

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД

год. 60

бр. 2 (април)

YU ISSN04406826

UDC 54.011.93

ХЕМИЈСКИ ПРЕГЛЕД CHEMICAL REVIEW



Годиште 60

број 2
април

Editor-in-Chief
RATKO M. JANKOV
Deputy Editor-in-Chief
DRAGICA TRIVIĆ

Volume 60
NUMBER 2
(April)

Publisher
SERBIAN CHEMICAL SOCIETY
Belgrade/Serbia, Karnegijeva 4

Издаје
СРПСКО ХЕМИЈСКО ДРУШТВО

Телефон 3370-467

Карнегијева 4

излази двомесечно

ОДГОВОРНИ И ГЛАВНИ УРЕДНИК
Ратко М. Јанков

ПОМОЋНИК ОДГОВОРНОГ И ГЛАВНОГ
УРЕДНИКА
Драгица Тривић

ЧЛАНОВИ РЕДАКЦИЈЕ
Јелена Радосављевић, Наталија Половић и Воин Петровић

УРЕЂИВАЧКИ ОДБОР

Иван Гутман, Снежана Зарић, Јован Јовановић, Славко
Кеврешан, Драган Марковић, Владимир Павловић,
Радомир Саичић, Живорад Чековић (председник).

Годишња чланарина, укључује часопис „Хемијски преглед“,
за 2018. годину износи:

- за све запослене и студенте докторских студија 1.800,00
- за професоре у основним и средњим школама..... 1.000,00
- за пензионере, студенте основних и мастер студија,
ђаке и незапослене..... 800,00
- претплата за школе и остале институције..... 3.500,00
- за чланове и институције из иностранства. € 50

Чланарину и претплату можете уплатити на рачун СХД:
205-13815-62, позив на број 320.

Web site: <http://www.shd.org.rs/hp/>
e-mail редакције: hempred@chem.bg.ac.rs

Припрема за штампу: Јелена и Зоран ДИМИЋ,
Светозара Марковића 2, 11000 Београд

Штампа: РИЦ графичког инжењерства Технолошко-
металуршког факултета Београд, Карнегијева 4

Насловна страна и Интернет верзија часописа:
Слободан и Горан Ратковић, RatkovicDesign
www.ratkovicdesign.net
office@ratkovicdesign.net

САДРЖАЈ

Никола ГЛИГОРИЈЕВИЋ
Nikola GLIGORIJEVIĆ
ПРОЦЕС КОАГУЛАЦИЈЕ КРВИ СА ОСВРТОМ НА
СТРУКТУРУ И ФУНКЦИЈУ ФИБРИНОГЕНА
*BLOOD COAGULATION PROCESS WITH SPECIAL
EMPHASIS ON THE STRUCTURE AND FUNCTION OF
FIBRINOGEN* 26

Жико МИЛАНОВИЋ, Јелена ТОШОВИЋ,
Светлана МАРКОВИЋ
Žiko MILANOVIĆ, Jelena TOŠOVIĆ, Svetlana MARKOVIĆ
ТЕСТ ЗА ПРОЦЕНУ УКУПНЕ АНТИОКСИДАТИВНЕ
АКТИВНОСТИ ЗАСНОВАН НА КВАНТНО МЕХАНИЧКИМ
ПРОРАЧУНИМА – QM-ORSA ПРОТОКОЛ
*QUANTUM MECHANICS-BASED TEST FOR OVERALL
FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY
– QM-ORSA PROTOCOL* 32

ВЕСТИ из ШКОЛА / ВЕСТИ за ШКОЛЕ

Марија СТЕПАНОВИЋ, Маринко ЗУБИЋ
Marija STEPANOVIĆ, Ana BUKAČ and Marinko ZUBIĆ
СЦЕНАРИО РАДИОНИЦЕ: ЗАГАЂИВАЊЕ ВОДЕ,
ВАЗДУХА И ЗЕМЉИШТА
*SCENARIO FOR THE WORKSHOP: POLLUTION OF THE AIR,
WATERS IN NATURE AND SOIL* 36

ВЕСТИ ИЗ СХД

Манифестације СХД у 2019. години 44
ПИСМО ПРЕДСЕДНИЦЕ.... 44
Извештај о раду Српског хемијског друштва у 2018. години _ _ 45



УВОДНИК

Фибриноген или фактор I система коагулације је гликопротеин. Што се структуре тиче, фибриноген је хомодимерни гликопротеин, молекулске масе од 340 kDa, структуре $(\text{A}\alpha\text{B}\beta)_2$, односно, састоји се из два A α , два B β и два γ ланца. Фибриноген има 29 дисулфидних веза. Фибриногенски ланци су спојени тако да се њихови N-терминални крајеви налазе у централном, E чвору, а затим прелазе у увијене завојнице. B β и γ ланци се завршавају глобуларним регионима, који се називају β и γ чворови. Заједно, ова два чвора чине такозвани D чвор. A α ланци су најдужи.

Биохемијска улога овог протеина је изузетно значајна у одржавању хемостазе у организму, јер стварање фибринске мреже на месту ткивне повреде спречава неконтролисани губитак крви. Бројна патолошка стања су праћена коагулопатијама, које се испољавају тромбозом или повећаним крварењем. Да би се ове негативне појаве боље разумеле и ефикасније спречиле или третирале, важно је упознати факторе који на њих утичу. Један од тих фактора је, поред концентрације, структура фибриногена. Како фибриноген подлеже бројним посттранслационим модификацијама, као што су гликозиловање и оксидација, њиховом карактеризацијом и анализом у патолошким стањима, може се допринети бољој спознаји њиховог утицаја на секундарну и терцијарну структуру фибриногена, интеракције фибриногена са другим протеинима, процес стварања и карактеристике фибрина.

Да би остварио своју физиолошку функцију, фибриноген интерагује са многим протеинима, као што су фибронектин, албумин, тромбоспондин, фон Вилебрандов фактор (VWF), тромбин, фактор XIII, плазмин(оген), ткивни активатор плазмينا (tPA), инхибитор активатора плазмينا -1 и -2 (PAI-1 и -2) и α_2 -антиплазмин (A2AP). Више о процесу коагулације, структури и функцији фибриногена можете прочитати у раду **Николе Глигоријевића** (са Института за примену нуклеарне енергије ИНЕП), под насловом "Поцес коагулације крви са освртом на структуру и функцију фибриногена".

Антиоксиданти су последњих деценија врло актуелна научна тема. Познат је широк спектар природних и синтетисаних полифенолних једињења који имају изражену антиоксидативну активност. Антиоксиданти у биолошким системима неутралишу високо реактивне кисеоничне врсте (ROS) и тим штите биолошки важне макромолекуле од оштећења. Још једна од важних улога антиоксиданата је присуство у прехранбеним производима као кључних средстава за сузбијање оксидативне деградације складиштене хране. Антиоксиданти обезбеђују дужи рок трајања и одржавају квалитет хране.

Постоји мноштво експерименталних тестова који служе за одређивање антиоксидативне активности као што су: DPPH (2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyl), FCR (Folin-Ciocalteu Reagent), TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylBenzoThiazoline-6-Sulphonic acid) и многи други. У данашње време антиоксидативну активност једињења могуће је одредити и рачунарским методама. Захваљујући развоју рачунарске

технике у последњим деценијама, могуће је помоћу разноврсних рачуна добити поуздане резултате уз разумне рачунарске трошкове за молекуле мале и средње величине. Имајући то у виду, јавила се идеја да се осмисли методологија која се заснива на компјутерским прорачунима, а има за циљ проналажење универзалног и квантитативног начина за процену антиоксидативне активности неког једињења. Галано (Galano) и Алварез Идабој (Alvarez Idaboy) 2013. године осмислили су један такав протокол који су назвали тест за процењивање укупне антиоксидативне активности заснован на квантно механичким прорачунима (Quantum Mechanics-based test for Overall free Radical Scavenging Activity (QM-ORSA)). О овој QM-ORSA методологији, осмишљеној тако да: 1. идентификује главне реакционе механизме одговорне за антиоксидативну активност неког једињења, у зависности од природе средине и од pH; и 2. процени засебно антиоксидативну активност у поларним и неполарним растварачима, чланак су припремили **ЖИКО МИЛАНОВИЋ**, (Истраживачко-развојни центар за биоинжењеринг БиоИРЦ доо); **ЈЕЛЕНА ТОШОВИЋ** и **СВЕТЛАНА МАРКОВИЋ**, (Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу) под називом: "Тест за процену укупне антиоксидативне активности заснован на квантно механичким прорачунима – qm-orsa protocol".

У рубрици Хемија из/за школе **Марија СТЕПАНОВИЋ**, **Ана БУКАЧ** и **Маринко ЗУБИЋ** (студенти студијског програма НАСТАВА ХЕМИЈЕ, Хемијског факултета Универзитета у Београду) предложили су "Сценарио радионице: зајачивање воде, ваздуха и земљишта".

за други разред гимназије природно-математичког смера.

Циљеви ове радионице су да ученик објашњава појаву појачаног ефекта стаклене баште, наводи гасове који у највећој мери појачавају ефекат стаклене баште инегативне последице повећане емисије угљен-диоксида у ваздуху, идентификује активности и изворе који у највећој мери утичу на загађивање ваздуха, воде и земљишта да би, на крају био у стању да опише мере заштите ваздуха, воде и земљишта од загађења и предложи активности које доприносе очувању животне средине.

У рубрици *Вести из СХД* наћи ћете штампан годишњи извештај о раду друштва у 2018. години, који је на Годишњој скупштини СХД, одржаној 8. марта 2019. године, поднела секретар Друштва **Мелина Калагасидис Крушић**. У овом извештају видећете шта смо сви заједно урадили током прошле године.

На задњим корицама објављујемо програм **АПРИЛСКИХ ДАНА О НАСТАВИ ХЕМИЈЕ** (30. стручно усавршавање наставника хемије и 3. Конференција методике наставе хемије), манифестацији која ће се одржати 24. и 25. априла 2019. .

Ратко М. Јанков



ЧЛАНЦИ



Никола ГЛИГОРИЈЕВИЋ, истраживач сарадник, Универзитет у Београду, Институт за примену нуклеарне енергије (ИНЕП), Банатска 316, 11080 Београд, Србија (E-mail: nikolag@inep.co.rs)

ПРОЦЕС КОАГУЛАЦИЈЕ КРВИ СА ОСВРТОМ НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИЈУ ФИБРИНОГЕНА

ИЗВОД

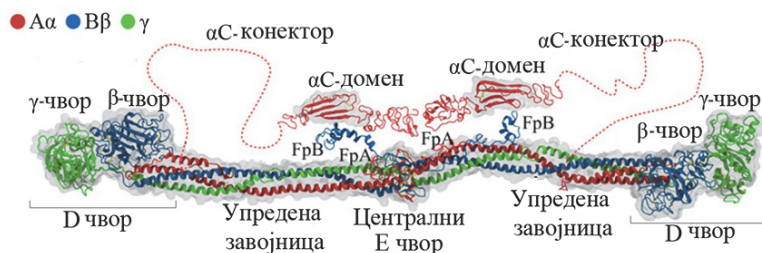
Фибриноген или фактор I система коагулације је гликопротеин молекулске масе од 340 kDa. Биохемијска улога овог протеина је изузетно значајна у одржавању хемостазе у организму, јер стварање фибринске мреже на месту кривне повреде сирећава неконтролисани губитак крви. Бројна патолошка стања су праћена коагулопатијама, које се испољавају тромбозом или повећаним крварењем. Да би се ове нежељивне појаве боље разумеле и ефикасније сиречиле или сиреширале, важно је уиознати факторе који на њих уиичу. Један од тих фактора је, поред концентрације, сирруктура фибриногена. Како фибриноген подлеже бројним посттранслационим модификацијама, као што су гликозилација и оксидација, њиховом карактеризацијом и анализом у патолошким стањима, може се доиринети бољој сирознаји њиховој уиичаја на секундарну и сирцијарну сирруктуру фибриногена, инсирекције фибриногена са друим протеинима, процес сирварања и карактеристике фибрина. У овом раду је даи сиреилег процес коагулације са осиредним осирвртом на сирруктуру фибриногена.

УВОД

Фибриноген је хомодимерни гликопротеин, молекулске масе од 340 kDa, структуре $(\text{A}\alpha\text{B}\beta\gamma)_2$, односно, састоји се из два $\text{A}\alpha$, два $\text{B}\beta$ и два γ ланца, Слика 1. Фибриноген има 29 дисулфидних веза. Фибриногенски ланци су спојени тако да се њихови N- терминални крајеви налазе у централном, E чвору, а затим пре-

лазе у увијене завојнице. $\text{B}\beta$ и γ ланци се завршавају глобуларним регионима, који се називају β и γ чворови. Заједно, ова два чвора чине такозвани D чвор. А α ланци су најдужи. На крају увијене завојнице, α ланци прелазе у флексибилан регион, такозвани α С-повезујући део, на који се надовезују α С домени [1]. Код здравих особа, фибриноген се у циркулацији налази у концентрацији од 2 до 4 g/L. У случају акутне инфламације, његова концентрација може прећи 7 g/L. У случају поремећене синтезе, концентрација може бити мања од 1 g/L [2-4]. Дејством ензима тромбина, пептиди означени као А и В на α и β ланцима се одвајају омогућавајући стварање нерастворног фибрина. Фибриноген се синтетиче у јетри, у хепатоцитима. Након експримирања гена за појединачне ланце и њихове синтезе, ланци се у ендоплазматични ретикулум спајају; прво се спају $\text{A}\alpha$ - γ и $\text{B}\beta$ - γ парови, а затим настају полумолекули фибриногена структуре $\text{A}\alpha\text{B}\beta\gamma$. Полумолекули се удружују у цео протеин, структуре $(\text{A}\alpha\text{B}\beta\gamma)_2$. Фибриноген даље одлази у Голџијев апарат, где му се у процесу гликозилације везују сахариди. Након гликозилације, молекул фибриногена напушта хепатоцит и одлази у циркулацију [1].

Да би остварио своју физиолошку функцију, фибриноген интерагује са многим протеинима, као што су фибронектин, албумин, тромбоспондин, фон Вилебрандов фактор (VWF), тромбин, фактор XIII, плазмин(оген), ткивни активатор плазмينا (tPA), инхибитор активатора плазмينا -1 и -2 (PAI-1 и -2) и α_2 -антиплазмин (A_2AP). Везивање фибриногена за тромбин и фактор XIII доводи до стварања и стабилизације фи-



Слика 1. Структура фибриногена (модификовано по [14])

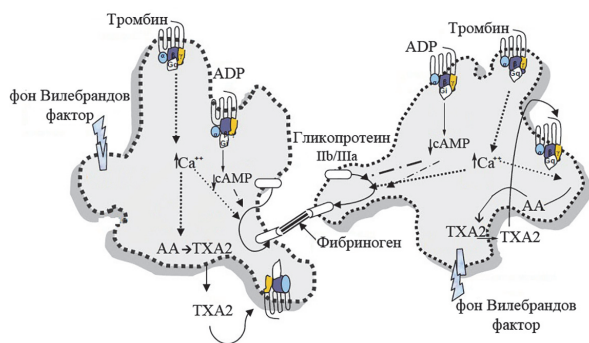
брина, док везивање за плазмин(оген), tPA, PAI-2 и α_2 -антиплазмин иницира и регулише фибринолизу. Фибриноген може везивати факторе раста и цитокине, индиректно утичући на околне ћелије. Фибрин није пасивна мрежа која само обезбеђује стабилност крвног угрушка, већ је активна творевина, чије су стварање (коагулација) и разлагање (фибринолиза) строго контролисани и сложени процеси, а за њихово одигравање је јако важна интеракција са наведеним протеинима.

КОАГУЛАЦИЈА И ФИБРИНОЛИЗА

Коагулација је процес који се код здравих људи активира приликом повреде у циљу одржавања хемостазе (заустављања крварења из оштећеног крвног суда). Сам процес се може поделити у две фазе - примарна и секундарна. Примарна хемостаза обухвата стварање примарног крвног угрушка на месту повреде уз учешће крвих плочица (тромбоцита), а секундарна обухвата сложена коагулациону каскаду која доводи до настанка фибринске мреже, чија је основна функција ојачавање примарног угрушка [5]. Након зарастања настале повреде, створени фибрин се процесом фибринолизе разграђује дејством ензима плазмينا.

ПРИМАРНА КОАГУЛАЦИЈА

Субендотелне компоненте, као што су колаген, фибронектин, ламинин и VWF, су изложене крвним плочицама на месту повреде [6]. VWF учествује у почетној адхезији крвних плочица на месту повреде, преко гликопротеинског комплекса Ib/IX/V. Даљим интеракцијама плочице се задржавају на месту повреде. Интеракција колагена са гликопротеином IV индукује активацију Пб/Ша и Ia/Ша интегрина на површини плочица. Колаген и VWF остварују јаке нековалентне везе са овим интегринима. Ангажовање додатних плочица се остварује преко њихових међусобних интеракција, уз везивање фибриногена за Пб/Ша интегрине. Плочице се, након доласка на место повреде, даље активирају деловањем агониста као што су ADP, тромбин и тромбоксан, Слика 2.



Слика 2. Активација крних плочица (модификовано по [6])

Тромбоксан A₂ (ТХА₂) се синтетише у плочицама од арахидонске киселине (АА) преко циклооксигеназног пута. Он дифундује кроз мембрану и активира друге плочице. Код плочица су рецептори за тромбо-

ксан купловани са G-протеинима (G_q и G₁₂ или G₁₃). Сви они заједно активирају фосфолипазу C. Овај ензим разлаже мембранске фосфоинозитиде (као што је фосфатидилинозитол-4,5-бисфосфат), ослобађајући инозитол трифосфат (IP₃) и диацилглицерол (DAG). DAG активира протеин киназу C која фосфорилује протеине. Ослобађање IP₃ повећава концентрацију Ca²⁺, који се отпушта из ендоплазматичног ретикулума. ADP се ослобађа из крвних плочица и еритроцита. Крвне плочице експримирају два рецептора за ADP, P₂Y₁ и P₂Y₁₂, који се куплују са G-протеинима, G_q и G_i. Активација P₂Y₁₂ инхибира аденилат циклазу и смањује количину цикличног AMP-а (сAMP), док активација P₂Y₁ повећава унутарћелијску концентрацију калцијума. Тромбин брзо настаје на месту повреде од протромбина и, поред улоге у стварању фибрина, је уједно и најпотентнији активатор плочица. Одговор плочица на тромбин иде преко протеазно-активираних рецептора (PAR) повезаних са G протеином. Крвне плочице експримирају PAR₁ и PAR₄.

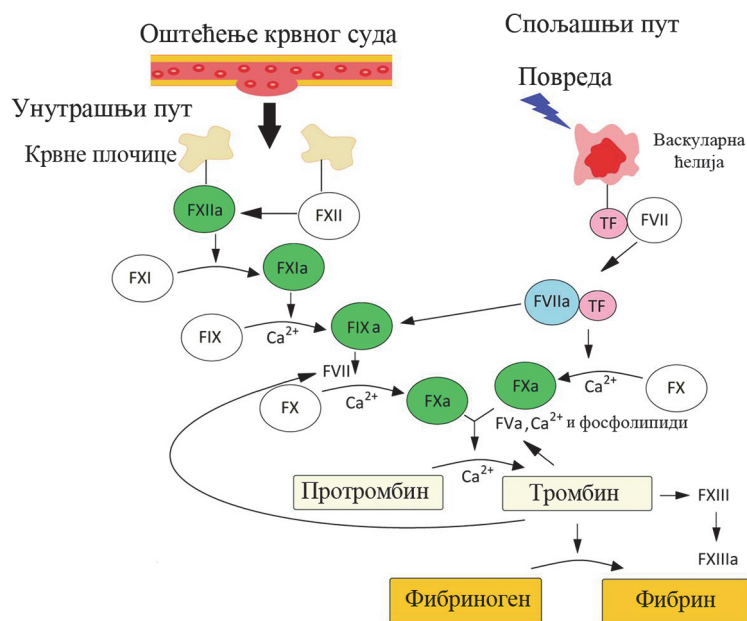
Активација доводи до агрегације плочица променом везујућих особина гликопротеина Пб/Ша, који постаје способан да веже фибриноген и VWF. Отпуштање ADP и ТХА₂ индукује активирање других плочица и њихово агрегирање [6]. Услед активације, плочице мењају облик и отпуштају садржај својих густих и α -гранула, самим тим даље доприносећи процесу зарастања повреде [7-8].

СЕКУНДАРНА КОАГУЛАЦИЈА

У Табели 1 су набројани најважнији фактори коагулације. Како су се фактори коагулације откривали, тако су различите истраживачке групе давале различита имена истим факторима што је довело до велике забуне. Да би се тај проблем решио договорено је да се сваком коагулационом фактору доделе римски бројеви а истраживачи су били у обавези да прво наведу фактор римским бројем а онда ако желе у загради да наведу пуно име фактора. Илустрације ради, фактор V има чак једанест имена и сва су била коришћена истовремено [9].

Табела 1. Листа фактора коагулације и њихова имена

Стандардна међународна ознака фактора	Име фактора
Фактор I	Фибриноген
Фактор II	Протромбин
Фактор III	Ткивни фактор или тромбопластин
Фактор IV	Калцијум
Фактор V	Проакцелерин
Фактор VII	Проконвертин
Фактор VIII	Антихемофилни фактор А
Фактор IX	Антихемофилни фактор В
Фактор X	Стјуарт-Проверов фактор
Фактор XI	Антецедент плазминског тромбопластина
Фактор XII	Хагеманов фактор
Фактор XIII	Фактор који стабилизује фибрин



Слика 3. Унутрашњи и спољни пут секундарне хемостазе

Под нормалним, физиолошким условима, ткивни фактор се не експримира од стране ћелија које су у директном контакту са крви. Приликом повреде крвног суда, ткивни фактор доспева у крвоток, везује се за фактор VII и отпочиње коагулациону каскаду која се састоји из два пута, унутрашњег и спољашњег (Слика 3), који се даље удружују у заједнички пут са циљем активирања протромбина (фактора II) посредством фактора Xa.

Унутрашњи пут отпочиње фактором XII, који се прво везује за полифосфате крвних плочица и ванћелијску RNK на месту повреде. Комплекс прекаликреина и кининогена велике молекулске масе, такође, интерагује са површином плочица у близини фактора XII, активирајући га. Фактор XII се активира тако што се хидролизује на два полипептидна ланца, од 50 и 28 kDa. Лакши ланац има активно место и назива се фактор XIIa. Активирани фактор XIIa даље може активирати прекаликреин дајући каликреин. Каликреин може, заузврат, активирати фактор XII, што доводи до позитивне повратне спреге у процесу коагулације. Даљи пут иде активацијом фактора XI од стране фактора XIIa. Настали фактор XIa активира фактор IX који, заједно са фактором VIII, ствара комплекс са фосфолипидима и активира фактор X.

Спољашњи пут, са друге стране, отпочиње везивањем и активацијом фактора VII. Активирани фактор VIIa, у присуству калцијума и фосфолипида, активира фактор X. По активирању фактора X, следи заједнички пут који се огледа у стварању протромбиназног комплекса кога чине, поред активираног фактора Xa, фактор Va, калцијум и фосфолипиди крвих плочица. Овај комплекс преводи протромбин у тромбин, који даље преводи фибриноген у фибрин. Два наведена пута коагулације су међусобно повезана и имају способност самосталне амплификације. Фактор VIIa је у

стању да активира и фактор IX унутрашњег пута. Тромбин може активирати факторе V и VIII, а такође убрзава активацију протромбина од стране фактора Xa, као и активацију фактора X од стране фактора IXa. Тромбин активира и фактор XIIIa, чија је улога да ковалентно повеже фибрин у насталим фибринским нитима [5,10].

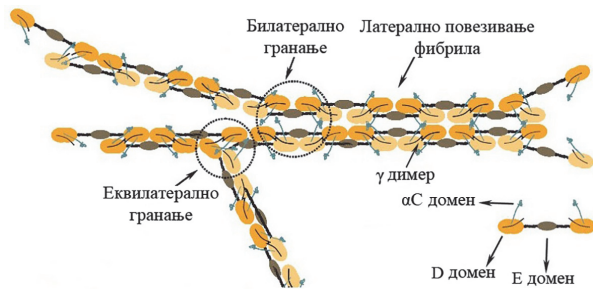
За процес коагулације је јако важан витамин K. Он је неопходан за активност карбоксилазе, која карбоксилује R-остатак глутаминске киселине (Glu). Ова модификација је нужна за активацију протромбина, фактора VII, IX и X. γ - карбоксилацијом Glu се обезбеђује да наведени фактори вежу калцијум, што је неопходно за њихову даљу активност [11].

Хемофилија је поремећај згрушавања крви. У зависности од фактора коагулације који недостаје, разликују се три типа, тип A где недостаје фактор VIII, тип B где недостаје фактор IX и тип C где недостаје фактор XI [12].

МЕХАНИЗАМ НАСТАНКА ФИБРИНСКОГ УГРУШКА

Сваки Aa ланац фибриногена садржи фибринопептид A, чијом хидролизом од стране тромбина започиње процес удруживања нити фибрина [2], Слика 4. Овом хидролизом се ослобађа место полимеризације на средишњем, E чвору. Један домен места полимеризације се налази на N-терминалном крају α ланца и чини га сквенца глицин-пролин-аргинин-валин, док се други домен налази на β ланцу између аминокиселина 15 и 42. Свако место полимеризације на једној фибринској нити се повезује са комплементарним везујућим местом у D чвору суседне фибринске нити, које се налази на γ ланцу између аминокиселина 337 и 379. Спајање ова два места обезбеђује да се нити удружују, тако да се преклапају крајњи и средишњи

део молекула. На тај начин настају дволанчане увијајуће нити - фибрили. Латерално спајање фибрила се, такође, дешава и на тај начин настају вишеланчани фибрили.



Слика 4. Механизам настанка фибрнске мреже (модификовано по [2])

У растућем фибринском угрушку се срећу два типа гранања. Први тип је билатерални, који настаје удруживањем два дволанчана фибрила у четвороланчани. Други тип је еквилатерални, који настаје спајањем три молекула фибрина у три дволанчана фибрила. Други тип гранања настаје чешће уколико се хидролиза фибринопептида одвија споро, а резултат је мање порозна фибринска мрежа. Одвајање фибринопептида В је спорије од одвајања фибринопептида А, а тим одвајањем се ослобађа друго место полимеризације, које започиње секвенцом глицин-хистидин-аргинин-пролин и интерагује са комплементарним местом β ланца у D чвору. Та интеракција доприноси латералном повезивању фибрила. Такозвани αС регион у фибриногену се налази нековалентно везан за централни, E чвор. Приликом хидролизе фибринопептида В, он се ослобађа и постаје слободан да интерагује са другим αС доменом, доприносићи латералном спајању фибрила. На γ ланцу се налазе два самоповезујућа места. Једно омогућава ковалентно повезивање фибрина и фактора XIII и има ознаку γ_{CH}, а друго служи за правилно позиционирање крајева фибринских мономера (типа крај-крај). С-терминални крајеви γ ланца садрже место самоумрежавања, а фактор XIII, катализује стварање γ димера. Ковалентна веза настаје између лизина⁴⁰⁶ једног и глутамин^{398/399} другог γ ланца [2,13-14]. Калцијум који се везује за фибриноген убрзава процес полимеризације фибринских мономера, чиме скраћује време потребно за формирање фибрнске мреже [15].

ФИБРИНОЛИЗА

У Табели 2 су набројани главни фактори одговорни за одигравање и регулацију фибринолизе.

Табела 2. Кључни фактори фибринолизе и њихова улога

Име фактора	Улога
Плазмин	Ензим одговоран за разградњу фибрина
Ткивни активатор плазмине (tPA)	Активатор плазмине
Урокиназа (uPA)	Активатор плазмине

• Инхибитор плазминског активатора-1 (PAI-1)	• Инхибитор за tPA и uPA
• Инхибитор плазминског активатора-2 (PAI-2)	• Инхибитор за tPA и uPA
• α2-антиплазмин (A2AP)	• Инхибитор плазмине

Фибринолиза је, као и коагулација, строго контролисани процес. Главни одговорни протеин за овај процес, плазмин, се синтетише у облику неактивног зимогена који се потом активира на површини фибринског угрушка или на површини ћелија од стране tPA или урокиназе (uPA). Разградњом фибрина настају растворни деградациони производи, од којих неки имају имуномодулаторно и хемостатско дејство. Фактор tPA се синтетише и отпушта од стране ендотелних ћелија, док се uPA производи од стране моноцита, макрофага и уринарног епитела. Оба активатора имају кратак полуживот у циркулацији, од 4 до 8 минута, услед присуства високе концентрације њихових инхибитора. Наведени активатори се уклањају у јетри. Плазмин повећава активност активатора преводећи их из једноланчаних протеинских облика у дволанчане, чиме испољава позитивну повратну спрегу на сопствену активацију. Да би се спречила претерана активност плазмине, у циркулацији су присутни инхибитори, како плазмине тако и његових активатора, који се називају серпини. Ови инхибитори стварају ковалентне везе са циљним протеинима, након чега се уклањају из циркулације. Три најзначајнија серпина за фибринолизу су инхибитори плазминског активатора-1 и -2 (PAI-1 и PAI-2) и α2-антиплазмин (A2AP). A2AP и плазмин се везују у стехиометријском односу 1:1, након чега оба протеина постају неактивна. Поред плазмине, tPA и uPA се инхибирају брзо дејством PAI-1 кога отпуштају ћелије ендотела, крвне плочице и друге ћелије. PAI-2, као и PAI-1, је инхибитор tPA и uPA и његова концентрација се повећава током трудноће. Занимљива је чињеница да сам фибрин потпомаже своју разградњу. Плазмин везан за фибрин је заштићен од свог A2AP инхибитора. Такође, активност tPA је око 500 пута већа када је он везан за фибрин. Разградња фибрина се убрзава и услед ослобађања додатних места на С-терминусу фибрина за везивање плазмине. Ћелије ендотела учествују у заштити фибринолитичких фактора јер, као и код фибрина, површина ових ћелија обезбеђује њихову заштиту од специфичних инхибитора [16].

КОАГУЛАЦИОНИ ПОРЕМЕЋАЈИ

Поремећаји на нивоу система коагулације се могу манифестовати крварењем или повећаном коагулацијом (хиперкоагулацијом) [17]. Ови поремећаји могу бити урођени, нпр. услед мањка VWF, и стечени, нпр. услед цирозе јетре. Такође, поремећаји процеса коагулације се могу поделити на поремећаје примарне или секундарне хемостазе. У прве се убрајају поремећаји крвних плочица и васкуларних зидова, док се у друге убрајају поремећаји на нивоу коагулационе каскаде, односно одређених фактора који у њој учествују. Да би се утврдило на ком делу процеса постоји поремећај,

раде се наменски тестови. Дијагноза поремећаја на нивоу примарне хемостазе се успоставља на основу одређивања броја крвних плочица и мерења времена згрушавања крви на прсту након убода иглом. Што се секундарне хемостазе тиче, постоји више тестова који су набројани у Табели 3.

Табела 3. Тестови за дијагностификовање поремећаја на нивоу секундарне хемостазе

Назив теста	Намена
Протромбинско време (РТ)	Служи за процену спољашњег и заједничког пута коагулације. Заснива се на мерењу времена потребног за настанак фибрина по додатку тромбoplastина (реагенс који садржи фактор III и фосфолипиде) и калцијума.
Активирано парцијално тромбoplastинско време (аРТТ)	Служи за процену унутрашњег и заједничког пута коагулације. Заснива се на мерењу времена које је потребно унутрашњем путу да створи фибрин по додатку фосфолипиде.
(Плазма-)тромбинско време (ТТ)	Служи за процену заједничког пута коагулације. Заснива се на мерењу времена које је потребно за настанак фибрина по додатку тромбина.
Рептилазно време	Служи за одређивање времена неопходног за претварање фибриногена у фибрин по додатку ензима рептилазе (тест за утврђивање дефицијенције фибриногена).

СТРУКТУРНЕ МОДИФИКАЦИЈЕ ФИБРИНОГЕНА

Фибриноген у плазми чини хетерогена популација протеина, која настаје услед алтернативне обраде информационе RNK ланца фибриногена, посттранслационих модификација и/или протеолитичке деградације. Сви ови процеси, до којих долази у физиолошким или у патофизиолошким условима, значајно утичу на структуру фибриногена, што даље може утицати и на његову функцију. Аа ланац се налази у доминантној форми масе од 67 кДа, коју чини 610 аминокиселина. Друга, дужа форма, означена као αE, масе 110 кДа, сачињена од 847 аминокиселина чини 1-3 % укупне количине фибриногена. Ова форма се увек удружује као αE-αE хомодимер, дајући молекул фибриногена масе од 420 кДа [18]. У циркулацији, C-терминални крај Аа ланца је подложен протеолизи, која је главни узрочник хетерогености фибриногена [19]. Око 70 % укупног фибриногена масе од 340 кДа има цели Аа ланац. Око 25 % фибриногена се налази у форми масе од 305 кДа, у којој је један Аа делимично разграђен. На крају, јако мали део циркулише у форми масе од 270 кДа, код које су оба Аа ланца делимично разграђена [19]. Вβ ланац има масу од 57 кДа, 461 аминокиселину и N-гликозилован је на месту аспарагина³⁶⁴. γ ланци фибриногена постоје у две форме, доминатна γА форма, масе од 47 кДа, изграђена од 411 аминокиселина и γ' варијанта, масе од 57,5 кДа, коју чини 427 аминокиселина. Ова

друга форма улази у састав око 15 % фибриногена у плазми [2] и налази се претежно као хетеродимер, γА/γ'. γ ланац фибриногена је N-гликозилован на месту аспарагина⁵² [20]. Сматра се да хетерогена γА/γ' форма фибриногена штити од венске тромбозе и да је фибрин који од ње настаје мање густине и чврстоће [21]. Ова форма, такође, везује тромбин са великим афинитетом [22], чиме доприноси инхибицији активације крвних плочица и других фактора коагулације. Као што је већ речено, фибриноген подлеже бројним посттранслационим модификацијама. Под физиолошким условима, фибриноген подлеже N-гликозилацији, фосфорилацији и сулфатацији.

Аа ланац фибриногена може бити фосфорилуван. Нефосфорилувани, моно- и дифосфорилувани облици фибриногена циркулишу у крви човека у односу 1:1:1 [23]. Фосфориловање повећава афинитет фибриногена за тромбин, што подстиче стварање фибрина. Приликом акутног одговора организма на запаљенски процес, повећава се степен фосфориловања фибриногена [24], доводећи до стварања фибрина са дебелим влакнима и повећаном резистенцијом на плазминску разградњу [24-25].

N-гликозиловање протеина подразумева везивање сахара за аспарагин који се налази у секвенци аспарагин-X-серин/треонин, где X може бити било која аминокиселина осим пролина. Присуство ове секвенце није једини услов за формирање везе, већ је нужно да протеин буде и у одговарајућој конформацији. Ковалентно везивање сахара омогућава протеинима правилно увијање, заштиту од разлагања, повећава њихову растворљивост и обезбеђује обављање неких од њихових функција [26].

Већина N-гликана фибриногена су биантенарно комплексног типа, са по једном или две сијалинске киселине (Sia) на крају. Поред ове доминантне структуре, HILIC-HPLC методом (хроматографија хидрофилних интеракција) су детектоване и друге, знатно мање заступљене гликоформе [27].

N-гликозиловање фибриногена игра важну улогу у формирању фибринског угрушка. Пацијенти са цирозом или другим обољењима јетре имају повећан садржај Sia на фибриногену [28-29], што повећава негативно наелектрисање фибриногена и фибрина. Повећано присуство Sia може довести и до повећаног везивања јона калцијума за фибриноген [29-30]. Ове промене утичу на смањење порозности фибринског угрушка, што доводи до његове отежане разградње, чиме се повећава ризик од тромбозе. Уколико се сахариди потпуно уклоне, долази до латералне агрегације влакана и стварање фибрина са масивним влакнима. Такав фибрин настаје брже и има већу порозност [31]. Откривене су, такође, бројне коагулопатије настале као последица мутација које су допринеле додатном N-гликозиловању фибриногена [32-34].

γ ланац фибриногена подлеже сулфатацији, повећавајући његов афинитет за тромбин [35].

Оксидација фибриногена значајно утиче на његову структуру и функцију. Оксидативни стрес трпи ор-

ганизам када је поремећен баланс између антиоксиданата и реактивних једињења кисеоника (ROS), било због прекомерне потрошње антиоксиданата или повећаног стварања ROS. Повећана производња ROS може изменити структуру ДНК, протеина, липида, може активирати специфичне транскрипционе факторе и индуковати стварање про- и анти-инфламаторних цитокина [36]. ROS врсте одговорне за наведене ефекте су супероксид анјон ($\cdot\text{O}_2^-$), водоник пероксид (H_2O_2) и хидроксил радикал ($\cdot\text{OH}$). Осим њих, реактивни молекули са азотом који се формирају у интеракцији између азот оксида (NO) и $\cdot\text{O}_2^-$, стварајући пероксинитрит (ONOO^-), такође, модификују биомолекуле и оштећују ћелије. Једно од главних обележја оксидативног стреса је повећано стварање карбонилних група на протеинима.

Фибриноген је веома подложен оксидацији. *In vitro* експерименти су показали да оксидација фибриногена инхибира стварање фибрина и доводи до формирања фибрина са тањим влакнима [37-38]. Код пацијената са инфарктом миокарда је детектован оксидативно измењен фибриноген, који је директно био одговоран за продужено време коагулације, стварање гушћег фибрина са тањим влакнима и резистентнију на хидролизу плазмином [39]. И код особа са цирозом јетре је повећан степен карбониловања фибриногена, што доводи до сличних последица - настанак фибрина смањене порозности. Места карбониловања на фибриногену формирају хидрофобно окружење, што вероватно утиче на смањење порозности фибрина [29,40].

Степен глико-оксидације фибриногена код дијабетичара је у директној корелацији са смањењем порозности, брзином стварања фибрина, повећањем гранања и густине фибринске мреже [41], што отежава хидролизу крвног угрушка плазмином и повећава ризик од тромбозе.

Abstract

BLOOD COAGULATION PROCESS WITH SPECIAL EMPHASIS ON THE STRUCTURE AND FUNCTION OF FIBRINOGEN

Nikola GLIGORIJEVIĆ, *INER, University of Belgrade*

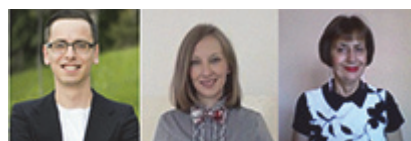
Fibrinogen or factor I of the coagulation system is a glycoprotein with a molecular mass of 340 kDa. A biochemical role of this protein is very important for maintaining haemostasis in the organism, since a creation of the fibrin net at the site of injury prevents an uncontrolled loss of blood. Many pathological states are accompanied by coagulopathies which are manifested either by thrombosis or increased bleeding. In order to understand and treat these events efficiently, it is important to know factors which may have an influence on them. One of these factors is, besides the concentration, the structure of fibrinogen. Since fibrinogen is susceptible to many posttranslational modifications, such as glycosylation and oxidation, their characterisation and analysis in pathological states may lead to better understanding of their influence on the secondary and tertiary structure of fibrinogen, its interaction with other proteins, on the processes of fibrin formation and characteristics of fibrin. An overview on the coagulation process is given in this

article with a special emphasis on the structure of fibrinogen.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kattula S, Byrnes JR, Wolberg AS. Fibrinogen and fibrin in hemostasis and thrombosis. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, **37** (2017) e13.
- [2] Mosesson MW, Fibrinogen and fibrin structure and functions. *J. Thromb. Haemost.*, **3** (2005) 1894.
- [3] Santacroce R, Cappucci F, Pisanelli D, Perricone F, Papa ML, Santoro R, Grandone E, Margaglione M. *Blood Coagul. Fibrinolysis*, **17** (2006) 235.
- [4] Tennent GA, Brennan SO, Stangou AJ, O'Grady J, Hawkins PN, Pepys MB. Human plasma fibrinogen is synthesized in the liver. *Blood*, **109** (2007) 1971.
- [5] Palta S, Saroa R, Palta A. Overview of the coagulation system. *Indian J. Anaesth.* **58** (2014) 515.
- [6] Sharathkumar AA, Shapiro A. 2008. Platelet function disorders. In Schulman S. (ed.), *Treatment of hemophilia* (2nd edition). Montréal, Canada: World Federation of Hemophilia.
- [7] Whiteheart SW. Platelet granules: surprise packages. *Blood*. **118** (2011) 1190.
- [8] Gremmel T, Frelinger AL, Michelson AD. Platelet Physiology. *Semin. Thromb. Hemost.* **42** (2016) 191.
- [9] Wright IS. The nomenclature of blood clotting factors. *Can. Med. Assoc. J.* **86** (1962) 373.
- [10] Bhattacharjee P, Bhattacharyya D. 2014. An insight into the abnormal fibrin clots - its pathophysiological roles. In Kolev K. (Ed.), *Fibrinolysis and thrombolysis* (1st edition). Rijeka, Croatia: IN TECH.
- [11] Dowd P, Ham S-W, Naganathan S, Hershline. The mechanism of action of vitamin K. *Annu. Rev. Nutr.* **15** (1995) 419.
- [12] Butenas S, Orfeo T, Brummel-Ziedins KE, Mann KG. Tissue factor in thrombosis and hemorrhage. *Surgery*. **142** (2007) S2.
- [13] Martinez M, Weisel JW, Ischiropoulos H. Functional impact of oxidative post-translational modifications on fibrinogen and fibrin clots. *Free Radic. Biol. Med.* **65** (2013) 411.
- [14] Weisel JW, Litvinov. Mechanisms of fibrin polymerization and clinical implications. *Blood*. **121** (2013) 1712.
- [15] Brass EP, Forman WB, Edwards RV, Lindan O. Fibrin formation: effect of calcium ions. *Blood*. **52** (1978) 654.
- [16] Chapin JC, Hajjar KA. Fibrinolysis and the control of blood coagulation. *Blood Rev.* **29** (2015) 17.
- [17] https://www.amboss.com/us/knowledge/Hemostasis_and_bleeding_disorders
- [18] Fu Y, Zhang J-Z, Redman CM, Grienering. Formation of the human fibrinogen subclass Fib420: disulfide bonds and glycosylation in its unique (α_E chain) domains. *Blood*. **92** (1998) 3302.
- [19] de Maat MPM, Verschuur M. Fibrinogen heterogeneity: inherited and noninherited. *Curr. Opin. Hematol.* **12** (2005) 377.
- [20] Nickerson J, Fuller GM. Modification of fibrinogen chains during synthesis: glycosylation of B β and γ chains. *Biochemistry*. **20** (1981) 2818.
- [21] Domingues MM, Macrae FL, Duval C, McPherson HR, Bridge KI, Ajjan RA, Ridger VC, Connell SD, Philippou H, Ariens RAS. Thrombin and fibrinogen γ' impact clot structure by marked effects on intrafibrillar structure and protofibril packing. *Blood*. **127** (2016) 487.
- [22] Fredenburgh JC, Stafford AR, Leslie BA, Weitz JI. Bivalent binding to γ_A/γ' -fibrin engages both exosites of thrombin and protects it from inhibition by the antithrombin-heparin complex. *J. Biol. Chem.* **283** (2008) 2470.

- [23] Nagel T, Meyer B. Simultaneous characterization of sequence polymorphisms, glycosylation and phosphorylation of fibrinogen in a direct analysis by LC-MS. *Biochim. Biophys. Acta.* **1844** (2014) 2284.
- [24] Haglund ÅC, Ronquist G, Frithz G, Ek P. Alteration of the fibrinogen molecule and its phosphorylation state in myocardial infarction patients undergoing thrombolytic treatment. *Thromb. Res.* **15** (2000) 147.
- [25] Martin ŠC, Ekman P, Forsberg P-O, Ersmark H. Increased phosphate content of fibrinogen *in vivo* correlates with alteration in fibrinogen behavior. *Thromb. Res.* **68** (1992) 467.
- [26] Lis H, Sharon N. Protein glycosylation. Structural and functional aspects. *Eur. J. Biochem.* **218** (1993) 1.
- [27] Adamczyk B, Struwe WB, Ercan A, Nigrovic PA, Rudd PM. Characterization of fibrinogen glycosylation and its importance for serum/plasma N-glycome analysis. *J. Proteome Res.* **12** (2013) 444.
- [28] Martinez J, Keane PM, Gilman PB. The abnormal carbohydrate composition of the dysfibrinogenemia associated with liver disease. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **408** (1983) 388.
- [29] Lisman T, Ariëns RAS. Alterations in fibrin structure in patients with liver diseases. *Semin. Thromb. Hemost.* **42** (2016) 389.
- [30] Dang CV, Shin CK, Bell WR, Nagaswami C, Weisel JW. Fibrinogen sialic acid residues are low affinity calcium-binding sites that influence fibrin assembly. *J. Biol. Chem.* **264** (1989) 15104.
- [31] Langer B, Weisel JW, Dinauer PA, Nagaswami C, Bell WR. Deglycosylation of fibrinogen accelerates polymerization and increases lateral aggregation of fibrin fibers. *J. Biol. Chem.* **263** (1988) 15056.
- [32] Yamazumi K, Shimura K, Terukina S, Takahashi N, Matsuda M. A γ methionine-310 to threonine substitution and consequent N-glycosylation at γ asparagine-308 identified in a congenital dysfibrinogenemia associated with posttraumatic bleeding, fibrinogen Asahi. *J. Clin. Invest.* **83** (1989) 1590.
- [33] Maekawa H, Yamazumi K, Muramatsu S, Kaneko M, Hirata H, Takahashi N, Arocha-Piñango CL, Rodriguez S, Nagy H, Perez-Requejo J, Matsuda M. Fibrinogen Lima: a homozygous dysfibrinogen with an A α -arginine-141 to serine substitution associated with extra N-glycosylation at A α -asparagine-139. Impaired fibrin gel formation but normal fibrin-facilitated plasminogen activation catalyzed by tissue-type plasminogen activator. *J. Clin. Invest.* **90** (1992) 67.
- [34] Sugo T, Nakamikawa C, Takano H, Mimuro J, Yamaguchi S, Mosesson MW, Meh DA, DiOrio JP, Takahashi N, Takahashi H, Nagai K, Matsuda M. Fibrinogen Niigata with impaired fibrin assembly: an inherited dysfibrinogen with a B β Asn-160 to ser substitution associated with extra glycosylation at B β Asn-158. *Blood.* **94** (1999) 3806.
- [35] Meh DA, Siebenlist KR, Brennan SO, Holyst T, Mosesson MW. The amino acid sequence in fibrin responsible for high affinity thrombin binding. *Thromb. Haemost.* **85** (2001) 470.
- [36] Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O. Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J.* **5** (2012) 9.
- [37] Piryazev AP, Aseichev AV, Azizova OA. Effect of oxidation-modified fibrinogen on the formation and lysis of fibrin clot in the plasma. *Bull. Exp. Biol. Med.* **148** (2009) 881.
- [38] Štikarová J, Kotlín R, Riedel T, Suttar J, Pimková K, Chrastinová L, Dyr JE. The effect of reagents mimicking oxidative stress on fibrinogen function. *Sci. World J.* **2013** (2013) Article ID 359621.
- [39] Becatti M, Marcucci R, Bruschi G, Taddei N, Bani D, Gori AM, Giusti B, Gensini GF, Abbate R, Fiorillo C. Oxidative modification of fibrinogen is associated with altered function and structure in the subacute phase of myocardial infarction. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* **34** (2014) 1355.
- [40] Hugenholtz GCG, Macrae F, Adelmeijer J, Dulfer S, Porte RJ, Lisman T, Ariëns RAS. Procoagulant changes in fibrin clot structure in patients with cirrhosis are associated with oxidative modifications of fibrinogen. *J. Thromb. Haemost.* **14** (2016) 1054.
- [41] Dunn EJ, Ariëns RAS, Grant PJ. The influence of type 2 diabetes on fibrin structure and function. *Diabetologia.* **48** (2005) 1198.



ЖИКО МИЛАНОВИЋ, Истраживачко-развојни центар за биоинжењеринг БиоИРЦ доо; ЈЕЛЕНА ТОШОВИЋ, СВЕТЛАНА МАРКОВИЋ, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу; (e-mail: milanovicziko463@gmail.com, jelena.tosovic@pmf.kg.ac.rs, mark@kg.ac.rs)

ТЕСТ ЗА ПРОЦЕНУ УКУПНЕ АНТИОКСИДАТИВНЕ АКТИВНОСТИ ЗАСНОВАН НА КВАНТНО МЕХАНИЧКИМ ПРОРАЧУНИМА – QM-ORSA ПРОТОКОЛ

Антиоксиданти су последњих деценија врло актуелна научна тема. Познат је широк спектар природних и синтетисаних полифенолних једињења који имају изражену антиоксидативну активност. Антиоксиданти у биолошким системима неутралишу високо реактивне кисеоничне врсте (ROS) и тим штите биолошки важне макромолекуле од оштећења. [1,2] Још једна од

важних улога антиоксиданата је присуство у прехранбеним производима као кључних средстава за сузбијање оксидативне деградације складиштене хране. Антиоксиданти обезбеђују дужи рок трајања и одржавају квалитет хране. [3,4]

Постоји мноштво експерименталних тестова који служе за одређивање антиоксидативне активности

као што су: DPPH (2,2-DiPhenyl-1-PicrylHydrazyl), FCR (Folin-Ciocalteu Reagent), TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylBenzoThiazoline-6-Sulphonic acid) и многи други. У данашње време антиоксидативну активност једињења могуће је одредити и рачунарским методама. Захваљујући развоју рачунарске технике у последњим деценијама, могуће је помоћу разноврсних прорачуна добити поуздане резултате уз разумне рачунарске трошкове за молекуле мале и средње величине. Имајући то у виду, јавила се идеја да се осмисли методологија која се заснива на компјутерским прорачунима, а има за циљ проналажење универзалног и квантитативног начина за процену антиоксидативне активности неког једињења. Галано (Galano) и Алварез Идабој (Alvarez Idaboy) 2013. године осмислили су један такав протокол који су назвали тест за процењивање укупне антиоксидативне активности заснован на квантно механичким прорачунима (Quantum Mechanics-based test for Overall free Radical Scavenging Activity (QM-ORSA)).[5] Протокол подразумева термодинамичко и кинетичко испитивање свих могућих реакционих путева и укључује различите аспекте који могу да утичу на антиоксидативни капацитет. Међутим, примена оваквог протокола не може да укључи сву комплексност биолошког окружења или свих компонената хране. Из тог разлога, аутори наводе да је циљ студије да обезбеди довољно информација о антиоксидативном капацитету појединачних компонената, а не природних производа који су комплексне смеше великог броја различитих једињења. При томе би се идентификовале компоненте које поседују највећу активност и које би могле да послуже за добијање лекова и хране који садрже само најактивнија једињења која су присутна у природним производима. Ово би могла да буде корисна терапија у случајевима када је организам изложен значајном оксидативном стресу и када није могуће да се путем исхране унесе неопходна количина антиоксиданата.

Дакле, QM-ORSA методологија је осмишљена тако да:

- идентификује главне реакционе механизме одговорне за антиоксидативну активност неког једињења, у зависности од природе средине и од рН;
- процени засебно антиоксидативну активност у поларним и неполарним растварачима;
- даје две мере за квантификавање: апсолутну (засновану на рачунању укупне константе брзине) и релативну (тролокс (trolox, Tx) се користи као референтни антиоксидант);
- омогући успостављање редоследа активности у серији антиоксиданата;
- идентификује најефикасније антиоксиданте и структурне особине одговорне за њихову активност како би помогла у осмишљавању фармаколошких стратегија за одбрану од оксидативног стреса.

ОПШТИ ПРИНЦИПИ

Као први корак, треба изабрати поуздану теоријску методу. За ове сврхе највише се користе методе теорије функционала густине (Density Functional Theory, DFT), и то: LC-xPBE, BMK, B2PLYP, Mo5-2X, Mo6-2X и MN12SX.[6-9] Наведене методе су посебно атрактивне за QM-ORSA протокол јер је познато да дају поуздане резултате у кинетичким истраживањима која представљају централни део ове методологије.[10] Од базисних скупова препоручују се они који садрже поларизационе и дифузне функције додате како на тешке атоме тако и на атоме водоника. У обзир треба узети и ефекте растварача. Солватациони модели, као што су CPCM (Conductor-like Polarizable Continuum Model) и SMD (Solvation Model based on Density), погодни су за коришћење приликом испитивања особина антиоксиданата у биолошким условима.[11-13] За поређење активности различитих антиоксиданата неопходно је да се у израчунавањима користи исти теоријски модел. Из истих разлога, неопходно је испитивати реакције са истим слободним радикалом. Следећи корак представља испитивање свих могућих реакционих путева у којима учествују испитивани антиоксидант и изабрани слободни радикал. С обзиром на то да су HAT (Hydrogen Atom Transfer), RAF (Radical Aduct Formation), SPLET (Sequential Proton Loss Electron Transfer) и SET-PT (Single Electron Transfer Followed by Proton Transfer) механизми преко којих антиоксиданти најчешће реагују, QM-ORSA протоколом је предвиђено да је довољно испитивати реакционе путеве који се јављају у тим механизмима. Испитивање свих могућих реакционих путева за сва четири реакциона механизма може бити врло тежак задатак посебно ако се ради о антиоксиданту који може да реагује преко више механизма, у више различитих положаја и чија је структура комплексна. Из тог разлога, предложена је следећа стратегија: најпре се испитује који од ових реакционих путева су термодинамички повољни, а затим се само они даље испитују и кинетички.

ТЕРМОДИНАМИЧКА ИСПИТИВАЊА

Израчунавање термодинамичких параметара има предност јер пружа могућност испитивања разноликих процеса хватања слободних радикала независно од хемијске природе тих процеса. Било који механизам може да се испитује на овај начин уз једноставно укључивање ефеката средине, као што су солватациони ефекти.

Термодинамичка испитивања подразумевају да се за све могуће реакционе путеве рачуна слободна енергија реакције ($\Delta_r G$). Реакције које су егзергоне или изоергоне ($\Delta_r G \leq 0$) даље се испитују кинетички, тј. рачунају се прелазна стања (уколико постоје) и одређују константе брзине тих реакција.

Овај поједностављени приступ се заснива на претпоставци да, уколико има ендергоних реакционих путева који доприносе антиоксидативној активности, они ће бити реверзибилни и самим тим производи тих реакционих путева неће бити опажени.

Међутим, треба имати на уму да ендергоне реакције могу имати значајан допринос у случајевима када одговарајући производи тих реакција могу даље брзо да реагују. Ово је посебно важно у случајевима када су реакције које следе изражено егзергоне и када су енергије активације ових реакција мале. У таквим случајевима неопходно је укључити и кинетичко испитивање. Пример за овакав случај је први корак SET-PT механизма. Благо позитивне $\Delta_r G$ вредности одговарају великим вредностима константи брзина. Међутим, могуће је да у овом случају јонски интермедијери брзо реагују. Исто тако, производи настали у реакцијама преноса електрона су удаљени једни од других и могу да реагују са другим молекулима у окружењу, што може да води до иреверзибилног процеса. Из ових разлога се у случају SET реакције препоручује даље кинетичко испитивање уколико су $\Delta_r G$ вредности позитивне, а мање од 40 kJ mol^{-1} .

Још један од изузетака је и случај у коме ниједан од реакционих путева није егзергон. Тада се даља кинетичка испитивања изводе са реакцијама које су најмање ендергоне.

КИНЕТИЧКА ИСПИТИВАЊА

Кинетичка испитивања су подељена на два случаја. Један обухвата испитивање кинетике код реакција које се одвијају преко прелазних стања као што је случај са НАТ и РАФ механизмима. Други се односи на реакције које се не одигравају преко прелазног стања, као што је случај са SPLET и SET-PT механизма. Све испитиване реакције посматрају се као бимолекулске.[14] При испитивању константи брзина свих реакција, почетна тачка је Ајрингова (*Eyring*) једначина и 1M стандардно стање. У савременом испитивању кинетике у раствору, ова једначина, која се често назива и конвенционална теорија прелазног стања (*Transition State Theory (TST)*), најпогоднија је за интерпретацију температурске зависности константи брзина:

$$k_{\text{TST}} = \frac{k_B T}{h} \exp\left(\frac{-\Delta G_a^\ddagger}{RT}\right) \quad (1)$$

У једначини (1) k_B и h представљају Болцманову (*Boltzman*) и Планкову (*Planck*) константу, док ΔG_a^\ddagger означава енергију активације.[15-17]

У случају НАТ и РАФ механизма у Ајрингову једначину се укључују два параметра: дегенерисаност реакционог пута σ [18,19] и трансмисиони коефицијент $\gamma(T)$ [20,21], тако да једначина поприма следећи облик:

$$k_{\text{ZCT-0}} = \sigma \gamma(T) \frac{k_B T}{h} \exp\left(\frac{-\Delta G_a^\ddagger}{RT}\right) \quad (2)$$

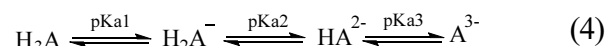
У случају SPLET и SET-PT механизма за процењивање енергије активације код реакција прелаза електрона користи се Маркусова (*Marcus*) теорија.[22,23]

ПРОЦЕНА РЕЛАТИВНЕ АНТИОКСИДАТИВНЕ АКТИВНОСТИ

Да би се одредила релативна антиоксидативна активност (r^T), најпре је потребно израчунати укупну константу брзине (k_{overall}) како испитиваног, тако и референтног једињења. Напоменуто је већ да се у QM-ORSA протоколу за референтно једињење узима тролокс, Тх. Укупна константа брзине се рачуна на основу тоталне константе брзине (k_{TOT}), која је једнака збиру константи брзина свих реакционих путева за појединачну врсту у реакционом медијуму. У неполарним растварачима укупна константа брзине једнака је константи тоталне брзине:

$$k_{\text{overall}} = k_{\text{TOT}} \quad (3)$$

Међутим, у воденом раствору и на различитим рН вредностима ситуација није тако једноставна, јер је при овим условима могуће идентификовати више од једне кисело-базне форме антиоксиданта. На пример, у случају трипротичне киселине, однос неутралног, моноанјонског, дианјонског и трианјонског облика (кисело-базне форме антиоксиданта) директно зависи од рН вредности околине:



Однос појединачних компоненти се може квантификовати и изразити молском фракцијом (f), која зависи од рН вредности средине и константе киселости испитиваног једињења:

$$\text{Ka}_1 = 10^{-\text{pKa}_1} \quad (5)$$

$$\text{Ka}_2 = 10^{-\text{pKa}_2} \quad (6)$$

$$\text{Ka}_3 = 10^{-\text{pKa}_3} \quad (7)$$

Користећи дефиницију константе равнотеже за процес дисоцијације:

$$\text{Ka}_1 = \frac{[\text{H}_2\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{A}]} \quad (8)$$

$$\text{Ka}_2 = \frac{[\text{HA}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{A}^-]} \quad (9)$$

$$\text{Ka}_3 = \frac{[\text{A}^{3-}][\text{H}^+]}{[\text{HA}^{2-}]} \quad (10)$$

могу се добити молске фракције различитих врста:

$$f[\text{A}^{3-}] = \frac{1}{1 + \beta_1[\text{H}^+] + \beta_2[\text{H}^+]^2 + \beta_3[\text{H}^+]^3} \quad (11)$$

$$f[\text{HA}^{2-}] = \beta_1[\text{H}^+] f[\text{A}^{3-}] \quad (12)$$

$$f[\text{H}_2\text{A}^-] = \beta_2[\text{H}^+]^2 f[\text{A}^{3-}] \quad (13)$$

$$f[\text{H}_3\text{A}] = \beta_3[\text{H}^+]^3 f[\text{A}^{3-}] \quad (14)$$

где вредност $[H^+]$ зависи од рН вредности средине. Вредности $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ рачунају се на основу формула:

$$\beta_1 = 10^{pK_{a3}} \quad (15)$$

$$\beta_2 = 10^{pK_{a3} + pK_{a2}} \quad (16)$$

$$\beta_3 = 10^{pK_{a3} + pK_{a2} + pK_{a1}} \quad (17)$$

Генерално, за све полипротичне киселине (H_nA), молска фракција потпуно депротонваног анјона рачуна се по формули:

$$f[X^{n-}] = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^n \beta_j [H^+]^j} \quad (18)$$

док је молска фракција свих осталих кисело-базних врста једнака:

$$f[H_i X^{(n-1)-}] = \beta_i [H^+]^i f(X^{n-}) \quad (19)$$

где је:

$$\beta_i = 10^{\sum_{j=1}^i pK_{a(n+1-j)}} \quad (20)$$

У овом случају, $k_{overall}$ се рачуна као збир свих k_{TOT} вредности помножених одговарајућом молском фракцијом. У случају трипротичне киселине:

$$k_{overall} = f(H_3A)k_{tot}^{H_3A} + f(H_2A^-)k_{tot}^{H_2A^-} + f(HA^{2-})k_{tot}^{HA^{2-}} + f(A^{3-})k_{tot}^{A^{3-}} \quad (21)$$

Када је одређена укупна константа брзине испитиваног једињења, неопходно је израчунати укупну константу брзине референтног једињења како би израчунали релативну антиоксидативну активност на основу следећег израза:

$$\Gamma^T = \frac{k_{overall}}{k_{overall}^{Tx}} \quad (22)$$

где $k_{overall}$ представља укупну константу брзине испитиваног антиоксиданта, док $k_{overall}^{Tx}$ представља укупну константу брзине за тролокс (референтно једињење), израчунату под истим условима. Израчуната вредност Γ^T може бити већа или мања од 1 што указује на јачу, односно слабију антиоксидативну активност испитиваног једиња у односу на референтно.

На основу $k_{overall}$ вредности могуће је одредити релативну количину производа добијених реакцијом (*branching ratio*, Γ_i):

$$\Gamma_i = \frac{k_i}{k_{overall}} \times 100 \quad (23)$$

где i представља одговарајући реакциони пут. Могућност рачунања Γ_i вредности је заправо једна од предности теоријске хемије јер нам обезбеђује и информацију о доприносу појединачног реакционог пута укупној антиоксидативној активности. На тај на-

чин је могуће одредити који од оперативних механизма је доминантнији. Експерименталним путем је тешко добити те информације. Поред тога, рачунање вредности може да предвиди споредне производе који настају у слободно радикалским процесима. Ово питање је кључно за предвиђање даље могуће судбине антиоксиданта у биолошким системима. Узимајући у обзир да реактивност споредних производа може бити од велике важности, ово подручје је поприлично неиспитано. Потенцијална реактивност споредних производа према слободним радикалима и биолошки важним молекулима као што су липиди, протеини и DNA заслужују детаљнија испитивања. [24,25]

ЗАКЉУЧАК

QM-ORSA протокол се заснива на термодинамичком и кинетичком испитивању свих могућих реакција које су укључене у антиоксидативне процесе одређеног једињења. Наиме, овај приступ подразумева да се у растварачима различите поларности израчунају константе брзине за све повољне реакционе путеве проучаваног антиоксиданта, узимајући у обзир и утицај рН вредности средине. Као и у експерименталним истраживањима, и овде је могуће да се одреди релативна антиоксидативна активност, при чему се као референтно једињење узима тролокс. Однос између укупне константе брзине, $k_{overall}$, испитиваног антиоксиданта и тролокса назива се релативна антиоксидативна активност и указује на већу или мању активност антиоксиданта у односу на Tx. Такође, на основу израчунате $k_{overall}$ вредности могуће је одредити релативну количину производа (Γ_i) добијених реакцијом и проценити који од оперативних механистичких путева је доминантнији. Те информације експерименталним путем тешко је добити.

Abstract

QUANTUM MECHANICS-BASED TEST FOR OVERALL FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY – QM-ORSA PROTOCOL

Žiko Milanović, BioIRC – Bioengineering Research and Development Center; **Jelena Tošović**, **Svetlana Marković**, Faculty of Science, University of Kragujevac;

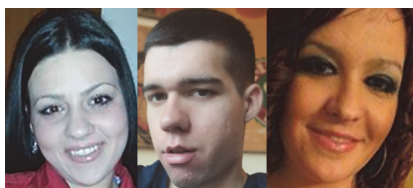
The computational methodology, also known as Quantum Mechanics-based test for Overall free Radical Scavenging Activity (QM-ORSA) implies thermodynamic and kinetic investigation of all possible mechanisms involved in antioxidant processes of a certain compound. This approach involves calculation of the rate constants for all probable mechanistic pathways of the antioxidant in media of different polarity considering the influence of pH. As in experimental studies, it is also possible to determine the relative antioxidative activity, whereby trolox is taken as the reference compound. The ratio between the overall rate constant, $k_{overall}$, of the tested antioxidant and that of trolox can indicate larger or smaller activity of the antioxidant in comparison to trolox. Also, based on the calculated $k_{overall}$ values, it is possible to predict the relative amount of reaction products using the branching ratios. It is challenging to achieve this information experimentally.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Pokorný, *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 109 (2007) 629.
2. M. Laguerre, J. Lecomte, P. Prog. *Lipid Res.* 46 (2007) 244
3. M. A. El-Missiry, *Antioxidant Enzyme*, InTech, Rijeka, 2012.
4. B. Halliwell, *Free Rad. Res. Comm.* 9 (1990) 32.
5. A. Galano, J. R. Alvarez-Idaboy, *J. Comput. Chem.* 34 (2013) 2430.
6. Y. Zhao, N. E. Schultz, D. G. Truhlar, *J. Chem. Theory Comput.* 2006,2,364.
7. Y. Zhao, D. G. Truhlar, *Theor. Chem. Acc.* 120 (2008) 215.
8. S. Cagnina, G. Fayet, P. Rotureau, C. Adamo, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 15 (2013) 10849.
9. A. D. Boese, J. M. L. Martin, *J. Chem. Phys.* 121 (2004) 3405.
10. A. Galano, J. R. Alvarez-Idaboy, *J. Comput. Chem.* 35 (2013) 2019.
11. S. A. Martins, S. F. Sousa, *J. Comput. Chem.* 34 (2013) 1354.
12. R. A. Marcus, *Annu. Rev. Phys. Chem.* 16 (1965) 155.
13. J. Tomasi, M. Persico, *Chem. Rev.* 94 (1994) 2027.
14. A. Fernández-Ramos, J. A. Miller, S. J. Klippenstein, D. G. Truhlar, *Chem. Rev.* 106 (2006) 4518.
15. H. Eyring, *J. Chem. Phys.* 3 (1935) 107.
16. M. G. Evans, M. Polanyi, *Trans. Faraday Soc.* 31 (1935) 875.
17. D. G. Truhlar, W. L. Hase, J. T. Hynes, *J. Phys. Chem.* 87 (1983) 2664.
18. K. J. Laidler, *Chemical Kinetics*; Harper Collins: New York, 1987; p.98.
19. E. Pollak, P. J. Pechukas, *J. Am. Chem. Soc.* 100 (1978) 2984
20. D. G. Truhlar, A. D. Isaacson, R. T. Skodje, B. C. Garrett, *J. Phys. Chem.* 86 (1982) 2252.
21. A. Fernandez-Ramos, B. A. Ellingson, R. Meana-Paneda, J. M. C. Marques, D. G. Truhlar, *Theor. Chem. Acc.* 118 (2007) 813.
22. R. A. Marcus, *Rev. Mod. Phys.* 65 (1993) 599.
23. D. Milenković, J. Tošović, S. Marković, Z. Marković, *Hem. Pregled*, 57 (2016) 92.
24. A. Galano, H. R. Alvarez Idaboy, *Int. J. Quantum Chem.* (2018) e25665.
25. G. Baskol, H. Demir, M. Baskol, E. Kilic, F. Ates, C. Karakukcu, M. Ustdal, *Cell Biochem. Funct.* 24 (2006) 307.



ВЕСТИ из ШКОЛЕ ВЕСТИ за ШКОЛЕ



Марија СТЕПАНОВИЋ (stepketaa@gmail.com), Ана БУКАЧ (makiana@live.com) и Маринко ЗУБИЋ (zubic.marina.marinko@gmail.com), студенти студијског програма НАСТАВА ХЕМИЈЕ, Универзитет у Београду – Хемијски факултет

СЦЕНАРИО РАДИОНИЦЕ: ЗАГАЂИВАЊЕ ВОДЕ, ВАЗДУХА И ЗЕМЉИШТА

Тема: Загађивање воде, ваздуха и земљишта

Разред: Други разред гимназије природно-математичког смера

Потребно време за реализацију: Два часа

Циљеви радионице:

1. Ученик објашњава појаву појачаног ефекта стаклене баште, наводи гасове који у највећој мери појачавају ефекат стаклене баште и набраја негативне последице повећане емисије угљен-диоксида у ваздуху.
2. Ученик наводи људске активности и изворе који у највећој мери утичу на загађивање ваздуха, воде и земљишта.
3. Ученик описује мере заштите ваздуха, воде и земљишта од загађења и предлаже активности које доприносе очувању животне средине.

Материјал и прибор потребан за рад:

- Рачунар
- „Паметни“ телефони
- Пројектор
- Одговарајући број радних листова
- Прибор потребан за извођење огледа: Пластична флаша запремине 1,5 dm³, црно обојена метална плочица, сталак с клемом, сијалица од 100 W с рефлектујућим огледалом, алкохолни термометар, ерленмајер од 100 cm³, гумени чеп са две рупе за ерленмајер, шприц од 25 cm³, стаклена цев у облику слова П.

Изглед учионице за едукативну радионицу: На демонстрационом столу је састављена апаратура као што је приказано на слици у прилогу 1.1. На шест радних места за групни рад ученика налазе се ознаке за групе (бројеви од један до шест) и радни листови за сваког ученика.

Припремање спискова са именима чланова група: Према претходним постигнућима ученика из хемије, наставник пре часа припрема спискове са именима чланова сваке од шест група тако да њихов састав буде хетероген (на пример, један до два ученика одличног успеха, један до два ученика врло доброг успеха, једна до два ученика с добрим успехом, и један до два ученика с довољним успехом). Свака група је означена бројем од један до шест. Спискови се постављају на врата учионице тако да ученици могу видети којој групи припадају пре него што уђу у учионицу.

Ток радионице:

Корак 1 (време за реализацију пет минута): Ученици слушају о теми и начину рада у едукативној радионици

Ученици заузимају радно место означено бројем који одговара групи у коју су распоређени. Наставник саопштава да је тема радионице загађивање воде, земљишта и ваздуха, да се она реализује током два часа и да има три дела која се односе на по један сегмент наведене теме.

Корак 2 (време за реализацију 25 минута): Ученици посматрају демонстрациони оглед о загађивању ваздуха, одговарају на питања у квизу и дискутују

Наставник објашњава ученицима да у демонстрационом огледу сијалица представља Сунце, плочица на дну боце Земљину површину, а гас у боци Земљину атмосферу (слика 1, прилог 1.1.). Наставник упали сијалицу. Током наредних десет минута, док се не устали температура у систему, наставник позива ученике да узму мобилне телефоне и да путем програма Socrative (или путем било којег другог програма који омогућава креирање квица) одговоре на два питања (видети прилог 1.2), приказана и помоћу рачунара и пројектора. За свако питање ученици добијају по један минут да изаберу један од понуђених одговора који сматрају тачним. Затим се приказују фреквенције одговора и у наредна два минута дискутује се о одговорима. Након тога ученици слушају објашњење наставника: „Температура овог система зависи од количине топлоте коју систем прима од сијалице (Сунца), као и од количине топлоте коју губи зрачењем у околину. Дакле, одговор под словом „С“ је тачан.“

Наставник на исти начин поставља друго питање. Када истекне минут времена предвиђеног за одабир одговора на друго питање, наставник приказује фреквенције одговора и даје тачан одговор: „Појачан ефекат стаклене башње представља процес загревања планете Земље, услед поремећаја енергетске равнотеже. Дакле, одговор под словом „С“ је тачан одговор.“ У наставку наставник објашњава: „Поред појачаног ефекта стаклене башње, на глобалном нивоу, уочавају се још три главна проблема која се јављају као последица загађења атмосфере а то су: смањење дебљине озонског омотача Земље или појава „озонских рупа“, киселе кише и смои.“

Главни узрочници појачаног ефекта стаклене башње су гасови стаклене башње, честичице чађи и директна сунчева активност. Битно је нагласити да је ефекат стаклене башње природан феномен и без њега животи на Земљи не би били могући. Без стаклованих гасова стаклене башње, топлотна енергија која је одбијена од Земљине површине лако би се враћила назад у свемир, па би просечна температура на Земљи била око -19°C , за разлику од садашњих 15°C . Насупрот овоме, у условима загађеног ваздуха, само мала количина одбијеног Сунчевог зрачења одлази у свемир, а највећи део апсорбују стакловани гасови стаклене башње у атмосфери. Ефекат настаје на сличан начин као у стакленику, где Сунчеви зраци видљиви и ултраљубичастог дела спектра продиру кроз стакло и греју гило испод стакла. Гло током емитује инфрацрвено зрачење које не може проћи кроз стакло, задржава се унутра и гило остaje загрејано. Услед тога је у стакленицима многи топлоти немо изван њих. На исти начин се јонаша и планете Земља, уколико постоји нека супстанца која ће се јонашати као стаклени кров.“

Када се у апаратури устали температура (око десет минута од паљења сијалице), по један ученик из сваке групе прилази демонстрационом столу и читава температуру, а сви остали бележе тај податак у радни лист.

Наставник пуни пластичну флашу угљен-диоксидом помоћу стаклене цеви која допире до дна флаше, затим вади стаклену цев након што се флаша испунила угљен-диоксидом. После овог поступка поново се чека око десетак минута да се устали температура у систему. За то време наставник поставља два питања на већ описан начин.

Ученици имају пола минуте времена да се определе за један од понуђених одговора у трећем питању. Након тога следи приказ фреквенције одговора и дискусија. Предвиђено време је пет минута. Ученици слушају наставничко објашњење: „Према подацима из релевантне литературе, угљен-диоксид је гас који има далеко највећи удео у појачавању ефекта стаклене башње и то 76 %, следи метан са 13 %, затим фреони са 6 % и азоти оксиди са 5 %. Молекули као што су водена пара, угљен-диоксид, метан, азот-субоксид, фреони апсорбују део инфрацрвеног зрачења, те тако привремено сиречавају његово отицање у свемир. Тако се задржава топлота на Земљиној атмосфери. Ови гасови током емитују инфрацрвено зрачење у свим правцима и смеровима, а део овако настале топлоте враћа се ка Земљиној површини која се додатно загрева. Концентрација ових гасова у атмосфери расте услед човековог деловања. Узроци повећане концентрације гасова стаклене башње су бројни. Међу њима највећи значај имају: сагоревање фосилних горива, сагоревање и сеча шума, коришћење минералних ђубрива.“

Наставник поставља четврто питање. Време предвиђено за одговарање је пола минута. У наредних пет минута следи приказ фреквенције одговора и дискусија. Ученици пажљиво слушају наставничко

објашњење: „Релевантни статистички подаци показују да је трансиорит људска активност која далеко највише доприноси повећању емисије и концентрације угљен-диоксида у Земљиној атмосфери. Удео трансиорита у односу на остале човекове активности је чак 50 %, следи производња електричне енергије са 17 %, пољопривреда и шумарство са 11 %, индустријски процеси са 10 % и остатак одлази на бројне групе не тако значајне активности. Неизбежне последице повећане емисије угљен-диоксида, а самим тим и појачаног ефекта стаклене башње, су:

- подизање нивоа мора
- неактиван утицај на ледени покривач
- утицај на климу (глобално загревање) и на живи свет (смањење биодиверзитета)
- шумски пожари
- болести људи – човек као жртва својственог деловања
- ширење бустиња
- ерозија земљишта“.

По истеку десет минута од увођења угљен-диоксида у флашу по један ученик из сваке групе прилази демонстрационом столу и читава температуру, а сви остали бележе тај податак у радни лист. Температура је порасла за неколико степени Целзијусових у односу на прво читавање. Ученици дискутују зашто је дошло до пораста температуре и заједно са наставником долазе до закључка. Наставник закључује: „Због свега наведеног у свету се интензивно ради на проналазку решења на свим пољима како би се смањила емисија угљен-диоксида у атмосфери. Многи се ради на примени алтернативних, обновљивих извора енергије уместо фосилних горива у трансиориту. Ту је многи посла за хемичара. Потребно је доста труда уложити у промишљање за изналажење решења овог проблема.“

Корак 3 (време за реализацију 25 минута): Ученици уче о загађујућим супстанцама воде и примењују знање

Свака група добија од наставника одштампана два питања (Прилог 2.1) која групно решава. Након пет минута групе предају наставнику папир са одговорима, а сваки члан групе добија текст (прилог 2.2) који је потребно да прочита у наредних осам минута. Док ученици читају текст наставник прегледа одговоре. Када су ученици прочитали текст, наставник саопштава како су гласили одговори свих група на прво питање. Ако су одговори група исти, чита само један одговор. Уколико има више одговора, саопштава их ученицима и позива их да коментаришу сваки одговор. Такође, позива ученике да допуне те одговоре, ако након читања текста процењују да су непотпуни. Потом наставник на исти начин разматра са ученицима одговоре група на друго питање. Знање стечено читањем текста и дискусијом одговора на два питања ученици примењују у решавању асоцијације (прилог 2.3).

Корак 4 (време за реализацију 25 минута): Ученици уче о загађујућим супстанцама земљишта и примењују знање

Ученици индивидуално читају текст о загађивању земљишта (прилог 3.1) и на нивоу групе одговарају на

три питања. Затим наставник позива једну групу да саопшти одговор на прво питање. Остале групе упоређују своје одговоре са одговором те групе и ако постоје разлике, саопштавају их. Сви одговори се коментаришу на нивоу разреда. На исти начин се размотра одговори група и на следећа два питања. При томе, сваки пут се прозива друга група да каже одговор. Наставник упућује ученике да прочитају текст о компостирању (прилог 3.2), да ураде домаћи задатак и након 15 дана известе о томе. Наставник пита ученике о њиховом ставу о наплати кеса у продавницама и акцији „не користим сламчицу“. Пошто ученици изнесу своје ставове, наставник говори о највећем проблему модерног доба - прекомерној употреби пластике: „Кеса представља производ који се најчешће користи у целом свету. Због све веће употребе пластичних кеса, оне су у новије време постале приличан проблем као знатан део отпада. Производи од пластике сматрају се највећим проблемом садашњице. Пластичне кесе почеле су да се производе 1957. године, тако да није могуће са сигурношћу рећи колико им је времена потребно да се разграде. Процењује се да је потребно 500 година. Састојак ових кеса је полиетилен и разлаже се прилично добро под утицајем УВ зрачења. Међутим, на депонијама су кесе често затрпане другим отпадом и заштићене тако од овог зрачења. Најчешће су реке и зелене површине препуне пластичних кеса и флаша. Проблем настаје и приликом производње кеса. На пример, у Италији се годишње произведе 300.000 тона кеса, што захтева потрошњу 430.000 тона нафте, а у атмосферу се испусти 200.000 тона угљен-диоксида. Најбоље решење овог проблема је у превентивним мерама као што је избегавање употребе пластичних кеса. Све више се користе папирне кесе. Препорука еколошких организација су четири поступка које сваки појединац може да уради, а који се на енглеском језику означавају са „4R“. Уместо узимања пластичних кеса у продавници, боље је понети сопствену врећу (refuse), а и отпад не би требало одлагати у пластичне кесе (reduce). Уколико се ипак употребљавају пластичне кесе, боље их је употребљавати више пута (reuse), а у појединим случајевима могућа је и рециклажа (recycle). Пластика се прави од полиетилена. Да би се произвео килограм полиетилена у атмосферу се испусти два килограма угљен-диоксида. У последње време у свету су се појавиле посебне врсте биоразградиве кеса. За њихову производњу користи се иста смеша као за пластичне кесе али се додају адитиви који убрзавају разградњу. Такође, за израду ових кеса користи се и скроб добијен из кукуруза. Овим кесама потребно је једна до четири године за разградњу, при чему настају вода, угљен-диоксид и хумус. У употреби се могу наћи и фото-биоразградиве кесе које, без ослобађања метана под утицајем сунчеве светлости, могу да се разграде након неколико година“.

Корак 5 (време за реализацију 10 минута): Ученици предлажу акције

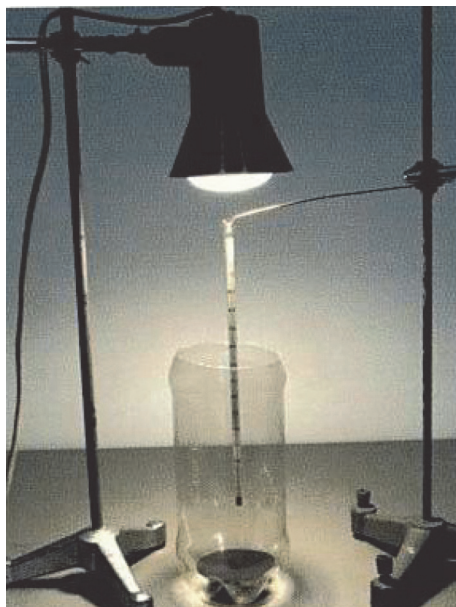
Ученици предлажу како променом навика могу допринети очувању животне средине. Такође, пред-

лажу акције за уређивање школског дворишта и ходника школе.

На самом крају наставник упућује ученике на сајт ЕКО-БЛОГ (<http://ekoblog.info/sr/>) на коме могу наћи занимљиве текстове о животној средини.

ПРИЛОГ 1.

Прилог 1.1. Оглед: Угљен-диоксид и глобално загревање



Слика 1. Апаратура за оглед

Поставите апаратуру као на Слици 1. Пластичној флаши одсеците горњи део. На дно флаше поставите округлу металну плочицу премазану црном бојом која се користи за школске табле. Алкохолни термометар окачите тако да се резервоар с алкохолом нађе тачно у средини пластичне флаше. Изнад флаше поставите сијалицу с рефлектујућим огледалом. Сви делови апаратуре морају бити добро учвршћени и током огледа не смеју мењати међусобни положај. Упалилите сијалицу и сачекајте да се температура у систему устали. Забележите температуру.

Опрезно, тако да се ниједан део апаратуре не помакне, напуните пластичну флашу угљен-диоксидом. Угљен-диоксид се добија помоћу апаратуре на следећи начин: У један ерленмајер сипајте 5 g натријум-хидрогенкарбоната. Затворите ерленмајер са гуменим чепом са две избушене рупе. У једну рупу ставите шприц, а у другу рупу ставите цев у облику слова П, чији ће други крај бити убачен у пластичну флашу. Помоћу шприца узмите 25 cm³ раствора хлороводоничне киселине. Полако истискајте киселину из шприца у ерленмајер. У реакцији натријум-хидрогенкарбоната и хлороводоничне киселине долази до издвајања угљен-диоксида који пролази кроз П цев и сачува се у пластичној флаши.

Када се флаша испуни угљен-диоксидом, извуците стаклену цев. Сачекајте десетак минута док се поново не устали температура. Очитајте и забележите температуру. Она је порасла за неколико степени Целзијусових.

Прилог 1.2. Квиз

1 of 4

Од чега зависи температура ваздуха на Земљи?

- А Од количине топлоте коју прима од Сунца
- В Од количине топлоте коју зрачи у свемир
- С Од количине топлоте коју прима од Сунца и количине топлоте коју губи зрачењем у свемир
- D Ништа од наведеног

SUBMIT ANSWER

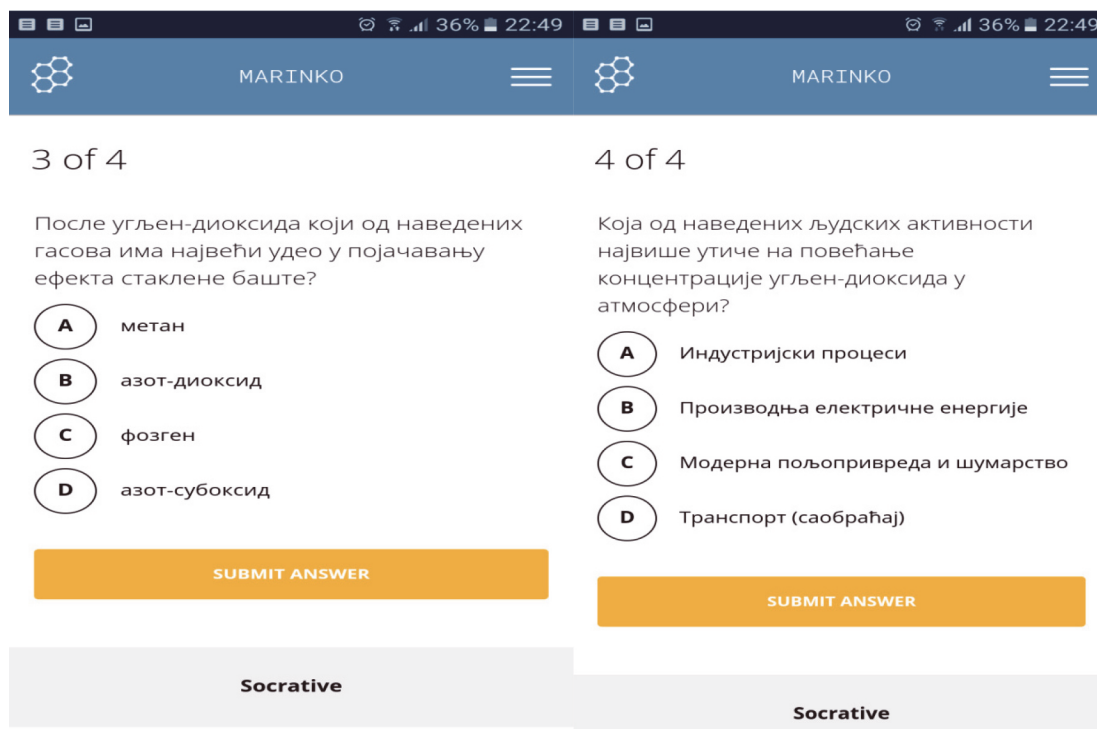
2 of 4

Шта подразумевамо под појмом појачан ефекат стаклене баште?

- А Процес стварања штетних гасова који настају због поремећаја природне равнотеже
- В Процес емисије штетних гасова антропогеног порекла, који настају због превелике људске активности
- С Процес загревања планете Земље, који је настао поремећајем енергетске равнотеже
- D Процес емисије Сунчевих зрака који се одвијају од површину Земље

SUBMIT ANSWER

Слика 2. Прва два питања у квизу



Слика 3. Последња два питања у квизу

ПРИЛОГ 2.

Прилог 2.1. Питања

1. Који је значај воде за човека?
2. Чиме све вода може бити загађена?

Прилог 2.2. Загађивање воде

Вода је течност без боје, мириса и укуса. При стандардним условима је у течном агрегатном стању, али при другачијим условима температуре и притиска може бити у облику леда или паре. Вода коју пијемо мора бити хемијски и бактериолошки испитана и исправна. Само у том случају се може користити за пиће. Молекул воде, као чисте супстанце (једињење), има један атом кисеоника и два атома водоника, који су повезани ковалентним везама.

Према пореклу, воде у природи се могу поделити на: површинске, подземне и атмосферске.

Површинске воде су реке, језера, мора, потоци, баре, океани. То је вода природним путем стварана и одржавана. Подземне воде су изворишта која се налазе испод површине земље и које се повремено допуњавају атмосферским падавинама и површинским водама. Ове су воде природно чисте и користе се као вода за пиће. Атмосферске воде су у облику падавина: росе, снега, града, и као такве доспевају на земљу. Вода покрива 71 % Земљине површине. Од расположиве воде на Земљи, 97,42 % је у морима и океанима, а 2,58 % чини слатка вода, која обухвата лед (поларне капе), подземне воде, реке, језера и атмосферску воду.

Загађивање воде може бити случајно, понекад са озбиљним последицама, мада је најчешће резултат неконтролисаних испуштања загађујућих супстанци

различитог порекла, као што су: отпадне воде из домаћинства, индустријске отпадне воде, отпадне воде са сточних фарми, воде са пољопривредних површина и воде које отичу. Приметна промена температуре воде, изазвана испуштањем топлих вода у природне воде, представља посебан вид загађивања, тзв. термичко загађивање.

Урбана насеља загађују воде преко канализационих излива који се директно уливају у реке, језера или мора. У канализационим отпадним водама могу се наћи разне органске течности, детергенти, али и хемијска средства, јер многобројне мање индустријске и занатске организације своје отпадне воде прикључују на канализацију насеља. Отпадне воде могу бити веома опасне по животиње и људе јер изазивају бактериолошку загађеност воде, што доводи до епидемија.

Индустријски погони као што су хемијски, металуршки, прехранбени, текстилни, погони целулозе и папира, они за прераду руда или грађевинског материјала, изливају све отпадне воде после технолошке употребе. Ове воде су често агресивне са великим бројем отровних супстанци. Индустријске отпадне воде сваким даном постају све већи проблем јер су велики загађивачи површинских вода, а преко њих и подземних. Њихов састав и токсичност зависе од врсте индустрије. Најчешће отпадне воде су од прехранбено прерађивачке индустрије, млекара, кланица, текстилне индустрије, енергетских и термоенергетских објеката, хемијске индустрије, металопрерађивачке индустрије. Пољопривредни објекти за тов стоке и за прераду меса такође своје отпадне воде, а са њима често и чврсте отпатке избацују у површинске

воде. На тај начин долази до великог бактериолошког загађења. Загађења површинских вода настају спирањем пољопривредног земљишта третираног хемијским ђубривом и пестицидима. У воде доспевају велике количине једињења разних метала као што су олово, арсен, селен, кадмијум, жива. Спирањем пољопривредних површина у воде доспевају фосфати и нитрати из ђубрива. Ове соли у воденој средини убрзавају развој алги и долази до појаве назване „цветање воде“.

Најзагађеније реке у Србији су Тамиш, Тиса и Велика Морава.

Мере заштите воде

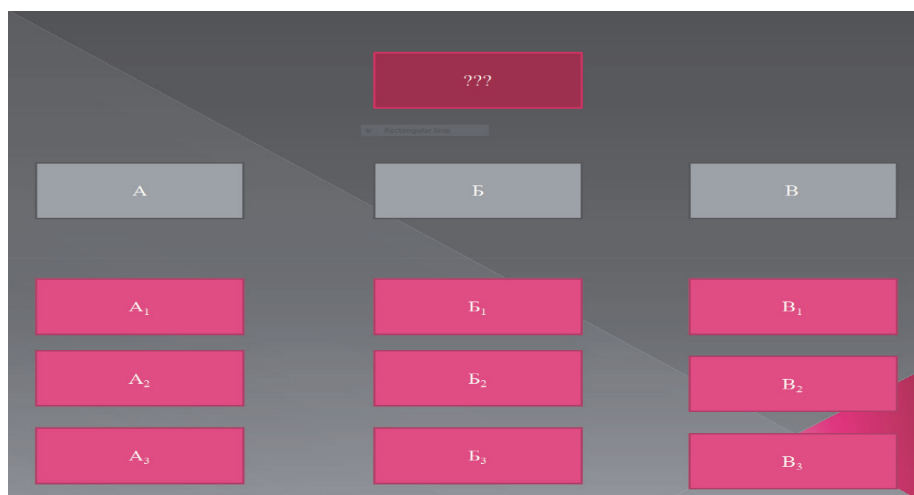
Све мере заштите воде се могу поделити у три групе:

1. Смањење количине *штетних супстанци*. Подразумева постављање одговарајућих филтера и посебних система таложења на местима где се изливају отпадне воде, као и обавезно хлађење

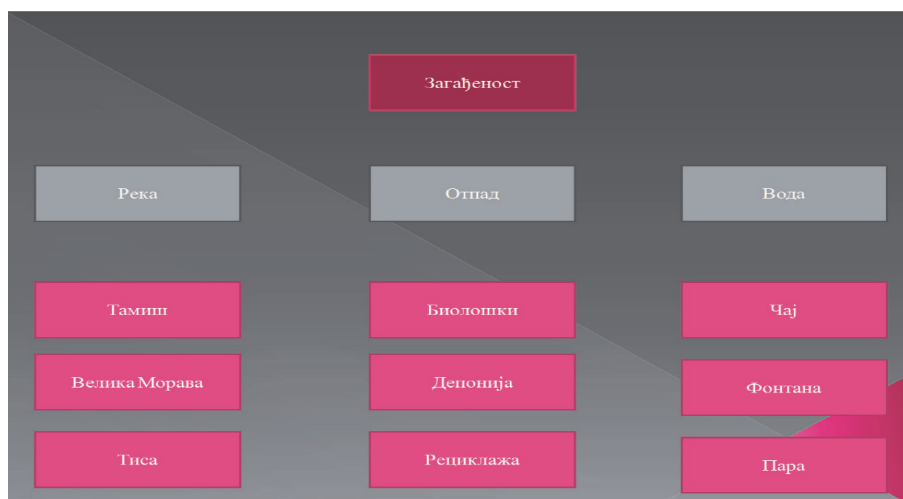
топлих вода пре изливања у реку. Водени токови и изворишта се могу заштити постављањем ђубришта и депонија даље од водотокова, смањењем употребе пестицида и ђубрива у пољопривреди, масовним шумљавањем и чувањем земљишта од ерозија.

1. *Елиминација узрока загађивања*. Смањење количине загађујућих супстанци које доспевају до водених токова веома је значајан вид борбе против загађења.
1. *Посебне мере чишћења воде*: а) хемијске и б) биолошке. Хемијске мере подразумевају коришћење хемијских средстава и хемикалија које се убацују у воду ради смањења штетних супстанци (поступак стерилизације – да би се смањили инфекцијски агенси, поступак неутрализације – смањење киселости, поступак хлађења – снижење температуре). Биолошке мере се заснивају на коришћењу метаболизма микроорганизама, при чему они својим ензимима разграђују поједине органске супстанце.

Прилог 2.3. Асоцијација



Слика 4. Изглед нерешене асоцијације програму PowerPoint



Слика 5. Изглед решене асоцијације у програму PowerPoint

ПРИЛОГ 3.

Прилог 3.1. Текст

Земљиште представља најповршнији слој Земљине коре у коме се непрекидно одвијају динамички процеси под утицајем климатских, биолошких, хемијских и механичких фактора, и пре свега, човека. Уједно, земљиште представља веома комплексан екосистем у коме живе различити облици живог света (бактерије, гљивице и плесни, глисте, инсекти, кртице и глодари, алге и други биљни и животињски свет).

До загађења земљишта може доћи:

1. *Загађењем из ојивајних вода.* Различитим делатностима у домаћинствима, пољопривреди, индустрији, стварају се отпадне воде. Изливане у површинске и подземне воде оне загађују земљиште са којима је та вода у контакту.
2. *Загађењем из ваздуха.* У ваздух се емитују штетне супстанце настале у технолошким процесима; из стамбених зграда; услед сагоревања фосилних горива, биомасе, шума; из издувних гасова аутомобила, итд.
3. *Загађењем чврстим отпадом из привреде, домаћинства и пољопривреде.* Ово загађење је најчешће. Земљиште се загађује директним уношењем хемијских средстава. Пестициди се укључују у ланац исхране и долази до њиховог накупљања у појединим ткивима. Најпре се нагомилавају у биљкама. Њихова заступљеност је различита у различитим деловима биљака, зависно од врсте биљке и пестицида. Преко биљака пестициди доспевају до животиња и човека.

Загађење земљишта може бити изазвано присуством ксенобиотика (хемијска супстанца присутна у организму, али се у њему не производи), хемикалија или других промена у природним животним срединама. Најчешћи извори загађења су индустрија, пољопривреда или неправилно одлагање отпада. Загађење је у корелацији са степеном индустријализације и интензитета употребе хемијских препарата.

Загађујуће супстанце земљишта могу да буду чврсте, течне или гасовите. Оне погоршавају квалитет и садржај минерала у тлу и ометају биолошки баланс организама у земљишту. Загађујуће супстанце у облику гасова, пара, аеросола, прашине доспевају на површину земље спирањем са падавинама, а аеросоли и честице директно седиментацијом.

Загађено земљиште утиче на здравље људи кроз директан контакт са земљиштем или путем удисања испарљивих загађујућих супстанци из земљишта. Посебан проблем је када загађујуће супстанце из земљишта доспеју у подземне воде.

Мере заштите:

Мере заштите подразумевају смањење употребе загађујућих супстанци у пољопривреди, добро организовање депонија, засађивање биљака које су у стању да упијају загађујуће супстанце, паметнија урбанизација

и више пажње за очување окружења. Смањењем или елиминасањем отпада, и његовог извора, заменом опасних супстанци нетоксичним, може се смањити загађење земљишта. Начини за то су:

1. *Смањење употребе ђубрива и пестицида.* Биљке захтевају нутријенте у земљишту попут азота, фосфора и калцијума за развој и раст, а будући да су оне најчешће на удару глодара, инсеката и бактерија, фармери користе пестициде како би их заштитили. Коришћење вештачког ђубрива и пестицида доводи до других проблема, јер састојци који се налазе у вештачком ђубриву могу да угрозе окружење и створе здравствени ризик кад су препарати коришћени дужи временски период и у погрешним пропорцијама. Како би спречили ове последице, фармери треба да користе компостирано ђубриво и биођубриво.
2. *Третирање чврстог отпада.* Одлагање чврстог отпада из домаћинства или индустрије у земљиште, повећава ниво токсичности и опасних супстанци у земљишту. Отпад мења хемијска и биолошка својства земљишта. Хемијским методама третирања отпада попут кисело-базне неутрализације, општине могу да измене ниво рН-вредности чврстог отпада пре одлагања на депонијама. Деградирање нерастворљивог отпада коришћењем метода попут додавања хемикалија или ензима, под контролисаним условима пре одлагања, такође би могло да смањи загађење земљишта. Рециклирањем се може смањити количина чврстог отпада које заврши на депонијама.
3. *Пошумљавање.* Вегетација шума и ливада везују земљу да и даље остане нетакнута и здрава. Они такође подржавају многа станишта што доприноси комплетном екосистему. Сеча шума и рударство с друге стране остављају земљиште огољеним и излажу га загађивачима. Враћањем шума и садњом што више дрвећа, земљиште се штити од поплава и ерозије, побољшава се плодност земљишта и повећава биодиверзитет.

Питања и задаци:

1. Наведите изворе загађивања земљишта?
2. Како се може спречити загађивање земљишта ?
3. На вашем путу до школе шта највише примећујете као извор загађења?

Прилог 3.2. Прављење компоста

Отпад од остатака воћа, поврћа, чаја, кафе, уместо бацања у смеће, може се искористити за припремање компоста корисног за биљке. То је стара метода којом се од органских остатака прави плодни хумус. Чак 30 % укупног кућног отпада је органског порекла. Када отпадне лишће, одумре биљка или се сруши нека грана, хранљиве супстанце се враћају у земљу. Прикупљањем остатака воћа и поврћа, отпалог лишћа и

грања на гомилу, убрзава се процес компостирања, а хранљиви компост може користити врту. Тиме се рециклирају хранљиве супстанце. Остацима хране може се побољшати квалитет земље у башти. Пре него што се започне са компостирањем, важно је одабрати место на којем ће се држати компост. Он не захтева велики простор, може стајати и на балкону. За компост може послужити пластична канта, или метална кутија. Међутим, дно кутије мора имати рупице.

Материјали за компостирање разврставају се у „зелене“ и „смеђе“. Зелени материјали богати су азотом или протеинима. Они помажу бржем расту корисних микроорганизама. У зелени компост убраја се: трава, талог кафе, филтер врећице чаја, остаци воћа и поврћа, измет краве, коња или овце. Смеђи материјали богати су угљеником или угљеним хидратима. Смеђи компост служи као извор хране за микроорганизме. У смеђи компост убраја се: отпало лишће, борове иглице, кора дрвећа, гранчице, слама, сено, пиљевина, папир, итд.

Пошто се неки органски отпаци тешко разграђују, није препоручљиво да се у компост стављају велике количине таквих отпадака. Пример су чепови од плуте, љуске ораха, памук. Компостирати се никако не смеју осемењени корови, лишће ораха, болесне биљке, остаци куваних јела и производи животињског порекла. Остаци хране и млечни производи врло лако ће привући глодаре. Осим тога, компост би се због штетних бактерија могао покварити, те узроковати разне болести. Због садржаја тешких метала и токсина, не стављају се отпаци као што су стари лекови, PVC амбалажа, стиропор, часописи у боји, мачији или псећи измет, остаци дувана, садржај врећица из усисавача итд. Једини измет који се препоручује као ђубриво у компостишту је измет животиња које се хране искључиво биљном храном, као што су краве, коњи или овце.

Домаћи задатак: Направите компост у своме дому.

Упутство за прављење компоста. Компостирање започните већ у кухињи одвајањем биоразградивог

отпада и његовим уситњавањем. Кад год припремате јело или кафу, стварате одређену количину биоотпада. Тај отпад који настаје од остатака поврћа, воћа, талога од кафе и врећица чаја немојте бацати у смеће, већ га уситните и баците у посебну канту. Затим одаберите место за слагање компоста. Ту се не сме скупљати вода. Било би добро да постоји благ нагиб. Место за компостну гомилу треба да буде заштићено од ветра и јаког директног Сунца. Користите као подлогу материјал попут комадића дрвета, гранчице, пруће. Ако изаберете пластичну флашу или кутију пробušите рупе на дну да би маса дисала. Након пар дана изађите испред зграде (куће) и укопајте компост уз неко цвеће или биљку.

Abstract

SCENARIO FOR THE WORKSHOP: POLLUTION OF THE AIR, WATERS IN NATURE AND SOIL

Marija STEPANOVIĆ, Ana BUKAČ and Marinko ZUBIĆ

The paper presents a scenario for the workshop that includes the pupils' consideration of the pollutants in the air, waters in nature and in the ground, as well as prevention of the pollution of the environment, by working in groups. This workshop is planned for the second grade of grammar school.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Adelhelm and E.G. Hohn, (1993), A Simple Demonstration of the Greenhouse Effect, *Journal of Chemical Education*, 70 (1), 73-74
2. B. Hileman, (1982), The greenhouse effect, *Environ. Sci. Technol.*, 16 (2), 90A-93A
3. J. A. Businger, R. G. Fleagle, (1980), *An introduction to atmospheric physics*, International geophysics series, San Diego
4. И. Брчески, И. Гржетић, (1983), *Вода - квалитет и здравље*, МОИ, д.д., Београд
5. Д. Марковић, И. Гржетић, Д. Веселиновић, А. Бармати, (1996), *Физичкохемијски онови заштитне животне средине*, Универзитет у Београду, Београд
6. С. Антић, Д. Шишовић, В. Муждека, (2005), *Како њриближити деци њриродне науке кроз активно учење*, Институт за психологију, Београд



ВЕСТИ ИЗ СХД

МАНИФЕСТАЦИЈЕ СХД У 2019. ГОДИНИ

Назив	Време одржавања	Место одржавања
Априлски дани о настави хемије	24. и 25. април 2019	Хемијски факултет Универзитет у Београду
Међународна конференција хемијских друштава југоисточне Европе (ICOSECS 9)	8-11. мај 2019.	Трговиште, Румунија
Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа	10-12. мај 2019.	Технолошко-металуршки факултет Универзитет у Београду
Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа	17-19. мај 2019	Природно-математички факултет Универзитет у Новом Саду
Српска хемијска олимпијада	23-25. мај 2019.	Хемијски факултет Универзитет у Београду
Регионални Симпозијум о електрохемији југоисточне Европе (RSE-SEE)	27.-30. мај 2019.	Сплит, Хрватска
56. Саветовање Српског хемијског друштва	7-8. јун 2019.	Природно-математички факултет Универзитет у Нишу
Међународна хемијска олимпијада	21-30. јул 2019.	Париз, Француска
7. Конференција младих и обележавање десет година од оснивања	26. октобар 2019.	Технолошко-металуршки факултет Универзитет у Београду

ПИСМО ПРЕДСЕДНИЦЕ....



Serbian Chemical Society

Karadjikjeva 4/III, Belgrade, Serbia

tel./fax: +381 11 3370 467

www.shd.org.rs

Поштоване колегинице и колеге,

Желим да Вас обавестим да је Председништво СХД на седници одржаној 16. јануара 2019. донело одлуку да су чланови Друштва (који то могу наводити у својим биографијама, извештајима и рефератима) само они са плаћеном чланарином у претходне 2 године и текућом годином. Списак се налази на сајту Друштва (опција Чланство-Списак чланова) и ажурираће се једном месечно. Ово се не односи на студенте редовних и мастер студија и ученике који су се учланили током текуће и претходне године.

Уместо давања потврде Канцеларије о чланству у СХД, списак са сајта је званична потврда о чланству.

На крају бих замолила све чланове Друштва да плате заостале чланарине од претходних година, јер је то неопходан услов да Друштво може да обавља своје бројне делатности - издавање часописа, одржавање скупова и такмичења из хемије на свим нивоима.

Срдечно,

Весна Мишковић-Станковић

ИЗВЕШТАЈ О РАДУ СРПСКОГ ХЕМИЈСКОГ ДРУШТВА У 2018. ГОДИНИ

Делатност Српског хемијског друштва је и током 2018. године била организована кроз рад СХД-Хемијско друштво Војводине, рад подружница и многобројних секција.

Годишња изборна скупштина Друштва одржана је 28. марта 2018. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Скупштина је почела предавањем др Маје Радетић, редовног професора Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, на тему „Функционализација текстилних материјала наночестицама титан(IV)-оксида“. На Скупштини су изабрани потпредседник и секретари Друштва на мандатни период од две године, чланови Председништва, Управног одбора, Надзорног одбора, Комисије за јавна признања и Жирија за медаље. За потпредседника Друштва изабран је Душан Сладић, професор Хемијског факултета Универзитета у Београду. За секретаре Друштва изабрани су Игор Опсеница, професор Хемијског факултета Универзитета у Београду и Мелина Калагасидис Крушић, професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

СХД је био домаћин завршног састанка COST акције TD1305 iPROMEDAI, који је одржан од 26. фебруара до 3. марта у Београду, „Improved Protection of Medical Devices Against Infection“. На састанку су учествовали представници 23 европске земље, од тога 41 учесник из иностранства и 6 из Србије.

У оквиру **Априлских дана** просветних радника Србије, 26. и 27. априла 2018. године одржано је 29. Стручно усавршавање наставника хемије и 2. Конференција методике наставе хемије на Хемијском факултету Универзитета у Београду.

У 2018. години одржана су 54. по реду **Републичка такмичења из хемије. Републичко такмичење из хемије за ученике средњих школа** одржано је од 11. до 13. маја 2018. године у организацији Српског хемијског друштва и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Домаћин је био Хемијски факултет Универзитета у Београду. На такмичењу је учествовало 55 ученика I разреда, 11 ученик II разреда и 56 ученика III и IV разреда. На свечаном отварању, током којег су се присутним такмичарима и менторима обратили председница Српског хемијског друштва др Весна Мишковић-Станковић, декан Хемијског факултета др Иван Гржетић и председник жирија такмичења др Душан Сладић, студенти Хемијског факултета су извели неколико спектакуларних хемијских експеримената. У суботу, 12. маја, одржан је теоријски део такмичења на којем су такмичари решавали по 20 сложених хемијских проблема. У поподневним часовима такмичари који се такмиче у категорији тест и истраживачки рад бранили су своје радове. У недељу, 13. маја, такмичари су радили експерименталне вежбе у укупном трајању од 4 сата (две вежбе – квалитативна и квантитативна анализа). Комисија је радила у саставу: др Душан Сладић, др Ирена Новаковић, др Нико Радуловић, др Маја Шумар, др Александра Маргетић, др Јанош Чанади, др Јелена Мутић, др Милица Поповић, Гордана Крстић, Мима Романовић, Милош Пешић, Видак Раичевић и Срђан Туфегџић.

Републичко такмичење из хемије за ученике основних школа, у организацији Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије и Српског хемијског друштва, одржано је од 18. до 20. маја 2018.

године на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Републичку комисију су чинили: Биљана Томашевић, Игор Опсеница, Милан Николић, Александар Лолић, Дубравка Релић, Весна Медаковић, Весна Милановић, Игор Матијашевић, Милена Величковић, Тања Бијелић, Даница Перушковић, Владимир Ајдачић, Предраг Букара, Александар Ђорђевић и Андреа Николић.

Пета српска хемијска олимпијада за ученике средњих школа одржана је од 24. до 26. маја 2018. на Хемијском факултету Универзитета у Београду у организацији Српског хемијског друштва, Нафтне индустрије Србије, Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Хемијског факултета Универзитета у Београду и Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу. Ово такмичење је истовремено било и изборно такмичење за 50. Међународну хемијску олимпијаду која је одржана од 19. до 29. јула у Словачкој и Чешкој. Свечано проглашење победника било је 27. маја у просторијама Нафтне индустрије Србије у Новом Саду. У припреми и реализацији такмичења су учествовали: др Душан Сладић, др Нико Радуловић, др Ирена Новаковић, Видак Раичевић, др Полина Благојевић, др Маја Шумар, др Александра Маргетић, Срђан Туфегџић, Милош Пешић, Гордана Крстић, др Татјана Вербић, Живота Селаковић, др Душан Маленов, Карла Илић Ђурђић и Александра Драмићанин. Учествовало је 11 такмичара, који су се квалификовали на основу резултата постигнутих на републичком такмичењу.

55. Саветовање Српског хемијског друштва одржано је у Ректорату Универзитета у Новом Саду 8. и 9. јуна 2018. године у организацији Српског хемијског друштва-Хемијског друштва Војводине уз суорганизацију Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду. Као и претходних година, и на овогодишњем Саветовању окупили су се хемичари и технолози из Србије и окружења, како из научно-образовних институција, тако и из индустрије, који су презентовали своје научне резултате и разменили идеје из различитих области хемије и хемијске технологије. Научни програм одвијао се кроз 3 пленарна предавања, 4 предавања по позиву, 7 усмених саопштења и 89 постерских саопштења. На овогодишњем Саветовању, пленарни предавачи и предавачи по позиву били су еминентни стручњаци и професори из наше земље и иностранства: проф. др Ernesto de Jesús из Шпаније, др Natasha Dropka из Немачке, проф. др Ákos Kükövecz из Мађарске, проф. др Ivan Krefit из Словеније, др Наташа Ђуришић Младеновић, проф. др Милан Вранеш и др Јелена Вулић из Србије. Након свечаног отварања, уследила су 2 пленарна предавања, 2 предавања по позиву, а потом и постерска секција из области Неорганске хемије, Биохемије, Физичке хемије, Хемије и технологије хране, Хемије и технологије макромолекула, Науке о материјалима и Текстилног инжењерства. Други дан Саветовања био је научног карактера са једним пленарним предавањем, 2 предавања по позиву, 7 усмених саопштења и 2 постерске секције из области Хемије животне средине, Аналитичке хемије, Електрохемије, Хемијског инжењерства, Медицинске хемије, Органске хемије и Теоријске хемије. Посебан жири је на основу оригиналности, квалитета експерименталних резултата, као и јасноће презентације, одабрао следећа три постерска саопштења за IUPAC Poster Prize: 1. Соња Ж. Ђурић, Александар Павић, Hubert Wadepohl, Нада Д. Савић, Ма-

рија Мојићевић, Сандра Војновић, Биљана Ђ. Глишић, Јасмина Никодиновић-Рунић, Милош И. Ђуран, *Поли-нуклеарни комплекси сребра(I) са 1,5-нафтиридином као ефикасни антифунгални агенси*; 2. Ивана З. Кузминац, Марина П. Савић, Евгенија А. Ђурендић, Димитар С. Јакимов, Сузана С. Јовановић-Шанта, Марија Н. Сакач, *Синтеза и антибиоморски пошеницијал иениацикличних андростанских D-хомо лактиона*; 3. Марија Лучић Шкорић, Никола Павловић, Антоније Митровић, Мелина Калагасидис Крушић, *Glucose-sensitive chitosan/PVA microbeads with the potential application for the controlled release of insulin*.

Јубиларна 50. Међународна хемијска олимпијада одржана је од 19. до 29. јула 2018. у Братислави (Словачка) и Прагу (Чешка) на којој је учествовало 300 такмичара из 76 земаља. То је седмо учешће Србије на овом најугледнијем такмичењу из хемије за ученике средњих школа. Марко Беслаћ и Андреј Ковачевић су освојили бронзане медаље, а Никола Кнежевић похвалницу. Андреј Ковачевић је освојио бронзану медаљу и прошле године на 49. међународној хемијској олимпијади на Тајланду. Иако је рангирање такмичара индивидуално, по билансу медаља за последњих пет година Србија заузима 26. место у свету, а 12. место у Европи. Двонедељне припреме за олимпијаду су, у организацији Српског хемијског друштва, одржане на Природно-математичком факултету Универзитета у Нишу под руководством др Ника Радуловића, редовног професора, и на Хемијском факултету Универзитета у Београду под руководством др Душана Сладића, редовног професора, који су били и ментори екипе на олимпијади. Учесће екипе је финансирано од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Нафтне индустрије Србије и Српског хемијског друштва.

6. Конференција младих хемичара одржана је 27. октобра 2018. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду у организацији Српског хемијског друштва и Клуба младих хемичара Србије. У програму конференције било је заступљено 10 тематских области, а одржана је и радионица „The Perspective of Young Chemists in Europe“. Конференцији је присуствовала и гошћа из Европске мреже младих хемичара (EYCN), Alice Soldà. На конференцији је додељена награда за најбоље саопштење на енглеском језику и награда за најбољи постер. Награде су обезбедили Европска мрежа младих хемичара, Evonik Industries и СХД.

Управни одбор **Клуба младих хемичара Србије** (Јелена Лазић, Вук Филиповић и Живота Селаковић) је поднео Извештај о раду из кога се види да су чланови Клуба били веома активни. Поред успешно организоване 6. Конференције младих хемичара, присуствовали су и 13. годишњем састанку Европске мреже младих хемичара који је одржан у Торину у Италији од 6. до 9. маја. Обновљен је сајт Клуба www.kmhem.net, а садржај је ажуриран. Клуб је формирао различите спонзорске пакете (златни, сребрни и бронзани) и понудио их различитим компанијама. НИС а.д. Нови Сад је постао златни спонзор Клуба, а представник НИС, Анђела Петровић, је одржала презентацију у оквиру 6. Конференције младих хемичара. Клуб је, заједно са Српским хемијским друштвом, организовао први српски Фестивал хемије „Хемија око нас“, 24. новембра на Хемијском факултету Универзитета у Београду. Посетиоци фестивала су били ученици осмих разреда основних школа који су учествовали у изради шест различитих експеримената са посебним акцентом на образовању ученика о мерама безбедности приликом извођења експеримената. Радио телеви-

зија Србије (РТС) је извештавала о Фестивалу у оквиру јутарњег програма, као и чланком на интернет порталу:

<http://www.rts.rs/page/magazine/ci/story/2520/nauka/3333924/festivalska-atmosfera-na-hemijskom-fakultetu.html?fbclid=IwAR36JRRBlqpXosqFcMkh15hj9OlxiPRnoipY4FDiOkgas5M32hYJ7xAlwI>

https://www.youtube.com/watch?v=oeHHzOWl8-Y&fbclid=IwAR16fdkNslt3LwGMqHsE5dQsjrPzdS5gvI2pgxTBQOmiMKmqEvoJw9_7LY-o

Чланак о Фестивалу је изашао и у дневном листу „Политика“ у оквиру научне секције. Сви учесници Фестивала су, након завршених огледа, попуњавали упитник Америчког хемијског друштва, у коме су оценили Фестивал. Према прикупљеним подацима сви учесници Фестивала хемије научили су нешто ново и занимљиво приликом израде огледа. Утисци са Фестивала су били изузетно позитивни, а интересовање ученика за хемију и експериментални рад је било веће након Фестивала. Ученици су Фестивал оценили као занимљиво и едукативно искуство. Сви ученици су добили кесу са поклонима која је садржала хемијску оловку, блок и беџ са логом Фестивала и кесу Магичних нудли (Magic Noodles®).

Свечана скупштина Српског хемијског друштва одржана је 5. децембра 2018. године у Свечаној сали Српске академије наука и уметности у Београду. У складу са традицијом добитница Медаље за трајан и изванредан допринос науци за 2017. годину, др Вера Дондур, одржала је предавање под насловом: „Функционализација скелетних структура“, док је др Ивана Ковачевић, добитница Медаље за прегалаштво и успех у науци за 2017. годину, одржала предавање под насловом „Халогени деривати красалактона Д као потенцијални анти туморски агенси: синтеза, САР и механизам деловања“. Предсеник Комисије за јавна признања СХД, Игор Опсеница, известио је о годишњим наградама и признањима. Награђени студенти су уз диплому добили бесплатно двогодишње чланство у Друштву и двогодишњу претплату на *Journal of the Serbian Chemical Society*. Природно-математички факултет Универзитета у Нишу и Природно-математички факултет Универзитета у Крагујевцу нису имали студенте који су основне академске студије завршили са средњом оценом већом од 9,50 у периоду 01.07.2017. до 30.06.2018. године. Финансијски део награда, за ову годину, за шесторо студената обезбедио је Природно-математички факултет Универзитета у Нишу.

За 2018. годину **носиоци Специјалног признања** су: **Цветановић Градимир**, Технолошки факултет, Лесковац – 9,68

Нешић Марко, Хемијски факултет, Београд – 9,80
Симић Стефан, Хемијски факултет, Београд – 9,63
Николић Андреа, Хемијски факултет, Београд – 9,60
Томић Сандра, Хемијски факултет, Београд – 9,60
Брновић Анђела, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,79

Филиповић Марија, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,79

Исаиловић Јелена, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,52

Кнежевић Марија, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,82

Крсановић Драгана, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,81

Мандић Марија, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,64

Маргиновић Немања, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,82

Миладинов Драган, Природно-математички факултет, Нови Сад – 9,82

Радетић Јована, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,85

Јововић Маја, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,76

Миливојевић Емилија, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,74

Лубура Јелена, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,67

Пећ Тукуљац Лидија, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,63

Милосављевић Немања, Технолошки факултет, Нови Сад – 9,57

Милошевић Лука, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,92

Ђокић Стефан, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,84

Павловић Никола, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,76

Матић Тамара, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,62

Тодоровић Николина, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,61

Радовић Алекса, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,81

Попара Милана, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,78

Добитници Годишње награде СХД за 2018. годину, признања које носи и новчану награду су:

Андрејић Теодора, Факултет за физичку хемију, Београд – 9,95

Матовић Јелена, Природно-математички факултет, Нови Сад – 10

Павловић Милан, Технолошко-металуршки факултет, Београд – 9,96

Живојиновић Оливера, Хемијски факултет, Београд – 9,91

Бобинац Илија, Технолошки факултет, Нови Сад – 10

Куртиновић Андреа, Технолошки факултет, Нови Сад – 10

На свечаној Скупштини за **почасног члана** је изабран др **Бранимир Јованчићевић**, а за **заслужне чланове** изабрани су др **Драгица Тривић** и др **Горан Бошковић**.

Медаља за изванредне резултате у настави додељена је др Биљани Томашевић као израз признања за допринос настави хемије и реализацији стручног усавршавања наставника и такмичења ученика основних школа из хемије.

Медаља за прегалаштво и успех у науци додељена је др **Бобану Анђелковићу**, као израз признања за резултате истраживања из области примене инструменталних техника у метаболомици.

Медаља за трајан и изванредан допринос науци додељена је др **Живославу Тешићу**, као израз признања за допринос развоју аналитичке хемије и хемије хране.

У 2018. години СХД је доделило **Захвалнице** компанији НИС а.д. као знак признања за подршку организацији такмичења и конференцију у 2018. години; Хемијском факултету Универзитета у Београду за организацију Републичког такмичења из хемије за ученике основних и средњих школа у 2018. години; фирми DSP Chromatography као знак признања за вишегодишњу подршку раду Друштва; Бранку Дуњићу, директору Центра за чистију производњу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, за подршку у реализацији УНИДО пројекта Зелена хемија. У 2018. години СХД је доделило **Похвалнице** за постигнут успех на 50.

Међународној хемијској олимпијади: за освојену бронзану медаљу **Андреју Ковачевићу** и **Марку Беслаћу**, за освојену Похвалницу на 50. Међународној хемијској олимпијади **Николи Кнежевићу** и **Игору Топаловићу** за учешће на 50. Међународној хемијској олимпијади.

РАД ПРЕДСЕДНИШТВА И УПРАВНОГ ОДБОРА СХД

У току 2018. године одржано је пет састанака **Председништва** и два састанка **Управног одбора** на којима се расправљало о текућим активностима Друштва, разматрани су извештаји о одржаним манифестацијама и организацији предстојећих манифестација, извештавано је о сарадњи Друштва са Европском асоцијацијом за хемију и молекуларне науке (EuCheMS) и другим асоцијацијама хемичара, расправљало се о публикацијама Друштва, финансирању Друштва, раду секција и подружница. Пажња је посвећена измени правилника за такмичење из хемије за ученике основних школа, изменама правилника о раду Клуба младих хемичара Србије, учешћу СХД на манифестацијама у 2019. години и другим текућим питањима Друштва.

ЧЛАНАРИНА И ПРЕТПЛАТА НА ПУБЛИКАЦИЈЕ

Висина чланарина и претплате на публикације за 2018. годину била је следећа:

Чланарине	РСД
за запослене	1.800,00
за наставнике основних и средњих школа	1.000,00
за студенте основних и мастер студија и пензионере	800,00
за иностранство	50 €
Journal of Serbian Chemical Society	
за чланове Друштва	2.500,00
за чланове студенте основних и мастер студија и пензионере	1.000,00
за институције	16.000,00
за чланове из иностранства	50 €
за институције из иностранства	150 €
Хемијски преглед	
за чланове Друштва-у оквиру чланарине	
за школе и остале институције	3.500,00
за институције из иностранства	50 €

РАД ПОДРУЖНИЦА ДРУШТВА

Српско хемијско друштво – Хемијско друштво Војводине у 2018. години је добило значајан број нових чланова, нарочито из редова младих истраживача и наставника. Истовремено, СХД–ХДВ је задржало оквирни број чланова на претходном нивоу, око 160. Интернет сајт на адреси <http://hdv.org.rs/> је редовно ажуриран кроз обавештења о актуелним дешавањима у раду Секција друштва, као и другим активностима чланова Друштва. Из делатности научно-стручног карактера рад се одвијао првенствено кроз ангажовање наставника и научних радника на активностима које се настављају на њихове редовне послове. Изборна седница Скупштине Српског хемијског друштва - Хемијског друштва Војводине одржана је 25.02.2019. године у Плавој сали на Технолошком факултету у Новом Саду. Било је присутно 24 члана Друштва, укључујући и председницу Српског хемијског друштва, проф. др Весну Мишковић-Станковић. У оквиру Скупштине, проф. др Сузана Јовановић-Шанта, редовни професор на Департману за хемију, биохемију и заштиту животне средине Природно-математичког факултета у Новом Саду одржала је инте-

ресантно предавање о медицинској хемији стероида. Поред усвајања извештаја о раду Друштва, извештаја о финансијском пословању за 2018. годину, плана рада Друштва, као и плана финансијског пословања за 2019. годину, на овогодишњој Скупштини реизабрано је и руководство СХД-ХДВ: **председник:** Сања Панић, Технолошки факултет, Нови Сад; **потпредседници:** Славко Кеврешан, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Горан Бошковић, Технолошки факултет, Нови Сад, Даниела Шојић Меркулов, Природно-математички факултет, Нови Сад; **извршни одбор:** Сања Панић, Славко Кеврешан, Горан Бошковић, Даниела Шојић Меркулов, Природно-математички факултет, Нови Сад, Биљана Абрамовић, Иван Вранић, Нови Сад, Тамара Премовић, подружница Врбас; **секретари:** Нина Финчур, Природно-математички факултет, Нови Сад, Кристиан Пастор, Технолошки факултет, Нови Сад; **надзорни одбор:** Сузана Јовановић-Шанта, Снежана Кравић, Весна Деспотовић, Зорица Стојановић, Немања Банић; **комисија за награде и одликовања:** Биљана Абрамовић, Љиљана Јовановић, Маријана Ачански, Мирјана Антов, Милан Поповић; **комисија за међународну сарадњу:** Валерија Гужвањ, Јанош Чанади, Вукадин Леовац, Горан Бошковић и Владимир Срдић.

Чланови **Подружнице СХД-ХДВ у Суботици**, као и ранијих година, учествовали су у организацији и реализацији Окружног такмичења из хемије на коме су учествовали ученици средњих школа. Ученици основних и средњих школа и наставници хемије и технологије у општини Врбас и непосредној околини су и у 2018. години били носиоци активности реализованих у оквиру **СХД-ХДВ Подружнице Врбас**. Чланови Подружнице су својим ангажовањем, поред редовних састанака, договора и припрема око активности, реализовали више предавања и радионица: „Примењена хемија“, „Хемијска технологија“, „Октобар месец, месец правилне исхране“, „Здрава храна, здрави људи“, „Март месец-месец воде“, „Вода за пиће“, „Отпадне воде“ и „Класирање отпада“. У осмишљавању, организовању и реализовању ових предавања и радионица учествовале су Тамара Премовић, Аница Грачанин и Нада Орбовић. У циљу подизања квалитета педагошке праксе, подстицања и коришћења савремених медија у реализацији наставних садржаја и подизања информатичке и предузетничке културе и писмености међу наставницима хемије и технологије, као и промоције и праћења развоја у области хемијских и технолошких дисциплина, одржано је више интерактивних предавања и радионица: „Савремени облици наставе хемије и технологије“, „Мотивација ученика – задатак наставника“, „Настава усмерена на исходе учења“ и „Предузетничке компетенције“. У иницирању, креирању садржаја, организацији и реализацији ових активности учествовале су Тамара Премовић и Аница Грачанин.

Чланови **Подружнице Врбас** учествовали су на „Априлским данима о настави хемије“, на 29. Стручном усавршавању за наставнике хемије, као и на 55. Саветовању Српског хемијског друштва. Допринос Подружнице Врбас у раду 55. Саветовања СХД огледао се кроз чланство председника Подружнице Тамаре Премовић у Научном одбору 55. Саветовања СХД. Председник Подружнице Врбас, Тамара Премовић, одржала је предавање на 2. Конференцији методике наставе хемије, на тему „Развој наставе хемије у средњим стручним школама“. Управни одбор Подружнице Врбас се захваљује члановима СХД-ХДВ, а посебно руководству СХД-ХДВ на несебичној подршци и стручној помоћи у досадашњем раду Подружнице. Један од примера успешне сарадње Подружнице Врбас и СХД-ХДВ је и посета наставника и ученика из

општине Врбас Природно-математичком факултету, Департману за хемију, биохемију и заштиту животне средине. Посета је реализована 24. фебруара 2018. године, у организацији председника Подружнице Врбас и проф. др Јасне Адамов. СХД-ХДВ се захваљује проф. Адамов на изузетно лепо осмишљеној и организованој посети, као и на занимљивим, поучним и иновативним предавањима.

После извесног периода неактивности, на састанку одржаном 20.02.2018. **подружница Бор** поново је активизирана. За председника Подружнице изабрана је доц. др Ивана Марковић, а за секретара проф. др Слађана Алагић. За чланове председништва изабрани су: проф. др Велизар Станковић, проф. др Нада Штрбац, проф. др Светлана Иванов, проф. др Драган Манасијевић, проф. др Љубиша Балановић и асистент Урош Стаменковић. Током 2018. године организована су два предавања, доц. др Милан Горгиевски, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору на тему „Биосорпција јона бакра из водених раствора коришћењем стабљика кукуруза као адсорбенса“ и Jun Zhao, генерални директор и Владан Михаиловић, генерални менаџер примарне производње HBIS Iron and Steel Serbia на тему „Current stage of iron and steel production in HBIS Serbia and plans for further development“. Подружница је активно радила и на повећању броја чланова, тако да је број чланова са плаћеном чланарином за 2018. износио 26. У циљу промоције науке међу младима, чланови подружнице СХД Бор активно су учествовали у следећим манифестацијама: „БОРСКА НОЋ ИСТРАЖИВАЧА - БОНИС“, „Фестивал науке - ТНТ Бор 2018“, и „Фестивал науке - ТНТ Неготин 2018. Чланови Подружнице су учествовали на 55. Саветовању СХД где су презентовали четири рада. Проф. др Велизар Станковић, проф. др Нада Штрбац и доц. др Ивана Марковић присуствовали су Годишњој изборној скупштини СХД, која је одржана 28. марта 2018. године на ТМФ-у у Београду, док је проф. др Нада Штрбац присуствовала и Свечаној скупштини СХД. У организацији Металуршког одсека Техничког факултета у Бору и подружнице СХД Бор, 26. априла 2018. организована је научно-стручна екскурзија до Површинског копа Мајданпек и археолошког локалитета Рудна Глава.

Оснивачка скупштина **подружнице Српског хемијског друштва за град Краљево** одржана је 06.03.2019. године у просторијама ОШ „IV краљевачки батаљон“ у Краљеву. Скупштини је присуствовало 13 чланова. За чланове Председништва изабрани су следећи чланови: Милена Брковић-председник, Светлана Керечки-секретар, Ивана Трифуновић-председник НС. Изабрани чланови Надзорног одбора подружнице су Нада Миловановић Велимировић, Маријана Рачић и Љиљана Вукадиновић.

Чланови **подружнице Моравички округ** су учествовали у организацији ђачке посете приватној компанији за производњу и продају грађевинског материјала „Јелен До - Carmeuse Grupe“. У августу успешно су решени технолошки вишкови наставника основних школа на територији Моравичког округа. У Чачку је од 4. до 8. октобра гостовао научни камион у оквиру промоције науке под покровитељством Регионалног центра и града Чачка. Своје радионице имали су и наставници хемије са својим ђацима, пре свих професори Зоран Срећковић и Драшко Симоновић под слоганом „Свет каролије“ и „Хемијом кроз свет“. Последњег дана фестивала завршено предавање из хемије – „Живот молекула“ одржао је академик професор др Живорад Чековић. Током ових активности кроз просторије научног камиона прошло је према подацима регионалног центра око три хиљаде

посматрача из града и околних места. Редовна годишња скупштина подружнице Моравичког округа одржана је у децембру.

Подружница за Косово и Метохију. Студенти основних и дипломских студија Одсека за хемију Природно-математичког факултета учествовали су на 55. Саветовању српског хемијског друштва. Чланови подружнице су презентовали резултате свог научно-истраживачког рада учешћем са саопштењима на више научних домаћих, регионалних и међународних скупова. Значајан допринос је дат промоцији студија хемије, у оквиру које је организован и Дан отворених врата, у оквиру Одсека за хемију на ПМФ-у у Косовској Митровици, са активним учешћем студената основних и мастер студија. У циљу популаризације хемије као природне науке, на промотивном скупу су изведени атрактивни и интересантни огледи из хемије што је праћено знатним интересовањем присутних. Организована је такође промоција ПМФ-а и хемије као науке на територији Косова и Метохије, и општинама које се граниче са овим подручјем, кроз посете чланова Друштва подружнице средњим школама. Тако је промовисан Одсек за хемију у оквиру свих средњих школа и Гимназија на територији јабланичког, расинског, рашког, косовско-поморавског, призренског и северно-митровачког округа. Као и сваке године, током ових посета средњим школама, извршена је скромна донација лабораторијског посуђа и хемикалија, неопходних за извођење лабораторијских вежби, ђацима основних и средњих школа у Косовском Поморављу. У оквиру међународне сарадње организована је студентска размена и посета студента Одсека за хемију Миле Миленковић Белгородском државном технолошком универзитету у Русији. Током израде завршног рада, студенткињама Живани Радосављевић и Марији Спасић је организована посета лабораторијама Института за судску медицину у Београду. Циљ посете је био упознавање и примена савремених лабораторијских метода и техника. Чланови Друштва дају значајан допринос развоју научне мисли кроз учешће у Уређивачком одбору, као и публикаовању својих истраживачких резултата у виду радова у научном часопису *University Thought - Publication in Natural Sciences*, Природно-математичког факултета у Косовској Митровици. Подружница припрема организовање предавања професора са сродних Факултета у Републици Србији, током априла месеца и летњег семестра, која су и до сада организована на обострано задовољство, нарочито студената хемије на Одсеку за хемију, која су отказана у зимском семестру, због актуелне безбедносне ситуације на територији јужне Покрајине.

Подружница Трстеник је основана пре 12 година, а чине је чланови, наставници хемије, из Трстеника, Врњачке Бање, Краљева и Александровца. У протеклом периоду, одржана је стручна трибина за наставнике хемије у организацији Школске управе Крушевац, у циљу што чешћег увођења индивидуализације наставе. Организована је и посета Фестивалу науке у децембру 2018. коме су присуствовали ученици Основних школа и Средње школе „УШЂЕ” из Трстеника. Чланови Подружнице су присуствовали и часу примене индивидуализоване наставе, који је реализовао један члан Подружнице. Ученици основних школа су узели учешће на такмичењу свих нивоа од школског до републичког. Наставници хемије, чланови Подружнице са територије Расинског округа, су 01.12.2018. присуствовали стручном састанку који је одржан у Хемијско-технолошкој школи у Крушевцу у организацији сарадника ШУ Крушевац Верице Агатоновић, на тему значаја лабораторијских вежби и

огледа у настави хемије, а на коме су разматрана и друга важна питања у вези наставе хемије.

РАД СЕКЦИЈА СХД И СХД-ХДВ

Секција за аналитичку хемију СХД-ХДВ. 31. маја 2018. одржан је састанак Секције на коме је др Даниела Королија Црквењаков, ванредни професор Академије уметности у Новом Саду, одржала интересантно предавање под називом: „Анализа уметничких дела - оригинал или фалсификат?”. Чланови Секције су активно учествовали у организовању 55. Саветовања Српског хемијског друштва. Поред учествовања у Организационом одбору имали су своје представнике и у Научном одбору. Такође, чланови Секције су на Саветовању презентовали и већи број радова. Поред тога чланови Секције су учествовали са радовима и на неколико домаћих, регионалних и међународних научних скупова: Waste Waters, Municipal Solid Wastes and Hazardous Wastes (27-29. март 2018, Брзеше); 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems (8. и 9. октобар, Сегедин, Мађарска) и 6. Конференција младих хемичара Србије (27. октобар, Београд). Такође, чланови Секције су активно учествовали на Међународном фестивалу науке и образовања 2018. (12. и 13. мај), затим на „Baby Exitu“ (26. и 27. маја), као и на манифестацији „Ноћ истраживача“ која је одржана 28. септембра 2018. године у Новом Саду.

Секција за биохемију СХД-ХДВ. На састанку Секције одржаном 12.04.2018. године, др Александар Миловановић из Научног института за ветеринарство „Нови Саг” одржао је предавање под називом „Смањење репродуктивних способности домаћих животиња услед превелике тежње за експлоатацијом-технопатије, генетске/селекцијске промене, последице и решења”. Чланови Секције за биохемију су током 2018. године презентовали резултате својих истраживања на неколико међународних и националних научних скупова: FEBS3+ конференцији у Шиофоку, Мађарска, Biomembranes у Москви, Русија и 55. Саветовању СХД, а пријављено је и више радова за VIII конференцију Биохемијског друштва Србије. Чланови су учествовали у раду скупштине СХД у Београду и скупштине СХД-ХДВ у Новом Саду, као и у активностима којима се хемија и биохемија популаризују међу младима.

Секција за инжењерство материјала СХД-ХДВ. У периоду од јануара до новембра 2018. године организована су два предавања еминентних стручњака из области материјала, др Milena Špirkova са Института за хемију макромолекула Чешке Академије наука у Прагу и проф. др Ivan Krakovsky са Факултета за Физику и Математику Карловог Универзитета у Прагу. Др Milena Špirkova одржала је предавање под називом: "Waterborne polyurethane dispersions, films and nanocomposites", а др Ivan Krakovsky предавање под називом: "Structure of Hydrogels Investigated by Small-Angle Neutron Scattering". На састанку Секције који је одржан 24.09.2018. године изабрано је ново руководство: новоизабрани председник Секције је доц. др Иван Ристић, а секретар MSc. Јелена Танасић.

Секција за катализу СХД-ХДВ. Чланови секције су током 2018. године презентовали резултате својих истраживања на 2nd Global Conference on Catalysis, Chemical Engineering and Technology (Рим, Италија) и на 55. Саветовању Српског хемијског друштва.

Секција за органску хемију СХД-ХДВ. У 2018. години чланови су учествовали на три конференције: 24. Конференција о изопреноидима (Биалисток, Пољска), 20. NMR Симпозијум централне и источне Европе и

састанак Брукерових корисника (Беч, Аустрија) и 6. Конференција младих хемичара Србије (Београд).

Аналитичка секција. Одржан је састанак Председништва Аналитичке секције EuChemS-a, као и састанак Президијума Euroanalysis конференција с обзиром да се XX Euroanalysis одржава у Истанбулу од 1. до 5. септембра 2019. године. Том приликом је посећен и Istanbul University, Central Campus, Beyazit. У својству председника DAC-EuChemS-a проф. Ражић је организовала састанак Председништва и годишњи састанак DAC-EuChemS-a у Ливерпулу од 25. до 28. августа 2018. године, на којима су анализирани досадашње и разматране активности у наредном периоду. Аналитичка секција је највећа секција у Европи (има 36 представника из 29 земаља). Активности Секције су видљиве на сајту <https://www.euchems.eu/divisions/analytical-chemistry/>. Проф. Ражић је активно учествовала у раду Генералне скупштине EuChemS-a, а посебно у вези учешћа аналитичке секције СХД, као и препознатљивости аналитичке хемије у Европи на конгресу EuChemS-a који се одржава сваке друге године. Такође, проф. Ражић је организовала три састанка о тренутној и будућој сарадњи са председником секције за физичку хемију EuChemS-a проф. Wolfgangom Kauterom (Универзитет у Бечу) и са менаџерима часописа Analytical and Bioanalytical Chemistry (Springer), др Stefanom Paulijem (Хајделберг) и Analytical Scientist, Li Nojesom (Хајделберг) и Rič Vajtvortom (Ливерпул). У 2019. години председник секције остаје проф. Ражић, а као секретар доцент Тајјана Вербић.

Електрохемијска секција. У марту 2018. године члан секције и председница СХД, проф. др Весна Мишковић-Станковић одржала је предавање у Коларчевој задужбини под називом „Нови биоматеријали за примене у медицини као импланти коштаног ткива и меких ткива”. У мају је одржан састанак секције посвећен преминулом професору Недељку Крстајићу, дугогодишњем члану Електрохемијске секције. Део заједничких истраживања кроз кратка предавања изложили су његови сарадници: проф. др Велимир Радмиловић, Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду, др Маја Обрадовић, научни саветник ИХТМ, др Невенка Елезовић научни саветник Института за мултидисциплинарна истраживања и др Урош Лачњавац, виши научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања. У августу 2018. године Секција је организовала скуп поводом одласка у пензију др Радослава Адића, некадашњег директора Центра за електрохемију ИХТМ. На скупу је одржано и више предавања: др Милка Аврамов-Ивић, научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ, др Небојша Маринковић, научни сарадник Колумбијског Универзитета у Њујорку, др Светлана Штрабац, научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ, др Душан Трипковић, научни саветник Центра за електрохемију ИХТМ и др Мила Крстајић-Пајић, асистент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. У септембру 2018. године академик др Радослав Адић, Emeritus senior scientist, Brookhaven National Laboratory, USA, одржао је предавање под називом: „Електрокатализатори за горивне ћелије на бази једног атомског слоја платине”. Октобра 2018. године организован је заједнички састанак Електрохемијске секције СХД, локалног организационог одбора 71. ISE и чланова организационог одбора скупа из Србије ради договора око организације 71. годишњег састанка који ће се одржати 2020. године у Београду. Новембра месеца одржан је заједнички састанак Електрохемијске секције СХД и Секције за електрохемију Друштва физикохемичара Србије у оквиру ког је одржано предавање др Игора Паштија, ванредног професора Факултета за физичку хемију у Београду. На састанку су изабрана и два предавача по позиву, др Небојша

Николић и др Игор Пашти, за 7. Регионални симпозијум о електрохемији југоисточне Европе (RSE-SEE 7) који ће се одржати у мају 2019. године у Сплиту. У децембру је др Милица Петровић, научни сарадник Природно-математичког факултета Универзитета у Нишу одржала предавање. Чланови секције су учествовали у раду XVII конференције о корозији и заштити материјала (YuCorr) и 69th Annual Meeting of International Society of Electrochemistry (ISE2018). Изабран је нови председник секције, др Бранимир Гргур, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, а за секретара је изабрана Мила Крстајић, асистент Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

Секција за керамику. У оквиру Секције одржана су четири предавања: Бојана Мојић Ланте, Технолошки факултет Универзитета у Новом Саду, Mammory Senna, Keio University, Yokohama, Светлана Илић и Јелена Луковић из Института за нуклеарне науке „Винча”. Чланови секције су учествовали у организацији 5. конференције Друштва за керамичке материјале која ће бити одржана од 11. до 13. јуна 2019. године.

Секција за медицинску хемију. Секција за медицинску хемију одржала је два састанка током 2018. године. На састанку 22. марта на Хемијском факултету Универзитета у Београду др Александар Павић са Института за молекуларну генетику и генетичко инжењерство, одржао је предавање: „Модел зебрице ("zebrafish") као универзална платформа за откривање нових, ефикаснијих и безбедних фармаколошки активних једињења”. Истовремено, члановима Секције представљен је рад Европске федерације за медицинску хемију. На састанку 26. октобра на Институту за молекуларну генетику и генетичко инжењерство, др Jordan Dimitrov, (French National Institution of Health and Medical Studies) одржао је предавање: "Heme and Antibodies: Eccentric Liaisons".

Секција за молекуларну науку о храни. Почетком априла 2018. у оквиру Хоризонт 2020 истраживачког и иновацијског програма (позив ВИДЕСПРЕАД-05-2017), Европска унија је одобрила финансирање пројекта „Твининг истраживачких активности у граничним 'омикс истраживањима у областима хране, исхране животне средине" ("Twinning of research activities for the frontier research in the fields of food, nutrition and environmental 'omics, pod akronimom FoodEnTwin"), под уговором број 810752. Носилац овог пројекта је Универзитет у Београду-Хемијски факултет, са проф. Тањом Ђирковић Величковић, редовним професором Хемијског факултета као координатором. У пројекат су укључене 4 партнерске институције (Универзитет у Генту, Белгија; Медицински универзитет у Бечу, Аустрија; Католички универзитет у Лувену, Белгија и Институт Каролинска, Шведска). Пројекат је оцењен са максималним бројем поена (15/15), а његова реализација је започела септембра 2018. Циљ пројекта је образовање Европске истраживачке мреже између Хемијског факултета Универзитета у Београду и његовог Центра изврности молекуларних наука о храни и четири реномирана института из Шведске, Аустрије и Белгије. Ова мрежа ће Хемијском факултету и партнерима повећати научну изврност и видљивост, технолошки иновациони капацитет омогућавајући гранична истраживања у области хране, пољопривреде, хемије, исхране и животне средине увођењем –омикс технологија (протеомикс, липидомикс, транскриптомикс, алергомикс и металомикс) и експерименталних животињских модела. Једна од предвиђених активности FoodEnTwin пројекта је и ко-организација EuroFoodChem XXI, чију је организацију добило Српско хемијско друштво за 2021. годину. У оквиру овог великог и престижног конгреса FoodEnTwin

пројекта биће организован сателитски симпозијум везан за нове инструменталне приступе у наукама о храни, на коме ће предавачи бити чланови FoodEnTwin конзорцијума.

Чланови Секције су учествовали у UniFood конференцији, која је организована у Ректорату Универзитета у Београду 5. и 6. октобра 2018, која је организована у част прославе 210. година Универзитета у Београду, као и пласману Универзитета у Београду у области Food Science and Technology у периоду 2011-2015, на изузетном 35. месту на Academic Ranking of World Universities (ARWU, такозваној Шангајској листи).

Током 2018. године више чланова секције је отишло на усавршавање у реномиране међународне институције. Сарадници Центра, чланови Тима за аналитику хране, учествују у реализацији билатералног пројекта између Србије и Немачке за период 2018-2019 под називом: Нови аналитички приступ за детекцију фалсификата у воћним производима. Пројекат се реализује између Иновационог центра Хемијског факултета Универзитета у Београду (под покровитељством Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије) и Justus Liebig University, Gisen, Немачка. Руководица пројекта су: др Петар Ристивојевић (Иновациони центар ХФ) и др Гертруд Морлоцк.

Један део активности био је усмерен на припрему документације неопходне за реакредитацију Центра извршности за молекуларне науке о храни Универзитет у Београду-Хемијског факултета, који је Одлуком Одбора за акредитацију научно-истраживачких организација Министарства просвете, науке и технолошког развоја од 11. 4. 2014. године добио статус центра изузетних вредности у области природно-математичких наука.

Годишњи састанак Секције за молекуларну науку о храни СХД-а одржан је 28. 09. 2018. године. За председника је једногласно изабрана проф. Душанка Милојковић-Опсеница, редовни професор Хемијског факултета Универзитета у Београду, а за секретара је изабрана др Јелена Радосављевић, доцент. Досадашњи петогодишњи рад секције оцењен је као активан резултујући све успешнијом међусобном сарадњом, као и размени идеја и знања истраживача који се баве различитим аспектима молекуларне науке о храни.

Наставна секција СХД. Током 2018. године одржано је осам састанака секције. На састанцима је на предлог Војина Крسمановића представљен програм „GLOBE“ за чије учешће се пријавило неколико наставника хемије стручних школа и гимназија; предложено је поновно покретање активности Општинских актива у циљу боље организације актива и међусобне сарадње приликом организовања Окружних такмичења из хемије. Извршена је анализа рада актива наставника хемије (два састанка), анализирана су постигнућа ученика на крају другог циклуса обавезног образовања и изеден је закључак да су постигнућа ученика на завршном испиту боља у односу на претходне године (два састанка). Констатовано је да је значајан проблем непостојање већег броја акредитованих семинара за наставнике хемије, те се у наредном периоду пажња треба посветити повећању броја акредитованих семинара. Такође, на предлог колега будући гостујући предавачи Наставне секције биће из области педагошко-психолошко-методичких дисциплина. Ученицима основних и средњих школа који су на Градском такмичењу из хемије постигли значајне резултате додељене су дипломе. Представљен је програм пројекта „Гранд фестивал хемије“. Интересовање наставника за учествовање у раду Наставне секције је веће него претходне године.

Секција за органску хемију. У оквиру секције одржана су 4 предавања: Анита Босак, научни сарадник Ин-

ститута за медицинска истраживања и медицину рада из Загреба, др Марко Јеремић, Иновациони центар Хемијског факултета, Маријана Живковић, Центар за хемију ИХТМ-а и Живота Селаковић, Хемијски факултет, Универзитет у Београду.

Секција за хемију животне средине. У 2018. години Секција је имала неколико активности: 1) организација и одржавање 8. симпозијума Хемије и заштите животне средине ENVIROCHEM 2018; 2) ангажман на UNIDO-GEF пројекту „Guidance development and case study documentation of green chemistry and technologies“; 3) организација стручних предавања. Најважнија активност била је организација и одржавање ENVIROCHEM 2018 у Крушевцу, од 30. маја до 1. јуна 2018.године. На скупу су се окупили истраживачи, научници и стручњаци из разних области хемије животне средине и, по традицији, искористили јединствену платформу за размену идеја, најновијих научних достигнућа и технолошких иновација. Посебан значај имало је присуство локалне индустрије, пре свега Трајал корпорације. Скупу је присуствовало преко 100 учесника; одржана су 4 пленарна предавања, 7 предавања по позиву, 13 усмених саопштења, 74 постерских и 8 студентских радова (нова категорија ове године). Шири преглед садржаја и резултата овог скупа може се добити на Веб страници: www.envirochem.rs. Ангажман Секције на UNIDO-GEF пројекту „Guidance development and case study documentation of green chemistry and technologies“ одвијао се на две линије: (а) сва три члана тима, као и координатор Пројекта су чланови Секције и (б) СХД је значајно помогао у извршењу задатака пројекта. У оквиру пројекта, најзначајнији догађај је било организовање и одржавање петодневног Курса за саветнике за Зелену хемију за цео регион (Србија, Хрватска, Босна и Херцеговина), који је одржан у просторијама Хемијског факултета Универзитета у Београду. Додељено је 32 сертификата, 8 полазницима из Хрватске и Босне и Херцеговине. Више информација о догађају и целом пројекту може се наћи на Веб страници: <https://greenchemistryserb.wixsite.com/green-serbia>, као и у ТВ-извештају: <https://youtu.be/yfEtD2tQeL4>. У децембру 2018. одржана су два предавања у организацији Секције, Prof. Mikael Motelica-Heino: „Trace metal cycling in the rhizosphere - implications for the phytoremediation of contaminated soils“ и Regis Guegan: „Organo-layered materials as model carrier phases for organic contaminants“.

Секција за хемију и технологију влакана и текстила. Активности секције су углавном подразумевале учешће чланова секције на домаћим и међународним скуповима: 55. Саветовање СХД (2 усмена излагања и 2 постерске презентације); 25. Конгрес Друштва хемичара и технолога Македоније који је одржан у Охриду. На Годишњој скупштини СХД, одржаној 28. марта 2018. године, проф. Др Маја Радетић је одржала предавање на тему „Функционализација текстилних материјала титан(IV)-оксида“. На састанку секције одржаном 20. фебруара 2019. године изабран је нови председник, др Снежана Станковић, ванредни професор Технолошко-металушког факултета, а секретар секције биће др Дарка Марковић, научни сарадник Иновационог центра Технолошко-металушког факултета Универзитета у Београду.

Секција за хемију и технологију макромолекула. Чланови Секције су учествовали на 55. Саветовању СХД са 7 саопштења (1 усмено и 6 постерских). Саопштење: Марија Лучић Шкорић, Никола Павловић, Антоније Митровић, Мелина Калагасидис Крушић „Glucose-sensitive chitosan/PVA microbeads with the potential application for the controlled release of insulin“, било је награђено IUPAC наградом за најбоље постерско саопштење. Секција за хемију и технологију

макромолекула је 29. маја 2012. отворила своју Facebook страницу: <http://www.facebook.com/Makromolekuli>, и тренутно има 220 пратилаца.

Током 2018. године **JOURNAL OF THE SERBIAN CHEMICAL SOCIETY** су уређивали главни и одговорни уредник Бранислав Николић и заменик уредника Душан Сладић. Часопис је редовно излазио и издато је 12 свезака (двоброј 7-8) са 106 радова, 478 аутора, од тога 289 иностраних аутора што је 60% од укупног броја аутора, на 1422 страна. Сви прихваћени радови (са DOI бројевима) постављени су на Home Page часописа у форми у којој су прихваћени (пре потпуне обраде за штампање). Импакт фактор часописа за 2018. годину је 0,797, а петогодишњи импакт фактор у 2018. години (према укупном броју цитата током 5 година) је 0,923. Садашњи петогодишњи ИФ је 91,0% од претходног.

Одштампано	2017.	2018.	
		број	% према 2017
Свезака	12	12	100
Радова	111	106	95
Страна	1494	1422	95
Аутора	473	478	101
Иностраних аутора	231*	289**	125
Пристигли радови	297	245	82
Штампано	40	23	10
Прихваћено за штампу	83	65	27% од примљених
Одбијено	144	125	51

* Инострани аутори: око 49% од укупног броја аутора;

** Инострани аутори: око 60% од укупног броја аутора.

Редакција ХЕМИЈСКОГ ПРЕГЛЕДА је задржала досадашњу уредничку праксу публикавања прегледних и информативно-стручних радова. Велики напор, који су уложили председница СХД проф. Весна Мишковић-Станковић и проф. Ратко Јанков, да подстакну аутореллауерате на писање чланака, је уродио плодом, тако да је ситуација у 2018. години са Хемијским прегледом знатно боља него претходних година. Током 2018. године су прво попуњена три броја из 2017. године, а затим су штампани и сви бројеви предвиђени за 2018. годину. После више година број 1 из 2019. године је изашао на време. У оквиру издатих бројева публиковани су ауторски чланци домаћих аутора из разних области хемије. Рубрика „Уводник” је дала сажет приказ појединачних бројева, коментаре и опаске уредника. Објављен је и извештај о априлским данима као и попутни извештај о раду СХД за претходну годину. Часопис се редовно шаље у репозиторијум Народне библиотеке Србије, а електронске верзије сваког броја (у ПДФ формату) могу се добити са њиховог сајта.

Библиотека СХД

Библиотека СХД има 24.880 свезака часописа, 1896 инвентарисаних часописа чија је вредност 3.868.920,00 РСД и 785 инвентарисаних књига у вредности од 49.962,00 РСД. У 2018. години приновљено је часописа у вредности од 219.000,00 РСД и инвентарисано је 8 наслова. Списак часописа добијених у 2018. години: Архив за хигијену рада и токсикологију (Загреб), Bulletin of the Chemical Society of Japan (Токио), Croatica Chemica Acta (Загреб), Daedalus (Cambridge), Hungarian Journal of Industry and Chemistry (Veszprem), Journal of Mathematical Science (Токио), Acta Periodica Technologica (Нови Сад) и Пестициди и фитомедицина (Београд). Библиотеци СХД недостаје простор за смештај часописа.

ПРЕГЛЕД ПРИХОДА И РАСХОДА У 2018. ГОДИНИ

Структура прихода у 2018. години

Врста прихода	Удео у приходима (%)
Донаторства и спонзорства	33,27
Министарство просвете, науке и технолошког развоја	21,29
Котизације	16,09
Претплате на часописе	2,18
Чланарине	12,51
Приходи од услуга на тржишту, камате и позитивне курсне разлике	14,66

Структура расхода у 2018. години

Врста расхода	Удео у расходима (%)
Трошкови издавања часописа	13,08
Зараде запослених и рад преко омладинске задруге	22,26
Поштански трошкови, трошкови телефона и сл.	4,90
Ауторски хонорари	21,00
Службена путовања	10,12
Чланарине	1,73
Остали трошкови (превоз запослених, канцеларијски и други материјал, услуге комуникација, књиговодствене услуге, такси и други трошкови превоза, таксе, банкарске услуге, трошкови репрезентације и сл.	26,91

секретар Друштва
Мелина Калагасидис Крушић



АПРИЛСКИ ДАНИ О НАСТАВИ ХЕМИЈЕ

30. Стручно усавршавање за наставнике хемије и 3. Конференција методике наставе хемије
Универзитет у Београду - Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, Београд

24. и 25. април 2019.

ПРВИ ДАН: 24. април 2019.

9:00 - 9:30	Отварање скупа Председник Српског хемијског друштва, проф. др Весна Мишковић Станковић Декан Хемијског факултета Универзитета у Београду, проф. др Иван Гржетић		
9:30 - 10:15	Прича о антималярику артемизинину са Балкана	Пленарно предавање и дискусија	Професор емеритус др Слободан Миловановић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет
10:15 - 11:00	Стрес: биохемијске основе и како (себи) помоћи	Пленарно предавање и дискусија	Доц. др Милан Николић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет
11:00 - 11:30	Пауза		
11:30 - 12:00	Интернет – могућности за унапређење учења/наставе хемије	Пленарно предавање и дискусија	Доц. др Биљана Томашевић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет
12:00 - 12:30	Ученичке способности тумачења илустрација из школских уџбеника хемије	Пленарно предавање и дискусија	Доц. др Тамара Рончевић , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет
12:30 - 13:00	Увод у органску хемију у контексту историје хемије	Пленарно предавање и дискусија	Весна Милановић и в. проф. др Драгица Тривић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет
13:00 - 13:30	Пројекат - метода у настави хемије	Пленарно предавање и дискусија	Проф. др Јасна Адамов , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет
13:30 - 14:30	Ручак		
14:30 - 16:00	Припрема пројеката у настави хемије	Радионица 1	Проф. др Јасна Адамов , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет

ДРУГИ ДАН: 25. април 2019.

9:00 - 9:45	Функционализација и примена скелетних структура	Пленарно предавање и дискусија	Проф. др Вера Дондур , Универзитет у Београду - Факултет за физичку хемију
9:45 - 10:15	(Не)Разумевање основних хемијских концепата заступљених у рачунским задацима	Пленарно предавање и дискусија	Доц. др Душица Родић , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет
10:15 - 10:45	Развој рубрика за рејтинг когнитивне комплексности проблема у хемији	Пленарно предавање и дискусија	Доц. др Саша Хорват , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет
10:45 - 11:15	Пауза		
11:15 - 13:00	Учење хемије кроз истраживање и решавање проблема Учење хемије у различитим контекстима ИКТ у настави и учењу хемије Интердисциплинарни приступ у настави предмета природних наука Хемијска писменост Учење хемије и проверавање постигнућа Игра у настави хемије Зелена настава хемије	Саопштења	Председава доц. др Саша Хорват
13:00 - 14:30	Образовање у области хемије за одрживи развој	Радионица 2	Маринко Зубић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет
14:30 - 15:30	У сусрет новом циклусу такмичења из хемије ученика основних и средњих школа: искуства и препоруке	Трибина	Проф. др Душан Сладић , Универзитет у Београду - Хемијски факултет Доц. др Душица Родић , Универзитет у Новом Саду - Природно-математички факултет
15:30 - 16:00	Евалуација и затварање скупа		