

ПРИМЉЕНО: 26.05 2021			
Орг. јед.	Број	Прилог	Вредност
DD/6/5			

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ

ОБРАЗАЦ-Д

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
-обавезна садржина-

<p>ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</p> <p>1. Орган који је именовано (изабрао) Комисију и датум: Одлуком Наставно-научног већа Шумарског факултета Универзитета у Београду бр. 01-2/90 од 26.05.2021. године, образована је Комисија за оцену израђене докторске дисертације кандидата маст. инж. Мирјане Тешић, под насловом: <i>Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину</i>.</p> <p>2. Састав Комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан Комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. др Надежда Стојановић, доцент, научна област: Пејзажна архитектура и хортикултура; избор у звање 18.04.2017. године, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, 2. др Милан Кнежевић, редовни професор, научна област: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине; избор у звање 11.06.2003. године, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, 3. др Павле Павловић, научни саветник, научна област: Екологија; избор у звање 05.12.2007. године, Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања <i>Синиша Станковић</i>, Институт од националног значаја за Републику Србију, 4. др Данијела Ђунисијевић-Бојовић, ванредни професор, научна област: Пејзажна архитектура и хортикултура, избор у звање 08.10.2019. године, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, 5. др Јована Петровић, доцент, научна област: Пејзажна архитектура и хортикултура, избор у звање 15.06.2016. године, Универзитет у Београду - Шумарски факултет.
<p>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Мирјана, Михаило, Тешић 2. Датум и место рођења, општина, држава: 27.12.1979., Београд, Звездара, Република Србија 3. Датум одбране, место и назив магистарске тезе/мастер рада: 20.09.2010. Београд – Шумарски факултет Универзитета у Београду, Управљање реконструисаним дрворедима у жез центра Београда 4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука/мастера: Биотехника, Шумарске науке – област Пејзажна архитектура и хортикултура
<p>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: КАРАКТЕРИСТИКЕ УРБАНИХ ЗЕМЉИШТА БЕОГРАДА И ЊИХОВ ЗНАЧАЈ ЗА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Докторска дисертација под насловом <i>Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину</i> садржи укупно 230 страна, од чега је: 215 страна текста и 15 страна литературе. Докторска дисертација садржи 165 табела, 1 карту, 1 слику и 23 графикона. Списак релевантне литературе, везане за област истраживања, садржи 242 литературне референце. На почетку текста докторске дисертације, налазе се кључне документационе информације и резиме, на српском и енглеском језику, са кључним речима.</p> <p>Текст је подељен у 7 поглавља, која су формирана тако да представљају посебне, логички повезане целине:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. УВОД (1-5 стр.) 2. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА (6-15 стр.) 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА (16-32 стр.) 4. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА (33-166 стр.) 5. ДИСКУСИЈА (167-209 стр.) 6. ЗАКЉУЧЦИ (210-215 стр.)

7. ЛИТЕРАТУРА (216-230 стр.)

Иза поглавља *Литература* дата је биографија аутора, као и потребне изјаве кандидата о ауторству, истоветности штампане и дигиталне верзије рада, као и овлашћење о начину коришћења. Дисертација је написана ћиричним писмом, у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду.

У ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације је прецизан и адекватан дефинисаном предмету и циљевима истраживања. Наслов дисертације јасно упућује на тематику и садржај дисертације.

У поглављу **Увод** истакнут је значај процеса урбанизације и индустријализације градова и њиховог утицаја на градску животну средину, а посебно на урбана земљишта. Такође, аутор овде наглашава да су земљишта изразито урбанизованих и индустријализованих подручја изложена непрекидној контаминацији различитим штетним материјама, међу којима су најчешће присутни тешки метали. Ови метали негативно утичу на живе организме, а посебно на здравље људи. Наводи се и да је степен загађења земљишта тешким металима у градовима, антропогеним путем далеко већи од природних средина. Као главне антропогене изворе загађења урбаних средина тешким металима аутор наводи саобраћај и индустријску производњу. С друге стране, истиче се да градске зелене површине (а посебно оне највеће паркови и урбане шуме, али и оне које се налазе непосредно уз саме изворе загађења као што су зелене површине дуж саобраћајница и зелене површине у индустријским зонама) као биолошко-еколошке компоненте урбаних екосистема, директно доприносе побољшању услова градске животне средине. Наводи се и да различите употребе урбаног земљишта утичу на различит тип и карактер његовог загађења, због чега се јавља потреба да се истражује однос између типа коришћења земљишта (намене простора) и типа и карактера његовог загађења. Такође, истиче се и потреба истраживања и типа и карактера загађења урбаног земљишта у односу на степен урбанизације (припадности различитим урбанистичким зонама града) односно у односу на сегменте градског ткива који се према густини изграђености одликују сличном урбаном морфологијом. Наводи се да сагледавање и истраживање карактеристика урбаних земљишта и садржаја штетних материја у њима у односу на степен урбанизације и тип коришћења урбаног земљишта има посебан значај у изради стратегија еколошког планирања и управљања урбаним срединама и свеобухватним урбаним екосистемом. Кандидат наводи да је и Београд као и друге светске метрополе, претрпео значајне измене услед интензивних процеса урбанизације и индустријализације, односно насељавања великог броја становника, као и убрзаног развоја саобраћајне инфраструктуре, пораста индустријске активности и сл., као и да су све ове промене утицале на укупно погоршање квалитета његове животне средине.

На основу наведеног у докторској дисертацији постављени су циљеви истраживања, а то је утврђивање карактеристика земљишта Београда у погледу варијабилности њихових физичких и хемијских особина и степена загађења тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у односу на степен урбанизације и типа коришћења земљишта у граду, као и да се на основу синтетизованих и систематизованих резултата спроведених истраживања и процене потенцијалног ризика од загађења предложи смернице за унапређење карактеристика урбаних земљишта и дају препоруке за одрживи развој и унапређење животне средине Београда.

Према предмету и циљевима истраживања докторске дисертације кандидат је поставио следеће хипотезе:

- физичке и хемијске карактеристике земљишта Београда су веома варијабилне;
- човек (антропогени фактор) има велики утицај на физичке и хемијске карактеристике и степен загађења земљишта Београда тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni);
- највећи утицај антропогеног фактора на промене физичких и хемијских карактеристика земљишта и степена њиховог загађења изражен је у површинским слојевима земљишта;
- дистрибуција тешких метала (у површинским и доњим слојевима) земљишта Београда зависи од степена урбанизације (припадности урбанистичкој зони града) и тип њиховог коришћења;
- земљишта Београда оптерећена су високим концентрацијама тешких метала антропогеног порекла;
- степен (индекси) загађења земљишта тешким металима зависе од степена и
- урбанизације (припадности урбанистичкој зони града) и типа њиховог коришћења.

У поглављу **Преглед досадашњих истраживања** наводи се да велики број научника истиче

улогу антропогеног фактора на промену карактеристика земљишта, које су најинтензивније управо у урбаним срединама. Наводи се и знатан број радова који дефинишу процес настанка, карактеристике и факторе загађења урбаних земљишта. Кандидат овде истиче да се велики број научника у свету бави истраживањем физичких и хемијских карактеристика урбаних земљишта са разних аспеката. У погледу физичких карактеристика урбаних земљишта бројна истраживања указују на знатне промене у смањењу инфилтрације воде у овим земљиштима, у величини и карактеру његове порозности и структуре. Наводи се и да урбана земљишта у већини случајева имају вишу рН вредност, првенствено као последицу присуства карбонатних антропогених материјала и измењен циклус кружења материје укључујући и нутријенте. Истиче се да органска материја (а аналогно и састав минералне компоненте земљишта) у урбаним земљиштима има другачију природу у поређењу са земљиштима природних система, јер у урбаним срединама код ње долази до промена у количини и у њеном саставу. Посебно се наглашава да тип коришћења урбаног земљишта директно и/или индиректно утиче на садржаја С и N у земљишту, што за резултат има измењен садржај укупног органског С и N у поређењу са земљиштима природних система.

Најновија истраживања су показала да је загађење штетним материјама постало важан проблем градске животне средине, а да су управо урбана земљишта њихови главни и континуални реципијенти. Радови који су цитирани у овом поглављу показују да загађујуће материје, а посебно тешки метали, у урбаним срединама потичу из различити извора. Наводи се да су посебно угрожена земљишта индустријских и комерцијалних зона града са развијеном саобраћајном инфраструктуром.

Истакнуто је да је степен загађења урбаних земљишта тешким металима важан показатељ интензитета изложености људи утицају овим загађујућим материјама. Тешки метали Pb, Zn, и Cu препознати су као типични загађивачи урбане средине и селектовани као параметри помоћу којих се може измерити деградација квалитета градске животне средине. Поред њих и Cd, Cr и Ni такође су истакнути као значајни загађивачи урбаних земљишта.

Аутор наводи и да би се проценио степен загађења земљишта тешким металима на градску животну средину, а посебно земљишта различитих урбанистичких зона града неопходно је извршити поређење концентрација тешких метала у земљишту са граничним максималним вредностима (ГМВ) за наведене елементе према званичном документу, што је за подручје Републике Србије *Уредба о програму системског праћења квалитета земљишта*, индикаторима за оцену ризика од деградације земљишта и методологији за израду ремедијационих програма Републике Србије. Такође, за процену утицаја степена загађења тешким металима важно је извршити и поређење са њиховим концентрацијама у природним земљиштима (референтна вредност).

Истраживања публикована задњих неколико година баве се степеном загађења урбаних земљишта у односу на степен урбанизације града (припадности урбанистичким зонама града), у којима се истиче да су концентрације тешких метала биле више у земљиштима урбане у односу на земљишта субурбане и руралне зоне града. Такође, савремена истраживања различитих типова коришћења урбаних земљишта показали су да су концентрације тешких метала биле највише у земљиштима индустријске зоне града као и дуж градских саобраћајница.

Аутор истиче и да су једна од првих истраживања присуства тешких метала у урбаним земљиштима на подручју Србије (Београд), вршена 1999. године испитивајући концентрацију тешких метала у земљиштима различитих категорија зелених површина Београда. Ова истраживања су показала да су концентрације тешких метала у земљиштима паркова у градском центру биле значајно више од оних у земљиштима урбаних шума у спољној и рубној зони града, као последице разлике у близини и интензитету првенствено аутомобилског саобраћаја. И друга истраживања на територији Београда као и у другим градовима Србије (Панчево, Обреновац и Смедерево) показала су да се земљишта у градовима са интензивним саобраћајем и индустријском активношћу одликују присуством високих концентрација тешких метала.

Прегледом досадашњих истраживања загађења урбаних земљишта тешким металом аутор указује да је за унапређење квалитета градске животне средине важан стални мониторинг степена загађења и концентрације овим елементима, а посебно у земљиштима индустријских комплекса/зона града, земљиштима у непосредној близини прометних саобраћајница (саобраћајна чворишта), али и отвореним просторима града као местима таложења многих штетних материја, као што су паркови и урбане шуме. Такође, истиче се да је од посебног

значаја и праћење степена загађења урбаних земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града и променама у типу коришћења урбаног земљишта, јер ти резултати треба да буду полазна основа у утврђивању адекватних мера за заштиту земљишта од даље деградације и могућности његове ревитализације за нека нова коришћења.

У поглављу **Материјал и метод рада** кандидат приказује методолошку поставку докторске дисертације. Ово поглавље садржи опис подручја истраживања, опис локалитета, опис експеримента-експериментални дизајн, методе теренског узорковања, методе лабораторијских истраживања, методе израчунавања индекса загађења земљишта тешким металима и поступак статистичке анализа добијених резултата.

Истраживања земљишта на простору Београда обухватила су испитивања њихових физичких и хемијских карактеристика, концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni), степен (индексе) загађења тешким металима, порекло тешких метала, као и њихову дистрибуцију у слојевима 0-10 cm и 10-40 cm дубине земљишта. Кандидат је добијене резултате упоредио са степеном урбанизације града (припадности урбанистичким зонама) и типом коришћења земљишта.

Према *Генералном плану Београда за 2021. годину*, дефинисане су четири урбанистичке зоне града: централна, приградска, спољна и рубна. Према *Плану генералне регулације система зелених површина Београда* истражена земљишта сврстана су у следеће типове њиховог коришћења и то земљишта: паркова (као отворених простора града коју су директно изложени утицају антропогеног фактора); уз саобраћајна чворишта (као тип коришћења земљишта који се налази на самом извору загађења од саобраћајних структура); индустријских комплекса/зона (тип коришћења земљишта који се налази на самом извору загађења изазваног индустријском активношћу) и урбаних шума (тип коришћења земљишта који се везује за природне системе у којима су градска земљишта најмање изложена утицају антропогеног фактора). Аутор је овде навео и критеријуме за избор локалитета за узорковање земљишта, а то су: да су они јавна својина и доступни за рад на терену, да се њихово стање није мењало (под утицајем изградње, реконструкције и сл.) у периоду од последњих десет година и да су изабрани локалитети под неким обликом вегетације.

За потребе истраживања физичких и хемијских карактеристика и концентрације тешких метала истражених земљишта, са утврђених локалитета узорци за аналитичка лабораторијска испитивања узети су из површинског слоја земљишта са дубине 0-10 cm (слоја земљишта који је у највећој мери подложен променама) и слоја земљишта са дубине 10-40 cm у циљу утврђивања промена физичких и хемијских карактеристика и концентрације тешких метала у односу на његову дубину. На основу аналитичких вредности физичких и хемијских особина и концентрације тешких метала у површинским и доњим слојевима земљишта могуће је утврдити степен њиховог загађења. Земљиште је узорковано челичним сврдлом. Поређењем физичких и хемијских карактеристика, као и добијених средњих вредности концентрација тешких метала у истраженим земљиштима Београда утврђен је и степен њиховог загађења у односу на степен урбанизације (припадност урбанистичким зонама града) и у односу на тип њиховог коришћења.

Узорковање земљишта вршено је по принципу прављења композитног узорка. У парковима и земљиштима које припадају индустријским комплексима/зонама града композитни узорак је формиран на основу узорковања у 3 понављања са површине од 1 m². У парковима чија је величина мања од 4 ha узоркован је по 1 композитни узорак (3 парка), а у парковима чија је величина већа од 4 ha узорковано је по 2 композитна узорка (7 паркова). У земљиштима уз саобраћајна чворишта формиран је по 1 композитни узорак са сваке стране саобраћајног чвора. Како су слободне површине дуж саобраћајница површине тракастог облика, композитни узорак је формиран по принципу 1 централни са 3 понављања са једне и 3 са друге стране, на дистанци од 0,5 m, један од другог. Код земљишта индустријских комплекса/зона, на локалитетима са површином већом од 4 ha где је већи део земљишта (>50 %) под инертним, антропогеним материјалима (стазама, путевима, објектима и слично) узоркован је по 1 композитни узорак. У урбаним шумама због величине ове зелене површине, земљиште је узорковано са по 3 композитна узорка (сваки са по 3 понављања са површине од 1 m²). Места са којих су узорковани композитни узорци у урбаним шумама изабрани су са позиција које су изван домашаја директног антропогеног загађења.

Узорци су сакупљени са 26 локалитета на подручју Београда и то: десет паркова (Парк Београдска тврђава – Доњи град; Парк у Панчићевој улици; Парк Пријатељства; Земун-Градски парк; Парк Калемегдан; Топчидерски парк; Парк Мањеж; Парк у Пожешкој улици; Парк Беле

Воде; Парк Миљаковачки извори); пет локалитета који припадају индустријским комплексима/зонама града (21. Мај Београд; Ливница Раковица; ИМП; Ливница Победа Београд; Грмеч, Земун); осам саобраћајних чворишта (Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Е70; Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Омладинских бригада; Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Милентија Поповића; Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Булевар Ослобођења; Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Мишка Јовановића; Саобраћајни чвор: Аутопут Е75 и Војислава Илића; Саобраћајни чвор: Е70 и Булевар Деспота Стефана; Саобраћајни чвор: Е70 и Панчевачки Пут); и три локалитета под шумском вегетацијом (Степин Гај, Авала и Липовачка шума). Укупно је сакупљено 126 композитних узорка земљишта.

Физичке и хемијске карактеристике и концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљишту Београда кандидат је истражио на основу стандардних педолошких анализа. Лабораторијска испитивања физичких и хемијских карактеристика земљишта обављена су у Педолошкој лабораторији Шумарског факултета, Универзитета у Београду. Испитивања физичких карактеристика земљишта обухватила су одређивање количине хигроскопне воде и гранулометријског састава земљишта. Гранулометријски састав земљишта одређен је комбинованом методом елутрације помоћу сита и пипет методом по Atteberg-у уз одређивање процентуалног садржаја фракција од: 2-0,2mm, 0,2-0,06mm, 0,06-0,02mm, 0,02-0,006mm, 0,006-0,002mm и <0,002mm (Bošnjak et al., 1997). Класификација земљишта и његових фракција извршена је према WRB (2015) класификацији. Испитивања хемијских карактеристика обухватила су одређивање рН вредности земљишта (активна рН_{Н2О}, супституциона рН_{Са} и хидролитичка киселост Y₁), адсорптивног комплекса земљишта, процентуалног учешћа СаСО₃, хумуса, укупног угљеника (ТС) и укупног азота (ТН), органског угљеника (ОС), однос угљеника и азота (С/Н), и присуства активног облика фосфора (Р) и калијума (К). Хемијске карактеристике земљишта обављене су према следећој методологији: киселост земљишта одређена по методу UNEP-UN/ECE број 9103 СА. Укупна концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраживаном земљишту одређена је у Лабораторији за мониторинг квалитета земљишта, Шумарског факултета Универзитета у Београду. Укупна концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у истраживаном земљишту одређена је у Лабораторији за мониторинг квалитета земљишта, Шумарског факултета. Концентрација тешких метала одређена је методом AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*), а припрема узорака извршена је дигестијом са царском водом (SRPS-ISO 14870, 2005). Концентрације тешких метала у земљиштима упоређене су са граничним вредностима концентрација (ГМВ) за наведене елементе према *Уредба о граничним вредностима загађујућих, штетних и опасних материја у земљишту* (Службени гласник РС бр. 30/2018; 64/2019). Такође, добијене концентрације тешких метала упоређене су са њиховим референтним вредностима које представљају референтне концентрације за подручје Централне Србије.

Методe израчунавања индекса загађења земљишта тешким металима које је кандидат користио су: појединачни индекс загађења (*Single pollution index - PI*), Немеров индекс загађења (*Nemerow Pollution Index - PI_{Nemerow}*), индекс оптерећења загађењем (*Pollution Load Index - PLI*), фактор еколошког ризика (*Ecological risk factor - Er*) и индекс потенцијалног еколошког ризика (*Potential ecological risk - RI*).

Статистичка обрада података извршена је уз помоћ софтверског пакета *IBM SPSS Statistics 20* и *Microsoft Excel 2010*. Испитивање хомогености варијансе утврђено је коришћењем *Levene* теста, а у случајевима када претпоставка о хомогености варијансе није била задовољена примењен је тест који је отпоран на кршење ове претпоставке - тест једнакости аритметичких средина (*Welch - Robust Tests of Equality of Means*). Применом једнофакторске анализе варијансе (*ANOVA*) истраживана је средња разлика између физичких и хемијских карактеристика земљишта и средњих вредности концентрација тешких метала у односу на степен урбанизације и типа коришћења земљишта. Ради утврђивања између којих урбанистичких зона града, односно типа коришћења земљишта у односу на физичке и хемијске карактеристике земљишта и средње вредности концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) се јављају статистички значајне разлике примењен је *Tukey HSD* тест. За утврђивање разлика у средњим вредностима физичких и хемијских карактеристика земљишта и концентрација тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у односу на степен урбанизације (припадност различитим урбанистичким зонама града) и типа коришћења земљишта по дубини земљишта, примењена је дво-факторска анализа варијансе. Непараметарски *Нi-квадрат* тест употребљен је ради утврђивања припадности текстурној класи испитиваних земљишта, а на основу Крамеровог

коэффицијента утврђена је јачина везе која може бити: 0-0,4 ниска; 0,41-0,60 средња и 0,61-1 јака. Утврђивање порекла (извора) тешких метала вредновано је помоћу корелационе матрице и факторске анализе (*Principal component analyse - PCA*). Корелациона матрица вреднована је за сет података (4 различите урбанистичке зоне града и 4 различита типа коришћења земљишта) за сваки истраживани тешки метал у свакој матрици. За корелације чија је r вредност била $>0,05$ сматрало се да није статистички значајна. За сет података за *PCA* тест извршена је њихова нормализација према *Varimax* методи. Компоненте са *Eigen* вредношћу >1 приказане су графички и табеларно. t -тест примењен је ради утврђивања односа утврђених средњих вредности концентрација тешких метала и њихових концентрација у природним земљиштима Централне Србије (референтна вредност).

У поглављу **Резултати истраживања** кандидат је детаљно описао физичке и хемијске карактеристике и степен загађења тешким металима истражених земљишта Београда. Ово поглавље подељено је у пет потпоглавља. Прво потпоглавље приказује физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града, друго приказује њихову варијабилност у односу на степен урбанизације града, односно према урбанистичким зонама града (централне, приградске, спољне и рубне). У трећем потпоглављу кандидат приказује физичке и хемијске карактеристике и концентрација тешких метала у земљиштима различитог типа коришћења. У четвртном потпоглављу аутор анализира варијабилност физичких и хемијских карактеристика змљишта и концентрације тешких метала у односу на различите типове коришћења земљишта (паркови, индустријски комплекси/зона, уз саобраћајна чворишта и урбане шуме). Пето потпоглавље приказује резултате степена загађења истражених земљишта Београда тешким металима у односу на степен урбанизације града и тип њиховог коришћења. У сваком потпоглављу кандидат табеларно приказује резултате свих спроведених испитивања. Поред квантификованих вредности физичких и хемијских карактеристика и степена загађења истражених земљишта, дати су и резултати статистичких анализа. Резултати су јасно приказани са логичним следом.

У поглављу **Дискусија** које је подељено у четири потпоглавља, кандидат позивајући се на приказане резултате, износи своја запажања поткрепљена статистичким показатељима, као и резултатима истраживања других аутора, а све у смислу доказивања постављених хипотеза ове дисертације.

У првом потпоглављу аутор износи критичко размишљање о добијеним резултатима физичких и хемијских карактеристика и концентрација тешких метала у земљиштима различитих урбанистичких зона града и њихове варијабилност у односу на степен урбанизације града. Кандидат анализира сваку од приказаних успостављених статистичких зависности. Такође, врши поређење добијених резултата са сличним истраживањима у свету. У овом потпоглављу истиче се да је антропогени фактор највише утицао на повећање присуства фракције финог песка у земљиштима централне у односу на истражена земљишта рубне урбанистичке зоне града, док је присуство фракција праха више у земљиштима рубне урбанистичке зоне у односу на земљишта спољне, приградске и централне. Истакнуто је да највећи број површинских слојева земљишта Београда припада класама иловача, праховитих иловача и глиновитих иловача, док највећи број узорака истражених доњих слојева земљишта припада класи иловача, глиновитим иловачама и праховито глиновитим иловачама, а нешто мање класи песковито праховитим иловачама и класи праховито глиновитих иловачи. У погледу хемијских карактеристика земљишта кандидат у овом поглављу истиче да антропогени фактор највише утиче на промене рН вредности и присуство CaCO_3 и лако приступачних облика P и K у земљиштима Београда. Такође, кандидат овде истиче да укупан садржај тешких метала (Zn , Cu , Cd , Pb , Cr и Ni) у односу на степен урбанизације града, расте по урбано-руралном градијенту од земљишта у рубним и спољним ка земљиштима у приградским и централним урбанистичким зонама града.

Даља дискусија у оквиру другог потпоглавља односи се на резултате физичких и хемијских карактеристика и концентрације тешких метала у истражени земљиштима различитог типа коришћења и варијабилност ових параметара у односу на тип коришћења. Кандидат овде наглашава да је антропогени фактор у највећој мери утицао на повећање садржаја фракција песка (грубог и финог) у земљиштима индустријских комплекса/зона и земљиштима уз саобраћајна чворишта у односу на земљишта паркова и урбаних шума. Такође, кандидат је показао да је присутна значајна разлика у садржају фракција праха (грубог, финог праха 1 и 2) у правцу смањења њиховог садржаја од земљишта урбаних шума ка земљиштима индустријских

комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта. Даља дискусија овде је показала да већина узорака површинских слојева земљишта Београда припада класама иловача, глиновитим иловачама и праховитим иловачама, док су се доњи слојеви земљишта Београда, поред иловача и глиновитих иловача распоредили и у класи праховито глиновитих иловача. Кандидат истиче да у погледу промена посебно хемијских карактеристика земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења је највећа варијабилност утврђена у рН вредности (pH_{H_2O} и pH_{Ca}) земљишта и садржају лако приступачног облика Р и К. Овде се истиче да су највише концентрације тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb Cr и Ni) измерене у земљиштима уз саобраћајна чворишта и у земљиштима индустријских комплекса/зона, у односу на земљишта паркова и урбаних шума, што је показало да је значајан извор тешких метала пре свега интензиван саобраћај и индустријска активност. Такође, кандидат овде истиче да су резултати истраживања земљишта Београда показали су да су у земљиштима уз саобраћајна чворишта измерене не само највише средње вредности концентрација истражених тешких метала, већ и да су њихове максималне измерене вредности концентрација биле више од ГМВ, а у случају Cu и Pb више и од њихових ремедијационих вредности.

У трећем потпоглављу кандидат дискутује о утицају антропогеног фактора на степен загађености истражених земљишта тешким металима у односу на степен урбанизације града и у односу на тип њиховог коришћења. На основу појединачног индекса загађења (PI), Немеровог ($PI_{Nemerov}$) и индекса потенцијалног еколошког индекса (RI) кандидат је показао да је степен загађења земљишта урбанистичких зона Београда низак до средњи. Међутим, индекс оптерећења загађењем указује да су истражена земљишта свих урбанистичких зона Београда у категорији погоршања квалитета ($PLI >$). Кандидат је истраживањем земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења показао да је порекло Cr и Ni пре свега геолошко, а Zn, Cu, Cd и Pb антропогено. Такође, аутор је истакао да је присутан виши степен загађења тешким металима у земљиштима индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта, у односу на земљишта паркова и урбаних шума. На основу појединачног индекса загађења земљишта (PI) показано је да је највиши степен загађења присутан у земљиштима индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта и то Pb и Zn, али и Ni и Cu, док у земљиштима паркова и урбаних шума највиши степен загађења показују Zn, Cr и Ni. $PI_{Nemerov}$ и RI такође су показали да је виши степен загађења истражених земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта у односу на истражена земљишта паркова и урбаних шума. Кандидат је на основу ових индекса истакао да степен загађења истражених земљишта различитих типова њиховог коришћења није висок, међутим да индекс оптерећења земљишта (PLI) указује да је у истраженим земљиштима различитих типова њиховог коришћења дошло до погоршања квалитета, чак и у земљиштима урбаних шума, што указује на значај даљег праћења квалитета ових земљишта у циљу заштите градске животне средине.

У четвртм потпоглављу кандидат дискутује резултате процене потенцијалног ризика од загађивања земљишта тешким металима у урбанистичким зонама и у земљиштима различитог типа коришћења и даје се предлог мониторинга нивоа загађења и мера за њихову санацију. Овде кандидат предлаже да се најпре ураде детаљна истраживања земљишта свих локалитета на којима су измерене концентрације тешких метала више од њихових ГМВ, са узорковањем већег броја узорака. Даља дискусија овде се односи на потребу спровођења мониторинга земљишта ових локалитета на три године. Такође, кандидат овде предлаже и да се (уколико детаљна истраживања земљишта покажу знатно загађење, а мониторинг повећање концентрација ових загађивача) изврши адекватна санација ових земљишта и то техникама фиторемедијације, фитостабилизације или биоремедијације у зависности од типа зелене површине и могућности апликације одговарајуће технике на самом терену.

Анализа и дискусија резултата истраживања ове докторске дисертације је пропраћена адекватном дискусијом и поређењима са примерима из светске и домаће литературе, који обрађују сличну тематику.

У поглављу **Закључци** изнети закључци приказани су на јасан и концизан начин, приказујући суштину резултата израђене докторке дисертације. Приказани су најважнији резултати који су у складу са очекиваним резултатима докторске дисертације. У закључцима се на недвосмислени начин даје јасан одговор на постављене хипотезе.

У поглављу **Литература** кандидат је приказао 242 референци уско везаних за проблем истраживања. Кандидат је на правилан начин користио наводе из обрађене литературе кроз читав текст дисертације. Обрађена је научна и стручна литература страних и домаћих аутора,

где доминирају референце на енглеском језику. Референце су поређане по алфабетном редоследу.

VI ЗАКЉУЧЦИ

Истраживања промена физичких и хемијских карактеристика земљишта, укупног садржаја тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni), степена загађења земљишта тешким металима и утврђивања његовог порекла (геолошко или антропогено), у површинским (0-10 cm) и дубљим (10-40 cm) слојевима земљишта, у односу на степен урбанизације града (централна, приградска, спољна и рубна урбанистичка зона града) и тип њиховог коришћења (земљишта паркова, уз саобраћајна чворишта, индустријских комплекса/зона и урбаних шума) допринела су детаљнијем упознавању и разумевању утицаја антропогеног фактора на квантитативне и квалитативне промене у урбаним земљиштима, а тиме и животне средине у Београду. На основу ових испитивања кандидат је извео следеће закључке докторске дисертације:

У погледу промена физичких карактеристика земљишта у односу на урбанистичке зоне града закључено је да је највећа варијабилност констатована у повећању садржаја присуству фракције финог песка у земљиштима централне у односу на земљишта рубне урбанистичке зоне града и то у оба слоја земљишта. Значајна варијабилност констатована је у смањењу садржаја фракције грубог праха у оба слоја земљишта централне у односу на земљишта рубне урбанистичке зоне града, као и у површинским слојевима земљишта приградске у односу на земљишта рубне урбанистичке зоне града. Посебно се издваја значајна варијабилност процентуалног присуства фракције финог праха 1 у земљиштима рубне у односу на земљишта централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града у правцу смањења садржаја ове фракције од рубне (са вишим садржајем ове фракције) до централне, приградске и спољне урбанистичке зоне града (са нижим).

У погледу промена физичких карактеристика земљишта у односу на тип њиховог коришћења, закључено је да је највећа варијабилност уочена пре свега кроз повећање садржаја фракција песка (грубог и финог) у земљиштима индустријских комплекса/зона и земљиштима уз саобраћајна чворишта у односу на земљишта паркова и урбаних шума, и то у оба слоја земљишта. Такође, значајна варијабилност утврђена је кроз смањење садржаја фракција праха (грубог, финог праха 1 и 2) у земљиштима индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта у односу на оне у земљиштима урбаних шума и то у оба слоја земљишта. У погледу физичких карактеристика земљишта антропогени фактор, у односу на степен урбанизације града као и у односу на тип коришћења земљишта, највише је утицао на промене у њиховом гранулометријском саставу. Такође, ова истраживања су показала да су значајне промене у гранулометријском саставу присутне у површинским слојевима земљишта Београда, што је у сагласности са постављеном хипотезом да је највећи утицај антропогеног фактора на промене физичких карактеристика земљишта изражен у површинским слојевима земљишта.

У погледу промена хемијских карактеристика земљишта Београда у односу на степен урбанизације града највећа промена утврђена је у реакцији земљишта, садржају CaCO_3 , као и присуства лако приступачних облика P и K. Кандидат истиче да се поменуте хемијске карактеристике земљишта повећавају према урбано-руралном градијенту, односно од рубне ка централној урбанистичкој зони града. Такође, закључено је да садржај хумуса, TC (укупног угљеника) и TN (укупног азота) у земљиштима различитих урбанистичких зона града опада са дубином земљишта, али и да не постоји значајна варијабилност у процентуалном садржају хумуса, TC и TN између земљишта различитих урбанистичких зона града, ни у површинским ни у доњим слојевима истражених земљишта.

У погледу промена хемијских карактеристика земљишта Београда у односу на тип њиховог коришћења највише pH ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ и pH_{Ca}) вредности у оба слоја земљишта утврђене су у земљиштима уз саобраћајна чворишта, нешто ниже у земљиштима индустријских комплекса/зона и паркова, а знатно ниже у земљиштима урбаних шума. Закључено је да је реакција оба слоја земљишта паркова, индустријских комплекса и земљишта уз саобраћајна чворишта умерено до јако алкална, а реакција земљишта урбаних шума у оба слоја земљишта, јако до слабо кисела. Кандидат закључује да је присутна значајна варијабилност pH ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ и pH_{Ca}) у оба слоја земљишта урбаних шума у односу на земљишта паркова, индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта. Такође, закључује да је највиши садржај CaCO_3 утврђен у земљиштима паркова, нешто нижи у земљиштима уз саобраћајна чворишта и индустријске комплексе/зоне, а најнижи у земљиштима урбаних шума и то у оба слоја земљишта. Значајна варијабилност у оба слоја земљишта у погледу садржаја CaCO_3 утврђена је

у земљиштима урбаних шума у односу на земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта у правцу његовог повећаног присуства. Кандидат закључује да и у земљиштима Београда у односу на тип њиховог коришћења, као и у односу на степен урбанизације, не постоји значајна промена у садржају хумуса и ТС, док је она потврђена у садржају TN. Даље се закључује да је присутан значајно повећан садржај лако приступачног облика P и K у оба слоја земљишта паркова и оних уз саобраћајна чворишта, нешто нижи у земљиштима индустријских комплекса/зона, а најнижи у земљиштима урбаних шума. Такође, закључено је да садржај P и K у земљиштима паркова расте са дужином земљишта, док у осталим типовима коришћења земљишта ове вредности опадају са његовом дужином.

На основу ових истраживања закључено је да укупан садржај тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у односу на степен урбанизације града, расте по урбано-руралном градијенту од земљишта у рубним и спољним зонама ка земљиштима у приградским и централним урбанистичким зонама града. Закључено је да садржај Zn, Cu, Cd, Pb и Cr у земљиштима Београда опада са дужином, изузев у земљиштима рубне урбанистичке зоне града где концентрације Cu, Cd и Pb минимално расту. За разлику од Zn, Cu, Cd, Pb и Cr, садржај Ni у земљиштима Београда расте са његовом дужином у свим земљиштима урбанистичких зона града, што је последица његовог геолошког порекла. Закључено је да су земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града највише загађена Zn, Cu и Pb, а земљишта спољне и рубне Zn, Cr и Ni. Овим је потврђена хипотеза да степен загађења (индекси) земљишта тешким металима зависе од степена урбанизације града (припадности урбанистичкој зони). На основу вредности $PI_{Nemerov}$ индекса закључено је да је највиши степен загађења у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града, што су потврдиле и добијене вредности индекса потенцијалног еколошког ризика. Вредности ових индекса показују да је степен загађења земљишта различитих урбанистичких зона Београда Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni низак до средњи. Међутим, утврђени индекс оптерећења загађењем (PLI) показује да су земљишта урбанистичких зона, укључујући и земљишта спољне и рубне урбанистичке зоне Београда у категорији погоршања квалитета.

Закључује се да у односу на тип коришћења земљишта укупан садржај тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) опада од земљишта уз саобраћајна чворишта, преко земљишта у индустријским комплексима/зонама и земљиштима у парковима, до земљишта у урбаним шумама и то у обе испитиване дубине (0-10 и 10-40 cm). Такође, у оба слоја земљишта уз саобраћајна чворишта измерене су не само највише концентрације Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni, већ је утврђено и да су њихове максималне измерене вредности концентрација овде биле више од ГМВ, а у случају Cu и Pb више и од њихових ремедијационих вредности. Закључено је да су у земљиштима различитих типова коришћења највиши појединачни индекс загађења (PI) за Zn, Cd, Cr и Ni утврђени у земљиштима индустријских комплекса/зона, а у оним уз саобраћајна чворишта за Zn и Pb. Такође, у земљиштима паркова више PI вредности утврђене су за Zn, Cu и Pb, што ова земљишта сврстава у класу ниско загађених овим металима. Према PI вредностима за испитиване тешке метала земљишта урбаних шума припадају класи незагађених земљишта. Према вредности $PI_{Nemerov}$ индекса земљишта различитих типова њиховог коришћења припадају класама не загађених до ниско загађених земљишта. Такође, значајно је истаћи и да су утврђени индекси потенцијалног еколошког ризика (RI) у земљиштима Београда различитих типова коришћења нижи од њихове граничне вредности (<90), што показује да су земљишта Београда ипак ниског еколошког ризика. Највиши индекс потенцијалног еколошког ризика (RI) утврђен је у земљиштима индустријских комплекса/зона и уз саобраћајна чворишта. Међутим, утврђени индекси оптерећења загађењем (PLI) за земљишта, показују да су сва земљишта Београда различитих типова коришћења у категорији погоршања квалитета земљишта ($PLI > 1$), односно потврђено је да је загађење земљишта на подручју Београда присутно. Ово потврђује да су интензиван саобраћај и индустријске активности значајни извори тешких метала (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) у земљиштима Београда. Наведени закључци су у сагласности са хипотезом да су земљишта Београда оптерећена високим концентрацијама тешких метала антропогеног порекла.

У погледу степена загађења земљишта Београда тешким металима (Zn, Cu, Cd, Pb, Cr и Ni) закључено је да се у земљиштима највише акумулирају Zn, Cu и Pb који су антропогеног порекла, али и да знатно присуство показују и Cr и Ni. Закључено је да порекло Cr и Ni у земљиштима Београда може бити и геолошко и атропогено. На основу просторне анализе граничних вредности (ГМВ) тешких метала у земљиштима, а у односу на степен урбанизације града, закључено је да земљишта централне и приградске урбанистичке зоне града имају

највишу заступљеност земљишта у којима садржај тешких метала превазилази ГМВ, затим следе земљишта спољне урбанистичке зоне града, док је у земљиштима рубне урбанистичке зоне града утврђен незнатан проценат земљишта чије концентрације тешких метала превазилазе ГМВ. Такође, на основу просторне анализе граничних вредности (ГМВ) тешких метала у земљиштима, а у односу на тип њиховог коришћења закључено је да земљишта индустријских комплекса/зона и земљишта уз саобраћајна чворишта имају највишу процентуалну заступљеност земљишта у којима концентрација тешких метала превазилази ГМВ, затим следе земљишта у парковима, док је у земљиштима урбаних шума утврђена виша концентрација само за Ni, што се може повезати са специфичности геолошке подлоге. Ови закључци потврдили су хипотезу да дистрибуција тешких метала у површинским и доњим слојевима земљишта Београда зависи од степена урбанизације (припадности урбанистичкој зони града) и типа њиховог коришћења.

На основу ових истраживања, добијених резултата и закључака кандидат истиче да је неопходно увести мониторинг Zn, Cu и Pb у земљиштима, пошто су се ови елементи показали као посебно ризични у земљиштима Београда. Затим, кандидат закључује да је неопходно увести мониторинг концентрација Cr и Ni у централним и приградским урбанистичким зонама Београда, где је утврђено њихово повишено присуство. Такође, као једну од препорука истраживања кандидат истиче да се у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне града, као и земљиштима индустријских комплекса/зона и оних уз саобраћајна чворишта прати концентрације Cd, јер максималне концентрације овог елемента указују на загађења овим металом. На основу спроведених истраживања може се препоручити испитивање земљишта применом токсиколошких тестова (који би омогућили утврђивање степена токсичности контаминираних земљишта). Такође, препоручује се да се примене адекватне мере санације земљишта на локалитетима на којима су утврђене концентрације тешких метала које превазилазиле њихове ремедијационе вредности.

Такође, закључено је да је у урбаним земљиштима Београда присутан низак садржај TN (укупног азота), док концентрације лако приступачних облика P и K веома варирају од ниских до веома високих у земљиштима централне и приградске урбанистичке зоне, као и у земљиштима паркова и оних уз саобраћајна чворишта. Препорука ових истраживања је да се надале њихове концентрације у континуитету прате, како би се на време надоместио њихов евентуални недостатак, или пак зауставило њихово прекомерно акумулирање.

На основу истраживања кандидат закључује да физичке и хемијске карактеристике урбаних земљишта, укупан садржај тешких метала, њихово порекло и степен загађења земљишта тешким металима утичу на квалитет животне средине у граду. Ови параметри могу имати/имају различити утицај и последице у земљиштима различитих урбанистичких зона града и у земљиштима различитог типа коришћења у граду. Због свега наведеног основна препорука доносиоцима одлука је да све наведене параметре укључе при анализи стања животне средине у граду и да добијене закључке из тих анализа доследно примене у процесу израде планова и стратегије заштите и управљања животном средином у Београду.

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата маг. инж. Мирјане Тешић под називом *Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину*, добро конципирана и структурисана и урађена у складу са темом, планом и циљевима у пријави теме. Кандидат је систематично проучио литературу везану за предмет истраживања и правилно упоређивао резултате својих истраживања са истраживањима других аутора. За обраду података коришћене су одговарајуће статистичке методе, а резултати истраживања приказани су текстуално, табеларно и графички. Тумачење резултата је на високом научном нивоу, а закључци су прецизно изведени и произилазе из добијених резултата. Кандидат је потврдио постављене хипотезе и успешно реализовао постављене циљеве истраживања. Дисертација представља оригиналан и самосталан научно-истраживачки рад, а резултати, поред научне имају и практичну вредност.

Имајући у виду да се, као услов за одбрану докторске дисертације, поставља објављен рад у часопису међународног значаја, Комисија констатује да је кандидат овај услов испунио. Кандидат је коаутор 7 радова у часописима категорије M23 од којих се овде наводи један: Stojanović N., **Tešić M.**, Stavretović N., Petrović J., Lisica A., Matić S. (2021): *The Roadside Green Spaces and Their Possibilities to Modify Microclimate Conditions in the Urban Environment*, Fresenius Environmental Bulletin, Vol.30, No 04/2021:3202-3210, ISSN – 1018-4619.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

На основу напред изнетог у овом Извештају, Комисија оцењује да је докторска дисертација кандидата маг. инж. Мирјане Тешић, написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

Дисертација садржи све битне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, изјаву захвалности, резиме на српском и енглеском језику, садржај, текст рада по поглављима, литературу, биографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

Докторска дисертација својим насловом, садржајем, постављеном методологијом, резултатима истраживања, начином тумачења добијених резултата, као и изнетих закључака, садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте и представља један заокружен, самосталан научно-истраживачки рад. Комисија позитивно оцењује структуру и све елементе које садржи докторска дисертација. Ова дисертација представља и несумњив оригинални допринос науци и ужој научној области Пејзажна архитектура и хортикултура.

Комисија није уочила недостатке докторске дисертације који би утицали на резултате истраживања.

IX ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације, Комисија предлаже: **да се докторска дисертација кандидата маг. инж. Мирјане Тешић под насловом *Карактеристике урбаних земљишта Београда и њихов значај за животну средину* прихвати, а кандидату одобри одбрана.**

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ:

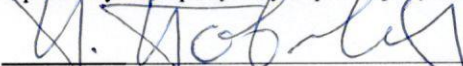

др Надежда Стојановић, доцент,

Универзитет у Београду-Шумарски факултет



др Милан Кнежевић, редовни професор (у пензији),

Универзитет у Београду-Шумарски факултет



др Павле Павловић, научни саветник,

Универзитет у Београду - Институт за биолошка истраживања Синиша Станковић, Институт од националног значаја за Републику Србију



др Данијела Бунисијевић Бојовић, доцент,

Универзитет у Београду - Шумарски факултет



др Јована Петровић, доцент,

Универзитет у Београду - Шумарски факултет

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.