

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА**

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену дисертације Емилије Н. Симовић, мастер хемичара

На редовној седници Наставно-научног већа Хемијског факултета – Универзитета у Београду, одржаној 10. 9. 2026. године, одлука бр. 503/7, одређени смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Емилије Н. Симовић, мастер хемичара, истраживача сарадника Универзитета у Београду – Хемијског факултета, под насловом:

„Оптимизација пиролизе пољопривредног отпада у циљу добијања биоугља“

Веће научних области природних наука Универзитета у Београду је на својој седници одржаној 19. 9.2024. године, на захтев Хемијског факултета, дало сагласност на предлог теме докторске дисертације (одлука бр. 61206-3245/2-24).

Комисија је докторску дисертацију прегледала и Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. Приказ садржаја докторске дисертације

Докторска дисертација Емилије Н. Симовић написана је на српском језику на укупно 106 страна А4 формата (фонт *Times new roman*, величине 12 pt за основни текст, називе слика и табела и величине 12 pt за табеларне податке, проред 1, маргине 2 cm) и садржи 28 слика и 15 табела. Основни текст је организован у седам поглавља: 1. Увод (2 стране), 2. Теоријски део (30 страна), 3. Наши радови (2 стране), 4. Експериментални део (8 страна), 5. Резултати и дискусија (34 стране), 6. Закључци (2 стране) и 7. Литература (20 страна). Поред наведеног, дисертација садржи и Насловну страну на српском и енглеском језику, информације о менторима и члановима комисије, Захвалницу (2 стране), Резиме на српском и енглеском језику (по 1 страна), Садржај (2 стране), Биографију кандидаткиње (1

страна), Списак објављених и саопштених радова (1 стране), Изјаву о ауторству (1 страна), Изјаву о истовестности (1 страна) и Изјаву о коришћењу (2 стране). Дисертација је по својој структури и садржају у складу са стандардима прописаним од стране Универзитета у Београду.

У **Уводу** је образложен проблем настајања и збрињавања пољопривредног и полимерног отпада, као и потреба за њиховим ефикасним искоришћавањем у складу са принципима циркуларне економије. Посебна пажња посвећена је производњи биоугља поступком пиролизе и могућности модификације његових својстава копиризмом са полимерима. Дефинисан је циљ истраживања: оптимизација пиролизе отпадне биомасе дувана и парадајза, као и копиризме ове биомасе са полимерима, и испитивање добијених материјала као потенцијалних чврстих горива и адсорбена.

Теоријски део обухвата основне принципе, типове и примене пиролизе, укључујући суву пиролизу и хидропиролизу, као и значај пиролизе у органској геохемији, технологији прераде чврстих горива и хемији животне средине. Посебно су обрађени копириза, пољопривредни отпад од дувана и парадајза, класификација и присуство полимерних материјала у животној средини и основне особине биоугља, уз поређење са угљем.

У поглављу **Наши радови** представљени су истраживачки циљеви и концепт испитивања. Истраживање је организовано кроз добијање биоугља пиролизом биомасе на 400 и 500 °C, модификацију чврстих производа копиризмом биомасе и полимерног отпада на 500 °C и процену њихове енергетске и адсорпционе примене.

Експериментални део описује порекло и припрему узорка, карактеризацију биомасе, услове пиролизе и копиризме, као и методе испитивања производа. Коришћене су термогравиметријска анализа, одређивање физичко-хемијских својстава, елементарна анализа, одређивање топлотне моћи, анализа специфичне површине и пора, скенирајућа електронска микроскопија, инфрацрвена спектроскопија са Фуријеовом трансформацијом, анализа присуства разних елемената уз индуктивно купловану плазму - оптичку емисиону спектрометрију, и испитивања адсорпције из водених раствора загађених тешким металима и органским загађујућим супстанцама као што су пестициди и антибиотици.

Поглавље **Резултати и дискусија** обухвата физичко-хемијску карактеризацију биомасе, приносе производа пиролизе и копиризме, анализу елементарног састава, топлотне моћи, порозности, морфологије и површинских функционалних група биоугља и чврстих остатака. Посебан део посвећен је адсорпционим својствима у воденим системима који садрже метале, пестицид азоксистробин и антибиотике сулфаметоксазол и сулфисоксазол.

У **Закључцима** су систематизовани резултати о утицају врсте биомасе, температуре и додатка полимера на карактеристике добијених материјала и размотрен потенцијал њихове примене у енергетици и заштити животне средине.

Поглавље **Литература** садржи коришћене библиографске изворе.

Б. Кратак опис постигнутих резултата

У оквиру докторске дисертације кандидаткиње Емилије Н. Симовић спроведена су истраживања процеса пиролизе пољопривредног отпада пореклом од дувана и парадајза, као и копиризе ових врста биомасе са различитим полимерним материјалима, са циљем добијања биоугља и чврстих остатака погодних за енергетску и примену у ремедијацији. Истраживања су обухватила карактеризацију полазних сировина, испитивање утицаја температуре и додатка полимера на принос производа, одређивање физичко-хемијских, структурних и енергетских својстава добијених материјала, као и процену њиховог потенцијала за уклањање различитих загађујућих супстанци из водених раствора.

У првој фази истраживања извршена је карактеризација отпадне биомасе дувана и парадајза, са посебним освртом на њихов хемијски састав и термичку стабилност. Применом термогравиметријске анализе (TGA) и анализе диференцијалних термогравиметријских кривих (DTG) утврђено је да се термичка разградња обе врсте биомасе одвија кроз више фаза, које обухватају уклањање влаге, разградњу хемицелулозе и целулозе, као и постепену разградњу лигнина. Максимална брзина термичке разградње забележена је на приближно 309 °C код биомасе дувана, односно 320 °C код биомасе парадајза. Добијени резултати указују на разлике у термичком понашању испитиваних сировина, које се могу повезати са њиховим хемијским саставом и структурним карактеристикама.

Пиролиза пољопривредног отпада спроведена је на температурама од 400 и 500 °C, док су експерименти копиризе извођени на 500 °C. За копиризе су коришћени полипропилен (PP), полиетилен (PE), полистирен (PS) и њихова смеша, при масеним уделима полимера од 10 и 50%. Резултати су показали да повишење температуре пиролизе доводи до смањења приноса чврстих производа и повећања приноса течне фракције. Код биомасе дувана принос биоугља смањен је са 34,30% на 400 °C на 29,30% на 500 °C, док је код биомасе парадајза смањен са 36,50 на 34,10%. Додатак полимера значајно је утицао на расподелу производа копиризе, при чему су у зависности од врсте и удела полимера уочене промене у приносима чврсте, течне и гасовите фракције, као и формирање воска и смоластих производа.

Физичко-хемијска карактеризација добијених биоугљева и чврстих остатака обухватила је одређивање садржаја влаге и пепела, рН вредности, елементарног састава и топлотне моћи. Резултати су показали да температура пиролизе и додаток полимера значајно утичу на хемијски састав и енергетске карактеристике добијених материјала. Биоугљеви су углавном показивали алкалне карактеристике, док је повишење температуре довело до промена у садржају минералних компонената. Додатак полимера током копиризе у појединим случајевима допринео је значајном повећању садржаја угљеника, при чему је највећа вредност од 79,10% забележена код чврстог остатка добијеног

копиролизом дувана са 50% полиетилена. Код биомасе парадајза најповољнији ефекат постигнут је додатком 50% смеше полимера, када је садржај угљеника достигао 61,67%.

Испитивања топлотне моћи показала су да добијени материјали поседују потенцијал за примену као чврста горива. Међутим, утврђено је да повећање садржаја угљеника није увек праћено пропорционалним повећањем топлотне моћи, што указује на значај хетерогености материјала, минералног састава и услова термичке разградње. Ови резултати потврђују да се одговарајућим избором биомасе, полимера и услова процеса могу добити чврсти производи различитих енергетских карактеристика.

Применом ВЕТ методе утврђено је да специфична површина добијених материјала значајно зависи од врсте биомасе, температуре пиролизе и додатка полимера. Код биоугља дувана специфична површина износила је 89,54 m²/g на 400 °C и 94,32 m²/g на 500 °C, док је код биоугља парадајза повишење температуре довело до њеног смањења са 198,21 на 83,18 m²/g. Додатак 10% полипропилена биомаси дувана довео је до повећања специфичне површине на 204,20 m²/g, док је при већем уделу појединачних полимера уочено њено значајно смањење. Код биомасе парадајза посебно се издваја узорак са 50% полистирена, чија је специфична површина износила 197,14 m²/g. Ови резултати указују на сложене интеракције између биомасе и полимера током копиризације и потврђују да њихов утицај на развој порозне структуре зависи од састава полазне смеше.

Морфолошка карактеризација применом скенирајуће електронске микроскопије (SEM) показала је присуство карактеристичних цевастих и порозних структура које потичу од лигноцелулозне структуре биомасе. Повишење температуре довело је до структурних промена, док је код чврстих остатака добијених копиризацијом уочено присуство полимерних фрагмената и агрегата који могу утицати на доступност пора. Резултати инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR) потврдили су присуство различитих функционалних група, укључујући хидроксилне, карбонилне, алифатичне и ароматичне структуре. Утврђено је да топлота и додаток полимера утичу на њихову заступљеност, што је значајно за разумевање површинских својстава добијених материјала. Применом ICP-OES анализе утврђене су разлике у минералном саставу биоугља дувана и парадајза, које додатно утичу на њихове физичко-хемијске карактеристике и потенцијалну примену.

Посебан део истраживања посвећен је испитивању адсорпционих својстава биоугља добијених пиролизом дувана и парадајза на 400 °C. Испитивана је могућност уклањања одабраних метала, фунгицида азоксистробина и антибиотика сулфаметоксазола и сулфисоксазола из водених раствора. При испитивању уклањања неорганских загађујућих супстанци коришћен је биоугаљ парадајза, а експерименти су спроведени у слаткој и сланој води, при различитим почетним концентрацијама и временима контакта. Резултати су показали високу ефикасност уклањања већине испитиваних елемената, при чему је у великом броју случајева она прелазила 90%, док је за поједине елементе

постигнуто потпуно уклањање. Утврђено је да салинитет није значајно умањео ефикасност уклањања већине елемената, као и да се висока ефикасност може постићи већ након 30 минута контакта.

Испитивања адсорпције органских загађујућих супстанци показала су да оба биоугља поседују значајан потенцијал за уклањање пестицида и антибиотика из воде. При уклањању азоксистробина, биоугаљ парадајза показао је највећу ефикасност од 96,82% након 45 минута, док је код биоугља дувана највећа ефикасност од 84,17% забележена након 30 минута. Висока ефикасност утврђена је и при уклањању сулфаметоксазола, при чему је биоугаљ дувана постигао ефикасност уклањања 95,86% антибиотика након 30 минута, док је биоугаљ парадајза достигао 94,94% након 60 минута. Испитивања сулфисоксазола такође су указала на могућност његовог уклањања применом добијених биоугљева. Биоугаљ дувана је овде достигао ефикасност од 84.03% за 60 минута, док је биоугаљ парадајза достигао ефикасност од чак 99.97% за исто време, што доводи до практично потпуно уклоњене загађујуће супстанце. Разлике у адсорпционом понашању испитиваних материјала могу се повезати са њиховом специфичном површином, порозношћу, присутним функционалним групама и физичко-хемијским својствима загађујућих супстанци.

На основу спроведених истраживања показано је да врста биомасе, температура пиролизе и додаток полимерних материјала имају значајан утицај на принос, хемијски састав, порозност, морфологију и енергетска својства добијених чврстих производа. Истовремено, потврђен је значајан адсорпциони потенцијал биоугљева добијених из пољопривредног отпада за уклањање различитих загађујућих супстанци из водених раствора. Научни допринос дисертације огледа се у повезивању параметара пиролизе и копиризације са својствима добијених биоугљева и чврстих остатака, као и у истовременом разматрању могућности њихове енергетске и еколошке примене у ремедијацији загађених вода. Добијени резултати представљају основу за даљу оптимизацију термохемијских процеса и развој одрживих технологија за искоришћење пољопривредног и полимерног отпада у складу са принципима циркуларне економије.

В. Упоредна анализа резултата кандидата са резултатима из литературе

Термохемијска конверзија пољопривредног отпада представља значајан правац истраживања у области одрживог управљања отпадом и производње материјала са додатом вредношћу. Пиролиза омогућава трансформацију лигноцелулозне биомасе у чврсте, течне и гасовите производе, чија расподела и својства зависе од састава полазне сировине и услова обраде. Досадашња истраживања указују на то да је избор температуре, времена задржавања и брзине загревања од пресудног значаја за ефикасност процеса и карактеристике добијеног биоугља (Bridgwater, 2012; Tripathi *и др.*, 2015). У том контексту, истраживања спроведена у оквиру докторске дисертације доприносе проширивању постојећих сазнања о могућностима искоришћења отпадне биомасе дувана

и парадајза, као сировина које су у досадашњим истраживањима пиролизе знатно мање заступљене у поређењу са дрвном биомасом и појединим житбеним остацима.

Различито термичко понашање лигноцелулозних материјала условљено је њиховим хемијским саставом, пре свега заступљеношћу целулозе, хемицелулозе и лигнина. Разградња ових компонената одвија се у делимично преклопљеним температурним интервалима, због чега термичко понашање биомасе представља резултат више истовремених реакција (Yang *и др.*, 2007). Уочене разлике у термичкој стабилности дувана и парадајза потврђују значај полазног састава за процес пиролизе. Истовремено, резултати дисертације указују да се оптимални услови термичке конверзије не могу у потпуности генерализовати за све врсте пољопривредног отпада, већ их је неопходно прилагодити карактеристикама конкретне сировине.

Један од значајних праваца савремених истраживања представља копиролиза биомасе и полимерних материјала, која омогућава истовремено искоришћење различитих токова отпада. Присуство полимера током термичке разградње може изменити реакционе механизме, расподелу производа и карактеристике насталих материјала. Посебно су значајне интеракције између производа разградње биомасе и полимера, које могу допринети променама у садржају угљеника, степену ароматизације и енергетским својствима добијених производа (Adeniyi *и др.*, 2024). Резултати дисертације потврђују могућност модификације својстава чврстих остатака копиролизом, али истовремено указују на то да присуство полимера не доводи нужно до побољшања свих испитиваних карактеристика. Овакав резултат је значајан са становишта оптимизације процеса, јер показује да ефекти копиролизе зависе од међусобне компатибилности сировина, њихових масених односа и услова термичке обраде. У неким случајевима долази до синергије биомасе и полимера, док код неких долази до потпуно супротног резултата.

Енергетска применљивост биоугља и чврстих остатака насталих копиролизом условљена је њиховим елементарним саставом, садржајем испарљивих и минералних компонената, као и степеном карбонизације. Иако је повећан садржај угљеника често повезан са повољнијим енергетским карактеристикама, топлотна моћ представља резултат укупног хемијског састава материјала, због чега се не може процењивати искључиво на основу удела угљеника. Резултати дисертације указују управо на ову сложену зависност и потврђују да је за процену енергетског потенцијала неопходно истовремено разматрање више параметара.

Поред енергетских својстава, структура и хемија површине биоугља представљају кључне параметре који одређују могућности његове примене у заштити животне средине. Формирање порозне структуре током пиролизе зависи од разградње органских компоненти и структурних промена преосталог угљеничног материјала. Повећање температуре може допринети развоју порозности, али у одређеним условима може изазвати и смањење специфичне површине услед деформације или блокирања пора. Због

тога не постоји директна зависност између температуре пиролизе и специфичне површине биоугља, већ је неопходно узети у обзир врсту биомасе и њене карактеристике (Tomczyk *и др.*, 2020). Различито понашање биоугљева дувана и парадајза у дисертацији потврђује ова сазнања и указује на значај индивидуалног приступа оптимизацији услова производње.

Присуство полимерних материјала током копиризације додатно усложњава механизме формирања порозне структуре. Производи термичке разградње полимера могу утицати на развој нових пора, али и на смањење њихове доступности услед таложења органских молекула и формирања агломерата. Резултати дисертације показују да је овај утицај изразито зависан од врсте полимера и његовог удела, при чему су у појединим системима остварене повољније текстурне карактеристике, док је у другим дошло до њиховог погоршања. Повезивање резултата BET и SEM анализа омогућило је потпуније сагледавање ових промена и указало на значај структурне хетерогености чврстих остатака добијених копиризацијом.

Адсорпциона својства биоугља одређена су сложеним међусобним утицајем специфичне површине, структуре пора, и присуства површинских функционалних група. Функционалне групе које садрже кисеоник могу учествовати у процесима површинског комплексирања, јонске размене и електростатичких интеракција, док ароматична структура угљеничног материјала може имати значајну улогу у везивању појединих органских једињења (Ahmad *и др.*, 2014; Tap *и др.*, 2015). Резултати FTIR анализе представљени у дисертацији потврђују присуство различитих функционалних група и указују на могућност модификације хемијских својстава површине променом услова пиролизе. Ови налази су значајни јер показују да се потенцијална адсорпциона ефикасност биоугља не може процењивати само на основу његове специфичне површине, већ је неопходно размотрити и хемијску природу активних места на површини материјала.

Уклањање неорганских загађујућих супстанци из водених раствора применом биоугља заснива се на више могућих механизма, укључујући адсорпцију, површинско комплексирање, јонску размену и таложење, при чему процес зависи од особина адсорбенса и воде (Ahmad *и др.*, 2014; Tap *и др.*, 2015). Висока ефикасност уклањања испитиваних елемената применом биоугља парадајза у складу је са литературним сазнањима о потенцијалу угљеничних материјала добијених из биомасе. Посебан значај резултата дисертације представља испитивање утицаја салинитета, будући да присуство растворених соли може изменити интеракције између површине адсорбента и јона у раствору. Уочена ефикасност уклањања у условима различитог салинитета указује на потенцијал примене биоугља у воденим системима различитог хемијског састава, уз потребу за даљим испитивањима механизма уклањања и понашања материјала у реалним отпадним водама. Све већа пажња у научној литератури посвећује се примени биоугља за уклањање органских микрозагађујућих супстанци, нарочито пестицида и фармацеутски активних једињења. Адсорпција ових супстанци може се одвијати посредством различитих механизма, укључујући хидрофобне интеракције, водоничне везе, π - π

интеракције и попуњавање пора, при чему ефикасност процеса зависи од молекулске структуре загађујуће супстанце и својстава биоугља (Tan *и др.*, 2015; Inyang и Dickenson, 2015). Разлике у ефикасности уклањања азоксистробина, сулфаметоксазола и сулфисоксазола уочене у дисертацији потврђују сложеност ових процеса. Истовремено, резултати указују да материјал који показује повољне карактеристике за уклањање једне загађујуће супстанце не мора нужно бити подједнако ефикасан за уклањање других једињења, што наглашава значај избора адсорбенса у зависности од природе загађења.

На основу упоредне анализе може се закључити да су резултати представљени у докторској дисертацији у складу са савременим научним сазнањима о термохемијској конверзији биомасе, али да истовремено доприносе бољем разумевању могућности искоришћења пољопривредног отпада дувана и парадајза. Посебан научни допринос огледа се у приступу који обухвата испитивање утицаја процесних параметара на карактеристике добијених биоугљева, модификацију њихових својстава копиризмом са полимерним отпадом и процену потенцијалне примене у енергетици и заштити животне средине. Овакво повезивање резултата омогућава свеобухватније сагледавање односа између састава полазних сировина, услова термохемијске конверзије и функционалних својстава производа, чиме се ствара основа за даљу оптимизацију процеса и развој одрживих технологија даљег искоришћења отпада.

Литература

1. Adeniyi, A. G., Iwuzor, K. O., Emenike, E. C., Ajala, O. J., Ogunniyi, S., & Muritala, K. B. (2024). Thermochemical co-conversion of biomass-plastic waste to biochar: A review. *Green Chemical Engineering*, 5(1), 31–49. <https://doi.org/10.1016/j.gce.2023.03.002>
2. Ahmad, M., Rajapaksha, A. U., Lim, J. E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: A review. *Chemosphere*, 99, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.071>
3. Bridgwater, A. (2012). Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68–94. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.048>
4. Inyang, M., & Dickenson, E. (2015). The potential role of biochar in the removal of organic and microbial contaminants from potable and reuse water: A review. *Chemosphere*, 134, 232–240. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.072>
5. Tan, X., Liu, Y., Zeng, G., Wang, X., Hu, X., Gu, Y., & Yang, Z. (2015). Application of biochar for the removal of pollutants from aqueous solutions. *Chemosphere*, 125, 70–85. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.12.058>
6. Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: Pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 19, 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>

7. Tripathi, M., Sahu, J. N., & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 467–481. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.122>

8. Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D. H., & Zheng, C. (2007). Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, 86(12–13), 1781–1788. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2006.12.013>

Г. Објављени радови и саопштења која чине део докторске дисертације

Из резултата ове докторске дисертације проистекла су два рада. Један је објављен у водећем међународном научном часопису, а други у научном часопису међународног значаја. Такође, објављена су четири саопштења са међународног скупа штампана у изводу и једно саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу.

M21

1. Vukićević, E., Gajica, G., Isailović, J., Jakšić, S., Antić, V., Schwarzbauer, J., & Jovančičević, B. (2026). Co-pyrolysis of plastics and agricultural waste: A strategy for designing biochars with fuel and adsorption potential. *Waste Management & Research the Journal for a Sustainable Circular Economy*, 44(5), 570–582. <https://doi.org/10.1177/0734242x251405969>

M22

1. Vukićević, E., Isailovic, J., Gajica, G., Antic, V., & Jovancicevic, B. (2024). Biochar from agricultural biomass: Green material as an ecological alternative to solid fossil fuels. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 89(6), 907–919. <https://doi.org/10.2298/jsc240126048v>

Саопштења са међународног скупа штампана у изводу (M34)

1. E. Vukićević, D. Savić, J. Isailović, I. Jovančičević, G. Gajica, M. Antić, B. Jovančičević, J. Schwarzbauer, V. Antić. Physicochemical Characterization of Biomass Samples Used for Pyrolysis and Co-Pyrolysis for Pyrolytic Processes. 22nd European Meeting on Environmental Chemistry, Ljubljana, Slovenia, 5-8 December 2022, Book of abstracts, p. 109, ISBN 978-961-297-035-2.

2. E. Vukićević, J. Isailović, D. Savić, I. Jovančičević, G. Gajica, M. Antić, B. Jovančičević, J. Schwarzbauer, V. Antić. Potential of Biochar as Fuel Obtained by Pyrolysis of Agricultural Waste. 233d European Meeting on Environmental Chemistry, Budva, Montenegro, 3-6 December 2023, Book of abstracts, p. 92, ISBN 978-9940-9059-2-7.

3. E. Vukićević, J. Isailović, D. Janjušević, G. Gajica, V. Antić, J. Schwarzbauer, B. Jovančičević. Remediation of water polluted by potentially toxic elements using biochar from corn and tomato. 24th European Meeting on Environmental Chemistry, Alicante, Spain, 26-29 November 2024, Book of Abstracts, p. 191, <https://hdl.handle.net/10045/149821>

4. E. Vukićević, J. Isailović, G. Gajica, V. Antić, M. Antić, J. Schwarzbauer and B. Jovančičević. Solid residue of pyrolysis of agricultural waste as an alternative fossil fuel, YUCOMAT 2024, Herceg Novi, Montenegro, September 2-6, 2024, Programme and the Book of Abstracts, p. 66, ISBN 978-86-919111-9-5.

Саопштења са националног скупа штампана у изводу (M36)

1. E. Vukićević, J. Isailović, D. Savić, I. Jovančičević, G. Gajica, M. Antić, B. Jovančičević, J. Schwarzbauer i V. Antić. Study of the physicochemical properties of biochar produced by pyrolysis of agricultural waste. 9th Symposium Chemistry and Environmental Protection - ENVIROCHEM2023, Kladovo, Serbia, 4-7 June 2023, Book of Abstracts, p. 61-62. ISBN 978-86-7132-082-5.

Д. Провера оригиналности докторске дисертације

На основу увида, Оригиналност докторске дисертације Емилије Н. Симовић је проверена употребом програма iThenticate на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду („Гласник Универзитета у Београду“, бр. 204/18). Резултати провере оригиналности су показали да је степен подударности од 5% настао услед поклапања појединачних општих научних израза, техничких термина, библиографских података, назива институција и методолошких израза. Сваки појединачни извор учествује са мање од 1% преклапања, што указује да нема доминантног извора преузетог текста нити значајног нарушавања оригиналности докторске дисертације. Проценат преклапања је прихватљив и у складу са чланом 9. овог Правилника. Комисија сматра да је докторска дисертација Емилије Н. Симовић оригинална, као и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања.

Ђ. Закључак

На основу прегледа и анализе докторске дисертације кандидаткиње Емилије Н. Симовић, под насловом „Оптимизација пиролизе пољопривредног отпада у циљу добијања биоугља“, Комисија констатује да дисертација представља самостално и научно утемељено истраживање у области примењене хемије и хемије животне средине. Предмет истраживања је актуелан и значајан са становишта развоја одрживих технологија за управљање отпадом, ефикаснијег искоришћења секундарних сировина и производње материјала са потенцијалном применом у енергетици и заштити животне средине.

У оквиру дисертације спроведена су свеобухватна експериментална истраживања процеса пиролизе отпадне биомасе дувана и парадајза, као и копиризације ових сировина са различитим полимерним материјалима, укључујући полиетилен, полипропилен, полистирен и њихову смешу. Применом одговарајућих аналитичких метода испитан је утицај врсте биомасе, температуре процеса, врсте и удела полимера на принос и карактеристике добијених производа. Посебна пажња посвећена је одређивању физичко-хемијских, елементарних, структурних, морфолошких и енергетских својстава биоугљева

и чврстих остатака, као и испитивању њиховог потенцијала за уклањање одабраних загађујућих супстанци из водених раствора. Резултати истраживања показали су да температура пиролизе и хемијски састав полазне биомасе значајно утичу на термичку разградњу и расподелу насталих производа. Утврђено је да повишење температуре са 400 на 500 °C доводи до смањења приноса биоугља, док додатак полимерних материјала током копиризе може значајно изменити састав и својства чврстих остатака. Посебно је показано да присуство одређених полимера доприноси повећању садржаја угљеника, што указује на могућност побољшања појединих карактеристика материјала значајних за њихово енергетско искоришћење. Истовремено, резултати су показали да утицај полимера није једнозначан, већ зависи од врсте биомасе и састава полазне смеше, што наглашава значај оптимизације услова копиризе.

Значајан научни допринос дисертације представља испитивање текстурних и морфолошких карактеристика добијених материјала. Резултати BET, SEM и FTIR анализа показали су да температура пиролизе и додатак полимера утичу на развој порозне структуре, специфичну површину и присуство функционалних група. Утврђено је да се одговарајућим избором полазних сировина и услова термичке обраде могу добити материјали различитих површинских својстава, што је од посебног значаја за њихову потенцијалну адсорпциону примену. Повезивањем резултата различитих аналитичких метода омогућено је свеобухватније разумевање структурних и хемијских промена које се одвијају током пиролизе и копиризе.

Посебна вредност истраживања огледа се у испитивању могућности примене добијених биоугљева за уклањање неорганских и органских загађујућих супстанци из воде. Резултати адсорпционих експеримената показали су високу ефикасност уклањања већине испитиваних метала, као и значајан потенцијал биоугљева дувана и парадајза за уклањање фунгицида азоксистробина и антибиотика сулфаметоксазола и сулфисоксазола. Утврђено је да адсорпциона ефикасност зависи од врсте биоугља, природе загађујуће супстанце и времена контакта. Ови резултати указују на могућност примене биоугља добијеног из пољопривредног отпада као адсорбенса, уз потребу за даљом оптимизацијом и испитивањем у реалним системима. Упоредном анализом резултата кандидаткиње са подацима доступним у научној литератури утврђено је да су добијени резултати у складу са познатим подацима термохемијске конверзије лигноцелулозне биомасе, али да истовремено пружају додатна сазнања о могућностима искоришћења специфичних врста пољопривредног отпада. Научни допринос дисертације огледа се, пре свега, у интегрисаном приступу који обухвата испитивање пиролизе и копиризе, детаљну карактеризацију добијених производа и процену њихове примене. Посебно је значајно што су у оквиру истог истраживања разматрана два правца искоришћења отпадних материјала, производња чврстих горива и добијање адсорбенса за уклањање загађујућих супстанци из воде.

На основу свега наведеног, а у складу са Законом о високом образовању и Статутом Универзитета у Београду – Хемијског факултета, Комисија сматра да су испуњени сви услови за одбрану докторске дисертације и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Хемијског факултета да поднету докторску дисертацију Емилије Н. Симовић, мастер хемичара, под насловом „Оптимизација пиролизе пољопривредног отпада у циљу добијања биоугља“ прихвати и одобри њену одбрану за стицање академског звања доктора хемијских наука.

У Београду, 23.10.2026.

Чланови комисије:

др Владимир Бешкоски, редовни професор, председник Комисије
Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Бранимир Јованчићевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Хемијски факултет

др Гордана Гајица, виши научни сарадник
Универзитет у Београду, Институт за Хемију, Технологију и Металургију