

Факултет ШУМАРСКИ

03-4354/1

(Број захтева)

27.04.2023.

(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области

Биотехничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Биотехничке науке

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Наталија (Никола) Радуловић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

ОАС – Универзитет у Београду – Шумарски факултет-
с.п.- Пејзажна архитектура – 2019.г.

МАС - Универзитет у Београду – Шумарски
факултет –с.п. Шумарство

3. Година завршетка

претходног нивоа студија: 2020.

4. Година уписа на докторске студије: 2020.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

ШУМАРСТВО – модул Шумарство, подмодул Екологија шума,
заштита и унапређивање животне средине

6. Датум подношења пријаве
теме докторске дисертације

06.03.2023.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Оливера Кошанин, ред.проф.

Звање: редовни професор Универзитета у Београду - Шумарски факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Kosanin, O.**, Perovic, M., Knezevic, M., Cvjeticanin, R., Ljubicic, J. (2021): *Forest sites mapping in Serbia*. Fresenius Environmental Bulletin. Volume 30-No07/2021, pages 7973-7978.
2. **Kosanin, O.**, Cvjeticanin, R., Karaklic, V. (2021): *Podzol properties at a new site in Serbia*. Fresenius Environmental Bulletin. By PSP, Volume 30 - No 11A/2021 pages 12303-12313.
3. Vićentijević, M., Knezevic, M., **Kosanin, O.**, Novaković-Vuković, M., Belanović-Simić, S. (2017): *Floristic and edaphic characteristics of beech and fir forests on Mt Maljen*. Fresenius Environmental Bulletin. By PSP, Volume 26 - No 6/2017. PP 3788-3794.
4. Ocokoljić, M., Petrov, Dj., Galečić, N., Skočajić, D., **Košanin, O.**, Simović, I. (2023): *Phenological Flowering Patterns of Woody Plants in the Function of Landscape Design: Case Study Belgrade*. Land 12 (3): 706. <https://doi.org/10.3390/land12030706>
5. Novaković-Vuković, M., Eremija, S., Lučić, A., Hadrović, S., Kapović Solomun M., Blagojević, V., **Košanin, O.** (2019): *Floristic composition of black pine forests on serpentinite in the territory of Serbia and Bosnia and Herzegovina (B&H)*. Applied ecology and environmental research. 17(2): 4999-5010. Budapest, Hungary.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Олга Костић, виши научни саветник

Звање: виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Kostić, O.**, Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Mataruga, Z., Radulović, N., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). The phytoremediation potential and physiological adaptive response of *Tamarix tetrandra* Pall. Ex M. Bieb. during the restoration of chronosequence fly ash deposits. *Plants* 11(1):855. <https://doi.org/10.3390/plants11070855>
2. **Kostić, O.**, Gajić, G., Jarić, S., Vukov, T., Matic, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). An Assessment of the Phytoremediation Potential of Planted and Spontaneously Colonized Woody Plant Species on Chronosequence Fly Ash Disposal Sites in Serbia-Case Study. *Plants* 11(1):110. <https://doi.org/10.3390/plants11010110>
3. **Kostić, O.**, Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018). Pedological properties and ecological implications of substrates derived 3 and 11 years after the revegetation of lignite fly ash disposal sites in Serbia. *Catena* 163(1):78-88. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.010>
4. Mitrović, M., Blanus, T., Pavlović, M., Pavlović, D., **Kostić, O.**, Perović, V., Jarić, S., Pavlović, P. (2021). Using fractionation profile of potentially toxic elements in soils to investigate their accumulation in *Tilia* sp. leaves in urban areas with different pollution levels. *Sustainability* 13(17):9784. <https://doi.org/10.3390/su13179784>
5. Gajić, G., Đurđević, L., **Kostić, O.**, Jarić, S., Stevanović, B., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020). Phytoremediation potential, photosynthetic and antioxidant response to arsenic – induced stress of *Dactylis glomerata* L. sown on fly ash deposits. *Plants* 9(5):657. <https://doi.org/10.3390/plants9050657>

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Шумарског факултета
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 26.04.2023. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Број: 01-2/50
Датум: 26. април 2023. године

На основу члана 58. Статута Универзитета у Београду-Шумарског факултета бр. 01-1/36 од 14. марта 2019. године, а у складу са Извештајем Комисије бр. ДО-07/6 од 13. априла 2023. године и Предлогом Већа одсека за шумарство и заштиту природе бр. ДО-07/7 од 19. априла 2023. године, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 26. априла 2023. године, доноси следећу

О Д Л У К У

Усваја се научна заснованост теме докторске дисертације кандидата **Наталије Радуловић** под насловом: „Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“.

Одређују се ментори др Оливера Кошанин, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета и др Олга Костић, виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ – Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: кандидату, менторима, Служби за наставу и студентска питања x2, декану, писарници.

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
Проф. др Бранко Стајић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ
Катедра екологије шума

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ШУМАРСКОГ ФАКУЛТЕТА
ВЕЋУ ОДСЕКА ЗА ШУМАРСТВО И ЗАШТИТУ ПРИРОДЕ

ОВДЕ

Предмет: Извештај комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата Наталије Радуловић

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум

На основу члана 58. Статута Универзитета у Београду-Шумарског факултета бр. 01-1/36, од 14. марта 2019. године, а на основу предлога Већа одсека за шумарство и заштиту природе бр. ДО-07/5, од 15. марта 2023. године и Предлога руководиоца докторских студија бр. ДО-07/4 од 9. марта 2023. године, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 29. марта 2023. године донело је одлуку бр. 01-2/36 да се образује Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Наталије Радуловић под насловом:

„Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“

2. Састав комисије:

1. др Рајко Милошевић, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; УНО: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине (изабран: 11.10.2022. године);
2. др Марко Перовић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; УНО: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине (изабран: 08.10.2019. године);
3. др Маријана Новаковић-Вуковић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; УНО: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине (изабрана: 08.12.2020. године);
4. др Данијела Ђунисијевић-Бојовић, ванредни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; УНО: Пејзажна архитектура и хортикултуре (изабрана: 08.10.2019. године) - председник комисије;
5. др Драгана Павловић, научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитет у Београду; УНО: Екологија биљака (изабрана: 16.12.2019. године);

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. **Име, име једног родитеља, презиме:** Наталија, Милица, Радуловић
2. **Датум и место рођења, општина, држава:** 02.09.1995. године, Београд, Савски венац, Република Србија
3. **Датум одбране, место и назив мастер рада:** 13.10.2020. године, Универзитет у Београду-Шумарски факултет; „*Варијабилност материнских стабала и линија полусродника медунца (Quercus pubescens Willd.) са подручја Кошутњака*“
4. **Научна област из које је стечено академско звање мастера:** Шумарство, Биљна производња и конзервација шумских генетичких ресурса

5. Стечено научноистраживачко искуство:

Наталија Радуловић рођена је 02.09.1995. године у Београду. Основне академске студије завршила је 2019. године, на Шумарском факултету Универзитета у Београду, студијски програм Пејзажна архитектура, са просечном оценом 8,45. Мастер академске студије је завршила 2020. године, на истом факултету, студијски програм Шумарство; Модул 1: Биљна производња и конзервација шумских генетичких ресурса, са просечном оценом 10,00. Такође, на Универзитету у Београду-Шумарском факултету је школске 2020/21. године уписала докторске студије, Модул: Шумарство; Подмодул М 1.6.: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине. У табели 1, дат је преглед положених испита и испуњених семестралних обавеза кандидата на докторским студијама:

Табела 1. Преглед положених испита и испуњених семестралних обавеза кандидата

Година I		
Семестар I		
Предмет	ЕСПБ	Оцена
Методологија научно-истраживачког рада	14	8
Технике научно-истраживачког рада	8	10
Педологија	8	10
Семестар II		
Деградација, заштита, коришћење и мелиорација земљишта	8	10
Лабораторијски и експериментални рад, статистичко моделирање	8	-
Израда пројекта докторске дисертације	8	-
Семинарски рад	6	-
Година II		
Семестар III		
Опасне и штетне материје у животној средини	8	10
Одбрана пројекта докторске дисертације	6	-
Лабораторијски и експериментални рад, статистичко моделирање	8	-
Публиковање 1 научног рада у домаћем часопису категорије M52 или M53	4	-
Семестар IV		
Реферисање о напретку истраживања	6	-
Лабораторијски и експериментални рад, статистичко моделирање	10	-

Наталија Радловић је од 01.01.2021. године ангажована као истраживач приправник у Одељењу за екологију, Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду, на научном пројекту из Програма институционалног финансирања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, уговор бр. 451-03-47/2023-01/200007.

6. Списак објављених научних радова и саопштења кандидата

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Kostić, O., Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Mataruga, Z., **Radulović, N.**, Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). The Phytoremediation Potential and Physiological Adaptive Response of *Tamarix tetrandra* Pall. Ex M. Bieb. during the Restoration of Chronosequence Fly Ash Deposits. *Plants* 11(7): 855. <https://doi.org/10.3390/plants11070855>

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

2. Pavlović, D., Matić, M., Kostić, O., Sekulić, D., **Radulović, N.**, Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). Cu, Mn, Pb and Zn concentrations in bark of different tree species as indicator of atmospheric pollution. 23rd YUCORR - International Conference “Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection”, 16-19 May 2022, Divčibare, Serbia, Proceedings, pp. 117-124. ISBN 978-86-82343-29-5.
3. Kostić, O., Gajić, G., Jarić, S., Mataruga, Z., Sekulić, D., **Radulović, N.**, Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). Analysis of As and Pb accumulation in garden soil and vegetable crops in three Belgrade municipalities. Proceedings of 29th International Conference “Ecological Truth & Environmental Research”, EcoTER’22, 21 to 24 June 2022, Sokobanja, Serbia, pp.75-80. ISBN 978-86-6305-123-2.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

4. Костић, О., Гајић, Г., Јарић, С., Секулић, Д., **Радловић, Н.**, Митровић, М., Павловић, П. (2022). Екофизиолошке особине уобичајених врста дрвећа које расту у урбаним парковима града Београда. Књига сажетака, III Конгрес биолога Србије, 21-25.09.2022, Златибор, Србија, Апстракт 165. ISBN 978-86-81413-09-8.

7. Учешће у пројектима:

У свом досадашњем раду, кандидат је учествовао у реализацији следећих пројеката:

Пројекти основних истраживања:

1. (2021): „Истраживања адаптивног одговора биљака и животиња на антропогено индуковану хемијску и физичку деградацију станишта и климатске промене, у циљу заштите биодиверзитета, и заштите и обнављања животне средине“ (руководилац: др Павле Павловић), Програм институционалног финансирања Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, Ев. бр. 451-03-9/2021-14/200007.
2. (2022): „Истраживања адаптивног одговора биљака и животиња на антропогено индуковану хемијску и физичку деградацију станишта и климатске промене, у циљу заштите биодиверзитета, и заштите и обнављања животне средине“ (руководилац: др Павле Павловић), Програм институционалног финансирања Министарства просвете,

науке и технолошког развоја Републике Србије, Ев. бр. 451-03-9/2022-14/200007.

3. (2023): „Истраживања адаптивног одговора биљака и животиња на антропогено индуковану хемијску и физичку деградацију станишта и климатске промене, у циљу заштите биодиверзитета, и заштите и обнављања животне средине“ (руководилац: др Павле Павловић), Програм институционалног финансирања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, Ев. бр. 451-03-47/2023-01/ 200007.

Међународни пројекти:

4. (2022) 13. Европска ноћ истраживача у Београду 2022., „Road to Friday of Science and Art – ReFocuS Art“, Центар за промоцију науке, Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ – Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду (ИБИСС), Природно математички факултет Универзитет у Нишу и Завод за заштиту споменика културе, Крагујевац, који финансира Европска комисија у оквиру „Horizon Europe“ – Program za istraživanje i inovacije, potprograma „Marija Sklodovska Kiri“ (HORIZON-MSCA-2022-CITIZENS-01–ReFocuS Art–101061356).

III ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА ЗА РАД НА ПРЕДЛОЖЕНОЈ ТЕМИ

Наталија Радуловић је од 01.01.2021. године ангажован као истраживач приправник у Одељењу за екологију, Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Института од националног значаја за Републику Србију. Од тада учествује у научно-истраживачким активностима на пројектима основних истраживања из програма институционалног финансирања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије и Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, у оквиру којих се бави проблематиком адаптивног одговора биљака и животиња на антропогено индуковану хемијску и физичку деградацију станишта и климатске промене, у циљу заштите биодиверзитета, и заштите и обнављања животне средине.

Такође, завршила је обуку везану за писање научних пројеката „*Excellence in Horizon Europe project development, proposal writing and project implementation*“, у организацији EUTA European Training Academy, у оквиру пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије („*Serbia Accelerating Innovation and Growth Entrepreneurship*“ (SAIGE), Transformation Plan of the Institute for Biological Research Siniša Stanković (IBISS) 2021-2024, финансираног од стране Светске банке (The World Bank).

Кандидаткиња је успешно одбранила пројекат докторске дисертације под насловом „Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“, дана 30. 09. 2022. године.

У току 2022. године, учествовала је на два научна скупа међународног значаја (23rd YUCORR - International Conference “Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection”, 16-19 May 2022, Divčibare, Serbia; и 29th International Conference “Ecological Truth & Environmental Research”, EcoTER’22, 21 to 24 June 2022, Sokobanja, Serbia), као и једном скупу националног значаја (III Конгрес биолога Србије, 21-25.09.2022, Златибор, Србија).

Након подношења Пријаве теме докторске дијертације (број ДО-07/1, од 06. марта 2023. године) под радним насловом: „Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“, Наталија Радуловић је успешно одбранила предложену тему докторске дисертације, на усменој одбрани која је одржана 07. априла 2023. године. Кандидаткиња је показао да влада материјом у вези са темом докторске дисертације. Усмена одбрана је оцењен са „задовољно“.

Током периода докторских студија, радом на припреми испита, семинарским радовима, припреми и одбрани пројекта докторске дисертације, радом на терену и у лабораторији, учешћем на научним скуповима и у изради научних радова, кандидаткиња је овладала савременим истраживачким техникама, обогатила своја знања и показала изражену склоност ка научно-истраживачком раду. На основу свега изнетог Комисија оцењује да кандидаткиња поседује знања и вештине потребне за савладавање истраживачких изазова и постављених циљева у предложеној докторској дисертацији.

IV ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА

За ментора докторске дисертације кандидата Наталије Радуловић предлажу се: др Оливера Кошанин, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета; УНО: Екологија шума, заштита и унапређивање животне средине (изабрана: 11.10.2022. године) и др Олга Костић, виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ - Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду; УНО: Екологија биљака (изабрана: 15.09.2020. године).

Име и презиме ментора 1: др Оливера Кошанин
Звање: редовни професор

Др Оливера Кошанин, редовни професор је до сада објавила 111 научних радова, од којих 11 у часописима са SCI листе. Према бази података *Web of Science* радови др Оливере Кошанин су цитирани у 86 публикација, чији h-индекс цитираности износи 5. Према статистици сајта *Research gate* од 27.07.2022. године, цитираност кандидаткиње је 164, а вредност h индекса је 6.

Списак радова који квалификују ментора 1 за вођење докторске дисертације:

6. **Kosanin, O.**, Perovic, M., Knezevic, M., Cvjeticanin, R., Ljubicic, J. (2021): *Forest sites mapping in Serbia*. Fresenius Environmental Bulletin. Volume 30-No07/2021, pages 7973-7978.
7. **Kosanin, O.**, Cvjeticanin, R., Karaklic, V. (2021): *Podzol properties at a new site in Serbia*. Fresenius Environmental Bulletin. By PSP, Volume 30 - No 11A/2021 pages 12303-12313.
8. Vićentijević, M., Knezevic, M., **Kosanin, O.**, Novaković-Vuković, M., Belanović-Simić, S. (2017): *Floristic and edaphic characteristics of beech and fir forests on Mt Maljen*. Fresenius Environmental Bulletin. By PSP, Volume 26 - No 6/2017. PP 3788-3794.
9. Ocokoljić, M., Petrov, Dj., Galečić, N., Skočajić, D., **Košanin, O.**, Simović, I. (2023): *Phenological Flowering Patterns of Woody Plants in the Function of Landscape Design: Case Study Belgrade*. Land 12 (3): 706. <https://doi.org/10.3390/land12030706>
10. Novaković-Vuković, M., Eremija, S., Lučić, A., Hadrović, S., Kapović Solomun M., Blagojević, V., **Košanin, O.** (2019): *Floristic composition of black pine forests on serpentinite in the territory of Serbia and Bosnia and Herzegovina (B&H)*. Applied ecology and environmental research. 17(2): 4999-5010. Budapest, Hungary.

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ЗА МЕНТОРА 1:

Дугогодишње искуство др Оливере Кошанин, редовног професора Универзитета у Београду-Шумарског факултета односи се на педолошке и еколошке карактеристике станишта. Научни опус др Оливера Кошанин обухвата: проучавања морфогенетске грађе, физичких и хемијских особина земљишта; дефинисање класификационе припадности земљишта; проучавање квалитета земљишта са аспекта садржаја полутаната, пре свега, тешких метала и процеса ацидификације као и биланса органског угљеника; проучавање деградације земљишта ерозионим и другим процесима; одређивање производног потенцијала земљишта у различитим

типовима шума Србије; педолошка и остала проучавања за потребе мапирања шумских станишта: Др Оливера Кошанин, редовни професор одговорна је за део екопедолошких истраживања на природном шумском и урбаном станишту.

Име и презиме ментора 2: др Олга Костић

Звање: виши научни сарадник

Др Олга Костић виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду (ИБИСС) до сада је објавила више од 100 научних публикација. Од тога, аутор је 3 поглавља у монографијама међународног и националног значаја, 43 рада у часописима међународног значаја и 9 радова у часописима националног значаја. Радови др Олге Костић су цитирани 912 пута у међународним научним часописима и књигама (h index=17, извор SCOPUS).

Списак радова који квалификују ментора 2 за вођење докторске дисертације:

1. **Kostić, O.**, Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Mataruga, Z., Radulović, N., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). The phytoremediation potential and physiological adaptive response of *Tamarix tetrandra* Pall. Ex M. Bieb. during the restoration of chronosequence fly ash deposits. *Plants* 11(1):855. <https://doi.org/10.3390/plants11070855>
2. **Kostić, O.**, Gajić, G., Jarić, S., Vukov, T., Matić, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022). An Assessment of the Phytoremediation Potential of Planted and Spontaneously Colonized Woody Plant Species on Chronosequence Fly Ash Disposal Sites in Serbia-Case Study. *Plants* 11(1):110. <https://doi.org/10.3390/plants11010110>
3. **Kostić, O.**, Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018). Pedological properties and ecological implications of substrates derived 3 and 11 years after the revegetation of lignite fly ash disposal sites in Serbia. *Catena* 163(1):78-88. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.010>
4. Mitrović, M., Blanus, T., Pavlović, M., Pavlović, D., **Kostić, O.**, Perović, V., Jarić, S., Pavlović, P. (2021). Using fractionation profile of potentially toxic elements in soils to investigate their accumulation in *Tilia* sp. leaves in urban areas with different pollution levels. *Sustainability* 13(17):9784. <https://doi.org/10.3390/su13179784>
5. Gajić, G., Đurđević, L., **Kostić, O.**, Jarić, S., Stevanović, B., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020). Phytoremediation potential, photosynthetic and antioxidant response to arsenic – induced stress of *Dactylis glomerata* L. sown on fly ash deposits. *Plants* 9(5):657. <https://doi.org/10.3390/plants9050657>

ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ЗА МЕНТОРА 2:

Научни опус др Олге Костић, вишег научног сарадника ИБИСС-а, везан је за истраживања у области екологије биљака, која су претежно усмерена на истраживања везана за разне облике физичке и хемијске деградације станишта изазване различитим антропогеним активностима, посебно контаминацијом потенцијално токсичним елементима (ПТЕ), и екофизиолошка истраживања као и истраживања адаптивног одговора биљака у условима мултипног стреса на наведеним стаништима. На основу свега наведеног др Олга Костић виши научни сарадник ИБИСС-а, одговорна је за део истраживања и резултате који се односе пре свега на екофизиологију аутохтоних врста липа и истраживање адаптивног одговора биљака у условима мултиплог стреса на наведеним стаништима.

V ОЦЕНА НАУЧНЕ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ

1. Формулација назива тезе (наслоа)

Предложени наслов теме докторске дисертације „Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“ усклађен је са предметом истраживања, јасно упућује на објекат и научне циљеве истраживања докторске дисертације.

2. Предмет (проблем) истраживања

Предмет истраживања ове докторске дисертације је истраживање екофизиолошких одговора аутохтоних дрвенастих врста на ефекте стреса загађења потенцијално токсичним елементима (ПТЕ) у урбаној средини града Београда, који ће бити упоређени са екофизиолошким параметрима код истих врста на природним стаништима у Националном парку „Фрушка гора“ (НП „Фрушка гора“). С обзиром на велико учешће у дрворедима и парковима Београда, а такође имајући у виду да се ради о аутохтоним врстама дрвећа за подручје Србије, за проучавање екофизиолошког одговора на услове градске средине загађене ПТЕ изабране су три врсте липа: ситнолисна (*Tilia cordata* Mill.), крупнолисна (*Tilia platyphyllos* Scop.) и сребрнолисна (*Tilia tomentosa* Moench).

Полигони на којима се врше истраживања обухватају урбане паркове и дрвореде који су изложени доминантним изворима загађења пореклом из саобраћаја: дрворед у Булевару Николе Тесле и парк Ушће (територија општине Нови Београд), затим дрворед у улици Кнеза Милоша, парк Ташмајдан, дрворед у улици Пјарона де Мондезира и парк Калемегдан (територија општине Стари Град). Основни критеријуми за избор полигона на подручју Београда били су: велико оптерећење саобраћајница где саобраћај представља доминантан извор загађења; непосредна близина мерних станица за контролу квалитета ваздуха; и довољан број и приближно иста старост јединки све три врсте аутохтоних липа.

При избору контролног полигона водило се рачуна да се урбано подручје Београда и природно контролно станиште налазе у приближно сличним еколошко-вегетацијским условима. Као контролно, предвиђено је природно станиште аутохтоних врста липа на подручју НП „Фрушка гора“. Планински масив Фрушка гора проглашена је националним парком 1960. године и простире се на површини већој од 25.000 ha. Више од 90% површине покривају мешовите листопадне шуме у којима преовладавају: храст китњак (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), ситнолисна липа (*Tilia cordata* Mill.), крупнолисна липа (*Tilia platyphyllos* Scop.), сребрнолисна липа (*Tilia tomentosa* Mill.), граб обичан (*Carpinus betulus* L.) и мезијска буква (*Fagus sylvatica* ssp. *moesiaca* (Maly) Czeaczott.). Тренутно највећу површину у НП „Фрушка гора“ заузима сребрнолисна липа (*Tilia tomentosa* Moench) (37,6 %), што је резултат значајне експлоатације шума у прошлости (Просторни план подручја посебне намене Фрушке горе до 2022. године, 2004). Контролно станиште се налази у ГЈ“ Стражилово-Парагово“, НП „Фрушка гора“.

У узорцима земљишта сакупљених на изабраним полигонима биће утврђене физичке и хемијске карактеристике земљишта и садржај, мобилност и биодоступност есенцијалних и неесенцијалних ПТЕ (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Na, Ni, Mg, Mn, Mo, Se, Sr, Pb и Zn). У узорцима биљног материјала (листови и корен), биће утврђен садржај ПТЕ што ће указати на адаптивне одговоре испитиваних врста на доступне концентрације ПТЕ и њихов потенцијал за коришћење у биоиндикацији, биомониторингу и фиторемедијацији.

Утицај стресних фактора биће утврђен на основу анализе: параметара размене гасова у процесу фотосинтезе и транспирације, параметара флуоресценције хлорофила и концентрација фотосинтетичких пигмената. Анализа размене гасова (усвајање угљен-диоксида у процесу фотосинтезе и одавање водене паре транспирацијом) указује на ефекте стресних фактора на наведене примарне метаболичке процесе код биљака, док параметри флуоресценције хлорофила указују на ефекте стресних фактора на активност фотосистема II (PSII). Смањење количине хлорофила и каротеноида у листовима биљака указује на изложеност биљака стресу укључујући

и загађење ПТЕ.

Анализа морфолошких оштећења површинских структура листова омогућиће детаљнију анализу потенцијалне токичности хемијских елемената или дефицита неких есенцијалних минералних елемената, а анализа величине, облика и хемијског састава атмосферских честица на површини листова ће указати на њихово порекло и потенцијално негативан ефекат на физиолошке процесе у листовима испитиваних биљака.

На основу физиолошких и морфолошких одговора испитиваних дрвенастих врста биће процењена њихова адаптивност у условима стреса, потенцијал за коришћење у сврху биоиндикације загађења ПТЕ пореклом из земљишта и ваздуха, али и њихов потенцијал за садњу у сврху обнављања урбаних и природних станишта

3. Познавања проблематике на основу изабране литературе

Загађење ваздуха је значајан глобални проблем и велика опасност по животну средину (WHO, 2017; Mukherjee and Agrawal, 2017). Емисије пореклом из саобраћаја представљају доминантни извор загађења ваздуха у градовима, а карактерише их низ полутаната у гасовитом и чврстом стању као што су угљен моноксид (CO), оксиди азота (NOx), атмосферске честице (PM2.5, PM10) и др. (Baldacchini et al., 2017; Kumar et al., 2018). Значајан проблем у урбаној средини представљају повећане концентрације и приступачност ПТЕ укључујући тешке метале. У градовима, тешки метали су уобичајено присутни загађивачи, који доспевају у земљиште директно атмосферским таложењем и индиректно кроз кишно отицање тако што се спирају са непропусних површина (Wong et al., 2006). Акумулирају се у површинским слојевима земљишта, одакле лако могу доспети у ланце исхране. На тај начин, контаминација земљишта доводи до општег погоршања квалитета животне средине (Kabatata-Pendias and Pendias, 2001; Knežević, 2014; Košanin et al., 2014; Košanin et al., 2016; Pavlović et al., 2017d,g).

Значајни извори загађења ПТЕ у урбаним срединама су атмосферска прашина пореклом из еродираног земљишта, затим антропогени извори као што су емисије пореклом из саобраћаја, градских топлана и индустријских постројења, као и материјала који се користе у изградњи саобраћајне и друге инфраструктуре (Thorpe and Harrison, 2008; Davis et al., 2009; Foti et al., 2017; Men et al., 2018). Тешки метали су полутанти који представљају највећи ризик у урбаним и индустријским зонама због њихове постојаности, мобилности, биорасположивости и токсичности (Iqbal and Shafiq, 2000; Adriano, 2001; Piczak et al., 2003; Cheng et al., 2014; Pan et al., 2016; Pavlović et al., 2018; Pavlović et al., 2021a). Задржавање токсичних елемената у земљишту је дуготрајно и представља континуирани ризик за урбане екосистеме али и за здравље људи, стога се последњих година све више пажње посвећује истраживању потенцијалних ефеката акумулације, биодоступности али и мониторингу нивоа ПТЕ у урбаној животној средини (Caussey et al., 2003; Sun et al., 2010; Baldacchini et al., 2017; Jayarathne et al., 2018; Duan et al., 2020; Ćakmak et al., 2020; Pavlović et al., 2018; Pavlović et al., 2021a; Pavlović et al., 2021b).

Загађење токсичним елементима утиче на хемијски састав и текстуру урбаних земљишта, као и на правилан развој кореновог система биљака, чиме се смањује виталност дрвенасте вегетације, а тиме и функционалност урбаних површина (Belanović-Simić et al. 2015). Токсичност ПТЕ у земљишту у великој мери зависи од њихове растворљивости и биодоступности стога је расподела ПТЕ у фракцијама земљишта (хемијско фракционисање), важан аспект геохемије земљишта јер детерминише понашање ових елемената у земљишту и одређује њихову доступност биљкама (Knežević et al., 2000; Belanović et al., 2002; Belanović et al., 2007; Lin et al., 2017; Pavlović et al., 2017a; Pavlović et al., 2021a; Pavlović et al., 2017d; Ćakmak et al., 2020; Mitrović et al., 2021). Мобилност и биодоступност ПТЕ се сматра важним параметром за њихово ефикасно усвајање и акумулацију у биљкама (Kostić et al., 2018, 2022a,b; Pavlović et al., 2021a). Приступачни облици ПТЕ се углавном налазе у фракцији водно-растворљивих и разменљиво адсорбованих, као и метала везаних за карбонате. Међутим, многи елементи могу постати доступни биљкама у случају промене услова pH и редокс потенцијала у земљишту (Košanin i

Knežević, 2017; Košanin et al., 2018).

Хемијски састав урбаних земљишта и одговарајуће снабдевање есенцијалним елементима су веома важни фактори за нормалан раст и развој биљака. Досадашња истраживања су показала високу хетерогеност у хемијском саставу урбаних земљишта, али генерално урбана земљишта карактеришу повишене концентрације ПТЕ. На пример, у већини узорака урбаних земљишта из двадесет градова у Кини, измерене су концентрације Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, As, Hg и Cd више од вредности природног фона ових елемената (Wei and Yang, 2010). Такође, утврђене су повишене концентрације Cu, Pb и Zn у урбаним земљиштима у Севиљи, више од дозвољених за резиденцијална поручја за Шпанију (Madrid et al., 2002). Исто тако, истраживањима у Риги (Литванија) утврђене су ниже концентрације Na, Cl, Ca, Mg, Zn, Cu и ниже pH вредности, али више концентрације K, Fe, P и B у земљишту у парковима у односу на земљишта у дрворедима где су утврђена већа оштећења дрвећа (Cekstere and Osvalde, 2013).

У Србији су анализирани биодоступне фракције As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb и Zn, у земљиштима урбаних паркова у Београду, Панчеву, Обреновцу и Смедереву и највећи ризик од загађења је утврђен на урбаним стаништима у Смедереву (Pavlović et al., 2018). Компаративна истраживања концентрације потенцијално токсичних елемената (Al, As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb и Zn) у урбаним земљиштима Београда (Србија), Солуна (Грчка) и Салцбурга (Аустрија) су показала да су највише концентрације As, Cu, Pb и Zn антропогеног порекла измерене у Салцбургу, док су највиши нивои Al, Cr и Ni литогеног порекла измерени у Београду и Солуну (Pavlović et al., 2021a). Такође, компаративна анализа ПТЕ (B, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr и Zn) у земљиштима урбаних паркова у Редингу (Велика Британија) и Београду (Србија), показала је ниже концентрације испитиваних елемената од референтних нивоа утврђених директивом Европске Уније (Gawlik and Bidoglio, 2006), али је указала и на значај локалних педолошких карактеристика за мобилност и биодоступност токсичних елемената (Mitrović et al., 2021).

У савременом свету, урбано зеленило се сматра јавним добром, неопходним како за живот тако и за ментално и физичко благостање људи у градовима (O'Brien et al., 2017). Наиме, урбана вегетација пружа бројне екосистемске услуге, које су дефинисане као користи које људи добијају од биљака (Millennium Assessment, 2005; Pauleit et al., 2011). Дрвенаста вегетација пре свега има значајну улогу у редукцији загађења ваздуха и земљишта кроз акумулацију и депозицију полутаната из ваздуха и акумулацију полутаната из земљишта (Fantozzi et al., 2013), захваљујући великој апсорпционој површини коренова, процесима у ризосфери и великој лисној површини (Baldacchini et al., 2017). Усвајање, акумулација и транслокација ПТЕ пре свега зависи од биолошких и еколошких особина биљне врсте, својстава земљишта која утичу на растворљивост и биодоступност елемената, као и других еколошких фактора на станишту (Samuilov et al., 2016; Pavlović et al., 2018; Pavlović et al., 2017 b,c). Надземни делови биљке представљају погодне површине за депоновање атмосферских честица и ефикасни су у уклањању честица полутаната из ваздуха (Fantozzi et al., 2013; Calfapietra et al., 2015). Један део полутаната депонованих на површину листа може да продре кроз површинске структуре и тако доспе у унутрашња ткива или да остане наталожен на површини (Aničić Urošević et al., 2019; Sawidis et al., 2011; Baldacchini et al., 2017).

Тешки метали попут Cu, Fe Mn и Zn су есенцијални за биљке и имају значајну физиолошку и биохемијску улогу у биљкама јер учествују у биосинтези хлорофила и ДНК, процесу фотосинтезе, у редокс реакцијама у хлоропластима и митохондријама, метаболизму угљених хидрата, везивању азота и др, док су нпр. As, Cd, Cr, Hg, Ni и Pb неесенцијални и токсични чак и у веома ниским концентрацијама (Marschner, 1993, Kabata-Pendias and Pendias, 2001). Међутим, сви ови елементи могу бити токсични у концентрацијама вишим од граничних вредности утврђених за највећи број врста биљака, које могу да варирају у зависности од природе и врсте елемента и могу бити специфични за врсту (Alloway, 1995; Kabata-Pendias and Pendias 2001). У високим концентрацијама, есенцијални као и неесенцијални (токсични) елементи негативно утичу на нормално одвијање физиолошких процеса у биљкама. Њихово усвајање и негативни

утицаји на многим организационим и функционалним нивоима у исто време представљају стресне факторе за метаболизам биљака. Кроз утицај на ензимску активност они доводе до структурних и функционалних оштећења, а делују и као антиметаболити, формирају стабилне комплексе или хелате са есенцијалним метаболитима, мењају пропустљивост мембрана, замењују важне структурне или електрохемијски значајне елементе у ћелијама, а њихов утицај се огледа и у поремећају нутритивног статуса биљака јер ступају у активну конкуренцију са есенцијалним нутријентима (Rossini-Oliva and Fernández-Espinosa 2007; Nagajyoti et al. 2010; Ђунисијевић-Бојовић, 2013, Gajić et al. 2016; 2019; Kabata-Pendias and Pendias 2001; Kostić et al., 2022b). У условима загађене животне средине, раст биљака је инхибиран, продукција биомасе и репродуктивни капацитети су смањени, а биљке су подложније деловању патогена (Nagajyoti et al., 2010). Дефицит есенцијалних елемената и/или токсичне концентрације других ПТЕ могу да доведу до појаве видљивих оштећења листова у виду хлороза и некроза, смањеног броја листова и смањене лисне површине, што утиче на недовољну апсорпцију светлости и продукцију биомасе (Yeh et al., 2000; Hussain et al., 2019).

У условима дуготрајне и континуиране изложености загађењу ПТЕ, постоји већи ризик од акумулације структурних и функционалних оштећења биљака, посебно код дрвенастих врста и то старијих индивидуа које тада имају смањену функцију у филтрирању полутаната и ублажавању неповољних еколошких услова на урбаним стаништима. Дрвенасте врсте биљака у урбаним екосистемима могу одражавати загађење земљишта и ваздуха потенцијално токсичним елементима, омогућавајући биомониторинг загађења током дугих периода како би се квантификовали параметри загађења и идентификовале просторне и временске дистрибуције загађивача (Bargagli, 1998; Fantozzi et al., 2013; Baldacchini et al., 2017; Kostić et al., 2018; Pavlović et al., 2021a; Mitrović et al., 2021). Због тога али и због видљивих и мерљивих ефеката које ПТЕ имају на биљке, њихова употреба као индикатора загађења земљишта на стаништима је оправдана и често се примењује (Martínez-Sánchez et al., 2011; Madejón et al., 2013; Deljanin et al., 2014; Pavlović 2017a; Pavlović et al., 2017b, c; Aničić Urošević et al., 2019; Gajić et al., 2020; Kostić et al., 2022a,b).

4. Циљеви истраживања

Основни циљеви истраживања докторске дисертације су:

- упоредна анализа екофизиолошких параметара три аутохтоне врсте рода липа (*Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. и *Tilia tomentosa* Moench) у урбаним парковима и дрворедима у Београду и природном станишту на Фрушкој гори, ради утврђивања адаптабилности врста у датим условима станишта, са посебним освртом на ефекте ПТЕ и
- утврђивање потенцијала испитиваних врста за коришћење у биоиндикацији загађења потенцијално токсичним елементима и фиторемедијацији загађења земљишта и ваздуха.

У циљу идентификације лимитирајућих фактора за функционисање испитиваних врста дрвећа биће обављене следеће анализе:

- утврђивање физичко-хемијских карактеристика земљишта;
- утврђивање укупних и биорасположивих фракција ПТЕ (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Na, Ni, Mg, Mn, Mo, Se, Sr, Pb и Zn) у земљишту у циљу процене њихове мобилности и потенцијалне токсичности у урбаним земљиштима.

У циљу дефинисања екофизиолошког одговора испитиваних врста дрвећа, истраживања ће бити фокусирана на следећа мерења и анализе:

- утврђивање садржаја ПТЕ (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Na, Ni, Mg, Mn, Mo,

Se, Sr, Pb и Zn) у корену и листовима;

- утврђивање биоконцентрационог фактора (BCF) и транслокационог фактора (TF) у циљу одређивања ефикасности биљака да усвајају, транспортују и акумулирају ПТЕ у својим ткивима;
- утврђивање количине хлорофила (Chl a, Chl b, Chl a+b, Chl a/b) и укупних каротеноида (Tot Carot) у листовима биљака у циљу одређивања осетљивости пигмената на стрес загађења ПТЕ;
- мерење параметара размене гасова (A_n – интензитет асимилације CO_2 , g_s – проводљивост стома, c_i – концентрације интерцелуларног CO_2 листова, E – интензитет транспирације) и параметара флуоресценције хлорофила (F_0 – минимална флуоресценција листова; F_m – максимална флуоресценција листова; F_v – варијабилна флуоресценција листова; и F_v/F_m – фотосинтетичка ефикасност која се користи као мера фотосинтетичке ефикасности PSII, са циљем одређивања осетљивости фотосинтетичког апарата на стрес загађења ПТЕ;
- утврђивање морфолошких промена листова кроз анализу стања површинских структура листова и анализу величине, облика и хемијског састава атмосферских честица депонованих на површини листова биљака коришћењем SEM (EDS) методе.

5. Полазне хипотезе

На основу предмета и научних циљева рада, кандидат своја истраживања базира на следећим хипотезама:

- истраживане дрвенасте аутохтоне врсте липа (*T. cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) акумулирају веће концентрације ПТЕ на стаништима у Београду у односу на природно незагађено станиште Фрушке горе (контролно станиште);
- истраживане врсте на урбаним стаништима показују смањену општу виталност услед изложености ПТЕ;
- изложеност истраживаних врста биљака ПТЕ изазива морфолошка и физиолошка оштећења;
- истраживане врсте дрвећа у дрворедима су у највећој мери изложена повећаним концентрацијама ПТЕ и другим стресним факторима и трпе највећа оштећења;
- између три проучаване врсте липа постоје разлике у екофизиолошким карактеристикама које произилазе из њихове адаптивности на станиште.

6. Научне методе истраживања

Методе истраживања за проучавање ефеката ПТЕ на екофизиолошки одговор биљака ће интегрисати теренске („*in vivo*“ и „*in situ*“) и лабораторијске методе мерења и анализе. У циљу идентификовања најважнијих фактора који ограничавају опстанак и функционисање биљака у урбаним стаништима и дефинисања екофизиолошког одговора истраживаних врста дрвећа извршиће се следећа мерења и анализе:

Теренска истраживања

У сваком дрвореду и парку као и на контролном станишту на Фрушкој гори биће означена тест стабла (по 3 стабла сваке врсте, на сваком полигону), водећи рачуна да изабрана тест стабла буду: уједначених димензија (пречника на висини 1,30 cm већег од 17 cm) без оштећења, у сличним еколошким условима, у погледу осветљености крошње и др. У зони корена сваког тест стабла ће бити узети узорци земљишта. На сваком стаблу ће бити вршена мерења (*in vivo*) и узорковање биљног материјала, у јулу месецу, на потпуно развијеним листовима, у спољашњем делу крошње.

На изабраним полигонима на подручју Београда, теренска истраживања ће обухватити:

- узорковање земљишта по фиксним дубинама и то од: 0-10 cm и 10-30 cm;
- узорковање биљног материјала (корен и лист);
- мерења параметара размене гасова и флуоресценције хлорофила за сваку испитивану врсту.

На природном контролном станишту (НП „Фрушка гора“), теренска истраживања ће обухватити:

- узорковање земљишта по фиксним дубинама и то од: 0-10 cm и 10-30 cm;
- копање педолошких профила, морфогенетска проучавања земљишта, узимање узорака по генетичким хоризонтима и класификационо дефинисање земљишта (Шкорић et al., 1985);
- фитоценолошка проучавања – узимање фитоценолошког снимка и дефинисање врсте биљне заједнице;
- дефинисање типа шуме;
- узорковање биљног материјала (корен и лист);
- мерења параметара размене гасова и флуоресценције хлорофила за сваку испитивану врсту.

Лабораторијска истраживања

Мерења и анализа физичко-хемијских карактеристика земљишта:

а) Физичка својства земљишта

- хигроскопна влага сушењем узорака на температури од 105°C до константне масе;
- текстура земљишта методом седиментације комбинованом пипет техником у 0.1 М раствору натријум пирофосфата ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$) и фракционисање у шест фракција (2.0 0.2 mm, 0.2 - 0.06 mm, 0.06 - 0.02 mm, 0.02 - 0.006 mm, 0.006 - 0.002 mm i < 0.002 mm), према Atterberg (1911).

б) Хемијска својства земљишта

- активна киселост (у H_2O) и супституциона киселост (у 0.1 М KCl), електрометријски у суспензији земљишта у раствору у односу 1 : 5 w/v, (WTW - Germany, inoLab 7110 pH meter);
- садржај растворних соли мерењем електричне проводљивости (EC) [dS/m] у суспензији земљишта и воде 1 : 5 w/v, (Knick, Germany, Portamess 911 Conductometer);
- капацитет измене катјона (CEC; ACE - кисели измењиви катјони; BCE - базни измењиви катјони);
- укупни угљеник (C%) методом титрације коришћењем 0.1 N раствора морове соли $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ након дигестије узорака земљишта у 0.4 N раствору калијум дихромата $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, по методи Тјурина у модификацији Симакова (Simakov, 1957);
- укупни азот (N%) сувим спаљивањем узорака земљишта на 1150°C помоћу CNS анализатора Vario EL III (Germany), (Nelson and Sommers, 1996);
- органски C и однос C/N рачунским путем;
- лако приступачни фосфор и калијум (P_2O_5 и K_2O [mg/100 g]) Al методом (Egner-Reihm, 1960).

Мерење укупног и биорасположивог садржаја потенцијално токсичних елемената у земљишту:

- Псеудоукупне концентрације ПТЕ (Al, As, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Na, Ni, Mg, Mn, Mo, Se, Sr, Pb и Zn) са фокусом на приоритетне загађиваче (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn; Directive 2013/39/EU) у узорцима земљишта, биће утврђене након припреме узорака путем влажне дигестије у царској води у микроталасној пећи;
- Фракционисање ПТЕ у земљишту ће бити урађено кроз процедуру BCR секвенцијалне екстракције издвајањем следећих геохемијских фракција: измењива и кисело растворна (F1), редуцибилна – везана за оксиде Fe и Mn (F2), оксидабилна – везане за органску материју и сулфиде (F3) и резидуална – везане за кристалну решетку (F4) (de Andrade Passos et al., 2010; Sutherland, 2010);
- Псеудоукупне, као и концентрације ПТЕ у различитим геохемијским фракцијама биће измерене коришћењем индуктивно спрегнуте плазме оптичком емисионом спектрометријом (ICP-OES). Прецизност добијених резултата биће проверена анализом сертифициваног референтног материјала;
- За одређивање концентрација Hg, користиће се апарат DMA – 80 evo Direct mercury analyzer.

Екофизиолошки одговор биљака на деловање потенцијално токсичних елемената:

У циљу дефинисања екофизиолошког одговора биљака на деловање ПТЕ, вршиће се мерења и анализе које се односе на физиолошке и морфолошке параметре.

а) Физиолошки одговор ће бити дефинисан на основу:

- мерења концентрација ПТЕ у корену и листовима дрвећа (ICP-OES) након припреме узорака путем влажне дигестије (Metod 3052), у микроталасној пећи MARS 6 (US EPA, 1996). Прецизност добијених резултата биће проверена анализом сертифициваног референтног материјала;
- израчунавања биоконцентрационог фактора (BCF) и транслокационог фактора (TF) (Baker, 1981) као одговора дрвећа на загађење ПТЕ у циљу одређивања ефикасности дрвећа да усвајају, транспортују и акумулирају хемијске елементе у својим ткивима;
- утврђивања садржаја фотосинтетичких пигмената: хлорофила (Chl a, Chl b, Chl a + b) и укупних каротеноида (Tot Carot) – спектрофотометријском методом (Arnon, 1949; Wellburn, 1994);
- утврђивања фотосинтетичког капацитета и фотосинтетичке ефикасности на основу параметара размене гасова и флуоресценције хлорофила. Сва мерења ће бити спроведена истовремено, на истој површини листа, „*in situ*“ и „*in vivo*“, а анализа ће обухватити следеће параметре размене гасова: A_n – интензитет асимилације CO₂ (интензитет фотосинтезе), g_s – проводљивост стома, c_i – концентрација интерцелуларног CO₂, E – интензитет транспирације, WUE – тренутна ефикасност коришћења воде (A_n/E), и WUE_i – унутрашња ефикасност коришћења воде (A_n/g_s). За утврђивање фотосинтетичке ефикасности биће коришћени следећи параметри флуоресценције хлорофила, након адаптације у мраку, а потом на светлости: F_0 и F_0' – минимална флуоресценција листова прилагођених на таму/светлост; F_m и F_m' – максимална флуоресценција листова прилагођених на таму/светлост; F_v и F_v' – варијабилна флуоресценција листова прилагођених на таму/светлост; и F_v/F_m и F_v'/F_m' – фотосинтетичка ефикасност која се користи као мера фотосинтетичке активности PSII, коришћењем LI-6800 Portable Photosynthesis System.

б) Морфолошки одговор биљака ће бити дефинисан на основу:

- анализе морфолошких карактеристика и симптома оштећења структура периферијских заштита листова применом SEM микроскопије (JEOL, JSM - 6460LV);
- анализе броја и величине атмосферских честица депонованих по јединици површине листа, SEM микроскопијом (JEOL, JSM - 6460LV), коришћењем EDS програма (енергетска-

дисперзивна спектрометрија), заједно са Oxford, INCA микроаналитичким системом са софтвером за тачкасту микроанализу и хемијско мапирање површине (US EPA, 2002).

Добијени резултати биће статистички обрађени коришћењем стандардних и мултиваријационих метода уз помоћ софтверских пакета за статистичку анализу (SPSS, Minitab, Statistica и др). За утврђивање значајности разлика у вредностима свих параметара између врста, и између локалитета биће урађена анализа варијанси (ANOVA), коришћењем одговарајућих post hoc тестова (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney U тест, LSD тест или Bonferoni тест). Пре примене post hoc тестова биће тестирана нормалност дистрибуције мерених параметара. За утврђивање односа између две варијабле биће коришћен Pearson или Spearmanов коефицијент корелације. Канонијска дискриминантна анализа (C) ће бити примењена у циљу утврђивања разлика између испитиваних врста и разлика између локалитета на основу мерених параметара.

7. Очекивани научни допринос

У урбанизованим подручјима, ублажавање негативног утицаја загађујућих материја из различитих антропогених извора сматра се једним од најважнијих питања у планирању урбаног функционисања и развоја. Урбани шумски екосистеми доприносе здрављу и благостању људи кроз низ услуга екосистема, пре свега кроз уклањање токсичних загађивача из ваздуха и земљишта због њихове велике апсорпционе површине и њиховог утицаја на урбану микроклиму. Појасеви вегетације дуж саобраћајница (дрвореди) и око индустријских објеката и урбани паркови могу пружити економичне и еколошки прихватљиве технике за ублажавање загађења.

Конкретно, оне биљне врсте које показују толеранцију на стрес загађења ПТЕ и толеранцију на стрес изазван другим еколошким факторима могу послужити у санацији животне средине, индиректно смањујући ризик од изложености полутантима. Ове услуге урбаних шумских екосистема могу подстаћи урбанисте да повећају површину зелених површина у градовима, укључујући паркове и дрвореде.

Међутим, тренутно постоји неколико кључних „празнина“ у знању, које отежавају спровођење ове иницијативе. Ово укључује питања: да ли су адаптације биљака које су везане за толеранцију на загађење ПТЕ укључујући тешке метале у урбаним срединама специфичне за врсту, да ли су све биљне врсте у урбаним стаништима од истог значаја за квалитет урбане средине, и како одабрати најпогодније врсте дрвећа за одређене намене (паркови, дрвореди и сл.) (Grote et al., 2016). Предложено истраживање може дати одговоре на ова питања и самим тим допринети научним сазнањима у овој области. Ова докторска дисертација би анализом ових питања дала подстицај унапређењу истраживања у области управљања животном средином и пружила смернице за будуће кораке. Дакле, истраживања екофизиолошких карактеристика аутохтоних врста липа које опстају и функционишу у условима интензивног загађења земљишта и ваздуха у урбаним зонама Града Београда, могу бити водич при креирању активности за еколошку обнову нарушених урбаних екосистема. Биљне врсте које имају еколошки потенцијал у складу са еколошким потенцијалом загађених станишта не захтевају посебно одржавање или велика финансијска улагања. Њихова употреба значи да је могуће повећати биодиверзитет, оживети деградирана подручја, допринети естетским вредностима урбаног пејзажа, обновити земљиште и увести нове могућности коришћења биљака у друге сврхе.

Ова истраживања, која се заснивају на мерењу и анализи физичко-хемијских карактеристика земљишта у парковима и дрворедима и посебно на садржају ПТЕ, као и на утврђивању екофизиолошког потенцијала три аутохтоне врсте из рода *Tilia* sp. за садњу на овим специфичним урбаним стаништима, кроз мерење и анализу њихових морфолошких и физиолошких параметара и анализи њиховог потенцијала за усвајање, акумулацију и транслокацију полутаната, требала би да допринесу бољем разумевању сложених односа и феномена утицаја загађења на урбаним стаништима (паркови и дрвореди) и екофизиолошких

адаптивних механизма биљака у условима загађења.

Такође, резултати добијени у овој дисертацији би дали допринос у формирању базе дрвенастих биљних врста чијим је коришћењем могуће ублажити негативне ефекте загађења, повећати биодиверзитет урбаних екосистема, оживети деградиране просторе посебно у парковима, дрворедима и индустријским зонама, повећати естетску вредност и унапредити дизајн урбаних предела, и обновити деградовано и загађено земљиште. Стога, ова истраживања могу бити водич у креирању активности која се тичу одрживог управљања зеленом инфраструктуром са једне и еколошког обнављања нарушених урбаних екосистема са друге стране.

Такође, предложена екофизиолошка истраживања у оквиру докторске дисертације могу дати јаснији увид у адаптивне механизме три аутохтоне врсте липа на Фрушкој гори, с обзиром да на природном шумском станишту највећу заступљеност има сребрнолисна липа,.

8. План истраживања и структура рада

У уводној фази извршена је формулација и хијерархија проблема истраживања, уз дефинисање предмета рада, постављање радних хипотеза, одређивање циљева и задатака истраживања.

Кандидат ће израду своје докторске дисертације поделити у три фазе:

I ФАЗА

1. прикупљање литературних и других података који се односе на истраживано подручје;
2. прикупљање и анализа научне литературе везане предмет истраживања;

II ФАЗА

3. узорковање земљишта и биљног материјала (корен и лист) за лабораторијске анализе;
4. мерење параметара флуоресценције хлорофила и размене гасова;
5. лабораторијска обрада прикупљеног материјала;

III ФАЗА

6. статистичка обрада добијених резултата истраживања
7. тумачење добијених података
8. закључна разматрања

Оријентациони садржај дисертације:

Садржај дисертације ће бити усклађен са темом, насловом дисертације и резултатима добијеним у оквиру дисертације. Садржај докторске дисертација ће укључити следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
3. Опште карактеристике истраживаног подручја
4. Опште карактеристике испитиваних врста
5. Циљеви и хипотезе рада
6. Материјал и методе
7. Резултати
8. Дискусија
9. Закључци
10. Коришћена литература

У поглављу УВОД, биће дат детаљан приказ специфичности урбаних станишта која су под интензивним антропогеним утицајем, као и преглед различитих извора загађења. У овом

поглављу ће такође бити представљене предности коришћења биљака у индикацији и мониторингу загађења земљишта и ваздуха, и коришћења биљака у циљу унапређења функција урбаних шума.

Поглавље Преглед досадашњих истраживања ће обухватити детаљан опис досадашњих истраживања везаних за предмет и циљ истраживања ове дисертације, користећи релевантну научну литературу.

Поглавље ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСТРАЖИВАНИХ ПОДРУЧЈА, ће обухватити детаљан опис географских, геолошких и геоморфолошких, педолошких, климатских, хидролошких и биогеографских карактеристика истраживаних подручја, Града Београда и Фрушке горе. Такође, биће описане и урбане и контролне површине на којима ће бити извршена теренска испитивања, мерења и узорковање земљишта и биљног материјала.

У поглављу ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ИСПИТИВАНИХ ВРСТА, биће наведене морфолошке и еколошке карактеристике испитиваних врста дрвећа: ситнолисне липе (*Tilia cordata* Mill.), крупнолисне липе (*Tilia platyphyllos* Scop.) и сребрнолисне липе (*Tilia tomentosa* Moench). Такође утврдиће се и фитоценолошка припадност испитиваних врста на контролној површини на Фрушкој гори.

Поглавље МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ће обухватити детаљан опис узорковања и метода за анализу земљишта и биљног материјала, укључујући и статистичку обраду података.

У поглављу РЕЗУЛТАТИ, биће презентовани резултати истраживања.

Поглавље ДИСКУСИЈА ће обухватити тумачење и дискусију добијених резултата користећи се бројним резултатима истраживања других аутора и савременим научним сазнањима везаним за истраживану проблематику.

У поглављу ЗАКЉУЧЦИ биће наведени најважнији резултати до којих се дошло у истраживањима, и биће истакнут научни значај истраживања у оквиру дисертације.

Поглавље Коришћена литература ће обухватити наводе библиографских јединица које су цитиране у тексту докторске дисертације.

Докторска дисертација ће бити реализована у Одељењу за екологију Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“, у оквиру пројекта основних истраживања из Програма институционалног финансирања Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (*„Истраживања адаптивног одговора биљака и животиња на антропогено индуковану хемијску и физичку деградацију станишта и климатске промене, у циљу заштите биодиверзитета, и заштите и обнављања животне средине“*, уговор бр. 451-03-47/2023-01/200007), којим руководи др Павле Павловић, научни саветник и руководилац Одељења за екологију Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“. Део лабораторијских анализа физичких и хемијских особина земљишта, за потребе класификационог дефинисања типова земљишта на природном шумском станишту, биће спроведен у педолошкој лабораторији Универзитета у Београду Шумарског факултета.

VI ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе поднете пријаве теме докторске дисертације, предложеног програма и циља научног истраживања, чланови Комисије су једногласни у закључку да се кандидаткиња определила за врло актуелну еколошку проблематику која се тиче екофизиолошких истраживања аутохтоних врста липа и анализу њиховог потенцијала за коришћење у биоиндикацији загађења на урбаним стаништима.

У изради докторске дисертације кандидаткиња је предвидела опсежна истраживања бројних параметара земљишта и екофизиолошких показатеља три аутохтоне врсте липа на природном станишту и у условима стреса загађења потенцијално токсичним елементима у урбаним парковима и дрворедима у Београду. На основу ових истраживања биће идентификовани токсични елементи који представљају ризик по функционисање биљака, и биће процењени адаптивни одговори испитиваних врста липа, на ефекте загађења ПТЕ у земљишту и ваздуху,

што би могло бити значајно за разумевање механизма толеранције на стрес код биљака на антропогеним стаништима. С обзиром да се на природном шумском станишту јављају све три врсте аутохтоних липа, а највећу заступљеност има сребрнолисна липа, можемо очекивати да ће предложена екофизиолошка истраживања дати јаснији увид у адаптивне механизме ових врста на Фрушкој гори.

Комисија констатује да су у пријави јасно образложени и истакнути: предмет, програм, циљ научног истраживања, основне хипотезе и очекивани научни допринос. На основу изложеног Комисија позитивно оцењује поднету пријаву и предлаже Наставно-научном већу Шумарског факултета да кандидаткињи Наталији Радуловић одобри израду докторске дисертације под насловом: „Упоредна екофизиолошка истраживања аутохтоних врста липа (*Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *T. tomentosa* Moench) у парковима и дрворедима Београда и природном шумском станишту на Фрушкој гори“, и за менторе се предлажу др Оливера Кошанин, редовни професор Универзитета у Београду-Шумарског факултета и др Олга Костић, виши научни сарадник Института за биолошка истраживања „Синиша Станковић“ – Института од националног значаја за Републику Србију, Универзитета у Београду.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Рајко Милошевић, редовни професор
Универзитет у Београду-Шумарски факултет;
УНО: Екологија шума, заштита и унапређење животне средине

др Марко Перовић, ванредни професор
Универзитет у Београду-Шумарски факултет
УНО: Екологија шума, заштита и унапређење животне средине

др, Маријана Новаковић-Вуковић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет
УНО: Екологија шума, заштита и унапређење животне средине

др, Данијела Ћунисијевић-Бојовић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Шумарски факултет
УНО: Пејзажна архитектура и хортикултура-председник комисије

др, Драгана Павловић, научни сарадник
Институт за биолошка истраживања „Синиша Станковић Универзитет у
Београду,“
УНО: Екологија биљака

Списак научне литературе

1. Adriano, D. (2001): Trace Metals in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals. Second ed. Springer, New York.
2. Alloway, B.J. (1995): Soil processes and the behavior of Metals. In: Heavy metals in soils (Ed., Alloway B.J.), pp. 38–57, London: Blackie.
3. Aničić Urošević, M., Jovanović, G., Stević, S., Deljanin, I., Nikolić, M., Tomašević, M., Samson, R. (2019): Leaves of common urban tree species (*Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* and *Tilia cordata*) as a measure of particle and particle-bound pollution: a 4-year study. *Air Quality, Atmosphere and Health* 12, 1081–1090.
4. Arnon, D.I. (1949): Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24, 1–15.
5. Atterberg, A. (1911): Die Plastizität der Tone. *Int. Mitt. Bodenkd* 1, 10–43.
6. Baker, A.J.M. (1981): Accumulators and excluders – strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of Plant Nutrition* 3, 643–654.
7. Baldacchini, C., Castanheiro, A., Maghakyan, N., Sgrigna, G., Verhelst, J., Alonso, R., Amorim, J.H., Bellan, P., Đunisijević Bojović, D., Breuste, J., Bühler, O., Cantar, I. C., Cariñanos, P., Carriero, G., Churkina, G., Dinca, L., Esposito, R., Gawronski, S.W., Kern M., Thiec, D., Moretti, M., Ningal, T., Rantzoudi, E.C., Sinju, I., Stojanova, B., Aničić Urošević, M., Velikova, V., Živojinović, I., Sahakyan, L., Calfapietra, C., Samson, R. (2017): How does the amount and composition of PM deposited on *Platanus acerifolia* leaves change across different cities in Europe? *Environmental Science and Technology* 51, 1147–1156.
8. Bargagli, R. (1998): Trace Elements in Terrestrial Plants: An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. 1st ed.; Springer: Berlin, Germany.
9. Belanović, S., Knežević, M., Kadović, R. (2002): Određivanje porekla teških metala u zemljištu metodom indikatorske vrednosti 'mikrostaništa'. *Zemljište i biljka*. Univerzitet u Beogradu, Šumarski fakultet, Srbija. vol. 51, br. 2, str. 115–123
10. Belanović, S., Košanin, O., Danilović, M., Kadović, R. (2007): *Cation Exchange Capacity Effect on Heavy Metal Accumulation in Some Soils of Stara Planina*. International symposium: Bottlenecks, solutions, and priorities in the context of functions of forest resources. The 150th Anniversary of Forestry Education in Turkey. Istanbul. pp. 637 – 643.
11. Belanović-Simić, S., Knežević, M., Košanin, O., Kadović, R., Miljković, P., Vićentijević, M., Beloica, J. (2015): *Potencijalni ekološki rizik od sadržaja štetnih mikroelemenata u zemljištima opštine Pančevo (Srbija)*. Zbornik radova „Zemljište 2015 - II savetovanje sa međunarodnim učešćem - Planiranje i upravljanje zemljištem u funkciji održivog razvoja“ i „I konferencija sa međunarodnim učešćem - Remedijacija 2015“. Sremski Karlovci, str. 37–45.

12. Calfapietra, C., Peñuelas, J., Niinemets, Ü. (2015): Urban plant physiology: Adaptation-mitigation strategies under permanent stress. *Trends in Plant Science* 20, 72–75.
13. Caussy, D., Gochfeld, M., Gurzau, E., Neagu, C., Ruedel, H. (2003): Lessons from case studies of metals: investigating exposure, bioavailability, and risk. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56(1), 45–51.
14. Cekstere, G., Osvalde, A. (2013): A study of chemical characteristics of soil in relation to street trees status in Riga (Latvia). *Urban Forestry and Urban Greening* 12(1), 69-78.
15. Cheng, H., Li, M., Zhao, C., Li, K., Peng, M., Qin, A., Cheng, X. (2014): Overview of trace metals in the urban soil of 31 metropolises in China. *Journal of Geochemical Exploration* 139, 31–52.
16. Čakmak, D., Perović, V., Kresović, M., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020): Sources and health risk assessment of potentially toxic elements in dust at children's playgrounds with artificial surfaces: A case study in Belgrade. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 78, 190–205.
17. Davis, H.T., Marjorie, A.C., McDermott, S., Lawson, A.B. (2009): Identifying natural and anthropogenic sources of metals in urban and rural soils using GIS-based data, PCA, and spatial interpolation. *Environmental Pollution* 157, 2378–2385.
18. de Andrade Passos, E., Alves, J.C., dos Santos, I.S., Alves, J.P.H., Garcia, C.A.B., Costa, C.S. (2010): Assessment of trace metals contamination in estuarine sediments using a sequential extraction technique and principal component analysis. *Microchemical Journal* 96, 50–57.
19. Deljanin, I., Tomašević, M., Aničić Urošević, M., Anastasijević, D., Peric-Grujičić, A., Ristić, M. (2014): Lead isotopic composition in tree leaves as tracers of lead in an urban environment. *Ecological Indicators* 45, 640-647.
20. Duan, X-C., Yu, H-H., Ye, T-R., Huang, Y., Li, J. Yuan, G-L., Albanese, S. (2020): Geostatistical mapping and quantitative source apportionment of potentially toxic elements in top- and sub-soils: A case of suburban area in Beijing, China. *Ecological Indicators* 112, 106085.
21. Ђунисијевић-Бојовић, Д. М. (2013): Утицај концентрације олова и кадмијума у земљишту на развој дрвенастих биљака. Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Србија.
22. Egner, H., Riehm, H., Domingo, W.R. (1960): Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor-und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler* 26, 199–215.
23. Fantozzi, F., Monaci, F., Blanus, V., Bargagli, R. (2013): Holm Oak (*Quercus ilex* L.) canopy as interceptor of airborne trace elements and their accumulation in the litter and topsoil. *Environmental Pollution* 183, 89–95.

24. Foti, L., Dubs, F., Gignoux, J., Lata, J-C. Lerch, Z.T., Mathieu, J., Nold, F., Nunan, N., Raynaud, X., Abbadie, L., Barot, S. (2017): Trace element concentrations along a gradient of urban pressure in forest and lawn soils of the Paris region (France). *Science of the Total Environment* 598, 938-948.
25. Gajić, G., Djurdjević, L., Kostić, O., Jarić, S., Stevanović, B., Mitrović, M., Pavlović, P. (2020): Phytoremediation potential, photosynthetic and antioxidant response to arsenic-induced stress of *Dactylis glomerata* L. sown on fly ash deposits. *Plants* 9, 657.
26. Gajić, G., Mitrović, M., Pavlović, P. (2019): Eco restoration of Fly Ash Deposits by Native Plant Species at Thermal Power Stations in Serbia. In *Phytomanagement of Polluted Sites* (Eds Pandey, V., Baudh, K.), pp. 113-177. Elsevier, Amsterdam.
27. Gajić, G., Djurdjević, L., Kostić, O., Jarić, S., Mitrović, M., Stevanović, B., Pavlović, P. (2016): Assessment of the phytoremediation potential and an adaptive response of *Festuca rubra* L. sown on fly ash deposits: Native grass has a pivotal role in eco restoration management. *Ecological Engineering* 93, 250-261.
28. Gawlik, B.W., Bidoglio, G. (2006): Background Values in European Soils and Sewage Sludges PART III, Conclusions, Comments and Recommendations; European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability: Ispra, Italy.
29. Grote, R., Samson, R., Alonso, R., Amorim, J. H., Cariñanos, P., Churkina, G., Calfapietra, C. (2016): Functional traits of urban trees: Air pollution mitigation potential. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(10), 543–550.
30. Hussain, A., Ali, S., Rizwan, M., Zia-ur-Rehman, M., Yasmeen, T., Hayat, M.T., Hussain, I., Ali, Q., Hussain, S.M. (2019): Morphological and physiological responses of plants to cadmium toxicity. In: *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants* (Eds., Mirza Hasanuzzaman, M., Prasad, M.N.V., Fujita, M.), pp. 47-72. Academic Press.
31. Iqbal, M.Z., Shafiq, M. (2000): Periodical effects of automobile pollution on the growth of some roadside trees. *Ekológia (Bratislava)* 19(1), 104–110.
32. Jayarathne, A., Egodawatta, P., Ayoko, G.A., Goonetilleke, A. (2018): Assessment of ecological and human health risks of metals in urban road dust based on geochemical fractionation and potential bioavailability. *Science of the Total Environment* 635, 1609–1619.
33. Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (2001): Trace elements in soils and plants. 3rd ed. CRC Press, Boca Raton, FL
34. Knežević, M., Belanović, S., Košanin, O., Kadović, R. (2000): *Content of heavy metals in the forest of beech on the Crni Vrh Mt. and in the forest of sessile oak on the Fruška Gora Mt.* *Zemljište i biljka*, Vol. 49, No 1. Beograd, str. 19-28.
35. Knežević, M. (2014): Determination of the state, degree of pollution and chemical degradation of soil in industrial zones in Pančevo and Šabac, as well as fire sites on Mt. Tara. Ministry of Agriculture and Environmental Protection: Belgrade, Serbia.

36. Kostić, O., Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Pavlović, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2018): Pedological properties and ecological implications of substrates derived 3 and 11 years after the revegetation of lignite fly ash disposal sites in Serbia. *Catena* 163, 78–88.
37. Kostić, O., Jarić, S., Gajić, G., Pavlović, D., Mataruga, Z., Radulović, N., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022a): The phytoremediation potential and physiological adaptive response of *Tamarix tetrandra* Pall. Ex M. Bieb. during the restoration of chronosequence fly ash deposits. *Plants* 11(7), 855.
38. Kostić, O., Gajić, G., Jarić, S., Vukov, T., Matić, M., Mitrović, M., Pavlović, P. (2022b): An assessment of the phytoremediation potential of planted and spontaneously colonized woody plant species on chronosequence fly ash disposal sites in Serbia—Case study. *Plants* 11, 110.
39. Košanin, O., Knežević, M., Cvjetičanin, R. (2014): Basification process in some forest soils in the area of Mountain Miroč. A Cooperating Series of the International Union of Soil Science. Challenges. Sustainable Land Management – Climate Change. Advances in Geoecology 43, Catena Verlag GMBH, Germany, pp 12–24
40. Košanin, O., Knežević, M., Belanović Simić, S., Vićentijević, M. (2016): Edaphic characteristics of degraded areas in Zlatibor. 3rd Conference of the World association of Soil and Water Conservation. August 22-26. Belgrade, Abstract 121.
41. Кошанин, О., Кнежевић, М. (2017): Исхрана биља. Уџбеник. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, 163 стр, CD-ROM, ISBN 978-86-7299-263-2, COBISS.SR-ID 242142732.
42. Košanin, O., Knežević, M., Belanović Simić, S., Vićentijević, M. (2018): Edaphic characteristics of degraded areas on Zlatibor. *Advances in Geoecology*, 45, 172-187.
43. Kumar, P., Rivas, I., Singh, A.P., Ganesh, V.J., Ananya, M., Frey, H.C. (2018): Dynamics of coarse and fine particle exposure in transport microenvironments. *npj Climate and Atmospheric Science* 1, 11.
44. Lin, Y., Han, P., Huang, Y., Yuan, G.L., Guo, J.X., Li, J. (2017): Source identification of potentially hazardous elements and their relationships with soil properties in agricultural soil of the Pinggu district of Beijing, China: multivariate statistical analysis and redundancy analysis. *Journal of Geochemical Exploration* 173, 110–118.
45. Madejón, P., Ciadamidaro, L., Marañón, T., Murillo, J.M. (2013): Long-term biomonitoring of soil contamination using poplar trees: Accumulation of trace elements in leaves and fruits. *International Journal of Phytoremediation* 15, 602–614.
46. Madrid, L., Diaz-Barrientos, E., Madrid, F. (2002): Distribution of heavy metal concentrations of urban soils in parks of Seville. *Chemosphere* 49, 1301–1308.
47. Marschner, H. (1993): Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Hohenheim, p. 889.

48. Martínez-Sánchez, M.J., Martínez-López, S., García-Lorenzo, M.L., Martínez-Martínez, L.B., Pérez-Sirvent, V. (2011): Evaluation of arsenic in soils and plant uptake using various chemical extraction methods in soils affected by old mining activities. *Geoderma* 160, 535–541.
49. Men, C., Liu, R., Xu, F., Wang, Q., Guo, L., Shen, Z. (2018): Pollution characteristics, risk assessment, and source apportionment of heavy metals in road dust in Beijing, China. *Science of the Total Environment* 612, 138–147.
50. Millennium Assessment (MA). (2005): *Ecosystems and Human Well-being, Synthesis*; Island Press: London, UK.
51. Mitrović, M., Blanus, T., Pavlović, M., Pavlović, D., Kostić, O., Perović, V., Jarić, S., Pavlović, P. (2021): Using fractionation profile of potentially toxic elements in soils to investigate their accumulation in *Tilia* sp. leaves in urban areas with different pollution levels. *Sustainability* 13, 9784.
52. Mukherjee, A., Agrawal, M. (2017): World air particulate matter: sources, distribution and health effects. *Environmental Chemistry Letters* 15, 283–309.
53. Nagajyoti, P.C., Lee, K.D., Sreekanth, T.M.V. (2010): Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters* 8, 199–216.
54. Nelson D., Sommers, L. (1996): *Chemical methods soil science society of America book series*. Soil science society of America, Bigham JM (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 3. Chemical Methods, SSSA, Madison.
55. O'Brien, L., De Vreese, R., Kern, M., Sievänen, T., Stojanova, B., Atmi, S.E. (2017): Cultural ecosystem benefits of urban and peri-urban green infrastructure across different European countries. *Urban Forests and Urban Greening* 24, 236–248.
56. Rossini-Oliva, S., Fernández-Espinosa, A.J. (2007): Monitoring of heavy metals in topsoils, atmospheric particles and plant leaves to identify possible contamination sources. *Microchemical Journal* 86 (1), 131–139.
57. Pan, L., Ma, J., Wang, X., Hou, H. (2016): Heavy metals in soils from a typical county in Shanxi Province, China: Levels, sources and spatial distribution. *Chemosphere* 148, 248–254.
58. Pauleit, S., Liu, L., Ahern, J., Kazmierczak, A. (2011): Multifunctional green infrastructure planning to promote ecological services in the city. In: *Urban Ecology: Patterns, Processes, and Applications* (Eds., Niemela, J., Breuste, J., Guntenspergen, G., McIntyre, N., Elmqvist, T., James, P.), pp. 272–286. Oxford University Press: Oxford, UK.
59. Pavlović, D., Pavlović, M., Marković, M., Karadžić, B., Kostić, O., Jarić, S., Mitrović, M., Gržetić, I., Pavlović, P. (2017a): Possibilities of assessing trace metal pollution using *Betula pendula* Roth. leaf and bark – Experience in Serbia. *Journal of Serbian Chemical Society* 82(6) 723–737.

60. Pavlović, M., Rakić, T., Pavlović, D., Kostić, O., Jarić, S., Mataruga, Z., Pavlović, P., Mitrović, M. (2017b): Seasonal variations of trace element contents in leaves and bark of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) in urban and industrial regions in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, Belgrade 69(2), 201–214.
61. Pavlović, M., Pavlović D., Kostić O., Jarić S., Čakmak D., Pavlović P., Mitrović M. (2017c): Evaluation of urban contamination with trace elements in city parks in Serbia using pine (*Pinus nigra* Arnold) needles, bark and urban topsoil. *International Journal of Environmental Research* 11 (5-6), 625–639.
62. Pavlović, P., Kostić, N., Karadžić, B., Mitrović, M. (2017d): *The soils of Serbia*. Springer Science+Business Media, Dordrecht.
63. Pavlović, D., Pavlović, M., Čakmak, D., Kostić, O., Jarić, S., Sakan, S., Đorđević, D., Mitrović, M., Gržetić, I., Pavlović, P. (2018): Fractionation, Mobility, and Contamination Assessment of Potentially Toxic Metals in Urban Soils in Four Industrial Serbian Cities. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 75, 335–350.
64. Pavlović, P., Sawidis, T., Breuste, J., Kostić, O., Čakmak, D., Đorđević, D., Pavlović, D., Pavlović, M., Perović, V., Mitrović, M. (2021a): Fractionation of potentially toxic elements (PTEs) in urban soils from Salzburg, Thessaloniki and Belgrade: An insight into source identification and human health risk assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, 6014.
65. Pavlović, D., Pavlović, M., Perović, V., Mataruga, Z., Čakmak, D., Mitrović, M., Pavlović, P. (2021b): Chemical fractionation, environmental and human health risk assessment of potentially toxic elements in soil of industrialised urban areas in Serbia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(17), 9412.
66. Piczak, K., Lésniewicz, A., Zyrnicki, W. (2003): Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland. *Environmental Monitoring and Assessment* 86, 273–287.
67. Samuilov, S., Lang, F., Djukic, M., Djunisijevic-Bojovic, D., Rennenberg, H. (2016): Lead uptake increases drought tolerance of wild type and transgenic poplar (*Populus tremula* x *P. alba*) overexpressing gsh 1. *Environmental Pollution* 216, 773–785.
68. Sawidis, T., Breuste, J., Mitrović, M., Pavlović P. and Tsigaridas, K. (2011): Trees As Bioindicator Of Heavy Metal Pollution In Three European Cities. *Environmental Pollution* 159, 3560-3570.
69. Службени лист АП Војводине (2004): Просторни план подручја посебне намене Фрушке горе до 2022. године (“Службени лист АПВ”, број 16/04).
70. Simakov, V.N. (1957): The use of phenylanthranilic acid in the determination of humus by Tyurin’s method. *Pochvovedenie* 8, 72–73.

71. Sun, Y., Zhou, Q., Xie, X., Liu, R. (2010): Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. *Journal of Hazardous Materials* 174, 455–462.
72. Sutherland, R.A. (2010): BCR-701: A review of 10 years of sequential extraction analyses. *Analitica Chimica Acta* 680, 10–20.
73. Шкорић, А., Филиповски, Г., Ћирић, М. (1985): Класификација земљишта Југославије. Сарајево: Академија наука и умјетности БИХ – Одјељење природних и математичких наука, Посебна издања, књига 78.
74. Thorpe, A., Harrison, R.M. (2008): Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review. *Science of the Total Environment* 400(1–3), 270–282.
75. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) (1996): Metod 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices, in Test methods for evaluating solid waste, SW 846, USEPA, Washington, DC.
76. U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) (2002): Guidelines for the application of SEM/EDX analytical techniques to particulate matter samples. EPA-600/R-02-070, Washington, DC.
77. Wei, B., Yang, L. (2010): A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal* 94(2), 99–107.
78. Wellburn, Alan R. (1994): The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of Plant Physiology* 144(3), 307–313.
79. Wong, C.S., Li, X., Thornton, I. (2006): Urban environmental geochemistry of trace metals. *Environmental Pollution* 142(1), 1–16.
80. World Health Organisation (WHO) (2017): Environment and health for European cities in the 21st century: making a difference, by Carmichael, L., Racioppi, F., Calvert, T., Sinnett, D. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/341615/bookletdef.pdf
81. Yeh, D.M., Lina, L., Wright, C.J. (2000): Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot±root ratio of *Spathiphyllum*. *Scientia Horticulturae* 86, 223–233.