

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију 26. марта 2015. Године, Наставно научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none">• председник комисије: Капор др Агнеш, редовни професор, Физика кондензоване материје, 17.11.1992., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду;• ментор: Крмар др Миодраг, редовни професор, Нуклеарна физика, 01.10.2012., Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду;• ментор: Вучинић Васић др Милица, ванредни професор, Физика, 20.12.2012., Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду;• члан: Стојановић др Маја, ванредни професор, Експериментална физика кондензоване материје, 01.07.2013, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду• члан: Ерић др Сузана, ванредни професор, Фундаментална и примењена минералогичка наука, 07.07.2014., Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Александра (Миодраг) Михаиловић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 22.10.1963. године, Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду Основне студије физике, Дипломирани физичар</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија -</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Универзитет у Новом Саду, АЦИМСИ. Инжењерство заштите животне средине, “Просторна расподела загађења градског земљишта Новог Сада оловом из покретних</p>

извора”, Инжењерство заштите животне средине, 03.07.2002. године.

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

Интердисциплинарна област инжењерства заштите животне средине

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Физичке карактеристике земљишта и дистрибуција тешких метала на градском подручју Новог Сада

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод (стр. 1)
2. Општи део (стр. 5)
3. Експериментални део (стр. 59)
4. Резултати и дискусија (стр. 73)
5. Закључак (стр. 141)
- Литература (стр. 145)
- Прилози (стр. 161)

Дисертација је написана на 191 страни, А4 формата, са 53 слике, 37 табела, 267 литературних навода и 6 прилога. На почетку дисертације дат је преглед слика и табела и листа скраћеница коришћених у тексту. Кључна документацијска информација на српском и енглеском језику налази се на крају докторске дисертације, као и кратка биографија кандидата.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У **Уводу** су наведени предмет и циљ истраживања, као и образложење о потребама истраживања. Укратко је описана проблематика загађености земљишта тешким металима и поменути су главни извори ових метала у земљишту. Основни циљ рада био је да се добију релевантни подаци о степену загађености градског земљишта на ужем подручју Новог Сада тешким металима и да се утврди дистрибуција метала на испитиваном подручју. Истакнут је значај испитивања везе између величине честица и концентрација метала. Поменуте су и различите инструменталне технике, као и статистичке методе коришћене при анализи и интерпретацији резултата.

Општи део подељен је на пет главних целина. У првом делу говори се о геохемијском и антропогеном пореклу тешких метала у земљишту и појединачно описују испитивани елементи (8 метала и два радионуклида). Дат је преглед нивоа загађености градских земљишта тешким металима у свету и код нас, са детаљним навођењем литературних података. С обзиром да тешки метали у биосферу доспевају првенствено из атмосфере, описана је и атмосферска депозиција метала са посебним освртом на депозицију путем снежних падавина. У другом делу дефинисани су појмови мобилности и приступачности тешких метала у земљишту и наведени облици везивања метала за састојке земљишта. У трећој целини описује се како физичко-хемијска својства земљишта утичу на дистрибуцију (транспорт) метала у земљишту. У четвртом делу изложене су основне поставке мултиваријационих статистичких метода (анализе груписања и анализе главних компонената). У последњој целини општег дела описана је интерполацијска метода обичног кригинга као једна од најчешће коришћених геостатистичких метода за израду тематских мапа.

У Експерименталном делу који се састоји из пет главних целина дат је опис примењених експерименталних поступака. Структура спроведених експерименталних истраживања приказана је веома јасно и објашњене су све фазе истраживачког рада. После лоцирања места узорковања помоћу GPS система и прикупљања узорака, уследила су лабораторијска испитивања. За анализу узорака снега и земљишта коришћене су савремене експерименталне и нумеричке методе: ИЦП-АЕС атомска емисиона спектроскопија, СЕМ-ЕДС скенирајућа електронска микроскопија, метода дифракције ласерске светлости за одређивање расподеле честица по величинама, дифракција X-зрака на праху, и γ -спектроскопија. Резултати су интерпретирани уз помоћ метода дескриптивне статистике и мултиваријационе анализе, а напредне интерполацијске методе послужиле су за просторну визуелизацију података.

У поглављу **Резултати и дискусија** организованом у четири главне целине, добијени резултати објашњени су на јасан начин. У прва два потпоглавља дати су резултати анализа узорака снежних падавина. Приказан је садржај метала (Al, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Na, Ni, Pb и Zn) у узорцима истопљеног снега и резултати семи-квантитативне анализе честица и расподеле честица по величинама. Непараметарска корелациона анализа изведена је у циљу одређивања повезаности између варијабли у групи испитиваних метала један према другом, као и између параметара дистрибуција величине честица истопљеног снега и рН вредности. Приказани су и резултати хијерархијске и нехијерархијске анализе груписања која је примењена да би се утврдила повезаност између варијабли и локација. У трећој целини приказани су резултати испитивања узорака градског земљишта Новог Сада. Одређена су основна хемијска својства и механички састав земљишта и измерене концентрације метала (As, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn) и њихови приступачни садржаји. За неке узорке извршено је раздвајање честица по величинама у различите фракције. Циљ је био да се утврди како су метали распоређени по фракцијама и да се идентификују минерали у фракцији прах + глина. Контурне мапе просторне расподеле метала у земљишту добијене су коришћењем интерполацијске методе обичног кригинга у циљу одређивања места са високим садржајем укупних метала (*hot-spots*). Примена мултиваријационе статистичке анализе дала је за резултат издвајање метала у две различите групе које потичу из природних/антропогених извора. Закључено је да је саобраћај главни антропогени извор такозваних урбаних метала (Cu, Pb и Zn), што се закључује и на основу њихове просторне расподеле на контурним мапама. Одређене су и активности радионуклида ^{210}Pb и ^{137}Cs и испитана вертикална дистрибуција стабилног и радиоактивног олова у земљишту.

У поглављу **Закључак**, на основу анализираних и продискутованих резултата, концизно и конкретно наводе се главни закључци истраживања који су научно засновани и у потпуности одговарају постављеним циљевима дисертације.

Литература, обухвата 267 референци које у већем броју укључују савремене научне радове страних и домаћих аутора, релевантне уџбенике, научне монографије и докторске дисертације. Цитати су дати на уобичајен и правилан начин, а избор референци је актуелан и примерен изучаваној тематици.

У **Прилозима** су у форми табеларног приказа дате мерење вредности параметара земљишта за све узорке на градском подручју Новог Сада.

На основу изложеног, Комисија **позитивно оцењује** све делове докторске дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

- Vučinić Vasić, M., **Mihailović, A.**, Kozmidis-Luburić, U., Nemeš, T., Ninkov, J., Zeremski-Škorić, T., Antić B., 2012. *Metal contamination of short-term snow cover near urban crossroads: Correlation analysis of metal content and fine particles distribution*. Chemosphere 86, 585-592.
- **Mihailović, A.**, Vučinić Vasić, M., Todorović, N., Hansman, J., Vasin, J., Krmar, M., 2014. *Potential factors affecting accumulation of unsupported ²¹⁰Pb in soil*. Radiation Physics and Chemistry 99, 74-78.

Рад у врхунском међународном часопису (M22)

- **Mihailović, A.**, Budinski-Petković, Lj., Popov, S., Ninkov, J., Vasin, J., Ralević, N.M., Vučinić Vasić, M., 2015. *Spatial distribution of metals in urban soil of Novi Sad, Serbia; GIS based approach*. Journal of Geochemical Exploration 150, 104-114.

Рад у врхунском међународном часопису (M23)

- Mihailović, A., Vučinić Vasić, M., Ninkov, J., Erić, S., Ralević, N.M., Nemeš, T., Antić, A., 2014. *Multivariate analysis of metals content in urban snow near traffic lanes in Novi Sad, Serbia*. Journal of Serbian Chemical Society 79 (2), 265-276.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- Krmar, M., **Mihailović, A.**, Todorović, N., Hansman, J., Vučinić Vasić, M., *Possible factors affecting accumulation of airborne ²¹⁰Pb in urban soil – VII Hungarian radon forum and radon in environment Satellite workshop Veszprém (Hungary)*, 16. – 17. May 2013., <http://rri.vein.hu/conferences/radon/2013/program.html>

Саопштење са домаћег скупа штампано у целини (M63)

- **Mihailović, A.**, Vučinić Vasić, M., Todorović, N., Hansman, J., Krmar, M., *Analiza nekih faktora koji bi mogli uticati na akumulaciju ²¹⁰Pb u zemljištu*, XXVII Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Zbornik radova - Vrnjačka banja 02. – 04. Oktobar 2013., Srbija, ISBN 978-86-7306-115-3, Institut za nuklearne nauke, Vinča/Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore; <http://dzz.org.rs/>

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу спроведених истраживања, кандидат мр Александра Михаиловић извела је следеће закључке:

- За испитане узорке снега –

- Утврђен је низак ниво контаминације снежног покривача испитиваним металима. Може се закључити да отапање снега у околини путева, највероватније услед његовог кратког трајања у нашим климатским условима, не доприноси значајно загађивању земљишта металима, са изузетком Na. Анализе су такође показале да густина саобраћаја није најбитнији нити једини фактор који узрокује варијације у концентрацијама метала у узорцима снега и да се извори метала не могу категорички разлучити.
- Према резултатима PSD анализе (расподеле честица по величинама) за филтриране узорке снега утврђено је да постоји веза између концентрација метала и фракције финих честица. Установљена је позитивна корелација између садржаја појединих метала (Fe, Zn, Al) и параметара расподеле величине честица према запреминском уделу, што показује да су ови елементи сконцентрисани у честицама које заузимају највећи део запремине финих честица.

- За испитане узорке земљишта –

- Од свих испитиваних метала највећа је загађеност земљишта оловом, затим бавром и цинком. Највеће средње вредности удела приступачних садржаја метала такође су забележене за Pb, Cu и Zn, а потом за Ni и Mn. Вредности приступачних садржаја за As, Co и Cr биле су испод границе детекције.
- Анализе укупног садржаја тешких метала у 7 издвојених фракција земљишта, показале су да су метали нехомогено распоређени по различитим фракцијама. Највеће вредности фактора акумулације забележене су за најситнију фракцију. Са еколошког аспекта позитивно је то што су концентрације метала биле најмање у оним фракцијама које су према масеном уделу најзаступљеније.

- Примењене методе мултиваријационе анализе дале су као резултат јасно издвајање метала у две различите групе. Прва група метала (As, Co, Cr, Mn и Ni) има природно (геохемијско) порекло - највероватније из алувијалних депозита у процесима новије педогенезе, а другу групу чине Cu, Pb и Zn који потичу из антропогених извора. Претпоставка да је главни антропогени извор ових метала у земљишту Новог Сада саобраћај, поткрепљена је и њиховом просторном расподелом: на контурним мапама у близини путева уочавају се значајно виши нивои Cu, Pb и Zn.
- Испитивање вертикалне дистрибуције „unsupported” ^{210}Pb и стабилног олова у земљишту показало је да се готово целокупно радиоактивно олово налази у горњем слоју земљишта дубине 10 cm. У слоју земљишта те дубине распоређује се три четвртине стабилног олова а остатак продире и до дубине од 20 cm. Резултат мање дубине продирања за $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ последица је радиоактивног распада овог радионуклида.
- Испитивања понашања радиоактивног олова у земљишту показала су да радиоактивно олово, изузев што корелира са органском материјом, није повезано са другим параметрима земљишта. Како се методе за проучавање ерозије базирају на присуству $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ у горњим слојевима земљишта, веома је значајан податак да адсорпција $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ није условљена присуством других метала у земљишту па чак ни самог олова.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Кандидат **мр Александра Михаиловић** приказала је резултате истраживања на јасан и систематичан начин, у виду табела, слика, графикона и мапа који су у складу са циљевима наведеним у уводном делу докторске дисертације. Резултати су научно оправдани и подржани савременом научном литературом, а дискусија заснована на најновијим научним сазнањима и добром познавању истраживане научне области.

Стога, Комисија **позитивно оцењује** начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци
У оквиру рада на дисертацији детаљно је испитан садржај тешких метала у земљишту на градском подручју Новог Сада површине 4 x 5 km и по први пут представљене тематске мапе просторне дистрибуције концентрација метала земљишту. Израда мапа дистрибуције метала веома је значајна због одређивања места на којима је изразито повећана загађеност земљишта (*hot-spots*). Овај део истраживања представљаће документовану основу за примену превентивних мера у циљу постизања што оптималнијих услова у животној средини. Добијени резултати испитивања понашања радиоактивног олова у земљишту су од великог значаја јер су показали да примена $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$, на пример у процесима ерозије, није условљена другим факторима. Такође по први пут, одређиван је хемијски састав снега на подручју Новог Сад, испитана морфологија честица и њихова расподела по величинама.

Анализом докторске дисертације кандидата **мр Александре Михаиловић**, Комисија је закључила да дисертација садржи све елементе оригиналног научног рада. У овој докторској дисертацији представљени резултати су до сада недоступни у научној литератури, стога она представља оригинални допринос науци.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Недостаци дисертације нису уочени.

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
Полазећи од позитивне оцене докторске дисертације кандидата мр Александре Михаиловић , под називом: <i>„Физичке карактеристике земљишта и дистрибуција тешких метала на градском подручју Новог Сада“</i> , Комисија са задовољством предлаже да се докторска дисертација ПРИХВАТИ , а кандидату ОДОБРИ ОДБРАНА .

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Проф. др Агнеш Капор, редовни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
Председник Комисије

Проф. др Миодраг Крмар, редовни професор,
Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
Ментор – Члан Комисије

Проф. др Милица Вучинић Васић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Ментор – Члан Комисије

Проф. др Маја Стојановић, ванредни професор
Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду
Члан Комисије

Проф. др Сузана Ерић, ванредни професор
Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
Члан Комисије

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.