebu. Kroz stalni postav muzeja, studente je imala priliku voditi kustosica Mirela Kurtin, dok je predavanje o laboratoriju i konzervatorsko-restauratorskim radovima održala Mihaela Grčević.

Zbirka materijala, koja se čuva u muzeju, izrazito je velika te se u njoj mogu pronaći materijali poput drva, tekstila, daske, razna ljepila s kojima se materijal povezivao. Da bi se materijali dobro očuvali, odnosno da ne bi došlo do njihovog propadanja, od iznimne je važnost stabilnost uvjeta, odnosno vrijednosti temperature (poželjno 16 – 18 °C), relativne vlažnosti (50 – 55 %) te svjetlosti. Prostorije, u kojima se nalazi stalni sastav, obojene su u tamnu boju te je jačina svjetlosti podešena na 100 luksa, kako se materijali ne bi oštetili svjetlošću.



Slika 1 – Unutrašnjost muzeja

Od preventivnih i kurativnih metoda, studentima su bile predstavljene: zamrzavanje, radijacija gama zračenjem, suho čišćenje usisavanjem, mokro čišćenje, kemijsko čišćenje te čišćenje ugljikovodičnim otapalima. Radijacija gama zračenjem izuzetno je bitna metoda, koja se provodi kako bi se iz materijala odstranili moljci, gljivice i razne bakterije. Također, nužna je metoda kako se u muzejski prostor ne bi unijele nepoželjne štetocine.

Ekspoziti se u Etnografskom muzeju čuvaju iza stakla, kako bi se što više zaštitili od interakcije s okolinom. Ostatak ekspozita, 96 % ukupnog fonda, pohranjen je u muzejskim čuvaonicama, mračnim prostorijama u kojim vladaju kontrolirani uvjeti, koje su većinom smještene u tavanom i podrumskom dijelu muzeja, unatoč činjenici da su takva mjesta najmanje pogodna za tu namjenu zbog teške kontrole uvjeta (poplava, kiša).



Slika 2 – Pokrivala za glavu



Slika 3 – Ukrasi za glavu (kosu)



Studenti su imali priliku vidjeti najstariji eksponat izložbe, svadbeni muški šešir koji datira iz 1754. godine. Među predmetima koji se mogu pronaći u muzeju, studente je najviše zaintrigirala ljudska ženska kosa, odnosno „produžeci“, koji su se koristili u posebnim prilikama, poput svečanog bala, kada bi djevojke na svoje kose dodavale produžetke od prirodne ispletene kose.

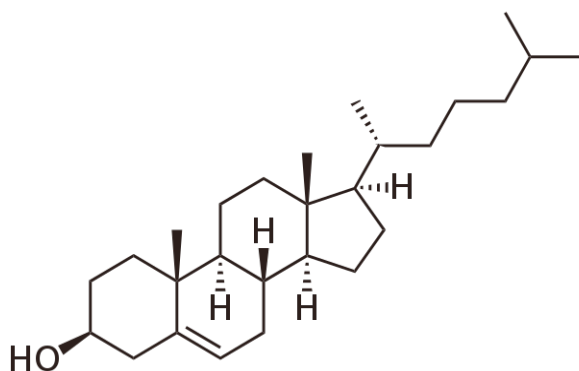
Kustosica Mareta ispričala je studentima kako posebni predmeti restauratorima zadaju mnogo problema. Među takvim predmetima mogu se pronaći vuneni predmeti koji imaju metalne ornamente. Isparavanjem sumpora iz takvih predmeta dolazi do kemijske reakcije, čiji nusprodukti uništavaju materijal. Također, prije raznih izložbi, konzervatori muku muče s opancima, napravljenima od kože. Naime, koža se vremenom ukruti te je nemoguće opanke obuti na lutke, stoga ih je potrebno namakati u raznim mastima kako bi omekšale.

Potrebno je napomenuti, kako su novi materijali vrlo zahtjevni za održavanje te propadaju brže od klasičnih i kvalitetnih materijala poput pamuka, lana i vune. Potrebno je dobro poznavati materijal, kako bi se on mogao adekvatno konzervirati i restaurirati.

# Novi uređaj za mjerenje kolesterola

Monika Petanjko (FKIT)

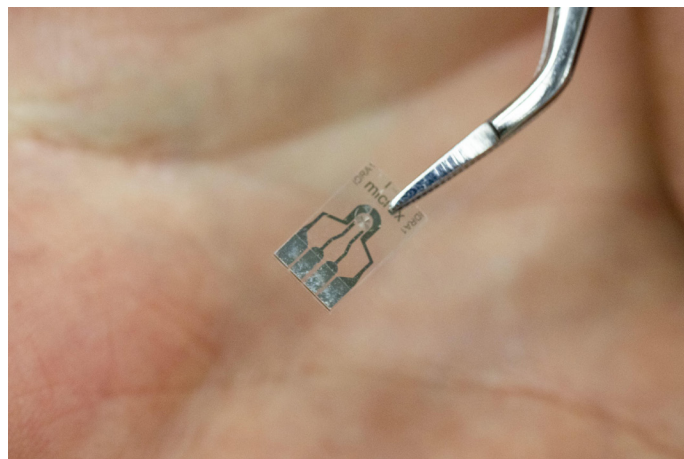
Kao što svi znate, kolesterol je poznat kao jedan od najvažnijih čimbenika kardiovaskularnih rizika u populaciji, ali u povišenim razinama kada je simptom niza bolesti poput ateroskleroze, hipertenzije te bolesti jetre i gušterače.<sup>1</sup> Suprotno tome, kolesterol nije „zločesta“ molekula te predstavlja izrazito važan spoj u biokemijskim procesima u organizmu bez kojeg je nemoguće pravilno funkcioniranje.<sup>1</sup>



Slika 1 – Molekula kolesterola

Određivanje kolesterola trenutno se provodi kolorimetrijom, kromatografijom i enzimima. Nedostatak tih metoda je taj što koriste ili izrazito agresivne reagense ili složenu i skupu opremu te osjetljive elemente kao što su enzimi koji se dobivaju iz živih organizama.<sup>2</sup> Uz prisutne uređaje za mjerenje kolesterola, znanstvenici svakodnevno rade na otkrivanju novih s još boljim karakteristikama i lakšom upotrebom.

Prema tome, istraživači s Uralskog saveznog sveučilišta (UrFU) izumili su novi senzorski uređaj za mjerenje kolesterola u krvi. Prije korišteni enzimi zamijenjeni su bakrovim kloridom čime je došlo do poboljšanja brzine i praktičnosti određivanja te stvaranje pristupačnijih mjerača. Bakrov klorid, kao anorganski analog enzima kolesterola, odabran je kako bi se analiza učinila jeftinijom, lakšom i bržom.<sup>2</sup>



Slika 2 – Prikaz mikrofluidnog čipa

Navedeni uređaj je strukture mikrofluidnog čipa koji uključuje elektrodu povezanu s voltametričkim analizatorom koji daje rezultate analize. U čipu se nalazi otopina bakrovog klorida u acetonitrilu gdje se stavlja mala količina krvi koju je potrebno analizirati.<sup>2</sup>

Također, novootkriveni čip uključuje magnetske nanočestice s polimerima s molekularnim otiscima koji selektivno apsorbiraju kolesterol filtrirajući druge tvari iz krvi koje su važne za sastav krvi te se može govoriti o visokoj selektivnosti analize. Kao sredstvo za umrežavanje odabran je polimer etilen glikol dimetakrilat i vinilpiridin kao funkcionalni monomer. Proces proizvodnje uređaja dodatno je olakšan i ubrzan time što se dobiva 3D printanjem.<sup>2</sup>

Prvi test čipa proveden je na modelnim otopinama koje se ponašaju kao krvni serum, a sljedeća faza je testiranje sustava na stvarnim uzorcima krvi.<sup>2</sup>

Otkriće ovakvog sustava uvelike bi olakšalo i ubrzalo analizu kolesterola u krvi. Uz to, prekinulo bi se korištenje enzima koji su skloni denaturaciji i zahtijevaju određene uvjete skladištenja, režime temperature i kiselosti.

## Literatura

- [1. <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/35565/Povisen-kolesterol-i-lijecenje.html> \(12. 1. 2023.\)](https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/35565/Povisen-kolesterol-i-lijecenje.html)
- [2. <https://scitechdaily.com/cheaper-and-faster-a-new-device-for-measuring-cholesterol> \(13. 1. 2023.\)](https://scitechdaily.com/cheaper-and-faster-a-new-device-for-measuring-cholesterol)



# Analiza krvi koja otkriva toksične proteine prije pojave Alzheimerove bolesti

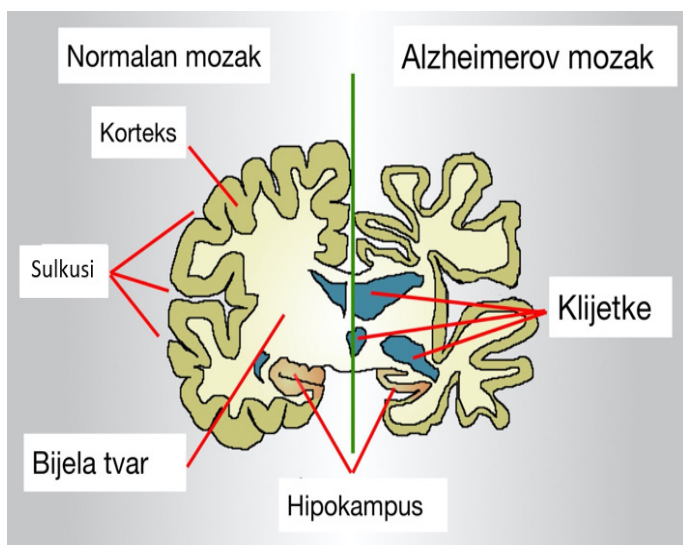
Karla Čulo (FKIT)

Premda je tema bolesti opće poznata, većina ljudi je ipak izbjegava. Iz dana u dan doktori i znanstvenici diljem svijeta pomoću tehnologija novoga doba pokušavaju pronaći načine kako pronalaska tako i suzbijanja različitih bolesti. Jedna od takvih bolesti koja je zaprimila veliku pozornost, a s odmicanjem vremena postaje sve učestalija je Alzheimerova bolest demencije. Danas, uglavnom pacijenti dobivaju dijagnozu ove bolesti tek nakon što pokažu dobro poznate znakove bolesti, poput gubitka pamćenja, međutim oštećenje mozga može biti uvelike uznapredovano štoviše nepovratno u toj fazi.

## Što je Alzheimerova bolest demencije?

Alzheimerova bolest je neizlječiva, degenerativna bolest mozga, vrsta demencije koju karakteriziraju progresivan gubitak pamćenja i izvršnih funkcija, afazija, poteškoće u svakodnevnom životnim aktivnostima i agnozija. Takvi se gubici funkcija pripisuju sinaptičkom oštećenju i gubitku neurona u cerebralnom korteksu, hipokampusu i drugim dijelovima mozga.

Kod osoba oboljelih od Alzheimerove bolesti može doći do pogrešnog spajanja amiloid beta proteina čak od 14 do 20 godina prije pojave samih simptoma bolesti. U ranim stadijima, gubitak pamćenja je blago izražen, ali s kasnijim stadijima oboljeli gube sposobnosti reagiranja na okolinu, vođenja razgovora, skloni su promjenama raspoloženja, no dolazi i do promjene samog izgleda mozga, prikaz na slici 1.

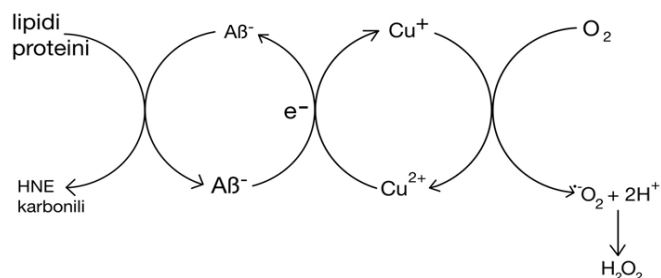


Slika 1 – Prikaz mozga zdrave osobe i osobe oboljele od Alzheimerove bolesti

Osobe oboljele od Alzheimerove bolesti u prosjeku žive od 4 do 8 godina nakon dijagnoze, ali u nekim slučajevima oni mogu živjeti i do 20 godina, ovisno o ostalim čimbenicima. Trenutno još uvijek ne postoji učinkovit način tretiranja Alzheimerove bolesti, ali na tržištu se pojavljuju testovi koji mogu omogućiti ranu detekciju ove bolesti kako bi se životni vijek ljudi produljio.

## Što je amiloidni beta protein i kako djeluje u našem tijelu?

Neuroni u ljudskom tijelu stvaraju protein poznat pod nazivom amiloid beta koji se sastoji od 39 do 43 aminokiseline, te se nalazi u velikim količinama i stvara naslage u tkivu mozga pacijenata s Alzheimerovom bolešću. Ova vrsta proteina nema stabilnu terciarnu strukturu u fiziološkim uvjetima i pokazuje visoki afinitet vezanja  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  i  $\text{Zn}^{2+}$  iona poput onog kod EDTA. Reduciranjem  $\text{Cu}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{3+}$  u  $\text{Cu}^+$  i  $\text{Fe}^{2+}$  molekularnom kisiku se omogućuje reagiranje s reduciranim metalima stvarajući tako superoksidni anion, koji se spaja s dva atoma vodika stvarajući vodikov peroksid koji kasnije može reagirati s drugim reduciranim metalnim ionima te formirati hidroksilni radikal Fentonovom reakcijom, prikaz na slici 2. Ioni  $\text{Cu}^{2+}$  povećavaju toksičnost amiloid beta proteina dok je  $\text{Zn}^{2+}$  ion smanjuje. Isto tako kada je amiloid beta otopljen u mediju koji sadrži  $\text{Fe}^{3+}$  ion toksičan je za neuron, dok medij koji ga ne sadrži nije toksičan.



Slika 2 –  $\text{A}\beta$  redukcija  $\text{Cu}^{2+}$  iona stvara  $\text{A}\beta$  radikale koji ekstrahiraju protone prisutnih lipida i proteina stvarajući HNE (4-hidroksi-2-nonenal), odnosno karbonile.  $\text{Cu}^+$  reagira s molekularnim kisikom što dovodi do stvaranja vodikovog peroksida.

Amiloid beta u svom radikalnom obliku može ekstrahirati protone iz susjednih lipida ili proteina, stvarajući lipidne perokside, odnosno karbonile. Svojim pogrešnim savijanjem formira male nakupine odnosno oligomere koji s vremenom tvore duge niti i na kraju velike naslage zvane plakovi. Godinama se smatralo kako su baš plakovi oni koji izazivaju kognitivna oštećenja mozga karakteristična za Alzheimerovu bolest. Novija istraživanja ipak pokazuju drugačiji rezultat i ukazuju kako su amiloid beta oligomeri toksični agensi koji ometaju pravilan rad neurona u tijelu.

Eksperimentalno se pokazalo kako protein amiloid beta ima širok raspon toksičnih mehanizama, kao što su ekscitotoksičnost, sinaptička disfunkcija, mitohondrijske promjene, oksidativni stres, promijenjena homeostaza kalcija i mnoge druge. Amiloid beta pronađen je u membranskim intracelularnim strukturama poput endoplazmatskog retikuluma, Golgijevog tijela, lizosoma, endosoma i unutarnje membrane.

Postoje brojna istraživanja koja su dokazala da visoke razine kolesterola pridonose sintezi amiloid beta proteina i olakšavaju njegovu interakciju s membranom. Sve što ima negativne učinke ima i one pozitivne. Tako na primjer amiloid beta protein ne samo da prikazuje štetne učinke na organizam, već i ukazuje na neke zaštitne, trofičke ili čak antioksidativne fiziološke učinke iako se na prvi pogled patološki i fiziološki učinci čine kontradiktornima.

### Testiranje Alzheimerove bolesti SOBA testom

Otkrivanjem toksičnih učinaka amiloid beta proteina na organizam došlo je do razvoja brojnih testova koji omogućavaju njegovo mjerenje u krvi. Jedan od takvih testova je test pod nazivom SOBA (engl. *Soluble Oligomer Binding Assay*) koji je osmislio tim znanstvenika sa Sveučilišta u Washingtonu. Znanstvenici su željeli dobiti ne samo pouzdan dijagnostički test za Alzheimerovu bolest koji je potvrđuje, već je njihova namjera bila osmisliti test koji će otkriti znakove bolesti prije nego što dođe do kognitivnih oštećenja mozga.

U središtu SOBA-e nalazi se sintetička alfa ploča koju je dizajnirao njezin tim, koja se može vezati na oligomere u uzorcima krvi ili cerebrospinalne tekućine. Test kasnije koristi standardne metode koje potvrđuju da se oligomeri vezani na ispitivanu površinu sastoje od amiloidnih beta proteina. Mjerenje promjena ove vrste proteina temeljeno je na imunološkom infracrvenom senzoru, koji mjeri omjer pogrešno presavijenog naspram normalno savijenog amiloid beta proteina. Krivo presavijeni proteini imaju tendenciju nakupljanja u amiloid plakove, dok zdrave strukture to ne čine. Dvije strukture apsorbiraju infracrveno svjetlo na različitim vrijednostima frekvencija, što upućuje da se testiranjem krvi može odrediti omjer zdravog i patološkog amiloid beta proteina u uzorku.

Tim znanstvenika testirao je SOBA-u na uzorcima krvi 310 ispitanika koji su uz uzorke krvi priložili i neke svoje medicinske podatke. Prilikom uzimanja uzoraka krvi zabilježeno je kako nitko od ispitanika nema znakove kognitivnog oštećenja, Alzheimerove bolesti ili drugog oblika demencije. Test je otkrio kako ispitanici s blagim kognitivnim oštećenjem i umjerenom do teškom Alzheimerovom bolešću u krvi imaju prisutnost oligomera.

Kod 53 ispitanika, dijagnoza Alzheimerove bolesti potvrđena je nakon njihove smrti, a u uzorcima krvi kod njih 52 dokazana je prisutnost toksičnih oligomera. U studiji je također pokazano kako se SOBA može lako modificirati u svrhu otkrivanja toksičnih oligomera drugih vrsta proteina povezanih s Parkinsonom

bolešću, dijabetesa tipa dva i mnogih drugih oblika bolesti. Ispitanici s pogrešnim savijanjem amiloid beta proteina imali su do 23 puta veće izgleda za dijagnozu Alzheimerove bolesti unutar 14 godina, dok se kod bolesnika s drugim tipovima demencije, poput onih uzrokovanih smanjenom opskrbnom krvi u mozgu nije pokazao povećani rizik.

Znanstvenici su u ispitivanje isto tako uključili i druge oblike čimbenika koji mogu ukazati na ranije otkrivanje Alzheimerove bolesti poput načina života, već postojećih bolesti i genetske varijante APOE4 koja je jedina pokazala povećanje rizika za 2,4 puta od oboljenja. Spol također igra važnu ulogu u otkrivanju bolesti te se ispostavilo kako su dvoje od troje ispitanika s Alzheimerovom bolešću žene.

Rezultati krvnih pretraga u početku su kod nekih ljudi bili lažno pozitivni jer se krvna pretraga pokazala pozitivna na prisutnost amiloid beta proteina dok je sken mozga bio negativan. Neki od ljudi s lažno pozitivnim krvnim testom su u razmaku od 4 godine bili dijagnosticirani s Alzheimerovom bolešću, što je pokazalo kako su ti lažni testovi pouzdaniji od standardnog skeniranja mozga. Iako je ovaj test još u ranim fazama istraživanja pokazao se vrlo učinkovitim i smatra se kako bi u budućnosti mogao biti dostupan širom svijeta, ali i ono bitnije financijski dostupan širokom spektru ljudi.

### Kome se obratiti?

Ako je Vama ili nekome koga poznajete dijagnosticira Alzheimerova bolest ili neki drugi oblik demencije, niste sami. Pomoć možete potražiti na stranici Hrvatske udruge za Alzheimerovu bolest ili se možete obratiti svojoj najbližoj poliklinici gdje će te dobiti pristup svim potrebnim informacijama kao i adekvatnu pomoć.

### Literatura

1. <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/12/221205153722.htm> (12. 1. 2023.)
2. <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/04/190415154645.htm> (13. 1. 2023.)
3. <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/08/190801162144.htm> (12. 1. 2023.)
4. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3941171/> 14. 1. 2023.)
5. <https://alzres.biomedcentral.com/articles/10.1186/alzrt226> (14. 1. 2023.)
6. <https://www.alz.org/alzheimers-dementia/what-is-alzheimers> (13. 1. 2023.)
7. <https://medicine.wustl.edu/news/blood-test-for-alzheimers-highly-accurate-in-large-international-study/> (13. 1. 2023.)
8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005273607000387> (14. 1. 2023.)



# ZNANSTVENIK

## Pretvorba starih Božićnih drvca u obnovljivo gorivo?

Adrijana Karniš (FKIT)

Svake se godine u vrijeme Božića u Ujedinjenom Kraljevstvu proda između 6 i 8 milijuna prirodnih Božićnih drvca te se procjenjuje da ih oko 7 milijuna završi na odlagalištu otpada.

Osim što se uloži mnogo novca i energije u uzgoj borova, kada drvece dospije na odlagalište ono tijekom svog raspadanja ispusti 16 kg stakleničkih plinova, proizvodeći metan koji ima 25 puta jači staklenički učinak od ugljikova dioksida.<sup>1</sup>

Studija iz 2022. ispitala je kvalitetu drvnih peleta ovisno o vrsti dendromase. Poticaj za ovakvo istraživanje je porast potrošnje energije u svijetu te razvoj obnovljivih izvora energije. Razvitkom obnovljivih izvora energije povećava se interes za biomasu koja, za razliku od vjetra i sunca, nema nedostatak u koheziji za proizvodnju energije te se njezin potencijal povećava kada dolazi kao otpad, a preradom nastaje nova sirovina. U ovom istraživanju ispitivala su se svojstva drvene biomase odnosno određeni rodovi drveća na kvalitetu proizvedenog peleta i ispunjavanje tržišnih standarda.



Peleti se proizvode prešanjem od osušene i samljevene biomase koja pod visokim tlakom i visokom temperaturom prolazi kroz rupe promjera nekoliko milimetara čime nastaju cilindri koji se zatim režu na željenu duljinu peleta. Mogu se proizvoditi agropeleti (napravljeni od slame, sijena i dr.), ali ipak je šumska masa glavna sirovina, osobito piljevina borovine.



Slika 1 – Vrste peleta

Proizvedeni peleti za istraživanje dobiveni su preradom oguljenog, osušenog drveta sedam vrsti drveća; tri zimzelene vrste: obični bor (*Pinus sylvestris* L.), istočni bijeli bor (*Pinus strobus* L.), obična smreka (*Picea abies* L.) i četiri listopadne vrste: jasika (*Populus tremula* L.), breza (*Betula pendula* Roth), bukva (*Fagus sylvatica* L.) i hrast (*Quercus robur* L.).

Za ispunjavanje tržišnih standarda korištene su tri norme koje se razlikuju prema kontinentu na kojem su razvijene: Europa, Sjeverna Amerika i Azija. Dok je kvaliteta samih peleta određena pomoću duljine peleta, nasipne gustoće, mehaničke izdržljivosti, udio sitne frakcije, vlage, sadržaja pepela, hlapljive tvari, gornje toplinske vrijednosti, donje toplinske vrijednosti, gustoće energije, sadržaja ugljika, vodika, dušika, sumpora i klora.

Istraživanjem je zaključeno da su peleti crnogorice imali bolja kvalitativna svojstva za potrebe grijanja u odnosu na pelete proizvedene od listopadnih vrsta. Njihove karakteristike uključuju veću vrijednost: nasipne gustoće, mehaničke izdržljivosti, gornje i donje toplinske vrijednosti, te manje vrijednosti: duljine, vlage, sadržaja pepela, dušika, sumpora i klora. Odlični su se pokazali zbog većeg sadržaja ugljika i vodika, veće energetske gustoće i hlapljive tvari.

Ovom studijom utvrđeno je da rod drveća određuje kvalitetu peleta te je odgovoran za razlike između vrsta peleta. Na kraju je zaključeno kako peleti proizvedeni iz običnog bora (*P. sylvestris*) i istočnog bijelog bora (*P. strobus*) zadovoljavaju najstrože kriterije od sviju normi, ali je potrebno provesti daljnja istraživanja na vrstama unutar ovih rodova kako bi se pronašle optimalne vrste za proizvodnju što kvalitetnijih peleta.<sup>2</sup>

#### Mogu li se i iglice bora iskoristiti?

Sveučilišno istraživanje iz 2018. otkrilo je da se mogu ekstrahiranjem spojeva iz borovih iglica dobiti korisni proizvodi. Studija je utvrdila kako se pomoću otopina i topline može kemijska struktura borovih iglica razgraditi u tekući proizvod (bioulje). Bioulje je zatim moguće



Slika 2 – Smreka (*Picea abies*)

koristiti u proizvodnji zaslađivača, boja, ljepila, octa i čvrstog nusprodukta kojeg bi bilo moguće dalje koristiti u industriji.

Otkrili su da reakcijom ugljikova dioksida s borovim iglicama i vodom pri visokim temperaturama mogu dobiti mravlju kiselinu. Mravlja kiselina se zatim može koristiti u gorivim ćelijama za skladištenje ili transport vodika (novi izvor energije), kao konzervans za hranu i antibakterijsko sredstvo u hrani za životinje te u proizvodnji kože i gume.<sup>1</sup>

#### Literatura

1. <https://phys.org/news/2022-12-trees-renewable-fuels-christmas.html>
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148122011818#fig2>

## I 3D bioprintanje

Kristian Koštan (FKIT)

Ozbiljan razvoj transplantacijske medicine od 1950-ih<sup>1</sup> stvorio je održiv, povezan i napredan sustav liječenja ljudi usađivanjem organa. Uz napredak ostalih znanosti, omogućile su se manje invazivne i preciznije operacije na pacijentima. Neki primjeri poboljšanja zahvata su korištenje laparoskopije<sup>2</sup> i mehatroničkih uređaja.<sup>3</sup> Inovacije postoperativnih terapija također pridonose zdravlju pacijenata. Računalni dizajn lijekova odavno je pokazao uspjeh u području imunosupresiva.<sup>4</sup> Problemi transplantacijske medicine i dalje su postojani unatoč svim navedenim tehnologijama.

Najvažnije poteškoće leže u ograničenom broju organa, odbacivanju organa<sup>5</sup> i etici dobivanja organa.<sup>6</sup> Godine 2021. u svijetu se transplantiralo 144 302 organa što je za 11,3 % više od 2020. godine.<sup>7</sup> Liste čekanja primjer su posljedice ograničenog broja organa. Samo u SAD-u 2021. na listi čekanja za transplantaciju nalazilo se 105 800 pacijenata od kojih je 40 000 dobilo organ, a 17 ih je umiralo svaki dan čekajući svoj red.<sup>8</sup> U Republici

Hrvatskoj 2017. na listi čekanja nalazilo se 344 osoba od kojih je 295 dobilo organ.<sup>9</sup> Dana 1. siječnja 2022. na hrvatskoj listi čekanja nalazile su se 322 osobe.<sup>10</sup>

Idealno rješenje za navedene probleme bilo bi pribavljanje organa na industrijskom mjerilu isto kako to radimo s ostalim materijalom kao što su aktivne farmaceutske tvari. Unaprjeđenje strojarstva i biotehnologije nudi uzbudljivu priliku u kojoj se znanstvenici već okušavaju. Tkiva i organi nadohvat ruke mogli bi biti omogućeni tehnologijom 3D bioprintanja.

3D printanje aditivna je tehnologija proizvodnje koja se temelji na slojevitom dodavanju materijala kako bi se napravio objekt. Dok tehnologija proizvodnje odvajanjem čestica prednjači u industriji velikog protoka materijala, aditivna proizvodnja ima prednost u preciznosti.<sup>11</sup>

Jedan od primjera integracije strojarstva i medicine korištenje je 3D printanja da bi se riješio problem vremena i troška proizvodnje proteza te njihova prianjanja pacijentu.<sup>12</sup> Primjenom stanica kao tinte za printanje otvorilo se novo područje aditivne proizvodnje nazvano 3D bioprintanje



Slika 1 – Proteza tvrtke Instalimb proizvedena 3D printanjem

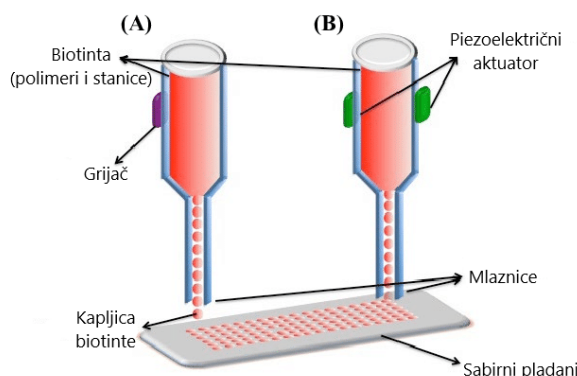
Biotinta važan je temelj bioprintanja. Stanice suspendirane u gelu alginata, želatine ili kolagena uz dodatak raznih signalnih proteina i hormona rasta tvore materijal dobrih fizikalnih svojstava koji se primjenjuje u mnogim tehnikama 3D bioprintanja. Sastav biotinte ovisi o vrsti tkiva kojeg se želi proizvesti bioprintanjem, te se tako čak i neke biotinte sastoje samo od stanica. Reološka, mehanička i biološka svojstva biotinte moraju biti u skladu s tkivom i okolinom u koju se stavlja.<sup>13</sup>

Tehnike bioprintanja dijele se u tri najzastupljenije kategorije: printanje ekstruzijom, kapljicama i laserom. Tehnologije 3D bioprintanja mogu se kombinirati s mikrofluidikom da bi se napravio pisac koji koristi više vrsta biotinti i tako ima mogućnost ispisivanja kompleksnijeg tkiva.

Printanje ekstruzijom podrazumijeva istiskivanje biotinte kroz mlaznicu pomoću fizičkog pritiska sa suprotne strane. Izvedbe ekstruzije mogu biti: pneumatska, ekstruzija klipom i ekstruzija vijkom. Pneumatska ekstruzija radi pomoću narinutog pritiska plina u komori s biotintom koja se zbog razlike tlakova miče prema mlaznici i kroz nju se istiskuje. Ekstruzija klipom također vrši pritisak na površinu biotinte čime se ona istiskuje, ali umjesto plina rad vrši pomični klip. Ekstruzija vijkom koristi pužni prijenos tvari kako bi se biotinta transportirala i istisnula kroz mlaznicu. Problem ekstruzije leži u pokretačkoj sili jer stanice u biotinti osjetljive su na pritisak, stoga treba paziti da pritisak bude

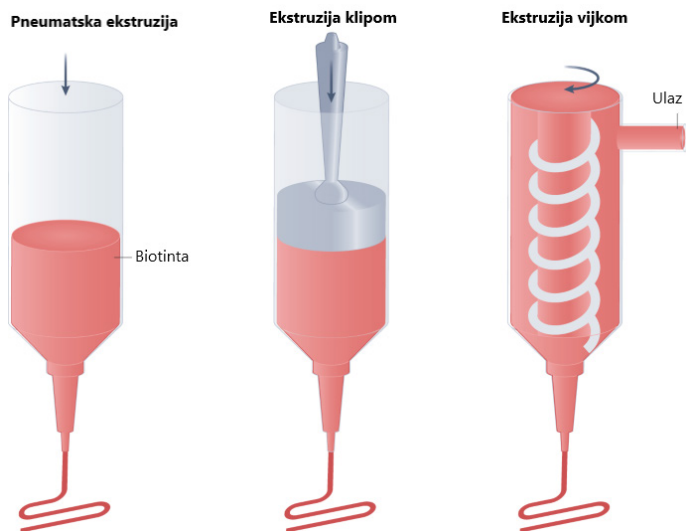
unutar zadovoljavajućeg intervala i pritom ne narušava kontinuitet istiskivanja kroz mlaznicu. Ekstruzija vijkom zanimljiva je zbog mogućnosti neprestanog tiskanja uslijed stalnog dotoka biotinte.<sup>14</sup>

3D bioprintanje kapljicama sadrži toplinski i piezoelektrični način stvaranja pokretačke sile. Toplinskim načinom biotinta se lokalno zagrije do uparenja čime se tvori balončić pare koji kolabira i potiskuje gel ili kapljevinu kroz mlaznicu. Piezoelektrični način zahtjeva prisutnost materijala koji se iskrivljuje primitkom električne energije. Takav materijal ugrađuje se na konstrukciju s mlaznicom i njegovim titranjem istiskuje se biotinta. Problem piezoelektričnog printanja je frekvencija titranja koja u radnom području ima mogućnost uništiti stanice. Toplinskim printanjem preživi do 90 % stanica zbog jako kratkog i lokaliziranog grijanja.<sup>15</sup>

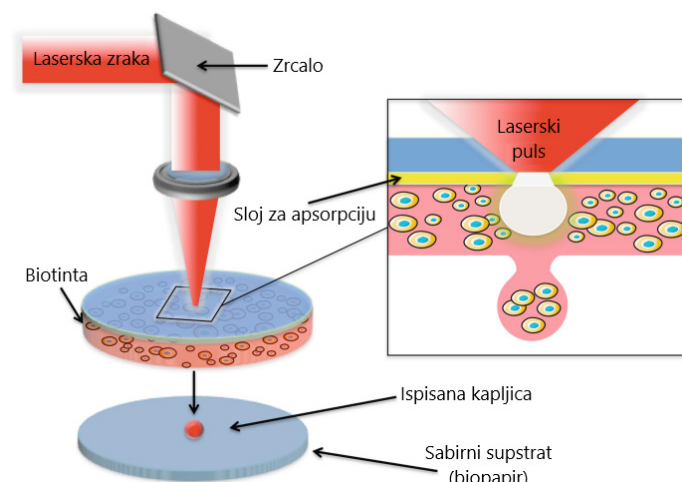


Slika 3 – Izvedbe kapljičnih 3D bioprintera

Lasersko 3D bioprintanje koristi lasere kao izvor energije i sastoji se od laserski induciranog prijenosa unaprijed (engl. *laser-induced forward transfer*, LIFT) te stereolitografije. LIFT tehnologija koristi prijenos energije lasera na metalnu površinu ispod koje se nalazi pričvršćen sloj biotinte. Diskretne količine metala isparavaju i stvaraju tlak kao pokretačku silu za izbacivanje biotinte s vrpce.<sup>16</sup> Stereolitografija u 3D bioprintanju tehnika je kojom se svjetlosno očvršćuje fotoosjetljiva smola u otopini biotinte i tako se stvara čvrsti polimer sa zarobljenim stanicama.<sup>17</sup> Karakterističan problem laserskog 3D bioprintanja njegova je cijena.<sup>16</sup>



Slika 2 – Izvedbe ekstruzijskih 3D bioprintera

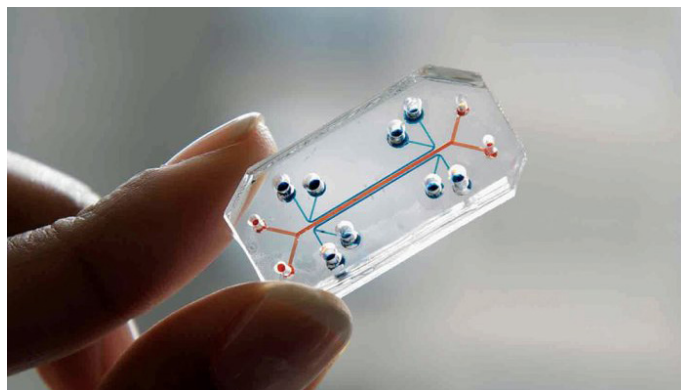


Slika 4 – Shema LIFT tehnologije



Primjena 3D bioprintanja u svrhu transplantacije zahtijevala bi uzimanje uzorka stanica donora ili pacijenta i umnažanja do dovoljnog broja za printanje. Korištenje pacijentovih vlastitih stanica za uzorak smanjuje rizik odbacivanja organa. Pisač pomoću nekih od navedenih tehnika oblikuje biotintu u organ ili dio tkiva. Objekt se nakon printanja može odmah koristiti u transplantacijskom zahvatu ili mora očvrnuti i proći kroz proces sazrijevanja te ponovnog umnažanja stanica do zadovoljavajuće količine.

3D bioprintanje može ostvariti svoj potencijal rješavanjem ostalih problema. Domaće životinje koje koristimo u svrhu hrane i kože zauzimaju prostor i stvaraju nepovoljan ekološki efekt.<sup>18</sup> Uzgojem i printanjem mesa<sup>19</sup> i kože<sup>20</sup> uvelike bismo smanjili utjecaj metana kao stakleničkog plina koji dolazi s farmi životinja. Etika i zdravstveni rizik testiranja lijekova mogli bi se olakšati primjenom 3D bioprintanog organa na čipu. Istiskivanjem stanica na mikrofluidički čip dobivamo jako primitivni organ.<sup>21</sup> Primjenom lijeka na čip možemo opaziti kako se stanice ponašaju u njegovom okruženju. Povezivanjem više takvih čipova stvaramo model organizma. Biotinta temeljena na biljnim stanicama ima mogućnost unaprjeđenja agronomskih istraživanja i razvoja boljih agrokemikalija.<sup>22</sup>



Slika 5 – Model pluća na mikrofluidičkom čipu

Tržište 3D bioprintanja bavi se 3D biopisačima, biotintama i tkivnim inženjerstvom.<sup>23,24</sup> Tehnologija 3D bioprintanja akademski je zanimljiva iz smjera projektiranja pisača, istraživanja staničnog ponašanja i primjene znanstvenih radova.<sup>24</sup> 3D bioprintanje ostavlja dojam da se kreće čvrstim pravcem razvoja uz ostale napredne medicinske tehnologije,<sup>24</sup> ali da bi došlo do primjene na industrijskoj razini mora se uložiti više vremena u proučavanje tehnika i fenomena vezanih za aditivnu proizvodnju korištenjem biotinte.

## Literatura

1. Nordham KD, Ninokawa S. The history of organ transplantation. Proc (Bayl Univ Med Cent). 2021 Oct 19
2. Krajewski E, Soriano IS, Ortiz J. Laparoscopy in transplantation. JSLS. 2006 Oct-Dec
3. Harry V M Spiers, Videha Sharma, Alexander Woywodt, Rajesh Sivaprakasam, Titus Augustine, Robot-assisted kidney transplantation: an update, Clinical Kidney Journal, Volume 15, Issue 4, April 2022, Pages 635–643
4. Grassy G, Calas B, Yasri A, Lahana R, Woo J, Iyer S, Kaczorek M, Floc'h R, Buelow R. Computer-assisted rational design of immunosuppressive compounds. Nat Biotechnol. 1998 Aug
5. Kupiec-Weglinski Jerzy W., Grand Challenges in Organ Transplantation, Frontiers in Transplantation Vol. 1, 2022
6. Abouna GM. Ethical issues in organ transplantation. Med Princ Pract. 2003 Jan-Mar
7. <https://www.transplant-observatory.org/>, 2022
8. <https://www.organdonor.gov/learn/organ-donation-statistics>, 2022
9. <https://www.hdm.hr/podaci-za-hrvatsku/>, 2022
10. <https://www.eurotransplant.org/region/hrvatska/>, 2022
11. <https://formlabs.com/blog/additive-manufacturing-vs-subtractive-manufacturing/>, 2022
12. <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/applications-of-3d-printing/3d-printed-prosthetics/>, 2022
13. Gungor-Ozkerim PS, Inci I, Zhang YS, Khademhosseini A, Dokmeci MR. Bioprinting for 3D bioprinting: an overview. Biomater Sci. 2018 May 1
14. Extrusion bioprinting: Recent progress, challenges, and future opportunities, Bioprinting, Volume 21, 2021
15. Cui X, Boland T, D'Lima DD, Lotz MK. Thermal inkjet printing in tissue engineering and regenerative medicine. Recent Pat Drug Deliv Formul. 2012 Aug
16. An Overview of Laser-assisted Bioprinting (LAB) in Tissue Engineering Applications, Reiza Dolendo Ventura, Med Lasers 2021
17. Kumar H, Kim K. Stereolithography 3D Bioprinting. Methods Mol Biol. 2020
18. <https://www.ucdavis.edu/food/news/making-cattle-more-sustainable>, 2022
19. <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/scientists-create-first-3-d-printed-wagyu-beef-180978565/>, 2022
20. <https://all3dp.com/modern-meadows-biofabrication-method-makes-animal-free-leather/>, 2022
21. Leung, C.M., de Haan, P., Ronaldson-Bouchard, K. et al. A guide to the organ-on-a-chip. Nat Rev Methods Primers 2, 33 (2022)
22. <https://www.biotechniques.com/cell-and-tissue-biology/how-to-print-functioning-plant-cells/>, 2022
23. <https://medicalfuturist.com/top-bioprinting-companies/>, 2022
24. Santoni, S., Gugliandolo, S.G., Sponchioni, M. et al. 3D bioprinting: current status and trends—a guide to the literature and industrial practice. Bio-des. Manuf. 5, 14–42 (2022)

# I Alternativna goriva

Sanda Keškić (FKIT)

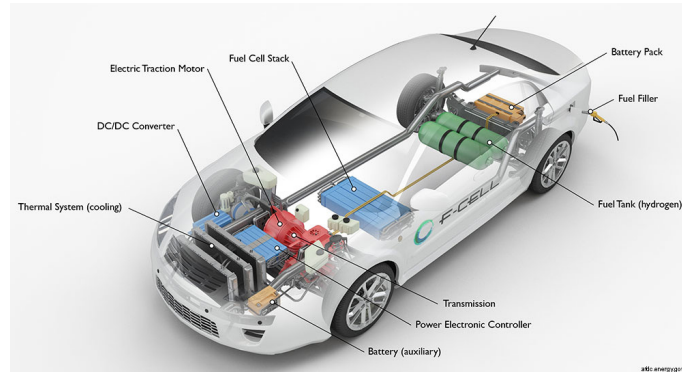
Inicijative za alternativna goriva podupiru prijelaz s tradicionalnih izvora motornog goriva (tj. benzina i dizela) na alternativne izvore kao što su biodizel, etanol, komprimirani prirodni plin, djelomično električna energija, vodikove gorivne ćelije ili tekući naftni plin. Takve inicijative podupiru opskrbu, distribuciju i proizvodnju alternativnih goriva i vozila kroz različite kombinacije financijskih poticaja (npr. porezne olakšice, zajmovi, bespovratna sredstva ili popusti), mandata ili pravila (npr. ciljevi potrošnje ili standardi za obnovljiva goriva), izravnih kupnju vozila na alternativna goriva za korištenje u državnim ili općinskim voznim parkovima te ulaganja u istraživanje i razvoj za poboljšanje tehnologije te procjenu i poboljšanje infrastrukture za vozila na alternativna goriva. Inicijative su u tijeku u mnogim područjima diljem zemlje kako bi se smanjile potencijalne prepreke usvajanju alternativnih goriva, kao što su visoki troškovi i nedostatak prateće infrastrukture. Razine onečišćujućih tvari i smanjenja emisija razlikuju se za svaku vrstu alternativnog goriva, a geografske regije imaju različite razine izloženosti emisijama i česticama. Razumijevanje lokalnog konteksta može poduprijeti odluke o najprikladnijim inicijativama za alternativna goriva; ne postoji univerzalni pristup za ove inicijative ili poticaje. Potrebni su dodatni dokazi kako bi se utvrdili troškovi i učinci različitih inicijativa koje promoviraju svako alternativno gorivo.



Slika 1 – Alternativna goriva

Kako cijene nafte rastu, interes za alternativna goriva raste. Zabrinutost za kvalitetu zraka u mnogim područjima diljem svijeta čini pronalaženje rješenja hitnijim. Ostaje da se odgovori na glavna pitanja: koja će se goriva pojaviti i u kojoj će mjeri alternativni izvori zamijeniti benzin kao glavni proizvod sirove nafte. Kombinacija dostupnih alternativnih goriva će se razvijati s najvjerojatnijim izborima na koje će utjecati brojni tehnički, politički i tržišni čimbenici. Kako bi se omogućila šira primjena alternativnih goriva potrebno je prevladati niz prepreka. To uključuje gospodarska, tehnološka i infrastrukturna pitanja. U prošlosti je benzina bilo u izobilju i imao je značajnu cjenovnu prednost u usporedbi s drugim gorivima. To bi se moglo brzo promijeniti i alternativna goriva bi trebala postati uobičajena. Jedna od alternativa uključuje širu upotrebu goriva proizvedenih iz biomase.

Gorivne ćelije koje pokreću vodik mogle bi imati široku primjenu, zamjenjujući baterije u mnogim prijenosnim aplikacijama, vozilima i koristeći vodik za kućne električne potrebe. Atomi vodika povezani su zajedno u molekule s drugim elementima, a potrebna je energija za izdvajanje vodika kako bi se mogao koristiti za izgaranje ili gorivne ćelije. Vodik nije primarni izvor energije, ali se može promatrati kao sredstvo razmjene za dovodenje energije tamo gdje je potrebna, slično kao i električna energija. Vodik je održiv izvor energije koji ne zagađuje okoliš i može se koristiti u mobilnim i stacionarnim aplikacijama. Kao nositelj energije, mogao bi povećati našu energetska raznolikost i sigurnost smanjenjem naše ovisnosti o gorivima na bazi ugljikovodika.

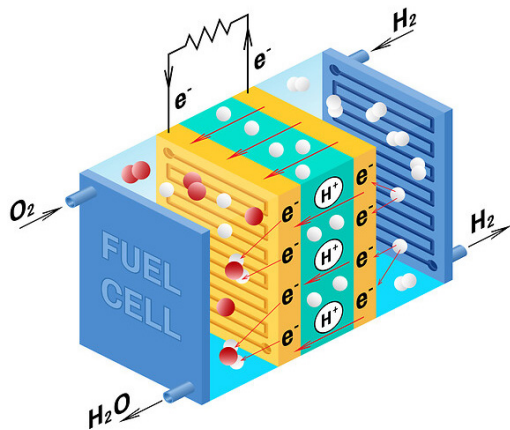


Slika 2 – Vozilo na vodikove gorivne ćelije

Iako je vodik najjednostavniji element i najzastupljeniji plin u svemiru, on se nikada ne pojavljuje sam, već se uvijek kombinira s drugim elementima kao što su kisik i ugljik. No, nakon što se odvoji, vodik je iznimno čist nositelj energije. Vodik se može ekstrahirati iz fosilnih goriva i biomase, iz vode ili iz mješavine oba. Vodik kao nositelj energije mora se skladištiti kako bi se prevladale dnevne i sezonske razlike između dostupnosti izvora energije i potražnje. Vodik se može fizički skladištiti ili kao plin ili kao tekućina. Skladištenje vodika kao plina obično zahtijeva visokotlačne spremnike (tlak u spremniku 350 – 700 bar). Za skladištenje vodika kao tekućine potrebne su kriogene temperature jer je vrelište vodika pri tlaku jedne atmosfere (–252,8 °C). Vodik se također može skladištiti na površinama krutih tvari (apsorpcijom) ili unutar krutih tvari (apsorpcijom).

Najčešće korištena metoda za skladištenje vodika u vozilima s gorivnim ćelijama su spremnici stlačenog vodika. Nekoliko vozila (npr. Honda FCV, Toyota FCV, Mercedes-Benz F-Cell, Hyundai FCV i GM FCV) s takvim spremnicima već se danas koriste. Najvažnije razmatranje za komprimirani plin je materijal od kojeg se sastoji spremnik. Mora biti lagan, jeftin i dovoljno jak da zadovolji potrebne specifikacije naprezanja, deformacije i sigurnosti. Osim toga, toplinska vodljivost materijala mora biti dovoljno visoka da upravlja egzotermnom toplinom tijekom punjenja spremnika. Kada se vodik skladišti kao tekućina na 1 atm, mora se održavati ispod

točke vrenja ( $-252,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Stoga je učinkovita toplinska izolacija ključna za povećanje učinkovitosti spremnika tekućeg vodika. Stoga se tipični spremnici tekućeg vodika sastoje od metalnog spremnika s dvostrukim stijenkama, gdje su unutarnje i vanjske stijenke odvojene vakuumom u svrhu toplinske izolacije. Unatoč poboljšanoj volumetrijskoj gustoći, skladištenje tekućeg vodika se ne koristi često iz nekoliko razloga. Jedan od glavnih problema je isparavanje vodika. Tekući vodik može ispariti čak i s dobro izoliranim spremnikom, što uzrokuje gubitak vodika.



Slika 3 – Vodikova gorivna ćelija

Osim toga, iskuhavanje se događa čak i kad je sustav u stanju mirovanja i povećava tlak u spremniku koji se mora odzračiti kako bi se spriječilo pucanje. Osim troškova i smanjenja energetske učinkovitosti zbog gubitka vodika, iskuhavanje također predstavlja zabrinutost za sigurnost, posebno za vozila parkirana u ograničenom prostoru kao što su kontejneri i parkirne garaže. Drugo, 30 – 35 % energetske vrijednosti vodika potrebno je za njegovo ukapljivanje, što je oko tri puta više nego što je potrebno za stlačeni spremnik vodika. Kao što je prije navedeno, komprimirani spremnik zahtijeva relativno veliki volumen dok tekući vodik može ispariti uzrokujući gubitak vodika, kao i sigurnosne probleme. Posljedično, studije o fizičkom skladištenju vodika trenutno su prešle na krio-komprimirani vodik, koji kombinira kompresiju i kriogeno skladištenje. Volumetrijska gustoća vodika može se povećati pritiskom tekućeg vodika pri  $-253,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (20 K) sa 70 g/L pri 1 bar na 87 g/L pri 240 bar, što smanjuje potrebu za skupim kompozitom od karbonskih vlakana. Kao takav, može smanjiti gubitak vodika isparavanjem, kao i produljiti razdoblje mirovanja u izoliranim tlačnim posudama. Kao i svako drugo gorivo ili nositelj energije, vodik predstavlja rizik ako se njime ne rukuje ili kontrolira na odgovarajući način. Stoga se rizik od vodika mora uzeti u obzir u odnosu na uobičajena goriva kao što su benzin, alkohol, propan ili prirodni plin. Specifične fizičke karakteristike vodika prilično su različite od uobičajenih goriva. Neka od ovih svojstava čine vodik potencijalno manje opasnim, dok bi ga druge karakteristike vodika teoretski mogle učiniti

opasnijim u određenim situacijama. Budući da vodik ima najmanju molekulu, ima veću tendenciju da pobjegne kroz male otvore nego druga tekuća ili plinovita goriva. Ako iz bilo kojeg razloga dođe do curenja, vodik će se raspršiti puno brže od bilo kojeg drugog goriva, čime se smanjuju razine opasnosti. Vodik je i plutajući i difuzniji od benzina, propana ili prirodnog plina. Vodik u vozilu može predstavljati sigurnosnu opasnost. Takve opasnosti treba uzeti u obzir u situacijama kada vozilo nije u funkciji, kada vozilo normalno radi i u slučaju sudara. Obično su potencijalne opasnosti uzrokovane požarom, eksplozijom ili toksičnošću. Potonje se može zanemariti, jer niti vodik niti njegove pare u slučaju požara nisu otrovni. Vodik kao izvor požara ili eksplozije može potjecati iz skladišta goriva, iz vodova za dovod goriva ili iz same gorivne ćelije. Gorivna ćelija predstavlja najmanju opasnost, iako su u gorivnoj ćeliji vodik i kisik odvojeni vrlo tankom polimernom membranom. U slučaju puknuća membrane vodik i kisik bi se spojili, a gorivna ćelija bi odmah izgubila svoj potencijal, što bi kontrolni sustav trebao lako detektirati. U tom bi se slučaju dovodni vodovi odmah isključili. Zaključno, čini se da vodik predstavlja rizik istog reda veličine kao i druga goriva. Unatoč javnoj percepciji, vodik je u mnogim aspektima zapravo sigurnije gorivo od benzina i prirodnog plina.

Alternativno gorivo mora biti tehnički izvedivo, ekonomski isplati i potencijalno bezopasno za okoliš. Vodik je jedan od nositelja energije koji može zamijeniti fosilna goriva, a može se koristiti kao gorivo u vozilima s motorima s unutarnjim izgaranjem, ali i u vozilima na gorivne ćelije. Da bi se koristio vodik kao gorivo motora s unutarnjim izgaranjem, potrebno je razmotriti dizajn motora kako bi se izbjeglo prethodno paljenje i nenormalno izgaranje. Kao rezultat toga može poboljšati učinkovitost motora, izlaznu snagu i smanjiti emisije štetnih tvari. Emisija gorivnih ćelija vrlo je niska u usporedbi s konvencionalnim motorima s unutarnjim izgaranjem, ali kao kaznu, vozila s gorivnim ćelijama trebaju dodatni prostor i težinu za ugradnju baterije i spremnika, što povećava troškove proizvodnje.

### Literatura

1. Maher A.R. Sadiq Al-Baghdadi; Using of produced water associated with oil and gas production as a source of hydrogen: solar electrolysis cell application. Ovidius University Annals of Chemistry Journal 2009, 20, 44-47,
2. Veziroglu TN, Sahin S. 21st Century's energy: Hydrogen energy system. Energy Conversion and Management. 2008, 49, 1820-1831
3. Kim J, Lee Y, Moon I. Optimization of a hydrogen supply chain under demand uncertainty. Int. J. of Hydrogen Energy. 2008, 33, 4715-4729.
4. Kelly, N.A.; Gibson, T.L.; Ouwerkerk, D.B.; A solar-powered, high-efficiency hydrogen fueling system using high-pressure electrolysis of water: Design and initial results. Int. J. of Hydrogen Energy. 2008, 33, 2747-2764.
5. Committee on Alternatives and Strategies for Future Hydrogen Production and Use, National Research Council. The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs. Washington, D.C.: The National Academy Press. 2004.



# BOJE INŽENJERSTVA

## Intervju „Na kavi s asistentima“ – dr. sc. Katarina Mužina

*Dora Ljubičić (FKIT)*

**Dobar dan, za početak, recite nam nešto o sebi, Vašem putu do FKIT-a i Vašem ostanku na fakultetu.**

Pozdrav svima! Zovem se Katarina Mužina i asistentica sam na Zavodu za anorgansku kemijsku tehnologiju i nemetale. Nedavno sam doktorirala pod mentorstvom prof. Stanislava Kurajice. Rodom sam iz Zagreba i završila sam XVI. gimnaziju. Od malena sam se dvoumila između ljubavi prema jezicima i književnosti te ljubavi prema kemiji i matematici. Ljubav prema jezicima sam ostvarila kroz jezičnu gimnaziju pa sam se pri odabiru fakulteta odlučila bazirati na nekoj prirodnoj znanosti. Nisam ni znala za postojanje FKIT-a dok mi profesorica iz kemije nije ponudila izravan upis. Nakon proučavanja stranice fakulteta gdje mi je za oko zapela nanotehnologija, odlučila sam prihvatiti ponudu i evo danas držim vježbe upravo iz kolegija



Nanomaterijali i nanotehnologije. Pred kraj redovnog studiranja shvatila sam da me zanima znanstveni rad, pa mi je cilj bio ostati na fakultetu kao asistent i srećom pružila se prilika kod prof. Kurajice koji me prihvatio iako mi nije prethodno predavao niti jedan kolegij, na čemu sam mu beskrajno zahvalna.

**Čime se trenutno bavite u Vašem znanstvenom radu?**

Trenutno nastavljam rad na nanočestičnom cerijevom (IV) oksidu ( $\text{CeO}_2$ ), koji je bio i tema mog doktorata, te ostalim vrstama anorganskih nanomaterijala sintetiziranih i modificiranih za razne primjene, prvenstveno u katalizi s naglaskom na zaštitu okoliša, ali i sensorima, UV filterima, gorivnim člancima, itd.

**Što su nanomaterijali i koja im je svakodnevna primjena?**

Nanomaterijali su materijali koji ima jednu ili više dimenzija u području nanoveličina (1 - 100 nm), te čija se svojstva razlikuju od svojstava istovrsnog makro materijala upravo zbog njihove male veličine. Nanomaterijale ne trebamo tražiti u laboratoriju, oni su zapravo svuda oko nas. To su npr. čađa, mlijeko i krv kao primjeri prirodnih koloida, virusi, nanostrukturirana površina lista lotusa koja mu daje svojstvo superhidrofobnosti i omogućuje samočišćenje

itd. Primjena nanomaterijala u svakodnevnom životu je raznolika, od nanočestica srebra i zlata koje daju boju vitrajima, ali se zbog svojih antibakterijskih i antifungicidnih svojstava koriste i u tekstilnoj i farmaceutskoj industriji, preko raznih nanočestičnih i nanostrukturiranih metalnih oksida poput TiO<sub>2</sub> koji se koristi kao UV filter u kremama za sunčanje, ali i fotokatalizator za obradu otpadnih voda, ili CeO<sub>2</sub> koji se koristi kao katalizator u ispušnim sustavima automobila, do tankih filmova koji se koriste kao antikorozijski premazi ili slojevi u solarnim ćelijama.

### Da možete, što biste promijenili na fakultetu?

Naš fakultet je stvarno kvalitetan i mislim da osim znanja o struci, studenti mogu usvojiti i inženjerski način razmišljanja koji će im pomoći da se snađu u bilo kakvom radnom okruženju. Međutim, zgrade su stare i neadekvatne za kemijske laboratorije, a isto tako nam nedostaje i dosta sofisticirane opreme koja je nužna za recimo proučavanje nanomaterijala. To se donekle mijenja s povećanjem broja projekata i financiranja, ali još je dalek put pred nama. Prostor je zapravo prva stavka koju bih promijenila.

### Na što ste u svojoj karijeri najponosniji?

Ponosna sam na svoj doktorat, u čiju sam izradu uložila puno truda uz brojne uspone i padove, te na L'Oreal-UNESCO nagradu „Za žene u znanosti“, koja je bila veliko priznanje za moj znanstveni rad u ovih 6 godina rada na FKIT-u. No ono što me najviše raduje je kada studenti na kraju laboratorijskih vježbi ili izrada završnih, diplomskih i znanstvenih radova kažu da su puno toga naučili i da im je atmosfera bila ugodna i poticajna.

### Što se promijenilo otkad ste doktorirali?

Sada se mogu više posvetiti razvoju nekih ideja, istraživanja i suradnji koja su bila na čekanju zbog doktorskog rada, a imam i više mogućnosti razvijati se u nastavnom smislu. To se odnosi na recimo mentoriranje VIM i KIV vježbi, što je za mene bitno jer volim rad sa studentima.

### Koji su Vam planovi za budućnost?

Htjela bih nastaviti sa znanstvenim radom te jednoga dana postati profesorica, a kako će teći moj put do tog cilja, to ćemo tek vidjeti.

### Kako provodite vrijeme izvan posla?

Pjevam u zboru, volontiram, bavim se kreativnim radom, pečem kolače i družim se s prijateljima. Obožavam šetati i to mi je ispušni ventil za stres.

### Imate li novogodišnje odluke?

Raditi na sebi i biti bolja osoba (kći, prijateljica, kolegica, znanstvenica, asistentica...) nego prošle godine.

### Što mislite o uvođenju eura u Hrvatsku i kako ste se priviknuli na njih?

Nisam ekonomist pa ne mogu baš dati neki stručni komentar o utjecaju eura na hrvatsku ekonomiju i razvoj. Što se mene osobno tiče, većinom plaćam karticom pa mi i nije neka velika promjena, a i kroz česta putovanja u inozemstvo i studijski boravak u Beču nekako sam već navikla na rukovanje s eurima. Unatoč tome i dalje preračunavam u kune u glavi da dobijem dojam o „stvarnoj“ vrijednosti.

### Knjiga ili film?

Knjiga.

### Slatko ili slano?

Oboje. Ja sam ona vrsta osobe koja jede čips i čokoladu u isto vrijeme.

### Znanost ili industrija?

Znanost.

### Imate li još nešto što želite podijeliti sa studentima i čitateljima?

Studentima želim poručiti da sve što uče na fakultetu, koliko god im se nekad činilo dosadno ili nepotrebno, jednog dana može itekako dobro doći jer nikada ne znate na kojem ćete radnom mjestu završiti, tako da upijajte sve što možete. Isto tako budite uporni i ne odustajte od onoga što volite, a prije svega trudite se biti dobra i kolegijalna osoba jer u znanosti i inženjerstvu ne možete daleko dogurati sami. Za istinski dobra istraživanja i otkrića potreban je dobar i složan tim.



Slika 1 – Katarina Mužina, dr. sc

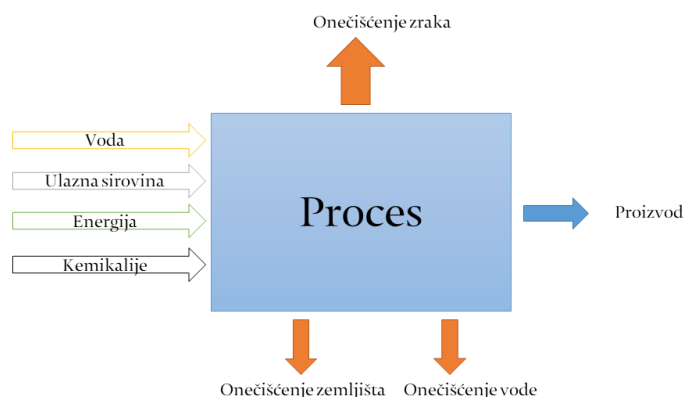
# Izazovi u smanjenju onečišćenja uzrokovani brzom modom

Iva Ćurić, mag. ing. cheming. (FKIT)

Pod pojmom onečišćenja smatra se prisutnost neke strane tvari u okolišu koja u određenoj koncentraciji u kraćem vremenu neće nanijeti izravnu štetu živom organizmu.<sup>1</sup> Jedan od načina kategorizacije onečišćenja može biti primjerice prema samom izvoru. Tako se smatra da je jedan od najvećih izvora onečišćenja - industrija. No, industrija čini veliki dio europskog, ali i svjetskog gospodarstva.<sup>2</sup> To potvrđuju podaci od strane Eurostata gdje navode da su industrije u Europskoj uniji, koje djeluju kao tržište s 27 zemalja, u 2021. imale ukupno 14,5 bilijuna eura bruto domaćeg proizvoda (BDP-a) što je 5,4 % više nego u 2020.<sup>3</sup> Jedna od industrija koja čini veliki dio BDP-a je tekstilna i odjevna industrija koja prema Eurostatu pokazuje promet od 147 bilijuna u 2021. što je zapravo povećanje od 11 % u odnosu na 2020.<sup>4</sup> Također se globalno očekuje da će do 2025. proizvodnja tekstila i njezino korištenje porasti do 2,25 trilijuna dolara.<sup>4</sup>

## Tekstilni otpad

Brza moda, tj. povećanje proizvodnje odjeće dovodi do problematike, a to je povećanje onečišćenja što je goruća i poznata tema kad je u pitanju tekstilna industrija. Tako u procesu proizvodnje tekstila dolazi do emisije ugljika i ostalih stakleničkih plinova, stvaranja otpadnih voda i krutog otpada što je vidljivo na slici 1.<sup>5</sup> Ujedinjeni narodi su proglasili tekstilnu industriju drugom najzagađenijom od svih industrija zbog generiranja 8 % svih emisija ugljika, 20 % svih globalnih otpadnih voda, 35 % ukupne oceanske mikroplastike i više od 92 milijuna tona tekstilnog otpada.<sup>6</sup>



Slika 1 – Procesni model onečišćenja

## Emisija ugljika

Tekstilna industrija smatra se kao jedna od najvećih emitera stakleničkih plinova po jedinici materijala. Prema podacima Ujedinjenih naroda za okoliš, tekstilna industrija ima veću emisiju ugljika od svih međunarodnih letova i pomorskog prometa zajedno.

Tako emisija CO<sub>2</sub> počinje od uzgoja vlakana (pripreme, sadnje i žetve) bilo prirodnih ili sintetskih. Tijekom proizvodnje prirodnih vlakana obično se koriste dvije vrste gnojiva koje može biti stajsko i sintetsko. Korištenje sintetskih gnojiva dovodi do značajne emisije CO<sub>2</sub>. Primjerice, proizvodnja 1 tone dušičnog gnojiva emitira približno 7 tona CO<sub>2</sub>, no ipak sintetska vlakna emitiraju znatno veće količine CO<sub>2</sub> prema jednoj toni vlakna. Tako za dobivanje jedne tone poliestera i jedne tone pamuka, emisija CO<sub>2</sub> će biti 10 kg, odnosno 5 kg. Kod bojadisanja sintetskih vlakana može doći čak do 25 % emisije CO<sub>2</sub>.<sup>6</sup> Između ostalog, problem također nastaje kod recikliranja sintetskih vlakana, jer se oni ne razgrađuju kao prirodna vlakna. Neka od rješenja koja bi smanjila samu emisiju su primjerice, više korištenje prirodnih vlakana ili bar kombiniranje sintetskih i prirodnih vlakana, odvijanje procesa bojadisanja bez vode s upotrebom supekritičnog CO<sub>2</sub> kod bojadisanja poliestera.<sup>7</sup>

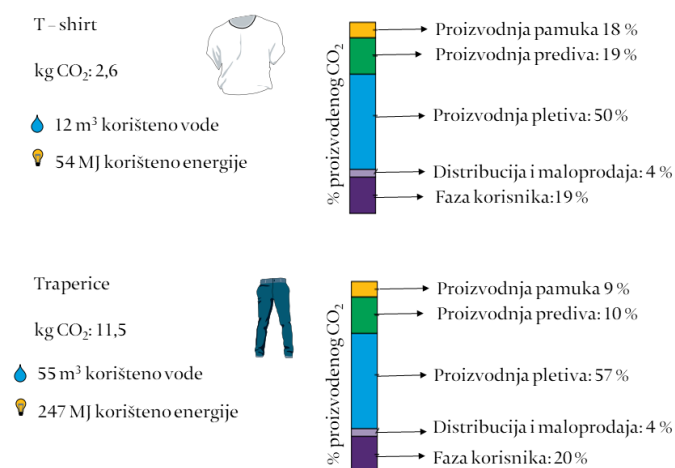
## Otpadne vode tekstilne industrije

Tekstilne otpadne vode sadrže različite vrste bojila i drugih organskih i anorganskih onečišćivala. Procjenjuje se prema podacima *Color Index*-a da se u svijetu proizvode godišnje do 700 000 tona bojila koja u velikoj mjeri na kraju završe u otpadnim vodama zajedno s drugim pomoćnim doradnim sredstvima. Takve vode prije ispuštanja u prirodne vodonosnike ili sustave javne odvodnje moraju biti obrađene jer u protivnom može doći do ugroze vodenog života i na kraju čovjeka jer djeluju mutageno i teratogeno zbog svog sastava.<sup>8</sup> Yaseen i Scholz (2018) dali su prosječne vrijednosti biokemijske i kemijske potrošnje kisika tekstilne otpadne vode koje iznose 150 - 30,000 mg L<sup>-1</sup> odnosno 80 - 6000 mg L<sup>-1</sup>. Takve visoke vrijednosti između ostalih dodanih kemikalija (pomoćna doradna sredstva, kiseline, lužine) u toku procesa proizvodnje najviše uzrokuju bojila.<sup>9</sup>

Neka od metoda sprečavanja onečišćenja uzorkovanih tekstilnom otpadnom vodom su korištenje metoda obrade koje ne stvaraju otpad ili ga stvaraju u maloj količini koji se može na kraju adekvatno zbrinuti. Takve metode su primjerice membranske tehnologije koje su proglašene „najbolje dostupnim tehnikama“ (engl. *best available technologies*, BAT) za obradu tekstilne otpadne vode.<sup>10</sup> Osim obrade otpadne vode navedeni fizikalno - kemijski parametri mogu se smanjiti primjenom prirodnih bojila umjesto sintetskih u procesima bojadisanja.

Tekstilni otpad se proizvodi u svakoj fazi procesa proizvodnje poput pređenja, pletenja, bojadisanja, oplemenjivanja i na kraju kod samog korisnika. Tekstilni otpad može se kategorizirati na tekstilni otpad prije potrošnje i tekstilni otpad nakon potrošnje. Tekstilni otpad prije potrošnje naziva se i proizvodni otpad i nastaje u prvoj fazi opskrbnog lanca. To uključuje oštećene ili neispravne uzorke tekstila, rubove i ostatke tekstila iz procesa krojenja. U prosjeku se oko 15 % tekstila koji se koristi u proizvodnji odjeće izreže i baci. Kod prirodnih materijala (pamuk, svila, lan) je moguće kompostiranje ili recikliranje. Sintetski tekstil može se preraditi u kompozite i građevne blokove koji se koriste u građevinarstvu ili za zvučnu izolaciju.<sup>11</sup>

Pod pojmom tekstilnog otpada nakon konzumacije smatraju se odjevni predmeti koje vlasnik više ne koristi i baca ih. Zbog sve veće brze mode, iskorišteni tekstil, tj. odjevni predmet se više ne reciklira za npr. brisanje poda, već se ide na princip „upotrijebi i baci“. Promjenom psihologije potrošača bi moglo doći do promjene takvog principa samo je potrebno puno vremena i kampanje za takav pothvat, jer većina potrošača ne zna koliko su kupnjom jedne majice ili hlača potrošili energije, vode i stvorili CO<sub>2</sub> što se može vidjeti na Slici 2.<sup>12</sup>



Slika 2 – Primjer utjecaja na okoliš pri proizvodnji.

## Rješenja za smanjivanje otpada

Iz prethodno navedenog se može vidjeti da postoje razne metode na koji način se može smanjiti otpad kojem je izvor tekstilna industrija. Upotrebom prirodnih vlakana i prirodnih bojila smanjuje se utjecaj na klimatske promjene. Korištenjem recikliranog ili rabljenog tekstila, potiče se kružno gospodarstvo koji je model proizvodnje i potrošnje koji uključuje dijeljenje, posudba, ponovno korištenje, popravlanje, obnavljanje i na kraju reciklaža. Mjenjanjem naših navika možemo pomoći našoj planeti koja svakodnevno trpi naše navike i ponašanja.

### Literatura

- <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=45153>
- <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2020/articles/izazov-smanjenja-industrijskog-oneciscenja>
- <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220629-2>
- <https://euratex.eu/facts-and-key-figures/>
- Centobelli P, Abbate S., Nadeem S. P. Reyes J. (2022). Slowing the fast fashion industry: An all round perspective, Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 38.
- Bailey, K.; Basu, A.; Sharma, S. (2022) The Environmental Impacts of Fast Fashion on Water Quality: A Systematic Review, Water, 14.
- Rana S., Pichandi S., Moorthy S., Bhattacharyya A., (2015) Carbon Footprint of Textile and Clothing Products, Handbook of Sustainable Apparel Production, 7.
- Samsami S., Mohamadi Maryam, Sarrafzadeha M-H., Reme E., Firoozbahr M., (2020) Recent advances in the treatment of dye-containing wastewater from textile industries, Proces Safety and Environmental Protection, 143.
- Yaseen, D.A., Scholz (2018) M. Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review., International Journal of Environmental Science and Technology, 16.
- Ćurić I., Dolar D., Karadakić K., (2021) Textile wastewater reusability in knitted fabric washing process using UF membrane technology, Journal of cleaner production, 299.
- <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/8696/harmful-effects-of-textile-waste>
- Niinimäki, Kirsi, Peters G., Dahlbo H., Perry P., Rissanen T., Gwilt A., (2020) The environmental price of fast fashion, Nature Reviews Earth & Environment, 4.

# I Skrivene podvodne šume

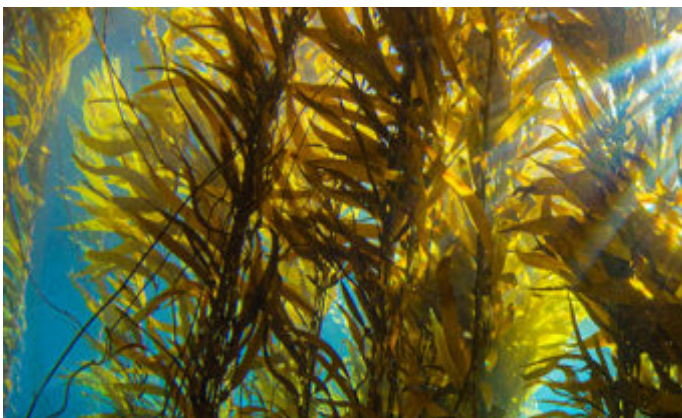
Tara Pavlinušić Dominković (FKIT)

Iako zauzimaju između 6 i 7,2 četvornih kilometara, što se može usporediti s prašumama Amazone, i prekrivaju obalu gotovo svih kontinenata, podvodne šume ipak su skrivene, a samim time i slabo istražene. Neke od njih su relativno dobro proučene, poput Velike afričke morske šume uz namibijsku obalu i Velikog južnog grebena uz obalu Australije, ali mnogo više ih je neistraženih i nepoznatih – skrivenih pod vodom.



Slika 1– Velika afrička morska šuma

Podvodne šume stvaraju smeđe morske alge iz reda *Laminariales*, poznate makroalge. Kelp, najveća vrsta morske alge, igra važnu ulogu u morskim ekosustavima. Prilagođena je životu u hladnim morima, te ih na sjevernoj polutci ima 2 do 3 puta više nego na južnoj. Rasprostranjenost šuma kelpa kontrolirana je čimbenicima kao što su djelovanje valova, prodiranje svjetlosti, temperatura mora i dostupnost hranjivih tvari. Često rastu do 40 metara dubine, a neke vrste u Indijskom oceanu i Sredozemnom moru mogu izrasti do preko 200 metara na mjestima gdje je more dovoljno bistro za prodor svjetlosti.



Slika 2 – Smeđe morske alge iz reda *Laminariales*



Slika 3 – Podvodne šume staništa su velikom broju životinja, tuljan

Kroz povijest, podvodne šume se nisu proučavale zbog teškoća u mjerenju oceanskih dubina pomoću satelita. Često su bile zanemarivane pored koraljnih grebena koji se nalaze u toplijim, mirnijim i dostupnijim područjima za proučavanje, što je rezultiralo neznanjem te su prilagodljivost, mijenjanje i život podvodnih šuma teži za razumijevanje.

Motivacija za veći broj istraživanja o podvodnim šumama je otkriće da bi upravo one mogle biti rješenje u borbi protiv klimatske krize. Jedna od analiza kaže da, apsorbirajući ugljikov dioksid iz morske vode i atmosfere, oceanske šume mogu skladištiti jednaku količinu ugljika kao amazonske prašume. Unatoč tome, i dalje postoji veliki jaz u razumijevanju dugoročne sposobnosti morskih algi da vežu ugljik jer nemaju korijenski sustav kojim bi ga zadržale u tlu, za razliku od drugih morskih biljaka poput morske trave i mangrova. Trenutno se vode rasprave o tome koliko su alge zapravo učinkovite u skladištenju elemenata, no ovo istraživanje je veliki napredak u razumijevanju uloge koju bi morske alge mogle imati u ublažavanju klimatskih promjena. Globalna karta bioma morskih algi pomogla bi u očuvanju područja koja su pogodna za podvodne šume i razumijevanju njihovog značaja u ciklusu ugljika.

Osim što su potencijalno rješenje klimatske krize, podvodne šume imaju važnu ulogu u morskim ekosustavima jer su staništa velikom broju riba, rakova, ježinaca, mnogočetinaša i sisavaca. Primjerice, u Australiji je morska alga stanište morskom zmaju koji živi samo uz tu obalu, dok su šume algi uz pacifičku obalu Sjeverne Amerike staništa morske vidre. Sivi kit koristi šume morskih algi kao skrovište od kitova ubojica te kao hranilište za svoje mlade tijekom migracije od Kalifornije do Aljaske. Uz ovakvu bioraznolikost, morske alge olakšavaju ribarstvo i turizam.



Podvodne šume bi zahvaljujući svojem brzom rastu mogle imati ulogu u rješavanju problema nestašice hrane. Oceanske šume u australskoj regiji proizvele su od 2 do 11 puta više biomase po površini od usjeva koji se intenzivno uzgajaju, kao što su pšenica, riža i kukuruz. Morske alge stoljećima se konzumiraju u Japanu, Koreji i Kini, a sada je i zapadno tržište otkrilo njihovu nutritivnu vrijednost. Također se koriste kao hrana za životinje umjesto soje i kukuruza zbog visoke hranjive vrijednosti te kao gnojivo. Dobar su izvor hidrokoloida poput agara, alginata i karagenana koji su ključni sastojci za niz proizvoda kao što su dodaci prehrani, arome i boje za hranu, agarosa i bakteriološki agar, mediji za elektroforezu i drugi.

Globalno, podvodne se šume suočavaju s višestrukim prijetnjama; osim antropogenog utjecaja koji uključuju prekomjerno branje i ispašu, tu su i porast temperature mora, jake oluje, bolesti, priljev sedimenta s tla, oštećenje i invazivne vrste. Morski toplinski valovi sve su učestaliji i imaju značajne posljedice za morske vrste, posebice za podvodne šume, koje su posljedično izgubile raznolikost morskih algi. Za razliku od koralja koji jasno pokazuju znakove smrtnosti nakon toplinskog stresa, ali nastavljaju zauzimati prostor, morske alge brzo umiru, razgrađuju se i nestaju iz podloge. Podvodne morske šume često su pod jakim utjecajem hranidbenih lanaca, najčešće povezanim s morskim ježincima.



Slika 4 – Morski ježinci

Duž kalifornijske obale broj algi smanjio se za 95 % tijekom zadnjih nekoliko godina zbog povećane populacije morskih ježinaca čiji je glavni grabežljivac, morska zvijezda, ubijen zbog bolesti povezane sa zagrijavanjem vode. Izravni utjecaji nastaju zbog branja algi, a time se povećava i zamućenost vode zbog otjecanja sedimenta s tla što dovodi do smanjenog prodora svjetlosti. Veliki južni greben i šume u sjeverozapadnom Atlantiku također pokazuju zabrinjavajuće znakove propadanja.

Gubitak ovih vrlo produktivnih ekosustava bio bi poguban i za ljude i za prirodu. Fokus treba biti na razvijanju tehnologija za praćenje morskih algi poput dronova, satelita ili umjetne inteligencije u cilju boljeg razumijevanja i praćenja podvodnih šuma koji bi mogli razjasniti ulogu morskih algi u borbi protiv klimatskih promjena.



Slika 5 – Morski zmaj



Slika 6 – Morski tuljan

#### Literatura

1. <https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/02/kelp-seaweed-forests-research-climate-crisis> (14.1.2023.)
2. Gurgel, C. F. D., Camacho, O., Minne, A. J. P., Wemberg, T., Coleman, M. A., Marine Heatwave Drives Cryptic Loss of Genetic Diversity in Underwater Forests, *Curr. Biol.* 30 (2020) 1199 – 1206
3. Jayathilake, D. R. M., Costello, M. J., *The Kelp Biome*, Encyclopedia of the World's Biomes, Elsevier, Auckland, New Zealand, 2020, 509 - 513
4. Hamilton, S. L., Gleason, M. G., Godoy, N., Eddy, N., Grorud-Colvert, K., Ecosystem-based management for kelpforest ecosystems, *Mar Policy* 136 (2022) 104919
5. <https://www.sciencealert.com/hidden-forests-found-deep-beneath-the-ocean-cover-twice-the-area-of-india> (14.1.2023.)

# Električne farme

Iva Turkalj (FKIT)

Električne farme je pojam koji se odnosi na uporabu električne energije za rad poljoprivrednih strojeva i opreme. To može uključivati traktore, kamione i drugu opremu koja se koristi za sadnju, uzgoj i žetvu usjeva. Električne farme također mogu uključivati upotrebu obnovljivih izvora energije, kao što su solarna energija i energija vjetra, za proizvodnju električne energije za poljoprivredna gospodarstva. Neke prednosti električnih farmi uključuju smanjenje emisije i niže operativne troškove. Obnovljiva energija i poljoprivreda dobitna su kombinacija. Energija vjetra, sunca i biomase može se koristiti zauvijek, pružajući poljoprivrednicima dugoročni izvor prihoda. Može se koristiti na farmi za zamjenu drugih goriva ili prodati. Također može pomoći u smanjenju onečišćenja, globalnog zagrijavanja i ovisnosti o uvezenim gorivima. Farme već dugo koriste energiju vjetra za pumpanje vode i proizvodnju električne energije.

Nedavno su proizvođači vjetroelektrane instalirali velike vjetroturbine na farme i rančeve u brojnim državama kako bi osigurali energiju električnim tvrtkama i potrošačima. Vjetroturbine se mogu koristiti za napajanje sustava navodnjavanja, rasvjete i druge poljoprivredne opreme. Mogu se instalirati na farmu na različite načine, kao što su turbine na licu mjesta, vjetroelektrane ili projekti vjetroelektrana u zajednici. Turbine koje se postavljaju na licu mjesta obično su manje i mogu se instalirati na samu farmu, dok su vjetroelektrane veći projekti koji se obično nalaze u područjima s većom brzinom vjetra. Projekti u području vjetra uključuju skupinu poljoprivrednika i drugih dionika koji se okupljaju kako bi razvili i upravljali vjetroelektranom. Energija vjetra u poljoprivredi može imati i druge koristi, kao što su pružanje izvora prihoda prodajom električne energije i smanjenje ugljičnog otiska u poljoprivrednom gospodarstvu.

Međutim, vjetroturbine također mogu imati negativne utjecaje na divlje životinje i lokalno okruženje, a njihova ugradnja može biti skupa. Stoga je važno pažljivo procijeniti potencijalne koristi i nedostatke prije implementacije na farmi. Energija biomase proizvodi se od biljaka i organskog otpada – sve od usjeva, drveća i ostataka usjeva do stajskog gnojiva. Usjevi uzgojeni za energiju mogli bi se proizvoditi u velikim količinama, baš kao i prehrambeni usjevi. Iako je kukuruz trenutno najčešće korišten energetski usjev, autohtone prerijske trave poput rasklopne trave ili brzorastuća stabla poput topole i vrbe vjerojatno će postati najpopularnije u budućnosti. Ovi višegodišnji usjevi zahtijevaju manje održavanja i manje utrošenog materijala nego godišnji usjevi u nizu poput kukuruza, tako da su jeftiniji i održiviji za proizvodnju.

Usjevi i otpad od biomase mogu se pretvoriti u energiju na poljoprivrednom gospodarstvu ili prodati energetskim tvrtkama koje proizvode gorivo za automobile i traktore te toplinu i struju za domove i poduzeća. Prema američkom Ministarstvu energetike, utrošćenje američke uporabe energije iz biomase moglo bi osigurati čak 20 milijardi eura novih prihoda za poljoprivrednike i ruralne zajednice i smanjiti emisije globalnog zagrijavanja za isti iznos kao i uklanjanje 70 milijuna automobila s ceste. Solarni paneli u poljoprivredi, poznati i kao agrovoltaici, odnose se na integraciju solarnih panela s poljoprivrednim aktivnostima. To može uključivati postavljanje solarnih panela na poljoprivrednom zemljištu, u staklenicima ili preko stočnih objekata. Solarni paneli proizvode električnu energiju koja se može koristiti za napajanje poljoprivrednih operacija i infrastrukture, kao što su sustavi navodnjavanja i rasvjeta. Agrivoltaici također mogu pružiti dodatne koristi kao što su sjenčanje usjeva i stoke te smanjenje količine zemljišta potrebnog za poljoprivredu.

Mogu pomoći poljoprivrednicima da smanje svoje troškove energije i povećaju svoje prihode, u nekim slučajevima poljoprivrednici čak mogu prodati višak proizvedene energije na tržištu. Također, može pomoći u smanjenju ugljičnog otiska poljoprivrednog gospodarstva i doprinijeti održivom razvoju.

Međutim, postoje i neki izazovi za agrovoltaike, poput uravnoteženja potreba usjeva s pozicioniranjem i sjenčanjem solarnih panela i troškovima ugradnje. Istraživači trenutno proučavaju načine za optimizaciju dizajna i integracije sustava kako bi povećali iskoristivost i smanjili negativne utjecaje. Farma Takeshija Magamija je kao i svaka druga u Japanu, uzgaja sve, od krumpira do đumbira i patlidžana. Ali jedna velika razlika izdvaja ju od drugih, upravo to što sadrži 2 826 solarnih panela smještenih iznad usjeva.



Slika 1 – Električni automobil

Ploče, koje pokrivaju veći dio zemljišta u mirnom krajoliku istočno od Tokija, imaju dvostruku svrhu. One pružaju gotovo svu energiju potrebnu za vođenje farme i izvor su dodatnog prihoda prodajom viška obnovljive energije tržištu. Za Magamija to može značiti 24 milijuna jena (174 000 eura) dodatnih prihoda godišnje, osam puta više od maksimalnih 3 milijuna jena (22 000 eura) stečenih od prodaje. Iako ima koristi od izdašnih carina koje su u međuvremenu smanjene, to je pokazatelj dodane vrijednosti dostupne farmama u Japanu i globalno.

Svi strojevi koji se koriste na Magamijevoj farmi, osim traktora i prijevoznih sredstava, električni su, napunjeni pločama postavljenim iznad male prostorije na farmi. Redovi baterija za alate poredani su na polici.

Farma je dio globalnog pokreta nazvanog solarno dijeljenje ili *agrovoltaics* koji uključuje istovremenu uporabu poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju usjeva i proizvodnju energije. Pokret dobiva pristaše jer globalni poticaj za zamjenu fosilnih goriva potiče inovativnije pristupe povećanju kapaciteta za obnovljivu energiju.



Slika 2 – Električne farme

### Literatura

1. <https://www.energyconnects.com/news/renewables/2022/may/electric-farms-are-using-solar-power-to-grow-profits-and-crops/> (14. 1. 2023.)
2. <https://www.ucsusa.org/resources/renewable-energy-and-agriculture> (14. 1. 2023.)
3. <https://agsci.oregonstate.edu/newsroom/sustainable-farm-agrivoltaic> (14. 1. 2023.)

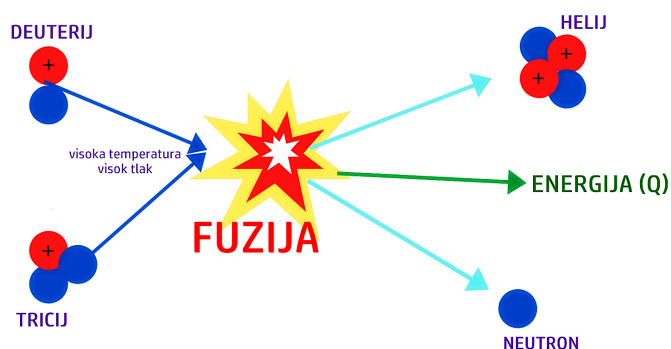
## Značajan napredak u nuklearnoj fuziji

Laura Glavinić (FKIT)

Znanost je 5. prosinca 2022. postigla, slažu se mnogi, jedan od najvećih napredaka 21. stoljeća. Prvi put u povijesti, u fuzijskom reaktoru zabilježena je pozitivna energetska bilanca. Niz lasera u Nacionalnom postrojenju za paljenje (engl. *National Ignition Facility*) koji je dio Nacionalnog laboratorija Lawrence Livermore u Kaliforniji, usmjerilo je 2,05 MJ energije u malu kapsulu koja je sadržavala smrznuto fuzijsko gorivo (smjesa deuterija i tricija), čija je kompresija generirala dovoljno visok tlak da pokrene reakciju fuzije izotopa vodika kojom je ispušteno 3,15 MJ energije.<sup>1</sup>

### Što je fuzija?

Fuzija je proces spajanja jezgara lakših atoma, kao što je vodik, pri čemu nastaje atom veće jezgre, kao što je helij i dolazi do ispuštanja velike količine energije. Vodik se najprije mora pretvoriti u plazmu, kako bi se negativno nabijeni elektroni u potpunosti odvojili od pozitivno nabijene atomske jezgre. Tako nastala jezgra mora imati



Slika 1 – Nuklearna fuzija

dovoljno energije da pri sudaru s drugom jezgrom prevlada elektrostatska odbijanja između međusobnih pozitivnih naboja i s njom se spoji, tvoreći veći helij.

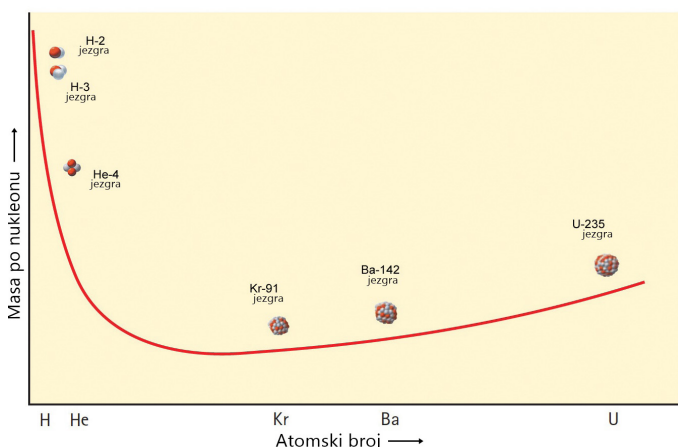
Kako bi uopće moglo doći do ovakve nuklearne reakcije, moraju biti postignuti uvjeti vrlo visoke temperature i tlaka koji će omogućiti savladavanje elektrostatskih privlačenja i odbijanja istovrsno nabijenih nukleona.

Fuzija je proces koji napaja zvijezde. S obzirom da je i Sunce, naravno, zvijezda, ne bismo puno pogriješili u tvrdnji da je upravo nuklearna fuzija razlog zbog kojeg život na Zemlji postoji.

## Zašto se fuzijom dobiva toliko energije?

Fuzijom je moguće dobiti nevjerojatno veliku količinu energije i to uz pomoć najlakšeg poznatog atoma: vodika. Na pitanje zašto odgovara najpoznatija jednačina na svijetu, Einsteinova ekvivalencija mase i energije:  $E=mc^2$ .

Spajanjem nukleona i formiranjem jezgre javlja se defekt mase, masa nastale jezgre manja je nego ukupna masa nukleona koji ju tvore, a gubitak mase pretvara se u energiju. Materijalna čestica koja odnosi energiju iz sustava u kojem se odvija fuzija je neutron. Konstanta  $c^2$  je velik broj ( $9 \cdot 10^{16} \text{ ms}^{-1}$ ), pa se malim promjenama u masi mogu dobiti velike količine energije.



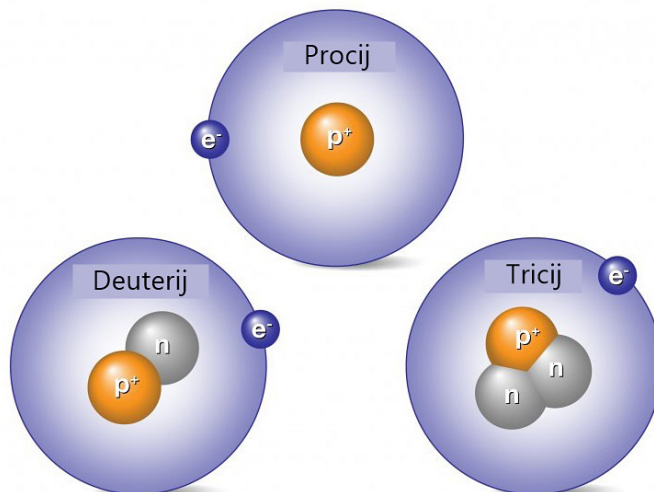
Slika 2 – Ovisnost mase po nukleonu o atomskom broju

## Je li nuklearna fuzija energija budućnosti?

Svijet je neprestano u potrazi za održivim oblicima energije, prvenstveno kako bi se smanjila emisija ugljikovog dioksida ( $\text{CO}_2$ ) i ostalih stakleničkih plinova.

Procjenjuje se da će se zbog porasta populacije, urbanizacije i razvoja zemalja zahtjevi za energijom utrostručiti do kraja stoljeća.<sup>2</sup> Kako bi se smanjila ovisnost čovječanstva o fosilnim gorivima dok potrebe za energijom rastu, ključno je pronaći stabilan izvor energije koji bi mogao zadovoljiti nezanemariv dio svjetskih potreba. Nuklearna fuzija može generirati do četiri milijuna puta više energije po kilogramu goriva nego što je to slučaj sa fosilnim gorivima.<sup>2</sup> U kontroliranom okruženju zaista ima potencijal postati gotovo neograničen, održiv oblik energije.

Fuzijsko gorivo sastoji se od smjese deuterija i tricija, težih oblika vodika. Deuterij se dobiva destilacijom iz svih oblika vode, dok se tricij proizvodi tijekom fuzije u reakciji nastalih neutrona s litijem. Sama reakcija ne emitira nikakvu vrstu stakleničkih plinova, a glavni produkt reakcije je inertan i neotrovan plin helij. Tricij, koji je radioaktivan, nastaje u manjim količinama i emitira beta valove, ali ima kratko vrijeme poluraspada (12,33 godina).<sup>3</sup> U usporedbi s produktima fisije, iako je također radioaktivan, može se smatrati bezopasnim.

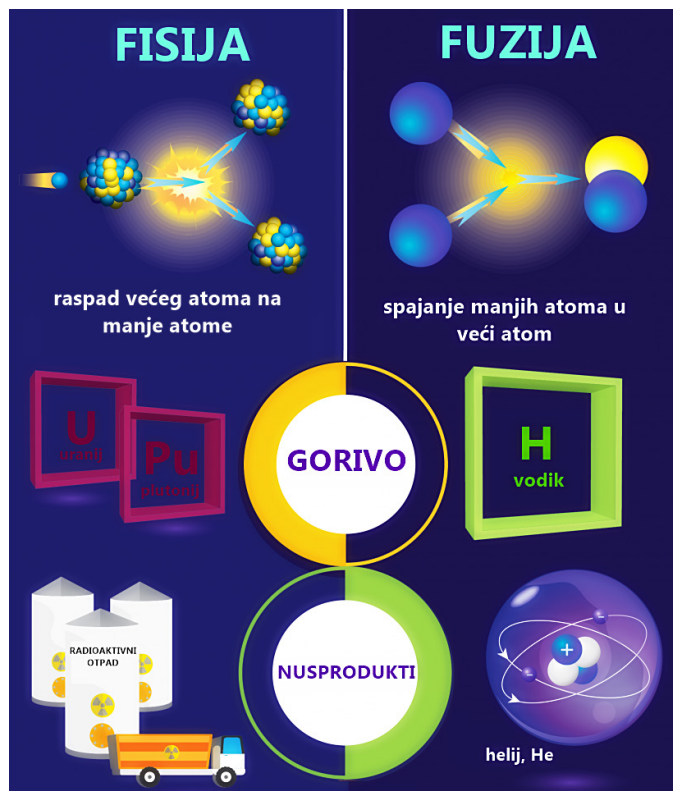


Slika 3 – Izotopi vodika

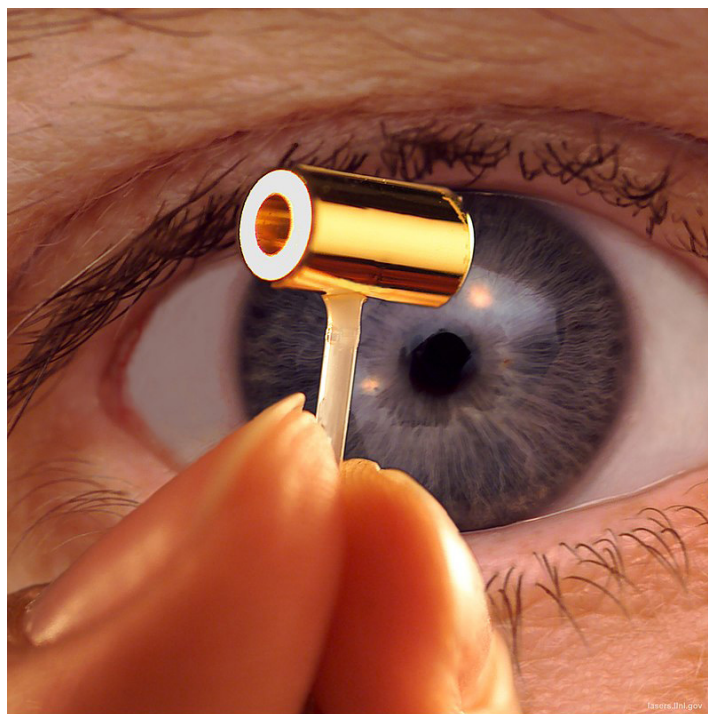
U fuzijskim reaktorima ne postoji opasnost nuklearne katastrofe kakva se dogodila, na primjer, u Černobilu i Fukushimi. Fuzija se, za razliku od fisije, ne bazira na lančanoj reakciji, a kako bi se uopće odvijala plazma se mora održavati u uvjetima vrlo visoke temperature unutar magnetskog polja. Svaka promjena u konfiguraciji reaktora i reakcijskih uvjeta uzrokovala bi prestanak fuzije unutar nekoliko sekundi, zbog čega se fuzijski reaktori smatraju izrazito sigurnima.

## Kako radi NIF?

Nacionalno postrojenje za paljenje (*National Ignition Facility*, NIF) u Kaliforniji usmjerava 192 laserske zrake ukupne energije oko 2 MJ u šuplji metalni cilindar duljine 1 cm (*hohlraum*).<sup>4</sup> Postrojenje je sposobno generirati temperature više od 100 000 000 °C i tlakove dovoljno visoke da komprimiraju metu na gustoću do 100 puta veću od gustoće olova ( $11,34 \text{ gcm}^{-3}$  pri 20 °C).<sup>5</sup>



Slika 4 – Usporedba fisije i fuzije



Slika 5 – Hohlraum, sitan cilindar unutar kojeg se nalazi smjesa fuzijskog goriva<sup>6</sup>

U središtu cilindra nalazi se sferična kapsula veličine zrna papra sa smrznutom smjesom deuterija i tricija. Ultraljubičaste zrake koje odašilju laseri usmjerene su u krajeve metalnog cilindra, ne izravno u kapsulu. Cilindar se pod utjecajem UV-zraka toliko zagrije da počne emitirati X-zračenje koje uzrokuje eksploziju kapsule, usmjeravajući fuzijsko gorivo prema sredini. U tom vrlo kratkom trenutku kompresijom smjese ostvaruju se uvjeti izrazito visokog tlaka, koji uz visoku temperaturu u sustavu pokreću reakciju fuzije.

### Što su zapravo postigli?

U eksperimentu koji je oduševio velik dio znanstvene zajednice, laseri su u cilindar s fuzijskim gorivom usmjerili 2,05 MJ energije i ostvarili potrebne uvjete za fuziju (preko 3 000 000 °C) kojom je bilo proizvedeno 3,15 MJ energije.<sup>8</sup> Fuzija je bila kratkoživuća, trajala je manje od sekunde jer laseri nisu pružili dovoljno energije da cijela smjesa izreagira.



**Slika 6** – Vizualizacija plazme koja teče kroz tokamak reaktor<sup>9</sup>

Helij (alfa čestica) koji nastaje reakcijom preuzima 20 % reakcijske energije u obliku kinetičke energije, dok ostatak energije preuzimaju slobodni neutroni.<sup>4</sup> Fuzija će se moći koristiti kao izvor energije tek kada će nakon što je reakcija pokrenuta, nastale alfa čestice dovoljno zagrijavati fuzijsko gorivo da se reakcija nastavi i održava dok cijela smjesa ne izreagira.

### Ključan dio ipak nedostaje

Iako je eksperiment proveden u Kaliforniji vrlo važan korak u istraživanju fuzije, komercijalno korištenje fuzijskih reaktora za dobivanje energije još nije blizu. Za početak, u eksperimentu provedenom u Nacionalnom laboratoriju Lawrence Livermore laseri su potrošili 300 MJ energije kako bi generirali ultraljubičaste zrake koje su pokrenule fuziju.<sup>1</sup> Uzimajući u obzir cijeli kontekst, pozitivna energetska bilanca nije postignuta.

Nadalje, problem s kojim se znanstvenici bore od 1960-ih još nije riješen. Nuklearne reakcije oslobađaju četiri milijuna puta više energije nego kemijske reakcije i četiri puta više energije nego reakcije fisije, zbog čega ih je puno teže pokrenuti.<sup>2</sup>

Plazma, iako stvorena u kontroliranim uvjetima, opstaje prekratko i ne može generirati dovoljno energije da stvori „iskru“ koja bi zapalila ostatak smjese i pokrenula spontanu reakciju. Slično kao kod motora s unutaršnjim izgaranjem, dovoljna je mala „iskra“ da bude pokretačka sila reakcije i zapali frakciju smjese goriva i zraka. Jednom kada se ta frakcija zapali, energija koja se oslobodi dovoljna je da pokrene paljenje ostatka goriva i sam rad motora.

### Fuzijske termonuklearne elektrane nisu blizu

Tek kada se „iskra“ postigne, fuzijski reaktori moći će proizvesti više energije nego što je iskorišteno za njihov

rad i biti spremni za komercijalnu upotrebu. Tip reaktora kakav koristi Nacionalni laboratorij Lawrence Livermore trebao bi proizvesti do 100 puta više energije nego što emitiraju njegovi laseri kako bi pokrio troškove pogona i proizveo korisnu energiju za mrežu. Dodatno, za to bi morao ispariti 10 kapsula fuzijskog goriva u sekundi, čija je proizvodnja trenutno vrlo skupa, a cijena visoka.<sup>1</sup>

### Neporeciv potencijal

Ovo su izazovi s kojima se susreće cijela znanstvena zajednica posvećena istraživanju fuzije i razvoju tehnologije fuzijskih reaktora. Ne možemo znati kada, niti sa sigurnošću tvrditi da će to biti u bliskoj budućnosti, ali možemo biti sigurni da će se do odgovora doći. Fuzijski reaktori, široko komercijalizirani, imaju potencijal promijeniti energetska kartu svijeta.

### Literatura

1. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/scientists-achieve-breakthrough-nuclear-fusion> (10. 1. 2023.)
2. <https://www.iter.org/sci/Fusion> (10. 1. 2023.)
3. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tritium> (10. 1. 2023.)
4. <https://www.science.org/content/article/fusion-breakthrough-nif-uh-not-really> (10.01.2023.)
5. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Lead> (10. 1. 2023.)
6. <https://www.llnl.gov/news/first-nif-experiments-validate-computer-simulations-road-ignition> (10. 1. 2023.)
7. <https://lasers.llnl.gov/about/how-nif-works/> (10. 1. 2023.)
8. <https://www.cnbc.com/2022/12/13/nuclear-fusion-passes-major-milestone-net-energy.html> (10. 1. 2023.)
9. <https://www.iaea.org/bulletin/burning-plasma> (10. .1. 2023.)
10. <https://www.euro-fusion.org/> (10. 1. 2023.)



# SCINFLUENCER

## Ovisnost o benzodiazepinima

*Kaja Mašić (FKIT)*

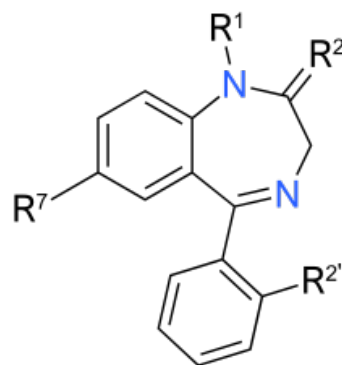
U današnje vrijeme većina ljudi živi užurbano, a stres i pretjerana briga postali su dio svakodnevice. Stoga, ne čudi da su sve više u upotrebi lijekovi za smirenje.

Benzodiazepini su skupina lijekova koji imaju široku primjenu, a najčešće se koriste za liječenje tjeskobe i nesanice. Prvi benzodiazepin patentiran je 1959., klordiazepoksid, kasnije poznat pod tvorničkim imenom Librium. Benzodiazepini zamijenili su barbiturate koji su se do tada koristili. To je bio velik napredak za farmaceutsku industriju jer su benzodiazepini imali manje nuspojava te manju toksičnost od barbiturata.<sup>3</sup>

Osnovnu strukturu svakog benzodiazepina čini benzodiazepinski prsten nastao povezivanjem benzenskog i heterocikličkog sedmeročlanog



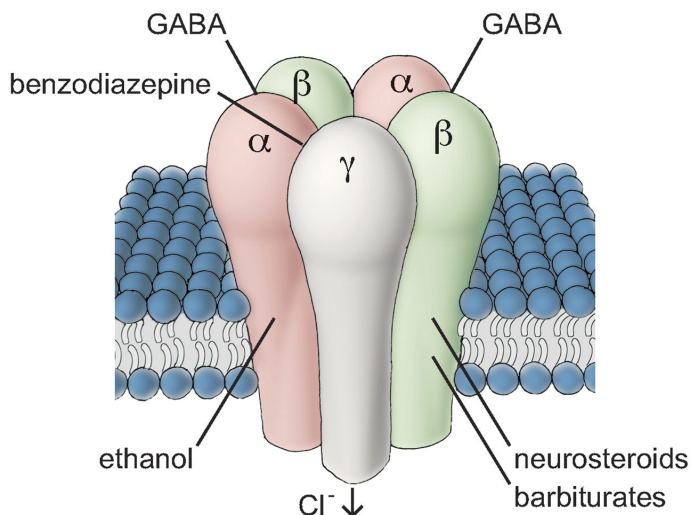
diazepinskog prstena. Na položajima 1 i 4 nalaze se dva atoma dušika. Većina benzodiazepina na položaju 5 posjeduje supstituirani benzenski prsten koji također pridonosi njihovom djelovanju. Benzodiazepini se međusobno razlikuju po supstituentima R1, R2, R3, R4 i R5 koji im ujedno mijenjaju farmakokinetika, metabolička i terapijska svojstva.<sup>2</sup>



Slika 1 – Struktura benzodiazepina

## Mehanizam djelovanja

Gama-aminomaslačna kiselina (GABA) je inhibitorni neurotransmiter u središnjem živčanom sustavu, a svoje djelovanje ostvaruje pomoću tri specifična receptora: GABAA, GABAB i GABAC. Benzodiazepini djeluju putem GABAA -receptora koji je zapravo kloridni kanal složene strukture. Djelovanjem benzodiazepina povećava se učestalost otvorenog stanja receptorskog kanala.



Slika 2 – Mjesto vezanja različitih liganada na GABA<sub>A</sub>-receptoru

Benzodiazepini metaboliziraju se u farmakološki aktivne oblike različitim brzinama te imaju različito vrijeme poluraspada.<sup>1</sup> Kod kratkodjelujućih lijekova vrijeme poluraspada manje je od 24 h, kod spojeva srednjeg djelovanja veće od 24 h, a kod spojeva dugog djelovanja veće od 48 h. Vrijeme poluraspada lijeka nije jednako kod svih ljudi, a kod starijih osoba do razgradnje lijeka dolazi sporije. Stoga su nuspojave kao što su pospanost, ataksija, mentalna konfuzija i poremećaj rasuđivanja prisutnije kod starijih ljudi.<sup>3</sup>

Benzodiazepini počinju brzo djelovati jer su dobro apsorbirani, lipofilni i visoko vezani za protein. Osim toga, benzodiazepini su relativno netoksični, sigurniji od lijekova sličnog djelovanja te kod prekomjerne doze rijetko će doći do letalnog ishoda. Na anksiolitičko djelovanje lijeka razvija se tolerancija te se savjetuje ne koristiti lijek duže od 4 tjedna u kontinuitetu. Pri korištenju lijeka dužem od 4 tjedna čak kod 35 % ljudi razvit će se ovisnost. Kod drastičnijeg smanjenja doze lijeka ili potpunog prestanka uzimanja dolazi do simptoma sustezanja. U razdoblju od nekoliko sati do nekoliko dana nakon prestanka uzimanja lijeka mogući su simptomi prikazani na slici 3.<sup>3</sup>

Osobama koje koriste benzodiazepine treba naglasiti da prilikom konzumacije ne upravljaju vozilom jer utječu na vozačke sposobnosti. Također benzodiazepini smanjuju sposobnost vožnje, a kombinacija alkohola i

1. vegetativna hiperaktivnost
2. tremor ruku
3. nesanica
4. mučnina ili povraćanje
5. prolazne vidne, taktilne ili slušne halucinacije ili iluzije
6. psihomotorička agitiranost
7. anksioznost
8. konvulzivni napadaji

Slika 3 – Simptomi nakon prestanka uzimanja lijeka



Slika 4 – Benzodiazepini u tabletama

benzodiazepina značajno povećava rizik od sudjelovanja u prometnoj nesreći.

Benzodiazepini se danas često propisuju. Učinkoviti su u liječenju anksioznih poremećaja, relativno netoksični te sigurniji od lijekova sličnog djelovanja.<sup>2</sup> Najproblematičnija nuspojava je ovisnost te ih stoga treba koristiti racionalno te isključivo po nalogu liječnika. Odvikavanje od benzodiazepina mora biti postupno pod stručnim nadzorom. Iako se i dalje traže najbolje metode za odvikavanje, najveću korist pokazala je kognitivno bihevioralna terapija.<sup>3</sup>

### Literatura

1. Linda Peng, Kenneth L. Morford, Ximena A. Levander, Benzodiazepines and Related Sedatives, Medical Clinics of North America, Vol 106, Issue 1, 2022, 113-129
2. [https://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/benzodiazepines\\_en](https://www.emcdda.europa.eu/publications/drug-profiles/benzodiazepines_en) (5. 1. 2023.)
3. <https://hrcak.srce.hr/file/31266> (5. 1. 2023.)



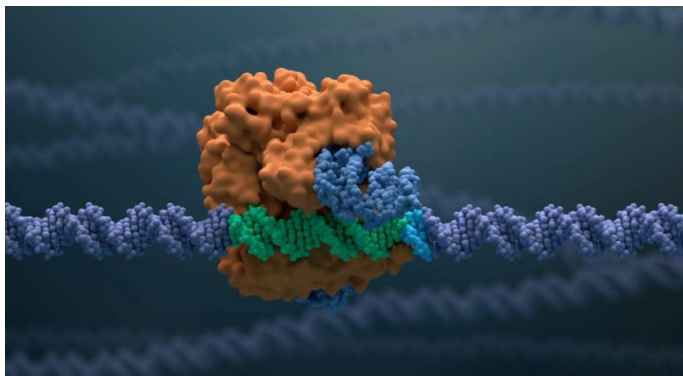
# CRISPR/Cas9 tehnologija

Lana Grlić (FKIT)

CRISPR (engl. *clustered regularly interspaced short palindromic repeats*) je metoda detekcije specifičnih dijelova DNK unutar stanica kako bi se oni modificirali. CRISPR sustavi koriste specifične enzime (Cas9 komplekse). To je endonukleaza, koji djeluje kao „molekularne škare” za rezanje DNK na mjestu određenom vodećom RNK.

S nedavnim napretkom u alatima za uređivanje gena, znanstvenici mogu izmijeniti osnovne karakteristike organizma u rekordnom vremenu. Mogu razviti biljke otporne na sušu i jabuke koje neće posmediti. Oni čak mogu spriječiti širenje zaraznih bolesti i razviti tretmane za genetske bolesti. CRISPR nije inovacija nego poznati prirodni proces koji se odvija svakodnevno u bakterijskom imunom sustavu, najčešće braneći ih od patogenih virusa. CRISPR koristi dvije glavne komponente.

Prva je kratki niz ponavljajuće DNK sekvence ili CRISPR, a drugi je Cas, protein povezan s CRISPR-om koji djeluje kao „molekularne škare”.<sup>2</sup> Kad virus uđe u bakteriju, protein Cas izrezuje dio virusne DNK i ubacuje ga u CRISPR regiju bakterije, snimajući kemijski snimak infekcije. Ovaj virusni kod se zatim kopira u kratke dijelove RNK. RNK se veže za poseban protein koji se zove Cas9.



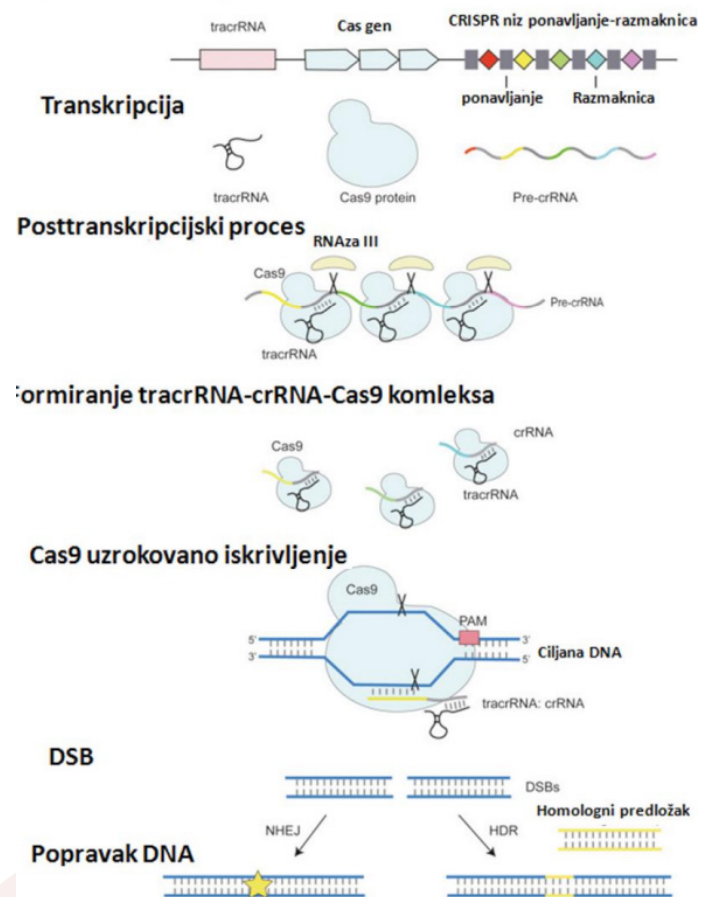
Slika 1 – Enzim Cas<sup>9</sup>

Nastali kompleksi djeluju poput izviđača, obušavajući se na slobodno lebdeći genetski materijal u potrazi za odgovarajućim virusima. Ako virus ponovo napadne, izviđački kompleks ga odmah prepoznaje, a Cas9 brzo uništava virusnu DNK. Uz prave alate, ovaj virusni imunološki sustav postaje precizan alat za uređivanje gena koji može promijeniti DNK i određene gene.<sup>3</sup>

U laboratoriju znanstvenici dizajniraju vodeću RNK koja odgovara genu kojeg žele urediti i priključiti na Cas9. Zatim se ubrizgava u živi organizam, gdje RNK vodič usmjerava Cas9 na gen od interesa, a protein reže DNK pomoću „molekularnih škara”.<sup>4</sup> Kad se DNK prereže, stanica je pokušava popraviti, a proteini koji se nazivaju nukleaze režu slomljene krajeve i ponovno ih spajaju.

To se zove nehomologno spajanje krajeva i podložno je pogreškama, a rezultirajući gen često je neupotrebljiv i isključen. Ako znanstvenici CRISPR koktelu dodaju zasebnu sekvencu šablonske DNK, stanični proteini mogu izvesti drugačiji proces popravka DNK koji se naziva homologni usmjereni popravak. Ovaj predložak DNK služi kao nacrt za vođenje procesa ponovne izgradnje, popravka neispravnih gena ili čak umetanja potpuno novih gena. Kao rezultat toga, neki su znanstvenici došli na ideju korištenja CRISPR-a kao genske terapije kako bi spriječili genetske bolesti.

## Genomski CRISPR lokus



Slika 2 – Uređivanje genoma pomoću CRISPR/Cas9 tehnologije

Primjer toga su dvije studije koje predstavljaju najnovija otkrića u uređivanju ljudskih gena, jednu je u travnju 2021. objavio Medicinski fakultet Sveučilišta Pennsylvania, a drugu Medicinska škola Harvard u rujnu 2021.<sup>2</sup> U jednoj studiji, slijepi pacijent je progledao nakon što je primio jednu injekciju CRISPR terapije za uređivanje gena. U obje studije, tretmani su korišteni za poništavanje specifičnih genskih mutacija uzrokovanih nasljednom bolešću oka, to jest Leberovom kongenitalnom amaurozom (LCA), koja uzrokuje progresivnu sljepoću.<sup>2</sup> S CRISPR-om su u osnovi poništili mutaciju.

Takoder, različite primjene CRISPR/Cas9 u biologiji raka trenutno se koriste za izvođenje robusnog uređivanja gena. Mnoge varijante i primjene CRISPR/Cas9 brzo se razvijaju. Eksperimentalni pristup temeljen na tehnologiji CRISPR stvorio je vrlo obećavajući alat koji je jeftin i jednostavan za razvoj učinkovitih tretmana raka.<sup>1</sup>

Jedna od najvećih prijetnji današnjice su takozvane superbakterije ili bakterije koje su otporne na postojeće antibiotske tretmane. Korištenjem CRISPR-a moguće je usmrtiti te bakterije. Programiranje bakteriofaga omogućuje prepoznavanje određene bakterije u koju se zatim ubrizgavaju Cas proteini.<sup>2</sup> Ubrizgani proteini djeluju kao takozvani „packmani” proždirući bakteriju iznutra te ju na taj način uništavaju. Ovaj pristup je vrlo obećavajući jer bakterije ne mogu razviti otpornost.<sup>5</sup>

Budući da je teško predvidjeti dugoročne implikacije uređivanja CRISPR-a, ova tehnologija postavlja velika etička pitanja. Unatoč tome, ova tehnologija predstavlja alat za rješavanje mnogih problema. Time, budućnost CRISPR-a nije nešto čega bi se trebali pribojavati, nego nešto što bi trebali prihvatiti te se informirati kako bi i mi sami postali dio te budućnosti.

## Literatura

1. Tian, X., Gu, T., Patel, S. et al. CRISPR/Cas9 – An evolving biological tool kit for cancer biology and oncology. *npj Precis. Onc.* 3, 8 (2019).
2. Bhushan, K., Chattopadhyay, A. & Prata, D. The evolution of CRISPR/Cas9 and their cousins: hope or hype?. *Biotechnol Lett* 40, 465–477 (2018).
3. Alonso-Lerma, B., Jabalera, Y., Samperio, S. et al. Evolution of CRISPR-associated endonucleases as inferred from resurrected proteins. *Nat Microbiol* 8, 77–90 (2023).
4. TEDx Talks (2019): How CRISPR lets us take the next step in evolution/Max Plach/TEDxOTHRegensburg (<https://youtu.be/C1GpBjDFnno>-pristup:13. 1. 2023.)
5. Adel F.M. Ibrahim, Linnan Shen, Michael H. Tatham, David Dickerson, Alan R. Prescott, Naima Abidi, Dimitris P. Xirodimas, Ronald T. Hay, Antibody RING-Mediated Destruction of Endogenous Proteins, *Molecular Cell*, Vol 79, Issue 1, 155-166.e9, 2020

## Genetski modificirani mikroorganizmi za sanaciju okoliša

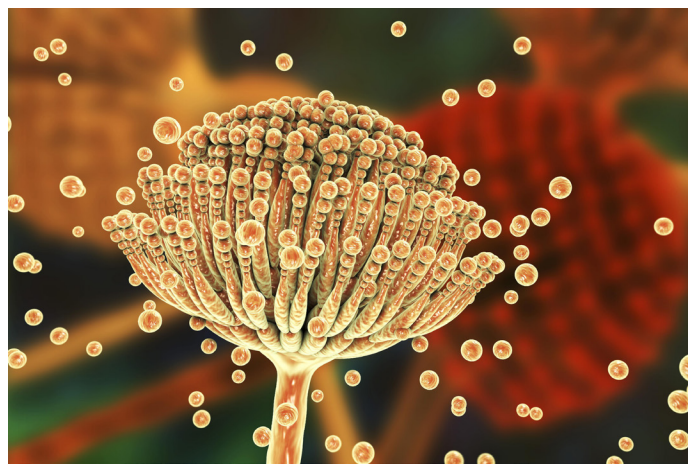
Karla Radak (FKIT)

Zbog većeg broja razgradivih i determiniranih svojstava, teški metali su među najzloglasnijim onečišćivačima. Kako bi se osigurala zaštita okoliša i zdravlja ljudi, uklanjanje teških metala kao onečišćujuće tvari je ključno. Inženjerski mikroorganizmi nastali su kao jeftiniji i ekološki prihvatljiviji odgovor na problem kontaminacije teškim metalima.

Tehnologije remedijacije koje koriste fizikalno-kemijske metode skupe su i teško ih je provesti. Također, uzrokuju sekundarno onečišćenje i štete plodnosti tla te negativno utječu na poljoprivredni okoliš.<sup>1</sup> Bioremedijacija potpomognuta mikrobima uglavnom se oslanja na proizvodnju enzima koji igraju ključnu ulogu u učinkovitoj razgradnji opasnih onečišćujućih tvari.<sup>2</sup>

Toksične tvari mogu se pretvoriti u netoksične procesom bioremedijacije pomoću raznih vrsta bakterija kao što su *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, *Rhodospseudomonas palustris* i drugi.<sup>1</sup> Došlo je do velikog razvoja genetskog inženjerstva i rekombinantne DNA u uzgoju mikroorganizama, što je rezultiralo velikim brojem bakterija s učinkovitim inženjeringom koji je poboljšao sposobnost razgradnje onečišćujućih tvari. Osim inženjeringa bakterija, postoje mnoge druge metode za manipuliranje genetskom sekvencom biljke, životinje ili mikroorganizma.<sup>3</sup>

Kada je riječ o genetski modificiranim organizmima (GMO) govori se o mikroorganizma (između ostalog bakterije, gljivice i kvasce) koje su ljudi transformirali



Slika 1 – *Aspergillus niger*

*in vitro* tehnikama pomoću molekularne biologije. Jedan mikroorganizam se umetanjem gena transformira u nekoliko mikroorganizama. Genetski modificirani organizmi mogu se koristiti u bioremedijaciji s obzirom da ona označava proces koji iskorištava mikrobe ili njihove enzimske sustave za razgradnju i uklanjanje kontaminata iz okoliša.

Bakterije imaju jaku sposobnost razgradnje onečišćujućih tvari iz okoliša te je otkriveno da su bakterijski sojevi sposobni probaviti različite onečišćujuće tvari. Međutim, mnogi mikrobi ne mogu razgraditi neke od najtvrdokornijih i najopasnijih ksenobiotičkih kemikalija, kao što su jaki nitrirani ili halogenirani aromatski spojevi, insekticidi i eksplozivi.<sup>2</sup> Komplikacije izazvane kombinacijama onečišćujućih tvari, zajedno s toksičnošću nekih od onečišćujućih tvari za prisutne mikrobne populacije, otežavaju uspješnu biorazgradnju.<sup>1</sup>

Kompostiranje, elektro-bioremedijacija, fito-bioremedijacija potpomognuta mikrobima i druge metode bioremedijacije primjeri su biostimulacije i

bioaugmentacije. Pokazalo se da učinkovita *in situ* bioremedijacija genetski modificiranih organizama zahtijeva razumijevanje ekologije i biotehnologije, kao i terenskih biokemijskih procesa i polja genetskog inženjerstva. Malo je vjerojatno da jedan mikrob može izravno iskoristiti energiju stvorenu vlastitim metabolizmom, stoga je ko-metabolizam primarni mehanizam za razgradnju onečišćujućih tvari.<sup>3</sup>

Metaboliti jednog organizma omogućuju drugom organizmu život, što rezultira recipročnim prehranbenim potrebama za oba. Kako bi se točno izmjerile stope degradacije onečišćenja okoliša, potrebno je razmotriti sve aspekte određene operacije. Čak i ako u okolišu postoje razgradni mikroorganizmi, kontaminanti se neće redovito razgrađivati pod konkurentskim okolnostima.

Budući da je vjerojatnije da će drugi organizmi steći povoljne okolnosti te na kraju postaju vodeća vrsta u okruženju, dok je razvoj degradirajućih mikroorganizama spriječen.<sup>3</sup> Razumijevanje organizacije mikrobne populacije pomaže u predviđanju gdje će kontaminanti završiti u okolišu te stvaranju prilagođenih planova bioremedijacije za različite vrste onečišćivača i uzgoju specijaliziranih degradiranih mikrobnih zajednica.

Napredak sintetičke biologije za ekološke probleme nedavno je pokazao veliki učinak. Genetski modificirani organizmi se koriste u ekološkoj biotehnologiji za sanaciju opasnih kemikalija, ksenobiotika i pesticida.<sup>2</sup> Za stvaranje sintetičke mikrobne zajednice potrebno je poznavanje prirodnih mikrobnih zajednica te je njezinom uporabom moguć razvoj umjetnog mikrobioma koji sadrži funkcionalno specijalizirane vrste.

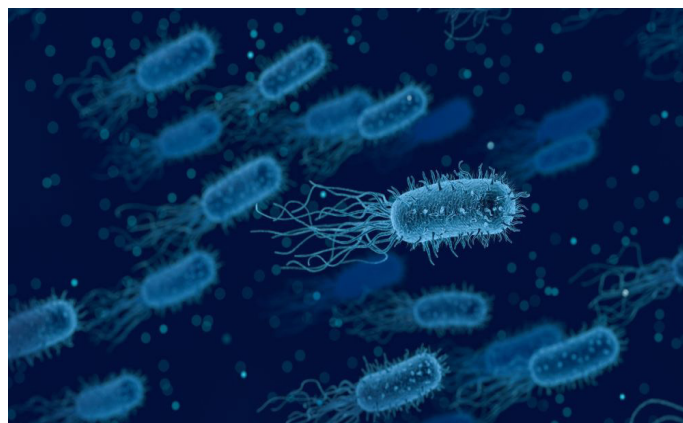


Slika 3 – Uporaba pesticida

Postoji nekoliko načina manipuliranja okolišnim okolnostima kako bi se potaknula suradnja između dva mikroorganizma, poput uklanjanja i umetanja gena. Dekontaminacija kontaminiranih područja putem bioremedijacije jedina je metoda za koju se pokazalo da je sigurna, isplativa i održiva. Zbog toga je odabir odgovarajućeg mikrobnog soja i njegovog inženjeringa iznimno dugotrajan proces. Korištenje tehnologijom rekombinantne DNA bilo koje stvorenje može se transformirati u željeni oblik.<sup>3</sup> Prikladan gen domaćina tada se može proizvesti u drugom organizmu umetanjem gena od interesa u genom vektora.

Fragmenti molekule DNA koji sadrže jedan ili više nukleotida mogu se precizno umetnuti, ukloniti ili zamijeniti u stanice genoma organizma uz pomoć znanstvenih tehničkih razvoja koji omogućuju racionalno genetičko inženjerstvo na globalnoj, ili lokalnoj razini. Neki od najčešće korištenih alata za uređivanje gena uključuju TALEN i CRISPR. Razvijena je učinkovita i jednostavna tehnologija za uređivanje gena poznata kao CRISPR-Cas. Sustav CRISPR-Cas može uređivati nekoliko gena u isto vrijeme s velikom preciznošću.

Istraživanja bioremedijacije čekaju na uvođenje tehnologija za uređivanje gena, koje generiraju *knock-in* i *knock-out*. Istraživači su koristili sustav CRISPR-Cas uglavnom u modelnim organizmima poput *Pseudomonas* ili *Escherichia coli*. Bakterije naseljene kontaminantima idealni su kandidati za metaboličko inženjerstvo i uređivanje genoma budući da se koriste za preživljavanje i kao sklonište u stresnim okolnostima različitih toksičnih nerazgradivih ksenobiotika.<sup>1</sup>

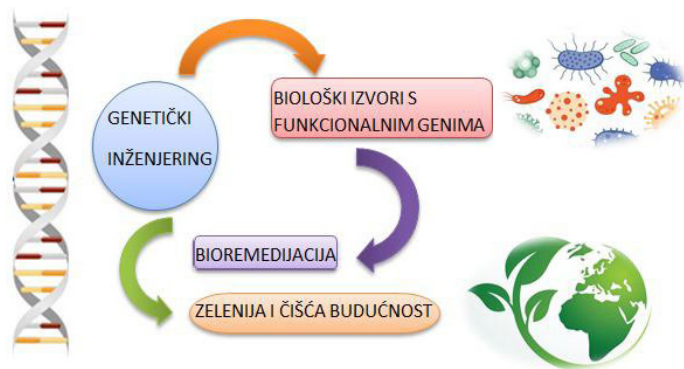


Slika 4 – *Escherichia coli*

Razumijevanje metaboličkih putova važno je u proučavanju mikrobne bioremedijacije, kao što je bioremedijacija toksičnih kontaminanata proizvodnjom haloalkan dehalogenaza i dekontaminacija piretroida iz tla. Proces bioremedijacije može se poboljšati metaboličkim inženjeringom.

Budući da se radi o zelenom pristupu, bioremedijacija temeljena na enzimima pruža mnogo prednosti. Vjerojatnije je da će se rekombinantni enzimi proizvesti putem genetske tehnike. Pokazalo se da izvanstanični enzimi imaju ulogu u enzimskoj bioremedijaciji. Uređivanje genoma omogućeno je CRISPR-om. Znanstvenici mogu lako promijeniti sekvence DNA i promijeniti aktivnost gena u mikroorganizmima, a to se može koristiti za bakterije namijenjene uklanjanju organskih onečišćujućih tvari.

Uređivanje genoma za bioremedijaciju koristi niz CRISPR-Cas sustava. CRISPR-Cas9 može se koristiti za umetanje ili brisanje gena od interesa u soju mikroba za koji želimo poboljšati njegovu učinkovitost degradacije. Dostupni i noviji mikrobni izvori dobiveni primjenom genetičkog inženjerstva mogu se spojiti s tehnikama bioremedijacije za uspješnu primjenu kako bi se krenulo prema zelenijoj i čistijoj budućnosti.



Slika 4 – Put k zelenijoj budućnosti

### Literatura

1. Hamza Rafeeq, Nadia Afsheen, Sadia Rafique, Arooj Arshad, Maham Intisar, Asim Hussain, Muhammad Bilal, Hafiz M.N.Iqbal, Genetically engineered microorganisms for environmental remediation, Genetically engineered microorganisms for environmental remediation, Chemosphere, Vol 310, 2023
2. Arun Kumar Pal, Jyotsna Singh, Ramendra Soni, Pooja Tripathi, Madhu Kamle, Vijay Tripathi, Pradeep Kumar, The role of microorganism in bioremediation for sustainable environment management, Bioremediation of Pollutants, 2020, 227-249
3. Henny Patel, Shreya Shakhreliya, Rupesh Maurya, Vimal Chandra Pandey, Nisarg Gohil, Gargi Bhattacharjee, Khalid J. Alzahrani, Vijai Singh, CRISPR-assisted strategies for futuristic phytoremediation, Assisted Phytoremediation, 2022, 203-220

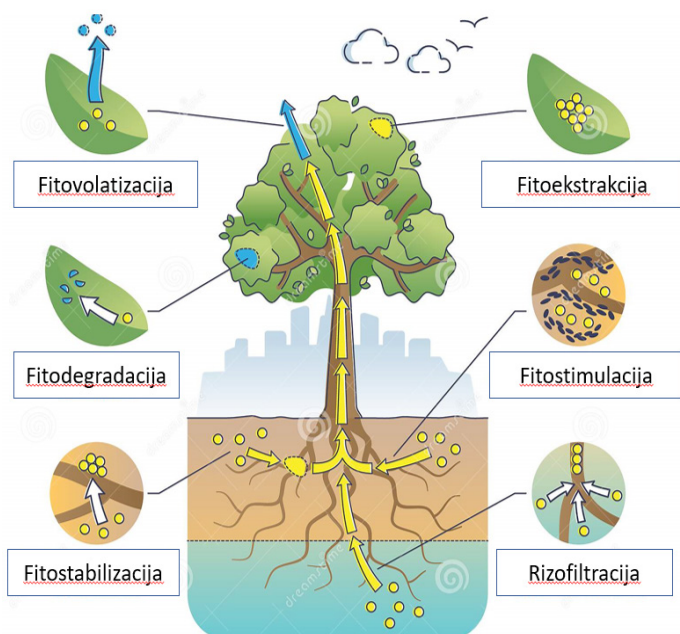
## CRISPR/Cas9 kao inovativni pristup poboljšanju fitoremedijacije

Adriana Tičić (FKIT)

Kao moguće rješenje sveprisutnog problema onečišćenja okoliša, a posebice tla nameće se metoda koja bi omogućila očuvanje bioraznolikosti i izvornih značajki tla. To je upravo metoda poznata pod nazivom fitoremedijacija. Pojam fitoremedijacija odnosi se na skup postupaka koji upotrebljavaju biljke, njihove enzime i okolišne mikroorganizme prisutne u zoni korijenja za izolaciju, transport, detoksikaciju i mineralizaciju ksenobiotika u tlu, čime se smanjuje njihova koncentracija, pokretljivost ili toksični učinci.<sup>1</sup>

Fitoremedijacija se ubraja u ekološki prihvatljive i ekonomične metode obrade tla s velikom učinkovitošću pri niskim koncentracijama onečišćujućih tvari. Prema mehanizmu djelovanja na onečišćujuće tvari, tehnike fitoremedijacije dijele se na: fitoekstrakciju, fitofiltraciju, fitostabilizaciju, fitovolatizaciju, fitorazgradnju i rizorazgradnju.<sup>1</sup> Iako danas postoji više od 500 biljnih vrsta koje imaju značajan fitoremedijacijski potencijal, fitoremedijacija je ograničena ekološkim ekstremima kao i prirodom onečišćujuće tvari.<sup>2</sup>

Većina fitoremedijalnih biljaka ima spor rast što posljedično rezultira i manjom biomasom. Osim toga, biljke koje se koriste za fitoremedijaciju trebale bi biti tolerantnije prema povišenim razinama metala i trebale bi imati dovoljno snažan korijenski sustav kako bi mogle imobilizirati veće količine onečišćujuće tvari.<sup>2</sup>



Slika 1 – Mehanizmi fitoremedijacije

Napredniji pristup za razvoj učinkovitosti remedijacije biljke uključuje metaboliku, proteomiku, genomiku i transkriptomiku. Primjena tehnika genetskog inženjeringa u bioremedijaciji pomaže u razvoju visokog sadržaja biomase, intenzivnog korijenskog sustava i hiperakumulativnih biljaka koje se mogu uzgajati u minimalno određenim uvjetima okoliša. Nedavni napredak u ovom području znanosti je zasigurno omogućio učinkovito rješavanje problema fitoremedijacije koja je potpomognuta grupiranim pravilno razmaknutim palindromskim ponavljanjima (CRISPR).<sup>2</sup>

CRISPR je revolucionarni alat za genomski inženjering koji omogućuje poboljšanje ciljanih svojstava u biljaka i on je zajedno s Cas proteinima poznat kao CRISPR/Cas9 sustav. Tehnologija CRISPR pomaže u mijenjanju DNK koja se može koristiti za promjenu sekvence gena biljaka za ublažavanje štetnih učinaka teških metala prisutnih u tlu. Ovaj pristup također jača unos hranjivih tvari i povećava bioraspodivnost metala u biljci kroz interakcije biljka-mikrobi.<sup>2</sup>

Pojednostavljeno rečeno, fitoremedijacija temeljena na CRISPR-u može se učinkovito koristiti za pročišćavanje profila tla, uklanjajući toksične elemente iz rizosfere i čineći je ponovno upotrebljivom za poljoprivredne svrhe kao i za druge svrhe poput šumarstva. Za učinkovitu fitoremedijaciju potrebno je identificirati ključne gene uključene u signalnu mrežu interakcija biljka-mikrobi uz razumijevanje funkcije gena. Ciljni geni se mogu modificirati tehnikom uređivanja kao što je CRISPR.<sup>2</sup>

Povoljan učinak na fitoremedijaciju ima utjecaj genetskih transfera primjenom CRISPR/Cas9 metode, a što je i pokazalo nekoliko istraživanja provedenih od 2000. godine, koja su uključivala prijenos specifičnih gena bakterija prenesenih u ciljane biljke. Kao primjer može se uzeti biljka *Arabidopsis* i biljka duhana, poboljšane NAS1 genom. Te biljke su pokazale značajno veću toleranciju na Cd, Cu, Fe, Ni i Zn, a zamijećena je i povećana adsorpcija mangana (Mn) i nikla (Ni). Nadalje, kada su geni (kao što su MTAL, MT1 i MT2) koji kodiraju metalotionin pretjerano izraženi biljka duhana i biljka *Arabidopsis* pokazuju povećanu sposobnost akumulacije metala kao što su Cd, Cu i Zn. Slično tome, kada je metalotioneinski gen MT2b izražen *H. incana* pokazuje povećanje svoje sposobnosti podnošenja i nakupljanja olova (Pb). Biljka *B.juncea* je pokazala povećanje tolerancije na selenij (Se) kada su u nju uneseni geni APS i SMT.<sup>2</sup>

Sustav CRISPR se koristi za poboljšanje ovih gena u znatno novije i više razine, stoga je jedan od ciljeva ispitivanja specificirati prenesene gene, kao i njihove specifične izvore s učincima koji su uočeni na ciljnim biljkama. Učinci su varirali od porasta tolerancije na teške metale do povećanja kapaciteta unesenih metala, što može dovesti i do hiperakumulacije metala u biljci. Međutim, nakupljanjem određenog metala u ciljanoj biljci nakon uvođenja specifičnog gena može uzrokovati preosjetljivost biljke na određeni element s mogućnošću propadanja biljke. Zabilježeno je da kada protein plazme membrane (NtCBP4) postane prekomjerno izražen u biljci duhana dolazi do povećane sposobnosti akumulacije olova, ali to istovremeno uzrokuje i povećanje osjetljivosti biljke na olovo.<sup>2</sup>

Brojne studije identificirale gene koje detoksificiraju i razgrađuju organske i anorganske spojeve prisutne u biljkama i bakterijama. Ta se činjenica može iskoristiti u CRISPR/Cas9, posredovanom uređivanju genoma za poboljšanje antioksidativnog enzima. Biljka *Arabidopsis* i riža su mijenjane kako bi se oduprle i metabolizirale naftalen i fenantren ekspresijom gena odgovornih za sintezu naftalen dioksidaze.<sup>2</sup>



Slika 2 – Biljka *Arabidopsis*

CRISPR se također u posljednje vrijeme bavi i dizajniranjem rizobakterija koje potiču rast biljke. Interakcija biljaka i mikroba igra ključnu ulogu u prenošenju tolerancije na biljku kako bi mogla izdržati nepovoljne uvjete.<sup>2</sup>

Iako je CRISPR/Cas9 važan alat za uređivanje genoma, ipak se rezultati razlikuju od biljke do biljke. Postoji toliko različitih parametara kao što su ciljane stanice unutar biljke, sustav isporuke, različita genetika biljaka koji igraju ključnu ulogu u određivanju stope uspješnosti odgovora biljke na promjenu genoma.<sup>2</sup>

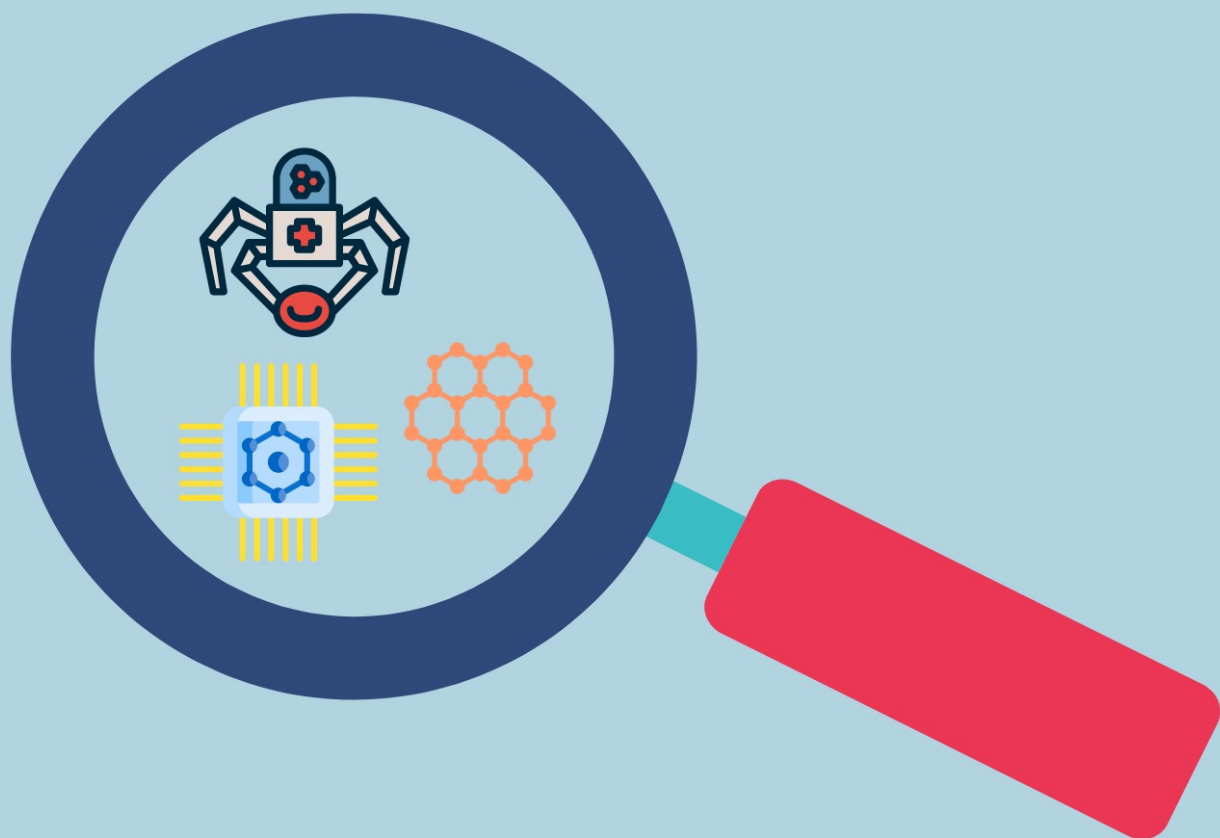
#### Literatura

1. N. Milčić, Z. Findrik Blažević, M. Vuković Domanovac, Fitoremedijacija-pregled stanja i perspektiva, Kem.Ind. 68 (9-10) (2019) 447-456
2. P. Saxena, N. Kumar Singh, Harish, A. Kumar Singh, S. Pandey, A. Thanki, T. Chand Yadav, Recent advances in phytoremediation using genome engineering CRISPR-Cas9 technology, Bioremediation of Pollutants (2020) 125-141

# MKV-20

# Marulićev trg, 20

**Prijave putem linka u opisu na  
Instagram profilu  
@studentskasekcijahdki**



# NANOTEHNOLOGIJA

# DANAS I SUTRA !

18. veljače 2023.



FKITMCMXIX



# 28<sup>th</sup> HSKIKi

28<sup>th</sup> CROATIAN MEETING  
OF CHEMISTS & CHEMICAL  
ENGINEERS

6<sup>th</sup> SYMPOSIUM VLADIMIR PRELOG

**MARCH 28–31, 2023**  
**LONE, ROVINJ**  
**CROATIA**

<https://28hskiki.org>  
<https://www.facebook.com/28hskiki>  
hskiki@fkit.hr

## UNDER AUSPICES



Akademija tehničkih znanosti Hrvatske  
European Chemical Society (EuChemS)  
Hrvatska gospodarska komora  
Hrvatski inženjerski savez  
Institut Ruđer Bošković  
Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja  
Ministarstvo znanosti i obrazovanja  
Sveučilište u Zagrebu  
Sveučilište Sjever  
Sveučilište J. J. Strossmayer u Osijeku  
Sveučilište u Splitu

## SPONSORS



SADRŽAJ  
vol. 7, br. 3

KEMIJSKA POSLA

Druga ljetna škola kemije .....	1
6. Noć znanosti na PTF-u .....	3
Studenti na terenu: Etnografski muzej .....	6
Novi uređaj za mjerenje kolesterola .....	8
Analiza krvi koja otkriva toksične proteine prije pojave Alzheimerove bolesti .....	9

ZNANSTVENIK

Pretvorba starih Božićnih drvca u obnovljivo gorivo? .....	11
3D bioprintanje .....	12
Alternativna goriva .....	15

BOJE INŽENJERSTVA

Intervju „Na kavi s asistentima“ – dr. sc. Katarina Mužina .....	17
Izazovi u smanjenju onečišćenja uzrokovani brзом modom .....	19
Skrivene podvodne šume .....	21
Električne farme .....	23
Značajan napredak u nuklearnoj fuziji .....	24

SCINFLUENCER

Ovisnost o benzodiazepinima .....	28
CRISPR/Cas9 tehnologija .....	30
Genetski modificirani mikroorganizmi za sanaciju okoliša .....	31
CRISPR/Cas9 kao inovativni pristup poboljšanju fitoremedijacije .....	33

