

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Тање Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер.

Одлуком бр. VI/4-9-6.1. од 19.05.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Тање Калиновић под насловом

„МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА БОРА, ЛИПЕ И ЗОВЕ У БИОМОНИТОРИНГУ И ФИТОРЕМЕДИЈАЦИЈИ“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у изради дисертације одвијала се следећом динамиком:

12.11.2015.– Кандидат Тања Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер, пријавила је тему за докторску дисертацију Катедри за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду предложена је Комисија за давање мишљења о научној заснованости предложене теме докторске дисертације.

27.11.2015.–Одлуком број VI/4-3-11.2 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

25.12.2015.–Одлуком број VI/4-4-8.2 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, усвојен је Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме пријављене докторске дисертације.

8.02.2016.–Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело је одлуку под бројем

61206-91/2-16, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације под називом „Могућности коришћења бора, липе и зове у биомониторингу и фиторемедијацији“.

12.05.2016.–На седници Катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, је потврђено да је кандидат Тања Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер, завршила израду докторске дисертације и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду је предложена Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације.

19.05.2016.– Одлуком број VI/4-9-6.1. Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Тање Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер, у саставу: проф. др Снежана Шербула, Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду (ментор); проф. др Миле Димитријевић, Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду (члан); проф. др Бранко Бугарски, Технолошко-металуршки факултет у Београду, Универзитета у Београду (члан); научни саветник др Јасмина Стевановић, Институт за Хемију, Технологију и Металургију, ИХТМ Београд (члан); научни саветник др Радмила Гарић–Груловић, Институт за Хемију, Технологију и Металургију, ИХТМ Београд (члан).

1.1. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Могућности коришћења бора, липе и зове у биомониторингу и фиторемедијацији“ по предмету истраживања припада научној области **техничко-технолошких наука**, односно ужој научној области – **технолошко инжењерство**, за коју је Технички факултет у Бору акредитован.

За ментора докторске дисертације одређена је проф. др Снежана Шербула, ванредни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, која је на основу досад објављених радова компетентна да руководи израдом ове докторске дисертације. Као аутор и коаутор публиковала је 23 рада у часописима са JCR-листе, који су цитирани 250 пута, и 11 рада из категорије M21.

1.2. Биографски подаци о кандидату

Тања Калиновић је рођена 21.10.1984. године у Бору где је завршила основну и средњу школу. Студије хемијске технологије на Техничком факултету у Бору је уписала 2003. године а завршила 2008. године на смеру Инжењерство за заштиту животне средине са просечном оценом 8,48 и оценом 10 на дипломском раду. Исте године је уписала и дипломске академске студије на студијском програму Технолошко инжењерство на матичном факултету. Дипломске академске студије је завршила 08.10.2010. године са оценом 10 на дипломском и просечном оценом 9,83 у току студија, чиме је стекла академски назив дипломирани инжењер технолошког инжењерства–мастер. Докторске академске студије, одсек Технолошко инжењерство је уписала 2010. године на Техничком факултету у Бору.

Од октобра 2008. године Тања Калиновић ради на Техничком факултету у Бору као сарадник у настави, а од 2010. године као асистент. Члан Савета за екологију у Рударско-топионичарском басену Бор, била је од 24.05.2011. године до 27.11.2012. године.

Стечено научно-истраживачко искуство

Током студија активно је учествовала у научно–истраживачком раду у оквиру два пројеката финансираних од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:

1) Пројекат из области интегралних и интердисциплинарних истраживања:

- „Развој нових инкапсулационих и ензимских технологија за производњу биолошки активних супстанци и других компоненти хране у циљу повећања њене конкурентности, квалитета и безбедности“ (број пројекта 46010, подпројекат 7) (2011–2016. год.)

2) Пројекат из области технолошког развоја:

- “Усавршавање технологија експлоатације и прераде руде бакра са мониторингом животне и радне средине у РТБ Бор група” (број пројекта 33038) (2011–2016. год.)

У организацији Друштва Младих истраживача Бор и Основне школе "Душан Радовић" у Бору, као један од представника Техничког факултета у Бору, учествовала је на Сајму Науке „Научни торнадо“, одржаном у Бору, 2012., 2013., и 2014. године. Циљ манифестације је обележавања Светског дана науке и промоција науке младима.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Тање Калиновић под називом: „Могућности коришћења бора, липе и зове у биомониторингу и фиторемедијацији“, написана је у обиму од 131 стране, са 29 табела, 38 слика и 186 литературних цитата, и састављена је од 11 поглавља:

1. Увод;
2. Теоријски део;
3. Преглед досадашњих истраживања;
4. Циљ и значај истраживања;
5. Материјали и методе рада;
6. Резултати и дискусија;
7. Закључак;
8. Литература;
9. Прилози;
10. Биографија;
11. Списак научних радова проистеклих из докторске дисертације.

На почетку дисертације су дати изводи на српском и енглеском језику, а у прилозима потписане изјаве о ауторству, истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације.

По својој форми, садржају, добијеним резултатима и могућностима њихове практичне примене, ова дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У поглављу **Увод** описан је проблем загађења животне средине, и значај мониторинга загађујућих супстанци. Биомониторинг, као једна од метода за утврђивање присуства и праћење кретања загађујућих супстанци у животној средини је дефинисан. Укратко су дефинисане фитостабилизација и фитоекстракција, две најпознатије технике фиторемедијације.

Поглавље **Теоријски део** се састоји из два потпоглавља. У првом потпоглављу су описани принципи интеракција надземних делова биљака и чврстих честица са високим садржајем метала и металоида из ваздуха, са аспекта биомониторинга. Објашњени су механизми депозиције и ресуспензије загађујућих супстанци из ваздуха на/са површини биљака. Наведене су особине биљака које утичу на задржавање честица из ваздуха на њиховој површини. Дат је преглед најчешће коришћених метода за одређивање количине чврстих честица и/или њихових конституената, на површини фолијарних делова биљака. Указано је на особине биљака које су битне за биљке биомониторе, а се заснивају на ефикасном усвајању загађујућих материја у ткивима, због чега се биљке поистовећују са концентраторима аналита или узоркивачима. Дефинисани су главни критеријуми које биљке требају да испуњавају како би се користиле у биомониторингу. Описане су могућности дрвенастих биљака за коришћење у биомониторингу.

У другом потпоглављу су описани принципи интеракција биљака и загађујућих супстанци у земљишту, са аспекта фиторемедијације. Указано је на начине усвајања и транслокације нутријената и загађујућих супстанци у биљкама из земљишта. Наведене су физичко–хемијске особине земљишта, биљака и загађујућих супстанци које утичу на ове процесе. Описани су механизми реаговања биљака на повишене концентрације метала и металоида у земљишту, који се најчешће заснивају на ексклузији и акумулацији/хиперакумулацији. Дефинисани су критеријуми које биљке требају да испуњавају како би се користиле у фитостабилизацији и фитоекстракцији. Указано је да резултати испитивања могућности коришћења биљака у биомониторингу и фиторемедијацији дају битне информације о квалитету животне средине.

У поглављу **Преглед досадашњих истраживања** приказан је број публикованих радова из области науке о животној средини у научној бази Scopus, у чијем фокусу су бор, липа и зова. Дате су концентрације одређених метала и металоида у неопраном и опраном лишћу/иглицама, гранама и корењу испитиваних биљних врста, узоркованим у индустријским, саобраћајним и незагађеним зонама. Истакнуто је који делови биљака садрже највеће концентрације испитиваних елемената. Указано је на могућности коришћења надземних делова бора, липе и зове у одређивању присуства одређених загађујућих супстанци у атмосферској депозицији. Дати су резултати експерименталних истраживања утицаја садржаја одређених загађујућих супстанци у земљишту на садржаје

истих у биљном материјалу. Приказани су постојећи публиковани закључци о погодности коришћења бора, липе и зове у биомониторингу и фиторемедијацији.

Поглавље **Основне хипотезе и циљ рада** садржи дефинисане циљеве и предложене хипотезе докторске дисертације. Истраживања спроведена у оквиру ове докторске дисертације, су усмерена на испитивање могућности коришћења лишћа/иглица, грана и корења у оцени загађења земљишта и ваздуха алуминијумом, гвожђем, багром, цинком, оловом, никлом, арсеном и кадмијумом. Посебна пажња је усмерена на утврђивање присуства и праћење нивоа загађења ваздуха, лишћем бора, липе и зове. Истраживања су усмерена и на нивое испитиваних елемената у земљишту, што је веома битан фактор при дефинисању биљне врсте која се може користити у фитоекстракцији и фитостабилизацији. Испуњење постављених циљева и хипотеза има значаја у науци о животној средини, и развоју економски исплативих и еколошки безбедних биоматеријала.

У поглављу **Материјали и методе рада** дат је опис испитиваног подручја кратким освртом на рударске и металуршке активности у Бору и околини, и загађење ваздуха у околини топионице бакра, површинских копова, одлагалишта раскривке и флотацијских јаловишта. Наведени су критеријуми према којима су дефинисане зоне узорковања биљног материјала и земљишта, и описана су места узорковања у оквиру сваке зоне. Дати су критеријуми према којима су изабране биљне врсте за истраживање. Описан је начин узорковања биљног материјала и земљишта, припреме узорака за физичко–хемијску анализу, одређивања садржаја органских материја у земљишту, одређивања активне и потенцијалне киселости земљишта, поступак дигестије и начин одређивања концентрација испитиваних елемената у узорцима. У оквиру овог поглавља су дате и методе обраде података.

Поглавље **Резултати и дискусија** састоји се од четири потпоглавља. У првом потпоглављу приказани су подаци везани за киселост земљишта и садржај органских материја у земљишту бора, липе и зове, а на основу тога је извршена класификација земљишта. Дате су концентрације алуминијума, гвожђа, бакра, цинка, олова, никла, арсена и кадмијума у земљишту испитиваних биљних врста. Упоредивањем добијених садржаја са законом дефинисаним граничним вредностима, оцењено је загађење земљишта испитиваним елементима. Дефинисане су зоне са највећим концентрацијама испитиваних елемената у земљишту. Дате вредности Фактора обогаћења омогућиле су утврђивање повећаног садржаја елемената у земљишту са одређеног места узорковања у односу на незагађену зону. Одређени су елементи са највећим вредностима Фактора обогаћења у земљишту бора, липе и зове. Преко Спирманових коефицијената корелације приказана је веза садржаја испитиваних елемената у земљишту и рН вредности, односно садржаја органских материја у земљишту. На исти начин је дата међусобна веза испитиваних елемената у земљишту.

У другом потпоглављу су дати резултати испитивања могућности коришћења неопраног и опраног лишћа, грана и корења бора, липе и зове у биомониторингу испитиваних метала и металоида. У оквиру тога је одређена биљна врста која у својим деловима садржи највеће концентрације сваког испитиваног елемента, које концентрације елемената у испитиваним деловима зависе од близине топионице бакра, које вредности Фактора

обогаћења указују на повећане садржаје елемената у деловима биљака са одређеног места узорковања у односу на садржаје елемената у деловима из незагађене области, и прекомерни садржај елемената у биљном материјалу. Садржај елемената лишћу, гранама и корењу бора, липе и зове из области Бора и околине, су упоређиване са литературним подацима. Такође је утврђено да ли лишће бора, липе и зове има могућности за коришћење у утврђивању присуства и праћењу нивоа загађења ваздуха испитиваним елементима. У оквиру овог потпоглавља су одређени елементи са највећим вредностима Фактора обогаћења у неопраном и опраном лишћу, гранама и корењу. Спирмановим коефицијентима корелације дефинисана је међусобна веза елемената у испитиваним деловима биљака.

У трећем потпоглављу је одређен део бора, липе и зове са најмањим, односно највећим садржајем сваког испитиваног елемента појединачно, у свим зонама. Ови резултати су се даље користили и за испитивање акумулације и транслокације елемената у биљкама.

У четвртом потпоглављу су на основу Биоакумулационог фактора за корен и лист одређени интезитети апсорпције елемената у корен и лист из земљишта, а на основу вредности Транслокационог фактора је дефинисан интезитет транслокације елемената из корена у лист бора, липе и зове. На основу добијених резултата, дефинисано је на којим местима је транслокација из корена у лист ефикасна, у зависности садржаја елемената у земљишту. То је допринело сазнању о механизмима адаптације бора, липе и зове на специфичне услове средине у којој ове биљне врсте расту. Базирајући се на критеријума за дефинисање биљака које се могу користити у фитоекстракцији и фитостабилизацији, оцењено је која од испитиваних биљних врста може да се користи у фиторемедијацији.

У поглављу **Закључак** кандидат је на три стране текста, изнео закључке изведене на основу резултата добијених истраживањима у оквиру докторске дисертације. Лишће и гране бора, липе и зове у поређењу са корењем, су ефикаснији у утврђивању квалитета животне средине. Лист бора, липе и зове указује на загађење животне средине супстанцама са високим садржајем Fe, Cu, Pb, As, Cd и Zn (само лист липе). Грана испитиваних биљака указује на загађење са високим садржајем Cu, Pb и As, при чему је грана бора и зове адекватна и у случају Fe, а грана липе и у случају Zn. Cu, Zn и As као загађујуће материје у земљишту могу се препознати путем корена липе и зове, а Fe само преко корена липе. Корен бора није адекватан за испитивање загађења земљишта. Утврђено је да је лист липе и зове, а посебно зове у односу на иглице бора, погоднији за утврђивање присуства свих испитиваних елемената (осим Ni) у атмосферској депозицији, као и за утврђивање квалитета ваздуха. Анализом концентрација испитиваних елемената, биоакумулационих и транслокационих фактора, утврђено је да бор, липа и зова имају могућности адаптације, користећи различите механизме у зависности од услова средине. Једино липа има могућности да се користи у фитостабилизацији, и то Cu, Zn и Cd, у специфичним условима средине, и у условима повећаних концентрација ових елемената у земљишту. Потврђено је да су топионица бакра и флотацијска јаловишта у Бору, доминантни емитери загађујућих супстанци. Резултати испитивања биљног материјала и земљишта указују да су Cu, Pb, As и Cd главне загађујуће материје у испитivanoј области. Резултати ове докторске дисертације представљају допринос актуелним испитивањима у области биомониторинга и фиторемедијације, указујући да се делови бора, липе и зове могу користити у те сврхе као економски исплатива и еколошки оправдана средства.

Добијени закључци такође указују на опасност од уласка испитиваних опасних и канцерогених материја у ланац исхране.

Литература – у осмом поглављу, дата је коришћена литература која обухвата 186 релевантних литературних извора цитираних у тексту дисертације.

На крају дисертације дати су прилози (поглавље 9), кратка биографија кандидата (поглавље 10) и објављени радови проистекли из докторске дисертације (поглавље 11).

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Присуство загађујућих супстанци у животној средини утиче на еколошку стабилност, и нарушава природну равнотежу у основним животним ресурсима, што у данашње време заузима посебну пажњу, када је у питању ефекат на здравље људи. Зато су веома важна истраживања везана за детектовање, праћење и смањење ефеката загађења применом „зелених технологија“, које се заснивају на обновљивим, еколошки безбедним и економски исплативим ресурсима.

Биомониторинг загађења ваздуха сматра се комплементарном методом постојећим класичним инструменталним методама, иако још увек не постоје законски прописане процедуре за његово спровођење. Због тога је развој и усавршавање биомониторинга, предмет интересовања многих научника. У фокусу истраживања су биљне врсте које су специфичне за одређено географско и климатско подручје, што константно проширује знања о ефикасности и погодности коришћења одређених биљних врста у оцени квалитета животне средине.

Површина плодних и обрадивих земљишта се драстично смањује током времена на светском нивоу. Експлоатација рудних лежишта, емисије метала, металоида и органских материја у виду гасовитих, течних и чврстих супстанци из индустријских процеса, доприносе погоршању тог проблема. Испитивања могућности коришћења бора, липе и зове у фиторемедијацији земљишта са високим садржајем токсичних и канцерогених супстанци, су зато у складу са развојем и унапређењем нових метода за спречавање дистрибуције ових супстанци у животној средини а тиме и побољшање квалитета земљишта.

У овој дисертацији је осим биомониторинга и фиторемедијације, сагледан и аспект акумулације и транслокације одређених метала и металоида у биљним врстама које се користе у лековите сврхе.

Може се рећи да истраживања из оквира ове докторске дисертације представљају оригиналан приступ проблематици детекције и праћења загађујућих супстанци у околини рударских и металуршких постројења за добијање бакра, и да су у складу са актуелним проблемима из области ремедијације земљишта.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У литературном прегледу докторске дисертације наведена су 186 литературна навода, који су омогућили да се сагледа и прикаже стање у областима везаним за тему доктората.

Већина навода је новијег датума и представља радове објављене у врхунским међународним часописима, што указује на актуелност теме докторске дисертације. Експериментални подаци других аутора приказани у литературном прегледу су анализирани и поређени са резултатима које је кандидат добио у свом експерименталном раду. Из пописа литературе која је коришћена у дисертацији, уочава се познавање предметне области истраживања, као и познавање актуелног стања истраживања у овој области у свету.

У наставку овог извештаја су, у том смислу, наведени најзначајнији радови коришћени и цитирани у дисертацији:

- Bertolotti G., Gialanella S., Review: use of conifer needles as passive samplers of inorganic pollutants in air quality monitoring. *Anal. Methods*, 6 (2014) 6208–6222.
- Favas P. J. C., Pratas J., Prasad M. N. V., Temporal variation in the arsenic and metal accumulation in the maritime pine tree grown on contaminated soils. *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, 10 (2013) 809–826.
- Górecki T., Namieśnik J., Passive sampling. *Trends in analytical chemistry*, 21(4) (2002) 276–291.
- Hunt A. J., Anderson C. W.N., Bruce N., Garcia A. M., Graedel T. E., Hodson M., Meech J. A., Nassar N. T., Parker H. L., Rylott E. L., Sotiriou K., Zhang Q., Clark J. H., Phytoextraction as a tool for green chemistry. *Green Process Synth*, 3 (2014) 3–22.
- Kabata-Pendias A., Trace Elements in Soils and Plants. fourth ed. Boca Raton, Florida, (2011).
- Kvesitadze G., Khatisashvili G., Sadunishvili T., Ramsden J. J., Biochemical Mechanisms of Detoxification in Higher Plants. Springer, Verlag, (2006).
- Maré M., Tobiszewski M., Zabiegała B., de la Guardia M., Jacek N., Current air quality analytics and monitoring: A review. *Analytica Chimica Acta*, 853 (2015) 116–126.
- Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H. G., Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment, in: Markert B. A., Breure A. M., Zechmeister H. G. (Eds.), Trace Metals and other Contaminants in the Environment. Elsevier, (2003) 3–21.
- Padmavathamma P. K., Li L. Y., Phytoremediation Technology: Hyper-accumulation Metals in Plants, *Water Air Soil Pollut*, 184 (2007) 105–126.
- Pulford I. D., Watson C., Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees—a review. *Environment International*, 29 (2003) 529–540.
- Radmacher P., Atmospheric Heavy Metals and Forest Ecosystems. Work report of the Institute for World Forestry 2003/12, Institute for World Forestry, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products. Hamburg, September (2003).
- Sánchez-López A. S., Carrillo-González R., González-Chávez M. del C. A., Rosas-Saito G. H., Vangronsveld J., Phytobarrriers: Plants capture particles containing potentially toxic elements originating from mine tailings in semiarid regions. *Environmental Pollution*, 205 (2015) 33–42.
- Singh S. N., Verma A., Phytoremediation of Air Pollutants: A Review, in: Singh S. N., Tripathi R. D. (Eds.), Environmental Bioremediation Technologies. Springer-Verlag, Berlin, (2007) 293–314.
- Stankovic S., Kalaba P., Stankovic A. R., Biota as toxic metal indicators, *Environ Chem Lett*, 12 (2014) 63–84.

- Tangahu B. V., Abdullah S. R. S., Basri H., Idris M., Anuar N., Mukhlisin M., A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation. International Journal of Chemical Engineering, (2011), doi:10.1155/2011/939161.
- Wolterbeek B., Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. Environmental Pollution, 120 (2002) 11–21.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживање је реализовано применом метода које су се показале као адекватне за испитивања у оквиру теме докторске дисертације. За реализацију циљева истраживања и потврђивање постављених хипотеза користиле су се методе: 1) узорковања биљног материјала и земљишта; 2) припреме узорака биљног материјала и земљишта за физичко–хемијске анализе (прање, сушење, уситњавање, растварање); 3) одређивања физичко–хемијских особина земљишта; 4) одређивања садржаја одређених елемената у биљном материјалу и земљишту; 5) обраде добијених резултата.

Узорковање је спроведено у складу са научно дефинисаним критеријумима за избор локација и биљних врста, и начин узорковања. Величина и формирање узорака је извршено на начине који су дефинисани и препоручени у литератури из ове области истраживања.

Током припреме узорака за физичко–хемијске анализе, узорци су класификовани, сушени, просејани и млевени. Одређени делови биљног материјала су опрани. Земљиште је сејано ситима отвора 2 mm. Млевење биљног материјала је спроведено у електричном млину за зачине од нерђајућег челика, а земљишта у вибрационом млину са прстеновима (SIEBTECHNIK). У току млевења, млинови су чишћени како не би дошло до контаминације узорака.

Органске материје у земљишту одређене су гравиметријски, методом жарења. Активна и потенцијална киселост земљишта одређене су према ISO стандарду 10390:2005, у суспензији земљишта у води, и земљишта у KCl у размери 1:5 (запремински удео). Вредност рН мерена је претходно калибрисаним рН–метром са стакленом електродом (EUTECH).

Микроталасна дигестија узорака биљног материјала и земљишта је спроведена према методама US EPA. Дигестија узорака земљишта изведена је у MARS5 (CEM) уређају, а биљног материјала у ETHOS One (Milestone, Italy) уређају под контролисаним условима.

Концентрације Al, Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, As и Cd у биљном материјалу и земљишту одређиване су на атомском емисионом спектрометру са индуковано спрегнутом плазмом, са радијалним и аксијалним посматрањем плазме, (*Atomic Emission Spectrometer with dual view simultaneous Inductively coupled plasma, ICP-AES*) произвођача SPECTRO модел Blue. Подаци у оквиру ове докторске дисертације, анализирани су по критеријумима и моделима који су коришћени у научним радовима из области биомониторинга и фиторемедијације. Резултати су анализирани методама непараметарске статистике.

Примењене методе у овој докторској дисертацији су адекватне за дату врсту истраживања и користе се у истраживањима објављеним у најновијим публикацијама у часописима са импакт фактором.

3.4. Применљивост остварених резултата

На основу прегледа до сада објављених експерименталних података и резултата приказаних у оквиру дисертације, остварен је значајан допринос у овој области. Резултати и закључци изнети у дисертацији, потврда су могућности примене бора, липе и зове у бимониторингу загађења ваздуха али и целокупне животне средине. Остварени резултати највећу примену могу имати у случају угрожених области загађујућим супстанцама са високим садржајем бакра, цинка, олова, арсена и кадмијума. Добијени резултати испитивања могућности коришћења липе у фиторемедијацији, могу бити примењени за фитостабилизацију Cu, Zn и Cd, у специфичним условима средине, и у условима повећаних концентрација ових елемената у земљишту. Применом метода коришћених у овом истраживању, могуће је оценити и могућност уласка испитиваних метала и металоида у ланац исхране.

Како су резултати до којих је дошао кандидат практични и применљиви, могуће је кроз даљи рад на описаној проблематици утврдити које се још биљне врсте са испитиваног подручја могу користити у биомониторингу. Такође се може радити на развоју и побољшању могућности коришћења испитиваних биљних врста у фиторемедијацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, проистекли публиковани научни радови и учешће у реализацији научно-истраживачких пројеката указују на способност кандидата Тање Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер, за самостални научни рад, као и за активно учешће у тимском раду. Кандидат је током израде дисертације у потпуности овладао методологијом научно–истраживачког рада.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације остварен је значајан научни допринос у области примене дрвенастих биљних врста у биомониторингу и фиторемедијацији. Научни значај ове дисертације се састоји у следећем:

- Испитивањем биљног материјала бора, липе и зове узоркованим у областима са великим загађењем земљишта и ваздуха, одређено је која биљна врста у лишћу, гранама и корењу има већу способност акумулације одређених метала и металоида.
- Дефинисано је која биљна врста има већу способност задржавања метала и металоида из ваздуха на свом лишћу/иглицама.
- Утврђено је која биљна врста има већу могућност да укаже на загађење животне средине елементима као што су Al, Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, As и Cd.
- Одредила се могућност бора, липе и зове за употребу у биомониторингу.
- Нивои метала и металоида у биљном материјалу узоркованом на различитим удаљеностима од доминантног извора загађења, допринели су сазнањима о

границама трансмисије загађења пореклом из топионице бакра и рударских јаловишта.

- Физичко-хемијским карактеристикама ризосфере испитиваних биљака, дефинисан је ниво транспорта материја из околине јаловишта и пиromеталуршких процеса.
- Дефинисана је ефикасност усвајања испитиваних елемената у корен и лист из земљишта, као и ефикасност транслокације из корена у лист.
- Према критеријумима за испитивање способности биљака да усвајају и транслоцирају метале и металоиде из земљишта, дефинисано је која биљна врста може да се користи у фитостабилизацији или фитоекстракцији.

Резултати ове докторске дисертације имају значајан допринос у науци о животној средини, зато што фиторемедијација и биомониторинг спадају у „зелене технологије“ у којима биљке представљају економски оправдане ресурсе.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Постављени циљеви и задаци истраживања у дисертацији остварени су у потпуности. Добијени резултати експерименталног истраживања обезбеђују додатне и нове корисне информације везане за проблематику детекције и праћења, као и дистрибуције загађујућих супстанци у животној средини. Ово је значајно, зато што у литератури нема, или је врло мало доступних резултата истраживања у чијем су фокусу бор, липа и зова из области загађених емисијом из топионице бакра. Испитивања су свеобухватнија у односу на постојећа зато што су истовремено испитивани како подземни тако и надземни делови биљака, и загађење пореклом из земљишта и ваздуха, што је допринело поузданијем тумачењу резултата.

Добијени резултати представљају значајан допринос актуелним испитивањима у области биомониторинга, фиторемедијације и дистрибуције загађујућих супстанци од земљишта и ваздуха до биљака.

4.3. Верификација научних доприноса

У току истраживачког рада у области теме докторске дисертације научни допринос је верификован кроз публикације у научним часописима и радовима саопштеним на конференцијама.

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. **Kalinovic T. S., Serbula S. M., Radojevic A. A.; Kalinovic J. V., Steharnik M. M., Petrovic J. V., Elder, linden and pine biomonitring ability of pollution emitted from the copper smelter and the tailings ponds, Geoderma, 262 (2016) 266-275.**
(IF (2014)=3,524 (Soil science 3/34))
(ISSN: 0016-7061)
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706115300562>

2. Serbula S. M., **Kalinovic T. S.**, Ilic A. A., Kalinovic J. V., Steharnik M. M.; Assessment of airborne heavy metal pollution using Pinus spp. and Tilia spp., *Aerosol and Air Quality Research*, 13 (2) (2013) 563-573.
(IF(2011)=2,827 (Environmental Sciences 43/205))
(ISSN: 1680-8584 (print); **ISSN: 2071-1409 (electronic)**)
http://aaqr.org/VOL13_No2_April2013/13_AAQR-12-06-OA-0153_563-573.pdf
3. Serbula S. M., Radojevic A. A., Kalinovic J. V., **Kalinovic T. S.**: *Indication of airborne pollution by birch and spruce in the vicinity of copper smelter*, *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (19) (2014) 11510-11520.
(IF(2013)=2,951 (Environmental Sciences 57/216))
(ISSN: 0944-1344 (print); **ISSN: 1614-7499 (electronic)**)
<http://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-3120-4#page-2>

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Serbula S. M., **Kalinovic T. S.**, Kalinovic J. V., Ilic A. A.: *Exceedance of air quality standards resulting from pyro-metallurgical production of copper: a case study, Bor (Eastern Serbia)*, *Environmental earth sciences*, 68 (7) (2013) 1989-1998.
(IF(2013)=1,750 (Geosciences, Multidisciplinary 83/174))
(ISSN: 1866-6280(print); ISSN: 1866-6299(electronic))
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-012-1886-6#page-1>
2. Snezana M. Serbula, Ana A. Ilic, Jelena V. Kalinovic, **Tanja S. Kalinovic**, Nevenka B. Petrovic, *Assessment of air pollution originating from copper smelter in Bor (Serbia)*, *Environmental Earth Sciences*, Vol 71, 2014, pp.1651-1661, DOI: 10.1007/s12665-013-2569-7
(IF(2014)=1,765 (Geosciences, Multidisciplinary 74/175))
ISSN:1866-6280(print),ISSN:1866-6299(electronic)
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12665-013-2569-7#page-1>

Рад у међународном часопису (M23)

1. S. Šerbula, V. Stanković, D. Živković, Ž. Kamberović, M. Gorgievski, **T. Kalinović**: *Characteristics of Wastewater Streams within the Bor Copper Mine and their Influence on Pollution of the Timok River, Serbia*, *Mine Water and the Environment*, Vol. 32, No. 104, 2016, pp. 1-6,
[IF(2014) =1,206 (Water Resources 48/83)]
ISSN 1025-9112
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10230-016-0392-6>
2. Snežana M. Šerbula, Dragana T. Živković, Ana A. Radojević, **Tanja S. Kalinović**, Jelena V. Kalinović, *Emission of SO₂ And SO₄²⁻ from Copper Smelter and its Influence on the Level of Total S in Soil and Moss in Bor and the Surroundings*, *Hemijaska industrija*, Vol 69, No 1, 2015, pp. 51–58, DOI:10.2298/HEMIND131003018S
(IF(2013)=0,562 (Engineering, Chemical 103/133))
ISSN 0367-598X (Print) ISSN 2217-7426 (Online)
<http://www.ache.org.rs/HI/index2.htm>

Рад у водећем часопису националног значаја (M51)

1. Kalinovic J. V., Serbula S. M., Ilic A. A., **Kalinovic T. S.**, Petrovic J. V.: *Content of metals and metalloids in soil sampled in Bor and its surroundings (Eastern Serbia)*, Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 17(1) (2013) 121-124.
(ISSN 2303-4009 (online))
Edited by: S.Ekinović; J.Vivancos; S. Yalcin.
Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013Journal/028-TMT13-033.pdf>
2. **Kalinovic T. S.**, Serbula S. M., Kalinovic J. V., Ilic A. A.: *Influence of airborne sulphur dioxide on total S concentrations in linden and pine*. Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 17(1) (2013) 117-120.
(ISSN 2303-4009 (online))
Edited by: S.Ekinović; J.Vivancos; S. Yalcin.
Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013Journal/027-TMT13-032.pdf>
3. Ilic A., Serbula S. M., Kalinovic J. V., **Kalinovic T. S.**, Ilic M. J.: *The level of sulphur dioxide in the atmosphere of Bor (Eastern Serbia)*, Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 17(1) (2013) 113-116.
(ISSN 2303-4009 (online))
Edited by: S.Ekinović; J.Vivancos; S. Yalcin.
Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013Journal/026-TMT13-031.pdf>
4. Serbula Snezana M., **Kalinovic Tanja S.**, Ilic Ana A., Kalinovic Jelena V. Assessment of air pollution using plant material, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 16 (1) (2012) pp. 151-154
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013Journal/026-TMT13-031.pdf>

Монографије (M13)

1. Serbula S. M., **Kalinovic T. S.**, Ilic A. A., Kalinovic J. V., Bugarski B. M., The Impact of Air Pollution from the Mining-Metallurgical Complex on the Content of Total Sulfur in Plant Material and Soil, **chapter** in *Air Quality: Environmental Indicators, Monitoring and Health Implications*, Editors: Arthur Hermans; Nova Science Publishers, US, New York. (2013), pp. 73-98
(ISBN: 978-1-62808-259-3).
https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=38905
2. Serbula S. M., Alagić S. Č., Ilić A., **Kalinović T. S.**, Strojčić J. V. (2012). Particulate Matter Originated From Mining-Metallurgical Processes in *Particulate Matter: Sources*,

Emission Rates and Health Effects. Editors: Henrik Knudsen and Rasmussen, New York, Nova Science Publishers US, Chapter 4. pp. 91-116

(ISBN: 978-1-61470-948-0)

https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=22070

Радови саопштени на међународним скуповима штампани у целини (M33)

1. Šerbula S., Dolić N., Manasijević S., **Kalinović T.**, Ljubomirović M.: Atmospheric deposition in the surroundings of open pits and flotation tailings, International conference of materials International conference of materials, tribology, recycling MATRIB 2014; Proceedings of conference, Editors: S. Šolić; M. M. Štajduhar, Vela Lula, Hrvatska, 26-28.06.2014, pp. 526-541; (ISSN: 1848-5340).
<http://bib.irb.hr/prikazi-rad?rad=702835>
2. Snezana M. Serbula, N.N. Mijatovic, A.A. Radojevic, **T.S. Kalinovic**, J.V. Kalinovic, R. Kovacevic, Dandelion as an environmental bioindicator in the bor region, XXII International Conference "Ecological Truth" Eco-Ist'14, Proceedings, Edited by: Radoje V. Pantovic, Zoran S. Markovic, Bor, Serbia, 10-13 June 2014, Publisher: University of Belgrade-Technical Faculty in Bor, Bor, 161-167 (ISBN: 978-86-6305-021-1).
3. Kalinovic J. V., Serbula S. M., Radojevic A. A., **Kalinovic T. S.**, Manasijevic S., Dolic N.: *Heavy metals and total sulphur content in vegetables collected in the Bor region (Serbia)*, XXII International Conference "Ecological Truth" Eco-Ist'14, Proceedings, Edited by: R. V. Pantovic, Z. S. Markovic, Bor, Serbia, 10-13 June 2014, Publisher: University of Belgrade-Technical Faculty in Bor, Bor, pp. 154-159 (ISBN: 978-86-6305-021-1).
http://www.eco-ist.rs/Proceedings_EcoIst14_0.pdf
4. Kalinovic J. V., Serbula S. M., Ilic A. A., **Kalinovic T. S.**, Petrovic J.: *Content of Metals and Metalloids in Soil Sampled in Bor and its Surroundings (Eastern Serbia)*, 17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2013 Proceedings, Editors: S. Ekinović, J. Vivancos, S. Yalcin, Istanbul, Turkey, 10-11 September 2013, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 273-276 (ISSN: 1840-4944).
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013/069-TMT13-033.pdf>
5. **Tanja S. Kalinovic**, Snezana M. Serbula, Jelena V. Kalinovic, Ana A. Ilic, Influence of Airborne Sulphur Dioxide on Total S Concentrations in Linden and Pine, 17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2013 Proceedings, Editors: S. Ekinović, J. Vivancos, S. Yalcin, Istanbul, Turkey, 10-11 September 2013, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 269-272 (ISSN: 1840-4944).
6. Ilic A., Serbula S., **Kalinovic T.**, Kalinovic J., Ilic M.: *Correlation of sulphur dioxide and particulate matter with meteorological factors*, 45th International October

Conference on Mining and Metallurgy, IOC 2013 Proceedings, Editors: N. Štrbac, D. Živković, S. Nestorović, Bor, Serbia, 16-19 October 2013, Publisher: University of Belgrade, Technical Faculty in Bor and Mining and Metallurgy Institute Bor, pp. 69-72 (ISBN: 978-86-6305-012-9).

<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2012/085-TMT12-047.pdf>

7. S. Šerbula, D. Živković, A. Ilić, **T. Kalinović**, J. Kalinović, The Impact of Air Pollution From the Mining-Metallurgical Complex on the Content of Total Sulphur in Soil and Moss, 13th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE – IFC 2013, May 16-17, 2013, Opatija, Croatia, PROCEEDINGS BOOK 386-394 (ISBN: 978-953-7082-15-4)
<http://www.simet.hr/~foundry/>
8. Ilić A. A., Šerbula S. M., Kalinović J. V., **Kalinović T. S.**, Ilić M. J.: *The Level of Sulphur Dioxide in the Atmosphere of Bor (Eastern Serbia)*, 17th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2013 Proceedings, Editors: S. Ekinović, J. Vivancos, S. Yalcin, Istanbul, Turkey, 10-11 September 2013, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 265-268 (ISSN: 1840-4944).
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2013/067-TMT13-031.pdf>
9. Snezana M. Šerbula, **Tanja S. Kalinović**, Ana A. Ilić, Jelena V. Kalinović, Assessment of air pollution using plant material, International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2012 Proceedings, Editors: S. Ekinović, S. Yalcin, J. Vivancos, Dubai, UAE, 10-12 September 2012, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 371-374 (ISBN: 1840-4944).
10. Ilić A. A., Šerbula S. M., Kalinović J. V., **Kalinović T. S.**: *Biomonitoring of heavy metal pollution near copper smelter in Bor (Serbia) using acacia*, 16th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2012 Proceedings, Editors: S. Ekinović, S. Yalcin, J. Vivancos, Dubai, UAE, 10-12 September 2012, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 363-366 (ISBN: 1840-4944).
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2012/085-TMT12-047.pdf>
11. **Kalinović T. S.**, Petrović N., Šerbula S. M., Kalinović J. V., Ilić A. A.: *Effects of air pollution on heavy metal content in linden and pine*, 44th International Conference on Mining and Metallurgy, IOC 2012 Proceedings, Editors: Ana Kostov, Milenko Ljubojev, Bor, Serbia, 1st to 3rd October 2012, Publisher: University of Belgrade, Technical Faculty in Bor and Mining and Metallurgy Institute Bor, pp. 705-708 (ISBN: 978-86-7827-042-0).
12. Ilić A. A., Steharnik M. M., Šerbula S. M., Kalinović J. V., **Kalinović T. S.**: *The content of total sulphur in plant material and soil of birch and spruce in Bor and*

surroundings, 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, IOC 2012 Proceedings, Editors: Ana Kostov, Milenko Ljubojev, Bor, Serbia, 1st to 3rd October 2012, Publisher: University of Belgrade, Technical Faculty in Bor and Mining and Metallurgy Institute Bor, pp. 709-712 (ISBN: 978-86-7827-042-0).

13. Snežana M. Šerbula, **Tanja S. Kalinović**, Jasmina Stevanović, Jelena V. Strojčić, Ana A. Ilić, Hazardous materials in a mining-metallurgical production process, 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011 Proceedings, Editors: Dr. Sabahudin Ekinović, Dr. Joan Vivancos Calvet, Dr. Emin Tacer, Prague, Czech Republic, 12-18 September 2011, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 841-844 (ISSN: 1840-4944).
14. Kalinovic J. V., Šerbula S. M., **Kalinovic T. S.**, Ilic A. A.: *Content of heavy metals and sulphur in fruits sampled in vicinity of mining-metallurgical complex*, 16th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2012 Proceedings, Editors: S. Ekinović, S. Yalcin, J. Vivancos, Dubai, UAE, 10-12 September 2012, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 367-370 (ISBN: 1840-4944).
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2012/086-TMT12-048.pdf>
15. Alagić S., Šerbula S., Ilić A., **Kalinović T.**, Strojčić J.: *Heavy metal content in particulate matter originated from mining-metallurgical processes in Bor*, (2011), The 43rd International October Conference on Mining and Metallurgy, IOC 2011 Proceedings, Editors: D. Marković, D. Živković, S. Nestorović, Kladovo, Serbia, 12-15 October 2011, Publisher: University of Belgrade - Technical Faculty in Bor and Mining and Metallurgy Institute Bor, pp. 711-721 (ISBN: 978-86-80987-87-3).
16. Ilić A. A., Šerbula S. M., Manžalović M. Ž., Strojčić J. V., **Kalinović T. S.**: *Zone distribution of atmospheric arsenic*, 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011 Proceedings, Editors: S. Ekinović, J. V. Calvet, E. Tacer, Prague, Czech Republic, 12-18 September 2011, Publisher: Faculty of Mechanical Engineering in Zenica, Fakultetska 1, Zenica, B&H, pp. 837-840 (ISSN: 1840-4944).
<http://www.tmt.unze.ba/zbornik/TMT2011/201-TMT11-026.pdf>

Радови саопштени на међународним скуповима штампани у изводу (M34)

1. S. Šerbula, D. Živković, A. Ilić, **T. Kalinović**, J. Kalinović, The Impact of Air Pollution From the Mining-Metallurgical Complex on the Content of Total Sulphur in Soil and Moss, 13th INTERNATIONAL FOUNDRYMEN CONFERENCE – Innovative Foundry Processes and Materials 2013, May 16-17, 2013, Opatija, Croatia, ABSTRACTS BOOK, 43 (ISBN: 978-953-7082-16-1)
<http://www.simet.hr/~foundry/>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата **Тање Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер**, под насловом „**МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА БОРА, ЛИПЕ И ЗОВЕ У БИОМОНИТОРИНГУ И ФИТОРЕМЕДИЈАЦИЈИ**“ представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос. Дисертација је у сагласности са образложењем у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа Правилник о докторским студијама Универзитета у Београду–Техничког факултета у Бору. У дисертацији кандидата Тање Калиновић, приказани су оригинални резултати који се могу применити и у пракси. На основу прегледане докторске дисертације, као и увида у верификован научни допринос кроз објављене радове у часописима (7 радова у међународном часопису категорије М20), комисија за оцену и одбрану урађене докторске дисертације закључује, да кандидат **Тања Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства-мастер**, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. Такође, комисија закључује да је урађена дисертација написана према стандардима научно-истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду. Стога, комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, да прихвати позитиван реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Тање Калиновић, дипл. инж. технолошког инжењерства–мастер, под називом: „**МОГУЋНОСТИ КОРИШЋЕЊА БОРА, ЛИПЕ И ЗОВЕ У БИОМОНИТОРИНГУ И ФИТОРЕМЕДИЈАЦИЈИ**“, да исти реферат упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, и да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 30.05.2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Снежана Шербула, ванредни професор, *ментор*
Универзитет у Београду, Технички факултет Бор

.....
Др Миле Димитријевић, ванредни професор, *члан*
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

.....
Др Бранко Бугарски, редовни професор, *члан*
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет у
Београду

.....
Др Јасмина Стевановић, научни саветник, *члан*
Институт за Хемију, Технологију и Металургију, ИХТМ Београд

.....
Др Радмила Гарић-Груловић, научни саветник, *члан*
Институт за Хемију, Технологију и Металургију, ИХТМ Београд