

reaktor ideja vol. 10

službeno glasilo Studentske sekcije HDKI-ja

**Uvod u
elektrosintezu: Dio
2. Metodologija
elektrosinteze**



Projekt „PIGMENTS”

**Pozdrav našim
urednicama i
lektoricama**

**Rogante metoda: Nova
jednostavna metoda za
učinkovitu organizaciju
procesa učenja**

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247

Studentska sekcija HDKI-ja



www.hdki.hr/hdki/casopisi/reaktor_ideja

srpanj 2026.

Sadržaj

vol. 10, br. 8, srpanj 2026.

KEMIJSKA POSLA

Pozdrav našim urednicama i lektoricama	1
<i>Tri tjedna znanosti i novih iskustava – CEEPUS razmjena u Pardubicama</i>	5
Business Week na FKIT-u	7

ZNANSTVENIK

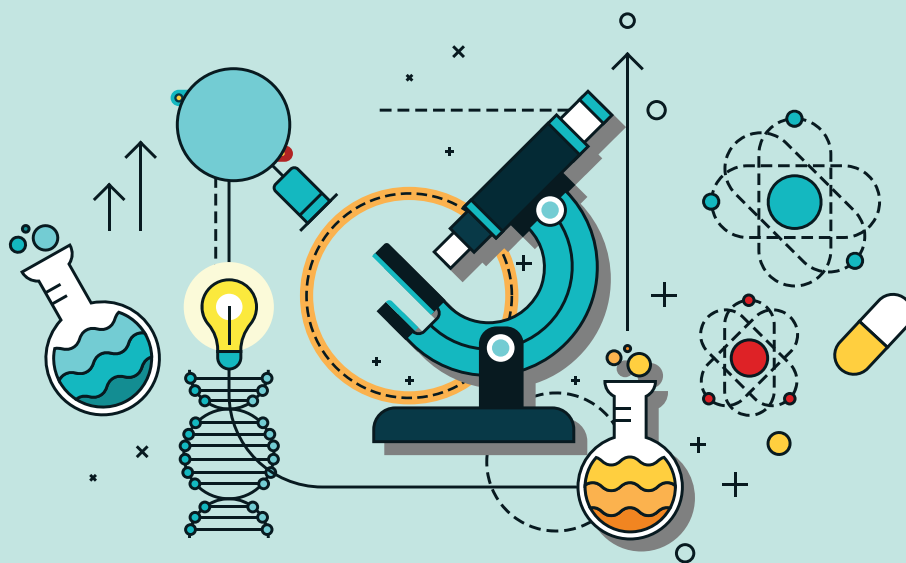
Uvod u elektrosintezu: Dio 2. Metodologija elektrosinteze	9
Nova metoda jačanja imunoloških stanica u borbi protiv raka	15

BOJE INŽENJERSTVA

Projekt „PIGMENTS”	19
Iskorištavanje energije valova	23

SCINFLUENCER

Tradicionalna medicina: 8. Lipa	25
Rogante metoda: Nova jednostavna metoda za učinkovitu organizaciju procesa učenja	29





reaktor ideja



IMPRESSUM

Reaktor ideja

Uredništvo:

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

Izdavač:

Hrvatsko društvo kemijskih
inženjera i tehnologa

Glavna urednica:

Dora Ljubičić
(dljubicic@fkit.unizg.hr)

Urednici rubrika:

Adrijana Karniš
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Laura Čavec

Grafička priprema:

Dora Ljubičić
Adrijana Karniš
Veronika Biljan
Laura Glavinić
Laura Čavec
Zdenko Blažeković

Lektura:

Dora Felber
Karla Radak

Grafički dizajn:

Iva Žderić

Izlazi mjesečno

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

Vol. 10 Br. 8, Str. 1–37
Zagreb, srpanj 2026.

ISSN 2584-6884
e-ISSN 2459-9247



Dragi čitatelji,

predstavljamo vam zadnji broj Reaktora ideja ove
akademske godine.

Nadam se da ste uživali u člancima ove
akademske godine, želim zahvaliti svim
novinarima i urednicama na odlično napisanim i
uređenim člancima!

Posebno zahvaljujem našim urednicama Adrijani
Karniš, Lauri Glavinić i Lauri Čavec te lektoricama
Dori Felber i Karli Radak, koje su diplomirale,
odlaze iz Reaktora ideja i započinju svoje karijere.
Uvjerena sam da će biti uspješne i želim im
puno sreće, a iznimno će nedostajati uredništvu
Reaktora ideja.

Čitamo se ponovno na jesen, a do tada uživajte u
čitanju ovog broja.

Dora Ljubičić,
glavna i odgovorna urednica



KEMIJSKA POSLA

Pozdrav našim urednicama i lektoricama

Laura Glavinić (FKIT) i Adrijana Karniš (FKIT)

Akademski godinu bliži se kraju, udaran period ispitnih rokova je prošao (nadamo se svima dobro) i svi jedva čekamo otići na more. Dok neki studenti već uživaju u ljetnom odmoru, a drugi sretno čekaju jesenske ispitne rokove, naše urednice Adrijana Karniš, Laura Glavinić i Laura Čavec svoje diplomske radove obranile su na ljetnim ispitnim rokovima. Zajedno s njima, magistrica kemijskog inženjerstva postala je i naša lektorica Dora Felber, a najesen će tu titulu nositi i naša druga lektorica, Karla Radak. Pozdravimo naše urednice i lektorice!

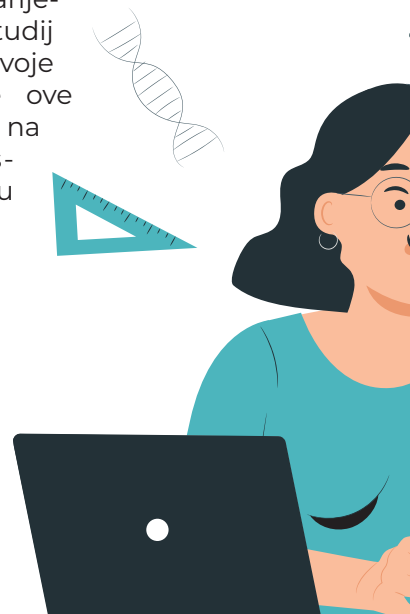
Adrijana Karniš FKIT je upisala 2019. godine, aktivan je član Studentske sekcije HDKI-a (SSHDKI) od 2021. godine, a u Reaktoru ideja vodi rubriku Kemijska posla posljednje dvije godine. Predstavila nam je brojne članke, sudjelovala u raznim projektima, uključujući Boje inženjerstva, SKOKI i KIRL, a ove akademske godine bila je odgovorna i za financije sekcije. Svoj diplomski rad obranila je u lipnju, pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Marina Kovačića, a tema joj je bila *Karakterizacija i uklanjanje obojenih nečistoća u regeneriranom otapalu*.



Slika 1 – Adrijana Karniš, univ. mag. ing. cheming.

Adrijana je stručnu praksu odradila u tvrtki Premifab, koja se bavi regeneracijom otpadnih otapala i zbrinjavanjem opasnog otpada, u kojoj će nastaviti graditi karijeru. Završila je diplomski studij Kemijsko inženjerstvo, a svoje obrazovanje nastaviti će ove jeseni kao doktorandica na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Osijeku.

Čestitamo, Adrijana!



Adrijana, koja ti je bila najdraža tema o kojoj se pisalo u Reaktoru?

Ne mogu izdvojiti jednog favorita, ali definitivno su mi uvijek najzanimljivije teme iz rubrike Boje inženjerstva.

Koji trenutak studiranja ćeš pamtiti zauvijek?

Bilo je puno zabavnih, ali i stresnih trenutaka, a značajnog trenutka kojeg se sada sjetim je prolazak usmenog dijela iz Opće i anorganske kemije, kolegice Laure Glavinić i mene, kada smo se držeći za ruke napeto iščekivale prozivanje studenata koji su položili kolegij, a srca nam lupala valjda 200 otkucaja u minuti. A tek ono olakšanje i veselje koje je uslijedilo kada smo čule da smo obje položile.

Što bi poručila budućim urednicama?

Nemojte se bojati uređivanja rubrike. Možda na prvu zvuči strašno, ali uz malo volje i truda, kao i sve ostalo u životu, savladati će te i početi uživati u procesu nastanka časopisa.

Laura Glavinić FKIT je također upisala 2019. godine, u SSHDKI uključila se zajedno s Adrijanom, a u Reaktoru ideja vodila je rubriku Boje inženjerstva od 2023. godine. U posljednje tri godine uređila nam je, osmislila i napisala brojne članke koje je uvijek bilo zanimljivo čitati. Diplomski rad obranila je u lipnju, pod (najboljim) mentorstvom izv. prof. dr. sc. Martine Sudar, čime je završila diplomski studij Kemijsko inženjerstvo. Tema njezina rada bila je *Stabilnost i katalitička svojstva halogenhidrin-dehalogenaza: divlji tip i rekonstruirani drevni preci*. Laura svoje obrazovanje nastavlja na Universidad Complutense de Madrid (Španjolska), gdje odlazi na doktorat u sklopu *Better Bio-Based Polymers* projekta.

Čestitamo, Laura!

Laura, koji ti je bio najdraži dio uloge urednice u Reaktoru ideja?

Uz traženje novih tema svaki mjesec i čitanje članaka, intervjui *Na kavi sa znanstvenicima* kroz koje sam čula više o radu i perspektivi mnogih zanimljivih ljudi.



Slika 2 – Laura Glavinić, univ. mag. ing. cheming.

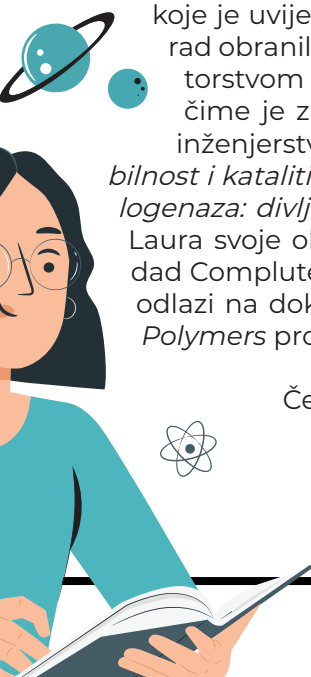
Koji trenutak studiranja nikada nećeš zaboraviti?

Definitivno kada sam položila Termodinamiku, mislim da veće olakšanje nisam u životu osjetila.

Što bi poručila budućim urednicama?

Uživajte u „poslu“ i divnim kolegicama s kojima ćete voditi najbolji časopis na svijetu!

Laura Čavec FKIT je upisala 2020. godine, a u SSHDKI uključila se 2023. godine. Ove akademske godine bila je urednica rubrike Scinfluencer, gdje nam je predstavila brojne članke, uz što je bila dio organizacije SKOKI-ja, KIRL-a i Eko globusa. U srpnju je obranila svoj diplomski rad čime je završila diplomski studij Kemijsko inženjerstvo. Mentor joj je bio prof. dr. sc. Krunoslav Žižek, a tema njezina diplomskog rada bila je *Mikroenkapsulirana formulacija za kontrolu oslobađanja dasatiniba*.



Nakon što odmori od učenja, planira započeti novo životno poglavlje i posvetiti se razvoju karijere u struci.

Čestitamo, Laura!

Laura, reci nam nešto o tome kako je bilo biti urednica Reaktora ideja?

Na početku je bilo vrlo izazovno, no ubrzo sam se snašla i zaista počela uživati u toj ulozi (hvala curama na pomoći). Ovo iskustvo ostat će mi u lijepom sjećanju, a od srca zahvaljujem dragoj Ivi Turkalj na ukazanom povjerenju i prilici.



Slika 3 – Laura Čavec, univ. mag. ing. cheming.

Koji trenutak studiranja nikada nećeš zaboraviti?

Definitivno je to bio početak ovog važnog životnog poglavlja. Odlazak iz male sredine i dolazak u veliki grad, uklapanje u novu sredinu u vrlo izazovnom razdoblju pandemije koronavirusa. Posljednji se ispiti brzo zaborave, ali oni prvi, posebice opća kemija, vjerujem da će svima još dugo ostati u sjećanju.

Što bi poručila budućim urednicama?

Nemojte se bojati prihvatiti izazov. Iako će na početku možda biti potrebno izaći iz zone komfora, upravo ćete kroz tu ulogu najviše naučiti.

Budite kreativni, otvoreni za nove ideje i vjerujte u sebe. Uredništvo nije samo prilika za stjecanje iskustva, već i za upoznavanje divnih ljudi, razvijanje novih vještina i stvaranje uspomena koje ćete dugo pamtili.

Dora Felber FKIT je upisala 2018. godine, od 2023. godine je aktivna članica SSHDKI-ja, a iste godine postala je i lektorica u Reaktoru ideja. Osim što godinama budno pazi da naš najdraži časopis nema gramatičkih grešaka, sudjelovala je u mnogim projektima sekcije, od *Business Week-a* do *SKOKI-ja*. U srpnju je obranila svoj diplomski rad, pod mentorstvom prof. dr. sc. Aleksandre Sander, čija je tema bila *Sinergizam i antagonizam: komparativna analiza antioksidacijske aktivnosti smjese odabranih eteričnih ulja*. Dora je također završila diplomski studij Kemijsko inženjerstvo, a nada se karijeri u farmaceutskoj industriji.

Čestitamo, Dora!

Dora, koja ti je bila najdraža gramatička pogreška?

Jedna klasična bila je „zagađenje“ umjesto „onečišćenje“, a druga, koja se ponavljala u gotovo svakom broju, bilo je korištenje izraza „od strane“, na što smo mnogo puta upozoravale jer se taj izraz ne preporučuje u hrvatskom standardnom jeziku.



Slika 4 – Dora Felber, univ. mag. ing. cheming.

Koji trenutak studiranja nikada nećeš zaboraviti?

Kad sam položila Mehaničko procesno inženjerstvo, svakako. Mislim da se mnogi studenti mogu poistovjetiti s tim. Kolegij je težak, ali osjećaj kad ga položiš je neprocjenjiv.

Što bi poručila budućim lektoricama?

Za početak, preporučila bih svima koji vole ispravljati tuđu gramatiku da se prijave za mjesto lektora jer će njihova navika napokon dobiti smisao.

Onima koji postanu lektori poručila bih da se naviknu da će često ispravljati iste pogreške, ali nakon nekog vremena će im to postati simpatično.

Na kraju, želim reći da mi je bilo zadovoljstvo biti lektorica, unatoč istim pogreškama u svakom broju.

Karla Radak FKIT je upisala 2020. godine, a u SSHDKI se uključila 2022. godine. Već tri godine, uz Doru pazi da riječi u Reaktoru budu ispravno napisane i rečenice smislene, a osim što je svaki mjesec pažljivo lektorirala časopis, bila je dio brojnih projekata sekcije: SKOKI-ja, KIRL, Eko Globus-a i Buddy programa. Ljeto provodi završavajući svoj diplomski rad *Priprema polimernih kompozita za 3D-ispis komponenti za poluvodičku industriju*, pod mentorstvom prof. dr. sc. Domagoja Vrsaljka, koji će obraniti na jesenskim rokovima. Nakon što postane magistrica kemijskog inženjerstva, planira nastaviti raditi u području procesnog inženjerstva i projektiranja, a u budućnosti bi se voljela okušati u farmaceutskoj ili rafinerijskoj industriji te u području zaštite okoliša.

U Karlu uopće ne sumnjamo, tako da čestitke unaprijed, Karla!

Karla, reci nam nešto o tome kako je bilo biti lektorica u Reaktoru ideja?

Lijepo je znati da si svojim radom pridonio nečemu što će drugi čitati. Osim što sam postala pažljivija prema detaljima, najviše mi je značilo biti dio tima koji je svakog mjeseca zajedno stvarao novi broj Reaktora ideja.



Slika 5 – Karla Radak, buduća univ. mag. ing. cheming.

Koji trenutak studiranja nikada nećeš zaboraviti?

Studiranje me naučilo puno više od onoga što piše u skriptama. Stručne prakse u Valenciji pokazale su mi koliko je važno biti otvoren prema novim izazovima. No, ono najvrjednije što nosim sa sobom ipak su ljudi koje sam upoznala i prijateljstva koja su nastala na FKIT-u.

Što bi poručila budućim lektoricama?

Prijavite se. Nikad ne znate koliko vam jedno ovakvo iskustvo može donijeti, kroz ono što ćete naučiti, ali i kroz ljude koje ćete upoznati.



Tri tjedna znanosti i novih iskustava – CEEPUS razmjena u Pardubicama

Ana Boltek (FKIT)

U sklopu CEEPUS programa organiziran je put u Češku, u grad Pardubice. CEEPUS je skraćenica za Srednjoeuropski program razmjene za sveučilišne studije i multilateralni je sveučilišni program razmjene u proširenoj dunavskoj regiji temeljen na međunarodnom sporazumu. Glavna aktivnost CEEPUS-a su mreže prihvatljivih sveučilišta država članica CEEPUS-a koje provode zajedničke programe. Unutar tih mreža CEEPUS pokriva potpore za mobilnost studenata i nastavnika tih prihvatljivih sveučilišta. Od 1995. godine u okviru programa odobreno je približno 82 000 prijava za mobilnost. Postoji 15 država članica koje su se pridružile trenutnom CEEPUS sporazumu, a to su: Albanija, Austrija, Bosna i Hercegovina, Bugarska, Hrvatska, Češka, Mađarska, Sjeverna Makedonija, Moldavija, Crna Gora, Poljska, Rumunjska, Srbija, Slovačka i Slovenija. Sudjeluju i Sveučilišta u Prištini, Prizrenu i Peći.¹ U razdoblju od tri tjedna na Sveučilištu Pardubice, na Kemijsko-tehnološkom fakultetu (*Fakulta chemicko-technologická - Univerzita Pardubice*) ostvaren je stručni boravak u sklopu CEEPUS programa.



Slika 1 – Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Pardubicama

Boravak u Pardubicama u sklopu programa CEEPUS nije uključivao slušanje kolegija, već rad u znanstvenim laboratorijima. Kolege sa Sveučilišta u Pardubicama pripremili su srdačan i ugodan doček. Prvi je na redu bio obilazak samog Sveučilišta s doc. dr. sc. Janom Košťálovom. Sveučilište u Pardubicama sastoji se od sedam fakulteta; Prometni fakultet Jan Perner, Fakultet ekonomije i uprave, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Fakultet kemijske tehnologije, Filozofski fakultet, Fakultet za restauraciju i Fakultet zdravstvenih studija na kojima studira oko 7000 studenata. Na Sveučilištu su dostupni preddiplomski, diplomski i doktorski studiji s više od 130 studijskih programa iz područja prirodnih, tehničkih, društvenih i ekonomskih znanosti, umjetnosti i zdravstva.¹ Tijekom prvog dana obilaska održana je i prezentacija za predstavljanje našeg fakulteta u Zagrebu i mogućnosti za studiranje.



Slika 2 – Predstavljanje Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu, Sveučilište u Zagrebu

Nakon obilaska Sveučilišta u narednim danima slijedilo je obavljanje praktičnog rada u laboratorijima. Prvi je na redu bio mikrobiološki laboratorij pod vodstvom prof. dr. sc. Marcele Pejchalové, gdje se provodilo određivanje koliformnih bakterija, *E. coli* i enterokoka u uzorcima korištenjem Idexx Quanti Tray metode, a rezultati su očitani po završetku tjedna.



Slika 3 – Mikrobiološki laboratorij
Kemijско-tehnološkog fakulteta

Nakon aktivnosti u mikrobiološkom laboratoriju naredni tjedan slijedio je rad u laboratoriju za imunologiju i imunokemiju s prof. dr. sc. Marcelom Slovákonom. Profesorica je pripremila kratko predavanje kao uvod u rad u laboratoriju. Prvo se izvodila detekcija i kvantifikacija verotoksina imunoanalizom ELISA. Profesorica je bila iznimno susretljiva i strpljiva te je poticala interakciju i samostalan rad tijekom provedbe analiza. Zatim se provodila kvantifikacija verotoksina imunoprecipitacijom. Posljednji dan u ovom laboratoriju provodila se LFA detekcija nikotinskih derivata u uzorcima ljudskog urina i metoda aglutinacije za određivanje krvne grupe.



Slika 4 – Rad u laboratoriju za imunologiju i imunokemiju

Nakon rada u laboratoriju za imunologiju i imunokemiju slijedio je zavod za zaštitu okoliša gdje se radilo s elektrokemijskim metodama za identifikaciju i kvantifikaciju pesticida u vodi s prof. dr. sc. Lenkom Janíkovom.

Na kraju boravka u Češkoj Republici u okviru CEEPUS programa, doc. dr. sc. Jana Košťálová organizirala je obilazak Centra CEMNAT za razvoj materijala te posjet Centru za karijere gdje su predstavljeni različiti oblici podrške studenticama i studentima.



Slika 5 – Obilazak Centra CEMNAT za razvoj materijala



Slika 6 – Posjet Centru za karijere

Uz odlično organiziran raspored na fakultetu bilo je i dovoljno slobodnog vremena za obilazak poznatih znamenitosti grada Pardubice i Praga. Najvrjedniji dio akademskog iskustva tijekom CEEPUS razmjene bilo je iznimno ugodno i poticajno okruženje koje su pružili kolege na Sveučilištu u Pardubicama što je uvelike olakšalo prilagodbu novom akademskom i kulturnom okruženju. Posebno valja istaknuti profesorice Marcelu Slovákovu i Marcelu Pejchalovu, kao i docenticu Janu Košťálovu, koje su bile iznimno ljubazne, pristupačne i spremne pomoći tijekom cijelog boravka u Češkoj Republici. Njihov profesionalan, ali istovremeno prijateljski odnos prema studentima ostavio je snažan pozitivan dojam i dodatno motivirao za daljnji rad. Akademski dio razmjene bio je vrlo kvalitetan i koristan za daljnji razvoj. Osim stjecanja akademskog znanja, ova razmjena omogućila je i razvoj komunikacijskih i međuljudskih vještina. Upoznavanje novih kultura, razmjena iskustava i stvaranje novih međunarodnih kontakata dodatno su obogatili ovu razmjenu. Sudjelovanje u CEEPUS programu bilo je iznimno vrijedno iskustvo koje je donijelo nova znanja, kontakte i motivaciju za daljnji akademski i profesionalni razvoj.

Literatura

1. <https://www.ceepus.info/content/about> (pristup 15.7.2026.)

Business Week na FKIT-u

Sonja Bošnjak (FKIT)

Ovogodišnji *Business Week* na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije (FKIT) još je jednom pokazao koliko je važno povezivanje studenata, fakulteta i tvrtki. Ovim putem se moramo posebno zahvaliti FKIT-u na pruženoj logističkoj i organizacijskoj osnovi, bez koje ovaj događaj ne bi bio moguć. Cilj nam je bio olakšati studentima ulazak u svijet poslovanja i znanosti kroz učenje i druženje.



Slika 1 – Panel rasprava INA Grupe

Program je 21. svibnja započeo radionicama o komunikacijskim vještinama i razvoju projektnog tima, koje su vodili Marko Ljutić i Maks Vinščak, gdje smo učili kako se postaviti u timskom radu. Uslijedila je radionica o pisanju životopisa Nikoline Mihić, koja nam je dala praktične savjete kako se što bolje predstaviti poslodavcima. Nakon toga održana je panel rasprava s alumni studentima zaposlenima u INA Grupi, kroz koju smo čuli različite životne i karijerne puteve. Davor Šakić održao je predavanje o start-upovima za početnike i znanstvenike. Prvi dan smo zaključili opuštanim druženjem uz palačinke.



Drugi dan, 22. svibnja, započeo je nastavkom radionica Marka Ljutića i Maksa Vinščaka o razvoju karijernih kompetencija, gdje smo dodatno radili na vještinama važnim za tržište rada. Erste banka je održala školu pametnih financija, što je bilo iznimno korisno za



Slika 2 – Sudionici *Business week-a*

razumijevanje osnova upravljanja novcem. Zatim je održana panel rasprava u kojoj su sudjelovali dekan FKIT-a te predstavnici VesnaVC fonda, Krke, Plive, Belupa i Ine, razgovarajući o budućnosti inovacija kroz suradnju fakulteta i sektora. Program se nastavio opuštenom čajankom uz kineski način pripreme i degustaciju, dok smo za kraj dana organizirali zabavni pub kviz o kemijskom inženjerstvu u poslovnom svijetu.



Slika 3 – Strabag predstavnici

Ovaj događaj ne bi bio moguć bez podrške naših sponzora i donatora. Od srca hvala svima koji su nam pomogli:

Zahvaljujemo se posebno našim sponzorima i partnerima Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Selviti, PLIVA, SC te Strabagu.

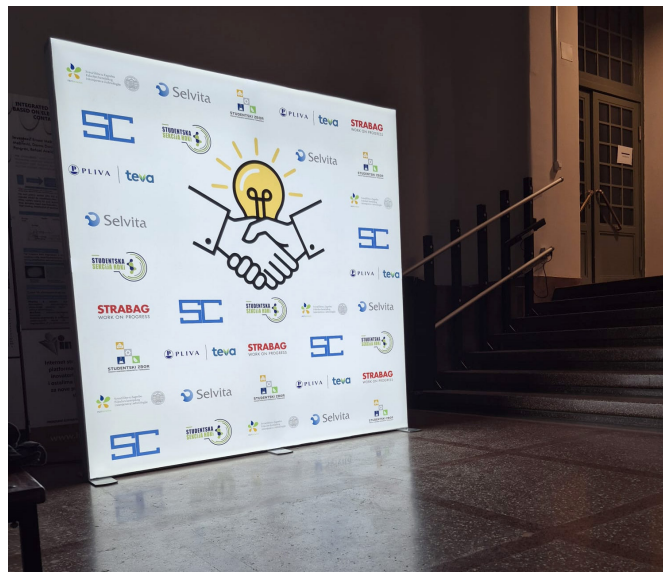


Donatori nagrada: Terrible Creations, Enigma-
rium Zagreb, Crni mačak, Booksa, Kerempuh,
Zagrebačka pivovara, GDK Gavella, Bowling, Boo-
galo, Roko, Kazalište Moruzgva i Alfa.

Hvala svima koji su sudjelovali i učinili da Bu-
siness Week 2026 bude odlična prilika za sve nas!



Slika 4 – Panel rasprava



Slika 5 – Baner Business week-a



Slika 6 – Radionica Nikoline Mihić



ZNANSTVENIK

Uvod u elektrosintezu: Dio 2. Metodologija elektrosinteze

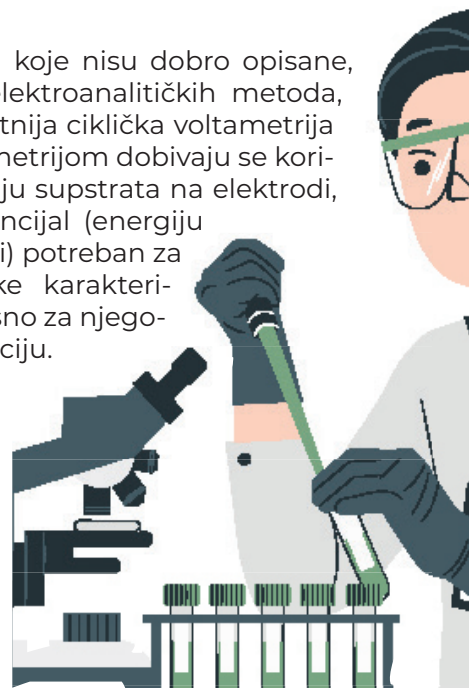
Kristian Koštan (FKIT)

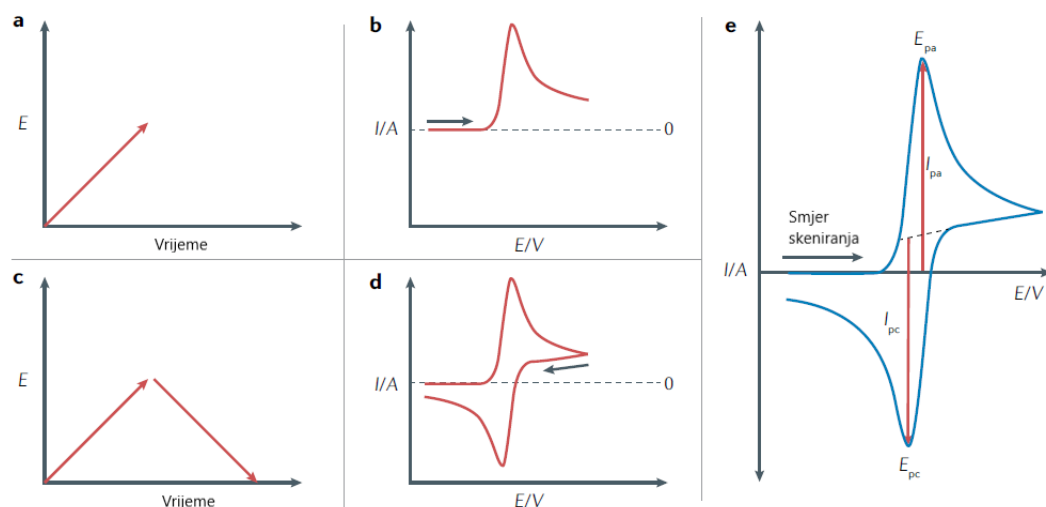
Prvi dio ovog članka služio je razjašnjenju elektrolitske ćelije i konceptu prijenosa elektrona u svrhu redukcije i oksidacije organskih spojeva. Organska elektrokemijska sinteza nudi širok izbor reakcija i mehanizama koji se, nažalost, ne mogu obuhvatiti opsegom ovog članka, ali su vrlo korisni za dobivanje baznih kemikalija i farmaceutika. U ovom dijelu ukratko ćemo upoznati metodologiju istraživanja organskih elektrokemijskih reakcija, od početka na miligramskoj skali do prijenosa u veće mjerilo.

Kad se elektrosinteza koristi kao alternativa klasičnom sintetskom pristupu, a u literaturi je prisutna željena reakcija bez identične molekule, ponekad se javlja potreba za prilagodbom elektrokemijske reakcije supstratu od interesa. Preliminarnom teorijskom pristupu prilagođavanja reakcije može pomoći opseg supstrata korištenih u radu od interesa. Ako se cilja na reakciju određene funkcijske skupine na sasvim drukčijem supstratu, prilagodba postaje kompleksnija.

Budući da su supstrati često molekule sastavljene od različitih funkcijskih skupina, bitno je prepoznati one elektroaktivne, tj. one koje mogu reagirati na elektrodi unutar zadanog potencijala. Kao što je prikazano pri kraju prethodnog dijela ovog članka, mogu se prepoznati skupine podložne elektrokemijskom prijenosu elektrona. Takve su skupine obično sastavljene od dvostrukih veza ili heterogenih atoma jer ugljik-vodik veze teže su podložne cijepanju bez susjednih elektroaktivnih skupina.

U razvoju reakcija koje nisu dobro opisane, često se polazi od elektroanalitičkih metoda, među kojima je najbitnija ciklička voltametrij (CV). Cikličkom voltametrijom dobivaju se korisni podaci o ponašanju supstrata na elektrodi, što daje uvid u potencijal (energiju elektrona na elektrodi) potreban za promjenu elektronske karakteristike supstrata, odnosno za njegovu redukciju ili oksidaciju.



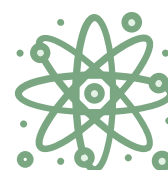


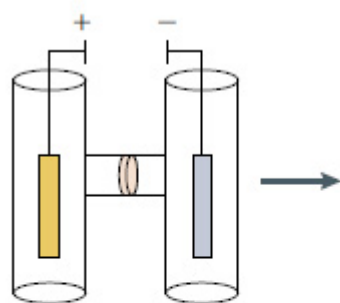
Ciklička voltametrija tehnika je kojom se potencijal radne elektrode povećava i smanjuje u danom intervalu, npr. od 0 V do +2 V za oksidaciju, pri čemu se bilježi odziv jakosti struje u ovisnosti o narinutom potencijalu. Čelija u kojoj se obavlja ciklička voltametrija troelektrodnog je postava, a potencijal se mjeri u odnosu na referentne elektrode, najčešće Ag/AgCl ili kalomel, svaku s odgovarajućim elektrolitom sličnim onom u čeliji. Pojava strujnog vrha, katodnog (-) ili anodnog (+) označava prijenos elektrona, a na sredini između strujnih vrhova nalazi se poluvalni potencijal, točka koja otprilike označava redoks potencijal supstrata pri zadanim uvjetima. Na slici 1 prikazani su grafovi pobude i odziva cikličke voltametrije.

Nakon što se identificira potencijal pri kojem se odvija prijenos elektrona od interesa na danom supstratu, reakcija se potvrdi elektrolizom pri konstantnom potencijalu i karakterizacijom produkta jednom od često korištenih metoda u sintetskoj organskoj kemiji (NMR, LC-MS i dr.). Također se mogu koristiti napredne metode, kao što je skenirajuća elektrokemijska mikroskopija spregnuta sa spektrometrijom masa (engl. Scanning Electrochemical Microscopy coupled with Mass Spectrometry, SECM-MS) ili protočna NMR-a, ali se one češće primjenjuju u fundamentalnim istraživanjima reakcijskih mehanizama na elektrodi.

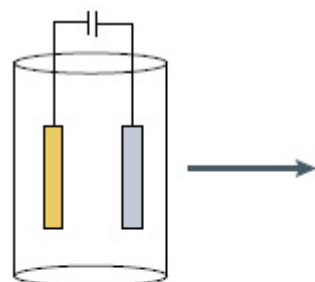
Slika 1 – a) rast narinutog potencijala b) strujni odziv rasta potencijala c) pad narinutog potencijala d) strujni odziv pada potencijala e) ciklički voltamogram s označenim anodnim i katodnim strujama (I_{pa} i I_{pc}) te potencijalima strujnih vrhova za oksidaciju (E_{pa}) i povratnu redukciju oksidiranog produkta (E_{pc})¹

Ako je produkt izoliran u niskom iskorištenju ili reakcija ne daje željeni produkt, potrebno je optimizirati reakcijske uvjete. Uz provjeru da otapalo i pomoćni elektrolit ne degradiraju pri narinutom potencijalu, bitno je ispitati materijal elektroda i njihov razmak te nagib pošto to može značajno utjecati na ishod reakcije. Litijeve soli mogu rezultirati taloženjem litija i stvaranjem litijevog hidroksida na platinskim elektrodama, a N,N-dimetilformamid elektroaktivan je u uvjetima elektrooksidacije, što ukazuje na potrebu za pomnim razmatranjem korištenih otopina pri određenom potencijalu, elektrodnom materijalu i vrsti čelije (odijeljena ili neodijeljena). Dvije vrste čelije za početnu sintezu na miligramskoj skali prikazane su na slici 2.





Odijeljena
ćelija



Neodijeljena
ćelija



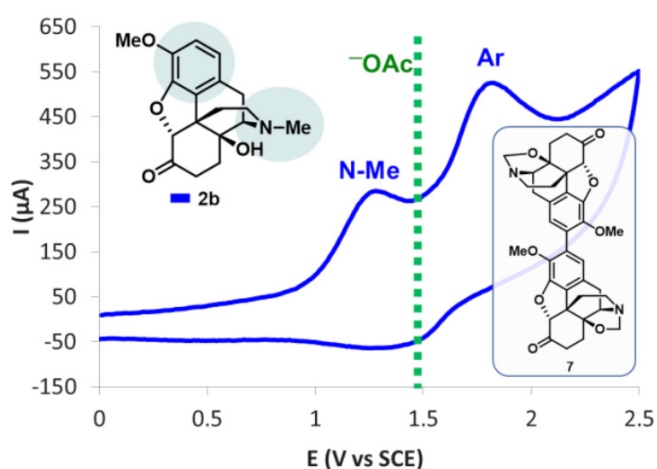
Slika 2 – Odijeljena (gore) i neodijeljena (dolje) ćelija¹

Za nastavak skaliranja reakcije, potrebno je osigurati provođenje pri uvjetu konstantne jakosti struje. To je vrlo povoljno zbog otežanosti mjerenja potencijala referentnom elektrodom u velikim elektrolizatorima, a isto tako zbog uvođenja referentne elektrode kao još jedne stavke u održavanju industrijskog procesa i dodatne stvorene nesigurnosti. Važno je prisjetiti se da se pri elektrolizi uz konstantnu jakost struje potencijal mijenja ovisno o sastavu otopine kako bi se jakost struje održala stalnom. Korištenje žrtvenog otapala ili elektrolita na radnoj elektrodi, koji će reagirati u poželjnom intervalu potencijala izvan potencijala reakcije od interesa osigurava da se umjesto supstrata degradira otapalo ili elektrolit, ako se povišenje potencijala uopće dogodi. Ukratko, supstrat bi trebao imati jedini strujni vrh na potencijalima

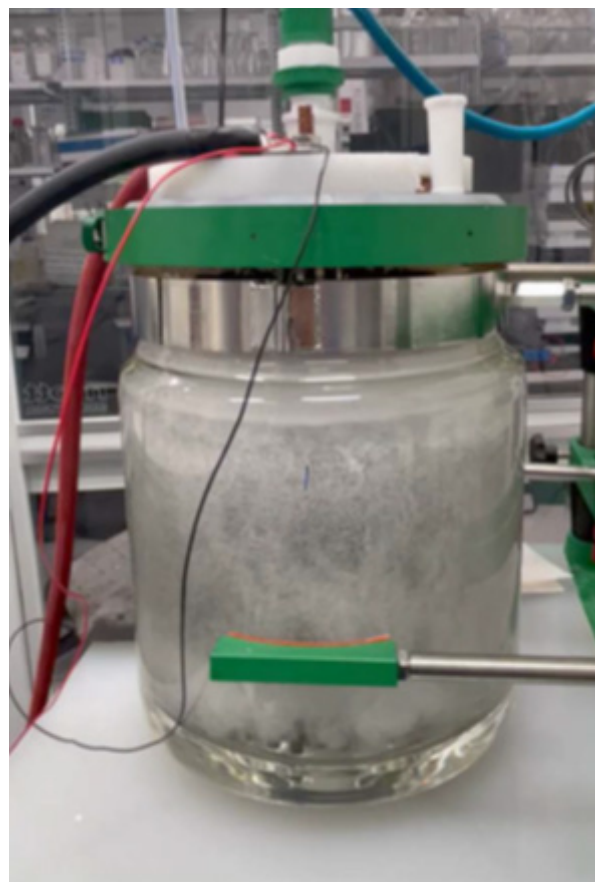
blíže 0 V, dok bi se u daljnjem intervalu potencijala trebao nalaziti samo strujni vrh nekog drugog supstrata koji smije degradirati. Cilj je stvoriti barijeru i prevenirati degradaciju, kako bi, u slučaju degradacije, jedino onečišćenje bilo ono nastalo degradacijom otapala. Na slici 3 prikazana je barijera oksidacije acetata koja prevenira reakciju dimerizacije oksikodona, ali dozvoljava željenu reakciju modifikacije amino-skupine.

Nakon uspješne optimizacije reakcije na miligramskoj skali, može se prevesti u veće mjerilo. Specifičnost elektrokemijskih reakcija pri provođenju u veće mjerilo leži u površinskoj reakciji na elektrodi, koja uvećanje pretvara u linearni problem. Razmak elektroda u organskoj elektrokemijskoj sintezi nalazi se u intervalu od nekoliko

milimetara do stotina mikrometara zbog velikog otpora otapala. Takav razmak često se održava i u većem mjerilu, što je vidljivo u konstrukcijama protočnih elektrolizatora. Budući da se razmak elektroda ne mijenja, povećanje mase ulazne otopine postiže se povećanjem površine elektroda, a vremenski ovisno iskorištenje poboljšava se optimizacijom protoka otopine između elektroda.



Slika 3 – Ciklički voltamogram oksikodona s prikazom dimera koji nastaje pri većim potencijalima i oznakom potencijala barijere, acetata²



Slika 4 – Šaržna ćelija kapaciteta 700 g supstrata (Shono oksidacija)³

Možemo primijetiti da se zbog industrijske potrebe za većim količinama produkata, reakcije brzo premještaju iz šaržne u pločastu protočnu ćeliju, ali to ne mora uvijek biti slučaj. U posljednje vrijeme objavljuju se radovi u području procesne kemije u kojima se uvećanje reakcija provodi u kotlastim (šaržnim) (slika 4) ili protočno-kotlastim ćelijama.

Organske elektrokemijske reakcije nameću određene varijable koje se prate pri uvećanju mjerila, pogotovo u proizvodnji farmaceutika s velikom dodanom vrijednošću. Zbog veličine elektroda, relativno mali volumen otopine može se značajno zagrijati, što osim moguće fluktuacije iskorištenja uvodi i sigurnosni rizik povećanog volumena para otapala. Takav problem rješiv je prethodnim termostatisanjem ulazne otopine pomoću vanjskog spremnika s plaštom ili toplinskog izmjenjivača. Ako je reakcija za procesno mjerilo razvijena tako da se na protuelektrodi proizvodi vodik ili kisik, potrebno je elektrolizator osigurati odgovarajućim protueksplozijskim mjerama, kao

što su kućište (slika 5.), ventilacija i uzemljenje. Pri likom razvoja reakcije koja klasičnom sintezom ne daje zadovoljavajuće iskorištenje pa se pribjegne elektrosintezi, isto tako može se dogoditi da elektrosinteza daje zadovoljavajuće iskorištenje, ali samo u prisutnosti dimenzijski nestabilnog materijala elektrode (onog koji se troši u otopinu). Takvi su slučajevi rijetki i nisu zastupljeni u farmaceutskoj industriji. Rješenje tog problema jest korištenje pregrade između radne elektrode i protuelektrode ili intenzivnija obrada izlaznog toka.





Slika 5 – Pločasti protočni elektrolizator u kućištu (lijevo) za oksidaciju tioetera⁴



Slika 6 – Postava ćelije (lijevo dolje) za Shono oksidaciju u deka-kilogramskom mjerilu⁵

Oba dijela ovog članka napisana su kao skup činjenica iz literature, pretežno radova iz časopisa i poglavlja u knjigama. Budući da bi citiranje cjelokupne literature zahtijevalo jednako prostora kao i sam članak, autor čitatelje upućuje na niže navedenu literaturu, koja služi kao dovoljno širok pregled organske elektrokemijske sinteze za početnike.



Literatura

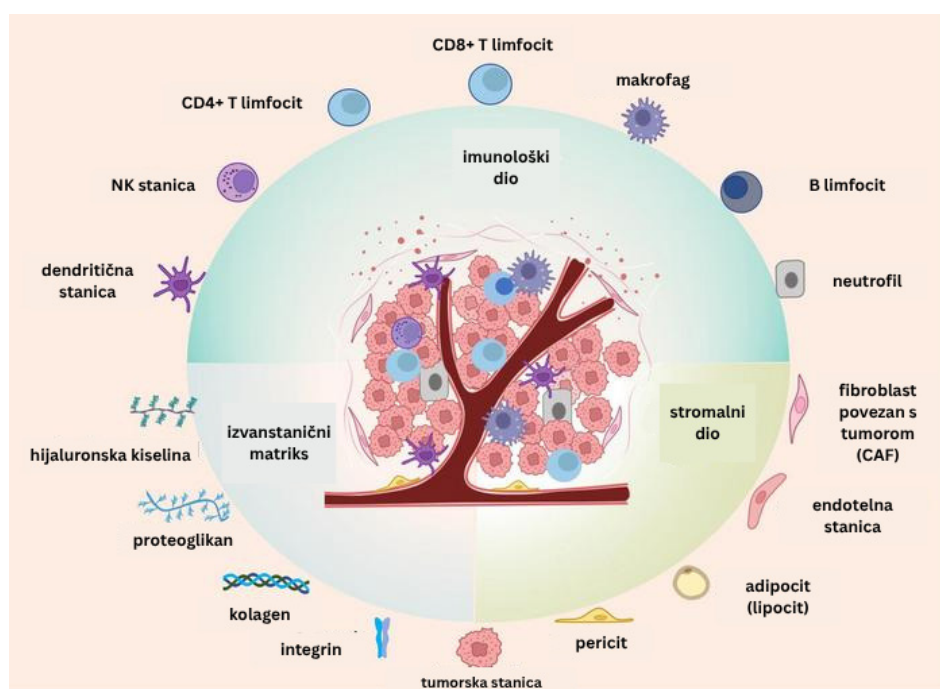
1. Leech, M. C., Lam, K., A practical guide to electrosynthesis, Nat. Rev. Chem., 6 (2022) 275.
2. Sommer, F., Aeschbacher, R. G., Thurnheer, U., Kappe, C. O., Cantillo, D., Sustainable and Scalable Synthesis of Noroxymorphone via a Key Electrochemical N-Demethylation Step, ChemRxiv
3. Griffin, J., Harper, K., Velasquez, S., Morrill, W., Thornton, W., Sutherland, D., Greiner, B., A Scalable Solution to Constant Potential Flow Electrochemistry, Org. Process Res. Dev., 28 (2024) 1877.
4. Lehnherr, D., Chen, L., Overview of Recent Scale-Ups in Organic Electrosynthesis (2000–2023), Org. Process Res. Dev., 28 (2024) 338.
5. Lehnherr, D., Chen, L., Bateni, F., Pilovsky, B., LaMura, M., Nietupski, C., Nappi, J., Weisel, M., Mattern, K. A., Cohen, R. D., Tong, W., Di Maso, M. J., Lévesque, F., Impact of Carbon-Based Anode Materials on Selectivity in a Shono Oxidation and Scale Up to Deca-Kilogram Scale, Org. Process Res. Dev., (2026)
6. Kingston, C., Palkowitz, M. D., Takahira, Y., Vantourout, J. C., Peters, B. K., Kawamata, Y., Baran, P. S., A Survival Guide for the “Electro-curious”, Acc. Chem. Res., 53 (2019) 72.
7. Oliver, Z. J. et al., Scaling Organic Electrosynthesis: The Crucial Interplay between Mechanism and Mass Transport, ACS Cent. Sci., 11 (2025) 528.
8. Hammerich, O., Speiser, B., Organic Electrochemistry 5th Ed., CRC Press, Boca Raton, 2016.
9. Goodridge, F., Scott, K., Electrochemical Process Engineering: A Guide to the Design of Electrolytic Plant, Springer Science, New York, 1995.

Nova metoda jačanja imunoloških stanica u borbi protiv raka

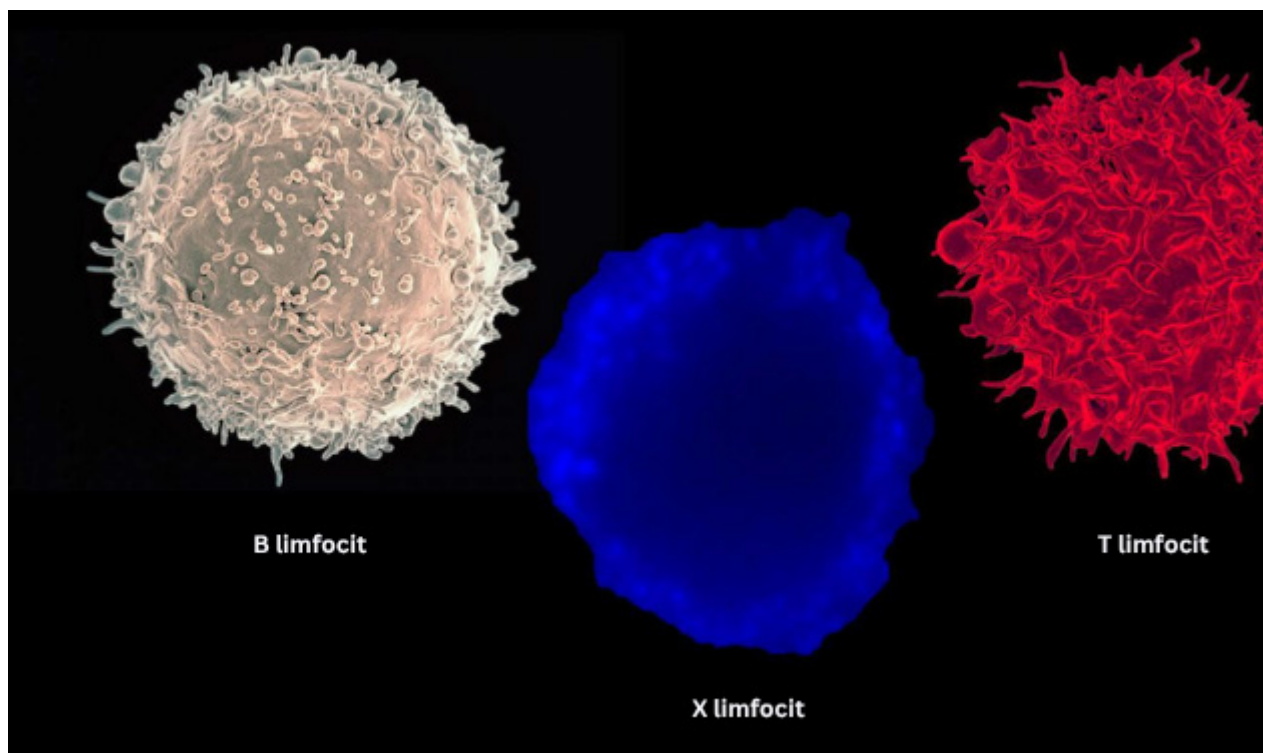
Veronika Biljan (FKIT)

Tumori se ugrubo dijele na dvije glavne skupine. Solidne odnosno čvrste (rak organa, tkiva) te hematološke (rak limfnog/hematopoetskog tkiva), koji za razliku od čvrstih tumora zahvaćaju krvotorni sustav (koštanu srž) i limfni sustav.¹ Tumorsko mikrookruženje (engl. tumor microenvironment, TME) složen je i dinamičan ekološki sustav koji ima ključnu ulogu u patogenezi malignih bolesti. Obuhvaća ne samo populaciju tumorskih, već i imunoloških i stromalnih stanica te komponente izvanstaničnog matriksa, živčanog sustava i krvnih žila. Sve te komponente međusobnim interakcijama mogu poticati ili inhibirati progresiju tumora. Solidni tumori stvaraju imunosupresivna mikrookruženja koja inhibiraju tumor infiltriraju-

će limfocite (engl. tumor-infiltrating lymphocytes, TIL) putem intenzivne potrošnje glukoze, koja je ključni izvor energije za sve stanice pa tako i tumor infiltrirajuće limfocite koji su glavna razina obrane organizma protiv tumora. Tumor infiltrirajući limfociti su opširna skupina imunoloških stanica koja obuhvaća heterogenu populaciju T limfocita, B limfocita i prirodnih stanica ubojica (NK stanice). Heterogenost i funkcionalna svojstva tumor infiltrirajućih limfocita značajno se razlikuju među pojedinim vrstama tumora. Primjerice, kod karcinoma jetre TIL-ovi pokazuju specifične obrasce klonulosti i iscrpljenosti (engl. *exhaustion*), što je ključno za razumijevanje njihove uloge u progresiji tumora. Imunološko mikrookruženje unutar TME-a snažno utječe na funkcionalnost TIL-ova. Tijekom ranih faza onkogeneze tumorske stanice mogu izbjeći nadzor urođenog imunološkog sustava, što dovodi do razvoja funkcionalno kompromitiranih T i B limfocita. Također, ograničena dostupnost hranjivih tvari unutar TME-a prisiljava TIL-ove na metaboličke prilagodbe koje pogoduju razvoju tolerogenih fenotipova, čime se smanjuje njihova antitumorska učinkovitost. Tolerogeni fenotip odnosi se na specifična morfološka i funkcionalna svojstva imunoloških stanica, koje aktivno potiskuju imunološki odgovor umjesto da ga potiču.^{5,6}



Slika 1 – Tumorsko mikrookruženje⁷



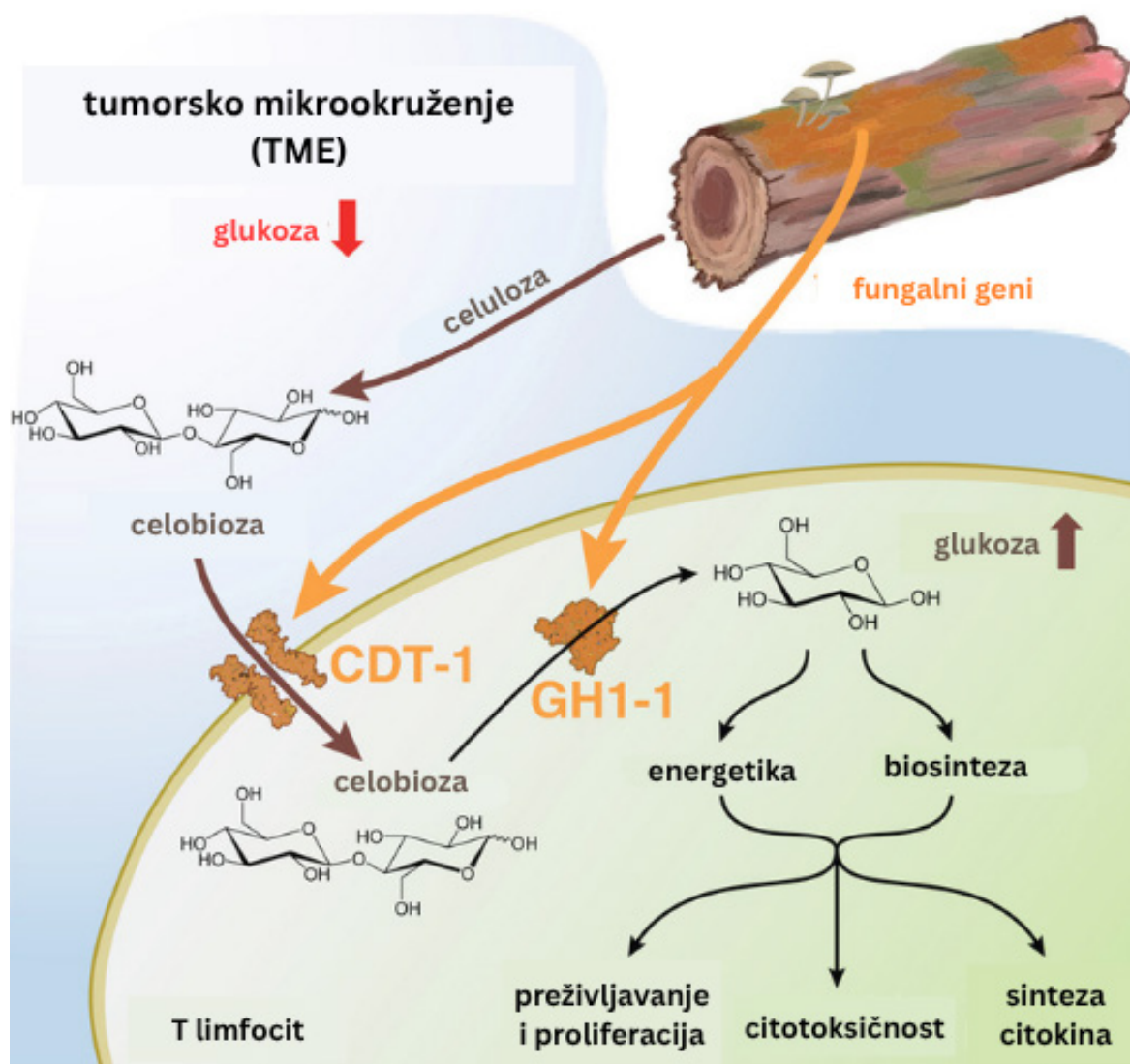
Slika 2 – Kolorizirane snimke B i T limfocita dobivene pretražnom elektronskom mikroskopijom (engl. Scanning Electron Microscope, SEM) te fluorescentna mikroskopska slika prethodno neotkrivenog „X limfocita”, hibrida ovih dviju populacija imunoloških stanica.⁸

Glukoza je ključni izvor energije za stanice te važan izvor biosintetskih prekursora za anaboličke metaboličke putove. T limfociti prolaze kroz opsežno metaboličko preprogramiranje te intenzivno aktiviraju aerobnu glikolizu, dakle potrebna im je glukoza kako bi podržali različite funkcije citotoksičnih T limfocita, uključujući preživljavanje, proliferaciju, proizvodnju citokina i citotoksičnost. Abnormalno niske koncentracije glukoze prisutne u TME zbog tumorskih stanica koje pokazuju izrazito visoku potrošnju glukoze u usporedbi sa stanicama izvornog tkiva potiču svojevrsno natjecanje za glukozu unutar TME-a između T limfocita i tumorskih stanica. To doprinosi progresiji raka jer dovodi do narušavanja funkcija T limfocita.²

Kako bi zaobišli ovaj metabolički problem, istraživači sa Sveučilišta u Kaliforniji, Los Angeles (engl. *The University of California*, UCLA, Los Angeles) razvili su način opskrbe T limfocita energijom bez istodobnog omogućavanja pristupa tom izvoru energije tumorskim stanicama. U tu su svrhu koristili celobiozu koja nije toksična i američka

Agencija za hranu i lijekove (engl. Food and Drug Administration, FDA) općenito ju je priznala sigurnom za uporabu. Celobioza se često dodaje prehrambenim proizvodima poput dojenačkih formula, napitaka, slastica i glazura. Obnova funkcije TIL-ova osigurana je, dakle, specifičnim izvorom energije umjesto glukoze. Celobioza je disaharid glukoze koji predstavlja osnovnu strukturnu jedinicu celuloze, prisutne u biljnim vlaknima. Sadrži β -1,4-glikozidnu vezu koju životinje (kao ni njihovi tumori) ne mogu hidrolizirati (razgraditi), dok su gljive i mikroorganizmi evolucijski razvili enzime sposobne katabolizirati celobiozu u iskoristivu glukozu. Mišjim T limfocitima i humanim CAR-T stanicama (engl. chimeric antigen receptor T cells, CAR-T) uvedena su dva proteina gljivičnog podrijetla koja omogućuju metabolizam, odnosno hidrolizu celobioze te se pokazalo da suplementacija celobiozom tijekom uskraćivanja glukoze obnavlja ključne antitumorske funkcije T limfocita: vijabilnost, proliferaciju, proizvodnju citokina i citotoksično djelovanje.

Genetski modificirani T limfociti opskrbljeni celobiozom potisnuli su rast tumora i produljili preživljenje. Kod pojedinih životinja zabilježena je potpuna regresija tumora. Nasuprot tome, nemo-modificirani T limfociti brzo su gubili funkcionalnost u istim uvjetima koji su oponašali okoliš tumora siromašan hranjivim tvarima.^{3,4}



Slika 3 – Genetski modificirani T limfocit s ugrađenim genima za razgradnju celobioze²

Analizom imunoloških stanica unutar tumora utvrđeno je da su modificirani T limfociti bili metabolički aktivniji, intenzivnije proliferirali te pokazivali manje znakova iscrpljenosti (engl. *T-cell exhaustion*), stanja koje u mnogim malignim bolestima značajno narušava učinkovitost imunološkog odgovora. Omogućavanje ekskluzivnog pristupa celobiozi predstavlja potencijalnu strategiju za unaprjeđenje imunoterapije raka. Metoda, objavljena u časopisu *Cell*, mogla bi riješiti jedan od glavnih razloga zbog kojih CAR-T terapija i druge imunoterapijske strategije postižu ograničen uspjeh u liječenju solidnih tumora, uključujući karcinome pluća, dojke i debelog crijeva. U takvim tumorima agresivne tumorske stanice često troše dostupne energetske resurse, ostavljajući imunološke stanice bez dovoljno energije za učinkovito djelovanje.²

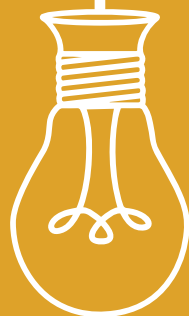


Ista strategija pokazala je potencijal i u humanim CAR-T stanicama, koje se već koriste u liječenju određenih leukemija i limfoma. U uvjetima niske koncentracije glukoze, usporedivima s onima u solidnim tumorima, standardne CAR-T stanice gubile su vijabilnost i prestajale proizvoditi citokine za uništavanje tumorskih stanica. Dodatak celobioze obnovio je njihovo preživljavanje, proliferaciju, proizvodnju citokina i sposobnost uništavanja tumorskih stanica.⁴

Istraživači smatraju da bi ovaj pristup mogao imati široku primjenu. Trenutačno je u svijetu u tijeku više od 500 kliničkih ispitivanja koja istražuju primjenu CAR-T stanica u liječenju solidnih tumora, no mnoga od njih suočavaju se s problemima iscrpljenosti imunoloških stanica i neuspjeha terapije. Tim vjeruje da bi uvođenje ova dva gena, u kombinaciji s pažljivo kontroliranom primjenom celobioze, moglo unaprijediti učinkovitost brojnih postojećih terapijskih strategija.⁴

Literatura

1. <https://www.onkologija.hr/vrste-raka-a-z/> (pristup 14.7.2026.)
2. Miller M.L., Thauland T.J., Nagarajan S.S., Zuo W.E., Moreno Lastre M.A., Butte M.J. Fungal-derived cellobiose metabolic pathway fuels T cells to bypass intratumoral glucose competition. *Cell*. 2026;189(6):1717-1730. doi:10.1016/j.cell.2026.01.015.
3. Sun Z, Qiu L, Zhao X, Jiao S. The Tumor Microenvironment and Tumor-infiltrating Lymphocytes in Solid Tumor: A Comprehensive Review. *Oncol Adv*. 2024;2(2):72-82. doi: 10.14218/OnA.2023.00043.
4. <https://scitechdaily.com/scientists-have-found-a-way-to-feed-immune-cells-without-fueling-cancer/> (pristup 14.7.2026.)
5. Ho, P.C., Bihuniak, J.D., MacIntyre, A.N., Staron, M., Liu, X., Amezquita, R., Tsui, Y.C., Cui, G., Micevic, G., Perales, J.C., et al. (2015). Phospho- enolpyruvate Is a Metabolic Checkpoint of Anti-tumor T Cell Responses. *Cell* 162, 1217–1228. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.08.012>.
6. Chang, C.H., Qiu, J., O'Sullivan, D., Buck, M.D., Noguchi, T., Curtis, J.D., Chen, Q., Gindin, M., Gubin, M.M., Van Der Windt, G.J.W., et al. (2015). Metabolic Competition in the Tumor Microenvironment Is a Driver of Cancer Progression. *Cell* 162, 1229–1241. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.08.016>
7. <https://www.eurekalert.org/news-releases/1036359> (pristup 14.7.2026.)
8. <https://www.eurekalert.org/multimedia/891685> (pristup 14.7.2026.)



BOJE INŽENJERSTVA

Projekt „PIGMENTS”

Laura Glavinić (FKIT)

Zamislite diplomski studij usmjeren na održive tehnologije premaza i boja, koji istodobno spaja tehnologije budućnosti poput umjetne inteligencije i nanotehnologije u jedinstven program razvijen na čak tri europska sveučilišta. Zvuči nemoguće? Nije! Takav studij upravo se razvija na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije u sklopu projekta „PIGMENTS”, čiji je glavni cilj smisliti inovativan, visoko integrirani zajednički diplomski studij u području održivih tehnologija premaza i boja. Osim što će budući studenti ovog studija imati priliku provesti po semestar u Hrvatskoj, Francuskoj i Portugalu gdje će znanja stjecati primjenom nekonvencionalnih inovativnih metoda učenja te otići u ljetnu školu u Kanadu, trenutačni studenti imaju jedinstvenu priliku direktno se uključiti u razvoj ovog diplomskog studija putem raznih aktivnosti. Više o projektu „PIGMENTS” te kako se u njega uključiti pročitatte u nastavku.

Što je projekt „PIGMENTS”?

„Paints and coatings: Material Engineering, design and innovative Technologies for Sustainability (PIGMENTS) je Erasmus Mundus Design Measures (EMDM)” projekt kojim se na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu kemijskog inženjerstva i teh-

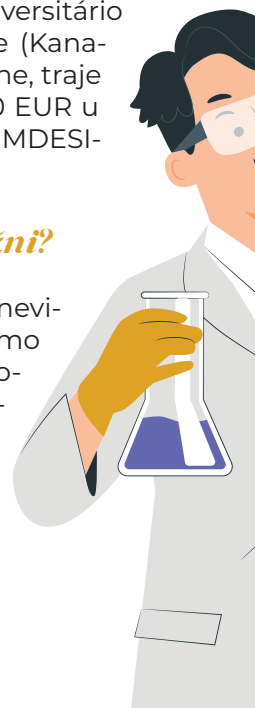


Slika 1 – Što se krije iza premaza i boja?

nologije (FKIT), u suradnji s trima inozemnim partnerima, razvija zajednički diplomski studijski program posvećen održivim tehnologijama premaza i boja. Projekt koordinira Sveučilište u Zagrebu Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, a u međunarodnom konzorciju sudjeluju ITECH Lyon (Francuska), Atlântica – Instituto Universitário (Portugal) i Université de Sherbrooke (Kanada). Započeo je 1. listopada 2025. godine, traje 15 mjeseci, a financiran je s 60.000,00 EUR u okviru poziva ERASMUSEDU2025EMJMDESIGN.

Zašto su premazi i boje važni?

Premazi i boje dio su naše svakodnevne toliko da ih gotovo i ne primjećujemo – prekrivaju automobile, zgrade, brodove, medicinske uređaje i industrijsku opremu. Njihova uloga pritom daleko nadilazi estetiku. Riječ je o sofisticiranim kemijskim sustavima u kojima veza između polimerne



matrice, pigmenta, punila i aditiva određuje ključna svojstva konačnog materijala, uključujući barijernu zaštitu od vlage i kisika, otpornost na koroziju, UV-stabilnost i mehaničku izdržljivost. Time se izravno produljujući vijek trajanja proizvoda. S obzirom na sve stroža ekološka ograničenja, kao što su smanjenje emisija hlapljivih organskih spojeva, izbjegavanje teških metala i prelazak na obnovljive sirovine, razvoj održivih premaza postao je jedno od najkompleksnijih, ali i najvažnijih područja primijenjene kemije. Ono povezuje kemijsko inženjerstvo, znanost o materijalima, ekoinženjerstvo i zaštitu okoliša.

Prvi studijski program ove vrste

U Europi još ne postoji zajednički studijski program koji se sustavno bavi održivim tehnologijama premaza i boja. Postojeći studiji dodiruju kemiju materijala ili površina, ali ne ulaze dovoljno duboko u specifičnu tematiku premaza i boja. Budući studij koji se razvija u okviru „PIGMENTS” projekta puni tu prazninu, kao prvi program u Europi posvećen isključivo ovom području, u cijelosti na engleskom jeziku i otvoren studentima iz različitih zemalja.

Kako bi izgledao studij?

Program bi bio strukturiran kroz podijeljene semestre na tri europska sveučilišta, uz ljetnu školu u Kanadi:

- 1. semestar (Portugal): obrađuje temelje, kao što su reologija premaza, tehnologija površina, adhezija, odabir materijala, uz projektni rad usmjeren na razvoj proizvoda;
- 2. semestar (Francuska): produbljivanje formulacije premaza, sirovine i metode karakterizacije, uvod u Industriju 4.0 i podatkovne alate, projektno učenje i izborni kolegiji;
- Ljetna škola u Kanadi: dosada naučeno gradivo spaja se kroz intenzivan rad na kon-

kretnom problemu, koji uključuje planiranje eksperimenata, digitalizaciju a laboratorijskog rada, modeliranje, sintezu i karakterizaciju premaza, uz izravan kontakt s industrijom;

• 3. semestar (Hrvatska): inženjerstvo površina, primijenjena nanotehnologija, biopolimeri, održivi dizajn procesa i podatkovno vođeni dizajn materijala, uz treći projektni modul;

• 4. semestar: izrada diplomskog rada na jednoj od partnerskih institucija po studentskom odabiru

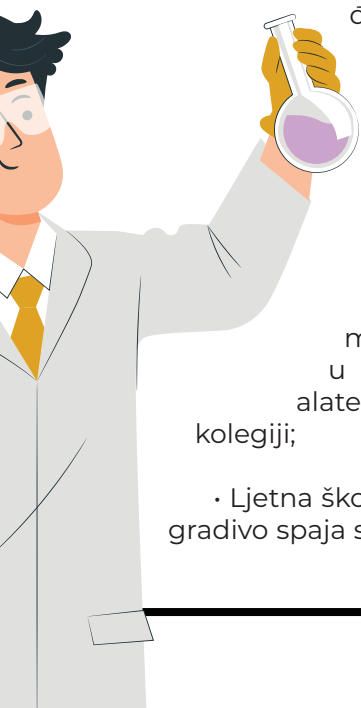
Uz sama predavanja, program se u velikoj mjeri oslanja na učenje temeljeno na problemima, studije slučaja, projektnu nastavu i rad na stvarnim industrijskim zadacima, uz posjete industrijskim partnerima što studentima otvara priliku da grade vlastitu profesionalnu mrežu.



Slika 2 – Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije (gore lijevo), Université de Sherbrooke (gore desno), ITECH Lyon (dolje lijevo), Atlântica – Instituto Universitário (dolje desno)

Tko stoji iza programa?

Konzorcij okuplja četiri visoka učilišta s komplementarnim ekspertizama u kemijskom inženjerstvu, materijalima, inženjerstvu površina i formulaciji premaza. Projekt vodi doc. dr. sc. Nevena Milčić, a uz nju na FKIT-u sudjeluje tim profesora s dugogodišnjim iskustvom u polimerima, inženjerstvu površina, industrijskim inovacijama,



međunarodnoj suradnji te osiguravanju kvalitete visokog obrazovanja (prof. dr. sc. Ante Jukić, prof. dr. sc. Zvezdana Findrik Blažević, prof. dr. sc. Ernest Meštrović, prof. dr. sc. Sanja Lučić Blagojević i prof. dr. sc. Marko Rogošić). Partnerske institucije donose vlastito znanje iz formulacijske kemije, polimera, kompozita i naprednih materijala.

Program prati i snažna industrijska podrška koja uključuje i strukovne udruge i tvrtke koje proizvode boje i premaze. Projekt podržavaju: AEDCP (AED Cluster Portugal – Aeronautics, Space and Defence), APIP (Portuguese Plastics Industry Association), ARCP CoLAB (Rede de Competência em Polímeros), CCE (Croatian Chamber of Economy), CPCA (Canadian Paint and Coatings Association), FIPEC (Fédération des industries des peintures, encres, colles, couleurs et résines, France), and VSLF (Verband der Schweizerischen Lack- und Farbenindustrie), Blanchon group, Chromos boje i lakovi d.d, Polynovatec Inc. te Catano Coatings.

Razvoj kurikuluma, dizajn mobilnosti i kriterija upisa

Razvoj programa počeo je razgovorima s industrijom, kako bi se identificirale vještine koje tržište stvarno traži. Dakle, kurikulum ovog programa oblikuje se prema stvarnim potrebama tržišta rada, ne samo u teoriji. Razvijeni kolegiji i ishodi učenja prolaze nekoliko krugova provjere unutar konzorcija i vanjskog savjetodavnog odbora, uz dodatne prilagodbe na temelju povratnih informacija industrije i, što je jednako važno, samih studenata.

Osim sadržaja programa, „PIGMENTS” razvija i detaljan okvir mobilnosti, s ciljem da studenti mobilnost između institucija ostvare bez prepreka. Program mobilnosti razvija se sa svim bitnim administrativnim problemima na umu, od rasporeda boravka na pojedinim institucijama do logističke podrške i pravnih pitanja poput viza za studente izvan EU, uključujući Kanadu. Posebna pažnja posvećena je međusobnom priznavanju ishoda učenja i ECTS bodova među institucijama, kako bi studentima akademski put bio jasan i predvidiv. Studentima će biti dostupna podrška kroz savjetovanje, jezičnu pomoć, akademsko mentorstvo i programe kulturne integracije.

Projekt uvodi i zajedničku upisnu politiku, jednaku za sve institucije konzorcija, s jasnim kriterijima prijave koji uzimaju u obzir akademski uspjeh, motivaciju, jezične kompetencije i relevantno iskustvo. Poseban naglasak stavljen je na pravednost, inkluziju i raznolikost, u skladu s načelima *Erasmus* i *European Solidarity Corps Inclusion and Diversity* strategijom.

Kako se vi možete uključiti?

„PIGMENTS” projekt jedinstven je po tome što se studenti mogu izravno utjecati na to kako će budući program izgledati. Konkretno, možete:

1) sudjelovati u konzultacijama, putem upitnika i intervjua podijeliti mišljenje o kurikulumu, organizaciji studija i sustavu podrške studentima,

2) surađivati na dokumentima i procedurama zajedno s članovima konzorcija,

3) postati ambasador programa sudjelovanjem u info danima, *Erasmus* danima i virtualnim razmjenama, gdje studenti iz jedne zemlje dijele iskustva s kolegama iz druge,

4) sudjelovati u prezentacijama i Q&A događanjima vezanima uz održive boje i premaze.

Sve prikupljene povratne informacije koristit će se za oblikovanje nastavnog plana i organizacije programa prije pokretanja akreditacije diplomskog studija. Upravo glas studenata može oblikovati program koji bi jednog dana mogli upisati budući studenti.

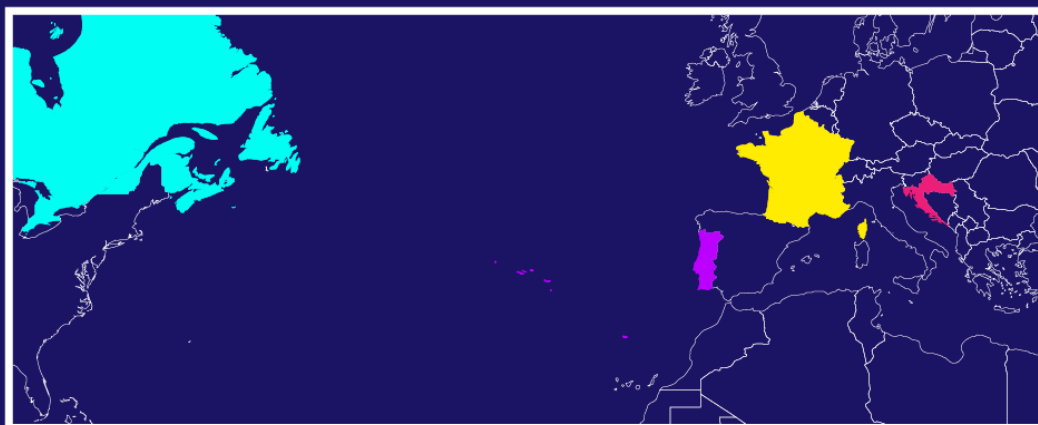
Zainteresirani ste? Studenti FKIT-a mogu se javiti koordinatorici projekta, doc. dr. sc. Neveni Milčić, na nmilcic@fkit.unizg.hr.



Skeniraj QR kod i postani dio projekta „PIGMENTS”!

PIGMENTS

Paints and coatings: material engineering,
design and innovative technologies for sustainability



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



**Co-funded by
the European Union**

Financirano sredstvima Europske unije. Izneseni stavovi i mišljenja su stavovi i mišljenja autora i ne moraju se podudarati sa stavovima i mišljenjima Europske unije ili Europske izvršne agencije za obrazovanje i kulturu (EACEA). Ni Europska unija ni EACEA ne mogu se smatrati odgovornima za njih.

Iskorištavanje energije valova

Adrijana Karniš (FKIT)

Dok su obnovljivi izvori energije poput vjetrova i Sunca već dobro poznati i široko primijenjeni, posljednjih se godina sve više pažnje posvećuje tehnologijama koje iskorištavaju snagu morskih valova. Riječ je o izvoru energije koji se smatra osobito perspektivnim, prije svega zbog svoje iznimno visoke gustoće snage: čak 2 do 3 kW/m², u usporedbi s 0,4 do 0,6 kW/m² kod vjetrova i tek 0,1 do 0,2 kW/m² kod solarne energije. Energija valova ne oduševljava samo brojkama, njezina predvidljivost i relativno nizak utjecaj na okoliš čine je vrlo obećavajućim smjerom razvoja obnovljivih izvora energije.¹

Ocem moderne tehnologije energije valova smatra se Yoshio Masuda, koji je sredinom prošlog stoljeća svojim istraživanjima razvio navigacijsku plutaču opremljenu zračnom turbinom. Takav je sustav poslije nazvan oscilirajući vodeni stupac (engl. *oscillating water column*, OWC).²

Tijekom posljednjih desetljeća numeričkim i fizikalnim ispitivanjima potvrđena je mogućnost iskorištenja energije valova pomoću pretvarača (engl. *wave energy converters*, WEC). Dobivena energija može se koristiti u procesima desalinizacije ili se pretvoriti u električnu energiju.³

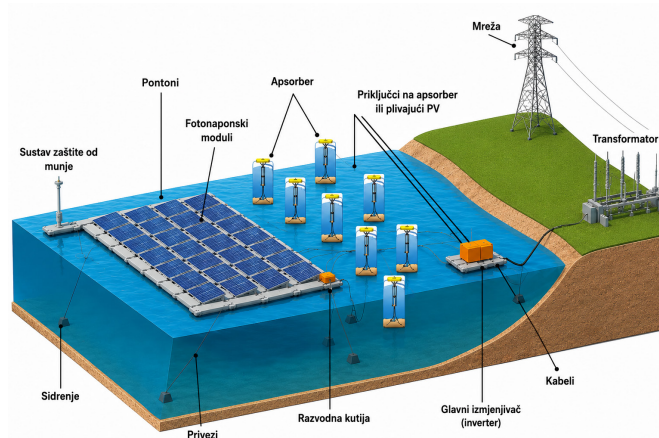
Postoji više načina klasificiranja WEC-a, a jedan od najčešće korištenih je onaj prema principu rada koji dijeli WEC na tip prelijevanja (engl. *overtopping type*, OWEC), tip oscilirajućeg vodenog stupca (engl. *oscillating water column type*, OWCWEC) i tip oscilirajućeg tijela (engl. *oscillating body type*, OBWEC).⁴

Kod prelijevajućeg tipa valovi prelaze preko rampe u spremnik iznad razine mora, nakon čega se voda vraća u more kroz turbinu, dok kod oscilirajućeg vodenog stupca gibanje vode u djelomično zatvorenoj komori sabija i usisava zrak koji pokreće zračnu turbinu. Kod pretvarača s oscilirajućim tijelom valovi uzrokuju gibanje plutajućih ili uronjenih dijelova, a njihovo relativno pomicanje preko mehaničkog, hidrauličkog ili električnog sustava pretvara se u električnu energiju.⁵



Slika 1 – Prednosti energije valova⁵

Energiju valova moguće je kombinirati i nadopuniti sa solarnom energijom i energijom vjetrova, a najnovije tehnologije kombiniraju sva tri izvora. Ovakva tehnologija osigurava energiju za obalna područja te uravnotežuje elektroenergetsku mrežu. Procjenjuje se da bi energija valova do 2050. godine mogla stvoriti oko 680 000 izravnih radnih mjesta diljem svijeta, a mnogi od tih poslova lokalnog su karaktera što bi pružilo novu perspektivu obalnim zajednicama koje su tradicionalno povezane s brodogradnjom i naftnom industrijom. Uz ove prednosti energija valova ima i mnoge druge, što je prikazano na slici 1.



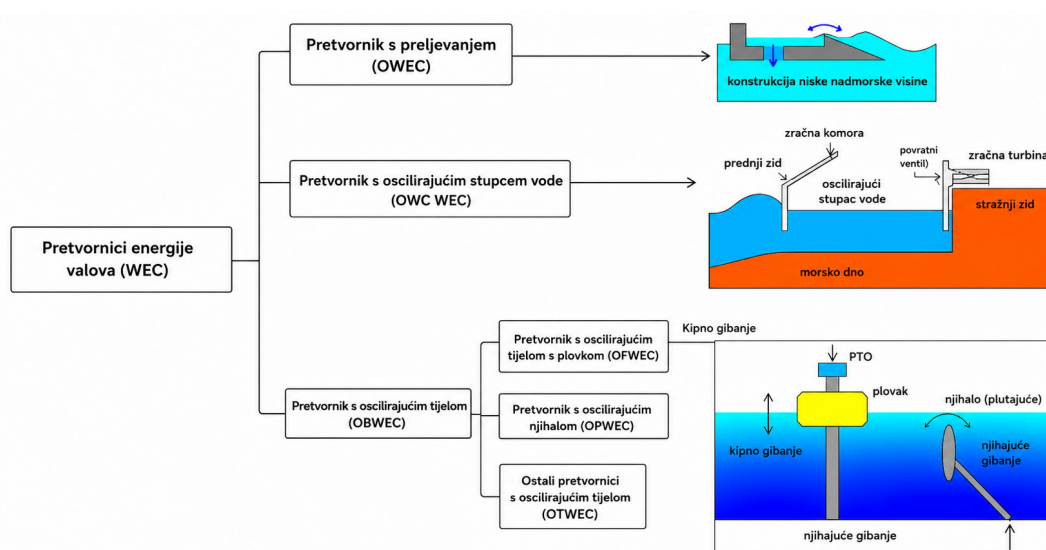
Slika 2 – Prikaz hibridnog sustava plutajuće fotonaponske elektrane i pretvarača energije valova⁶

Unatoč velikom teorijskom potencijalu, energija morskih valova suočava se s nizom tehničkih i ekonomskih ograničenja. Najvažniji problemi uključuju promjenjivost valnih uvjeta, visoke troškove izgradnje i održavanja, korozivno djelovanje morske vode te rizik od oštećenja tijekom oluja i ekstremnih valova. Dodatne poteškoće predstavljaju priključenje offshore uređaja na elektroenergetsku mrežu, ograničena tehnološka standardi-

zacija i još uvijek nedovoljno poznati dugoročni učinci na morski okoliš.⁷

Budući razvoj tehnologija za iskorištavanje energije morskih valova uvelike će ovisiti o smanjenju niveliranog troška energije. To se može postići razvojem pouzdanijih konstrukcija, napredni-

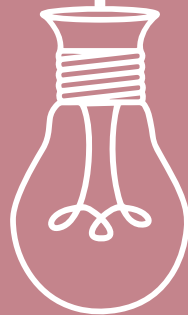
jih sustava upravljanja i nadzora, primjenom novih materijala te digitalizacijom rada i održavanja uređaja.⁸ U svakom slučaju, iskorištavanje energije valova uzbudljiv je i zanimljiv smjer istraživanja koji bi u narednim desetljećima mogao postati jedan od ključnih stupova globalne energetske tranzicije.



Slika 2 – Pretvornici energije valova⁴

Literatura

1. Bouhrim, H., El Marjani, A., Nechad, R., Hajjout, I. (2024). Ocean wave energy conversion: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(11), 1922.
2. Falcão, A. F. D. O. (2010). Wave energy utilization: A review of the technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(3), 899-918.
3. Wang, L., Isberg, J., Tedeschi, E. (2018). Review of control strategies for wave energy conversion systems and their validation: the wave-to-wire approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 366-379.
4. Lian, J., Wang, X., Wang, X., Wu, D. (2024). Research on wave energy converters. *Energies*, 17(7), 1577.
5. IRENA, O. (2023). Scaling up investments in ocean energy technologies. International Renewable Energy Agency.
6. Araria, R., Guemmour, M. B., Negadi, K., Berkani, A., Marignetti, F., Bey, M. (2024). Design and evaluation of a hybrid offshore wave energy converter and floating photovoltaic system for the region of Oran, Algeria. *Electrical Engineering & Electromechanics*, (6), 11-18.
7. Aderinto, T., Li, H. (2018). Ocean wave energy converters: Status and challenges. *Energies*, 11(5), 1250.
8. IRENA, E. (2020). Innovation outlook: ocean energy technologies. International Renewable Energy Agency Abu Dhabi, United Arab Emirates.



SCIENCE INFLUENCER

Tradicionalna medicina:

8. Lipa

Tilia spp.

Laura Čavec (FKIT)

Lipa je jedna od najpoznatijih i najcjenjenijih stabala europske flore te zauzima posebno mjesto u narodnoj medicini brojnih zemalja. Njezini mirisni cvjetovi stoljećima se koriste za pripremu čaja kojim su se ublažavali simptomi prehlade, kašlja, povišene tjelesne temperature i nesanice. Zbog svoje dugovječnosti, raskošne krošnje i ugodnog mirisa često je simbol mira, zajedništva i prirodne ravnoteže.

Povijest i običaji

Lipa ima bogatu povijest koja seže još u antičko doba. Stari Grci i Rimljani cijenili su je zbog njezine ljepote, ugodnog hlada i ljekovitih svojstava, dok je u srednjem vijeku postala sastavni dio samostanskih vrtova u kojima su se uzgajale ljekovite biljke. Njezini cvjetovi koristili su se za pripremu ljekovitih napitaka, a drvo za izradu uporabnih i umjetničkih predmeta.

U slavenskoj tradiciji lipa je bila sveto stablo i simbol mira, obitelji, plodnosti i zaštite. Često se sadila u središtu sela ili uz crkve, gdje su se održavali važni društveni skupovi i donosile zajedničke odluke. U mnogim krajevima vjerovalo se da lipa

štiti od groma i zlih sila te donosi blagostanje domu u čijoj se blizini nalazi. U hrvatskoj tradiciji čaj od lipe stoljećima je bio nezaobilazan kućni pripravak tijekom zimskih mjeseci.

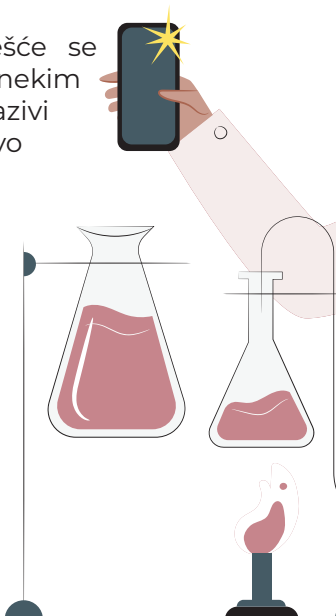


Slika 1 – Stablo lipe

Drugi nazivi

U hrvatskom jeziku najčešće se koristi naziv lipa, dok se u nekim krajevima mogu susresti i nazivi poput lipovac, lipovina ili lipovo drvo. U stručnoj literaturi prevladava latinski naziv *Tilia spp.*, a za cvijet lipe koristi se naziv *Tiliae flos*.

Na engleskom jeziku lipa se naziva *linden* ili *lime tree*, na njemačkom *Linde*, na francuskom *tilleul*, a na talijanskom *tiglio*.



Opis biljke

Lipa pripada porodici *Malvaceae* te je dugovječno listopadno stablo koje u povoljnim uvjetima može doseći visinu od 20 do 40 metara. Poznata je po svojoj širokoj, gusto razgranatoj krošnji koja tijekom ljeta pruža ugodan hlad, zbog čega se stoljećima sadi uz trgove, crkve, parkove i seoske putove. Pojedina stabla mogu živjeti nekoliko stotina godina, a neka dosežu starost veću od 800 godina.

Deblo je u mladosti glatko i sivkaste boje, dok s godinama kora postaje tamnija i uzdužno ispucana. Listovi su srcolikog oblika, nazubljenih rubova i raspoređeni naizmjenično na granama. Donja strana listova kod pojedinih vrsta prekrivena je sitnim dlačicama koje predstavljaju jedno od obilježja po kojem se vrste mogu razlikovati.

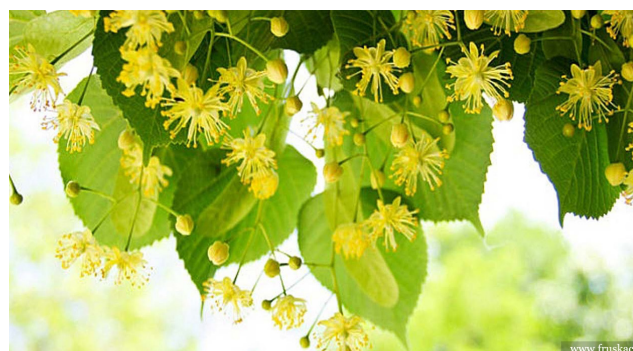
Cvjetovi su sitni, žućkastobijeli i vrlo intenzivnog mirisa. Skupljeni su u viseće cvatove povezane karakterističnim blijedozelenim pricvjetnim listom koji nakon sazrijevanja plodova omogućuje njihovo lakše rasprostranjivanje vjetrom. Lipa cvate tijekom lipnja i srpnja, kada svojim mirisom privlači velik broj pčela i drugih oparašivača, zbog čega se smatra jednom od najznačajnijih medonosnih biljaka Europe.



Srodne vrste

Rod *Tilia* obuhvaća tridesetak prirodnih vrsta rasprostranjenih u Europi, Aziji i Sjevernoj Americi. U Hrvatskoj su najznačajnije sitnolisna lipa (*Tilia cordata* Mill.) i krupnolisna lipa (*Tilia platyphyllos* Scop.), koje se u fitoterapiji smatraju službenim ljekovitim vrstama. Njihovi cvjetovi imaju vrlo sličan kemijski sastav i gotovo jednaku primjenu u liječenju, zbog čega se često koriste zajedno kao biljna droga poznata pod nazivom *Tiliae flos*.

U urbanim sredinama vrlo je rasprostranjena i srebrna lipa (*Tilia tomentosa* Moench), koja je posebno otporna na gradsko onečišćenje zraka i nepovoljne okolišne uvjete. Iako se često sadi u drvo-redima i parkovima, u fitoterapiji se koristi znatno rjeđe od sitnolisne i krupnolisne lipe.



Slika 3 – Od gore prema dolje: sitnolisna lipa, krupnolisna lipa te srebrna lipa



Stanište i rasprostranjenost

Lipa prirodno raste u umjerenom klimatskom pojasu Europe i zapadne Azije, a rasprostranjenost je od nizinskih područja pa sve do planinskih šuma. U Hrvatskoj je nalazimo gotovo na cijelom području, osobito u kontinentalnim krajevima gdje čini sastavni dio mješovitih listopadnih šuma zajedno s hrastom, grabom i bukvom.

Najbolje uspijeva na dubokim, plodnim i umjerenom vlažnim tlima bogatim humusom, dok slabije podnosi izrazito suha i kamenita staništa. Zahvaljujući dobro razvijenom korijenskom sustavu i velikoj prilagodljivosti, uspješno raste i u urbanim sredinama gdje doprinosi poboljšanju kvalitete zraka, ublažavanju visokih temperatura tijekom ljeta te stvaranju ugodne mikroklimе.

Uzgoj

Lipa je vrlo zahvalna vrsta za uzgoj jer dobro podnosi različite klimatske uvjete i rijetko obolijeva od ozbiljnih bolesti. Najbolje uspijeva na sunčanim ili polusjenovitim položajima, uz dovoljno vlage tijekom vegetacije. Mlada stabla zahtijevaju redovito zalijevanje i njegu, dok odrasle biljke postaju vrlo otporne na sušu i niske temperature.

Razmnožava se sjemenom, reznicama ili sadnicama proizvedenim u rasadnicima. Zbog dugog životnog vijeka, guste krošnje i dekorativnog izgleda često se sadi u parkovima, drvodredima i okućnicama. Osim estetske vrijednosti, lipa ima važnu ekološku ulogu jer osigurava hranu brojnim oprašivačima te doprinosi očuvanju urbane bioraznolikosti.



Dijelovi biljke koji se upotrebljavaju

U ljekovite svrhe najčešće se koriste cvatovi s pricvjetnim listom (*Tiliae flos*), koji se skupljaju tijekom pune cvatnje, kada je većina cvjetova otvorena, ali prije nego što počnu venuti. Nakon berbe cvjetovi se pažljivo suše u hladu, na prozračnom mjestu, kako bi se očuvala eterična ulja i ostali vrijedni bioaktivni spojevi.

Cvijet lipe bogat je flavonoidima, fenolnim kiselinama, sluzima, taninima, eteričnim uljem i polisaharidima. Upravo kombinacija tih sastavnica odgovorna je za njegova protuupalna, antioksidativna, umirujuća i dijaforetička svojstva, zbog kojih je lipa jedna od najpoznatijih biljnih droga europske fitoterapije.



Slika 5 – Osušena lipa za čaj

Uporaba u liječenju

Cvijet lipe već se stoljećima koristi za ublažavanje simptoma prehlade, gripe i drugih infekcija gornjih dišnih putova. Najčešće se priprema kao topli čaj koji potiče znojenje te tako pomaže organizmu u snižavanju povišene tjelesne temperature. Služi prisutne u cvjetovima oblažu sluznicu ždrijela i dišnih putova, čime ublažavaju nadražaj i olakšavaju suhi kašalj. Tradicionalna primjena lipe kod blagih simptoma prehlade priznata je i u europskim fitoterapijskim monografijama.

Osim kod respiratornih tegoba, lipa je poznata i po blagom umirujućem djelovanju. Često se preporučuje osobama koje pate od stresa, nervoze, psihičke napetosti ili poteškoća s uspavljanjem. Flavonoidi i druge fenolne tvari prisutne u cvjetovima pokazuju antioksidativno djelovanje te mogu pridonijeti zaštiti stanica od oksidacijskog stresa. Zbog dobre podnošljivosti lipa je i danas jedna od najčešće korištenih biljaka u obliku čaja, sirupa i biljnih mješavina za respiratorne tegobe.

Ostale karakteristike

Lipa je jedna od najznačajnijih medonosnih biljaka u Europi. Tijekom cvatnje njezini cvjetovi obilno luče nektar, od kojeg pčele proizvode aromatičan lipov med prepoznatljivog mirisa i okusa. Zbog visokog prinosa nektara i peluda lipa ima važnu ulogu u očuvanju pčelinjih zajednica i drugih oprašivača te značajno doprinosi bioraznolikosti.

Osim u fitoterapiji, lipa ima i gospodarsku primjenu. Njezino drvo je mekano, lagano i lako obradivo, zbog čega se koristi u rezbarstvu, izradi glazbenih instrumenata, skulptura, namještaja i različitih uporabnih predmeta. Zbog guste kroš-



Slika 6 – Gupčeva lipa u Gornjoj Stubici



Slika 7 – Kovanice valute kune

nje, ugodnog hlada i otpornosti na gradske uvjete često se sadi u parkovima, drvodredima i okućnicama kao ukrasno stablo.

U Hrvatskoj lipa ima i posebno kulturno-povijesno značenje. Najpoznatiji primjer je Gupčeva lipa u Gornjoj Stubici, jedno od najstarijih stabala u Hrvatskoj, čija se starost procjenjuje na više od 450 godina. Prema narodnoj predaji, upravo se pod njezinom krošnjom Matija Gubec okupljao sa svojim pristašama prije Seljačke bune 1573. godine. Danas je Gupčeva lipa zaštićeni spomenik prirode te simbol hrvatske povijesti, zajedništva i slobode. Zanimljivo je da je lipa svoje mjesto pronašla i na hrvatskom kovanom novcu. Stilizirana grančica lipe u cvatu nalazila se na licu svih kovanica u lipama (1, 2, 5, 10, 20 i 50 lipa), koje su bile sastavni dio hrvatske valute kune od 1994. do uvođenja eura 2023. godine. Time je lipa, osim što je prepoznatljiva po svojim ljekovitim svojstvima i važnoj ulozi u prirodi, postala i simbol hrvatskog novca te dio nacionalnog identiteta.

Literatura

1. European Medicines Agency, Assessment report on *Tilia cordata* Miller, *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia × vulgaris* Heyne or their mixtures, flos, EMA/HMPC/337067/2011, London, 2012.
2. European Scientific Cooperative on Phytotherapy, ESCOP Monographs: *Tiliae flos* (Lime flower), ESCOP, Exeter, 2022.
3. M. Ziaja, K. A. Pawłowska, K. Józefczyk, A. Pruś, J. Stefańska, S. Granica, UHPLC-DAD-MS/MS analysis of extracts from linden flowers (*Tiliae flos*): Differences in the chemical composition between five *Tilia* species growing in Europe, *Industrial Crops and Products* 154 (2020) 112691
4. Y.-J. Zhou, Q. Ren, Y.-B. Shen, Comprehensive review of *Tilia* L.: Phytochemical profiles, edible value, therapeutic potentials, and ecological significance, *Food & Medicine Homology* 2 (2) (2025) 9420035, doi: 10.26599/FMH.2025.9420035.
5. World Flora Online, *Tilia cordata* Mill., World Flora Online Consortium, 2026. (datum pristupa: 16. 7. 2026.)
6. T. Nikolić, S. Bogdanović, N. Vuković, V. Šegota (ur.), *Flora Croatica Database*, Botanički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2026. (datum pristupa: 16. 7. 2026.)
7. Zagorje Priroda, Spomenik prirode Gupčeva lipa, datum pristupa: 16. 7. 2026.
8. Hrvatska narodna banka, 1 lipa, Zagreb, 2015. (datum pristupa: 16. 7. 2026.)

Rogante metoda: Nova jednostavna metoda za učinkovitu organizaciju procesa učenja

Massimo Rogante^{1*},
*Claudio Santelli*², *Nikša Čatipović*³,
*Marija Čatipović*³

¹ Rogante Engineering Office, Contrada San Michele n. 61, 62 012 Civitanova Marche, Italy – <https://www.roganteengineering.it>

² Santelli Medical Office, Rapagnano, Italy

³ Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Splitu, Rudera Boškovića 32, 21 000 Split, Croatia

*Korespondencija: main@roganteengineering.it

Hrvatski prijevod i urednička koordinacija:
Nikša Čatipović i Marija Čatipović

Sažetak

Najprimjereniji ishodi učenja nastaju kada je sadržaj koji se obrađuje nedvosmisleno identificiran, shvaćen i savladan od strane studenta. Pojedinačni proces učenja trebao bi razvijati sam polaznik, paralelno, samo motivacijom i uključivanjem vlastitih sposobnosti kroz prirodne mentalne postupke. Uz motivaciju i odgovarajuće prilike koje služe kao sredstvo učenja, usvojeni su i praktični prijedlozi, stečeni iskustvom i ciljanim studijama dr. ing. Massima Rogantea za oblikovanje nove jednostavne metode prikladne za organizaciju učenja, te dr. Claudia Santellija, koji ovu metodu prati važnim doprinosom o neurobiologiji učenja i pamćenja. U ovom radu, nakon uvoda u kojem su pregledane postojeće metode povezane s učenjem i planiranjem učenja, predstavlja se nova jednostavna metoda koja se uspješno primjenjuje godinama. Takav pristup pokazao se valjanim za postizanje glavnih ciljeva, tj. učenja, uspješnog polaganja ispita, dugotrajnog pamćenja tehničkih i kulturnih znanja te učinkovite primjene stečenog znanja u budućem profesionalnom životu.

Ključne riječi

organizacija učenja, metoda učenja, pamćenje, neurobiologija, konektom

1. Uvod

Proces učenja uključuje sva naša osjetila i unutarnji je događaj kako na mentalnoj razini tako i kao ljudska aktivnost sa značajnim učincima na karijeru i život. Pravilna motivacija i povoljne okolnosti djeluju kao sredstvo učenja. Primjerene aktivnosti pridonose jačanju procesa učenja i njegovu olakšavanju. Te aktivnosti treba razvijati na temelju sklonosti učenika i višerazinskog okruženja [1]. Preliminarno se prikazuje pregled glavnih pristupa učenju koji su trenutno dostupni u znanstvenoj literaturi i služe za pomoć procesu učenja na individualnoj, timskoj ili organizacijskoj razini. Kriterij odabira tih pristupa bio je pronaći Metodu za organizaciju učenja (MSO - *Method for Study Organization*) koja je kroz uzastopne faze osmišljena tako da studenta postupno dovede do cjelovitog usvajanja gradiva.

Tzv. metode otkrivačkog učenja, primjerice, čine sastavnicu obrazovne prakse koja promiče put prema aktivnom učenju orijentiranom na proces i na samo usmjerenost [2]. Te su metode utemeljene na ideji da studenti stvaraju vlastito razumijevanje i znanje kroz iskustvo te promišljanje o tim iskustvima, pri čemu stupaju u interakciju s okolinom i potaknuti su na razmišljanje, postavljanje hipoteza, pitanja, nagađanje i suradnju s drugima, razvijajući pritom samopouzdanje u rješavanju problema [3]. Postoji i sažeta metoda učenja, npr. utemeljena na korištenju mentalnih mapa za integraciju svih bilješki s nastave u mape uma, kao i na usvajanju vještina uspješnosti [4]. Takve metode koriste aktivan, kognitivni, istraživački i konstrukcijski proces, izbjegavajući pasivno i monotono memoriranje. Učenje se promatra kao višefazni proces u kojem student organizira i povezuje osnovne pojmove putem vizualnih mapa kritički razmišljajući i postavljajući ključna pitanja [5]. Pristup učenju uključen je i u tzv. alat razmišljanja „mind map”, koji je oblik vođenja bilješki i može se primijeniti ondje gdje bi se inače vodile linearne bilješke, npr. pri istraživanju, učenju ili pohađanju predavanja [6].

U svijetu je provedeno više eksperimenata radi analize procesa učenja. Metakognitivne vještine ili strategije ispitane su, primjerice, na uzorku od 400 studenata nasumično odabranih iz različitih škola i odsjeka Sveučilišta Gazi u Turskoj, 2012. godine. Odabir je izvršen prema njihovoj percipiranoj razini samopouzdanja u pogledu učenja. Oni s višim samopouzdanjem u vlastite sposobnosti postizali su bolje rezultate koristeći strategije vođenja bi-

lješki, sažimanja, refleksije, recitiranja i ponavljanja naučenog, povezujući ga s onime što su već znali te su bili sposobni pristupati složenim zadacima kao izazovima koje treba savladati [7].

Napredovanjem kroz školovanje, primjerice prijelazom iz srednje škole na studij, studenti moraju sve više samostalno upravljati svojim obrazovanjem i ulagati sve više energije kako bi postali samostalni studenti. Potrebne su ključne vještine učenja i organizacije kako bi se nastavni i domaći zadaci podijelili na pod zadatke te kako bi se učinkovito koristilo vrijeme za izvršavanje obveza poput pohrane klasificiranih članaka i drugih tekstova za odgođeno preuzimanje, redovito pregledavanje bilješki i literature na kolegiju te prakticiranje učinkovitih tehnika učenja. Neki koncepti koji omogućuju učinkovitije učenje i veću organiziranost navedeni su u [8], a kao dodatni primjeri mogu se spomenuti sljedeće metode učenja:

- *metoda studije slučaja*: tehnika učenja u kojoj student provodi dubinsko istraživanje složenih pojava unutar određenog konteksta i stvarne situacije (tj. slučaja), analizirajući je i koristeći stvarne informacije kao metodološki alat [9];
- *Pomodoro metoda učenja*: tehnika upravljanja vremenom koja uključuje korištenje mjerača vremena za kratke, intenzivne radne sesije, tradicionalno u trajanju od 25 minuta [10, 11];
- *Feynmanova tehnika učenja*: proces učenja odvija se činom poučavanja. Student odabere temu, zatim je objašnjava vlastitim riječima kao da podučava, potom poboljšava objašnjenje i ponavlja postupak sve dok ne ovlada temom [12];
- *PQ4R metoda*: koristi se za čitanje i razumijevanje detaljnih znanstvenih tekstova, sa naglaskom na razumijevanje i zadržavanje sadržaja, a ne na brzinu čitanja; slova P, Q i 4×R označuju šest različitih koraka potrebnih za obradu teksta [13];
- *SQ3R metoda*: od studenta se očekuje da razvije razumijevanje teksta svrhovitim uključivanjem u proces čitanja prije, tijekom i nakon; slova S, Q i 3×R u ovom slučaju označuju pet različitih koraka za aktivno i učinkovito čitanje određenog teksta [14].

Posljednjih su godina razvijeni digitalni nastavni materijali i pomoćni resursi poput prezentacija, videa, simulacija, radnih listova i baza testova, kao i cjelovita samostalna mrežna rješenja koja omogućuju studentima izvršavanje zadataka, dobivanje automatske povratne informacije i uključiva-

nje u interakciju s kolegama i nastavnikom. Ipak, nastavni materijali trebaju biti adekvatno kontekstualizirani: kolegiji sastavljeni prikupljanjem materijala iz više izvora, za razliku od komercijalnog ili otvorenog udžbenika, možda nemaju ugrađene sažetke, vremenske crte, pozadinske informacije ili eksplicitna tumačenja potrebna da studentima pomognu u potpunom razumijevanju teme. Stoga se, radi olakšavanja učenja, preporučuje priprema kontekstualnog komentara, npr. dodavanjem sadržaja u obliku snimljenih ili pisanih predavanja, ili ugradnjom istog u rasprave i druge aktivnosti učenja [15].

Najbolji program učenja, međutim, zasigurno je onaj prilagođen potrebama svakog studenta, pa i u području visokog obrazovanja, zbog različitih nastavnih programa i vještina pojedinog studenta. Učenje i pamćenje, pak, imaju neurobiološke osnove koje se povoljnije razvijaju primjenom nove namjenske jednostavne metode za organizaciju učenja (MSO), koja je pomno razvijana i usavršavana tijekom studentskih godina, a bit će predstavljena u sljedećem poglavlju.

2. Nova jednostavna Metoda za organizaciju učenja (MSO)

Ovu izvornu metodu osmislio je Dr. Ing. Massimo Rogante kao vrijedan alat učenja koji je uspješno isproban u Italiji u raznim disciplinama, osobito tijekom diplomskih studija, tj. 1980-ih u strojarstvu, elektrotehnici i građevinarstvu na Sveučilištu u Anconi te u zrakoplovnom inženjerstvu na Sveučilištu u Rimu; 1990-ih na doktorskom studiju nuklearnog inženjerstva na Sveučilištu u Bologni. Takav MSO omogućio je desecima studenata koji su ga usvojili da briljantno polože ispite te se može općenito primijeniti na različite studije više i visoke razine. U odnosu na ranije postojeće metode, ovaj MSO pomaže: riješiti problem pravilnog usklađivanja raspoloživog vremena za učenje, a osobito rokova za ispite; optimizirati vrijeme pripreme i pomoći u stjecanju dubljeg znanja o predmetu, fiksirajući ga u dugoročno pamćenje; izbjeći pojavljivanje na ispitu nespreman ili postizanje nezadovoljavajućih rezultata. Sastoji se od pet uzastopnih faza koje student treba prolaziti s posvećenošću i entuzijazmom prema gradivu koje treba savladati.

Faza 1

Točno znajte što morate učiti. Potrebno prikupiti sav potreban materijal: osobne bilješke s predava-

nja nositelja kolegija, knjige, sheme, razne crteže, dodatne bilješke i sve drugo što preporuča nastavnik, kojeg svakako treba konzultirati, osobito kako bi se otklonile sve dvojbe.

Morate postići sigurnost da imate sav potreban materijal za pristup učenju.

Faza 2

Pročitajte i u cijelosti proučite materijal prikupljen u Fazi 1, nastojeći samo razumjeti. Ne biste trebali nastaviti s čitanjem ako jasno ne razumijete pojam, formulu ili čak riječ. Prije nego što nastavite, potrebno je razjasniti značenje pročitano. Cilj ove faze jest samo razumjeti sve što je napisano, bez pokušaja prisjećanja ili memoriranja.

Faza 3

U posebnu bilježnicu napišite sažetak proučenih tekstova. Ovo je najvažnija i najodgovornija faza. Sažetak mora biti sastavljen točno i što jasnije kako biste kasnije mogli učiti izravno iz njega. Sam sažetak mora u cijelosti obuhvatiti sve razmatrane pojmove, ideje, probleme, principe, pravila, teoreme i formule, uz isticanje glavne svrhe kolegija kako bi se jednako uspješno svladala provjera znanja i završni ispit.

I u ovoj fazi, kako bilježnica ne bi sadržavala tekstove koji ne utječu na tražene teme, u slučaju dvojbi trebali biste se savjetovati s nositeljem kolegija i, po mogućnosti, s onima koji su nedavno uspješno položili ispit. Preporučuje se u bilježnicu upisati i sve sheme – tehničke, logičke itd. – kao i crteže i grafikone koje treba učiti, nastojeći koristiti različite boje (markere) radi bolje razumljivosti.

Trebalo bi se postići to da više nije potrebno koristiti materijal prikupljen u Fazi 1, osim ako isti ne sadrži zadatke za rješavanje. Takve je zadatke potrebno rješavati usporedno s učenjem čim se ste-kne potpuno znanje o temama na koje se odnose.

Faza 4

Učite sadržaj bilježnice sa sažetkom pripremljenim u Fazi 3, kako biste zapamtili ono što ste već razumjeli – a djelomice i automatski pohranili u um – kroz izradu same bilježnice.

Preporučuje se učenje provoditi na sljedeći način: ponavljano i pažljivo čitanje rečenicu po rečenicu umjerenim glasom, kao da ste pred ispitivačem; zatim nekoliko puta zanosno ponavljanje umjerenim glasom onoga što je upravo pročitano, kao da objašnjavate osobi koja temu ne poznaje.

Matematičke formule koje se mogu nalaziti u tekstu ispišite više puta kako biste ih naučili zajedno s njihovim točnim značenjem i mjernim jedinicama svakog prisutnog simbola. Isto vrijedi i za grafikone i crteže koje treba proučiti.

Tijekom ove faze odvojeno i vrlo pažljivo popišite sve pojmove, formule i općenito sve dijelove koji se pokažu teškima za razumijevanje ili pamćenje.

Faza 5

Ponavljanje. Ponovno pročitajte cijelu bilježnicu, zadržavajući se na svakoj od teških točaka već uočenih tijekom učenja u Fazi 4, potom ih ponovno proučite kako biste otklonili svaku sumnju. Ova je faza potrebna i kako biste mentalno i brzo oblikovali potpunu sliku svih obrađenih tema. Istu fazu moguće je ponoviti i više puta, da bi se zadržala maksimalna jasnoća izlaganja teme zajedno sa primjetnom spremnošću za pristup ispitu.

3. Dodatni praktični savjeti

Za učenje rezervirajte najbolje sate dana. Faze 2, 4 i 5, nemojte započinjati ako ste umorni, siti ili nervozni. Učite u miru, fokusirajući se isključivo na navedenu temu i izbjegavajući sve prilike za ometanje poput pozadinske buke, glasne i ometajuće glazbe, razgovora, pušenja ili telefona koji nije utišan. Najbolji zvuk za produktivnost jest tišina. Svakih nekoliko sati može se uzeti pauza za slušanje glazbe, npr. 15 minuta [16].

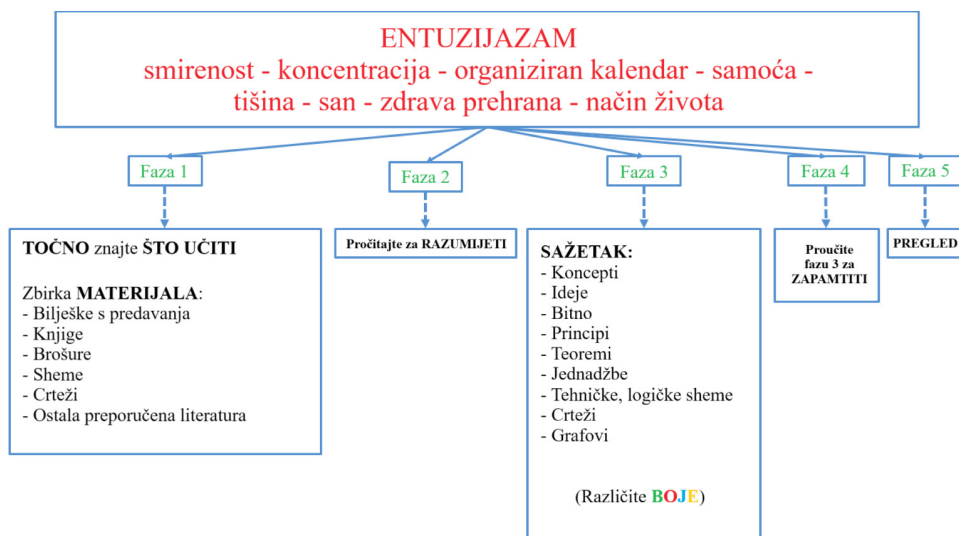
Organizirajte raspored učenja, odgađajući druge obveze izvan predviđenog vremena. Faze 2, 3 i 4, u tom pogledu, mogu se podijeliti prema rasporedu učenja, koji treba izraditi tako da se prije ispita ostavi odgovarajuća vremenska margina za ponavljanje i odmor. Vidi, npr., Tablicu 1.

Tablica 1 – Primjer jednostavne podjele kalendara učenja

	Srijeda 06. ožujka	Četvrtak 07. ožujka	Petak 08. ožujka	Subota 09. ožujka	-----
jutro	Faza 2 Knjiga XXX stranice 251-300	Faza 2 Knjiga XXX stranice 351-400	odmor	Faza 3 Knjiga XXX stranice 21-40	-----
poslijepodne i večer	Faza 2 Knjiga XXX stranice 301-350	Faza 2 Knjiga XXX stranice 401-kraj	Faza 3 Knjiga XXX stranice 1-20	itd.	-----

Svaki student treba organizirati kalendar prema vlastitoj sposobnosti učenja. Osobito je koristan kada za učenje imate na raspolaganju određeno razdoblje dana. Nakon što se utvrdi, raspored se mora strogo poštivati, nadoknađujući eventualna kašnjenja i, gdje je moguće, učenje unaprijed.

Tijekom završnih faza učenja strogo izbjegavajte svaku priliku za uskraćivanje sna, alkohol, pušenje, znatni fizički napor te tablete za spavanje ili lijekove. Ipak, osigurajte odgovarajuće intervale opuštanja i okrijepe. Preporučuje se učiti samostalno, iako se kolege po potrebi mogu konzultirati, ali tek nakon što ste već učili sami. Tek tada se iz usporedbe i provjere s kolegama može dobiti pravi benefit.



Slika 1 – Shema MSO-a u 5 faza: 1) potpuna zbirka tekstova koje treba učiti; 2) čitanje prikupljenih tekstova radi razumijevanja njihova značenja; 3) izrada sažetka proučenih tekstova u bilježnici koja sadrži i dijagrame, crteže i grafikone; 4) učenje i memoriranje sažetka; 5) ponovljeno prelistavanje/ponavljanje sažetka.

4. Neurobiologija učenja i pamćenja u kontekstu MSO-a

Ova MSO obuhvaća sve sastavnice koje predstavljaju neurobiološku osnovu učenja i pamćenja, vidi Slika 1.

Entuzijazam aktivira emocionalno pamćenje čije je anatomsko sjedište u amigdali, koju potiču unutarnji i vanjski podražaji. Entuzijazam također „boji“ tragove pamćenja interpretirajući ih prema subjektivnom jeziku emocija, bilježeći osjetilne podatke putem veza s talamusom, hipotalamusom i hipokampusom [17]. Strukture najodgovornije za procese pamćenja su hipokampus i amigdala, dvije subkortikalne strukture u temporalnom režnju koje su dio limbičkog sustava. Hipokampus ima primarnu ulogu u formiranju kratkotrajnog pamćenja, ali ne i dugotrajnog. Amigdala, pak, informacijama pridaje osobito afektivno i/ili emocionalno značenje, konsolidirajući ih tijekom vremena. Amigdala također omogućuje povezivanje podražaja s nagradom ili kaznom [18].

Pamćenje se inicijalno pohranjuje kao prolazna promjena koja se može konsolidirati u dugoročni trag pamćenja. Konsolidacija uvelike ovisi o emocionalnom stanju. Interakcija između ove dvije strukture, hipokampusa i amigdale, presudna je u mnogim oblicima učenja i pamćenja. I hipokampus i amigdala pokazuju oblik sinaptičke plastičnosti poznat kao dugotrajno potenciranje (LTP). Nedavne studije pokazale su da se konso-

lidacija hipokampalnog LTP-a može modulirati emocionalnim stanjem i aktivacijom amigdale [19]. Mir, tišina, samostalnost i koncentracija smanjuju stres i snižavaju razinu kortizola u krvi.

Hipokampalni sustav je vrlo osjetljiv na stres te se pamćenje može povećati ili smanjiti na temelju subjektivno percipiranog osjećaja stresa [20]. Akutni stres sprječava centre pamćenja u prisjećanju određenih vrsta sjećanja [21], dok su pri kroničnom stresu visoke koncentracije kortizola povezane s pretjeranim otpuštanjem ekscitatornih neurotransmitera, što rezultira smanjenjem neuralnog trofizma i inhibicijom neurogeneze [22].

Organizirani kalendar ovog MSO-a, zajedno sa zdravom prehranom, kvalitetnim snom i stilom života utemeljenim na umjerenoj tjelesnoj aktivnosti bez pušenja, alkohola itd., pogoduju savršenoj psihofizičkoj formi i optimalnim kognitivnim performansama.

Važno je odabrati i mjesto stanovanja i učenja kako bi se primali pravilni okolišni epigenetski podražaji [23, 24]. Preporučuje se umjereno smanjenje kalorijskog unosa, budući da višak kalorija može smanjiti sinaptičku plastičnost. Sugerira se pripremati lagane obroke temeljene na sezonskim namirnicama bogatim aktivnim sastojcima kao što su:

- vitamini B skupine, štite funkciju mozga smanjenjem razine homocisteina u krvi (*jaja, pileтина, riba, povrće*);

- vitamin C, koristan je za moždano tkivo i upravljanje stresom (*crne ribizle, paprike, agrumi, brokula*);
- vitamin E, štiti sinaptičke membrane od oksidativnog stresa i poboljšava kognitivne performanse (*ekstra djevičansko maslinovo ulje, orasi, bademi, brazilski oraščići, lješnjaci, lanene sjemenke, masline, jaja, zeleno lisnato povrće, nerafinirane cjelovite žitarice, osobito pir i zob*);
- vitamin K, poboljšava kognitivnu funkciju (*kupusnjače bogate glukozinolatima koje održavaju visoke razine neurotransmitera acetilkolina na sinaptičkoj razini za zdrav mozak i jasna sjećanja*);
- Cink, Magnezij i Triptofan, prethodnik Serotonina, povećavaju pamćenje, sposobnost razmišljanja i dobro raspoloženje (*bučine sjemenke*);
- Omega-3 masne kiseline, čuvaju sinaptičku funkciju i plastičnost neurona (*orasi, lanene sjemenke, plava riba, bučine sjemenke*);
- Alfa-lipoična kiselina, antioksidativni učinci (*špinat, brokula*);
- Likopen, sprječava oštećenja uzrokovana slobodnim radikalima (*rajčica*);
- Tanini, Antocijanini i Fenoli – povećavaju kratkotrajno pamćenje i potiču regeneraciju retinalnog purpura (*borovnice, kupine*);
- Začini, poboljšavaju pamćenje i koncentraciju (*kadulja, ružmarin, kurkuma, čili*) [25];
- Astaksantin, štiti mrežnicu i stanične membrane; dodatno, aktivira gen FOXO3, tzv. „gen dugovječnosti” [26]. Uočen je porast neurogeneze hipokampusa u starijih osoba liječenih ovom tvari tijekom 4 tjedna (*rakovi i losos*).

Obroci s visokim udjelom zasićenih masti (meso i sirevi) nisu preporučljivi jer smanjuju molekule korisne za kognitivnu obradu [23]. Važna je i pravilna hidratacija – popiti najmanje 1,5 litara vode dnevno.

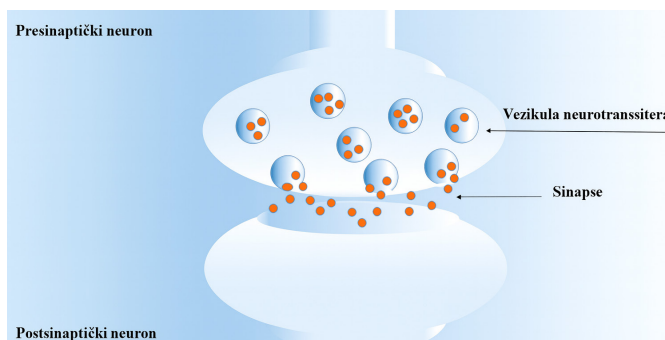
Dobra kvaliteta sna od presudne je važnosti za tjelesno zdravlje, mentalnu dobrobit, pažnju i kreativnost [27]. Uskraćivanje sna (potpuno ili djelomično) narušava izvedbe poput radnog pamćenja, budnosti i kognitivne učinkovitosti, a dodatno uzrokuje sveukupni pad pažnje [28]. Nadalje, umjerena tjelesna aktivnost smanjuje oksidativni (višak slobodnih radikala) i nitrozativni stres (višak dušikova monoksida), poboljšava neuroendokrinu samoregulaciju suprotstavljajući se neuronskoj degeneraciji [29], oslobađa stres, povećava razinu endorfina, poboljšava krvotok i potiče „anti-aging” aktivnost sirtuina koji promiču neurogenezu [30].

Pripremna podjela učenja u 5 faza stvara konstrukciju na kojoj se organizira ritmičan i racionalan vodič za učenje; nadalje, zahvaljujući informacijama koje se mozgu šalju u obliku sažetaka, logičkih dijagrama, crteža i grafikona, pogoduje se formiranju moždanih mapa konektoma kroz postupnu rekonfiguraciju neuronskih krugova.

Neuralne mreže obično zahtijevaju goleme količine podataka za izgradnju svojih složenih preslikavanja (konektom), stoga mrežesproširenim pamćenjem poboljšavaju mape konektoma [31]. Konektom je dinamično preslikavanje neuronskih mreža koje se jača i ažurira iskustvom i učenjem [32]; njegovo proučavanje i kodiranje započelo je 2009. godine (H. S. Seung, Odjel za moždane i kognitivne znanosti te Odjel za fiziku, Massachusetts Institute of Technology).

Primijenjene neuroimaging metode – funkcionalna konektivnost u stanju mirovanja (resting-state fMRI) [33] za analizu mehanizama sive tvari te difuzijsko snimanje za proučavanje bijele tvari – omogućuju prikazivanje snopova aksona u različitim bojama ovisno o smjeru sinaptičkog toka.

Prof. Seung shematizirao je plastičnu rekonfiguraciju konektoma prema modelu 4R: R1 = *Reweighting* (promjena težina): neuroni prilagođavaju (ili „pritežu”) svoje veze jačanjem ili slabljenjem putem promjena u broju vezikula neurotransmitera u sinaptičkim završecima (vidi Slika 2)



Slika 2 – Sinaptička veza između aksona presinaptičkog neurona i dendrita postsinaptičkog neurona. Broj vezikula koje sadrže neurotransmiter i koje se otpuštaju u sinaptički prostor varira ovisno o primljenim kognitivnim poticajima.

R2 = *Reconnection* (ponovno povezivanje): neuroni se ponovno povezuju stvaranjem ili eliminacijom sinapsi;

R3 = *Rewiring* (rekalibriranje): neuroni formiraju nove sklopove (rekalibriraju se) rastom ili povlačenjem ogranaka;

R4 = *Regeneration* (regeneracija): stvaranje i eliminacija neuronskih stanica [34, 35].

Ovi neurofiziološki modeli izvorno su nadahnuli izgradnju neuronskih mreža umjetne inteligencije (AI), gdje se u neuromorfim čipovima koji obrađuju algoritme i računske matematičke izračune „duboko učenje” odvija u najnovijim računalima i robotima sposobnima za obradu funkcija i dinamika učenjem iz iskustva i primjera [36].

Primjena u ovom MSO-u grafike, šarenih dijagrama, crteža, simbola itd. aktivira zrcalne neurone i unapređuje eidetsku (vizualnu) memoriju utemeljenu na vizualnoj percepciji. Zrcalni neuroni omogućuju razumijevanje značenja tjelesnih radnji među pripadnicima iste vrste te čine neuralnu osnovu učenja imitacijom i empatijom [37]. Signali povezani s likovima na crtežima, preko hipotalamičkih neurona, stimuliraju mozak na formiranje sjećanja na objekte [38]. Ovaj je aspekt također temelj neuroestetike, discipline koju je 1994. utemeljio S. Zeki, University College London. Godine 2004. zajedno s H. Kawabatom, koristeći funkcionalnu magnetsku rezonanciju (fMRI), uočio je porast metaboličke aktivnosti u orbitofrontalnim regijama mozga osobe prilikom promatranja umjetničkih djela [39].

Postoji mnogo anegdota o poznatim slučajevima eidetskog (vizualnog ili „fotografskog”) pamćenja u odraslih. Primjerice, W. A. Mozart je bio u stanju reproducirati simfoniju nakon što ju je čuo samo jednom (u ovom slučaju riječ je o eidetskom pamćenju za zvukove) [40]. Također, talijanski humanist i filozof Pico della Mirandola (Mirandola,

24. veljače 1463. – Firenca, 17. studenoga 1494.) ostao je poznat po sposobnosti izvođenja složenih izračuna bez zapisivanja i po mnogim djelima koja je znao napamet [41].

Zaključci

Opisani MSO studentima pruža čvrste temelje za provedbu praktičnog osposobljavanja. Entuzijazam jača emocionalno pamćenje, dok mir, tišina, samostalnost i koncentracija izbjegavaju nevolju i posljedični hormonalni porast kortizola. Organizirani kalendar zajedno sa zdravom prehranom, dobrom kvalitetom sna i stilom života utemeljenim na umjerenoj tjelesnoj aktivnosti bez pušenja, alkohola itd. pogoduje savršenoj psihofizičkoj formi i optimalnim kognitivnim performansama.

Podjela učenja u slijed od pet faza stvara konstrukciju na kojoj se organizira racionalan i pripremni vodič za učenje. Ona također potiče formiranje moždanih mapa konektoma kroz postupnu rekonfiguraciju neuronskih krugova, slično mehanizmu dubokog učenja u umjetnoj inteligenciji, koja gradi vlastite neuromorfne čipove oponašajući dinamičke neuronske krugove konektoma.

Konačno, grafike, sheme u boji, crteži, simboli itd. aktiviraju zrcalne neurone i eidetsku memoriju utemeljenu na vizualnoj percepciji.

Istraživanja vezana uz usporavanje starenja trenutačno su usmjerena na poboljšanje kvalitete života i trajanje zdravlja. Uz promicanje zdravih životnih stilova, stoga, buduće bi se istraživačke aktivnosti trebale usmjeriti na proučavanje senolitičkih proizvoda i dodataka za poboljšanje izvršnih funkcija i kognitivnih sposobnosti zdravih pojedinaca, npr. pažnje, kreativnosti, pamćenja, raspoloženja i motivacije.

Zahvale

Zahvalni smo Prof. Franco Rustichelli, na korisnim raspravama i komentarima.

Urednička napomena

Ovo izdanje temelji se na originalnoj recenziranoj publikaciji na engleskom jeziku, objavljenoj pod DOI: 10.7906/indcs.21.1.3.

Sva sljedeća izdanja, na drugim jezicima ili u ISBN formatu, zadržavaju bitnu znanstvenu strukturu djela i mogu uključivati bibliografska ažuriranja ili urednička poboljšanja bez promjene izvorne metodološke strukture.

Tekst se distribuira pod uvjetima licence Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), koja dopušta njegovu upotrebu, dijeljenje i prilagodbu, pod uvjetom da se navede izvorni izvor.

Literatura

- [1] T. Madhavan, Organising Learning Activities, Muthirapalayam, India (2009), p. 26. https://jtmadhavan.files.wordpress.com/2009/09/fel1_3-organizing-learning-activities.pdf
- [2] A. Kistian, D. Armanto, A. Sudrajat, The effect of discovery learning method on the Math learning of the V SDN 18 students of Banda Aceh, Indonesia, British Journal of Education Vol. 5, Issue 11 (2017), pp. 1-11. <https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/The-Effect-of-Discovery-Learning-Method-on-the-Math-Learning-of-the-V-SDN-18-Students-of-Banda-Aceh-Indonesia.pdf>
- [3] Discovery Learning Method, Inventionland Education, Pittsburgh, USA (2018). <https://inventionlandeducation.com/discovery-learning-method>
- [4] T. Krasnic, How to Study with Mind Maps: The Concise Learning Method for Students and Lifelong Learners, Concise Books Publishing, Slovenia (2012), p. 222.
- [5] T. Krasnic, Concise Learning: Learn More & Score Higher in Less Time With Less Effort, Concise Books Publishing, Slovenia (2010), p. 127.
- [6] T. Buzan, Mind Map Mastery: The Complete Guide to Learning and Using the Most Powerful Thinking Tool in the Universe, Watkins Publishing, London, United Kingdom (2018), p. 224.
- [7] I. Kisac, Y. Budak, Metacognitive strategies of the university students with respect to their perceived self-confidence levels about learning, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Vol. 116 (2014), pp. 3336-3339. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.759>
- [8] J. Wright, School-Wide Strategies for Managing... Study Skills/Organization, Intervention Central, New York, USA. <https://www.interventioncentral.org/print/academic-interventions/study-organization/school-wide-strategies-managing-study-skills-organization>
- [9] Y. Rashid, A. Rashid, M.A. Warraich, S.S. Sabir, A. Waseem, Case Study Method: A Step-by-Step Guide for Business Researchers, International Journal of Qualitative Methods, Vol. 18 (2019), pp. 1-13. <https://doi.org/10.1177/1609406919862424>
- [10] F. Cirillo, The Pomodoro Technique, (2006), p. 45. https://lasolutionestenvous.com/wp-content/uploads/2014/04/ThePomodoroTechnique_v1-3.pdf
- [11] W. Wadsworth, Ultimate guide to the Pomodoro Study Method: 9 steps to master your time, Exam Study Expert Ltd., Kington, UK, (2021). <https://examstudyexpert.com/pomodoro-study-method/>
- [12] S. Tamm, Feynman Technique: A Complete Beginner's Guide, e-student.org, Sheridan, USA (2023). <https://e-student.org/feynman-technique/>
- [13] E.L. Thomas, H.A. Robinson, Improving Reading in Every Class: A Sourcebook for Teachers, Allyn & Bacon, Boston, USA, (1982), p. 337.
- [14] F.P. Robinson, Effective Study, Revised Edition, Harper, New York, USA (1961), p. 278. <https://ia801603.us.archive.org/19/items/in.ernet.dli.2015.224377/2015.224377.Effective-Study.pdf>
- [15] O. Zhadko, S. Ko, Best Practices in Designing Courses with Open Educational Resources, Routledge, Taylor & Francis, Milton Park, Canada (2019), p. 146.
- [16] Learning Methods - Teaching Methods, Basic Knowledge 101, New Mexico, USA (2024), p. 54. <https://www.basicknowledge101.com/subjects/learningstyles.html>
- [17] D. Piccininno, La regolazione della memoria emotiva, neuroscienze.net, Firenze, Italy (2018), p. 3. <https://www.neuroscienze.net/la-regolazione-della-memoria-emotiva/>
- [18] I. La Rocca, Stato d'animo e memoria: come l'emozione influenza il ricordo, State of Mind, 145277 (2017). <https://www.stateofmind.it/2017/04/emozione-memoria/>
- [19] W. Almaguer-Melián, J.A. Bergado-Rosado, Interacciones entre el hipocampo y la amígdala en procesos de plasticidad sináptica. Una clave para entender las relaciones entre motivación y memoria, Revista de Neurología, Vol. 35, Issue 6 (2002), pp. 586-593. <https://doi.org/10.33588/rn.3506.2001529>
- [20] E.V. Goldfarb, M.D. Rosenberg, D. Seo, R.T. Constable, R. Sinha, Hippocampal seed connectome-based modeling predicts the feeling of stress, Nature Communication 11 (2020), 2650. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-16492-2>
- [21] P.N.F. Larrosa, A. Ojea, I. Ojea, V.A. Molina, M.A. Zorrilla-Zubilete, A. Delorenzi, Retrieval under stress decreases the long-term expression of a human declarative memory via reconsolidation, Neurobiology of Learning and Memory, Vol. 142(A) (2017), pp. 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.03.005>
- [22] G. Biggio, M.C. Mostallino, Stress, cortisol, neuronal plasticity, and depressive disorder, Journal of Psychopathology, Vol. 19 (2013), pp. 77-83. <https://www.jpsychopathol.it/wp-content/uploads/2015/07/13Biggio1.pdf>
- [23] C. Santelli, Microtubuli e conduzione dell'informazione epigenetica. In M. Tonti, C. Santelli, Eds., 2th Exhibition Conference "Art, Microtubules of the Cytoskeleton and Epigenetic Information", 23 July 2021, Rasiglia, Italy (2021).
- [24] C. Santelli, Cell cytoskeleton structure and conduction of environmental biophysical signals through microtubules and microfilaments, Proc. 10th International Conference "Mechanical Technologies and Structural Materials" MTSM 2021, Split, Croatia, 23-24/09/2021, S. Jozic, B. Lela, N. Gjeldum, Eds., Croatian Society for Mechanical Technologies, Split, Croatia (2021), ISSN 1847-7917, pp.145-148. https://www.strojarska-tehnologija.hr/img/pdf/Conference_Proceedings_MTSM_2021.pdf#page=153
- [25] F. Brocadello, Cibo per la mente, quali mangiare per un avere un cervello in salute, Affidea Italia, Gessate, Italy (2021). <https://www.affidea.it/news-eventi/blog/cibo-per-la-mente-quali-mangiare-per-un-avere-un-cervello-in-salute/>

- [26] B.J. Willcox, T.A. Donlon, Q. He, R. Chen, J.S. Grove, K. Yano, K.H. Masaki, D.C. Willcox, B. Rodriguez, J.D. Curb, FOXO3A genotype is strongly associated with human longevity, *PNAS*, Vol. 105, Issue 37 (2008), pp. 13987-13992, <https://doi.org/10.1073/pnas.0801030105>
- [27] E. King, M.K. Scullin, The 8-Hour Challenge: Incentivizing Sleep during End-of-Term Assessments, *Journal of Interior Design*, Vol. 44, Issue 2 (2019), pp. 85-99. <https://doi.org/10.1111/joid.12135>
- [28] G.M. Mathew, S.M. Strayer, K.M. Ness, M.M. Schade, N.G. Nahmod, O.M. Buxton, A.M. Chang, Interindividual differences in attentional vulnerability moderate cognitive performance during sleep restriction and subsequent recovery in healthy young men, *Scientific Reports*, Vol. 11 (2021), 19147. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95884-w>
- [29] M.A. Kiraly, S.J. Kiraly, The Effect of Exercise on Hippocampal Integrity: Review of Recent Research, *The International Journal of Psychiatry in Medicine*, Vol. 35, Issue 1 (2005), pp. 75-89. <https://doi.org/10.2190/HX7L-4B40-PQNY-2A4P>
- [30] Sirtuine - Funzioni, Benefici - Come Attivarle con la Dieta, X115, Jarmy S.r.l., Pratissole di Scandiano, Italy (2024). <https://lmagazine.x115.it/x115/sirtuine/>
- [31] G. Karunaratne, M. Schmuck, M. Le Gallo, G. Cherubini, L. Benini, A. Sebastian, A. Rahimi, Robust high-dimensional memory-augmented neural networks, *Nature Communications*, Vol. 12 (2021), 2468. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-22364-0>
- [32] C. Santelli, Epigenetica, connettoma e benessere psicofisico. In M. Tonti, C. Santelli, Eds., Exhibition Conference "Art and Connectome", 07 July 2019, Rasiglia, Italy (2019).
- [33] B. Biswal, F.Z. Yetkin, V.M. Haughton, J.S. Hyde, Functional connectivity in the motor cortex of resting human brain using echo-planar MRI, *Magnetic Resonance in Medicine*, Vol. 34 (1995), pp. 537-554. <https://doi.org/10.1002/mrm.1910340409>
- [34] S. Seung, *Connectome: How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are*, Mariner Books, HarperCollins Publishers, Boston, USA (2013), p. 384.
- [35] C. Santelli, *Sculptura ambientale e connettoma*, Tesi di Dottorato, Accademia di Fine Arti, Urbino (2018).
- [36] N. Kriegeskorte, T. Golan, Neural network models and deep learning, *Current Biology*, Vol. 29, Issue 7 (2019), R231-R236. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.02.034>
- [37] A. Napolitano, Study casts new light on mirror neurons, *Nature Italy* (2021). <https://doi.org/10.1038/d43978-021-00101-x>
- [38] C. Kosse, D. Burdakov, Natural hypothalamic circuit dynamics underlying object memorization, *Nature Communications* 10 (2019), 2505. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10484-7>
- [39] C. Musati, *Neuroestetica: i correlati neurali della percezione estetica*, State of Mind, paper 141645 (2016). <http://www.stateofmind.it/2016/12/neuroestetica-correlati-neurali/>
- [40] A. Elle, *Memoria eidetica: come svilupparla per studiare*, Gli Audaci della Memoria, Torino, Italy (2019). <https://www.gliaudacidellamemoria.com/memoria-eidetica/>
- [41] V. Tommasi Candidi, Pico Della Mirandola: il genio prodigioso adottato da Firenze, *TuscanyPeople*, Firenze, Italy (2020). <https://www.tuscanypeople.com/pico-della-mirandola-firenze/>
- [42] M. Rogante, C. Santelli, A new simple method for an efficient organization of the learning process, *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, Vol. 1, Issue 1 (2023), pp. 30-40. <https://www.indecs.eu/index.php?s=x&y=2023&p=30-40>
- [43] M. Rogante, C. Santelli, Η Μεθοδος "Rogante": νέα απλή μεθοδος για μια αποτελεσματική οργάνωση της εκμάθησης, Ελληνικού Ινστιτούτου Πολιτιστικής Διπλωματίας, Αθήνα (2023). <https://hellenicculturaldiplomacy.com/η-μεθοδος-rogante-νεα-απλη-μεθοδος-για-μια/>
- [44] Роганте Массімо, Сантеллі Клаудіо, Завдовсєв Анатолій Вікторович, Метод «РОГАНТЕ»: новий простий метод для ефективної організації, Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка, Педагогічні Науки, Випуск 3/53 (2023), pp. 265-274. УДК 37.013, 371.3, 159.9. <https://doi.org/10.31376/2410-0897-2023-3-53-265-274>
- [45] M. Rogante, C. Santelli, "Rogante" yöntemi: öğrenme sürecinin verimli organizasyonu için yeni basit bir yöntem, *Cihannüma Sosyal Bilimler Akademisi Dergisi*, Vol. 2, Issue 1 (2023), pp. 51-68. <https://doi.org/10.55205/jocsosa.21202371>
- [46] M. Rogante, C. Santelli, Il metodo "Rogante": nuovo semplice metodo per un'efficiente organizzazione del processo d'apprendimento, Casa Editrice Accademia Georgica, Treia, ISBN 978-88-947774-1-3 (2024), p. 24. <https://www.accademiageorgica.it/immagini/focus/IL%20METODO%20ROGANTE.pdf>
- [47] M. Rogante, C. Santelli, A „ROGANTE” módszer: egy új, egyszerű módszer a tanulási folyamat hatékony megszervezésére, Magyarországi Olasz Kereskedelmi Kamara, Ed., Budapest, ISBN 978-615-02-2638-5 (2025), p. 18. <https://cciu.com/wp-content/uploads/2025/02/METODO-ROGANTE-HU-1.pdf>
- [48] M. Роганте, К. Сантелли, Методот Rogante: нов едноставен метод за ефикасна организација на процесот на учење, превод од англиски јазик Илија Настовски, Клуб на писатели "Коста Солев – Рацин", Велес (2025), 34 стр. CIP – Каталогизација во публикација, Национална и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски“, Скопје, класификација 37.01:159.953.5. ISBN 978-608-5052-68-4. COBISS.MK-ID 67527941. Available online as author's digital copy. <http://www.roganteengineering.it/public/metodorogantemacedonia.pdf>



Kraj sezone 10!

***Ugodno i toplo ljeto želi vam uredništvo
Reaktora ideja.***

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa

Europsko kemijsko društvo
(European Chemical Society, EuChemS)

Europska skupina za higijenski inženjering i dizajn
(European Hygienic Engineering & Design Group, EHEDG)

ORGANIZIRAJU

21. Ružičkini dani

međunarodni znanstveno-stručni skup
DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA
9. – 11. rujna 2026. | Vukovar, Hrvatska



10. susret mladih kemičara
II. skup laboratorijskih tehničara

PRVA OBAVIJEST

www.ruzickadays.eu

Poštovane kolegice i kolege, dragi prijatelji,

u ime Organizacijskog odbora čast mi je i zadovoljstvo pozvati Vas na međunarodni znanstveno-stručni skup 21. Ružičkini dani – "Danas znanost, sutra industrija", koji se tradicionalno održava u Vukovaru u spomen na velikana hrvatske i svjetske znanosti, nobelovca Leopolda (Lavoslava) Ružičku.

Skup nije samo mjesto razmjene znanja i iskustava, već i prilika za druženje, nova poznanstva i poticanje suradnje među kolegama iz znanosti, obrazovanja i gospodarstva.

Radujemo se zajedničkom susretu, nadahnujućim razgovorima i stvaranju novih ideja u Vukovaru!

Prof. dr. sc. Stela Jokić
Predsjednica 21. Ružičkinih dana

SEKCIJE

1. Kemijska analiza i sinteza
2. Kemijsko i biokemijsko inženjerstvo
3. Prehrambena tehnologija i biotehnologija
4. Medicinska kemija i farmacija
5. Kemija u poljoprivredi i šumarstvu
6. Zaštita okoliša

SLUŽBENI JEZICI

Hrvatski i engleski jezik (bez simultanog prevođenja)

MJESTO ODRŽAVANJA

Hrvatski dom Vukovar – Ružičkina kuća, Vukovar, Hrvatska

SMJEŠTAJ SUDIONIKA

Detaljnije informacije na: www.ruzickadays.eu

PRIJAVE SUDJELOVANJA I RADOVA

Sažetak rada na hrvatskom ili engleskom jeziku potrebno je poslati putem e-obrasca, koji se nalazi na mrežnim stranicama Skupa, do 15. lipnja 2026. godine.

Organizacijski odbor zadržava pravo odluke o prihvatanju i načinu predstavljanja prijavljenog rada (usmeno ili postersko priopćenje).

Upute za prijavu sudjelovanja te pisanje sažetka i rada nalaze se na mrežnim stranicama Skupa.

www.ruzickadays.eu

KOTIZACIJA

	do 20. 7. 2026.	od 20. 7. 2026.
Puna kotizacija	300 €	330 €
Studenti (uz potvrdu)	200 €	230 €
Kotizacija 10. SMK*	0 €	0 €
Kotizacija II. SLT**	150 €	180 €

*10. susret mladih kemičara; **II. skup laboratorijskih tehničara PDV uključen

Kotizacija uključuje e-Knjigu sažetaka, e-Zbornik radova, e-Knjigu postera, osvježenje za vrijeme stanki, svečanu večeru i stručni izlet.

UPLATU DOZNAČITI NA RAČUN

HDKI, Berislavićeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Svrha doznake: 21. Ružičkini dani
Zagrebačka banka d.d., Zagreb
IBAN: HR5323600001101367680; OIB: 22189855239

VAŽNI DATUMI

- 15. 6. 2026. prijava sudjelovanja i dostava sažetka
- 15. 7. 2026. obavijest o prihvatanju rada
- 20. 7. 2026. uplata nižeg iznosa kotizacije
- 1. 11. 2026. dostava cjelovitih radova

TAJNIŠTVO SKUPA I KONTAKT

Ivana Lauš (Osijek)
Tel.: +385 31 224 383 / e-pošta: ivana.laus@ptfos.hr

ORGANIZACIJSKI ODBOR

Stela Jokić (predsjednica)
Ante Jukić (dopredsjednik)
Vesna Ocelić Bulatović (dopredsjednica)
Ivana Lauš (tajnica)
Drago Šubarić, Jurislav Babić, Ljubica Glavaš-Obrovac, Ivanka Milčić, Ivan Hubalek, Ana Filipović, Martina Harc, Olga Martinis, Marijana Vidaković (SLT), Marko Jagetić (SLT), Dora Zobundžija (SLT)

ZNANSTVENO-STRUČNI ODBOR

Ante Jukić, Stela Jokić, Jurislav Babić, Vesna Ocelić Bulatović, Dajana Gašo-Sokač, Maja Molnar, Valentina Bušić, Ante Lončarić, Vlatka Filipović Marijić, Jasmina Ranićević (Podravka d.d.), Jérôme Le Cunff (Belupo d.d.), Ivana Šoljić Jerbić (Pliva Hrvatska d.o.o.), Leo Štefan (UGL d.d.), Ljiljana Fruk (Velika Britanija), Branka Miljević (Australija), Miroslav Slouf (Češka), Jadranka Trivas-Sejdic (Novi Zeland), Carlo Tuberoso (Italija), Jelena Vladić (Portugal)



II. skup laboratorijskih tehničara

9. – 11. rujna 2026., Vukovar

UVODNA RIJEČ

Poštovani,
nakon uspješnog I. skupa laboratorijskih tehničara (SLT) održanoga u Vukovaru, pozivamo Vas da nam se pridružite i sudjelujete na II. SLT koji će se održati u Vukovaru u sklopu 21. Ružičkinih dana. Uz neizostavne stručne teme i nadogradnju mekih vještina, razmjenu iskustava, posebno ćemo naglasiti i praktično Vas upoznati s promjenama koje laboratorijskim tehničarima donosi digitalna tranzicija – rad s digitalnim pametnim asistentima, vježbe u virtualnom kemijskom laboratoriju, primjena holograma... Do tada, srdačno Vas pozdravljam u ime organizacijsko-programskog odbora!

Prof. dr. sc. Ante Jukić

IZDVOJENO IZ PROGRAMA

- Digitalna tranzicija u laboratoriju: pametni asistent laboratorijskih tehničara
- Predavanje – „Kemijski tehničar nekada i sad, sličnosti, razlike i izazovi“
- Radionica – „Stres na radnom mjestu“ (HZJZ)
- Posjet PTFOS-u
- Sponzorska predavanja
- Okrugli stol



<https://cjelozivotno-fkit-hdki.hr/slt/>

PRIJAVA

<https://cjelozivotno-fkit-hdki.hr/slt/prijava-slt/>
Rok prijave – 15. lipnja 2026.

KOTIZACIJA

150 € (do 20. 7. 2026)
180 € (od 20. 7. 2026.)
PDV uključen

Kotizacija uključuje:

- dvodnevno sudjelovanje na predavanjima
- demonstraciju uređaja
- pauze za kavu
- ručak
- promotivne materijale
- izlet i večeru

UPLATA KOTIZACIJE

HDKI, Berislavićeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Zagrebačka banka d.d., Zagreb
IBAN: HR5323600001101367680
OIB: 22189855239
Svrha doznake:
II. skup laboratorijskih tehničara

ORGANIZACIJSKI ODBOR

Ante Jukić (FKIT) (predsjednik)
Vesna Ocelić Bulatović (FKIT) (potpredsjednica)
Marijana Vidaković (FKIT)
Marko Jagetić (FKIT)
Dora Matijasec (FKIT)
Dora Zobundžija (PTFOS)

KONTAKT

Marko Jagetić
☎ +385 91 7839 188
✉ slt@fkit.unizg.hr



<https://cjelozivotno-fkit-hdki.hr/slt/>



DRUGA OBAVIJEST



DRUGA OBAVIJEST

30th HSKIKi

30th CROATIAN MEETING OF CHEMISTS AND CHEMICAL ENGINEERS

8th SYMPOSIUM VLADIMIR PRELOG

APRIL 6–9, 2027 • SREBRENO
Sheraton Dubrovnik Riviera Hotel
DUBROVNIK • CROATIA

<https://30hskiki.org>
hskiki@fkit.unizg.hr



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!

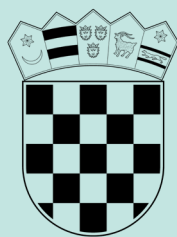
Podržite rad Studentske sekcije donacijom

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, OBRAZOVANJA I MLADIH
<https://mzom.gov.hr/>



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 različite prirodne pojave kako bi ljudska vrsta mogla napredovati. Današnji svijet kakvog ga znamo, postoji zbog uspjeha genijalnih umova znanstvenika koji su od djetinjstva gorljivo proučavali svaku pojavu koja je privukla njihovu pozornost u raznim područjima njihova interesa. Oduševljenje, strast, predanost i trud koji su uložili u svoj posao, pomogli su im da otkriju nešto novo o svijetu u kojem živimo, a svojim radom za dobrobit čovječanstva, zajedno s različitim izumima, učinili su moderni život lakšim. Ovom listom odajemo počast najvećim umovima koji su promijenili svijet. Aristotel je bio genijalan starogrčki filozof i prirodoslovac. Bio je Platonov učenik, a sam je poučavao Aleksandra Velikog. Bivio se biologijom, zoologijom, etikom, politikom te je bio vrstan retoričar i logičar. Bivio se i teorijom fizike i metafizike. Stekao je znanje u različitim područjima svojim ekspanzivnim umom i radom na opsežnim tekstovima. Ipak, samo je mali dio njegovih tekstova sačuvan do danas. Njegova kolekcija biljnih i životinjskih uzoraka koje je klasificirao po njihovim obilježjima, predstavlja normu za daljnji rad na tom području. Tvrdio je da je čovjek po prirodi političko biće (zoon politikon) i da svoju suštinu izražava tek u zajednici. Arhimed je bio grčki fizičar, astronom i jedan od najvećih matematičara starog vijeka. Jedan je od najboljih znanstvenika koji su se probili u teoriji i u praksi. Bivio se običnim, praktičnim problemima, koji su bili primjenjivani na mnogim mjestima, od polja do rudnika. Najveću slavu stekao je svojim raspravama o zaobljenim geometrijskim tijelima, čiju je površinu i obujam izračunavao složenom metodom bliskom današnjem infinitezimalnom računu. Također je pronašao zakone poluge, položio osnove hidrostatici i odredio

